مجله به‌زراعی نهال و بذر
جلد ۲-۲۹، شماره ۴، سال ۱۳۹۲

روند تغییرات عملکرد دانه و برخی صفات فیزیولوژیکی در ارقام گندم نان بهاره معرفی شده در سال‌های ۱۳۸۷-۱۳۳۰ در ایران

Trend of Changes in Grain Yield and Some Physiological Traits in Spring Bread Wheat Cultivars Released Between 1951-2008 in Iran

زهرا آنت[۱]، محسن اسماعیل‌زاده مقدم[۲]، علی کاشانی[۳] و فواد مرادی[۴]

۱- دانشجوی سابق کارشناسی ارشد دانشگاه آزاد اسلامی واحد کرج، کرج
۲- دانشیار موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر، کرج (نگارنده مسئول)
۳- استاد دانشگاه شهید چمران اهواز، اهواز
۴- استادیار پژوهشکده بیوتکنولوژی کشاورزی ایران، کرج

تاریخ دریافت: ۱۳۹۱/۱۱/۲۳ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۲/۱۰/۵

چکیده

آنت، ز.، اسماعیل‌زاده مقدم، م.، کاشانی، ع. و مرادی، ف. ۱۳۹۲. روند تغییرات عملکرد دانه و برخی صفات فیزیولوژیکی در ارقام گندم نان بهاره معرفی شده در سال‌های ۱۳۸۷-۱۳۳۰ در ایران. **مجله به‌زراعی نهال و بذر ۲-۲۹ (۴):** ۴۸۳ - ۴۶۱.

به منظور بررسی روند تغییرات عملکرد دانه، شاخص‌های رشد، کربوهیدرات‌های محلول ساقه و دمای سایه‌انداز در ۱۵ رقم گندم نان بهاره که طی سال‌های ۸۷-۱۳۳۰ معرفی شده‌اند، آزمایشی در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در سال زراعی ۹۱-۱۳۹۰ در مزرعه به‌نژادی بخش تحقیقات غلات موسسه اصلاح و تهیه نهال و بذر کرج انجام شد. نتایج نشان داد که روند تغییرات عملکرد دانه طی این سال‌ها افزایشی بود و ۳۵ کیلوگرم در هکتار در هر سال بود. در بین ارقام گندم، بیشترین میانگین عملکرد (۵/۳۸ تن در هکتار) به رقم پارسی و کمترین آن (۲/۸۱ تن در هکتار) به رقم شعله تعلق داشت. تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد سرعت رشد محصول، سرعت رشد نسبی و شاخص سطح برگ در ارقام مختلف در سطح احتمال یک درصد تفاوت معنی‌دار داشتند. ارقام جدید در مقایسه با رقم‌های قدیمی، زودتر به شاخص سطح برگ حداکثر رسیدند. همچنین ارقام جدید توانستند حداکثر شاخص سطح برگ را برای مدت زمان بیشتری حفظ کنند. کربوهیدرات‌های محلول ساقه در میانگره اول و دوم در بیشتر ارقام در ۱۴ روز پس از گرده‌افشانی ذخیره شد و سپس به دانه‌های در حال رشد انتقال یافت. مقدار کربوهیدرات‌های ذخیره شده در میانگره دوم بیشتر از میانگره اول بود. دمای سایه‌انداز در مرحله گرده‌افشانی در رقم‌های جدید نسبت به ارقام قدیمی‌تر گندم نان بهاره خنک‌تر بود.

واژه‌های کلیدی: گندم نان بهاره، شاخص سطح برگ، سرعت رشد محصول، میانگره دوم و کربوهیدراتهای محلول ساقه.

آدرس الکترونیکی نگارنده مسئول: esmailzadehmohsen@ymail.com

مقدمه

گندم از مهم‌ترین گیاهان زراعی بوده که رشد فزاینده جمعیت نیز بر ضرورت افزایش تولید آن افزوده است. از این لحاظ این گیاه دارای ارزش راهبردی ویژه در دنیا می‌باشد. مقایسه میانگین عملکرد گندم در ایران با میانگین عملکرد جهانی نشانگر آن است که پایین بودن عملکرد گندم در واحد سطح از مهم‌ترین نقاط ضعف تولید آن بشمار می‌آید (Ramyar and Jamnejad, 2010). در این راستا شناخت برخی خصوصیات و صفات مهم گیاهی و زراعی می‌تواند در رسیدن به عملکرد بیشتر، با استفاده از روش‌های به‌نژادی و به زراعی مفید باشد.

مطالعه‌ای بر روی ۲۶ رقم گندم بهاره که طی سال‌های ۲۰۰۸-۱۹۹۷ در مکزیک معرفی شده بودند روند افزایشی در عملکرد دانه طی این سال‌ها را نشان داد (Lopez *et al.*, 2012). منس و همکاران (Manes *et al.*, 2012) نیز در پژوهش خود بر روی ارقام گندم معرفی شده بین سال‌های ۲۰۱۰-۱۹۹۴ افزایش عملکرد دانه به مقدار ۳۱ کیلوگرم در هکتار در سال را گزارش کردند.

تجزیه و تحلیل کمی رشد روشی برای توجیه و تفسیر واکنش‌های گیاه نسبت به شرایط مختلف است که گیاه در طول چرخه زندگی خود با آن‌ها مواجه می‌گردد (Ghasemi Golozani *et al.*, 1997). روش‌هایی که برای تعیین اجزای رشد محصول مورد استفاده قرار می‌گیرند، بعنوان شاخص‌های رشد معرفی شده‌اند (Morison *et al.*, 1992). تولید ماده خشک در گیاهان را می‌توان با دو شاخص سرعت رشد گیاه و سرعت رشد نسبی مورد بررسی قرار داد (Karimi and Siddique, 1991).

نواب پور و همکاران (Navabpour *et a*l., 2011) اختلاف معنی‌داری را بین ارقام مختلف گندم نان از نظر شاخص‌های رشد گزارش کردند و نشان دادند که شاخص سطح برگ (Leaf area index = LAI) حداکثر در مرحله گلدهی از جمله عوامل موثر در عملکرد دانه بود. آن‌ها بیان کردند که اگر شاخص سطح برگ در زمان کوتاه‌تری به نقطه حداکثر برسد، حداکثر عملکرد دانه حاصل می‌شود. حسین‌پور و همکاران (Hosseinpour *et al.*, 2003) با مطالعه بر روی ده ژنوتیپ گندم دیم با عادت رشدی بهاره گزارش کردند که ارقام مختلف شاخص‌های رشدی متفاوتی را داشتند. زیائو و همکاران (Xiao *et al.*, 2012) نشان دادند با گذشت زمان و طی سال‌های مختلف شاخص سطح برگ در گندم افزایش پیدا کرده و این می‌تواند یکی از دلایل حصول عملکرد بالا در ارقام جدیدتر باشد.

در مطالعات مختلفی که در مناطق مختلف جهان در خصوص رابطه بین غلظت

کربوهیدارات‌های محلول ساقه در زمان گلدهی با عملکرد دانه در ارقام گندم معرفی شده در ادوار مختلف انجام شد، نتایج متفاوتی بدست آمد. در استرالیای شرقی رابطه‌ای بین سال معرفی ارقام گندم و غلظت کربوهیدرات‌های محلول ساقه مشاهده نشد (Rebetzke *et al*., 2008). در استرالیای غربی که دارای آب و هوای مدیترانه‌ای است، ارقام جدید دارای غلظت بیشتری از کربوهیدارت‌های محلول ساقه در مرحله گلدهی بودند. در مطالعه انجام شده در مورد ژنوتیپ‌های گندم بهاره در مرکز بین‌المللی تحقیقات ذرت و گندم (CIMMYT) رابطه بین غلظت کربوهیدرات‌های محلول ساقه و زمان معرفی ارقام مثبت گزارش شد (Van Herwaarden and Richards, 2002) .

به‌نژادگران به دنبال یافتن صفات قابل اندازه‌گیری فیزیولوژیکی هستند که در روابط آبی گیاه تحت تنش خشکی دارای اهمیت بوده و بتوان از آن‌ها در شناسایی معیارهای اصلی گزینش در ارقامی که به تنش خشکی سازگار هستند استفاده کرد (Matrin and Raiz, 1992). تاثیر دمای سایه‌انداز در افزایش مقاومت به خشکی و گرما در گندم بهاره نیز گزارش شده است (Reynolds *et al*., 1994). بلوتا و همکاران (Blota *et al*., 2007) گزارش کردند ارقامی که دارای دمای سایه‌انداز پایین‌تر هستند، در شرایط تنش رطوبتی سازگاری بیشتری داشتند. لوپز و همکاران (Lopez *et al*., 2012) نیز نشان دادند در ارقام جدید گندم بهاره، دمای سایه‌انداز در مقایسه با رقم‌های قدیمی کاهش یافته است.

در این پژوهش روند تغییرات برخی صفات فیزیولوژیکی و عملکرد دانه در ارقام گندم نان بهاره معرفی شده در سالهای ۱۳۸۷-۱۳۳۰ مورد بررسی قرار گرفت.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در سال زراعی ۹۱-۱۳۹۰ در مزرعه به‌نژادی بخش تحقیقات غلات موسسه اصلاح و تهیه نهال و بذر کرج واقع در طول جغرافیایی ۵۰° و ۵۵′ شرقی و عرض جغرافیایی ۳۵° و ۵۰′ شمالی و با شرکت ۱۵ رقم گندم نان بهاره در قالب طرح آزمایشی بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار به اجرا در آمد. شجره و سال معرفی۱۵ رقم گندم نان بهاره مورد بررسی در جدول ۱ ارائه شده است.

هر رقم در کرت‌هایی با سطح ۷/۲ متر مربع (با ابعاد ۷/۲ = ۶ متر × ۱/۲متر) در ۱۵ آبان ماه کاشته شد که شامل چهار ردیف کاشت با فاصله ۳۰ سانتیمتر بود. عملیات کاشت با ماشین بذرکار غلات انجام شد. کود نیتروژن از منبع اوره به دو صورت پایه (قبل از کاشت) و سرک در اوایل مرحله‌ی ساقه رفتن و کودهای فسفر و پتاس به ترتیب از منبع فسفات آمونیوم و سولفات پتاسیم قبل از کاشت و به صورت پایه مصرف گردید. برای کنترل علف‌های هرز از

جدول ۱- شجره و سال معرفی ارقام گندم نان بهاره
Table 1. The pedigree and year of release of spring bread wheat cultivars

ردیف No.	نام رقم Name of cultivar	سال معرفی Year of release	شجره Pedigree
1	Tabasi	1951	Local Variety
2	Sholeh	1957	Local Variety
3	Roshan	1958	Local Variety
4	Khalij	1960	Local Variety
5	Inia66	1968	Lr64/Sn64
6	Karaj 1	1973	200H/Vfn//Rsh
7	Moghan 2	1974	Choti/Lerma
8	Adl	1976	Fr3*/MM/Mt-Y50//Rsh
9	Azadi	1979	4820/1-32-15409//Mexp
10	Golestan	1986	Alondra"s"
11	Darab 2	1995	Maya"s"/Nac
12	Chamran	1997	Attila (CM85836-50Y-0M-0Y-3M-0Y)
13	Pishtaz	2002	Alvand//Aldan/las58
14	Darya	2007	Sha/Chil
15	Parsi	2008	Dove"s"/Buc"s"//2*Darab

*برای تبدیل سال میلادی به سال هجری شمسی عدد ۶۲۱ را از سال مربوطه تفریق کنید.

سموم علف‌کش گرانستار برای کنترل پهن‌برگ‌ها و ایلوکسال برای کنترل باریک برگ‌ها به میزان ۲۰ گرم در هکتار استفاده شد.

به منظور اندازه‌گیری وزن خشک کل، نمونه‌برداری پس از شروع رشد مجدد و از هر کرت به مساحت ۰/۱ متر مربع طی پنج مرحله انجام پذیرفت. عملکرد دانه با استفاده از روش سایری بدست آمد (Sayre, 1998). تعیین تغییرات سرعت رشد محصول (Crop Growth Rate = CGR)، سرعت رشد نسبی (Relative Growth Rate = RGR) و سرعت جذب خالص (Net Assimilation Rate = NAR) به ترتیب با استفاده از روابط (۱)، (۲) و (۳) محاسبه شد (Gardner *et al.*, 2010). شاخص سطح برگ (LAI) نیز با شروع رشد مجدد و با استفاده از دستگاه سان اسکن [Sun Scan (Delta-T Device Cambridge-England)] در داخل مزرعه و طی چهار مرحله به فواصل زمانی ۱۵ روز تا رسیدن به مرحله رسیدگی فیزیولوژیک اندازه‌گیری شد.

$$CGR= (W_2-W_1)/(T_2-T_1) \quad (۱$$

$$RGR= (L_nW_2 - L_nW_1)/ (T_2-T_1) \quad (۲$$

$$NAR= (W_2-W_1 / T_2-T_1)\times(L_nLAI_2 - L_nLAI_1 / LAI_2 - LAI_1) \quad (۳$$

برای اندازه‌گیری کربوهیدرات‌های محلول ساقه انجام نمونه‌برداری با آغاز گرده‌افشانی در سه مرحله شروع گرده‌افشانی، ۱۴ روز پس از گرده افشانی و زمان رسیدگی فیزیولوژیک انجام شد. بدین منظور از هر کرت ۱۰ ساقه برای نمونه‌برداری از کف برداشت و در آون تحت دمای ۷۰ درجه سانتیگراد به مدت ۷۲ ساعت خشکانده شدند. سپس بعد از تفکیک میانگره اول و دوم، نمونه‌ها خرد و آسیاب شدند و برای اندازه‌گیری کربوهیدرات‌های محلول ساقه مورد استفاده قرار گرفتند. سنجش غلظت قندهای محلول ساقه با استفاده از روش فنول اسید سولفوریک انجام شد (Hasid and Neufield, 1964).

برای اندازه‌گیری دمای سایه انداز از دستگاه ترمومتر مادون قرمز (Raytek ST25 AutoPro Infrared Thermometer.USA) ضمن رعایت نکات دستورالعمل روت و گوین (Roth and Goyne, 2004) و پس از چندین بار آزمایش در حالات مختلف استفاده شد. اندازه‌گیری‌ها در زمان گرده‌افشانی و در فاصله زمانی بین ساعت ۱۱ تا ۱۳ انجام شدند. چون در این زمان گیاهان در حالت تنش آبی شدید قرار نداشتند.

تجزیه‌های آماری به کمک نرم‌افزار SAS و رسم نمودارها با نرم‌افزار Excell انجام شد. میانگین‌ها نیز با استفاده از آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد مقایسه شدند.

نتایج و بحث

تجزیه واریانس داده‌ها برای عملکرد دانه ارقام مورد بررسی نشان داد که ارقام از نظر عملکرد دانه دارای اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد بودند (جدول ۲). مقایسه میانگین‌ها، نشان داد بیشترین عملکرد دانه به رقم پارسی (۵/۳۸ تن در هکتار) و کمترین آن به رقم شعله (۲/۸۱ تن در هکتار) تعلق داشت (جدول ۳).

روند تغییرات عملکرد دانه در ارقام گندم نان بهاره که طی سال‌های ۱۳۰۹ تا ۱۳۸۷ در ایران معرفی شدند افزایشی بود و ارقام جدید از عملکرد دانه بیشتری برخوردار بودند که مقدار این افزایش ۳۵ کیلوگرم در هکتار در هر سال بود (شکل ۱). پروین و خلیل (Parveen and Khalil, 2011) با بررسی ۱۳ رقم گندم بهاره که طی سال‌های ۲۰۰۰-۱۹۵۸ در پاکستان معرفی شده بودند به این نتیجه رسیدند که در ارقام جدید عملکرد دانه به میزان ۳۱/۴۳ کیلوگرم در هکتار در سال افزایش یافت. در تحقیقی دیگر بر روی هشت رقم گندم بهاره معرفی شده بین سال‌های ۱۹۸۸-۱۹۶۲در مکزیک، میزان افزایش عملکرد به میزان ۶۷ کیلوگرم در سال گزارش شد (Sayre *et al*., 1997).

حسین پور و همکاران

جدول۲- تجزیه واریانس برای عملکرد و برخی صفات فیزیولوژیکی در ارقام گندم بهاره

Table 2. Analysis of variance for grain yield and some physiological traits in spring bread wheat cultivars

			میانگین مربعات Mean Square				
S.O.V.	منبع تغییر	درجه آزادی df	عملکرد دانه Grain yield	سرعت رشد نسبی Relative growth rate	سرعت رشد محصول Crop growth rate	شاخص سطح برگ Leaf area index	سرعت جذب خالص Net assimilation rate
Replication	تکرار	2	0.6953	1.06×10^{4} **	9.682**	1.344**	114.53**
Cultivar	ژنوتیپ	14	1.734^{**}	7.6×10^{-5} **	19.755**	0.3177^{*}	13.84^{ns}
Error	خطا	28	0.312	6.25×10^{-6}	1.473	0.126	8.248
C.V. (%)	درصد ضریب تغییرات	-	14.28	7.09	4.04	16.83	19.34

*و**: به ترتیب معنی‌دار در سطوح احتمال ۵ ٪ و ۱٪.

ns : غیر معنی‌دار.

* and ** : Significant at the 5% and 1% probability levels, respectively.

ns: Non-significant.

جدول۳- مقایسه میانگین عملکرد و شاخص‌های رشد در ارقام گندم نان بهاره

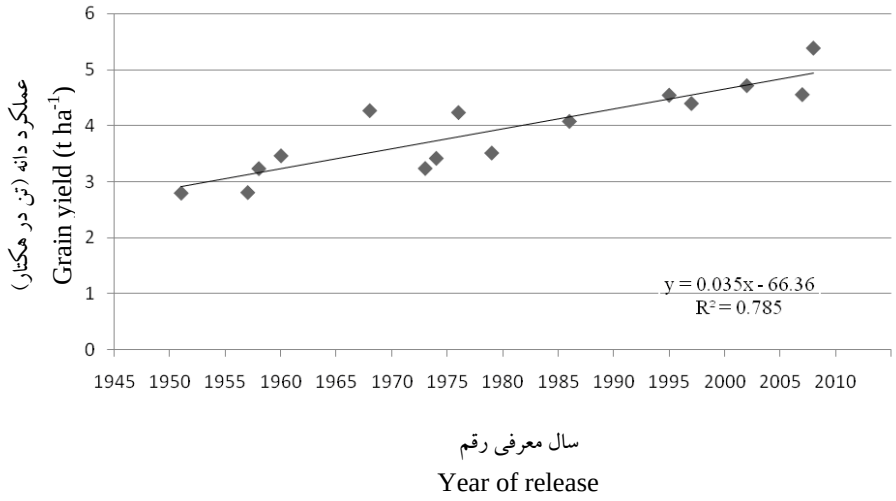
Table 3 . Mean comparison for grain yield and growth indices in spring bread wheat cultivar

Cultivar	عملکرد دانه (تن در هکتار) Grain yield ($t\ ha^{-1}$)	سرعت رشد نسبی (گرم بر گرم در روز) Relative growth rate ($g\ g^{-1}d^{-1}$)	سرعت رشد محصول (گرم بر متر مربع در روز) Crop growth rate ($g\ m^{-2}d^{-1}$)	شاخص سطح برگ Leaf area index	سرعت جذب خالص (گرم بر متر مربع در روز) Net assimilation rate ($g\ m^{-2}d^{-1}$)
Tabasi	2.823f	33.62×10^{-3} cde	31.072bcd	1.92b	15.866abc
Sholeh	2.813f	32.50×10^{-3} de	32.964ab	2.27ab	15.176abc
Roshan	3.240ef	33.48×10^{-3} cde	29.816cd	2.07b	14.901abc
Khalij	3.469bcde	35.74×10^{-3} bcd	31.070bcd	1.86b	17.366a
Inia66	4.274bcd	39.95×10^{-3} b	29.753cd	2.02b	14.863abc
Karaj 1	3.242ef	26.91×10^{-3} f	26.175fg	1.73b	13.703abc
Adl	3.423def	35.23×10^{-3} bcd	31.227bcd	1.76b	18.325a
Moghan 2	4.240bcd	29.90×10^{-3} ef	24.459g	2.23ab	11.551bc
Azadi	3.518cdef	32.34×10^{-3} de	30.354cd	1.87b	14.244abc
Golestan	4.082bcde	36.19×10^{-3} bcd	31.522bc	2.11b	15.274abc
Darab 2	4.549ab	32.93×10^{-3} de	28.964de	2.08b	17.282a
Chamran	4.401bc	49.20×10^{-3} a	30.961bcd	2.04b	16.735ab
Pishtaz	4.719ab	37.85×10^{-3} bc	28.923de	2.83a	10.601c
Darya	4.550ab	37.76×10^{-3} bc	27.0633ef	2.07b	14.021abc
Parsi	5.389a	36.31×10^{-3} bcd	34.478a	2.81a	12.814abc

میانگین‌هایی، در هر ستون، که حداقل دارای یک حرف مشترک می‌باشند بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵٪ تفاوت معنی‌دار ندارند

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.

* Means of growth indices are for anthesis stage. * میانگین‌های مربوط به شاخص‌های رشد، برای مرحله گرده‌افشانی می باشند.



شکل ۱- روند تغییرات عملکرد دانه برای ارقام گندم نان بهاره که طی سال‌های ۸۷-۱۳۳۰ (مطابق با ۲۰۰۸- ۱۹۵۱) در ایران معرفی شدند

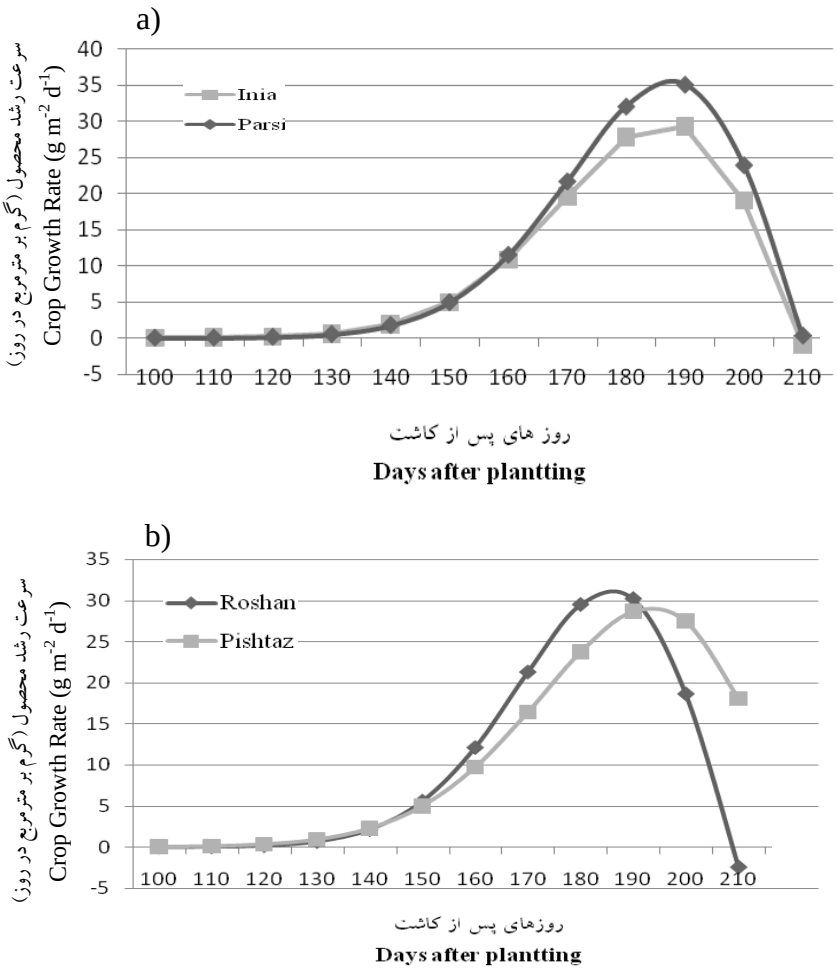
Fig. 1. Variation in tread of grain yield of spring bread wheat cultivar released between 1951-2008 in Iran

(Hosseinpour *et al*., 2003) بیان کردند که بین حداکثر سرعت رشد محصول و عملکرد دانه رابطه مثبت و معنی‌داری وجود دارد. در گیاهان دیگر وجود اختلاف شاخص‌های رشد در ژنوتیپ‌های مختلف و تاثیر آن‌ها بر روی عملکرد دانه گزارش شده است (Mahdavi *et al*., 2005; Mahlooji and Afyouni, 2004).

تجزیه واریانس داده‌ها برای شاخص سرعت رشد محصول نشان داد که تفاوت میان ارقام برای این شاخص بسیار معنی‌دار بود (جدول ۲). بالاترین میانگین برای سرعت رشد محصول در مرحله گلدهی متعلق به رقم پارسی (۳۴/۴۷۸ گرم بر مترمربع در روز) بود و کمترین مقدار این شاخص را رقم مغان ۲ (۲۴/۴۵۹ گرم بر مترمربع در روز) به خود اختصاص داد (جدول ۳).

روند تغییرات سرعت رشد محصول برای ارقام پارسی وانیا (شکل ۲a) و روشن و پیشتاز (شکل ۲b) ارائه شده است. سرعت رشد محصول در این ارقام در ابتدای مرحله رشدی کند بود و با گذشت زمان و آغاز مرحله گلدهی، افزایش پیدا کرد. با گذشت زمان و شروع مرحله پرشدن دانه روند کاهشی در ارقام اتفاق افتاد و این روند کاهشی تا مرحله رسیدگی نیز ادامه یافت. با این تفاوت که رقم پارسی در زمان شروع گلدهی از سرعت رشد محصول بیشتری در مقایسه با دیگر ارقام برخوردار بود (شکل ۲a).

حسین پور و همکاران (Hosseinpoor *et al*., 2003) گزارش کردند که روند تغییرات سرعت رشد محصول



شکل ۲- تغییرات سرعت رشد محصول در ارقام گندم نان بهاره در طول فصل زراعی

Fig. 2. Variation in crop growth rate of spring bread wheat cultivars during cropping season

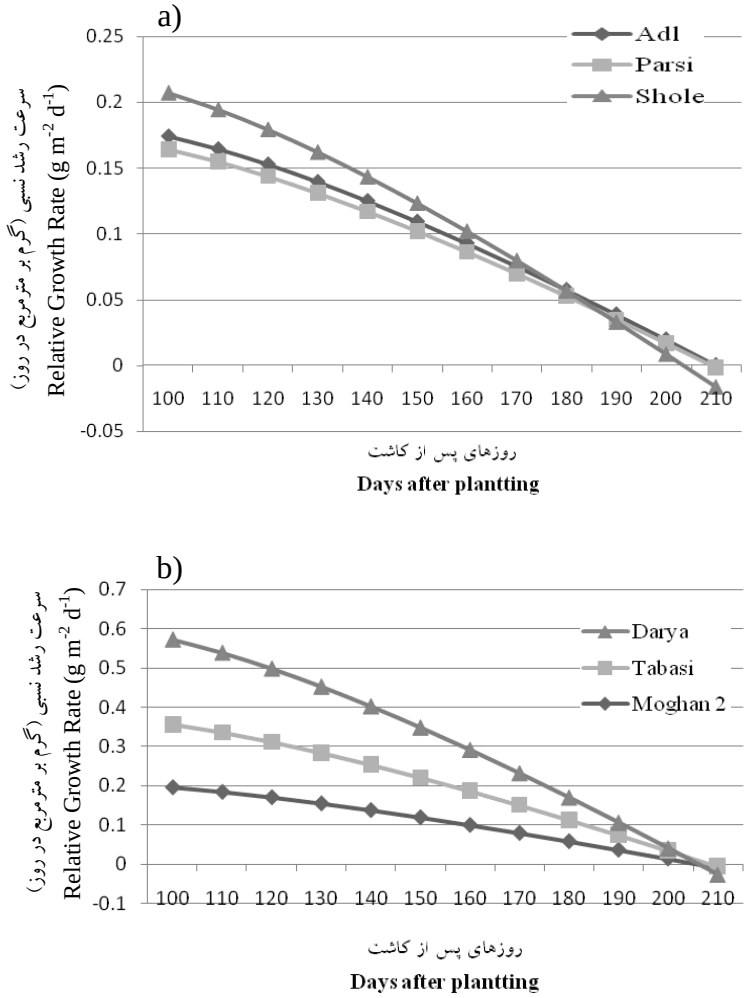
ژنوتیپ‌ها در ابتدا کند و سپس با دریافت ۵۰۰ درجه- روز رشد افزایش یافت و حداکثر سرعت رشد محصول ژنوتیپ‌ها با دریافت حدود ۹۰۰-۸۰۰ درجه- روز رشد مصادف با مرحله گرده‌افشانی حاصل گردید. بنظر می‌رسد که گیاه در ابتدای فصل رشدی و بدلیل شرایط محیطی (بویژه درجه حرارت) سرعت رشد گیاه کند بود و سپس با کامل شدن پوشش گیاهی، استفاده کاراتر از نور خورشید، افزایش تعداد و سطح برگ‌ها، سرعت رشد گیاه به مقدار حداکثر خود رسید. در ادامه سرعت رشد گیاه با کم شدن فتوسنتز خالص به سرعت کاهش یافت و در بعضی موارد منفی نیز شد. این امر بدلیل ریزش برگ‌ها در انتهای فصل و افزایش تنفس به دلیل افزایش درجه حرارت در روند کاهش فتوسنتز می‌باشد (Parsa *et al*., 2011).

بالاترین میانگین سرعت رشد نسبی به رقم چمران ($۴۹/۲۰\times۱۰^{-۳}$ گرم بر گرم در روز) و کمترین آن به دو رقم کرج ۱ ($۲۶/۹۱\times۱۰^{-۳}$ گرم بر گرم در روز) و مغان ۲ ($۲۹/۹۰\times۱۰^{-۳}$ گرم بر گرم در روز) اختصاص داشت (جدول ۳). ارقام از روند مشابهی برای سرعت رشد نسبی برخوردار بودند (شکل ۳). این روند در رقم‌های جدید و قدیمی گندم نان و در طول زمان کاهشی بود. بطوریکه در انتهای فصل رشد منفی شد و به کمترین میزان خود رسید. مقدار سرعت رشد نسبی در بعضی از ارقام مثل مغان ۲، شعله و طبسی در ابتدای دوره رشدی بیشتر از سایر ارقام بود. اما در ادامه مراحل نموی شیب تغییرات در این ارقام بیشتر از دیگر رقم‌های مورد مطالعه شد (شکل ۳). دلیل این امر می‌تواند مربوط به استقرار بهتر این ارقام در اوایل دوره رشد باشد.

پاور و همکاران (Power *et al*., 1978) نیز گزارش کرده‌اند که سرعت رشد نسبی در ابتدای فصل رشد و بدلیل نفوذ بهتر نور در داخل پوشش گیاهی و سایه‌اندازی کمتر برگ‌ها و متعاقب آن تنفس کمتر بالاتر می‌باشد. آن‌ها نشان دادند که این شاخص طی زمان کاهش یافته و در پایان فصل رشد منفی شد. محققان دیگر ضمن تایید روند کاهشی سرعت رشد نسبی با گذشت زمان دلیل کاهش این شاخص را ناشی از افزایش نسبت بافت‌های ساختاری به بافت‌های مریستمی فعال دانستند (Mohammadpour Khanghah and Jafari, 2012).

تجزیه واریانس نشان داد که ارقام گندم نان بهاره از از نظر سرعت جذب خالص تفاوت معنی‌دار نداشتند (جدول ۲). این امر می‌تواند به دلیل نبود تفاوت بارز بین ارقام از نظر شاخص سطح برگ باشد، زیرا سرعت فتوسنتز خالص از حاصل تقسیم سرعت رشد محصول بر شاخص سطح برگ بدست می‌آید. روند تغییرات سرعت فتوسنتز خالص در ارقام مورد بررسی مشابه بود. اما میزان تغییرات آن در ارقام متفاوت بود به طوری که کاهش سرعت جذب خالص در دو رقم پارسی و روشن از رقم قدیمی تر مغان ۲ کمتر بود (شکل ۴a). بنظر می‌رسد این ارقام توانسته‌اند سطح فتوسنتزی خود را برای مدت بیشتری حفظ کنند. چنین روندی برای رقم اینیا و چمران در مقایسه با رقم کرج ۱ نیز مشاهده شد (شکل ۴b). در واقع دوام سطوح فتوسنتزی در ارقام جدید در مقایسه با رقم‌های قدیمی افزایش یافت.

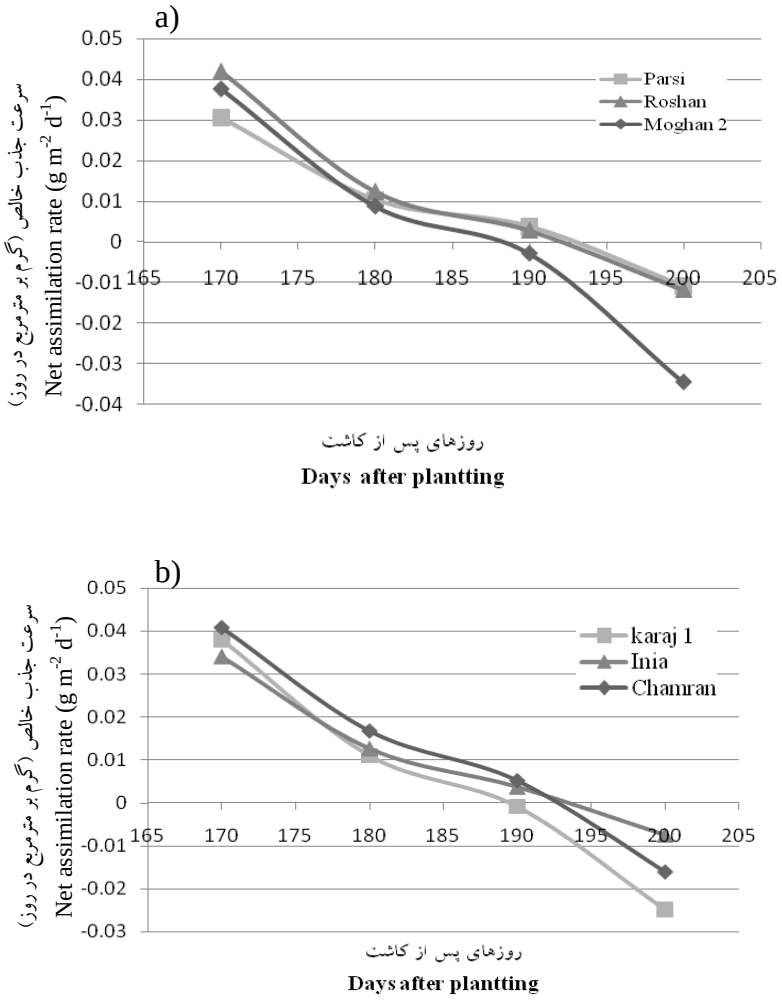
کوچکی و سرمدنیا (Koochaki and Sarmadniya, 2003; Gardner *et al*., 2010) نیز بیان کردند که در مراحل اولیه رشد به علت سایه‌اندازی کمتر برگ‌ها بر روی یکدیگر سرعت فتوسنتز خالص مثبت بود، اما با گذشت زمان با رشد بیشتر گیاه و افزایش شاخص سطح برگ، سایه‌اندازی برگ‌ها بر روی یکدیگر افزایش و شاخص سرعت فتوسنتز خالص کاهش می‌یابد. صابری و همکاران (Saberi *et al*., 2002) نیز با مطالعه بر روی هشت ژنوتیپ گندم نان روند مشابهی را



شکل ۳- تغییرات سرعت رشد نسبی در ارقام مختلف گندم نان بهاره در طول فصل زراعی
Fig. 3. Variation in relative growth rate of spring bread wheat cultivars during cropping season

برای سرعت جذب خالص گزارش کردند. کهریزی و همکاران (Kahrizi *et al.*, 2010) گزارش کردند که ژنوتیپ‌های مختلف گندم نان مورد مطالعه آنها از نسبت سطح برگ و سرعت جذب خالص متفاوتی برخوردار بودند.

شاخص سطح برگ در ارقام اصلاح شده در تمام مراحل رشد به ویژه مرحله گلدهی بیشتر از ارقام قدیمی بود و در بین ارقام مورد مطالعه، بیشترین شاخص سطح برگ در مرحله گلدهی به رقم پارسی (۲/۸۱) و پیشتاز (۲/۸۳) که جزء ژنوتیپ‌های جدید بودند تعلق داشت (شکل 5b و 5a). رقم پارسی با میانگین شاخص سطح برگ بالاتر طی چهار مرحله (۱/۷۶) توانست بیشترین میزان عملکرد دانه را بدست آورد (جدول ۳). این امر در مقایسه سه رقم طبسی، پیشتاز و عدل نیز دیده شد

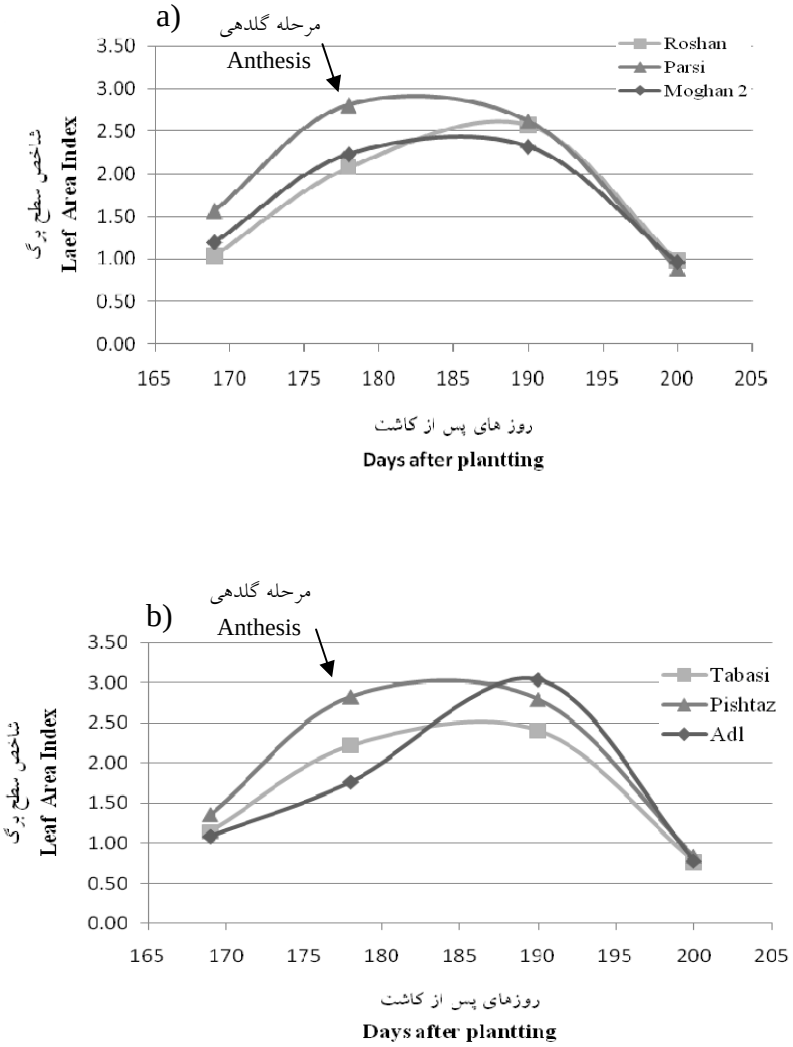


شکل ۴- تغییرات سرعت جذب خالص در ارقام گندم نان بهاره در طول فصل زراعی

Fig. 4. Variation in net assimilation rate of spring bread wheat cultivars during cropping season

(شکل 5b و 5a). با توجه به اینکه ارقام جدیدتر مدت زمان بیشتری توانستند حداکثر شاخص سطح برگ را حفظ کنند می‌توان نتیجه گرفت که دوام سطح برگ نیز در ارقام جدید در مقایسه با نوع قدیمی‌تر افزایش یافته است. در این راستا محققان همبستگی بالایی بین عملکرد دانه و دوام سطح برگ ($r = ۰/۹۶^{**}$) گزارش کردند (Koochaki and Banayan, 1994).

نوابپور و همکاران (Navabpour *et al*., 2011) با مطالعه بر روی پنج رقم گندم به این نتیجه رسیدند که رقم‌های مختلف بدلیل عوامل مختلفی از جمله دما، تراکم بوته در واحد سطح، میزان مواد غذایی در دسترس و خصوصیات ریخت شناسی دارای شاخص سطح برگ متفاوتی بودند و بالاترین شاخص سطح برگ در مرحله گلدهی



شکل ۵- تغییرات شاخص سطح برگ در ارقام گندم نان بهاره در طول فصل زراعی
Fig5. Variation in leaf area index of spring bread wheat cultivars during cropping season

بدست آمد. توسعه و گسترش سطح برگ در گیاهان زراعی به عوامل مختلفی مانند دما، تراکم بوته در واحد سطح، میزان مواد غذایی در دسترس و خصوصیات ریخت‌شناسی ژنوتیپ‌ها بستگی دارد که این عوامل باعث بوجود آمدن تفاوت‌هایی در شاخص سطح برگ می‌گردد. در این آزمایش پایین بودن شاخص سطح برگ را می‌توان به روش اندازه‌گیری آن نسبت داد.

زند و همکاران (Zand *et al.*, 2002) با مقایسه ارقام جدید و قدیمی گندم نان نشان دادند که خصوصیاتی مانند تجمع ماده خشک، ضریب خاموشی تشعشع، شاخص سطح برگ در مرحله زایشی، کارایی جذب نیتروژن و نسبت شاخص برداشت نیتروژن به شاخص برداشت در ارقام جدید بیشتر از ارقام قدیمی

بـود. پتکـو و همکـاران (Petcu *et al*., 2003) بیان کردند که شاخص سطح برگ ارتباط مثبت و معنی‌داری با اجزاء عملکرد از جمله تعداد دانه در مترمربع (r=۰/۶۹*) دارد.

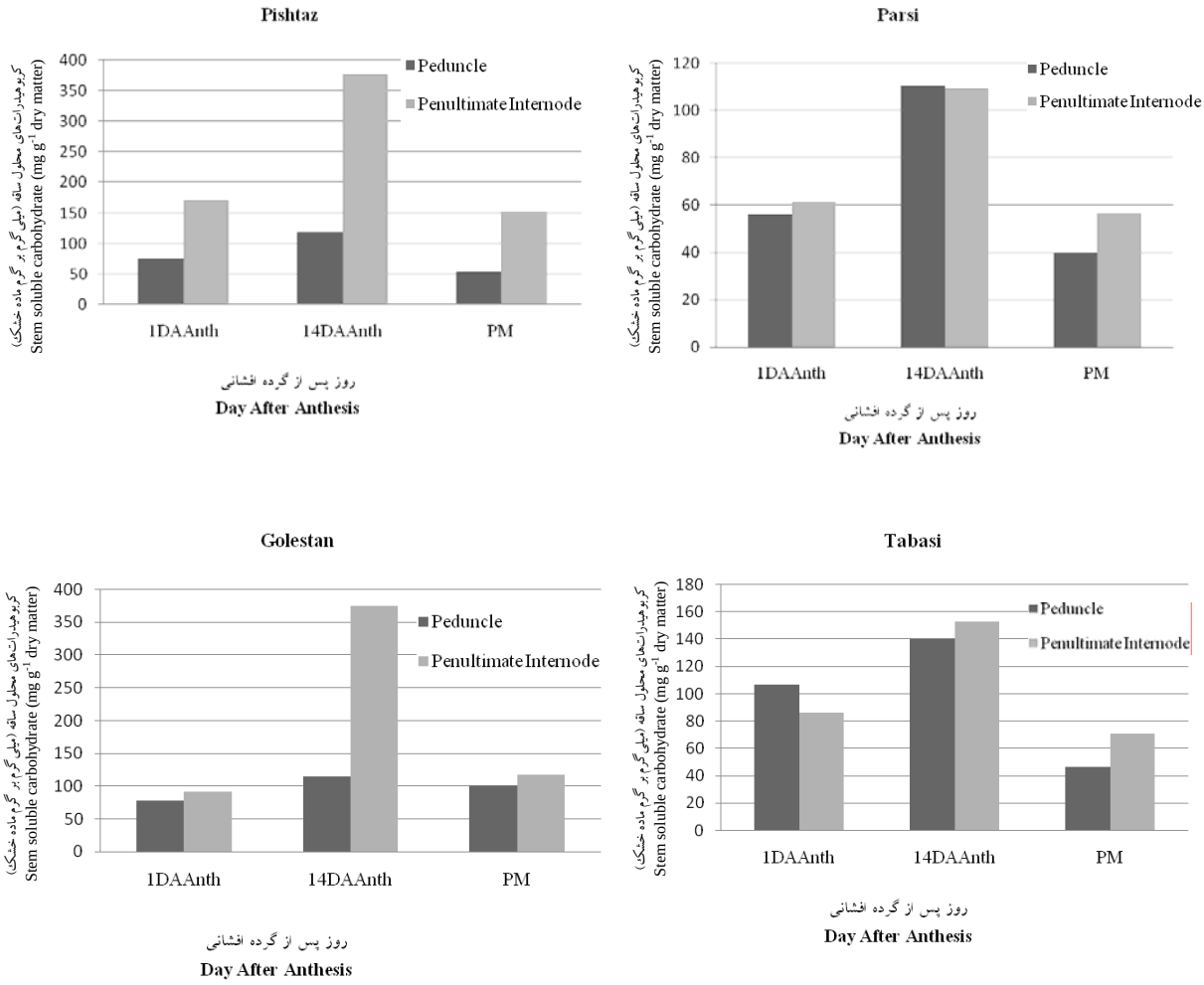
نتایج این مطالعه نشان داد که شاخص سـطح برگ بالا در مرحله گرده‌افشانی، می‌توانـد یکـی از دلایل توجیه‌کننـده عملکـرد بـالاتر در ارقـام جدیدتر باشد. این افزایش عملکرد مـی‌توانـد در نتیجه تولید بیوماس بیـشتر در گیـاه بدسـت آیـد (Petcu *et al*., 2003). زیـائو و همکـاران (Xiao *et al*., 2012)، هـم بـین شـاخص سـطح برگ بالا در مرحله گلـدهی و عملکـرد دانـه در گندم همبستگی مثبت و معنـی‌داری (r=۰/۸۴**) را گزارش نمودند. بنابراین داشتن شاخص سطح برگ حداکثر در این مرحله و همچنین مداومت بـر حفـظ آن مـی‌توانـد یکـی از دلایـل حـصول عملکرد بالا باشد.

بررسی تغییـرات کربوهیـدرات‌هـای محلـول ساقه میانگره اول و دوم، نـشان داد کـه بیـشترین تجمع آن‌ها در روز ۱۴ پس از گلـدهی مـشاهده شد (شکل ۶). از این حیـث تفـاوت بـارزی بـین ارقام قدیمی و جدید وجود نداشت. بـا گذشـت زمـــان و ادامـــه مراحـــل نمـــوی تغییـــرات کربوهیـــدرات‌هـــا در دو میـــانگره اول و دوم کاهش یافت که این تغییرات در ارقام قـدیمی و جدید مشابه بود (شکل ۶).

بیشترین تفاوت در مقدار کربوهیـدرات‌هـای میـانگره دوم در روز ۱۴ پـس از گـرده‌افـشانی و زمان رسیدگی فیزیولوژیکی به رقم‌هـای پیـشتاز (۲۲۵ میلی‌گرم بر گرم مـاده خـشک) و گلـستان (۲۵۰ میلـی‌گـرم بـر گـرم وزن خـشک) تعلـق داشت. بنظر می‌رسد که ارقام جدید گندم میزان کربوهیدرات بیشتری را در اختیار دانه قـرار داده و از توان انتقال مجدد بالاتری برخوردار هـستند. بـه عبـارت دیگـر در ارقـام قـدیمی محـدودیت مخزن عامل محدودیت در انتقال مجدد می‌باشد کـه محققـان دیگـر نیـز بـا آن موافقـت دارنـد (Slafer and Savin, 1994; Reynols *et al*., 2000).

اهـــــــــدایی و شـــــــــکیبا (Ehdaie and Shakiba, 1996) بـا مطالعـه بـر روی لاین‌هـای پاکوتـاه و پابلنـد گنـدم بهـاره از نظر تجمع کربوهیدرات‌های محلول سـاقه نـشان دادنـد کـه از زمـان آغـاز گـرده‌افـشانی تـا ۱۸ روز پـس از آن رونـد افزایـشی در تجمـع آن‌هـا مـشاهده شـد. دیویدسـون و کمبـل (Davidson and Campbell, 1984) نیز ضمن تایید این روند تغییـرات در کربوهیـدرات‌هـا بـه این نتیجه رسیدند که این تغییرات می‌تواند ناشی از آن باشـد کـه سـاقه تـا دو هفتـه پـس از گرده‌افشانی ذخیـره‌کننـده و سـپس صـادرکننده فرآورده‌های فتوسنتزی می‌باشد.

دبیوس و همکـاران (Dubios *et al*., 1990) با بررسی نحوه تجمع قندهای محلول ساقه ارقـام گندم مشاهده کردند که افزایش تجمـع قنـدهای محلول در آب در ساقه گندم تـا هفـت روز بعـد از گرده‌افشانی به خاطر افزایش غلظت هگزوزها و ساکارز است و سنتز فروکتان‌هـا از هفـت روز

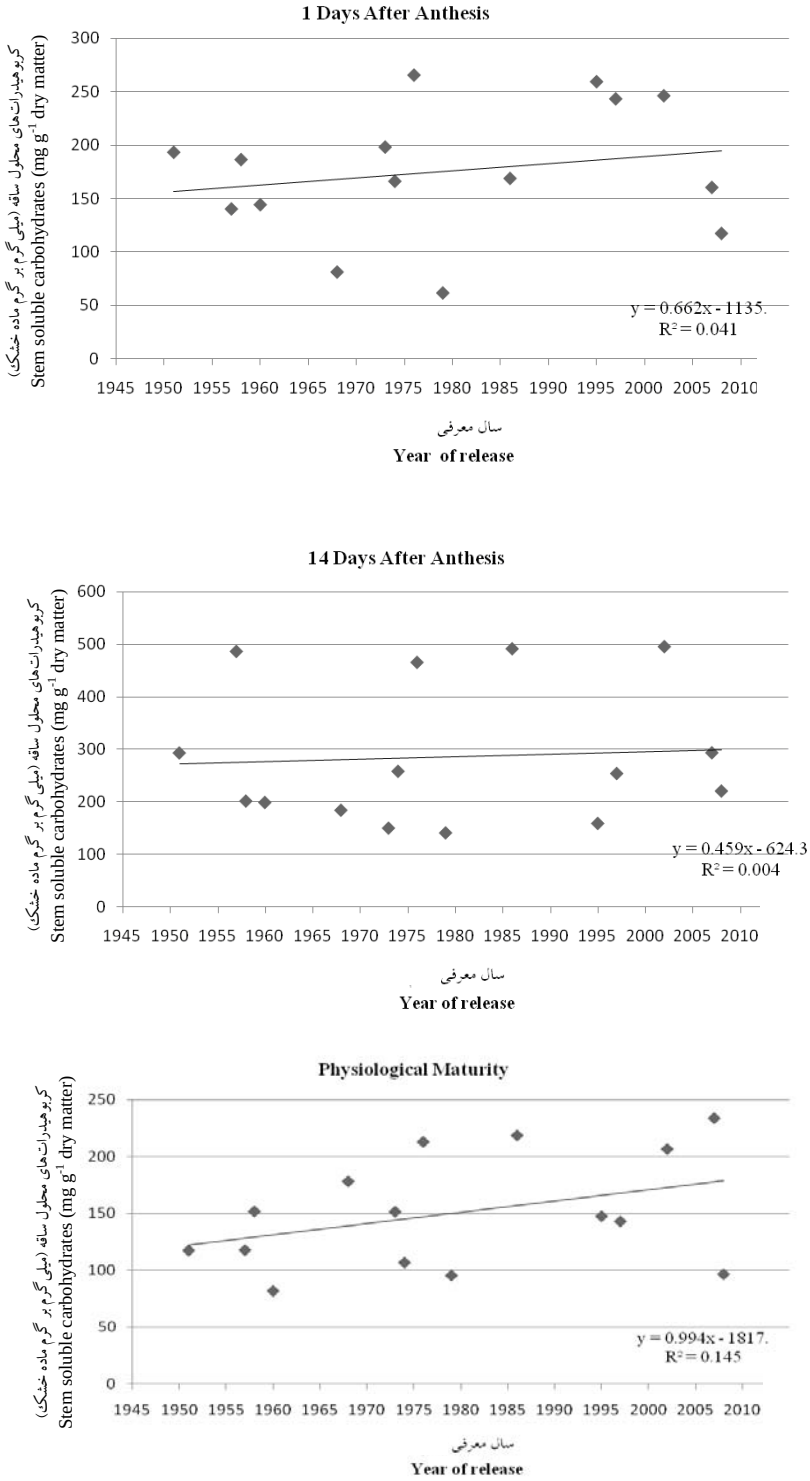


شکل ۶- میانگین کربوهیدرات‌های محلول ساقه در میانگره اول و دوم در ارقام پیشتاز، گلستان، طبسی و پارسی در مراحل شروع گرده‌افشانی (1DAAnth)، روز چهاردهم پس از گرده‌افشانی (14DAAnth) و زمان رسیدگی فیزیولوژیکی (PM)

Fig. 6. Mean stem soluble carbohydrates in peduncle and the penultimate internode of Pishtaz, Golestan, Tabasi and Parsi cultivar at the beginning of anthesis (1DAAnth), 14 days after anthesis (14DAAnth) and physiological maturity (PM).

بعد از گرده‌افشانی شروع می‌شود و ۱۸ روز بعد از گرده افشانی غالب‌ترین فرم قندهای محلول در آب موجود در ساقه می‌شود.

در این تحقیق روند تغییرات در میزان کربوهیدرات‌های محلول ساقه طی سال‌های مورد بررسی خیلی چشمگیر نبود (شکل ۷) اما رقم‌های مختلف توان ذخیره‌سازی کربوهیدراتی متفاوتی داشتند (شکل ۶). با توجه به شکل ۶ میزان تجمع کربوهیدرات‌ها در همه ارقام این مطالعه در میانگره دوم (میانگره ماقبل آخر) بیشتر از میانگره اول (پدانکل) بود. سعیدی و همکاران (Saeidi *et al*., 2011) نیز



شکل۷- تغییرات تجمعی کربوهیدارت‌های محلول ساقه میانگره اول و میانگره دوم برای ارقام گندم نان بهاره در سه مرحله شروع گرده‌افشانی، ۱۴ روز پس از گرده‌افشانی و زمان رسیدگی فیزیولوژیکی

Fig. 7. Variation in stem soluble carbohydrates in peduncle and penultimate internode in spring bread wheat cultivars at the beginning of anthesis, 14 days after anthesis and physiological maturity

گزارش کردند که میزان قند تجمع یافته در میانگره ماقبل آخر بیشتر از میانگره آخر بود. البته با توجه به اینکه میانگره ماقبل آخر زودتر از میانگره آخر شکل می‌گیرد و زمان بیشتری برای انباشته کردن قندها قبل و پس از گلدهی دارد، این موضوع دور از انتظار نبود.

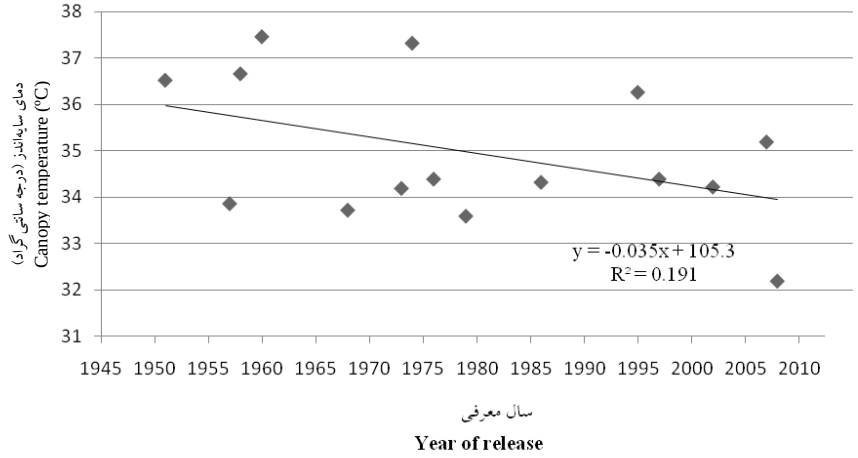
واردلاو و پورتر (Wardlaw and Porter, 1967) گزارش کردند که انتقال قندها به طرف بالا، تقریباً به طور کامل از دو میانگره بالایی ساقه صورت گرفته و حرکت آن‌ها به طرف پایین از میانگره سوم و پایین‌تر صورت می‌گیرد و بیشتر به پنجه‌های جدید اختصاص پیدا می‌کند. در مطالعه ای بر روی ژنوتیپ‌های مختلف گندم مشخص شد که میزان قند تجمع یافته در میانگره ماقبل آخر بیشتر از میانگره آخر است (Yang *et al.*, 2000).

روند تغییرات تجمع کربوهیدرات‌های محلول ساقه در سه مرحله شروع گرده‌افشانی ۱۴ روز پس از گرده‌افشانی و رسیدگی فیزیولوژیک در ارقام مختلف گندم نان بهاره در طی سال‌های مختلف بارز نبود و نشان می‌دهد که این تغییرات در طول زمان تغییر چندانی نداشته است (شکل ۷). گرچه ارتباط مثبت و معنی‌داری بین سال‌های مختلف و کربوهیدرات‌های محلول ساقه در سه مرحله مورد بررسی در این آزمایش بدست نیامد، اما نتایج نشان داد که تنوع قابل توجهی برای این صفت در بین ارقام وجود دارد (شکل ۶).

مجدی و همکاران (Majdi *et al.*, 2011) در مطالعه‌ای بر روی ۱۹۶ ژنوتیپ دریافتی از مرکز بین‌المللی تحقیقات ذرت و گندم (CIMMYT) به نتایج مشابهی در این زمینه دریافتند. همچنین عدم ارتباط معنی‌دار بین کربوهیدرات‌های محلول ساقه در مرحله گلدهی و سال معرفی ارقام که با افزایش عملکرد همراه بود، می‌تواند به این دلیل باشد که برخی از ژنوتیپ‌ها که مقادیر زیادی کربوهیدرات‌های محلول را در مرحله گلدهی در ساقه انباشته کردند، لزوماً مقدار قابل توجهی از این ذخایر را به دانه‌های در حال رشد و نمو انتقال ندادند و در واقع کارایی انتقال مجدد پایینی داشتند (Majdi *et al*, 2011).

مطالعات انجام شده در مرکز بین‌المللی تحقیقات ذرت و گندم (CIMMYT) نشان می‌دهد در طول زمان و در ژنوتیپ‌های جدید گندم غلظت کربوهیدرات‌های محلول ساقه افزایش یافت (Van Hervaarden and Richards, 2002) که با نتایج حاصل در این بررسی مطابقت ندارد.

بررسی تغییرات دمای سایه‌انداز ارقام مورد مطالعه نشان داد که ارقام جدید دمای سایه‌انداز پایین تری نسبت به رقم‌های قدیمی داشتند (شکل ۸). بنابراین با توجه به هبستگی منفی دمای سایه‌انداز با تحمل به تنش رطوبتی به نظر می‌رسد که ارقام جدیدتر نسبت به شرایط تنش رطوبتی سازگاری بیشتری دارند. رشید و همکاران (Rashid *et al.*, 1999) گزارش



شکل ۸- تغییرات دمای سایه‌انداز برای ارقام گندم نان بهاره که طی سال‌های ۸۷-۱۳۳۰ در ایران معرفی شدند

Fig. 8. Variation in canopy temperature in spring bread wheat cultivars released between 1951-2008 in Iran

کردند که ارتباط معنی‌داری بین دمای سایه‌انداز و عملکرد تحت شرایط تنش رطوبتی وجود دارد و این شاخص می‌تواند برای انتخاب ژنوتیپ‌های گندم در پاسخ به خشکی مورد استفاده قرار بگیرد. بلوتا و همکاران (Blota *et al.*, 2007) معتقدند که در شرایط تنش رطوبتی، ارقامی که دارای دمای سایه‌انداز کمتری هستند برای کاشت در مناطق خشک، مناسب‌تر بوده و مقاومت بیشتری خواهند داشت. لوپز و همکاران (Lopez *et al.*, 2011) در مطالعه خود بر روی ژنوتیپ‌های گندم با عادت رشد بهاره حاصل از ۳۰ سال برنامه‌های به‌نژادی گندم در مرکز بین‌المللی تحقیقات ذرت و گندم (CIMMYT) به این نتیجه رسیدند که ارقام جدید در مقایسه با رقم‌های قدیمی‌تر از دمای سایه‌انداز پایین‌تری برخوردار بودند و رابطه منفی و معنی‌داری ($r = -0/58^{*}$) را بین سال معرفی ارقام با دمای سایه‌انداز گزارش کردند.

نتیجه‌گیری

با توجه به نتایج بدست آمده از این پژوهش می‌توان نتیجه‌گیری کرد که در طول سالهای ۱۳۸۷-۱۳۳۰ روند برنامه‌های به‌نژادی در ایران در جهت افزایش عملکرد دانه (۳۵ کیلوگرم در هکتار در سال) بود. ارقام جدیدتر با انتقال بیشتر ماده خشک تولیدی به دانه توانستند عملکرد دانه بالاتری را تولید نمایند. دمای سایه‌انداز کمتر در مرحله گرده‌افشانی و دوام بیشتر حداکثر شاخص سطح برگ در رقم‌های جدید از دیگر دلایل حصول عملکرد بالا در آن‌ها محسوب می‌شود. مقدار تجمع

کربوهیدرات‌های محلول ساقه در میانگره دوم بیشتر از میانگره اول بود و این مقدار در ارقام جدید بیشتر از رقم‌های قدیمی مشاهده شد.

نتایج نشانگر آن است که نقش میانگره دوم در انتقال مجدد مواد به دانه با توجه به تجمع بیشتر کربوهیدرات‌های محلول در این بخش از ساقه، بیشتر از میانگره اول بود. همچنین کاهش بیشتر کربوهیدرات‌های محلول دو میانگره در زمان رسیدگی در ارقام جدید قابلیت بیشتر آن‌ها را در انتقال مجدد بالاتر در مقایسه با ارقام قدیمی‌تر نشان داد. گرچه ارتباط مثبت و معنی‌داری بین سال‌های مختلف و کربوهیدرات‌های محلول ساقه در سه مرحله مورد بررسی (شروع گرده‌افشانی، ۱۴ روز پس از گرده‌افشانی و زمان رسیدگی فیزیولوژیک) در این آزمایش بدست نیامد اما نتایج نشان داد که تنوع قابل توجهی برای این صفت در بین ارقام مورد بررسی وجود داشت. در مجموع این مطالعه نشان داد که برنامه‌های به‌نژادی در جهت افزایش عملکرد دانه بطور غیرمستقیم موجب تغییرات در شاخص‌های رشدی و صفات فیزیولوژیکی نیز شده‌اند.

References

Blota, M., Payne, W. A., Evett, S. R., and Lazar, M. D. 2007. Canopy temperature depression sampling to assess grain yield and genotypic differentiation in winter wheat. Crop Science 47: 1518-1529.

Davidson, H. R., and Campbell, C. A. 1984. Growth rates, harvest index and moisture use of Manitou spring wheat as influenced by nitrogen and temperature. Canadian Journal of Plant Science 64: 825-839.

Dubois, D., Winzeler, M., and Nosberger, J. 1990. Fructan accumulation and sucrose: ucrose fructosyl transferase activity in stems of spring wheat genotypes. Crop Science 30: 315-319.

Ehdaei, B., and Shakiba, M. R. 1996. Relationship of internode-specific weight and water-soluble carbohydrates in wheat. Cereal Research Communication 24(1): 61-67.

Gardner, F. P., Brent Pearce, R., and Mitchell, R. L. 2010. Physiology of crop plants. 8th Edition. 336 pp.

Ghasemi Golozani, K., Mohammadi, S. A., Rahim Zadeh, P., and Moghadam, M. 1997. Quantitative relationship between density and yield of three chickpea cultivars in different planting dates. Journal of Plant Physiology and Breeding 7: 59-73.

Hassid, W. Z., and Neufeild, F. 1964. Quantitative determination of starch in plant tissues. Pp. 33. In: Whistler, R. and Paschall, E. (eds.). Methods in carbohydrate chemistry. Academic Press, New York.

Hossienpour, T., Siadat, S. A., Mamaghani, R., and Rafiei, M. 2003. Study of some effective morphological and physiological traits on yield and yield components of bread wheat genotypes under reduced irrigation. Iranian Journal of Crop Sciences 5(1): 23-36.

Kahrizi, D., Chedamirza, K., Kakaei, M., Mohammadi, R., and Ebadi, A. 2010. Heritability and genetic gain of some morphological variables of durum wheat (*Triticum turgidum* var.durum). African Journal of Biotechnology 9(30): 4687-4691.

Karimi, M. M., and Siddique, K. H. M. 1991. Crop growth and relative growth rates of old and modern wheat cultivars. Australian Journal of Agriculture Research 42: 13-20.

Lopez, M. S., Reynolds, M. P., Manes, Y., Singh, R. P., Crossa, J., and Braun, H. J. 2012. Genetic yield gain and changes in associated traits of CIMMYT spring breed wheat in a "Historical" set representing 30 years of breeding. Crop Science 52: 1123-1131.

Majdi, M., Jalal Kamali, M. R., Esmaeilzadeh Moghadam, M., Eradatmand Asli, D., Moradi, F., and Tahmasbi, S. 2011. Variation in some agronomic characteristics and soluble carbohydrates content at anthesis in spring wheat genotypes under terminal drought stress conditions. Iranian Journal of Crop Sciences 13(2): 299-309. (In Persian).

Mahdavi, F., Esmaeili, M. A., Fallah, A., and Pirdashti, H. 2005. Study of morphological traits, physiological indices, yield and yield components of local and improved rice cultivars. Iranian Journal of Crop Sciences 7(4): 280-297.

Mahlooji, M., and Afyouni, D. 2004. Study of growth analysis and grain yield in barley genotypes. Pazhouhesh va Sazandegi 42: 37-63.

Manes, Y., Gomez, H. F., Pohl, L., Reynolds, M., Braun, H. J., and Trethowan, R. 2012. Genetic yield grain of the CIMMYT international semi-arid wheat yield traits from 1994 to 2010. Crop Science 52: 1543-1552.

Martin, B., and Raiz-Torres, N. A. 1992. Effect of water-deficit stress on photosynthesis, its components and component limitations and on water use efficiency in wheat. Plant Physiology 100: 733-739.

Mohammadpour Khanghah, A., and Jafari, M. 2012. A study on various cultivation densities effects on wheat growth indices. International Journal of Agriculture and Crop Science 4(18): 1337-1341

Morison, M. J., Stewart, D. W., and Mcvetty, P. B. E. 1992. Maximum area expansion rate and duration of summer rape leaves. Canadian Journal of Plant Science 72: 117-126.

Navabpour, S. N., Latifi, S., Hossieni, S. H., and Kazemi, G. **2011**. Evaluation of grain yield in relation of yield components changes and growth indices in wheat. Electronic Crop Production Journal 3(4): 157-173.

Parsa, M., Ganjali, A., Rezaiyanzad, E., and Nezami, A. 2011. Effects of supplemental irrigation on growth indices and yield of three chickpea varieties in Mashhad area. Iranion Journal of Field Crops Research 9(1): 310-321.

Parveen, L., and Khalil, I. H. 2011. Improvment of agronomic traits in spring wheat cultivars released in NWFP during 1958 to 2000. Sarhad Journal of Agriculture 27(1): 51-57.

Petcu, E., Petcu, G., Lazar, C., and Vintila, R. 2003. Relationship between leaf area index, biomass and winter yield obtained at fundulea, under conditions of 2001. Agricultural Research and Development Institute: 21-28.

Power, J. F., Willis, W. O., Grunes, D. L., and Reichman, G. A. 1978. Effect of soil temperature, phosphorus, and plant age on growth analysis of barley. Agronomy Journal 59: 231-234.

Ramyar, H., and Jamnejad, V. 2010. Evaluation of confounding effects of barley on growth indices of some bread wheat varieties. Iranian Journal of Field Crops Research 8(1): 75-81.

Rashid, A., Stark, J. C., Tanveer, A., and Mustafa, T. 1999. Use of canopy temperature measurement as a screening tool for drough tolerance in spring wheat. Journal of Agronomy and Crop Science 182: 231-237.

Rebetzke, G. J., Van Herwaarden, A. F., Jenkins, C., Weiss, M., Lewis, D., Ruuska, S., Tabe, L., Fettell, N. A., and Richards, R. A. 2008. Quantitative trait loci for

water-soluble carbohydrates and associations with agronomic traits in wheat. Australian. Journal of Agriculture Research 59: 891–905.

Reynolds, M. P., Balota, M., Delgado, M. I. B., Amani, I., and Fischer, R. A. 1994. Physiological and morphological traits associated with spring wheat yield under hot, irrigated conditions. Australian Journal of Plant Physiology 27: 717-730.

Reynolds, M. P., Skowmand, B., Trethowan, R. M., Singh, R. P., and Van Ginkel, M. 2000. Applying physiological strategies to wheat breeding. Pp. 49-56. In: Research Highlights of the CIMMYT wheat program.1999-2000. International Maize and Wheat Improvement Center (CIMMYT), Mexico.

Roth, G., and Goyne, Ph. 2004. Measuring plant water status. Pp. 157-164. In: Dugdale, H., Harris, G., Neilsem, J., Richards, R. A., Roth, G., and Williams, D. (eds). Waterpak.

Ruuska, S., Rebetzke, G. J., Van Herwaarden, A., Richards, R. A., Fettell, N. A., Tabe, L., and Jenkins, C. 2006. Genotypic variation for water soluble carbohydrate accumulation in wheat. Functional Plant Biology 33: 799–809.

Saberi, M. H., Rashed Mohasel, M. H., and Kafi, M. 2002. Comparison of growth indices and accumulation of potassium and sodium in eight different bread wheat varieties under salinity stress. Iranian Journal of Field Crops Research 1(1): 71-80.

Saeidi, M., Moradi, F., Jalali Honarmand, S. 2011. Contribution of spike and leaves photosynthesis and soluble stem carbohydrates remobilization in grain yield formation in two bread wheat cultivars under post-anthesis stress conditions. Seed and Plant Production Journal 2-27(1): 1-19.

Sayre, K. D., Rajaram, S., and Fisher, R. A. 1997. Yield potential progress in short bread wheats in Northwest Mexico. Crop Science 37:36-42.

Sayre, K. D. 1998. Methods for estimating wheat yield components from hand harvest plots. Wheat Special Report. CIMMYT Press, Mexico.

Slafer, G. A., and Savin, R. 1994. Sink relationships and grain mass at different positions within the spike in wheat. Field Crops Research 37:39-49.

Van Herwaarden, A. F., and Richards, R. A. 2002. Water soluble carbohydrate accumulation in stems is related to breeding progress in Australia wheats. Pp. 878–882. In: Proceedings of the 12th Australasian Plant Breeding Conference.

Wardlaw, I. F., and Porter, H. K. 1967. The distribution of stem sugar in wheat during grain development. Australian Journal of Biological Science 20: 309-318.

Xiao, Y. G., Qian, Z. G., Wu, k., Liu, J. J., Xia, X. C., Ji, W. Q., and He, Z. H. 2012. Genetic gain in grain yield and physiological traits of winter in Shandong province China from 1969 to 2006. Crop Science 52: 44-56.

Yang, J., Zhang, J., Huang, Z., Zhu, Q., and Wang, L. 2000. Remobilization of carbon reserves is improved by controlled soil-drying during grain filling of wheat. Crop Science 40: 1645–1655.

Zand, E., Koochaki, A., Rahimian Mashhadi, H., Nasiri Mahalati, M. 2002. Study of fifty years trend changes of morphological and physiological traits in some Iranian wheats. Journal of Agriculture Science and Technology 16(1): 161-171.