

بررسی تأثیر زمان کاشت بر روند پر شدن و عملکرد دانه در ژنوتیپ‌های گندم نان با استفاده از روش تجزیه آماری چندمتغیره در شرایط دیم

رحمت‌اله محمدی گنبد^۱، مسعود اصفهانی^{۲*}، مظفر روستایی^۳ و حسین صبوری^۴

۱ و ۲. دانشجوی دکتری زراعت و استاد، دانشکده کشاورزی، دانشگاه گیلان

۳. دانشیار پژوهش، مؤسسه تحقیقات کشاورزی دیم کشور

۴. دانشیار، دانشکده کشاورزی، دانشگاه گنبدکاووس

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۲/۱۴ - تاریخ تصویب: ۱۳۹۵/۳/۲۹)

چکیده

به منظور بررسی رابطه عملکرد دانه با صفات زراعی ژنوتیپ‌های گندم نان در زمان‌های مختلف کاشت در شرایط دیم، آزمایشی به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با چهار تکرار در گنبدکاووس در سال‌های زراعی ۹۳-۱۳۹۱ اجرا شد. صفات مورد ارزیابی عبارت از: شمار سنبله در مترمربع، سرعت پر شدن دانه، دوره مؤثر پر شدن دانه، شمار دانه در سنبله، وزن هزاردانه، وزن دانه، عملکرد دانه، عملکرد زیستی و شاخص برداشت، بودند. تیمارهای زمان کاشت ۱۱ و ۳۰ آذر، ۱۹ دی، ۸ و ۲۸ بهمن و ژنوتیپ‌های گندم نان شامل: گنبد، کوه‌دشت، کریم و رگه (لاین)‌های ۷ و ۱۶ بودند. نتایج نشان داد که میانگین عملکرد دانه از ۴۹۵۶ کیلوگرم در هکتار در سال اول به ۲۸۳۳ کیلوگرم در هکتار در سال دوم (۴۳ درصد) کاهش یافت. عملکرد دانه بالاترین همبستگی مثبت و معنی‌دار را به ترتیب با عملکرد زیستی ($r=0/97^{**}$) و مدت پر شدن دانه ($r=0/93^{**}$) داشت. نتایج تجزیه رگرسیون گام‌به‌گام جلورونده نشان داد که عملکرد زیستی و شاخص برداشت، بیش از ۹۹ درصد از تغییرپذیری عملکرد دانه را در گام اول توجیه کردند که نشان‌دهنده اهمیت بالای آن‌ها در عملکرد دانه است. دوره پر شدن دانه از راه عملکرد زیستی با عملکرد دانه رابطه معنی‌داری داشت. دوره پر شدن دانه و عملکرد زیستی نقش مؤثری را در افزایش عملکرد داشتند و بنابراین می‌توانند در گزینش رقم‌ها و رگه‌های مناسب گندم دیم استفاده شوند.

واژه‌های کلیدی: تجزیه علیت، دوره پر شدن دانه، روز- درجه رشد، رگرسیون گام‌به‌گام و گندم نان.

مقدمه

۱۳۹۲، سطح زیر کشت گندم در ایران در حدود ۶/۱ میلیون هکتار بوده که ۶۳ درصد آن دیم و ۳۷ درصد آن آبی بوده و میزان گندم تولیدی ۱۰/۶ میلیون تن برآورد شده است (Anonymous, 2015). نتایج آزمایش‌ها نشان داده است که میانگین عملکرد گندم در کشور به‌طور عمده متکی به عملکرد گندم دیم

گندم (*Triticum aestivum* L.) مهم‌ترین گیاه زراعی جهان بوده، بالاترین سطح کشت و تولید را در بین دیگر غلات داشته و به‌عنوان سلطان غلات شناخته می‌شود (Costa et al., 2013; Suleiman et al., 2014). بر پایه گزارش وزارت جهاد کشاورزی در سال ۹۳-

کاهش مجموع دمای دریافتی در مقیاس روز-درجه رشد (GDD)^۱ می‌شود. محققان در ارزیابی روابط بین اجزای عملکرد و مؤلفه‌های رشد دانه در گندم نان و گندم دوروم، بیشترین همبستگی مثبت و معنی‌دار را ($r=0.78^{**}$) بین عملکرد دانه و شمار سنبله در مترمربع گزارش کردند در حالی که همبستگی شمار دانه در سنبله و عملکرد معنی‌دار نبود (Brdar-Jokanovic *et al.*, 2008). در آزمایشی روی گندم گزارش شد رقم‌هایی که زودتر گرده‌افشانی می‌کنند، دوره پس از گرده‌افشانی طولانی‌تری داشته و عملکرد آن‌ها از رقم‌هایی که دیرتر گرده‌افشانی می‌کنند، بیشتر است. تأخیر در گرده‌افشانی با کاهش دادن طول دوره پر شدن دانه، باعث کاهش عملکرد دانه به میزان ۳۵ تا ۹۱ کیلوگرم در هکتار شد (Yin *et al.*, 2009). در آزمایشی باهدف بررسی تأثیر تنش دمای بالا بر پر شدن دانه، گزارش شد که افزایش سرعت پر شدن دانه قادر به جبران کاهش طول دوره پر شدن دانه نبوده و منجر به کاهش شایان ملاحظه وزن نهایی دانه می‌شود (Wardlaw *et al.*, 1980). تأخیر در کاشت موجب تجمع کمتر اندوخته کربوهیدرات‌ها در ساقه و بروز تنش گرما در خلال دوره پر شدن دانه شده، که هر دو مؤلفه منجر به کاهش سرعت و مدت پر شدن دانه می‌شوند (Song *et al.*, 2015). Tallei & Bahram Nejad (1999) با بررسی روابط بین عملکرد و اجزای آن در گندم‌های بومی غرب ایران گزارش کردند که بالاترین همبستگی مربوط به عملکرد دانه با عملکرد زیست‌توده ($r=0.92^{**}$) بود. نتایج تجزیه رگرسیون گام‌به‌گام برای عملکرد دانه نیز نشان داد که عملکرد زیست‌توده ۸۵ درصد از تغییرپذیری عملکرد دانه را توجیه می‌کند که همراه با صفت بعدی یعنی شاخص برداشت که وارد مدل شد، در مجموع حدود ۹۴ درصد از تغییرپذیری عملکرد دانه را توجیه کردند (Tallei & Bahram Nejad, 1999).

این تحقیق به منظور بررسی اهمیت نسبی صفات زراعی و تأثیر آن‌ها بر روند پر شدن دانه و عملکرد دانه ژنوتیپ‌های گندم نان در زمان‌های کاشت متفاوت در شرایط دیم در منطقه گنبد اجرا شد.

است، ولی ناکافی بودن دستاوردهای تحقیقات، شمار رقم‌های معرفی شده، مدیریت نامناسب گندم‌زارها و رعایت نکردن نکات فنی در کاشت، داشت و برداشت محصول باعث شده است که نقش مهم و اساسی گندم دیم در افزایش تولید و پایداری آن پوشیده بماند (Jalal Kamali *et al.*, 2012). در برنامه‌های اصلاحی برای گزینش رقم‌های برتر، توجه به ویژگی‌های فیزیولوژیکی و استفاده از این شاخص‌ها در گزینش رقم‌های سازگار و پرمحصول، مهم‌ترین عامل غیرمستقیم در افزایش موفقیت‌آمیز عملکرد گندم در شرایط مدیترانه‌ای بوده است (Loss & Siddique, 1994). بررسی تأثیر زمان کاشت بر طول دوره‌های گذارشناختی (فنولوژیک) رقم‌های گندم و رابطه آن با میزان تولید در منطقه گرگان نشان داد که زمان کاشت از راه تأثیر بر سازگارپذیری مراحل مهم نمو گیاه با مناسب‌ترین میانگین متغیرهای محیطی (تابش و دما)، بر میزان تولید محصول اثرگذار است (Ahmadi *et al.*, 2010). سرعت پر شدن دانه صفتی است که می‌تواند در برنامه‌های اصلاحی در گزینش ژنوتیپ‌ها در شرایط تنش خشکی استفاده شود، هرچند گزینش به این روش دشوار بوده و میزان وراثت‌پذیری آن تعیین نشده است (Reynolds *et al.*, 2012). دما مهم‌ترین عامل محیطی مؤثر بر مؤلفه‌های رشد دانه و وزن هزاردانه است (Calderini *et al.*, 2001). گزارش شده است که هر ۱ درجه سلسیوس افزایش میانگین دمای روزانه از دمای مطلوب در دوره پر شدن دانه، باعث کاهش تقریبی ۲/۸ میلی‌گرم وزن و ۳/۱ روز در دوره پر شدن دانه در گندم می‌شود (Wiegand & Cuellar, 1981)، هرچند در بین ژنوتیپ‌ها در این مورد تفاوت‌هایی وجود دارد (Darroch & Baker, 1995)، که می‌توان از آن در اصلاح و معرفی رقم‌ها با عملکرد بالا در شرایط تنش‌های انتهایی دوره رشد استفاده کرد. دمای پایین در خلال دوره پر شدن دانه و بارندگی بیشتر، منجر به کمتر شدن سرعت پر شدن دانه شده و برعکس دماهای بالاتر در دوره پر شدن دانه منجر به افزایش سرعت پر شدن دانه می‌شود، این امر موجب افزایش دوره پر شدن دانه بر پایه روز تقویمی (شمار روز) و

1. Growth Degree Day

مواد و روش‌ها

این آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در چهار تکرار در ایستگاه تحقیقات کشاورزی گنبد با طول جغرافیایی 55° و 12° شرقی و عرض جغرافیایی 37° و 16° شمالی، با ۴۵ متر ارتفاع از سطح دریاهای آزاد با میانگین بارش بلندمدت سالانه حدود ۴۵۰ میلی‌متر، بافت خاک سیلتی رسی لوم، اسیدیته خاک حدود ۷/۸، هدایت الکتریکی خاک حدود ۱ دسی‌زیمنس بر متر، مواد آلی ۱/۵ درصد در دو سال زراعی ۹۲-۱۳۹۱ و ۹۳-۱۳۹۲ انجام شد. عامل اول شامل پنج زمان کاشت: ۱۱ آذر، ۳۰ آذر، ۱۹ دی، ۸ بهمن و ۲۸ بهمن‌ماه بود (زمان کاشت توصیه‌شده و مناسب کشت گندم دیم منطقه اوایل تا اواسط آذرماه است) (Mokhtarpour et al., 2004). هدف از انتخاب زمان‌های کاشت، ایجاد دامنه‌ای از شرایط محیطی و مصادف شدن دوره پر شدن دانه با دماهای بالا و خشکی انتهایی فصل بود (جدول‌های ۱ تا ۳). عامل دوم ژنوتیپ‌های گندم نان شامل: گنبد (رقم آبی به‌عنوان شاهد)، کوه‌دشت (گندم دیم غالب منطقه)، کریم (گندم دیم معرفی‌شده جدید) و رگه (لاین‌های ۷ و ۱۶ (انتخابی از آزمایش‌های یکنواخت سراسری گندم دیم ۹۱-۱۳۸۸) بودند. هر کرت به طول ۴ متر در هشت ردیف کاشت بافاصله ردیف ۲۰ سانتی‌متر، فاصله بین تکرارها ۱ متر و فاصله بین کرت‌ها ۴۰ سانتی‌متر در نظر گرفته شد. میزان بذر با توجه به وزن هزاردانه و ارزش بذر مصرفی بر پایه تراکم ۳۵۰ بوته در مترمربع در نظر گرفته شد. پیش از کاشت نمونه خاک از عمق ۰ تا ۳۰ سانتی‌متری تهیه و بر پایه نتیجه تجزیه خاک، مقادیر ۵۰ کیلوگرم کود فسفات از منبع کود سوپرفسفات تریپل پیش از کاشت به خاک اضافه شد و میزان ۷۵ کیلوگرم کود نیتروژن از منبع کود اوره در سه مرحله (پیش از کاشت، پنجه‌زنی و ساقه‌روی) مصرف شد. در مدت اجرای پروژه از صفات شمار سنبله در واحد سطح (مترمربع)، طول سنبله، سرعت پر شدن دانه، دوره مؤثر پر شدن دانه، شمار دانه در سنبله، وزن هزاردانه، وزن نهایی دانه، عملکرد دانه، عملکرد زیستی و شاخص برداشت اندازه‌گیری به عمل آمد.

برای تجزیه و تحلیل رشد دانه، در مرحله ظهور سنبله

(کدبندی زیداکس=۵۰ الی ۶۰) (Zadoks et al., 1974) شمار دویست سنبله ساقه اصلی در هر کرت با روبان رنگی علامت‌گذاری شده و هفت روز پس از گرده‌افشانی به فاصله چهار روز تا مرحله رسیدگی فیزیولوژیک، نمونه‌برداری انجام شد. در هر بار نمونه‌برداری از هر کرت ده سنبله مشخص شده برداشت و سپس از هر سنبله پنج سنبلچه و از هر سنبلچه دو دانه درشت‌تر کناری (مربوط به گلچه‌های اول و دوم) و در مجموع شمار صد دانه از هر کرت جدا و در آن به مدت ۴۸ ساعت در دمای ۷۵ درجه سلسیوس خشکانده شده و سپس با ترازوی دقیق توزین شدند. برای محاسبه مدت پر شدن دانه، از روز-درجه رشد دماهای تجمعی (GDD) هر کرت از زمان گرده‌افشانی با استفاده از رابطه زیر استفاده شد:

$$T_n = (T_{max} + T_{min})/2 - T_{base}$$

که در آن: T_n میزان روز-درجه رشد دمای تجمعی در روزهای پس از گرده‌افشانی، T_{max} بیشترین دمای روزانه هوا برحسب درجه سلسیوس که در این تحقیق برای دماهای بالاتر از ۳۰، ۳۰ درجه سلسیوس در نظر گرفته شد. T_{min} کمترین دمای روزانه هوا برحسب درجه سلسیوس و T_{base} دمای پایه است که در این تحقیق ۰ در نظر گرفته شد (Darroch & Baker, 1990). سپس داده‌های وزن دانه هر کرت با استفاده از منحنی لجستیک بر پایه رابطه (۱) برازش داده شد:

$$y = \frac{w}{[1 + \exp(B - C_{1/x})]} \quad (1)$$

که در آن: y میانگین وزن دانه برحسب میلی‌گرم، x روز-درجه رشد دمای تجمعی (GDD) از زمان گرده‌افشانی تا رسیدگی فیزیولوژیک، W تخمینی از وزن نهایی دانه برحسب میلی‌گرم، B مرتبط با سرعت و مدت پر شدن دانه، C مرتبط با سرعت پر شدن دانه هستند. مقادیر اولیه در نظر گرفته‌شده برای فراسنجه (پارامترهای W ، B و C به ترتیب ۲۹/۷۷۶۳، ۴/۴۶۳۸ و ۰/۳ بودند. مقادیر فراسنجه‌های اخیر از رگرسیون غیرخطی با استفاده از نرم‌افزار SAS 9.1 محاسبه شدند. بیشترین سرعت پر شدن دانه (R)، با استفاده از مشتق رابطه (۱) محاسبه شد:

$$\frac{dy}{dx} = \frac{Cy(W-y)}{W} \quad (2)$$

به ۹۵ درصد وزن نهایی خود می‌رسد، با استفاده از رابطه لجستیک (۱) محاسبه شد، به طوری که با جایگزینی y با $0.95W$ در رابطه اخیر و حل آن برای x ، رابطه زیر به دست آمد:

$$x = \frac{[B - \ln(\frac{0.05W}{0.95W})]}{C} \quad (۴)$$

در $0.95W$ ، $x=T$ است، بنابراین T برابر خواهد بود با رابطه (۵):

$$T = \frac{(B + 2.944)}{C} \quad (۵)$$

دوره پر شدن دانه در این تحقیق از رابطه بالا بر حسب GDD محاسبه شد (Darroch & Baker, 1990).

که در آن: dy/dx نشان دهنده سرعت لحظه‌ای پر شدن دانه است. این میزان هنگامی به بیشینه می‌رسد که $y=0.5W$ باشد. با جایگزینی $0.5W$ در معادله بالا به جای y ، بیشترین سرعت رشد دانه محاسبه می‌شود. در نتیجه رابطه ۲ به صورت زیر خلاصه می‌شود (Darroch & Baker, 1990):

$$R = \frac{Cw}{4} \quad (۳)$$

سرعت پر شدن دانه بر حسب میلی گرم بر روز-درجه رشد (mg/GDD) از رابطه ۳ محاسبه شد. دوره پر شدن دانه (T)، با محاسبه روز-درجه رشد دماهای تجمعی از مرحله گرده‌افشانی تا هنگامی که وزن دانه

جدول ۱. اطلاعات هواشناسی محل اجرای آزمایش در سال زراعی ۹۳-۱۳۹۱ (ایستگاه هواشناسی سینوپتیک گنبد)

Table 1. Climatic information of the experimental site during growing season of 2012-2013

Year	Month	Mean of air Temperature (°C)	Relative Humidity (%)		Temperature (°C)		Rainfall (mm)	Evaporation (mm)	Freezing days
			max	min	max	min			
2012	23 Sep – 22 Oct	23.2	96	14	39.2	8	74	114.2	0
2013		23.1	96	12	29.5	16.6	44.3	112.9	0
2012	23 Oct – 21 Nov	18.3	98	21	32.4	5.2	55.7	54.9	0
2013		15.8	95	14	21.2	10.4	15.5	50.5	0
2012	22 Nov – 21 Dec	11.7	100	26	26.4	0.2	60.9	28.7	0
2013		10.8	97	19	15.7	6	70.8	28.8	0
2012-13	22 Dec – 20 Jan	8.3	100	26	22.8	-1.8	57.1	32.8	6
2013-14		7.2	100	27	21.2	-3.6	6.5	23.7	9
2013	21 Jan – 19 Feb	11.2	97	24	24.8	2.6	144.4	39.5	0
2014		6.5	100	23	27.2	-9	25.7	25.9	15
2013	20 Feb – 20 Mar	11.6	100	28	28.8	-1	51.1	43.6	1
2014		10.7	100	30	25.4	-0.6	46.8	43.3	1
2013	21 Mar – 20 Apr	15.1	100	20	33.6	3.8	38.3	67	0
2014		14.4	100	26	32.4	-0.2	55.4	77.3	1
2013	21 Apr – 21 May	19.9	98	22	37.6	6	48.7	120	0
2014		22.9	98	14	39.6	10.2	28.4	147.1	0
2013	22 May – 21 Jun	26.6	92	14	41.8	14.4	4.6	185.2	0
2014		27.6	98	18	44.6	15.8	42.4	195.9	0

جدول ۲. دمای عمق‌های ۰ تا ۳۰ سانتی متری خاک در تیمارهای زمان کاشت ژنوتیپ‌های گندم (درجه سلسیوس) در سال

زراعی ۹۳-۱۳۹۱

Table 2. Temperature of soil depth at planting dates of wheat genotypes (°C) during growing season of 2012-2014

Planting dates	Soil surface temperature (°C)		5 centimeters of soil depth (°C)		10 centimeters of soil depth (°C)		20 centimeters of soil depth (°C)		30 centimeters of soil depth (°C)	
	(Min)	(Max)	(Min)	(Max)	(Min)	(Max)	(Min)	(Max)	(Min)	(Max)
2 Dec 2012	2	22	9	14.4	10.2	14.2	12.6	13.4	13.2	13.4
28 Nov 2013	6.4	26	12.6	16.2	13	15.4	14.6	15.2	15	15.4
21 Dec 2012	3	13.6	7.6	9.6	8	9.8	9.2	9.8	9.6	10
18 Dec 2013	-1.2	15.4	5.8	9.6	6.8	8.8	9	10	9.6	10
9 Jan 2013	2.8	25	7.8	12	8.1	12.1	9	10.2	9.3	10.3
7 Jan 2014	4.2	11.2	6.2	8.2	6.6	7.6	7.6	8.2	8	8.4
28 Jan 2013	4	26	10.6	13.4	10.6	12.6	11	12	11.2	11.2
27 Jan 2014	-1	20	6	11.2	6.8	9.4	8.6	10	9	9.8
17 Feb 2013	9	20	11.4	12	11.4	12.2	11.2	11.4	11.2	11.4
16 Feb 2014	-3	22.8	6.2	12.8	7	10.8	8.4	10.2	8.6	9.2

جدول ۳. اطلاعات هواشناسی محل اجرای آزمایش در تیمارهای زمان کاشت ژنوتیپ‌های گندم (۹۲-۱۳۹۱ و ۹۳-۱۳۹۲)
Table 3. Climatic information of the experiment site in planting dates of wheat genotypes (2012-13 and 2013-14)

Planting dates	Air temperature (°C)			Sunny hours	Relative Humidity (%)		Evaporation (mm)
	(Min)	(Max)	(Mean)		(Min)	(Max)	
2 Dec 2012	7.8	18	12.9	6.2	68	100	1.8
28 Nov 2013	13.8	23.4	18.6	0.6	34	81	2.5
21 Dec 2012	1.2	13	7.1	8.1	81	94	0.4
18 Dec 2013	1.2	11.4	6.3	8.6	58	94	0.9
9 Jan 2013	7	21	14	9	30	53	3.1
7 Jan 2014	4.6	9.2	6.9	0.2	68	94	0.9
28 Jan 2013	8.2	21	14.6	2.6	49	80	2.6
27 Jan 2014	2	16	9	7	55	100	0.5
17 Feb 2013	2.8	23.2	13	9.9	41	91	0.4
16 Feb 2014	-1	18.4	8.7	8.7	43	100	0.9

تجزیه مرکب داده‌ها نشان داد که تأثیر همه منابع تغییرپذیری به جز تکرار بر سرعت پر شدن دانه معنی‌دار بود (جدول ۴). مقایسه میانگین دوساله نشان داد که افزایش سرعت پر شدن دانه ژنوتیپ‌ها به دلیل تأخیر در کاشت تا زمان کاشت چهارم و کاهش دوباره آن در زمان کاشت پنجم بوده است (جدول ۵). بالاترین سرعت پر شدن دانه در رگه ۷ در زمان کاشت چهارم (۰/۱۲۱ میلی‌گرم بر روز- درجه رشد) و پایین‌ترین میزان آن نیز در همین رگه در هنگام کاشت اول (۰/۰۸۵ میلی‌گرم بر روز- درجه رشد) ثبت شد که حساسیت بیشتر این رگه نسبت به تغییرهای محیطی را نشان می‌دهد. سرعت پر شدن دانه صفی است که به میزان زیادی تابع ژنوتیپ است (Asgari & Mohaghegh, 2003). گزارش شده است که از صفت سرعت پر شدن دانه می‌توان در برنامه‌های اصلاحی در گزینش ژنوتیپ‌ها در شرایط تنش خشکی استفاده کرد، هرچند گزینش به این روش دشوار است و میزان وراثت‌پذیری آن تعیین نشده است (Reynolds *et al.*, 2012). بررسی تأثیر تنش گرما در خلال دوره پر شدن دانه در ژنوتیپ‌های گندم نشان داد که هر دو مؤلفه سرعت و مدت پر شدن دانه در شرایط تنش گرما (۳۲ درجه سلسیوس در روز و ۲۲ درجه سلسیوس در شب در شرایط تنش گرما در مقایسه با ۲۵ درجه سلسیوس در روز و ۱۵ درجه سلسیوس در شب در شرایط مساعد) کاهش یافتند. در توجیه علت این تناقض با نتایج دیگر محققان عنوان شد که در تنش گرمای بیش از ۳۰ درجه سلسیوس تجمع نشاسته در دانه به‌طور معنی‌داری کاهش می‌یابد (Jagadish & Shantha, 2004). تأثیر منابع تغییرپذیر بر دوره مؤثر

برای اندازه‌گیری عملکرد دانه، عملکرد زیست‌توده، شمار دانه در سنبله، شمار سنبله در واحد سطح، وزن هزاردانه و شاخص برداشت، محصول ۲ مترمربع از هر کرت در مرحله رسیدگی فیزیولوژیک برداشت شد و صفات گیاهی موردنظر ثبت شدند. برای اندازه‌گیری طول سنبله، اندازه‌گیری روی ده بوته اصلی، از محل گره کردن سنبله تا نوک سنبله انتهایی (بدون ریشک) برحسب سانتی‌متر انجام شد. در سال دوم آزمایش تصادفی کردن کرت‌ها دوباره صورت گرفت و کرت‌ها به همان ترتیب سال اول کاشت و نمونه‌برداری‌ها انجام شد. تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از نرم‌افزارهای SAS 9.1 و SPSS 22 مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون LSD انجام و نمودار با استفاده از نرم‌افزار Excel رسم شد.

نتایج و بحث

برای اطمینان از یکنواختی خطاهای آزمایشی در آغاز آزمون بارتلت انجام و با توجه به تجانس واریانس‌ها، تجزیه مرکب و سپس مقایسه میانگین آن‌ها انجام شد. نتایج تجزیه مرکب داده‌ها نشان داد که تأثیر سال، زمان کاشت، ژنوتیپ و اثرهای متقابل سال در زمان کاشت و سال در ژنوتیپ بر شمار سنبله در واحد سطح معنی‌دار بود (جدول ۴). با تأخیر در کاشت، شمار سنبله در واحد سطح در هر دو سال آزمایش کاهش یافت. به نظر می‌رسد که علت این موضوع شرایط نامساعدتر محیطی در زمان‌های کاشت تأخیری بوده است. محققان دیگری نیز کمتر شدن شمار سنبله‌ها در ژنوتیپ‌های گندم با تأخیر در زمان کاشت را گزارش کرده‌اند (El-Nakhlawy *et al.*, 2015).

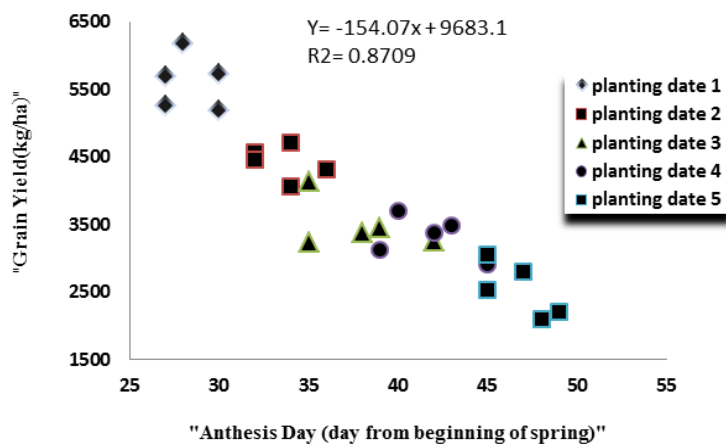
نتایج تجزیه مرکب داده‌ها نشان داد که تأثیر سال، زمان کاشت و ژنوتیپ و نیز اثر متقابل سال در زمان کاشت بر عملکرد دانه معنی‌دار بود (جدول ۴). با توجه به شرایط آب و هوایی (جدول‌های ۱ تا ۳)، میانگین عملکرد دانه ژنوتیپ‌های گندم در سال اول و دوم آزمایش به ترتیب ۴۹۲۲ و ۲۷۱۸ کیلوگرم در هکتار بوده است. محققان گزارش کرده‌اند که میزان بارش‌ها طی فصل رشد، از راه تأثیر بر رابطه آب، خاک و گیاه مهم‌ترین عامل مؤثر در جذب عناصر غذایی و عملکرد دانه است (Kafi et al., 2000). مقایسه میانگین صفات نشان داد که بالاترین میزان عملکرد دانه از هنگام کاشت اول (۵۶۰۶/۷ کیلوگرم در هکتار) و کمترین آن از هنگام کاشت پنجم (۲۵۴۲/۲ کیلوگرم در هکتار) به دست آمد. به نظر می‌رسد که افزایش دماهای تجمعی روزانه در نتیجه تأخیر در کاشت و روبه‌رو شدن مراحل نموی ژنوتیپ‌های گندم با دماهای دریافتی روزانه بیشتر، باعث تسریع در طی مراحل نموی و انتقال سریع گیاه از یک مرحله نموی به مرحله نموی دیگر کاهش اندازه مخازن در گیاه شده است. میانگین دماهای تجمعی روزانه از زمان کاشت تا رسیدگی فیزیولوژیک برای زمان اول کاشت تا زمان کاشت پنجم به ترتیب ۱۲/۹، ۱۳/۲، ۱۴/۵، ۱۴/۷ و ۱۵/۸ روز- درجه رشد بوده است (نتایج ارائه نشده است). به‌طور کلی افزایش دما باعث تسریع نمو و کاهش ماده خشک تولیدی گیاه شده و به دنبال آن عملکرد دانه کاهش می‌یابد (Radmehr, 1997). مقایسه میانگین‌ها نشان داد که رقم کریم با میانگین ۴۳۵۱ کیلوگرم در هکتار بیشترین عملکرد دانه و رقم گنبد (شاهد) با میانگین ۳۵۵۶ کیلوگرم در هکتار، کمترین میانگین عملکرد دانه را در دو سال آزمایش را داشت. نتایج نشان داد که میانگین عملکرد دانه ژنوتیپ‌های گندم در زمان کاشت سوم در سال دوم آزمایش، به شدت افت کرده و به حدود میانگین عملکرد دانه پنجم کاشت نزدیک شد، تنها تغییر مشاهده شده در ترتیب تیمارها بود که این موضوع می‌تواند ناشی از آسیب سرمای کم‌سابقه‌ای باشد که در سال دوم آزمایش مصادف با زمان سوم کاشت در منطقه حادث شد. در این تیمار حدود ۲۶ روز دمای هوا زیر ۰ درجه سلسیوس بود که در

پر شدن دانه معنی‌دار بود (جدول ۴). مقایسه میانگین صفات نشان داد طولانی‌ترین دوره مؤثر پر شدن دانه در میانگین دو سال (۵۲۹ روز- درجه رشد) در زمان کاشت اول در رقم کریم و کوتاه‌ترین آن (۲۶۴ روز- درجه رشد) در رقم کوهدشت در زمان کاشت پنجم به دست آمد (جدول ۵). گزارش شده است که طول مدت پر شدن دانه به میزان مواد پرورده، ظرفیت مخزن برای دریافت مواد پرورده و دمای محیط وابسته است (Modhej & Fathi, 2008).

نتایج نشان داد که همه اثرهای متقابل به‌غیر از اثر متقابل ژنوتیپ در زمان کاشت، بر وزن هزاردانه معنی‌دار بود (جدول ۴). رقم کریم در هر دو سال آزمایش و در زمان‌های کاشت بیشترین وزن هزاردانه را داشت (۴۳/۱ گرم). با تأخیر در کاشت وزن هزاردانه ژنوتیپ‌ها کاهش یافت، کمترین وزن هزاردانه در رگه ۱۶ و رقم گنبد با ۱۹ گرم در زمان کاشت پنجم به دست آمد (جدول ۵). وزن هزاردانه ژنوتیپ‌ها در سال دوم آزمایش کاهش چشمگیری، به‌ویژه در زمان‌های کاشت با تأخیر داشت. میزان بارندگی در محل اجرای آزمایش بر پایه داده‌های ایستگاه هواشناسی سینوپتیک مستقر در ۵۰ متری، در سال اول آزمایش ۵۳۴/۸ میلی‌متر (۸۴/۸ میلی‌متر بیشتر از میانگین بلندمدت منطقه) و در سال دوم آزمایش ۳۳۵/۸ میلی‌متر (۱۱۴ میلی‌متر کمتر از میانگین بلندمدت منطقه بود) (جدول ۱). میزان بارندگی و به‌ویژه پراکنش مناسب آن در سال اول آزمایش در منطقه بسیار کم‌سابقه بود. نتایج دیگر آزمایش‌ها نیز نشان داده است که وزن هزاردانه با تأخیر در کاشت کاهش می‌یابد (Momtazi & Emam, 2006). تأخیر در کاشت باعث روبه‌رو شدن گیاه با تنش‌های انتهایی دوره رشد از جمله گرما و خشکی شده و با کاهش اندوخته ذخایر کربوهیدرات‌ها در ساقه، هر دو مؤلفه سرعت و مدت پر شدن دانه کاهش می‌یابند (Song et al., 2015). بیشترین وزن نهایی دانه در دو سال آزمایش از زمان کاشت اول در رقم کریم ۴۵/۷ میلی‌گرم به دست آمد (جدول ۵)، این موضوع نشان‌دهنده توانایی بیشتر این رقم در پر کردن دانه در شرایط دیم است که به نظر می‌توان از آن در برنامه‌های اصلاحی گندم دیم منطقه بهره برد.

کاسته شد. زمان گرده‌افشانی ژنوتیپ‌های گندم در تیمارهای زمان کاشت به‌صورت روز از آغاز سال خورشیدی در محور افقی شکل ۱ نشان داده شده است. در شکل رخداد نخستین و آخرین زمان گرده‌افشانی به‌ترتیب در ۲۷ فروردین و ۱۸ اردیبهشت (۴۹ روز از آغاز سال خورشیدی) در زمان‌های اول و پنجم کاشت مشاهده شد. نتایج یک آزمایش در استرالیا نیز نشان داد که تأخیر در کاشت، زمان گرده‌افشانی تیمارها را به تأخیر انداخته و عملکرد ژنوتیپ‌های گندم را به‌شدت کاهش داد (Edwards & Martin, 2008).

مقایسه با سال اول آزمایش (هفت روز یخبندان)، احتمال دارد باعث تأثیر منفی بر عملکرد دانه ژنوتیپ‌های گندم در زمان کاشت سوم بوده باشد (جدول ۱). مقایسه میانگین‌های دوساله نشان داد که تأخیر در کاشت باعث تأخیر در گرده‌افشانی و روبه‌رو شدن دوره پر شدن دانه ژنوتیپ‌های گندم با تنش‌های انتهایی دوره رشد شده و کاهش عملکرد دانه شد، به‌طوری‌که به ازای هر چهار روز تأخیر در کاشت از زمان کاشت مطلوب، زمان گرده‌افشانی یک روز به تأخیر افتاده و نیز به ازای هر روز تأخیر در کاشت، از عملکرد دانه ژنوتیپ‌ها به میزان ۴۰ کیلوگرم در هکتار



شکل ۱. رابطه بین عملکرد دانه ژنوتیپ‌های گندم نان و زمان گرده‌افشانی (روز از آغاز سال خورشیدی) در تیمارهای زمان کاشت
Figure 1. Relationship between grain yield of wheat genotypes and anthesis day in planting time treatments

جدول ۴. تجزیه مرکب صفات گیاهی ژنوتیپ‌های گندم نان در تیمارهای زمان کاشت (۹۲-۱۳۹۱ و ۹۳-۱۳۹۲)
Table 4. Analysis of variance for plant characteristics of wheat genotypes in planting time treatments (2012-13 and 2013-14)

S. O. V	df	Mean Square									
		No. spike.m ⁻²	Spike length	Grain filling rate	Effective grain filling period	No. grain. spike ⁻¹	1000KW	Final grain weight	Grain yield	Biological yield	Harvest Index
Year	1	162051.2**	0.5808 ^{ns}	0.05608570**	4644445**	443.4838**	14012.6**	15530.6**	218218340.2**	156266449**	8568.32**
Block(Year)	6	6282.46 ^{ns}	0.3108 ^{ns}	0.00006607 ^{ns}	1763.52 ^{ns}	8.2607 ^{ns}	10.37 ^{ns}	10.2935**	1022712.1*	7700718*	22.63**
Planting date	4	83009.27**	5.7163**	0.00220266**	231571.1**	177.5210**	1055.32**	1160.58**	55304088.1**	306194008**	178.88**
Genotype	4	63101.53**	10.4518**	0.00115797**	2144.36 ^{ns}	312.5566**	328.61**	172.39**	35765336.5**	5139649 ^{ns}	278.24**
Genotype × Planting date	6	4320.51 ^{ns}	0.4916**	0.00028476**	3321.62**	28.6825**	6.8601 ^{ns}	10.0646**	346410.6 ^{ns}	1793452 ^{ns}	12.71 ^{ns}
Year × Planting date	4	29041.33**	2.2480**	0.00033543**	8447.33**	86.6513**	273.399**	97.77**	6883282.4**	21638716**	72.51**
Year × Genotype	4	22666.02**	0.1552 ^{ns}	0.00073712**	9717.39**	23.5322**	70.0521**	25.74**	265936.9 ^{ns}	3827242 ^{ns}	27.15**
Year × Planting date × Genotype	16	4310.09 ^{ns}	0.4354*	0.00025465**	2213.6*	16.806*	21.9462**	16.9910**	757575.2*	2035886 ^{ns}	10.88 ^{ns}
Error	144	4049.77	0.2061	0.000048	1175.772	8.8925	5.1748	3.0273	409081.9	3414799	7.461
CV (%)		13.52	5.02	6.99	9.03	10.15	7.68	5.06	16.49	15.75	8.46

ns, * و **: به ترتیب عدم اختلاف معنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد و ۱ درصد.

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

بیشترین سرعت پر شدن دانه همبستگی منفی و معنی‌داری با عملکرد دانه داشت (جدول ۶). شمار دانه در سنبله از اجزای اصلی عملکرد دانه است و از

صفات دوره پر شدن دانه، وزن نهایی دانه، وزن هزاردانه، شمار سنبله در واحد سطح، عملکرد زیستی و شاخص برداشت با عملکرد دانه همبستگی مثبت و

غیرمعنی‌دار بودن همبستگی آن با عملکرد دانه این‌طور می‌توان نتیجه گرفت که این جزء از عملکرد دانه در شرایط دیم اهمیت کمتری نسبت به دیگر اجزاء داشته است. محققان دیگری نیز در بررسی روابط بین اجزای عملکرد و مؤلفه‌های رشد دانه در گندم نان و گندم دوروم گزارش کردند که همبستگی بین شمار دانه در سنبله و عملکرد دانه معنی‌دار نبود (Brdar-Jokanovic *et al.*, 2008).

جدول ۵. مقایسه میانگین صفات گیاهی ژنوتیپ‌های گندم در تیمارهای زمان کاشت (۱۳۹۱-۹۲ و ۱۳۹۲-۹۳)

Table 5. Mean comparison of plant characteristics of wheat genotypes in planting time treatments (2012-13 and 2013-14)

Planting dates	Wheat genotypes	Spike length (cm)	Grain filling rate (mg.GDD ⁻¹)	Effective grain Filling period (GDD)	Number of grain. Spike ⁻¹	Final grain weight (mg)
1 Dec	Gonbad	9.7a-c	0.088hi	456c	38a	37.4e
	Karim	8.2ij	0.090g-i	529a	27h-k	45.7a
	Koohdasht	9.5a-d	0.087hi	491b	29d-h	40.3bc
	Line 7	9.3c-e	0.085i	495b	32c-e	40.4bc
	Line 16	9.8a	0.087hi	509ab	29e-i	41.2b
20 Dec	Gonbad	9.4a-e	0.091g-i	400de	37ab	34.1g
	Karim	8.3h-j	0.099d-f	420d	27h-l	39.2cd
	Koohdasht	9.8a	0.095e-g	416d	32c	37.7de
	Line 7	9.3b-e	0.102cd	393d-f	31c-g	37.6de
	Line 16	9.7a-c	0.098c-f	414d	28g-k	36.2ef
8 Jan	Gonbad	9.2de	0.090g-i	369e-h	34bc	30.5jk
	Karim	8.5g-i	0.110b	342hi	31c-f	36.2ef
	Koohdasht	9.4a-e	0.102c-e	377e-g	28g-k	36.9e
	Line 7	9.3b-e	0.110b	363f-h	33cd	33.9g
	Line 16	9.8ab	0.110b	339h-j	27h-l	34.3g
27 Jan	Gonbad	9.0e-g	0.095d-g	357gh	31c-f	31.5i-k
	Karim	8.3h-j	0.109b	340h-j	28g-k	34.7fg
	Koohdasht	9.2d-f	0.110b	320i-k	26j-l	33.3g-i
	Line 7	8.7g-i	0.121a	315i-k	28f-j	32.1h-j
	Line 16	9.3b-e	0.100c-f	357gh	25j-l	33.6gh
16 Feb	Gonbad	8.5g-i	0.087i	305k	31c-g	23.6n
	Karim	7.9j	0.102c	308jk	26i-l	29.9k
	Koohdasht	9.3c-e	0.112b	264l	27h-l	27.5l
	Line 7	7.8j	0.100c-f	297kl	24l	24.8mn
	Line 16	8.7f-h	0.094f-h	318i-k	25kl	26.2lm
LSD5%		0.4802	0.0069	33.778	3.1644	1.7664

در هر ستون میانگین‌هایی که دارای حروف مشترک هستند، بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد تفاوت معنی‌داری ندارند. Means in each column followed by similar letter(s) are not significantly different at 5% probability level, using LSD test.

جدول ۶. ضریب‌های همبستگی ساده بین صفات گیاهی ژنوتیپ‌های گندم در تیمارهای زمان کاشت (۱۳۹۱-۹۲ و ۱۳۹۲-۹۳)

Table 6. Simple correlation coefficients between plant characteristics of wheat genotypes and planting time (2012-13 and 2013-14)

	Y ₁	Y ₂	Y ₃	Y ₄	Y ₅	Y ₆	Y ₇	Y ₈	Y ₉
Y ₁	1								
Y ₂	-0.41*	1							
Y ₃	0.93**	-0.61**	1						
Y ₄	0.92**	-0.22 ^{ns}	0.87**	1					
Y ₅	0.92**	-0.18 ^{ns}	0.83**	0.95**	1				
Y ₆	0.37 ^{ns}	-0.32 ^{ns}	0.36 ^{ns}	0.24 ^{ns}	0.15 ^{ns}	1			
Y ₇	0.73**	-0.29 ^{ns}	0.70**	0.71**	0.69**	-0.23 ^{ns}	1		
Y ₈	0.97**	-0.52**	0.94**	0.86**	0.84**	0.50*	0.63**	1	
Y ₉	0.75**	0.04 ^{ns}	0.57**	0.81**	0.82**	-0.05 ^{ns}	0.74**	0.57**	1
Y ₁₀	0.31 ^{ns}	-0.13 ^{ns}	0.36 ^{ns}	0.33 ^{ns}	0.17 ^{ns}	0.42**	0.28 ^{ns}	0.35 ^{ns}	0.15 ^{ns}

ns, * و **: به ترتیب عدم اختلاف معنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد و ۱ درصد.

Y₁ تا Y₁₀: به ترتیب عملکرد دانه، حداکثر سرعت پر شدن دانه، مدت پر شدن دانه، وزن نهایی دانه، وزن هزار دانه، تعداد دانه در سنبله، تعداد سنبله در واحد سطح، عملکرد زیستی، شاخص برداشت و طول سنبله.

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

Y1-Y10: Grain yield, Maximum grain filling rate, Duration of grain filling, Final grain weight, 1000KW, No. grain.spike⁻¹, No. spike.m², Biological yield, Harvest Index and Spike length, respectively.

جدول ۷. نتایج تجزیه رگرسیون مرحله‌ای برای تجزیه علیت سلسله مرتبه‌ای صفات زراعی ژنوتیپ‌های گندم در تیمارهای زمان کاشت (۹۳-۱۳۹۱)

Table 7. The stepwise regression analysis for hierarchical path analysis of plant characteristics of wheat genotypes in planting time treatments (2012-2014)

عملکرد دانه در واحد سطح به‌عنوان متغیر تابع و دیگر صفات به‌عنوان متغیر مستقل					
The grain yield(kg/ha) was considered as dependent variable and other traits were considered as independent variables					
Step	Variable	Coefficient of Regression (B)	Standard Error (SE)	F-Value	R ²
1	Biological Yield	0.362**	0.007	368.833**	94.1
2	Harvest Index	93.588**	4.822	3953.799**	99.7
3	Grain Number per Spike	-10.173*	4.187	3225.163**	99.8

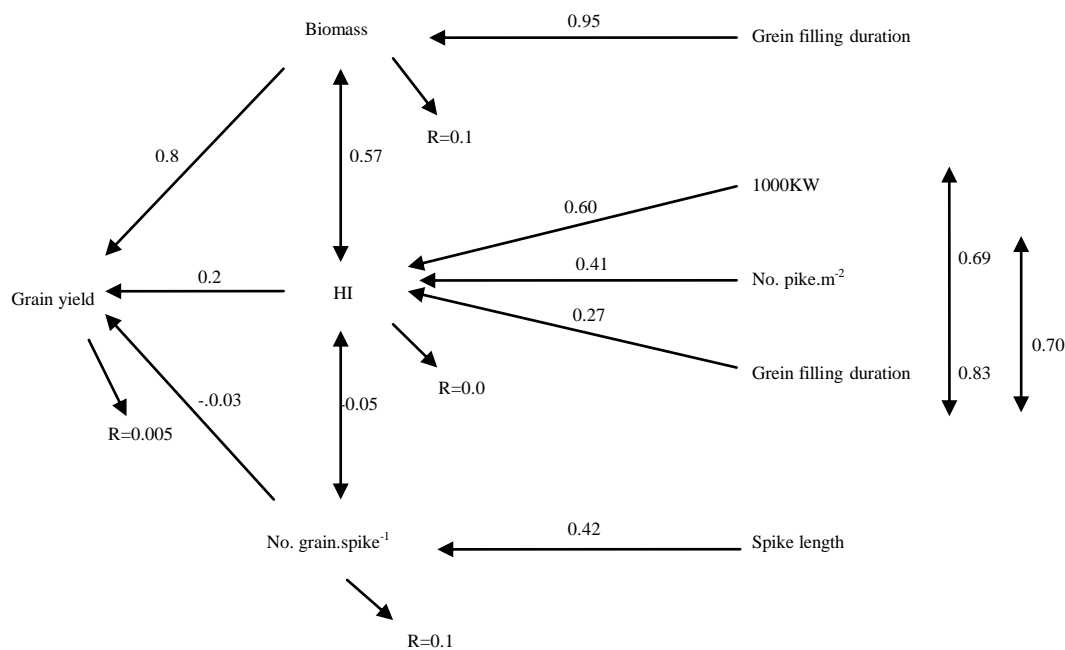
عملکرد زیستی به‌عنوان متغیر تابع و دیگر صفات به‌عنوان متغیر مستقل					
The Biological Yield) was considered as dependent variable and other traits were considered as independent variables					
Step	Variable	Coefficient of Regression (B)	Standard Error (SE)	F-Value	R ²
1	Grain Filling Period	33.932**	2.451	191.1653**	89.3

شاخص برداشت به‌عنوان متغیر تابع و دیگر صفات به‌عنوان متغیر مستقل					
The Harvest Index was considered as dependent variable and other traits were considered as independent variables					
Step	Variable	Coefficient of Regression (B)	Standard Error (SE)	F-Value	R ²
1	1000KW	0.358**	0.078	50.403**	68.7
2	Spike Number (m ²)	2.289**	0.007	31.666**	74.2
3	Grain Filling Rate	93.492*	33.831	30.025**	81.1

شمار دانه در سنبله به‌عنوان متغیر تابع و دیگر صفات به‌عنوان متغیر مستقل					
The Grain Number per Spike was considered as dependent variable and other traits were considered as independent variables					
Step	Variable	Coefficient of Regression (B)	Standard Error (SE)	F-Value	R ²
1	Spike length	2.411*	1.092	4.873*	17.5

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

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



شکل ۲. تجزیه علیت مرکب برای عملکرد دانه به‌عنوان صفت وابسته و دیگر صفات زراعی ژنوتیپ‌های گندم به‌عنوان متغیر مستقل در تیمارهای زمان کاشت (۹۳-۱۳۹۱ و ۱۳۹۲-۹۳)

Figure 2. Combined path analysis for grain yield as dependent variable and other plant characteristics of wheat genotypes as independent variables (2012-13 and 2013-14)

رابطه با عملکرد است. در آزمایشی روی ژنوتیپ‌های گندم بهاره گزارش شده است که در شرایط مطلوب و تنش خشکی، بالاترین ضریب همبستگی بین وزن دانه

بالاترین همبستگی مثبت در طی دو سال بین عملکرد زیستی و عملکرد دانه مشاهده شد (R=۰/۹۷**) که نشان‌دهنده اهمیت این صفت در

با عملکرد زیستی و سرعت پر شدن دانه وجود دارد (Hossein-pour *et al.*, 2007). از مؤلفه‌های رشد دانه، بالاترین همبستگی بین دوره پر شدن دانه و عملکرد مشاهده شد ($R=0/93^{**}$) و همبستگی بین سرعت پر شدن دانه و عملکرد منفی و معنی‌دار بود ($R=-0/41^*$). وزن نهایی دانه نیز همبستگی مثبت و معنی‌داری با عملکرد دانه داشت ($R=0/92^{**}$). گزارش شده است که وزن نهایی دانه برآیند مدت و سرعت پر شدن دانه است (Yang *et al.*, 2006) و دوره پر شدن دانه صفت مؤثرتری در رابطه با عملکرد به نظر می‌رسد (Behdad *et al.*, 2012). همبستگی مثبت و معنی‌داری نیز بین وزن نهایی دانه با دوره پر شدن دانه وجود داشت ($R=0/87^{**}$) در حالی که بین سرعت و مدت پر شدن دانه همبستگی منفی و معنی‌دار مشاهده شد ($R=-0/61^{**}$). پر شدن دانه، تعیین‌کننده قطعی عملکرد دانه در غلات است و تابع مؤلفه‌های مدت و سرعت پر شدن دانه است که منجر به استفاده بیشتر از منابع محیطی مانند دما و تابش می‌شود در ضمن مدت پر شدن دانه رابطه منفی با سرعت پر شدن دانه دارد (Yang *et al.*, 2006).

برای تعیین سهم تأثیر تجمعی صفات در عملکرد دانه و به‌منظور شناسایی مهم‌ترین مؤلفه رشد دانه و میزان تأثیر آن‌ها در عملکرد دانه، از رگرسیون گام‌به‌گام جلورونده استفاده شد. عملکرد دانه به‌عنوان متغیر وابسته و دیگر صفات به‌عنوان متغیرهای مستقل در نظر گرفته شدند (جدول ۷). عملکرد زیستی نخستین متغیری بود که وارد مدل شد و حدود ۹۴/۱ درصد از تغییرپذیری‌های عملکرد دانه را توجیه کرد. شاخص برداشت دومین صفت وارد شده به مدل بود که همراه با عملکرد زیست‌توده، ۹۹/۷ درصد از تغییرپذیری‌های عملکرد را توجیه کردند. محققان دیگری نیز در تجزیه همبستگی صفات مرتبط با عملکرد دانه در شانزده ژنوتیپ گندم دوروم و نان در شرایط مطلوب و تنش خشکی گزارش کردند که در هر دو شرایط، عملکرد زیست‌توده و شاخص برداشت، مهم‌ترین اجزای توجیه‌کننده تغییرپذیری‌های وزن دانه بودند (Naderi *et al.*, 2000). شمار دانه در سنبله، سومین و آخرین صفت وارد شده به مدل در این مرحله بود که همراه با این دو صفت در مجموع

۹۹/۸ درصد از تغییرپذیری‌های عملکرد دانه را توجیه کردند. در بین مؤلفه‌های رشد دانه نیز دوره پر شدن دانه زودتر از دیگر صفات وارد مدل شد و میزان بیشتری از تغییرپذیری‌ها متغیر وابسته را توجیه کرد و از این نظر صفت با اهمیت‌تری در انتخاب ژنوتیپ‌ها در منطقه به نظر می‌رسد. در آزمایشی روی ۴۲ رگه و رقم گندم در شرایط تنش شوری مشاهده شد که دوره پر شدن، شمار دانه در سنبله، شمار سنبله در واحد سطح و ارتفاع بوته زودتر از دیگر صفات به مدل رگرسیون وارد می‌شوند و مهم‌ترین صفات مؤثر بر عملکرد دانه هستند (Afyooni & Mahloji, 2005). تجزیه علیت صفات نشان داد که عملکرد زیست‌توده به میزان ۰/۸۳ تأثیر مثبت و مستقیم معنی‌داری بر عملکرد دانه داشت (شکل ۲) که نشان‌دهنده اهمیت این صفت در عملکرد دانه است و دوره پر شدن دانه نیز بیشترین اثر غیرمستقیم (از روش عملکرد زیست‌توده) به میزان ۰/۹۵ از راه شاخص برداشت (به میزان ۰/۲۷) بر عملکرد دانه را داشت. نتایج یک آزمایش روی روابط بین عملکرد دانه و اجزای آن در گندم‌های بومی غرب ایران با ۲۳ صفت نیز نشان داد که بالاترین همبستگی مربوط به عملکرد دانه با عملکرد زیست‌توده ($R=0/92^{**}$) بود (Tallei & Bahram Nejad, 1999). به نظر می‌رسد که دوره پر شدن دانه به‌طور غیرمستقیم باعث استفاده طولانی‌تر از کربوهیدرات‌های ذخیره‌ای ساقه و نورساخت (فتوسنتز) جاری در دوره پر شدن دانه شده و بر افزایش عملکرد تأثیر مثبت دارد. هرچند که شمار دانه در سنبله از اجزای اصلی عملکرد است، ولی نتایج این آزمایش نشان‌دهنده اهمیت کمتر این جزء از عملکرد در شرایط محدودیت منبع در شرایط انتهایی دوره رشد در گندم است. این موضوع توسط دیگر محققان نیز گزارش شده است (Brdar-Jokanovic *et al.*, 2008).

نتیجه‌گیری

نتایج این آزمایش نشان داد که در شرایط دیم منطقه گنبد، عملکرد زیست‌توده نقش مهمی را (به‌صورت مستقیم و مثبت) و از راه دوره پر شدن دانه (به‌صورت غیرمستقیم و مثبت) بر عملکرد دانه ژنوتیپ‌های گندم

صفات مرتبط، به تکمیل نتایج این آزمایش کمک خواهد کرد.

سیاسگزاری

از آقای مهندس منصور فرشاد مسئول محترم ایستگاه هواشناسی سینوپتیک گنبد و خانم‌ها معصومه سراوانی، شرف‌خانی و نیز دیگر همکاران محترم ایستگاه تحقیقات کشاورزی گنبد که در اجرای آزمایش نهایت همکاری را داشتند، تشکر و قدردانی می‌گردد.

دارد. از مؤلفه‌های رشد دانه نیز دوره پر شدن دانه در هر دو سال آزمایش اهمیت بیشتری داشت و به نظر می‌رسد که انتخاب بر پایه این صفت برخلاف دیگر گزارش‌ها که اهمیت سرعت پر شدن دانه را بیشتر می‌دانند، می‌تواند نقش مؤثرتری داشته باشد. بهبود عملکرد زیست‌توده نیز می‌تواند نقش مؤثری را در افزایش عملکرد گندم دیم منطقه داشته باشد. ارزیابی دیگر ویژگی‌های فیزیولوژیکی و ریختی (مورفولوژیکی)، به‌ویژه نقش انتقال دوباره در عملکرد دانه و دیگر

REFERENCES

1. Afyooni, D. & Mahloji, M. (2005). Correlation analysis of some agronomic traits in wheat (*Triticum aestivum* L.) genotypes under salinity stress. *Iranian Journal of Seed Plant*, 22, 186-199. (in Farsi)
2. Ahmadi, M., Kamkar, B., Soltani, A., Zeynali, E. & Arabameri, R. (2010). The effect of planting date on duration of phenological phases in wheat cultivars and its relation with grain yield. *Journal of Plant Production*, 17(2), 109-122. (in Farsi)
3. Anonymous. (2015). Agricultural statistics (Year book) Ministry of Agriculture Jihad. Deputy of Planning and Finance. Information Technology and Communication Center. Vol (1), Crop Production, Growing Season, 2012-2013. 156 pp. (in Farsi)
4. Asgari Mohaghegh, A. (2003). The effect of sowing date on the yield and yield components of three wheat cultivars in Neyriz. *Journal of Pajouhesh va Sazandegi*, 59, 10-15. (in Farsi)
5. Behdad, M., Pak-Nejad, F., Vazan, S., Ardakani, M. R. & Sadeghi-Shojae, M. (2012). The effect of drought stress on effective traits at accumulative assimilate of grain in different cultivars of wheat. *Journal of Agronomy Plant Breeding*, 8(3), 79-86. (in Farsi)
6. Brdar-Jokanovic, M.D., Kraljević-Balalić, M. & Kobiljski, B. (2008). The parameters of grain filling and yield components in common wheat (*Triticum aestivum* L.) and durum wheat (*Triticum turgidum* L. var. durum). *Central European Journal of Biology*, 3(1), 75-82.
7. Calderini, D.F., Savin, R., Abeledo, L.G., Reynolds, M.P. & Slafer, G.A. (2001). The importance of the period immediately preceding anthesis for grain weight determination in wheat. *Euphytica*, 119, 199-204.
8. Costa, R., Pinheiro, N., Almeida, A.S., Gomes, C., Coutinho, J., Coco, J., Costa, A. & Nacãs, B. (2013). Effect of Sowing Date and Seeding Rate on Bread Wheat Yield and Test Weight under Mediterranean Conditions. *Emirates Journal of Food and Agriculture*, 25, 951-961.
9. Darroch, B.A. & Baker, R.J. (1990). Grain filling in three spring wheat genotypes: Statistical analysis. *Crop Science*, 30, 525-5.
10. Darroch, B.A. & Baker, R.J. (1995). Two measures of grain filling in spring wheat. *Crop Science*, 35, 164-168.
11. Edwards, J. & Martin, P. (2008). Wheat time of sowing, Cowra. Variety Specific Agronomy Packages. New South Wales Department of Primary Industries (NSWDPI), 1-3.
12. El-Nakhlawy, F.S., Alghabari, F. & Ihsan, M.Z. (2015). Response of wheat genotypes to planting dates in the arid region. *Scientia Agriculturae*, 10(2), 59-63.
13. Hossein-pour, T., Siadat, A., Mamghani, R., Fathie, Gh. & Rafiee, M. (2007). Study on the grain-filling rate and grain-filling period of wheat genotypes under rainfed conditions in the Koohtasht of Lorestan. *Journal of Agricultural Science and Natural Resources*, 13, 66-77. (in Farsi)
14. Jagadish, R. & Shantha, N. (2004). High temperature index-for field evaluation of heat tolerance in wheat varieties. *Agricultural Systems Journal*, 79, 243-255.
15. Jalal Kamali, M.R., Najafi-Mirak, T. & Asadi, H. (2012). Wheat: Research and Development Strategies in Iran. Ministry of Agriculture Jihad. Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO). Seed and Plant Improvement Institute. 227 pp. (in Farsi)
16. Kafī, M., Ganjali, M., Nezami, A. & Shariatmadar, F. (2000). Weather and yield of crops. Jihad Daneshgahi Mashhad Press, 311p. (in Farsi)
17. Loss, S.P. & Siddique, K.H.M. (1994). Morphological and physiological traits associated with wheat yield increases in Mediterranean environments. *Advances in Agronomy Journal*, 52, 229-276.
18. Modhej, A. & Fathi, Gh. (2008). Wheat Physiology. Islamic Azad University, Shooshtar Branch Press. 317 pp. (in Farsi)

19. Mokhtarpour, H., Behmaram, R. & Ziadloo, S. (2004). Agriculture in Golestan province. (Technical Instruction of Vegetation and Agricultural Crops) Ministry of Agriculture Jihad. Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO). Agricultural and Natural Resources Research Center of Golestan Province. 159 pp. (in Farsi)
20. Momtazi, F. & Emam, Y. (2006). The effect of late sowing date and seed density on yield and yield component of Shiraz bread wheat variety. *Iranian Journal of Agricultural Sciences*, 37(1), 1-11. (in Farsi)
21. Naderi, A., Hashemi Dezfouli, S., Majidi-Heravan, E., Rezaei, A. & Nourmohammadi, Gh. (2000). Study on correlation of traits and components affecting grain weight and determination of effect of some physiological parameters on grain yield in spring wheat genotypes under optimum and drought stress conditions. *Seed and Plant Improvement Journal*, 16(3), 374-386. (in Farsi)
22. Radmehr, M. (1997). Effect of heat stress on physiology of growth and development of wheat. Ferdowsi University of Mashhad. Press. 202 pp. (in Farsi)
23. Reynolds, M.P., Pask, A. & Mullan, D. (2012). Physiological Breeding I: Interdisciplinary Approaches to Improve Crop Adaptation. Mexico, CIMMYT. Fisher, R. A., Maurer, R., 1978. Drought resistance in spring wheat cultivars; Grain yield responses. *Australian Journal of Agricultural Research*, 29, 897-903.
24. Song, W.F., Zhao, L.J., Zhang, X.M., Zhang, Y.M., Li, J.L., Zhang, L.L., Song, Q.J., Zhao, H.B., Zhang, Y.B., Zhang, C.L., Xin, W.L., Sun, L.F. & Xiao, Z.M. (2015). Effect of timing of heat stress during grain filling in two wheat varieties under moderate and very high temperature. *Indian Journal of Genetics and plant Breeding*, 75(1), 121-124.
25. Suleiman, A.A., Nganya, J.F. & Ashraf, M.A. (2014). Effect of cultivar and sowing date on growth and yield of wheat (*Triticum aestivum* L.) in Khartoum, Sudan. *Journal of Forest Products and Industries*, 3(4), 198-203.
26. Tallei, A. & Bahram-Nejad, S. (1999). Study of genetical diversity in landrace population of wheat from western part of Iran using cluster and principal component analysis. *Iranian Journal of Agricultural Sciences*, 30(4), 697-707. (in Farsi)
27. Wardlaw, I.F., Sofield, I. & Cartwright, P.M. (1980). Factors limiting the rate of dry matter accumulation in the grain of wheat grown at high temperature. *Australian Journal of Plant Physiology*, 7, 387-400.
28. Wiegand, C.L. & Cuellar, J.A. (1981). Duration of grain filling and kernel weight of wheat as affected by temperature. *Crop Science Journal*, 21, 95-101.
29. Yang, J. & Zhang, J. (2006). Grain filling of cereals under soil drying. *New Phytologist*, 169, 223-236.
30. Yin, X., Guo, W. & Spiertz, J. H. (2009). A quantitative approach to characterize sink – source relationships during grain filling in contrasting wheat genotypes. *Field Crops Research Journal*, 114, 119-126.
31. Zadoks, J.C., Chang, T.T. & Konzak, C.F. (1974). A decimal code for the growth stages of cereals. *Weed Research Journal*, 14, 415-421.

Effect of planting date on grain filling trend and grain yield of bread wheat genotypes using multivariate analysis method under dryland conditions

Rahmt-allah Mohammadi Gonbad¹, Masoud Esfahani^{2*}, Mozaffar Roustaei³ and Hossein Sabouri⁴

1, 2. Ph.D. Student and Professor, Collage of Agricultural Sciences, University of Guilan, Iran

3. Associate Professor and Head of Cereal Department DARI, Maragheh, Iran

4. Associate Professor, Gonbad-e-Kavous University, Gonbad-e-Kavous, Iran

(Received: May 3, 2016 - Accepted: Jun. 18, 2016)

ABSTRACT

In order to evaluate the relationship between grain yield and agronomic characteristics in bread wheat genotypes in different planting dates under rainfed conditions, a factorial experiment was conducted based on RCBD with four replications at Gonbad-e Qabus region, Iran, during 2012-2014 growing seasons. Number of spikes per unit area, grain filling rate, effective grain filling period, number of grain per spike, 1000KW, grain weight, grain yield, biological yield and harvest index were measured. Planting dates including Dec. 2nd, Dec. 21st, Jan. 9th, Jan. 28th and Feb. 17th were considered as first and five wheat genotypes: Gonbad, Karim, Koohdasht, line 7 and line 16, as second factor, respectively. Combined analysis of variance revealed that the mean grain yield decreased from 4956 in the first year to 2833 kg.ha⁻¹ in the second year (43% reduction). Grain yield had the highest and positive significant correlation with biological yield ($r= 0.97^{**}$) and grain filling duration ($r= 0.97^{**}$). The stepwise regression analysis showed that biological yield and harvest index justified more than 99% of grain yield variation, indicating their considerable importance in grain yield. Grain filling duration was the first variable to enter to the model and showed more important role in grain yield justification. The grain filling duration and biological yield had effective role in grain yield that could be used for selecting the suitable genotypes of wheat for rainfed conditions.

Keywords: Bread wheat, grain filling duration, growing degree days, path analysis and stepwise regression.

* Corresponding author E-mail: esfahani@guilan.ac.ir

Tel: +98 911 1321386