

واکنش مراحل فنولوژیک، عملکرد و اجزای عملکرد ارقام گندم نان با عادت‌های رشد متفاوت به تاخیر در کاشت

Response of Phenological Development Stages, Grain Yield and Yield Components of Bread Wheat Cultivars with Different Growth Habits to Delayed Planting

حمیدرضا شریفی

استادیار، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان خراسان رضوی،
سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، مشهد، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۴/۱۰/۵ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۵/۳/۶

چکیده

شریفی، ح. ر. ۱۳۹۵. واکنش مراحل فنولوژیک، عملکرد و اجزای عملکرد ارقام گندم نان با عادت‌های رشد متفاوت به تاخیر در کاشت. مجله به‌زراعی نهال و بذر ۲-۳۲: ۴۴-۲۱.

به منظور بررسی واکنش تیپ‌های مختلف گندم به تاخیر کاشت، آزمایشی به صورت کرت‌های خرد شده در قالب بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در دو سال زراعی ۸۶-۱۳۸۴ در مزرعه تحقیقاتی موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر کرج اجرا شد. در این آزمایش تاریخ کاشت‌های (۲۰ مهر، ۲۰ آبان و ۲۰ آذر) در کرت‌های اصلی و ارقام گندم (پیش‌تاز و فلات به عنوان تیپ بهاره، توس و مهدوی به عنوان تیپ بینابین، سایسون و MV-17 به عنوان تیپ زمستانه) در کرت‌های فرعی قرار گرفتند. نتایج حاصل از این مطالعه نشان داد که تاخیر کاشت از ۲۰ مهر تا ۲۰ آذر سبب کاهش عملکرد دانه (از ۷۱۴۶ به ۵۶۶۵ کیلوگرم در هکتار)، عملکرد بیولوژیک (از ۱۸۵۶۰ به ۱۳۴۱۰ کیلوگرم در هکتار)، تعداد سنبله در متر مربع (از ۵۵۱ به ۴۷۲ سنبله در متر مربع) و تعداد دانه در سنبله (از ۳۸ به ۳۶/۱) شد. تاخیر کاشت از ۲۰ مهر تا ۲۰ آذر همچنین موجب کاهش تعداد برگ ظاهر شده در مرحله ظهور برجستگی دوگانه (۶/۰ در برابر ۴/۲) و طول دوره‌های رویشی (۸۷۸ در برابر ۵۴۰ درجه-روز رشد)، زایشی قبل از گرده‌افشانی (۹۶۹ در برابر ۸۸۳ درجه-روز رشد)، پر شدن دانه (۸۱۵ در برابر ۶۶۲ درجه-روز رشد)، کاشت تا گرده‌افشانی (۱۸۴۷ در برابر ۱۴۲۳ درجه-روز رشد)، و کاشت تا رسیدگی فیزیولوژیک (۲۶۶۲ در برابر ۲۰۸۵ درجه-روز رشد) شد. بر اساس نتایج حاصل از این تحقیق اثر تاخیر کشت بر کاهش طول چرخه زندگی گیاه از طریق کاهش تمامی مراحل اصلی نمو (به ویژه دوره رویشی) اتفاق افتاد، ولی کاهش طول دوره رویشی در تیپ زمستانه به مراتب بیشتر از تیپ‌های بینابین و بهاره (به ترتیب ۴۰۰ در برابر ۳۲۸ و ۲۷۸ درجه-روز رشد) بود و حال آن که اثر تاخیر کاشت بر کاهش طول دوره زایشی قبل از گرده‌افشانی در تیپ بهاره بیشتر از بینابین و زمستانه (به ترتیب ۱۴۸ در برابر ۹۰ و ۱۹ درجه-روز رشد) بود. دوره پر شدن دانه در تیپ‌های بهاره، بینابین و زمستانه نیز در تاریخ کاشت‌های تاخیری به ترتیب ۱۲۵، ۱۷۳ و ۱۶۱ درجه-روز رشد کاهش یافت.

واژه‌های کلیدی: گندم، فنولوژی، برجستگی دوگانه، گرده افشانی، تاریخ کاشت، رقم.

مقدمه

تاخیر کاشت یکی از مشکلاتی است که تقریباً در تمامی مناطق گندم‌کاری کشور متداول است و یکی از علل اصلی کاهش عملکرد ارقام گندم محسوب می‌شود. میزان کاهش عملکرد بسته به میزان تاخیر کاشت متفاوت بوده و نتایج برخی آزمایش‌ها بیانگر آن است که این میزان گاهی به بیش از ۳۵٪ عملکرد دانه پتانسیل (در شرایط بدون تاخیر کاشت) می‌رسد (Jafamezhad and Sharif-al-hosseini, 2011; Ezatahmadi, 2011).

فنولوژی و سرعت نمو به دلیل تاثیر بر طول دوره و زمان وقوع مراحل مختلف نمو و به تبع آن شرایط محیطی حاکم بر هر یک از این مراحل، نقطه کلیدی سازگاری با شرایط متنوع محیطی (از جمله تاخیر کشت) است. نقطه قوت سرعت نمو گندم آن است که مقدار آن تابعی از یک عامل محیطی نیست، بلکه برابندی از چندین حس‌گر است که وظیفه درک محیط از جهات مختلف را بر عهده دارند (Slafer and Whitechurch, 2001). بسته به آن که گندم در چه منطقه‌ای تکامل یافته باشد، یک یا چند سازوکار نقش بیشتری در کنترل نمو و تعیین سازگاری گندم ایفا کرده و از این نظر ارقام گندم به سه دسته بهاره، زمستانه و بینابین تقسیم می‌شوند. گندم‌های با تیپ بهاره به گندم‌هایی اطلاق می‌شود که نیاز بهاره‌سازی (Vernalization) آن‌ها بسیار کم بوده و یا به طور کلی نیاز به بهاره‌سازی ندارند

(Acevedo et al., 2002). سرعت نمو در این گندم‌ها معمولاً تابعی از درجه حرارت است، هر چند که در بعضی ارقام بهاره که در برخی مناطق خیلی سرد (نظیر بعضی از مناطق کانادا و سیبری) به صورت بهاره کشت می‌شوند، سرعت نمو تحت اثر طول روز قرار دارد. در این ارقام و در کشت‌های زود، سرعت حرکت به سمت گلدهی کم و در کشت تأخیری، سرعت حرکت به سمت گلدهی بیشتر است (Slafer and Whitechurch, 2001); Curtis, 2002). در ارقام با تیپ زمستانه، حس کردن محیط مستقل از طول روز و در عین حال به گونه‌ای است که مراحل زایشی گندم (که به سرما حساس است) پس از سپری شدن فصل سرما به وقوع پیوندد. این امر در این نوع از گندم‌ها به وسیله سازوکاری بنام بهاره‌سازی انجام می‌شود (Slafer and Whitechurch, 2001). گندم‌های با تیپ بینابین به گندم‌هایی اطلاق می‌شود که از نظر نیاز بهاره‌سازی طیفی پیوسته (کمی) بین گندم‌های بهاره و زمستانه را در بر می‌گیرند. گندم‌های بینابین با توجه به محیط کشت آن‌ها ممکن است از سازوکار حساسیت به طول روز برای تعیین گلدهی نیز برخوردار باشند (Slafer and Whitechurch, 2001). واکنش به بهاره‌سازی و طول روز و به عبارت دیگر درجه حرارت و طول روز دو سازوکار مهم گندم برای سازگاری و تنظیم زمان گلدهی و

(Emam and Nicknezhad, 1994)؛
(Ezatahmadi, 2011؛ Jafarnezhad, 2009)؛
(Jafamezhad and Sharif-al-hosseini, 2011) به بیان
دیگر واکنش ارقام گندم به تاخیر کاشت
یکسان نبوده و برخی ارقام گندم سازگاری
بیشتری با شرایط محیطی ناشی از تاخیر کاشت
داشته و میزان افت عملکرد آن‌ها کمتر از
سایرین است. از آن‌جا که تفاوت اصلی
محصول در تاریخ کاشت‌های مختلف
به دلیل آن است که دست کم در طی
مراحل اولیه، رشد و نمو گیاه در شرایط
متفاوت نور و دما انجام شده است
(Emam and Nicknezhad, 1994)؛
سازگاری بیشتر برخی ارقام به تاخیر کشت به
منزله آن است این ارقام با بهره‌گیری از
سازوکارهای متفاوت، قدرت انعطاف‌پذیری و
خودکنترلی بیشتری در پاسخ به تغییر شرایط
محیطی دارند.

شناخت این سازوکارها زمینه را برای
کاربرد آن در تهیه ارقامی با سازگاری به تاخیر
کاشت (که یکی از مشکلات مبتلابه
کشت گندم در کشور است) فراهم می‌سازد
(Danks *et al.*, 1983). این تحقیق با هدف
شناخت بیشتر از تغییرات فنولوژیکی، عملکرد و
اجزای عملکرد دانه ارقام گندم با عادت‌های
مختلف رشد در پاسخ به تاخیر کاشت اجرا شد.

مواد و روش‌ها

این تحقیق در سال‌های زراعی ۸۵-۱۳۸۴ و

انطباق آن با مناسب‌ترین شرایط محیطی در
گندم است (Slafer and Rawson, 1994).
البته اثر درجه حرارت بر نمو گیاه تنها از طریق
بهاره‌سازی اعمال نمی‌شود و درجه حرارت در
دامنه بالاتر از دماهای مناسب جهت بهاره‌سازی
نیز مستقیماً بر سرعت نمو تأثیر می‌کند
(Slafer and Whitechurch, 2001).

جلال کمالی و همکاران
(Jalal-Kamali *et al.*, 2007) و
جلال کمالی و شریفی
(Jalal-Kamali and Sharifi, 2010) با مطالعه
فنولوژی طیف وسیعی از تیپ‌های مختلف
(زمستانه، بینابین و بهاره) ارقام تجاری گندم نان
کشور دریافته‌اند که در شرایط ثابت محیطی،
طول دوره و سهم هریک از مراحل نمو در
چرخه زندگی تیپ‌ها و ارقام مختلف گندم
ایرانی متفاوت است. در این مطالعه، اثر طول
مراحل مختلف نمو بر عملکرد دانه یکسان نبوده
و این متغیر همبستگی معنی‌داری (مثبت و منفی)
با عملکرد و اجزای عملکرد دانه داشت.

تغییر تاریخ کاشت با تغییر شرایط
محیطی (عمدتاً درجه حرارت و طول روز)
حاکم بر گیاه، رشد (Equiza *et al.*, 1997)،
نمو، پنجه‌زنی (Sharratt, 1991)؛
(Sojka *et al.*, 1975)، ضرایب تخصیص
(Tollenaar, 1989) و در نهایت عملکرد را
تحت تأثیر قرار می‌دهد. نتایج مطالعات متعدد
نشان داده است که اثر متقابل تاریخ
کاشت و رقم بر عملکرد دانه معنی‌دار است

داده شد. به دلیل وجود و غالبیت علف‌های هرز پهن برگ (به خصوص پیچک و سلمه) برای مبارزه با علف‌های هرز از علف‌کش 2,4-D استفاده شد.

تیمارهای آزمایش شامل سه تاریخ کاشت (۲۰ مهر، ۲۰ آبان و ۲۰ آذر به عنوان تاریخ کاشت‌های زود، معمول و تاخیری) و شش رقم گندم (شامل ارقام پیش‌تاز و فلات با عادت رشد بهاره، توس و مهدوی با عادت رشد بینابین، و سایسون و MV-17 با عادت رشد زمستانه) بودند (Sharifi *et al.*, 2011) که به صورت آزمایش کرت‌های خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار مورد مطالعه قرار گرفتند. در این مطالعه تاریخ کاشت در کرت اصلی و ارقام در کرت‌های فرعی قرار گرفتند. اندازه هر کرت فرعی $9 \times 2/4$ م و هر کرت اصلی 9×18 متر بود و بین هر دو کرت فرعی یک پشته و بین هر دو کرت اصلی دو پشته فاصله منظور شد.

درجه روز رشد (Growing Degree Day, GDD) براساس رابطه:

$$GDD = \sum (T_{\text{mean}} - T_b)$$

محاسبه شد (Jalal Kamali *et al.*, 2007)؛ Gilmore and Rogers, 1958) که در آن T_b : دمای پایه گندم (معادل صفر درجه سانتی‌گراد) و T_{mean} : میانگین تصحیح شده درجه حرارت هستند (دمای حداکثر و حداقل به ترتیب براساس دمای 30 و صفر درجه

۱۳۸۵-۸۶ در مزرعه تحقیقاتی موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر در کرج انجام شد. محل اجرای آزمایش در عرض جغرافیایی 35 درجه و 48 دقیقه شمالی و طول جغرافیایی 50 درجه و 57 دقیقه شرقی با ارتفاع $1312/5$ متر از سطح دریا قرار گرفته است. این منطقه دارای آب و هوای نیمه خشک است که میانگین بارندگی سالیانه آن حدود 251 میلی‌متر، و حداقل و حداکثر مطلق دما به ترتیب 20 - و 42 و میانگین سالیانه آن نیز $14/1$ درجه سانتی‌گراد است.

بافت خاک محل اجرای آزمایش لومی رسی بوده و زمین محل اجرای آزمایش، سال قبل به صورت آیش رها شده بود. برای آماده‌سازی زمین جهت کاشت، در اوایل فصل پائیز شخم به عمق 30 سانتی‌متر انجام شد. بعد از انجام شخم، برای نرم کردن و تسطیح خاک، دیسک و ماله زده شد. سپس زمین توسط شیارساز به جوی و پشته (با عرض 60 سانتی‌متر) تبدیل و کرت‌بندی زمین برای کاشت انجام شد.

کاشت روی خطوطی با فاصله 20 سانتی‌متر و با تراکم یکسان 400 دانه در مترمربع برای تمام تاریخ‌های کاشت انجام و بلافاصله آبیاری انجام شد. میزان کود مصرفی با توجه به آزمون خاک و به میزان 150 کیلوگرم نیتروژن (از منبع اوره) به نسبت مساوی در مراحل کاشت و اواخر پنجه‌دهی، و 100 کیلوگرم فسفر (از منبع سوپر فسفات تریپل) در مرحله کاشت به زمین

سانتی گراد تصحیح شده بودند).

صفات مورد اندازه گیری شامل خصوصیات فنولوژیکی (شامل تعداد درجه - روز تا ظهور برجستگی دو گانه، تعداد درجه - روز تاگرده افشانی و تعداد درجه - روز تا رسیدگی فیزیولوژیکی)، تعداد برگ کامل در مرحله ظهور برجستگی دو گانه، میانگین فیلوکرون در دوره کاشت تا ظهور برجستگی دو گانه، عملکرد و اجزای عملکرد دانه (شامل تعداد سنبله در مترمربع، تعداد دانه در سنبله، وزن هزار دانه) و عملکرد بیولوژیکی بود. زمان ظهور برجستگی دو گانه به وسیله دستگاه بینو کولار (استریومیکروسکوپ) و در پنج بوته تصادفی که به فاصله هر چهار روز یک بار از تمامی کرت ها برداشت شد، تعیین شد. ثبت زمان کامل شدن برگ بر مبنای ظهور یقه برگ و میانگین فیلوکرون در دوره کاشت تا ظهور برجستگی دو گانه از تقسیم تعداد درجه روز رشد لازم برای ظهور برجستگی دو گانه بر تعداد برگ در این مرحله به دست آمد. زمان گرده افشانی بر مبنای ظهور بساک زرد و زمان رسیدگی فیزیولوژیکی بر اساس زرد شدن پدانکل ۵۰ درصد از بوته های کرت انجام شد (Kringwi *et al.* 2004؛ Kirby and Appleyard, 1987). تعیین تعداد سنبله در واحد سطح بر اساس شمارش تعداد سنبله در ۰/۶ مترمربع به دست آمد. برای به دست آوردن تعداد دانه در سنبله و وزن هزار دانه، ابتدا ۵۰ سنبله به طور تصادفی انتخاب و

سپس کوبیده، تعداد دانه آن ها شمارش و در نهایت توزین شد. میانگین تعداد دانه در سنبله از تقسیم تعداد دانه بر تعداد سنبله (یعنی ۵۰)، و میانگین وزن هزار دانه از تقسیم وزن دانه ها بر تعداد دانه تعیین شد.

برای تعیین عملکرد دانه، دو پشته کناری از هر کرت حذف و برداشت در سطح ۱۰/۸ متر مربع و با کمک کمباین آزمایشی غلات (ویتر اشتایگر) انجام شد. تعیین عملکرد بیولوژیکی و شاخص برداشت در سطح یک مترمربع انجام شد. فرآوری داده ها با استفاده از نرم افزار EXCEL و محاسبات آماری با کمک نرم افزارهای SAS و MSTATC و مقایسه میانگین ها با استفاده از روش آزمون چند دامنه ای دانکن در سطح احتمال ۵ درصد انجام شد.

نتایج و بحث

جدول ۱ روند تغییرات روزانه درجه حرارت (حداکثر، حداقل و میانگین) و شکل ۱ زمان وقوع مراحل مختلف نمو و روند تغییرات طول روز کرج را در طی سال های اجرای آزمایش نشان می دهد. محاسبه طول روز در فاصله دو شدت ۰/۰۰۱ کالری بر سانتی متر مربع در دقیقه (قبل و بعد از طلوع خورشید) با استفاده از روش پیشنهادی کیسلینگ (Keisling, 1982) انجام شد.

بر این اساس، ۶۰ روز اختلاف بین تاریخ های کشت اول و سوم در زمان کاشت به

جدول ۱- مقدار بارندگی، حداقل، حداکثر و میانگین درجه حرارت کرج در فصل رشد سال‌های ۸۶-۱۳۸۵

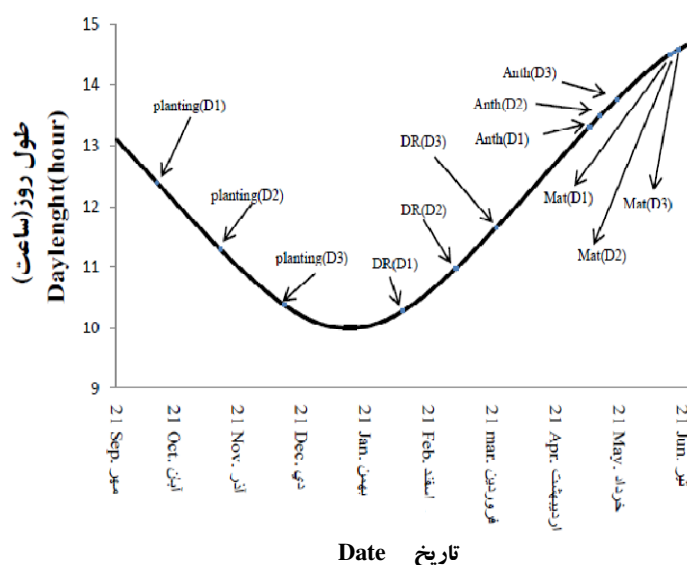
Table 1. Rainfal, min., max., and mean temperature in Karaj during growing seasons of 2005-2007

Year	سال	Month	ماه	بارندگی Rain (mm)	درجه حرارت Temperature (°C)		
					میانگین Mean	حداکثر Max.	حداقل Min.
۱۳۸۴-۸۵ 2005-2006		10 Oct. - 10 Nov.	مهر	1.8	20.5	28.0	13.0
		10 Nov. - 10 Dec.	آبان	28.5	10.6	16.0	5.2
		10 Dec. - 10 Jan.	آذر	5.6	7.2	13.1	1.4
		10 Jan. - 10 Feb.	دی	49.3	1.2	5.0	-2.7
		10 Feb. - 10 Mar.	بهمن	75.2	4.2	8.9	-0.5
		10 Mar. - 10 Apr.	اسفند	3.1	9.8	16.2	3.4
		10 Apr. - 10 May	فروردین	42.4	13.9	20.4	7.5
		10 May - 10 June	اردیبهشت	29.5	19.4	26.7	12.1
		10 June - 10 July	خرداد	2.5	24.7	32.3	17.1
۱۳۸۵-۸۶ 2006-2007		10 Oct. - 10 Nov.	مهر	48.6	20.2	26.8	13.6
		10 Nov. - 10 Dec.	آبان	37.2	12.4	17.4	7.4
		10 Dec. - 10 Jan.	آذر	18.2	2.9	7.2	-1.4
		10 Jan. - 10 Feb.	دی	24.1	-0.4	3.6	-4.4
		10 Feb. - 10 Mar.	بهمن	34.6	5.5	10.2	0.8
		10 Mar. - 10 Apr.	اسفند	25.0	6.6	11.2	2.1
		10 Apr. - 10 May	فروردین	118.3	11.6	16.5	6.7
		10 May - 10 June	اردیبهشت	62.5	17.9	24.4	11.4
		10 June - 10 July	خرداد	5.4	24.9	32.9	16.8

کاشت، میانگین درجه حرارت در دوره کاشت تا ظهور برجستگی دو گانه کاهش یافت (جدول ۳). کیربی و همکاران (Kirby *et al.*, 1999) با مطالعه اثر تاریخ کاشت بر طول دوره‌های مختلف نمو ارقام مختلف گندم گزارش کردند که تاخیر کاشت سبب کاهش درجه- روز رشد لازم برای ظهور برجستگی دو گانه ارقام گندم مورد بررسی شد، و این کاهش را در ارتباط با تسریع تامین نیاز بهاره‌سازی در کشت‌های تاخیری توجیه کردند. شریفی و همکاران (Sharifi *et al.*, 2011) نیز

۴۴ روز در زمان ظهور برجستگی دو گانه کاهش یافت (شکل ۱). تجزیه واریانس مرکب داده‌های دو ساله نیز نشان داد که اثر تاریخ کاشت بر مقدار درجه- روز رشد لازم برای ظهور برجستگی دو گانه در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار بود (نتایج ارایه نشده است) و با تاخیر کاشت این مقدار از ۸۷۸ درجه- روز رشد در تاریخ کاشت اول به ۵۵۹ و ۵۴۰ درجه- روز رشد به ترتیب در تاریخ‌های کاشت دوم و سوم کاهش یافت (جدول ۲). این در حالی است که با تاخیر

واکنش مراحل فنولوژیک، عملکرد و اجزای عملکرد ارقام گندم نان ...



شکل ۱- زمان وقوع مراحل مختلف نمو و تغییرات طول روز در فصل رشد سال‌های ۸۶-۱۳۸۴ (بر مبنای ۲ درجه زیر سطح افق) در کرج (Keisling, 1982).
Planting: کاشت، DR: ظهور برجستگی دو گانه، Anth: گرده افشانی، Mat: رسیدگی فیزیولوژیک.

Fig. 1. Time of different developmental stages and day length variation during growing season (based on 2 degrees under horizons level) of 2005-2007 in Karaj (Keisling, 1982).

DR: Double ridge, Anth: Anthesis, Mat: Physiological Maturity.

جدول ۲- مقایسه میانگین طول مراحل مختلف نمو (درجه- روز رشد)، فیلوکرون و تعداد برگ گندم در مرحله ظهور برجستگی دو گانه در تاریخ کاشت‌های مختلف در کرج در سال‌های ۸۶-۱۳۸۴

Table 2. Mean comparison of length of different developmental stages (GDD), phyllochron and leaf number at double ridge stage of wheat in various planting dates in Karaj during growing 2005-2007

تاریخ کاشت	کاشت تا ظهور برجستگی دو گانه	کاشت تا گرده افشانی	کاشت تا رسیدگی فیزیولوژیک	تعداد برگ در مرحله ظهور برجستگی دو گانه	فیلوکرون در مرحله ظهور برجستگی دو گانه
Planting date	DR.	Anth.	Mat.	LN at DR	Phyllochron at DR. stage (GDD/leaf)
----- (GDD) روز رشد -----					
12 October ۲۰ مهر	878a	1847a	2662a	6.0a	151a
11 November ۲۰ آبان	559b	1461b	2221b	5.4b	110c
11 December ۲۰ آذر	540c	1423c	2085c	4.2c	130b

در هر ستون، میانگین‌های دارای حرف مشترک فاقد تفاوت معنی دار آماری در سطح احتمال ۵٪ با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن هستند. تعداد برگ و فیلوکرون در مرحله ظهور برجستگی دو گانه متعلق به سال ۸۵-۱۳۸۴ است.

In each column, means with common letter are not significantly different at 5% probability level, using Duncan's multiple range test.

Leaf number and phyllochron at DR stage belong to 2005-2006.

DR.: Sowing to double ridge, Anth.: Sowing to anthesis, Mat.: Sowing to physiological maturity, LN at DR: Leaf number at DR stage, GDD: Growing Degree Day.

جدول ۳- میانگین درجه حرارت و طول روز در مراحل مختلف نمو گندم در تاریخ‌های متفاوت کاشت در کرج در سال‌های ۸۶-۱۳۸۴

Table 3. Mean of temperature and day length in different developmental stages of wheat in various planting dates in Karaj during 2005-2007

تاریخ کاشت Planting date	درجه حرارت (°C) Temperature					
	DR		SE		Anth	
	۱۳۸۴-۸۵ 2005-06	۱۳۸۵-۸۶ 2006-07	۱۳۸۴-۸۵ 2005-06	۱۳۸۵-۸۶ 2006-07	۱۳۸۴-۸۵ 2005-06	۱۳۸۵-۸۶ 2006-07
12 October ۲۰ مهر	7.1	6.3	11.4	10.2	9.2	7.9
11 November ۲۰ آبان	4.6	3.5	13.6	12.8	8.2	6.9
11 December ۲۰ آذر	4.8	2.8	15.3	15.4	8.9	7.9

تاریخ کاشت Planting date	درجه حرارت (°C) Temperature			
	GF		Mat	
	۱۳۸۴-۸۵ 2005-06	۱۳۸۵-۸۶ 2006-07	۱۳۸۴-۸۵ 2005-06	۱۳۸۵-۸۶ 2006-07
12 October ۲۰ مهر	21.5	22.5	11.0	10.1
11 November ۲۰ آبان	22.0	22.9	10.5	9.5
11 December ۲۰ آذر	22.6	24.8	11.2	10.5

تاریخ کاشت Planting date	طول روز (ساعت) Day length (hr)					
	DR		SE		GF	
	۱۳۸۴-۸۵ 2005-06	۱۳۸۵-۸۶ 2006-07	۱۳۸۴-۸۵ 2005-06	۱۳۸۵-۸۶ 2006-07	۱۳۸۴-۸۵ 2005-06	۱۳۸۵-۸۶ 2006-07
12 October ۲۰ مهر	10.8	10.7	11.6	11.8	11.1	11.2
11 November ۲۰ آبان	10.4	10.4	12.1	12.4	11.1	11.1
11 December ۲۰ آذر	10.4	10.6	12.5	12.9	11.2	11.3

DR، SE، Anth، GF و Mat به ترتیب دوره کاشت تا ظهور برجستگی دو گانه، ظهور برجستگی دو گانه تا گرده‌افشانی، کاشت تا گرده‌افشانی، گرده‌افشانی تا رسیدگی فیزیولوژیک و کاشت تا رسیدگی فیزیولوژیک.

DR: Sowing to double ridge, SE: Stem elongation, Anth: Sowing to anthesis, GF: Anthesis to physiological maturity, Mat: Sowing to physiological maturity.

در شرایط عدم تامین کامل نیاز بهاره‌سازی به ۱۱۰ روز یا بیشتر می‌رسد. پورتر و گاویت (Porter and Gawith, 1999) در جمع‌بندی یازده مطالعه، درجه حرارت ۳/۸ تا ۶ درجه سانتی‌گراد را به عنوان موثرترین دما برای تامین نیاز بهاره‌سازی اعلام کردند. بررسی تغییرات درجه حرارت نشان می‌دهد که در محدوده ۲۰ مهر (تاریخ کاشت اول) تا ۲۰ آبان (تاریخ کاشت دوم)، میانگین دما در سال‌های زراعی ۵-۱۳۸۴ و ۸۶-۱۳۸۵ به ترتیب ۱۵/۳ (با دامنه

نشان دادند که اگر درجه حرارت محیطی کاملاً برای تامین نیاز بهاره‌سازی مساعد (دمای ۳ درجه سانتی‌گراد) بوده و نیاز بهاره‌سازی اشباع شود، روز تا سنبله‌دهی ارقام بهاره و زمستانه بیش از چند روز (حداکثر ۱۲ روز) با یکدیگر تفاوت نداشته و حال آن که در شرایط نامساعد محیطی برای تامین نیاز بهاره‌سازی (درجه حرارت‌های بالاتر از ۱۸ درجه سانتی‌گراد)، این تفاوت بسته به درجه تکمیل نیاز بهاره‌سازی به سرعت افزایش یافته و

بهاره‌سازی بالا و پیش‌تاز و فلات ارقامی با عادت رشد بهاره با نیاز بهاره‌سازی پایین‌تر هستند (Sharifi *et al.*, 2011). مطالعات مختلف نشان داده است که طول دوره کاشت تا ظهور برجستگی دوگانه در ارقام با عادت رشد بینابین و زمستانه طولانی‌تر از ارقام بهاره است (Stapper and Fischer, 1990؛ Jalal Kamali *et al.*, 2007؛ Stefany, 1993). افزون بر این، بررسی نتایج تحقیق حاضر نشان‌دهنده آن است که طولانی‌تر بودن دوره رویشی ارقام زمستانه عمدتاً ناشی از تاخیر بیشتر در ظهور برجستگی دوگانه این ارقام در تاریخ کاشت اول (که در ابتدای پاییز درجه حرارت بهینه برای تامین نیاز بهاره‌سازی فراهم نبود) بود. در محیط گلخانه، نشان داده شده است که عدم تکمیل نیاز بهاره‌سازی سبب واکنش شدیدتر ارقام زمستانه (در مقایسه با ارقام بهاره) از طریق به تاخیر انداختن سنبله‌دهی این ارقام می‌شود (Sharifi *et al.*, 2011). در محیط مزرعه نیز گزارش شده است که در تاریخ کاشت‌های زود، سرعت نمو ارقام زمستانه کمتر از ارقام بهاره (Kirby *et al.*, 1985) و درجه-روز رشد لازم برای طول دوره کاشت تا ظهور برجستگی دوگانه و سنبله‌دهی ارقام زمستانه بیشتر از ارقام بهاره (Kirby *et al.*, 1999) بود و این امر در ارتباط با نیاز بهاره‌سازی ارقام زمستانه توجیه شد. اثر متقابل تاریخ کاشت و رقم بر درجه-روز رشد لازم برای ظهور برجستگی دوگانه در

تغییرات ۹/۲ تا ۲۱/۳ درجه سانتی‌گراد) و ۱۶/۳ (با دامنه تغییرات ۱۱/۳ تا ۲۱/۳ درجه سانتی‌گراد) درجه سانتی‌گراد بود (داده‌ها نشان داده نشده است). چنین به نظر می‌رسد که در سال‌های مورد مطالعه و در ابتدای پاییز (که مصادف با تاریخ کاشت اول است)، تغییرات درجه حرارت برای تامین بهینه نیاز بهاره‌سازی کافی نبود (Slafer and Whitechurch, 2001) و این امر تامین و تکمیل نیاز بهاره‌سازی تاریخ کاشت اول را عمدتاً تا نیمه دوم پاییز (مشترک با تاریخ‌های کاشت دوم و سوم) به تاخیر انداخته و این امر طولانی‌تر شدن (درجه-روز رشد بیشتر) ظهور برجستگی دوگانه در این تاریخ کاشت را به همراه داشت. کیربی و همکاران (Kirby *et al.*, 1999)

نیز اثر تاخیر کاشت بر کاهش درجه-روز رشد لازم برای ظهور برجستگی دوگانه ارقام گندم را در ارتباط با تسریع تامین نیاز بهاره‌سازی در کشت‌های تاخیری توجیه کردند. تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که تفاوت طول دوره از کاشت تا ظهور برجستگی دوگانه در میان ارقام گندم مورد بررسی در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار بود (نتایج آرایه نشده است) و ژنوتیپ MV-17 و رقم پیش‌تاز با ۷۰۷ و ۶۲۴ درجه-روز رشد به ترتیب بیشترین و کمترین نیاز حرارتی لازم برای رسیدن به مرحله ظهور برجستگی دوگانه را به خود اختصاص دادند (جدول ۴). MV-17 و سایسون ژنوتیپ‌های دارای عادت رشد زمستانه با نیاز

جدول ۴- مقایسه میانگین طول مراحل مختلف نمو (درجه- روز رشد) فیلو کرون و تعداد برگ در مرحله ظهور برجستگی دو گانه در ارقام مختلف گندم در کرج در فصل رشد سال‌های ۸۶-۱۳۸۴
 Table 4. Mean comparison of length of different developmental stages (GDD), in various cultivars of wheat in Karaj during growing seasons 2005-2007

ارقام	کاشت تا ظهور برجستگی دو گانه	کاشت تا گرده‌افشانی	کاشت تا رسیدگی فیزیولوژیک	تعداد برگ در مرحله ظهور برجستگی دو گانه	فیلوکرون در مرحله ظهور برجستگی دو گانه
Cultivars	DR.	Anth.	Mat.	LN at DR	Phyllochron at DR. stage (GDD/leaf)
-----درجه- روز رشد (GDD)-----					
Pishtaz	624e	1535d	2280d	4.9bc	131b
Falat	625e	1505e	2225e	4.6c	142a
Toos	649d	1596b	2325c	4.9bc	134ab
Mahdavi	662c	1558c	2301cd	5.2b	128b
Soissons	687b	1649a	2445a	5.8a	118c
MV-17	707a	1617b	2359b	5.6a	127bc

در هر ستون، میانگین‌های دارای حرف مشترک فاقد تفاوت معنی‌دار آماری در سطح احتمال ۵٪ با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن هستند. تعداد برگ و فیلوکرون در مرحله ظهور برجستگی دو گانه متعلق به سال ۸۵-۱۳۸۴ است.

In each column, means with common letter are not significantly different at 5% probability level, using Duncan's multiple range test.

Leaf number and phyllochron at DR stage belong to 2005-2006.

DR.: Sowing to double ridge, Anth.: Sowing to anthesis, Mat.: Sowing to physiological maturity, LN at DR: Leaf number at DR stage, GDD: Growing Degree Day.

۲۰ آذر) سبب شد تا درجه- روز رشد لازم برای طی دوره کاشت تا ظهور برجستگی دو گانه در ارقام پیشتاز، فلات، توس، مهدوی، سائسون و MV-17 به ترتیب ۲۸۲، ۲۹۱، ۳۰۲، ۳۵۴، ۴۱۸، و ۳۸۳ درجه- روز رشد افزایش یابد. به بیان بهتر نمو ارقام مهدوی، سائسون و MV-17 با سرعت بیشتری نسبت به سه رقم پیشتاز، فلات و توس به تاخیر کشت واکنش نشان داده و کاهش یافت (جدول ۵). چنین به نظر می‌رسد که با تاخیر کاشت، نیاز بهاره‌سازی ارقام مهدوی، سائسون و MV-17 با سرعت بیشتری (جدول ۳) تکمیل شده و لذا درجه- روز رشد لازم برای ظهور برجستگی

سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار بود (نتایج ارایه نشده است). بیشترین درجه- روز رشد لازم برای ظهور برجستگی دو گانه به ترتیب متعلق به رقم سائسون در تاریخ کاشت اول (۹۵۵ درجه- روز رشد) و کمترین آن در رقم فلات و تاریخ کاشت سوم (۵۲۸ درجه- روز رشد) به ثبت رسید (جدول ۵). بر این اساس در تاریخ کاشت سوم (۲۰ آذر) که شرایط برای بهاره‌سازی مساعد بوده (جدول ۳)، درجه- روز رشد لازم برای طی کردن دوره کاشت تا ظهور برجستگی دو گانه در ارقام بهاره و زمستانه تفاوتی نداشتند، ولیکن کاشت زود (۲۰ مهر در مقایسه با

جدول ۵- اثر متقابل تاریخ کاشت × رقم بر طول دوره (درجه- روز رشد) کاشت تا ظهور برجستگی دوگانه در کرج در فصل رشد سال‌های ۸۶-۱۳۸۴

Table 5. Planting date × cultivar interaction effect on duration (GDD) of planting to double ridge appearance in Karaj during growing seasons 2005-2007

تاریخ کاشت Planting date	پیش‌تاز Pishtaz	فلات Falat	توس Toos	مهدوی Mahdavi	سایسون Soissons	MV-17	
----- درجه- روز رشد (GDD) -----							
12 October	۲۰ مهر	823e	819e	847d	893c	955a	933b
11 November	۲۰ آبان	508j	527ij	555gh	556gh	570gh	639f
11 December	۲۰ آذر	541hi	528ij	545hi	539hi	537hi	550ghi

میانگین‌های دارای حرف مشترک فاقد تفاوت معنی‌دار آماری در سطح احتمال ۵٪ با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن هستند.

Means with common letters are not significantly different at 5% probability level, using Duncan's multiple range test.

GDD: Growing Degree Day.

است). بر این اساس، تاخیر کاشت از ۲۰ مهر تا ۲۰ آذر سبب شد تا تعداد برگ ظاهر شده از ۶ به ۴/۲ کاهش یابد (جدول ۲). کیربی و همکاران (Kirby *et al.*, 1985a, b) نیز با مطالعه اثر تاریخ کاشت بر نمو ارقام مختلف گندم و جو نشان دادند که تاخیر کاشت سبب کاهش تعداد برگ می‌شود. میانگین فیلوکرون ارقام مورد بررسی در فاصله کاشت تا ظهور برجستگی دوگانه در تاریخ کاشت‌های اول، دوم و سوم به ترتیب ۱۵۱، ۱۱۰ و ۱۳۰ درجه- روز رشد بوده است (جدول ۲). این تغییرات نشان‌دهنده آن است که فیلوکرون کمیّت ثابتی نیست. محققان دیگر نیز نشان داده‌اند که عدم تکمیل نیاز بهاره‌سازی سبب کاهش سرعت ظهور برگ می‌شود (Cao and Moss, 1991; Rawson *et al.*, 1995). نتایج سایر پژوهشگران نیز نشان داده است سرعت ظهور برگ ثابت نبوده و

دوگانه با سرعت بیشتری کاهش یافت. اثر بیشتر تاخیر کشت (از طریق تکمیل سریع‌تر نیاز بهاره‌سازی) بر تسریع نمو ارقام زمستانه (در مقایسه با ارقام بهاره) و کاهش بیشتر طول دوره کاشت تا ظهور برجستگی دوگانه به تایید سایر محققین نیز رسیده است (Kirby *et al.*, 1999; Kirby *et al.*, 1985a, b; Kirby *et al.*, 1985b). البته سایر عوامل محیطی (مانند طول روز) و ژنتیکی نیز بر واکنش گیاه به تکمیل نیاز بهاره‌سازی موثر بوده و این امر علت سازگاری ارقام مختلف گندم به بسیاری از اقلیم‌های متنوع است (Slafer and Whitechurch, 2001; Ortiz-Ferrara *et al.*, 1998).

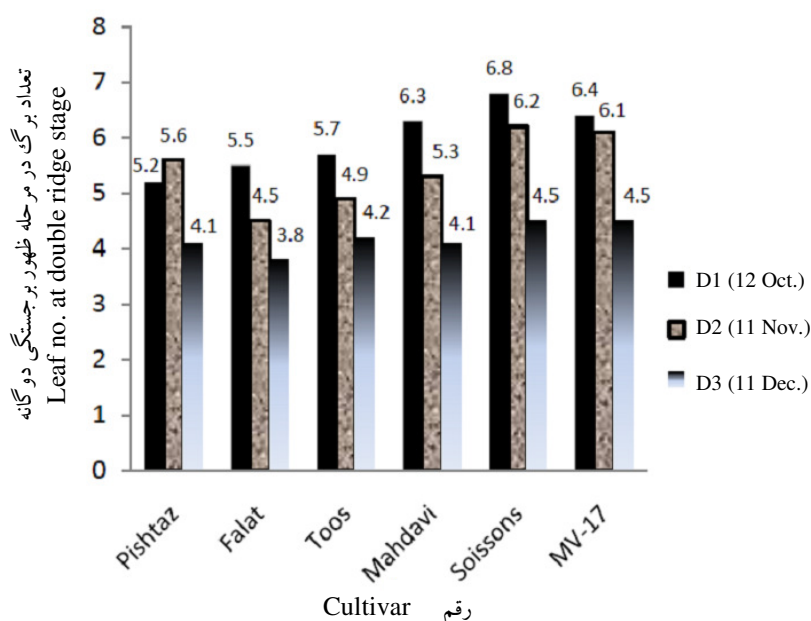
اثر تاریخ کاشت بر تعداد برگ ظاهر شده (بر مبنای ظهور یقه برگ) در مرحله ظهور برجستگی دوگانه در سال ۸۵-۱۳۸۴ در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار بود (نتایج ارایه نشده

(جدول ۴).

نتایج این پژوهش نشان داد که مراحل نمو (از جمله گرده‌افشانی) متناسب با تاخیر در تاریخ کاشت به تعویق نیافتاد (شکل ۱). همان‌طور که مشاهده می‌شود با پیشرفت نمو و نزدیک شدن به انتهای فصل، تفاوت طول دوره یک مرحله نمو خاص (برای مثال گرده‌افشانی) در تاریخ‌های مختلف کاشت کاهش یافته و به یک دیگر نزدیک شده است. وقوع این پدیده که در ارتباط با دمای بالای انتهای فصل قابل توضیح است (جدول‌های ۱ و ۳)، کاهش طول دوره‌های نمو در شرایط تاخیر کشت را سبب شد. تجزیه واریانس مرکب داده‌ها نیز نشان داد که اثر تاریخ کاشت بر طول دوره کاشت تا گرده‌افشانی معنی‌دار بود (نتایج ارایه نشده است) و تاخیر کاشت از ۲۰ مهر به ۲۰ آبان و ۲۰ آذر سبب کاهش طول دوره از کاشت تا گرده‌افشانی از ۱۸۴۷ به ۱۴۶۱ و ۱۴۲۳ درجه-روز رشد شد (جدول ۱). این درحالی است که در نگاه نخست، تغییرات میانگین دمای این دوره زمانی در تاریخ کاشت‌های مختلف این روند تغییرات را توضیح نمی‌دهد (جدول ۲). طول دوره مرحله کاشت تا گرده‌افشانی متشکل از دو دوره کاشت تا ظهور برجستگی دوگانه (دوره رویشی) و ظهور برجستگی دوگانه تا گرده‌افشانی (دوره زایشی) قبل از گرده‌افشانی) است. نشان داده شده است که نیاز بهاره‌سازی مهم‌ترین عامل موثر بر طول دوره رویشی و

متناسب با تغییر تاریخ کاشت، تغییر می‌کند (Kirby *et al.*, 1982; Baker *et al.*, 1980)؛ بر این اساس، گرچه روز تا ظهور برجستگی دوگانه و تعداد برگ هر دو شاخصی از سرعت نمو گیاه هستند، ولی اثر عوامل محیطی بر این دو یکسان نبوده و این دو فرایند مستقل از یک دیگر از محیط تاثیر می‌پذیرند. اسلیفر و راوسون (Slafer and Rawson, 1995) نیز با بررسی اثر متقابل درجه حرارت و طول روز بر تعداد برگ و روز از کاشت تا سنبله‌دهی گزارش کردند که تعداد برگ و روز تا سنبله‌دهی تا حدودی مستقل از هم عمل می‌کنند. بر این اساس چنین استنباط می‌شود که نمی‌توان از تعداد برگ به عنوان شاخص مورفولوژیک و مزرعه‌ای ظهور برجستگی دوگانه یک رقم در شرایط متنوع محیطی استفاده کرد.

اثر متقابل تاریخ کاشت و رقم بر تعداد برگ در مرحله ظهور برجستگی دوگانه در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار بود (نتایج ارایه نشده است) و ارقام مهدوی، سایسون و MV-17 با شدت بیشتری نسبت به سه رقم پیشتاز، فلات و توس به تاخیر کشت واکنش نشان داده و تعداد برگ خود در مرحله ظهور برجستگی دوگانه را کاهش دادند (شکل ۲). کاهش بیشتر تعداد برگ در کشت تاخیری و در مرحله ظهور برجستگی دوگانه ارقام مهدوی، سایسون و MV-17 ناشی از کاهش بیشتر طول مرحله از کاشت تا ظهور برجستگی دوگانه این ارقام بود

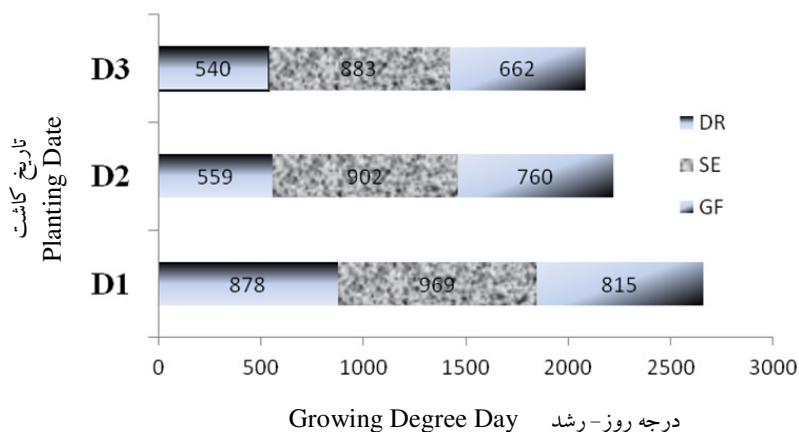


شکل ۲- اثر متقابل تاریخ کاشت و رقم بر تعداد برگ در مرحله ظهور برجستگی دو گانه
 Fig. 2. Planting date and cultivar interaction effect on leaf number at double ridge stage

با عملکرد دانه همبستگی مثبت داشته (Jalal Kamali and Sharifi, 2010) و این دوره از اهمیت زیادی در تعیین عملکرد دانه برخوردار است (Slafer *et al.*, 1990؛ Fischer, 1985a, b؛ Kirby, 1988)، انتظار بر این است که کاهش طول این دوره با کاهش عملکرد همراه بوده و این امر یکی از دلایل احتمالی کاهش عملکرد دانه در کشت‌های تاخیری بود.

تجزیه واریانس مرکب داده‌ها نشان داد که اثر رقم بر طول دوره مرحله از کاشت تا گرده‌افشانی معنی‌دار بود (نتایج ارایه نشده است) و بیشترین و کمترین طول دوره این مرحله به ترتیب متعلق به ارقام سایسون (با ۱۶۴۹ درجه-روز) و فلات (با ۱۵۰۵ درجه-روز) بود (جدول ۴). نتایج این

در دوره زایشی، درجه حرارت مهم‌ترین عامل محیطی موثر بر سرعت نمو گندم است (Slafer and Whitechurch, 2001). بررسی میانگین درجه حرارت در دوره زایشی قبل از گرده‌افشانی بیانگر آن است که با تاخیر کاشت، میانگین درجه حرارت در این دوره افزایش یافت (جدول ۳)، که این افزایش موجب کاهش طول این دوره در تاریخ کاشت‌های تاخیری شد (شکل ۳). به بیان دیگر اثر تاخیر کاشت بر کاهش طول دوره مرحله کاشت تا گرده‌افشانی از طریق کاهش طول دوره مرحله رویشی (احتمالاً به دلیل تسریع تکمیل نیاز بهاره‌سازی ناشی از کاهش دما در کشت‌های تاخیری) و دوره زایشی قبل از گرده‌افشانی (به دلیل افزایش دما) رخ داد (شکل ۳). نظر به آن که طول دوره زایشی قبل از گرده‌افشانی



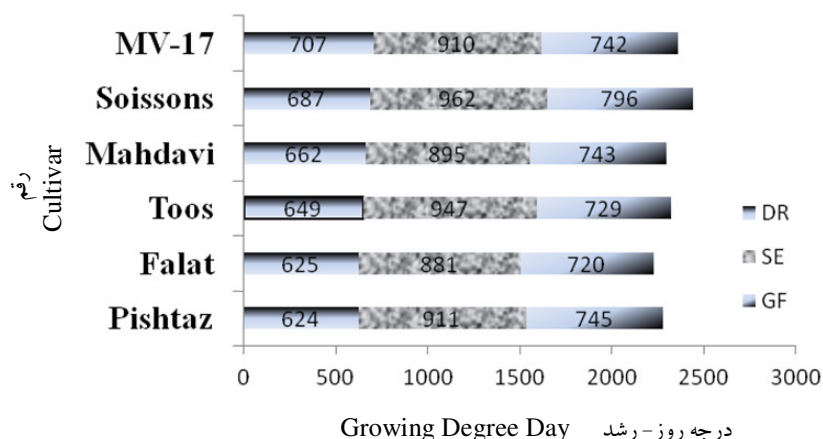
شکل ۳- طول مراحل مختلف نمو در تاریخ کاشت‌های مختلف (D1: ۲۰ مهر، D2: ۲۰ آبان، D3: ۲۰ آذر، DR: دوره رویشی (کاشت تا ظهور برجستگی دوگانه)، SE: دوره طویل شدن ساقه (ظهور برجستگی دوگانه تا گرده‌افشانی)، GF: دوره پرشدن دانه (گرده‌افشانی تا رسیدگی فیزیولوژیک)).

Fig. 3. Duration of different developmental stages in different planting dates (D1: 12 October, D2: 11 November, D3: 11 December, DR: Vegetative stage (planting to double ridge), SE: Stem Elongation (double ridge to anthesis), GF: Grain Filling Stage (anthesis to physiological maturity)).

۲۶۶۲ درجه- روز رشد در تاریخ کاشت اول به ۲۲۲۱ و ۲۰۸۵ درجه- روز رشد به ترتیب در تاریخ‌های کاشت دوم و سوم شد (جدول ۲). تغییرات طول دوره مرحله از کاشت تا رسیدگی فیزیولوژیک متناسب با تغییرات میانگین درجه حرارت در این دوره نبود (جدول‌های ۲ و ۳). بررسی تغییرات میانگین درجه حرارت به تفکیک مرحله نمو مبین آن است که میانگین درجه حرارت تاریخ کاشت سوم در دوره رویشی کمتر و در دوره زایشی و پرشدن دانه بیشتر از تاریخ کاشت اول بود (جدول ۳). این امر سبب کاهش دوره رویشی (در ارقام با عادت رشد زمستانه به دلیل تسریع در تامین نیاز بهاره‌سازی)، زایشی قبل از گرده‌افشانی و پرشدن دانه (به دلیل تسریع نمو ناشی از افزایش دما) گندم شد (جدول ۲) و در مجموع تجمع

پژوهش نشان داد که در سه تاریخ کاشت مورد مطالعه، طول دوره رویشی در ارقام با عادت رشد زمستانه بیشتر (بر حسب درجه- روز رشد) و طول دوره زایشی قبل از گرده‌افشانی (بر حسب درجه- روز رشد) برابر یا بیشتر از ارقام با عادت رشد بهاره بود (شکل ۴).

در این پژوهش زمان رسیدگی فیزیولوژیک نیز متناسب با تاخیر کشت به تعویق نیافتاد، به طوری که تاخیر ۶۰ روزه در تاریخ کاشت (تاریخ کشت سوم نسبت به تاریخ کاشت اول) به ۶ روز تاخیر در مرحله رسیدگی فیزیولوژیک کاهش یافت (شکل ۲). تجزیه واریانس مرکب داده‌ها نیز نشان داد که اثر تاریخ کاشت بر طول دوره مرحله کاشت تا رسیدگی فیزیولوژیک معنی‌دار بود (نتایج ارائه نشده است) و تاخیر کاشت سبب کاهش طول این دوره از



شکل ۴- طول مراحل مختلف نمو در ارقام گندم (DR: دوره رویشی (کاشت تا ظهور برجستگی دوگانه)، SE: دوره طویل شدن ساقه (ظهور برجستگی دوگانه تا گرده افشانی)، GF: دوره پرشدن دانه (گرده افشانی تا رسیدگی فیزیولوژیک)).

Fig. 4. Length of different developmental stages in wheat cultivars (DR:Vegetative stage (planting to double ridge); SE:Stem elongation (double ridge to anthesis);GF: Grain filling stage (anthesis to physiological maturity)).

۲۲۲۵ درجه- روز رشد کمترین طول چرخه زندگی را به خود اختصاص دادند (جدول ۴). تجزیه واریانس مرکب داده‌های دو ساله نشان داد که اثر تاریخ کاشت و رقم بر عملکرد بیولوژیک در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار بود (نتایج ارایه نشده است). بیشترین عملکرد بیولوژیک در تاریخ کاشت اول (با ۱۸۵۶۰ کیلوگرم در هکتار) و کمترین آن در تاریخ کاشت سوم (با ۱۳۴۱۰ کیلوگرم در هکتار) به دست آمد (جدول ۶). تاخیر کاشت سبب کاهش طول چرخه زندگی گیاه شد (جدول ۲) و به نظر می‌رسد که این کاهش اثر زیادی بر کاهش تولید ماده خشک و عملکرد بیولوژیک در کشت‌های تاخیری داشت (جدول‌های ۲ و ۶). بیشترین عملکرد بیولوژیک در رقم پیشتاز (با ۱۷۴۹۰ کیلوگرم در هکتار) و کمترین آن در رقم سایسون (با ۱۴۷۵۰ کیلوگرم

واحدهای حرارتی در تاریخ کاشت سوم را کاهش داد (شکل ۳). در هر یک از این مراحل نمو، یکی از اجزای عملکرد شکل گرفته و طول این مراحل (به ویژه در مراحل زایشی قبل از گرده‌افشانی و پرشدن دانه) اثر معنی‌داری بر عملکرد دانه دارد (Jalal Kamali and Sharifi, 2010; Richards, 1996; Fischer, 1985a, b; Abbate *et al.*, 1995). بنابراین انتظار می‌رفت که تغییرات درجه حرارت در تاریخ‌های تاخیری به واسطه کاهش طول مراحل نمو سبب کاهش معنی‌دار عملکرد دانه شود (جدول ۶). تفاوت طول دوره مرحله کاشت تا رسیدگی فیزیولوژیک در میان ارقام گندم مورد بررسی معنی‌دار بود (نتایج ارایه نشده است) و رقم زمستانه سایسون با ۲۴۴۵ درجه- روز بیشترین و رقم بهاره فلات با

جدول ۶- مقایسه میانگین عملکرد بیولوژیک، عملکرد دانه و اجزای عملکرد دانه و شاخص برداشت گندم در تاریخ کاشت‌های مختلف در کرج در فصل رشد سال‌های ۸۶-۱۳۸۴

Table 6. Mean comparison of biological yield, grain yield and its components and harvest index of wheat in different planting dates in Karaj during growing seasons 2005-2007

تاریخ کاشت	عملکرد دانه	عملکرد بیولوژیک	شاخص برداشت	تعداد سنبله در مترمربع	تعداد دانه در سنبله	وزن هزاردانه
Planting date	Grain yield (kg ha ⁻¹)	Biological yield (kg ha ⁻¹)	Harvest index (%)	Spike No. per square meter	Grain No. per spike	Thousand grain weight (g)
۲۰ مهر 12 October	7146a	18560a	38.8a	551a	38.0a	38.8a
۲۰ آبان 11 November	6543b	16550b	40.0a	531a	37.0ab	38.5a
۲۰ آذر 11 December	5665c	13410c	42.8a	472b	36.1b	38.4a

در هر ستون میانگین‌ها دارای یک حرف مشترک، فاقد تفاوت معنی‌دار آماری در سطح احتمال ۵٪ هستند.

Means in each column with a common letter are not significantly different at 5% probability level, using Duncan's multiple range test.

جدول ۷- مقایسه میانگین عملکرد بیولوژیک، عملکرد دانه و اجزای عملکرد دانه در ارقام گندم در کرج طی فصل رشد سال‌های ۸۶-۱۳۸۴

Table 7. Mean comparison of biological yield, grain yield and its components in different wheat cultivars in Karaj during growing seasons 2005-2007

رقم	عملکرد دانه	عملکرد بیولوژیک	شاخص برداشت	تعداد سنبله در مترمربع	تعداد دانه در سنبله	وزن هزاردانه
Cultivar	Grain yield (kg ha ⁻¹)	Biological yield (kg ha ⁻¹)	Harvest index (%)	Spike No. per square meter	Grain No. per spike	Thousand grain weight (g)
Pishtaz پیش‌تاز	7294a	17490a	41.6ab	632a	33.1c	43.4a
Falat فلات	6589b	16500abc	40.4b	543b	39.9a	36.0c
Toos توس	5844c	15310bc	39.1b	509bc	36.1b	36.7c
Mahdavi مهدوی	6416bc	17140ab	37.8b	497bc	36.4b	39.4b
Soissons سایسون	6604b	14750c	45.1a	471bc	35.8b	37.2c
MV-17	5961bc	15870abc	38.9b	455c	40.7a	36.5c

در هر ستون میانگین‌ها دارای یک حرف مشترک، فاقد تفاوت معنی‌دار آماری در سطح احتمال ۵٪ هستند.

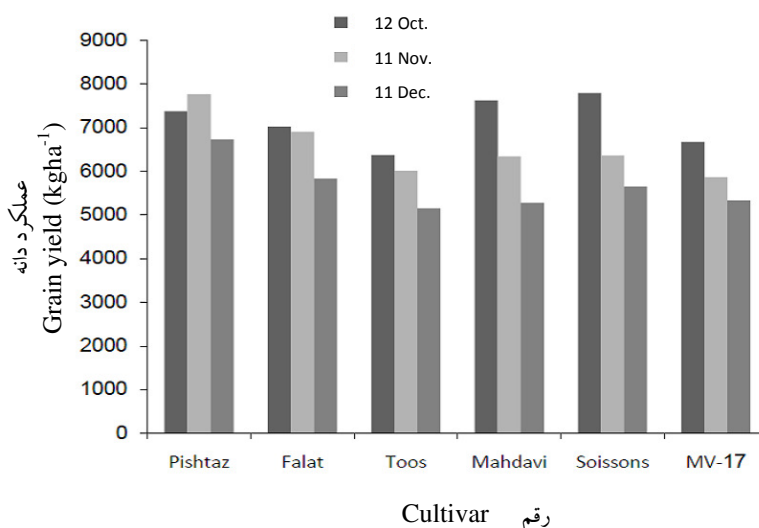
Means in each column with a common letter are not significantly different at 5% probability level, using Duncan's multiple range test.

۱۶۲۲۵ کیلوگرم در هکتار) و زمستانه (با
۱۵۳۱۰ کیلوگرم در هکتار) بود (جدول ۷)، که
نشان‌دهنده سازگاری ارقام با عادت رشد بهاره با
کرج و نیز کشت‌های تاخیری این منطقه است.
تجزیه واریانس مرکب داده‌های عملکرد

در هکتار) تولید شد (جدول ۷). بررسی نتایج
این پژوهش نشان داد که در سال‌های انجام این
تحقیق، میانگین عملکرد بیولوژیک ارقام با
عادت رشد بهاره (با ۱۶۹۹۵ کیلوگرم در هکتار)
بیشتر از ارقام با عادت رشد بینابین (با

۷). نتایج این پژوهش نشان داد که در سال‌های اجرای این آزمایش، میانگین عملکرد دانه در ارقامی با عادت رشد بهاره (با ۶۹۴۲ کیلوگرم در هکتار) بیشتر از ارقام با عادت رشد بینابین (با ۶۱۳۰ کیلوگرم در هکتار) و زمستانه (با ۶۲۸۳ کیلوگرم در هکتار) بود (جدول ۷). اثر متقابل تاریخ کاشت و رقم بر عملکرد دانه معنی دار بود (نتایج ارایه نشده است). ارقام گندم با عادت رشدی مختلف، واکنش متفاوتی به تاریخ کاشت نشان دادند (شکل ۵).

دانه نیز نشان داد که اثر تاریخ کاشت بر عملکرد دانه در سطح احتمال ۱ درصد معنی دار بود (نتایج ارایه نشده است). با تاخیر در کاشت، عملکرد دانه از ۷۱۴۶ کیلوگرم در هکتار در تاریخ کاشت اول به ۶۵۴۳ و ۵۶۶۵ کیلوگرم در هکتار به ترتیب در تاریخ کاشت‌های دوم و سوم کاهش یافت (جدول ۶). اثر رقم نیز بر عملکرد دانه معنی دار بود (نتایج ارایه نشده است) و رقم پیشتاز با ۷۲۹۴ و توس با ۵۸۴۴ کیلوگرم در هکتار به ترتیب بیشترین و کمترین عملکرد دانه را تولید کردند (جدول



شکل ۵- اثر متقابل تاریخ کاشت و رقم بر عملکرد دانه در کرج طی فصل رشد سال‌های ۸۶-۱۳۸۴
 Fig. 5. Planting date and cultivar interaction effect on grain yield in Karaj during growing seasons 2005-2007

تاریخ کاشت مطلوب پیشتاز (با عادت رشد بهاره) ۲۰ آبان (تاریخ کاشت دوم) بود (شکل ۵). نکته دیگر آن که با وجود عملکرد یکسان ارقام با عادت رشد زمستانه و بهاره در تاریخ کاشت مطلوب، در تاریخ کاشت سوم

تاریخ کاشت مطلوب برای ارقام توس و مهدوی (با عادت رشدی بینابین) و سایسون و MV-17 (با عادت رشد زمستانه) ۲۰ مهر (تاریخ کاشت اول) بود و با تاخیر کاشت عملکرد دانه کاهش یافت، در حالی که

(کشت تاخیری) عملکرد ارقام با عادت رشد بهاره بیشتر از ارقام با عادت رشد بینابین و زمستانه بود. بر این اساس چنین استنباط می‌شود که با به تاخیر افتادن تاریخ کاشت در کرج، می‌توان از ارقام با عادت رشد بهاره نیز استفاده کرد.

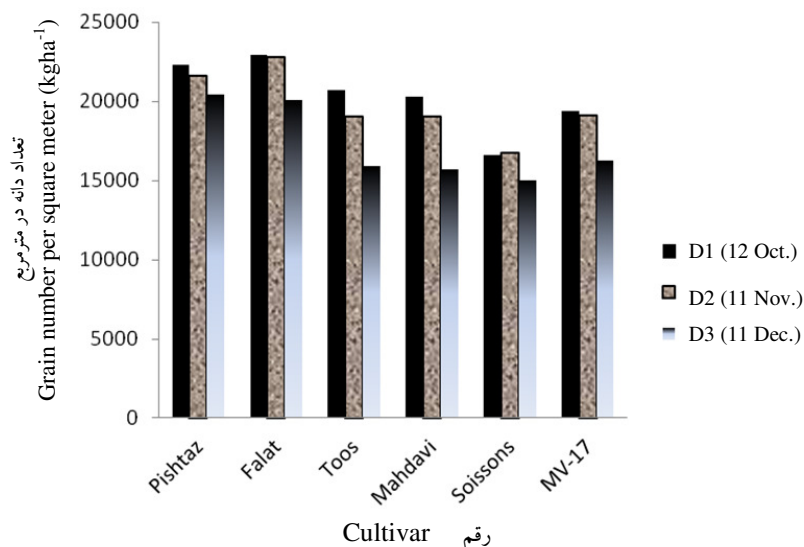
تجزیه واریانس مرکب داده‌ها دوساله این پژوهش نشان داد که اثر تاریخ کاشت و رقم بر تعداد سنبله در مترمربع در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار بود (نتایج ارایه نشده است) و تاخیر کاشت سبب شد تا تعداد سنبله در مترمربع از ۵۵۱ در تاریخ کاشت ۲۰ مهر به ۵۳۱ و ۴۷۲ سنبله به ترتیب در تاریخ کاشت‌های ۲۰ آبان و ۲۰ آذر کاهش یابد (جدول ۶). بیشترین تعداد سنبله در واحد سطح متعلق به رقم پیشتاز (با ۶۳۲ سنبله) و کمترین آن مربوط به MV-17 (با ۴۵۵ سنبله) بود (جدول ۷). اثر متقابل تاریخ کاشت و رقم بر تعداد سنبله در واحد سطح معنی‌دار نبود.

اثر تاریخ کاشت و رقم بر تعداد دانه در سنبله در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار بود (نتایج ارایه نشده است) و تاخیر کاشت موجب کاهش تعداد دانه در سنبله از ۳۸ در تاریخ کاشت اول به ۳۷ و ۳۶/۱ به ترتیب در تاریخ کاشت‌های دوم و سوم شد (جدول ۶). بیشترین تعداد دانه در سنبله نیز در (با ۴۰/۷ دانه سنبله) و کمترین آن در رقم پیشتاز (با ۳۳/۱ دانه در سنبله) تولید شد (جدول ۷).

تجزیه واریانس مرکب داده‌های دوساله این

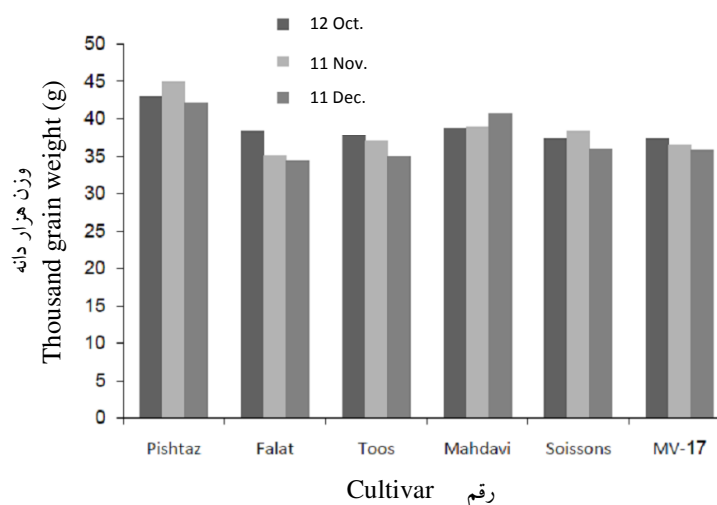
آزمایش نشان داد که اثر تاریخ کاشت بر وزن هزار دانه معنی‌دار نبود (نتایج ارایه نشده است). در کلیه ارقام مورد بررسی، اثر تاخیر کاشت بر کاهش عملکرد دانه بیشتر از طریق کاهش تعداد دانه در واحد سطح (شکل ۶) و به خصوص تعداد سنبله در مترمربع بود (جدول ۶). اثر رقم بر وزن هزار دانه در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار بود (نتایج ارایه نشده است). بیشترین وزن هزار دانه متعلق به رقم پیشتاز (با ۴۳/۴ گرم) و کمترین آن به رقم فلات (با ۳۶ گرم) بود (جدول ۷). اثر متقابل تاریخ کاشت و رقم بر وزن هزار دانه در سطح احتمال ۱ درصد نیز معنی‌دار شد (نتایج ارایه نشده است). بر این اساس با تاخیر کاشت در فلات، توس و MV-17، وزن هزار دانه نیز همانند تعداد دانه در مترمربع و عملکرد کاهش یافت (شکل ۷). این همراستایی در ارتباط با تداوم کاهش فراهمی محیط برای فتوسنتز و تولید مواد پرورده در شرایط کشت‌های تاخیری قابل توضیح است. افزایش وزن هزار دانه رقم مهدوی در تاریخ کاشت سوم (شرایط تاخیر کاشت) ناشی از کاهش تعداد دانه در واحد سطح و وجود اثر جبرانی بین اجزای عملکرد بود. در ارتباط با رقم پیشتاز نیز اگرچه می‌توان افزایش اولیه وزن هزار دانه به حفظ توان تولید و سازگاری بیشتر این رقم با تاریخ کاشت دوم نسبت داد، ولیکن کاهش بعدی وزن هزار دانه در تاریخ کاشت سوم ناشی از کاهش توان تولید این رقم در شرایط تاخیر کاشت است

واکنش مراحل فنولوژیک، عملکرد و اجزای عملکرد ارقام گندم نان ...



شکل ۶- اثر متقابل تاریخ کاشت و رقم بر تعداد دانه در مترمربع در کرج طی فصل رشد سال‌های ۸۶-۱۳۸۴.

Fig. 6. Planting date and cultivar interaction effect on grain number per square meter in Karaj during growing seasons 2005-2007



شکل ۷- اثر متقابل تاریخ کاشت و رقم بر وزن هزار دانه در کرج طی فصل رشد سال‌های ۸۶-۱۳۸۴
Fig. 7. Planting date and cultivar interaction effect on thousand grain weight in Karaj during growing seasons 2005-2007

مهدوی به ترتیب با ۴۵/۱ و ۳۷/۸ درصد بیشترین و کمترین شاخص برداشت را به خود اختصاص دادند (جدول ۷) که علت این امر در ارتباط با عملکرد بیولوژیک پایین تر رقم سایسون قابل توضیح است.

(شکل‌های ۶ و ۷).
اثر تاریخ کاشت بر شاخص برداشت در سطح احتمال ۵ درصد غیر معنی‌دار و اثر رقم در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار بود (داده‌ها نشان داده نشده است). نتایج نشان داد که ارقام سایسون و

تغییرات طول دوره مراحل اصلی نمو گندم در پاسخ به تغییر تاریخ کاشت در جدول ۷ نشان داده شده است. همان‌طور که ملاحظه می‌شود تاخیر کاشت از ۲۰ مهر تا ۲۰ آذر سبب شد تا طول چرخه زندگی ارقام با عادت رشد بهاره، بینابین و زمستانه به ترتیب ۵۶۰ (یا ۲۲٪)، ۵۹۱ (یا ۲۲٪)، و ۵۸۰ (یا ۲۱٪) درجه-روز رشد کاهش یابد. بر اساس نتایج حاصل از این مطالعه، کاهش فوق از طریق کاهش تمامی مراحل اصلی نمو (به ویژه دوره رویشی)

اتفاق افتاده است (جدول ۸)، ولیکن کاهش طول دوره رویشی در ارقام با عادت رشد زمستانه بیشتر از بینابین و بهاره (به ترتیب ۴۰۰ (یا ۴۲٪) در برابر ۳۲۸ (یا ۳۸٪) و ۲۷۸ (یا ۳۵٪) درجه-روز رشد) بود و حال آن که اثر تاخیر کاشت بر کاهش طول دوره زایشی قبل از گرده‌افشانی در ارقام با عادت رشد بهاره بیشتر از بینابین و زمستانه (به ترتیب ۱۴۸ یا ۱۵٪ در برابر ۹۰ یا ۹٪ و ۱۹ یا ۲٪ درجه-روز رشد) بود.

جدول ۸- تغییرات طول دوره (درجه-روز رشد) و سهم (درصد) مراحل اصلی نمو در ارقام با عادت رشد متفاوت گندم در تاریخ کاشت‌های مختلف

Table 8. Duration (GDD) and contribution (%) of main developmental stages of different growth habit of wheat in different planting dates

تاریخ کاشت Planting date	مرحله نمو Developmental stage	Duration of stage طول مرحله			Contribution سهم			
		بهاره Spring	بینابین Facultative	زمستانه Winter	بهاره Spring	بینابین Facultative	زمستانه Winter	
۲۰ مهر 12 October	Vegetative	رویشی	821	870	944	32	33	34
	Reproductive	زایشی	978	977	951	38	37	35
	Grain filling	پر شدن دانه	783	807	856	30	30	31
	Life Cycle	چرخه زندگی	2582	2654	2751	100	100	100
۲۰ آبان 11 November	Vegetative	رویشی	518	555	604	24	25	26
	Reproductive	زایشی	880	900	925	41	40	40
	Grain filling	پر شدن دانه	756	769	756	35	35	33
	Life Cycle	چرخه زندگی	2154	2224	2285	100	100	100
۲۰ آذر 11 December	Vegetative	رویشی	534	542	544	26	26	25
	Reproductive	زایشی	830	887	932	41	43	43
	Grain filling	پر شدن دانه	658	634	695	33	31	32
	Life Cycle	چرخه زندگی	2022	2063	2171	100	100	100

منظور از دوره رویشی: کاشت تا ظهور برجستگی دو گانه، دوره زایشی: ظهور برجستگی دو گانه تا گرده‌افشانی، پر شدن دانه: گرده‌افشانی تا رسیدگی فیزیولوژیک است.

Vegetative: Sowing to double ridge, Reproductive: Double ridge to anthesis, Grain filling: Anthesis to physiological maturity.

بهاره، بینابین و زمستانه نیز به ترتیب ۱۲۵ یا ۱۶٪، ۱۷۳ یا ۲۱٪ و ۱۶۱ یا ۱۹٪ درجه-روز رشد تاخیر کاشت از ۲۰ مهر تا ۲۰ آذر سبب شد تا دوره پر شدن دانه نیز در ارقام با عادت رشد

عادت رشد زمستانه (در مقایسه با ارقام با عادت رشد بهاره) و در شرایط کشت‌های تاخیری بود. ظهور برجستگی دوگانه تمایز بین دوره رویشی و زایشی و مرحله کلیدی سازگاری گندم محسوب شده و زمان ظهور برجستگی دوگانه در ارقام با عادت رشد بهاره از انعطاف‌پذیری بیشتری نسبت به تاخیر کاشت برخوردار بود و این موجب سازگاری بیشتر این ارقام در پاسخ به تاخیر کاشت در کرج شد.

کاهش یابد. در نتیجه تاخیر کاشت، مراحل اصلی نمو به یک نسبت کاهش نیافت و این مراحل در ارقام با عادت رشد مختلف، واکنش متفاوتی به تاخیر کاشت نشان دادند. به عبارت دیگر سهم مراحل اصلی نمو در چرخه زندگی ارقام با عادت رشد مختلف گندم در تاریخ‌های متفاوت کاشت یکسان نبود (جدول ۸). از آنجا که آغازش پنجه‌ها عمدتاً در دوره رویشی گندم اتفاق می‌افتد، کاهش بیشتر طول دوره رویشی و نیز سهم آن در کشت‌های تاخیری، به معنی افزایش احتمال کاهش تعداد سنبله در ارقام با

References

- Abbate, P. E., Andrade, F. H., and Culot, J. P. 1995.** The effect of radiation and nitrogen on number of grains in wheat. *Journal of Agricultural Science* 124: 351-360.
- Acevedo, E., Silva, P., and Silva, H. 2002.** Wheat growth and physiology. pp:39-70. In: Curtis, B. C., Rajaram, S., and Gomez Macpherson, H. (eds.). *Bread Wheat. Improvement and Production*. Food and Agriculture Organization of the United Nation, Rome, Italy.
- Baker, C. K., Gallagher J. N., and Monteith, J. L. 1980.** Daylength and leaf appearance in winter wheat. *Plant and Cell Environment* 3: 285-287.
- Cao, W., and Moss, D. N. 1991.** Vernalization and phyllochron in winter wheat. *Agronomy Journal* 83: 178-179.
- Curtis, B. C. 2002.** Wheat in the World. pp:1-17, In: Curtis, B. C., Rajaram, S., and Gomez Macpherson, H. (eds.). *Bread Wheat. Improvement and Production*. Food and Agriculture Organization of the United Nation, Rome, Italy.
- Danks, S. M., Evans, E. H., and Whittaker, P. A. 1983.** *Photosynthetic Systems – Structure, Function and Assembly*. Wiley, New York, USA. 174pp.
- Emam, Y., and Niknejad, M. 1994.** *An Introduction to the Physiology of Crop Yield*. Shiraz University Press. Shiraz, Iran. 571pp (in Persian).

- Equiza, M. A., Mirave, J. P., and Tognetti, J. A. 1997.** Differential inhibition of shoot vs. root growth at low temperature and its relationship with carbohydrate accumulation in different wheat cultivars. *Annals of Botany* 80: 657-663.
- Ezatahmadi, M. 2011.** Effect of planting date on yield and some phonological traits of bread wheat lines/cultivars. *Proceedings of the 13th Iranian Crop Science Congress and 3rd Iranian Seed Science and Technology Conference, Karaj, Iran (in Persian).*
- Fischer, R. A. 1985a.** Number of kernel in wheat crops and the influence of solar radiation and temperature. *Journal of Agricultural Science* 100: 447-461.
- Fischer, R. A. 1985b.** Physiological limitation to producing wheat in semitropical and tropical environments and possible selection criteria. pp: 209-230. In: Villareal, R. L., and Klatt, A. R. (eds.). *Proceedings of International Symposium: Wheats for More Tropical Enviroments. Mexico, DF, CIMMYT, Mexico.*
- Gilmore, E. C., and Rogers, J. S. 1958.** Heat units as a method of measuring maturity in corn. *Agronomy Journal* 50: 611-615.
- Jafarnezhad, A. 2009.** Determination of optimum sowing date for bread wheat (*Triticum aestivum* L.) cultivars with different flowering habits in Neishabour. *Seed and Plant Production Journal* 25-2(2): 117-135 (in Persian).
- Jafarnezhad, A., and Sharif-al-hosseini, M. 2011.** Response of spring wheat cultivars to different planting dates in Neishabour. *Iranian Journal of Field Crops Research* 8(6): 983-994 (in Persian).
- Jalal Kamali, M. R., and Sharifi, H. R. 2010.** Variation in developmental stages and its relationships with yield and yield components of bread wheat cultivars under field conditions: II- Yield and yield components. *Seed and Plant Production Journal* 26-2(1): 1-23 (in Persian).
- 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 and Plant* 23(4): 445-472 (in Persian).
- Keisling, T. C. 1982.** Calculation of length of day. *Agronomy Journal* 72: 758-759.
- Kirby, E. J. M. 1988.** Analysis of leaf , stem, and ear growth in wheat from terminal spikelet stage to anthesis. *Field Crops Research* 18: 127-140.

- Kirby, E. J. M., and Appleyard, M. 1987.** Cereal Development Guide. Stoneleigh, Kenilworth, UK, NAC Cereal Unit. 85pp.
- Kirby, E. J. M., Appleyard, M., and Fellows, G. 1982.** Effect of sowing date on the temperature response of leaf emergence and leaf size in barley. *Plant and Cell Environment* 5: 477-484.
- Kirby, E. J. M., Appleyard, M., and Fellows, G. 1985a.** Effect of sowing date and variety on main shoot leaf emergence and number of leaves of barley and wheat. *Agronomie* 5(2): 117-126.
- Kirby, E. J. M., Appleyard, M., and Fellows, G. 1985b.** Variation in development of wheat and barley in response to sowing date and variety. *The Journal of Agricultural Science* 104(2): 383-396.
- Kirby, E. J. M., Spink, J. H., Frost, D. L., Sylvester-Bradley, R., Scott, R. K., Foulkes, M. J., Clare, R. W., and Evans, E. J. 1999.** A study of wheat development in the field: analysis by phases. *European Journal of Agronomy* 11: 63-82.
- Kringwi, F. M., van Ginkel, M., Terthwan, R., Sears, R.G., Rajaram, S., and Paulsen, G.M. 2004.** Evaluation of selection strategies for wheat adaptation across water regimes. *Euphytica* 135: 361-371.
- Ortiz-Ferrara, G., Mosaad, M. G., Mahalakshmi, V., and Rajaram, S. 1998.** Photoperiod and vernalization response of Mediterranean wheats, and implications for Adaptation. *Euphytica* 100: 377-384.
- Porter, J. R., and Gawith, M. 1999.** Temperature and the growth and development of wheat: A review. *European Journal of Agronomy* 10: 23-36.
- Rawson, H. M., Zajac, M., and Penros, L. D. J. 1995.** Effect of seedling temperature and its duration on development of wheat cultivars differing in vernalization response. *Field Crops Research* 57: 289-300.
- Richards, R. A. 1996.** Increasing the yield potential of wheat: manipulating sources and sinks. pp. 134-149. In: Reynolds, M. P., Rajaram, S., and Mc. Nab, A. (eds.) *Increasing Yield Potential in Wheat: Breaking the Barriers*. Mexico, DF, CIMMYT, Mexico.

- Sharifi, H. R., Kiani, M. R., and Ghorbani, A. 2011.** Response of some bread wheat genotypes to vernalization. *Seed and Plant Production Journal* 27-2(2): 129-145 (in Persian).
- Sharratt, B. S. 1991.** Shoot growth, root length density, and water use of barley grown at different soil temperature. *Agronomy Journal* 83: 237-239.
- Slafer, G. A., Andrade, F. H., and Satorre, E. H. 1990.** Genetic-improvement effects on preanthesis physiological attributes related to wheat grain yield. *Field Crops Research* 23: 255-263.
- Slafer, G. A., and Rawson, H. M. 1994.** Sensitivity of wheat phasic development to major environmental factor: A re-examination of some assumptions made by physiologists and modellers. *Australian Journal of Plant Physiology* 21: 393-426.
- Slafer, G. A., and Rawson, H. M. 1995.** Photoperiod×temperature interactions in contrasting wheat genotypes: time to heading and final leaf number. *Field Crops Research* 44: 73-83.
- Slafer, G. A., and Whitechurch, E. M. 2001.** Manipulating wheat development to improve adaptation. In: Reynolds, M. P., Ortiz-Monasterio, J. I., and McNab, A. (eds.) *Application of Physiology in Wheat Breeding*. Mexico, D. F.: CIMMYT, Mexico.
- Sojka, R. E., Stolzy, L. H., and Kaufmann, M. R. 1975.** Wheat growth related to rhizospher temperature and oxygen levels. *Agronomy Journal* 67: 591-596.
- Stapper, M., and Fischer, R. A. 1990.** Genotype, sowing date and plant spacing influence on high-yielding irrigated wheat in southern New South Wales. I. Phasic development, canopy growth and spike production. *Australian Journal of Agricultural Research* 41: 997-1019.
- Stefany, P. 1993.** Vernalization requirement and response to daylength in guiding development in wheat. *Wheat Special Report No. 22*, Mexico, DF, CIMMYT, Mexico. 37 pp.
- Tollenaar, M. 1989.** Response of dry matter accumulation in maize to temperature: I. Dry matter partitioning. *Crop Science* 29: 1239-1246.