نشریه پژوهش های کاربردی زراعی
دوره۳۴- شماره ۳- پیاپند ۱۳۲ پائیز ۱۴۰۰

بررسی روابط بین شاخص‌های رشد و عملکرد در لاین‌های امیدبخش گندم نان در شرایط فاریاب و دیم

Evaluation of relationship between growth indices and yield in bread wheat promising lines under Irrigation and Rainfed Conditions

خسرو ارشادی منش[۱]، عادل سی و سه مرده[۲*]، فرزاد حسین پناهی[۳]

۱. دانشجوی دکتری دانشکده کشاورزی دانشگاه کردستان و محقق بخش تحقیقات زراعی و باغی مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی کرمانشاه، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی.آدرس پستی: کرمانشاه، میدان نفت، بلوار کشاورز، مرکز تحقیقات کشاورزی کرمانشاه.
۲. دانشیار گروه کشاورزی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه کردستان (نگارنده مسئول).
۳. استادیار گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه کردستان.

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۰۴/۲۸ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۲/۳۰ - شناسانهٔ برنمود رقمی: aj.2021.351191.1489/10.22092

چکیده

ارشادی منش، خ.، سی و سه مرده، ع.. بررسی روابط بین شاخص‌های رشد و عملکرد در لاین‌های امیدبخش گندم نان در شرایط فاریاب و دیم
نشریه پژوهش های کاربردی زراعی. دوره ۳۴ - شماره ۳- پیاپند ۱۳۲ پاییز ۱۴۰۰ صفحه: ۹۶-۶۹

به منظور مطالعه روابط شاخص های رشد لاین های امیدبخش گندم نان با عملکرد آنها دو آزمایش جداگانه در شرایط فاریاب و دیم در قالب طرح بلوک های کامل تصادفی در ایستگاه تحقیقات کشاورزی اسلام آباد غرب در سال زراعی ۹۸-۱۳۹۷ اجرا شد. در هر آزمایش تعداد ۹ لاین انتخابی به همراه ۲ رقم به عنوان شاهد ارزیابی شدند. شرایط دیم در مقایسه با شرایط فاریاب باعث کاهش عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک، عملکرد کاه، شاخص برداشت و وزن هزاردانه به ترتیب به میزان ۲۴/۵، ۲۱/۲، ۱۸/۹، ۴/۲ و ۱۳/۴ درصد در میانگین لاین ها شد. تنش خشکی سبب کاهش مقدار شاخص های RGR، NAR،LAR، LWR و SLA به ترتیب به میزان ۲۹، ۱۷، ۶، ۳ و ۶ درصد در مرحله گلدهی گردید. همچنین رابطه مثبت و معنی داری بین RGR با NAR در تمام مراحل نمونه برداری هر دو آزمایش و با عملکرد بیولوژیک، عملکرد کاه و وزن هزار دانه در برخی مراحل نمونه برداری مشاهده شد. در آزمایش فاریاب RGR در مرحله گلدهی همبستگی مثبت و معنی داری (r =+ ۰ /۶۴) با LWR داشت. از بین اجزا تشکیل دهنده RGR، مؤلفه NAR دارای همبستگی منفی و معنی داری (r =-۰/۷) در مرحله اول نمونه برداری آزمایش فاریاب با LAR داشت. همچنین بین اجزاء LAR (یعنی LWR و SLA) با LAR در تمامی مراحل نمونه برداری رابطه مثبت و معنی دار مشاهده شد و در مراحل اول و سوم نمونه برداری نیز، همبستگی شاخص های SLA(r=۰/۶۰۸ + و r =+ ۰ /۶۷۳) و LAR (r=۰/۶۶۳+ و r =+۰/۷۰۴) با عملکرد دانه در شرایط فاریاب مثبت و معنی داربود که در نهایت این دو پارامتر به عنوان شاخص های مهم رشد و مرتبط با عملکرد دانه شناسایی شدند.

واژه های کلیدی: تنش خشکی، شاخص های رشد، گندم، مرحله رشد

آدرس پست الکترونیکی نگارنده مسئول: a33@uok.ac.ir

مقدمه:

گندم نان (*Triticum aestivum*L.) از مهم ترین گیاهان زراعی بوده که رشد فزاینده جمعیت نیز بر ضرورت افزایش تولید آن افزوده است و به عنوان مهم ترین منبع تأمین کننده غذا در اغلب کشورها محسوب می شود. در واقع گندم به عنوان یکی از عوامل اصلی تأمین امنیت غذایی، ۲۰ درصد از کل کالری و پروتئین مورد نیاز جمعیت جهان را تأمین می نماید (Nazim Ud Dowla *et al.*,2018). بر اساس آخرین آمار کشور، میزان تولید گندم معادل ۱۴۵۹۲۰۰۳تن دانه از مساحت ۵۹۲۸۷۲۸ هکتار می باشد که از این مقدار حدود ۹۷ درصد سهم گندم نان است (Anonymous, 2018). مقایسه میانگین عملکرد گندم در ایران با میانگین عملکرد جهانی نشانگر آن است که پایین بودن عملکرد گندم در واحد سطح از مهم ترین نقاط ضعف تولید آن به شمار می آید (Ramyar & Jamnejad, 2010). تنش خشکی نیز به عنوان یکی از عوامل مهم محدود کننده عملکرد گندم در محیط های مختلف محسوب می شود (Kilic & Yagbasanlar, 2010) و وقوع آن در مرحله پرشدن دانه گندم در کشورهای حوزه مدیترانه مانند ایران متداول است (Golabadi*et al*., 2006) و گاهی با تنش گرمایی نیز توأم می باشد (Saint Pierre *et al.*, 2008). بنابراین با توجه به این که حدود ۹۰ درصد اراضی زیر کشت گندم دیم کشور در مناطق خشک و نیمه خشک با بارندگی سالیانه کمتر از ۵۰۰ میلی متر قرار دارد، لذا عملکرد گندم بیش از پیش متأثر از این عوامل محدود کننده رشد است و ضروری به نظر می رسد صفات و فرآیندهای فیزیولوژیکی مرتبط با مقاومت به خشکی و گرمای ناشی از تغییر اقلیم، از جمله شاخص های رشد و روند تغییرات آن ها با دقت بیشتری تعیین گردد تا بتواند در روند اصلاحی ارقام متحمل به تنش خشکی مورد استفاده قرار گیرد.

در برنامه های اصلاحی، تجزیه و تحلیل های رشدی می تواند در تعیین صفاتی که با عملکردهای بالا تحت شرایط محیطی خاص ارتباط دارند مفید باشند (Nadeem *et al.,* 2002). بنابراین بررسی شاخص های فیزیولوژیکی رشد در تجزیه و تحلیل عوامل مؤثر بر عملکرد و اجزای آن از اهمیت زیادی برخوردار بوده و به کمک آن ها و با توصیف کمی رشد و نمو، می‌توان تولید محصول را ارزیابی کرد (SoleymaniFard*et al.,* 2011). عملکرد محصولات زراعی به وسیله انرژی تابشی و کارایی تبدیل این انرژی به ماده خشک توسط برگ ها محدود می شود (Karimi & Siddique, 1991). برخی از محققین گزارش کردند که با افزایش سن گیاه شاخص سطح برگ تا حدی خاص افزایش می یابد و سپس کاهش می یابد (Javadi*et al*., 2007)، به طوری که بعد از مرحله گلدهی، به دلیل افزایش تنفس گیاهی نسبت به فتوسنتز خالص، برگ های پایین جامعه گیاهی ریزش یافته و شاخص سطح برگ کاهش می یابد (Shirani Rad, 2008). همچنین تنش های محیطی با تأثیر منفی بر تولید و توسعه برگ ها، می توانند باعث کاهش مقادیر شاخص سطح برگ شوند (Karim & Siddique, 1991)، بنابراین، در شرایط خشکی سطح برگ می تواند

بر اساس نوع رابطه ای که بین فتوسنتز و تعرق وجود دارد به عنوان شاخصی مثبت و یا منفی نمود پیدا کند. به نظر می رسد از جمله تغییراتی که در نتیجه تنش خشکی حاصل می شود، حجم سلولی کوچک تر، کاهش سطح برگ و افزایش ضخامت برگ است(Pessarakli, 1993) .علاوه بر این همبستگی مثبت و معنی داری بین وزن مخصوص برگ پرچم و عملکرد در شرایط تنش مشاهده شده است (Subhani & Chowdhry, 2000). برخی پژوهش گران نیز معتقدند که یکی از جنبه های تطابقی گیاهان تحت شرایط خشکی، سطح برگ کمتر نسبت به وزن خشک آن یا سطح مخصوص برگ (SLA[1]) است (Paleg & Aspinal, 1981).

تولید و تجمع ماده خشک می تواند توسط دو شاخص مهم سرعت رشد محصول (CGR[2]) و سرعت رشد نسبی (RGR[3]) که از شاخص های مهم فیزیولوژیکی قابل تجزیه و تحلیل می باشند مطالعه گردد (Ghiasabadi *et al*., 2015). در تمامی تیمارهای آزمایشی سرعت تجمع ماده خشک در اوایل فصل رشد به طور آرام و تدریجی است ولی با گذشت زمان و افزایش سطح برگ، میزان فتوسنتز جامعه گیاهی افزایش می یابد و شیب منحنی تجمع ماده خشک شدت بیشتری گرفته و به نقطه اوج می رسد، سپس به دلیل افزایش سن گیاهی و پیری برگ ها، مقدار ماده خشک کاهش می یابد و در نهایت متوقف می شود (Shirani Rad, 2008). زیاد شدن CGR در طول فصل رشد را می توان به زیاد شدن تعداد و اندازه برگ ها و افزایش وزن ساقه ها نسبت داد و کاهش تا صفر را می توان به کاهش فتوسنتز خالص نسبت داد (Power *et al*., 1976). البته به نظر می رسد علت اصلی روند نزولی CGR در طول دوره پایانی رشد مربوط به کاهش مقدار شاخص سطح برگ و نیز کاهش تشعشع در آخر فصل می باشد که خود متأثر از افزایش تقاضا و نهایتاً پیری برگ ها می باشد (Bahrami, 2000). شاخص مهم دیگر، RGR است که در صورت دوام آن، عامل تعیین کننده تجمع ماده خشک می باشد. با وجود آن که RGR شاخص اصلی رشد و تعیین کننده تجمع ماده خشک و عملکرد نهایی است، اما به نظر می رسد که اجزای آن شامل سرعت جذب خالص (NAR[4])، نسبت سطح برگ (LAR[5])، نسبت وزن برگ(LWR[6]) و سطح ویژه برگ (SLA)، اهداف انتخابی بهتری در شرایط تنش شدید به جای RGR هستند. از آنجایی که RGR حاصل ضرب سرعت جذب خالص(NAR) در نسبت سطح برگ به وزن کل گیاه (LAR) است، افزایش هر یک از آن ها در صورت ثابت ماندن دیگری باعث افزایش سرعت رشد نسبی می شود (Van der Werf, 1997). LAR نیز به نوبه خود حاصل ضرب نسبت وزن برگ به وزن کل گیاه (LWR) در سطح ویژه آن می باشد. در اینجا نیز افزایش هر یک در صورت ثابت ماندن دیگری LAR را افزایش می دهد. اما در کل LWR نقش بیشتری در تعیین LAR دارد (Simane *et al.,* 1993).

۱. Specific leaf area
۲. Crop growth rate
۳. Relative growth rate
٤. Net assimilation rate
٥. Leaf area ratio
٦. Leaf weight ratio

در این پژوهش برخی از شاخص های رشد مرتبط با منبع[۷] که در تحقیقات مربوط به تنش خشکی در گندم کمتر مورد توجه قرار گرفته اند، در طیفی از لاین های پیشرفته گندم نان، حاصل برنامه های به نژادی ایکاردا به همراه تعدادی ارقام اصلاح شده مختص مناطق معتدله و نیمه گرمسیری، مورد بررسی قرار گرفت. هدف از این تحقیق بررسی روند تغییرات شاخص های رشد در لاین های امیدبخش و ارقام اصلاح شده گندم نان و ارتباط آنها با عملکرد در شرایط بدون تنش و تنش خشکی بود.

مواد و روش ها

به منظور مطالعه روابط شاخص‌های رشد لاین‌های امیدبخش گندم نان با عملکرد آنها دو آزمایش جداگانه در شرایط فاریاب و دیم در قالب طرح بلوک های کامل تصادفی با سه تکرار در ایستگاه تحقیقات کشاورزی اسلام آباد غرب درسال زراعی ۹۸-۱۳۹۷ اجراشد. ایستگاه در کیلومتر ۷ جاده اسلام‌آباد غرب-کرند غرب در عرض جغرافیایی ۳۴ درجه و ۸ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ۴۷ درجه و ۲۶ دقیقه شرقی در دامنه رشته کوه‌های زاگرس با ارتفاع ۱۳۴۶ متر از سطح دریا واقع است. میانگین بارندگی سالانه منطقه ۴۶۸ میلی‌متر و میانگین درجه حرارت سالانه آن ۱۳+ درجه سانتی‌گراد است. میزان حرارت های کاردینال و بارندگی ماهانه در جدول ۱ آمده است. در هر دوآزمایش، ژنوتیپ های مورد بررسی شامل تعداد ۹ لاین پیشرفته گندم نان به همراه دو رقم برتر پیشگام و بهاران به عنوان شاهد بود. لاین‌ها بر اساس اهداف آزمایش و برای وجود تنوع لازم از میان تعداد ۵۰ لاین درسال قبل برگزیده شده بودند. هر کرت آزمایشی حاوی ۶ خط کاشت ۱۰ متری به فواصل ۲۰ سانتی متر و به مساحت ۱۲ متر مربع بود (جدول ۲). زمین محل اجرای آزمایش در سال زراعی قبل،آیش و از نوع رسی- لومی با ۰/۸۱ درصد مواد آلی و اسیدیته ۷/۱ بود و میزان مصرف کودهای شیمیایی نیز بر مبنای آزمون خاک تعیین و مصرف شد. تراکم کاشت نیز ۴۰۰ بذر در مترمربع و براساس وزن هزاردانه محاسبه گردید و کاشت توسط بذرکار آزمایشی Wintersteiger در تاریخ ۱۱ آبان ماه (تاریخ توصیه شده منطقه) صورت گرفت. طی فصل زراعی عملیات متداول داشت انجام و به منظورکنترل علف های هرز پهن برگ و باریک برگ از علف کش های متداول استفاده شد. آبیاری در آزمایش فاریاب به شیوه بارانی با سیستم کلاسیک ثابت انجام گردید و دور آبیاری در مزرعه آزمایشی ایستگاه با توجه به فصل رویش و عرف ایستگاه، بین چهار تا هفت روز یک بار در نظر گرفته شد. در آزمایش دیم آبیاری صورت نگرفت و رشد و نمو گیاهان وابسته به نزولات آسمانی بود.

به منظور مطالعه شاخص های رشد، شش مرحله نمونه برداری شامل ظهور سنبله، گلدهی، ۱۰ روز پس از گلدهی، ۲۰ روز پس از گلدهی، ۳۰ روز پس از گلدهی و ۴۰ روز پس از گلدهی و بر اساس مراحل فنولوژیکی هر لاین بر مبنای مقیاس (Zadoks *et al.*, 1974) صورت گرفت. به منظور اجتناب از اثر حاشیه و حفظ یکنواختی آزمایش، نمونه برداری اول از دو خط نیم متری

۷. Source

خطوط دوم و سوم کاشت (۰/۲ متر مربع در هر مرحله نمونه برداری) و نمونه برداری دوم نیز از دو خط نیم متری خطوط چهارم و پنجم کاشت و نمونه برداری های بعدی نیز به همین ترتیب با فاصله نیم متر و در طول کرت صورت گرفت و همچنین از یک متر ابتدایی و انتهایی کرت ها نیز به منظور حذف اثر حاشیه ای هیچ گونه نمونه برداری صورت نگرفت. بعد از هر نمونه‌گیری،نمونه‌ها به آزمایشگاه منتقل شدند و ابتدا سطح برگ با استفاده از دستگاه اسکنر و نرم افزارهای Imagej و Photoshop تعیین شد. سپس نمونه ها به برگ، ساقه و سنبله تفکیک و وزن خشک آنها پس از قرار گرفتن در آون با دمای ۷۲ درجه سانتی گراد به مدت ۴۸ ساعت محاسبه شد. برای محاسبه شاخص های رشد نیز از روابط زیر استفاده گردید (Javadi*et al.,* 2007).

RGR یا سرعت رشد نسبی از رابطه ۱ محاسبه شد که در آن W_1 و W_2 به ترتیب وزن خشک کل هر نمونه در زمان های t_1 و t_2 می باشند.

(رابطه ۱): $RGR = (LnW_2 - LnW_1)/(t_2 - t_1)$

NAR نیز از رابطه ۲ بدست آمد که در آن LA_1 و LA_2 به ترتیب سطح برگ کل نمونه در نمونه برداری های به عمل آمده در زمان های t_1 و t_2 می باشند.

(رابطه ۲):

$$NAR= [(W_2-W_1)/(t_2-t_1)]\times[(ALnL_2-LnLA_1)/(AL_2-AL_1)]$$

یا نسبت وزنLWRدر هر مرحله نمونه‌برداری برگ از تقسیم وزن برگ به وزن کل گیاه

جدول ۱- اطلاعات اقلیمی ایستگاه اسلام‌آباد غرب (سال زراعی ۹۸-۱۳۹۷)

Table 1. Meteorological information of Islamabad-e-Gharb Research Station (The 2018-2019 cropping season)

۱۳۹۷-۹۸ 2018-2019				
ماههای فصل رشد Months of cropping season	دما Temperature (°C)			بارندگی Precipitation (mm)
	متوسط Average	حداکثر Max.	حداقل Min.	
مهر Sep-Oct	19.3	33	7.4	20.4
آبان Oct-Nov	10.5	24.6	-1.8	122
آذر Nov-Dec	5.6	15.4	-6.2	172.1
دی Dec-Jan	3	14.4	-8.8	89.5
بهمن Jan-Feb	2.9	15.6	-8.4	113.3
اسفند Feb-Mar	4.8	17.2	-5.6	96.4
فروردین Mar-Apr	9.9	23.8	-2.6	198
اردیبهشت Apr-May	14.8	31.6	-1.8	21.4
خرداد May-Jun	22.7	38.4	7.2	0.6
تیر Jun-Jul	25.30	36.1	14.5	-

جدول ۲- شجره و تاریخچه گزینش لاین ه‌ای برتر

Table 2. Pedigree and selection history of superior lines

شماره سریال Ser no.	ژنوتیپ Gen no.	پلات Var PL	شجره و تاریخچه گزینش Pedigree and selection history
PISHGAM	LOCAL CHECK	1	Bkt/90-Zhong87
BAHARAN	LOCAL CHECK	2	KAUZ/PASTOR//PBW343 CMSS00M02401S-030M-030WGY-030M-18M-0Y
33	29227	3	TRAP#1/BOW//PFAU/3/MILAN/4/ETBW 4922/5/PFAU/MILAN ICW08-50397-6AP-0AP -040SD-4SD -0SD
26	29152	4	ZARAFA-5/FLAG-6//MILAN/PASTOR ICW08-50324-1AP-0AP -040SD-6SD -0SD
27	29157	5	WBLL1*2/BRAMBLING/3/OPATA/RAYON//KAUZ ICW08-00280-8AP-0AP -040SD-3SD -0SD
15	28145	6	P1.861/RDWG/4/SERI.1B//KAUZ/HEVO/3/AMAD AISBW05-0182-5AP-0AP-0AP-1AP-1AP-0AP-0TR
24	29138	7	MEX94.27.1.20/3/SOKOLL//ATTILA/3*BCN/4/ZAFIR-3 ICW08-00220-4AP-0AP -040SD-7SD -0SD
28	29182	8	CHAMRAN/4/OPATA/BOW//BAU/3/OPATA/BOW/5/SAMIRA-9 ICW08-50008-21AP-0AP -040SD-2SD -0SD
48	TUJAR	9	TUJAR ICW06-50207-11AP-0AP-0AP -03 SD
44	29434	10	PFAU/MILAN//FUNG MAI 24/3/ACHTAR/INRA 1764 ICW08-00196-11AP-0AP -040SD-1SD -0SD
12	27879	11	VEE/PJN//2*KAUZ/3/SHUHA-4/FOW-2 ICW06-00836-11AP-0AP-0AP-7AP-0AP-0TR

یا سطح ویژه برگ از تقسیم SLA حاصل شد. LAR سطح برگ به وزن برگ به دست آمد. یا نسبت سطح برگ از تقسیم سطح برگ به وزن کل گیاه به دست آمد (Karimi & Azizi, 1997). همچنین برای اندازه گیری درصد تغییرات صفات مورد ارزیابی در شرایط دیم نسبت به شرایط فاریاب از رابطه ۳ استفاده شد. (رابطه ۳):

$$[\text{Changes } (\%) = (Yp - Ys) / Yp) \times 100]$$

Yp و *Ys*: به ترتیب عملکرد ژنوتیپ ها در شرایط فاریاب و دیم هستند. به منظور محاسبه عملکرد دانه، ۲ متر طولی از هر کرت با رعایت حاشیه برداشت و عملکرد دانه بر حسب کیلوگرم در هکتار محاسبه شد. وزن بیولوژیکی و وزن کاه نیز از دو خط کاشت نیم متری (معادل ۰/۲ متر مربع) به دست آمد. وزن هزار دانه نیز از طریق شمارش چهار دسته ۱۰۰۰ تایی دانه با دستگاه بذر شمار دیجیتال و توزین کردن با استفاده از ترازوی الکترونیکی با دقت یک هزارم گرم و محاسبه میانگین وزن هزار دانه اندازه گیری شد. تجزیه واریانس داده ها با استفاده از نرم افزار SAS انجام شد و برای مقایسه میانگین ها از آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد استفاده گردید. در این آزمایش آزمون بارتلت انجام شد و به دلیل غیر یکنواختی واریانس خطاها تجزیه های جداگانه انجام شده است. رسم نمودارها نیز با استفاده از نرم افزار Excel انجام گردید.

نتایج و بحث

جداول ۳ و ۴ نتایج تجزیه واریانس صفات عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک، عملکرد کاه (وزن ساقه و سنبله به غیر از دانه)، شاخص برداشت و وزن هزار دانه را به ترتیب در دو آزمایش فاریاب و دیم نشان می دهد. ارقام

در آزمایش فاریاب از نظر صفات عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک و وزن هزار دانه و در آزمایش دیم نیز از لحاظ عملکرد دانه، شاخص برداشت و وزن هزار دانه اختلاف معنی داری نشان دادند. جداول ۵ و ۶ نیز مقایسه میانگین صفات را در شرایط فاریاب و دیم نشان می دهد. درصد تغییرات صفات تحت شرایط دیم نسبت به شرایط فاریاب در جدول ۷ ارائه شده است که طبق آن بیشترین کاهش مربوط به عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک می باشد. همچنین لاین های مورد بررسی در تمامی شاخص های رشدی (به استثناء RGR در آزمایش دیم) واکنش های متفاوت و معنی داری در مراحل مختلف نمونه برداری نشان دادند که هر کدام به طور جداگانه مورد بحث قرار خواهند گرفت.

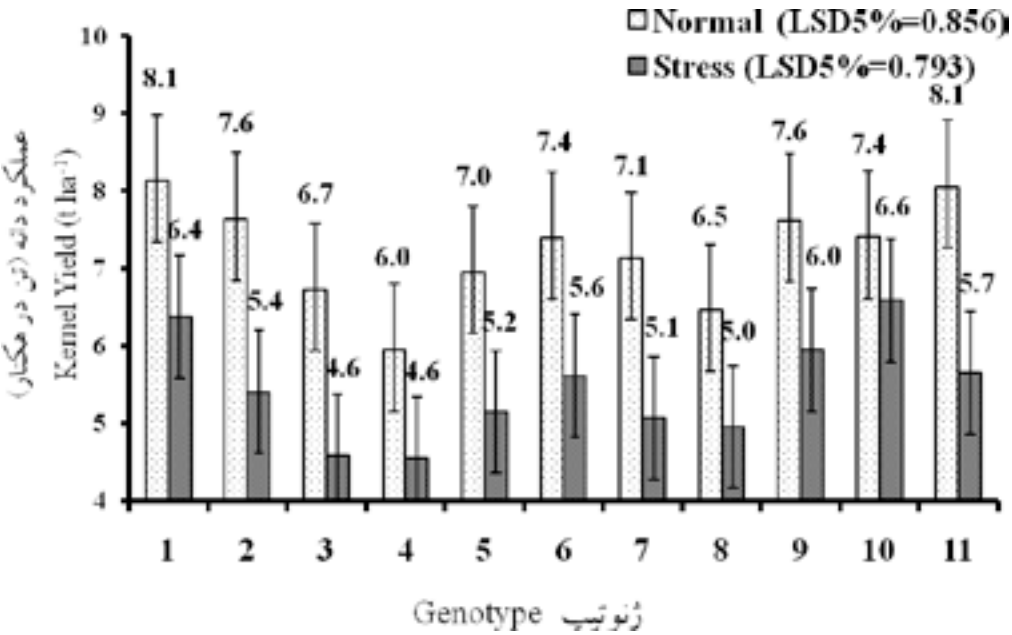
عملکرد دانه، کاه، زیست توده و شاخص برداشت

مطابق نتایج به دست آمده از این آزمایش، شرایط دیم باعث کاهش میانگین عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک، عملکرد کاه، شاخص برداشت و وزن هزاردانه به ترتیب به میزان ۲۴/۵، ۲۱/۲، ۱۸/۹، ۴/۲ و ۱۳/۴ درصد همه لاین ها نسبت به شرایط فاریاب شد. بیشترین کاهش مربوط به لاین های ۲، ۳ و ۱۱ و کمترین آن مربوط یه لاین ۱۰ و رقم پیشگام بود. همبستگی بین عملکرد دانه با شاخص برداشت در هر دو شرایط دیم و فاریاب مثبت و معنی دار بود (جداول ۸ و ۹)، اما تفاوت‌هایی بین لاین‌ها و ارقام از نظر این همبستگی مشاهده شد. لاین ۶ با وجود بالاترین شاخص برداشت در شرایط فاریاب، به دلیل پایین ترین مقدار عملکرد بیولوژیک از عملکرد دانه متوسطی (رتبه ۶) برخودار بود. در عین حال لاین های ۱ و ۲ با داشتن عملکرد دانه مطلوب (رتبه های ۱ و ۳) و عملکرد بیولوژیک و کاه مطلوب (رتبه های ۱ و ۲)، از شاخص های برداشت متوسطی (رتبه های ۷ و ۸) برخوردار بودند. کم ترین عملکرد دانه (رتبه ۱۱) و شاخص برداشت (رتبه ۱۱) مربوط به لاین ۴ بود که از عملکرد بیولوژیک و کاه متوسطی (رتبه های ۸ و ۵) برخوردار بود. این موضوع نشاندهنده این است که شاخص برداشت در کنار بررسی و مقایسه عملکرد بیولوژیک و عملکرد کاه، به شکل مطلوب تری می تواند به عنوان معیاری مناسب برای ارزیابی و مقایسه عملکرد دانه مورد استفاده قرار گیرد. نکته قابل توجه در این رابطه افزایش محسوس شاخص برداشت در رقم پیشگام (رتبه ۱) و افزایش نسبی این شاخص در لاین شماره ۱۰ (رتبه ۳) در شرایط دیم بودکه این امر را می‌توان به حساسیت کمتر عملکرد دانه نسبت به عملکردکاه به تنش خشکی در لاین های فوق (رتبه های ۱ و ۲) نسبت داد. لاین های ۳، ۴ و ۸ در هر دو شرایط فاریاب و دیم نسبت به سایر لاین‌ها از کمترین عملکرد دانه (رتبه های ۹، ۱۰ و ۱۱) برخوردار بودند. دلیل کاهش عملکرد دانه در شرایط دیم، محدودیت منبع و زرد شدن زود هنگام برگ ها و دیگر قسمت های فتوسنتز کننده می باشد که از طریق کاهش سطح و دوام برگ، سرعت رشد نسبی و انتقال مواد پرورده را کاهش و موجب افت عملکرد دانه می‌گردد. محققین در این رابطه عنوان نمودند که تنش خشکی با تأثیر منفی بر

تولید و توسعه برگ ها می تواند باعث کاهش مقادیر شاخص سطح برگ و عملکرد دانه شوند (Karim & Siddique, 1991). در این آزمایش همبستگی بین شاخص سطح برگ و عملکرد دانه در مراحل اول و سوم نمونه برداری در شرایط فاریاب به ترتیب ۰/۷۱۶+* و ۰/۷۴۲+** و در مراحل سوم و پنجم نمونه برداری در شرایط دیم نیز ۰/۶۸۳+* و ۰/۶۳۵+* بود (داده ها نشان داده نشده اند). در این رابطه محققین اظهار نمودند پیری زودرس برگ های گیاه موجب کاهش هر چه بیشتر در سرعت رشد نسبی می شود (Abdi *et al.*,2007; Soleymani*et al.*, 2003). همچنین در مطالعه ای بر روی گندم کاهش معنی دار شاخص سطح برگ در تنش رطوبتی به واسطه پیری تدریجی و از دست رفتن برگ ها گزارش گردید (Muhammad *et al.*,2017). مطابق جدول ۸، همبستگی معنی داری بین عملکرد بیولوژیک در شرایط فاریاب و دیم مشاهده نشد ولی همبستگی بین عملکرد دانه در این دو محیط مثبت و معنی دار بود. در این رابطه عنوان شده که انتخاب برای عملکرد در غیاب خشکی راه بسیار مؤثری برای اصلاح و پیش برد عملکرد در نواحی خشک می‌باشد (Richards, 1996). بنابراین می توان گفت که عملکرد بالاتر در شرایط مطلوب که به نوعی نشان دهنده پتانسیل بالای عملکرد است، می تواند به عملکرد بیشتر در شرایط تنش نیز منجر شود (Fischer & Maurer, 1978; Laing & Fischer, 1977).

وزن هزار دانه (TKW)

مطابق جداول تجزیه واریانس آزمایش های فاریاب و دیم (جداول ۳ و ۴)، تفاوت معنی داری در سطح احتمال ۱ درصد از نظر وزن هزار دانه در بین لاین های مورد بررسی مشاهده شد. میانگین وزن هزار دانه لاین ها (جداول ۱۰ و ۱۱) تحت تأثیر تنش خشکی به دلیل کاهش

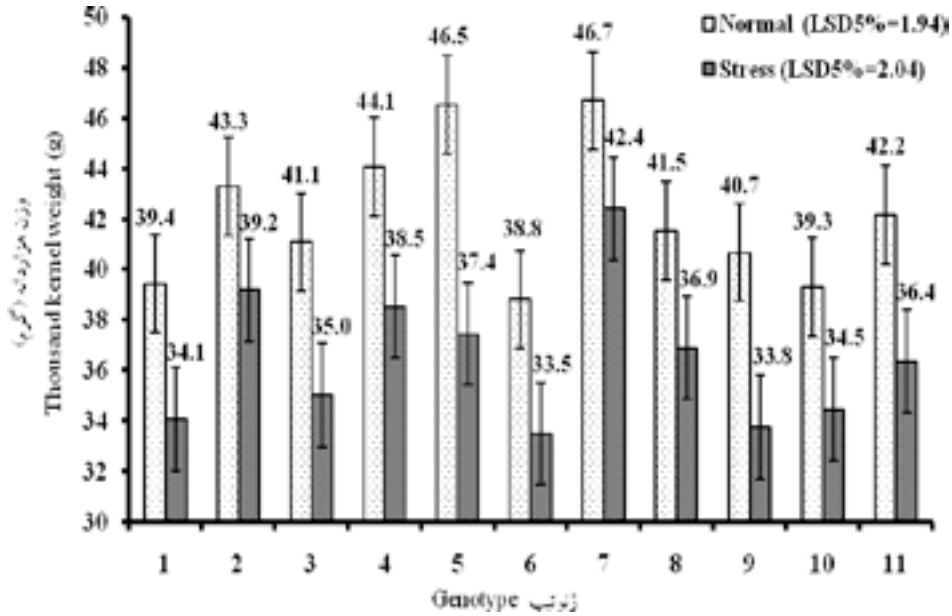


شکل ۱- تغییرات عملکرد دانه در آزمایشهای فاریاب و دیم

Figure 1. Changes in kernel yield under irrigation and rainfed experiments

طول دوره پرشدن دانه ها در شرایط دیم نسبت به شرایط فاریاب، به میزان ۱۳/۳۶ درصد کاهش داشت. کاهش طول دوره پرشدن دانه ها موجب افت وزن دانه ها می گردد (Modhej*et al.,* 2005). مطابق شکل ۲، لاین های شماره ۷ و ۵ و ۴ در شرایط فاریاب و لاین های شماره ۷ و ۲ و ۴ در شرایط دیم از بالاترین وزن دانه برخوردار بودند. مطابق جدول ۸ بین وزن هزاردانه در شرایط فاریاب با شرایط دیم همبستگی مثبت و معنی داری مشاهده شد. بین وزن هزار دانه با عملکرد دانه رابطه معنی داری مشاهده نشد. البته بین وزن هزار دانه و شاخص برداشت در شرایط فاریاب و دیم رابطه منفی معنی داری مشاهده گردید. به نظر می رسد این همبستگی منفی به خصوص در شرایط تنش خشکی با رابطه جبرانی بین اجزاء عملکرد و به دلیل عقیم شدن تعداد بیشتری از گلچه ها به منظور برقراری تعادل بین منبع و مخزن در گیاه و کاهش شدت رقابت برای جذب مواد فتوسنتزی به ویژه در شرایط تنش خشکی مرتبط است که نتیجه آن کاهش تعداد دانه ها و افزایش وزن دانه ها بوده است. لازم به ذکر است در این بررسی میانگین تعداد دانه ها تحت شرایط دیم در مقایسه با شرایط فاریاب به میزان ۹/۳ درصد کاهش یافت (داده ها نشان داده نشده اند). بین وزن تک دانه و تعداد دانه، همبستگی منفی و معنی داری به دلیل وجود رابطه جبرانی بین اجزاء عملکرد با یکدیگر وجود دارد (Jafarnejad, 2009). وزن هزاردانه صفتی است که عمدتاً وابسته به خصوصیات ژنتیکی بوده که تحت تأثیر شرایط محیطی و طول دوره پرشدن دانه نیز قرار می گیرد (Guarda*et al.,*2004). همچنین بروز شرایط نامساعد محیطی مانند درجه حرارت های بالا و تنش خشکی در طول دوره پرشدن دانه، موجب کوتاه شدن طول این دوره و در نتیجه کاهش وزن هزاردانه می گردند (Anderson & Smith, 1990).

سرعت رشد نسبی (RGR)



شکل ۲- تغییرات وزن هزار دانه در آزمایشهای فاریاب و دیم

Figure 2. Changes in thousand kernel weight under irrigation and rainfed experiments

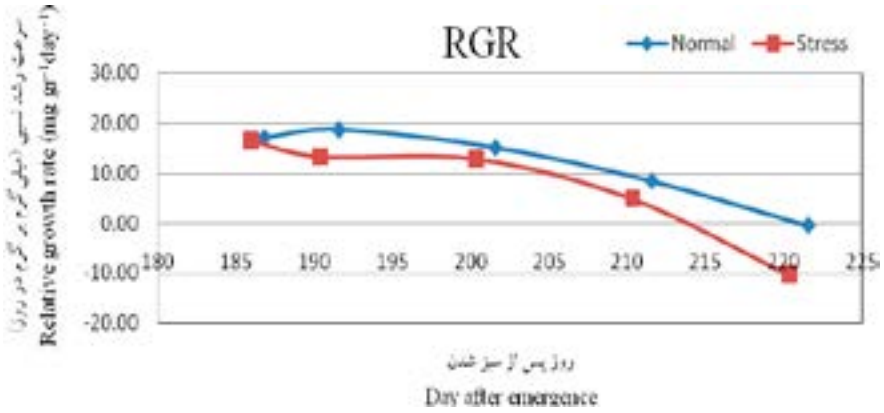
بر اساس نتایج تجزیه واریانس شاخص های رشد در آزمایش های فاریاب و دیم (جداول ۱۰ و ۱۱)، اثر رقم بر روی شاخص RGR تنها در مرحله نمونه برداری چهارم تا پنجم و در شرایط فاریاب در سطح احتمال ۵ درصد معنی دار بود. مقایسه میانگین های شاخص های رشدی (جداول ۱۰ و ۱۱)، نشان داد در هر دو شرایط فاریاب و دیم با افزایش سن گیاه از مرحله اول نمونه برداری به بعد، میانگین شاخص های LAR وLWR کاهش و NAR افزایش می‌یابد، به طوری که کاهش شاخص های LAR و LWR در نهایت باعث کاهش RGR شد. با توجه به اینکه نمونه برداری دوم در مرحله گلدهی و نمونه برداری های سوم تا ششم نیز به فاصله زمانی ۱۰ روز یک بار صورت گرفت، به نظر می رسد که از مرحله گلدهی به بعد، به دلیل کاهش نسبت سطح برگ به وزن کل گیاه به واسطه پیری تدریجی برگ، مقدار شاخص RGR کاهش یافته و مطابق شکل ۳ نیز تأثیر قابل توجهی را از تنش خشکی پذیرفته است. پیری زودرس برگ های گیاه موجب کاهش هر چه بیشتر در سرعت رشد نسبی می شود (Abdi *et al.*,2007; Soleymani*et al.*, 2003). همچنین سرعت رشد نسبی با کاهش پتانسیل آب برگ تحت تأثیر تنش خشکی به دلیل افزایش سرعت تنفس همراه با افزایش دمای گیاه و کاهش فتوسنتز کاهش می‌یابد (Sivakumar *et al.*,2001). برخی از محققین در این رابطه عنوان نموده اند RGR کمتر در شرایط تنش به دلیل مصرف تدریجی رطوبت موجود و حفظ آن برای مراحل انتهایی رشد مطلوب تر است (Chapin, 1980). از آنجایی که RGR حاصل ضرب NAR در LAR است، افزایش هر یک از آنها در صورت ثابت ماندن دیگری باعث افزایش سرعت رشد نسبی می شود (Van der Werf, 1997). مطابق با جدول تجزیه همبستگی شاخص ها (جدول ۱۲)، در این آزمایش روند افزایش درونی ژنوتیپ ها به لحاظ مقادیر RGR با مرحله نمونه گیری مشابه در NAR مطابقت داشت، به طوری که در هر یک از فواصل نمونه برداری اول تا پنجم RGR با NAR مرحله مشابه همبستگی مثبت معنی داری در هر دو شرایط دیم و آبی داشت. همچنین در این آزمایش RGR تأثیرپذیری معنی داری از LAR و LWR نداشت. این در حالی است که نتایج بررسی های برخی محققین حاکی از این است که افزایش NAR باعث افزایش RGR نمی شود، اما LAR عامل تعیین کنندهRGR است (Poorter & Remkes, 1990). بیشترین مقادیر شاخص RGR در هر دو شرایط فاریاب و دیم مربوط به ژنوتیپ های ۱۰، ۲و ۱۱ بود که از عملکرد مطلوبی نیز برخوردار بودند. لاین شماره ۴ با وجود مقدار RGR بالا به دلیل دوام بیوماس کل[۸](BMDT) و دوام سطح برگ کل[۹](LADT) کمتر نسبت به بقیه لاین ها (داده ها نشان داده نشده است)، از عملکرد دانه کمتری برخوردار بود. در این آزمایش بین RGR در مراحل نمونه بردای با عملکرد دانه در هر دو شرایط فاریاب و دیم رابطه معنی داری مشاهده نشد ولی با وزن هزار دانه در شرایط دیم، عملکرد کاه و عملکرد بیولوژیک رابطه

۸. Biomass duration total
۹. Leaf area duration total

مثبت و معنی داری نشان داد. همچنین در مراحل چهارم و پنجم نمونه برداری در شرایط فاریاب، بین RGR با عملکرد بیولوژیک و عملکرد کاه رابطه مثبت و معنی داری مشاهده شد که منجر به بروز همبستگی منفی و معنی دار بین RGR و شاخص برداشت (HI) در این شرایط گردید. نتایج برخی محققین گویای این است که بین RGR و عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک رابطه مثبت و معنی داری وجود دارد (Ahmadi & Sio-Se Mardeh., 2003).

سرعت جذب خالص (NAR)

بر اساس مقایسه میانگین های شاخص های رشد (جداول ۱۰ و ۱۱) تغییرات سرعت جذب خالص در مراحل اولیه نمونه برداری روندی افزایشی داشت و در مراحل آخر به دلیل زوال بافت های فتوسنتزکننده کاهش یافت، به طوری که مطابق شکل ۴ مقادیر میانگین NAR در مرحله آخر نمونه برداری منفی شد که به نظر می رسد ناشی از اثرات محیطی بر تسریع پیری و زرد شدن برگ ها باشد. گزارش شده است که از ۲۰۵ روز پس از سبز شدن، به دلیل کاهش فتوسنتز ناشی از زرد شدن برگ ها و بسته شدن نیم روزی روزنه ها به واسطه دماهای بالا، سرعت جذب خالص منفی می‌شود (Hirasawa *et al.,* 1998). همچنین عنوان شده است که در تیمار تنش شدید به دلیل کاهش شاخص سطح برگ، برگ‌های بیشتری در معرض نور مستقیم خورشید قرار می‌گیرند و مقادیر NAR بیشتری در مقایسه با تیمارهای شاهد و تنش ملایم ایجاد می‌شود (Muhammad *et al.,* 2016). در این بررسی نیز مقادیر به دست آمده از NAR در مراحل نمونه برداری (اول تا دوم) و (سوم تا چهارم) در شرایط دیم از مقادیر مشابه در شرایط فاریاب تا حدودی بیشتر بود ولی در مرحله انتهایی نمونه برداری در شرایط دیم در مقایسه با تیمارهای فاریاب با شدت بیشتری کاهش یافت که با نتایج برخی پژوهشگران گندم مطابقت دارد (Hirasawa *et al.,*1998; Bajii*et al.,* 2001). بین NAR و عملکرد دانه در مرحله اول نمونه برداری شرایط دیم رابطه منفی معنی داری مشاهده شد ولی NAR با عملکرد بیولوژیک در مراحل چهارم و پنجم نمونه برداری در شرایط فاریاب و در مرحله چهارم نمونه برداری در شرایط دیم نیز رابطه مثبت و معنی داری نشان



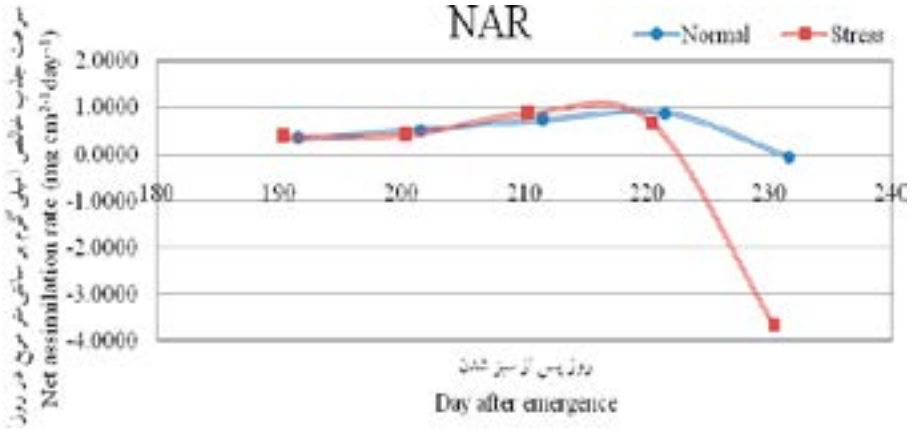
شکل۳- تغییرات سرعت رشد نسبی در آزمایشهای فاریاب و دیم

Figure 3. Changes in relative growth rate under irrigation and rainfed experiments

داد که می تواند به طور غیر مستقیم موجب افزایش عملکرد دانه شده باشد (جداول ۸ و ۹). همچنین همبستگی بین NAR و RGR در تمامی فواصل نمونه برداری و در هر دو شرایط فاریاب و دیم مثبت و معنی دار بود که نشان می‌دهد از بین اجزا تشکیل دهنده RGR، NAR عامل اصلی و مؤثر می باشد که خود همبستگی منفی و معنی داری در مرحله اول نمونه برداری آزمایش فاریاب با LAR دارد (جدول ۱۲). همچنین نظر به اینکه افزایشLAR و سایه‌اندازی برگ ها بر روی یکدیگر موجب کاهش جذب تشعشعات نوری شده و از میزان جذب خالص در واحد سطح برگ می کاهد، به نظر می رسد اثرات متقابل این دو شاخص (LAR و NAR) تعیین کننده میزان سرعت رشدنسبی گیاه باشد. در این رابطه برخی محققین نشان دادند با افزایش LAR، به دلیل افزایش سایه اندازی برگ ها و دریافت نور کمتر توسط برگ هایی که در قسمت های زیرین پوشش گیاهی قراردارند، میزانNAR کاهش می یابد (Simaneet *al*., 1993; Abdi et al., 2007). در این آزمایش نیز میانگین داده های حاصل از ۶ مرحله نمونه برداری NAR و LAR در خصوص لاین های ۱۱، ۶، ۸ و ۹ در شرایط فاریاب گویای بیشترین مقادیر LAR و کمترین مقادیر NAR بودند و برعکس لاین های ۴، ۵ و ۷ نیز کمترین LAR و بیشترین NAR را نشان دادند. بنابراین می توان نتیجه گرفت که لاین هایی که دارای LAR بیشتری بودند، به واسطه دارا بودن سطح فتوسنتزی بیشتر و یا منبع بزرگتر و در نتیجه سایه اندازی بیشتر برگ ها بر روی یکدیگر، دارای NAR پایین تر و در نتیجه RGR کمتری نیز بودند که گویای روابط جبرانی درونی و فیزیولوژیکی گیاه می باشد که با افزایش LAR به بالاتر از حد مطلوب، مقدار سرعت نسبی فتوسنتز (RGR) کاهش می یابد.

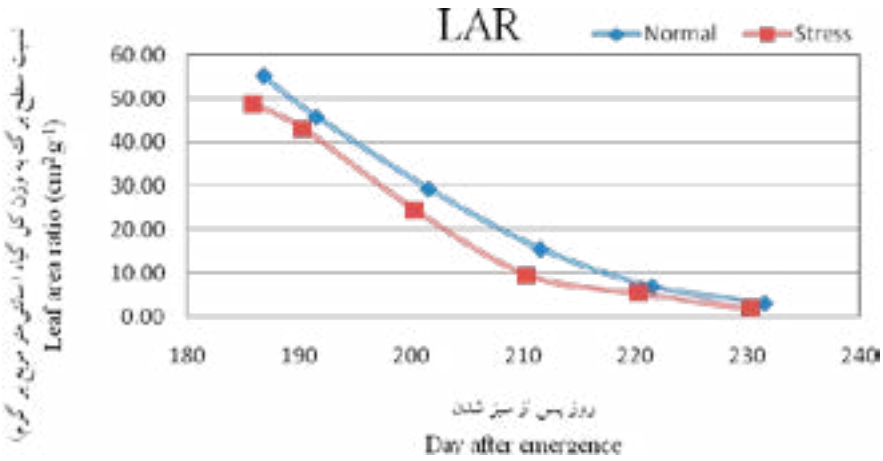
نسبت سطح برگ به وزن کل گیاه (LAR)

مطابق با جداول تجزیه واریانس شاخص های رشد در شرایط فاریاب و دیم (جداول ۱۰ و ۱۱)، اثر رقم برای شاخص LAR در شرایط فاریاب در مراحل نمونه برداری اول و سوم و در شرایط دیم نیز در مراحل نمونه برداری اول و چهارم معنی دار بود. همچنین مطابق با جداول مقایسه میانگین های شاخص های رشد



شکل ۴- تغییرات نسبت سرعت جذب خالص در آزمایشهای فاریاب و دیم

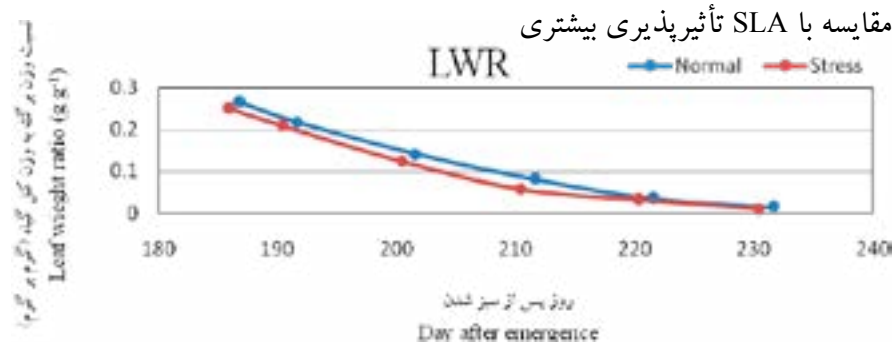
Figure 4. Changes in net assimilation rate under irrigation and rainfed experiments



شکل ۵- تغییرات نسبت سطح برگ به وزن کل گیاه در آزمایشهای فاریاب و دیم

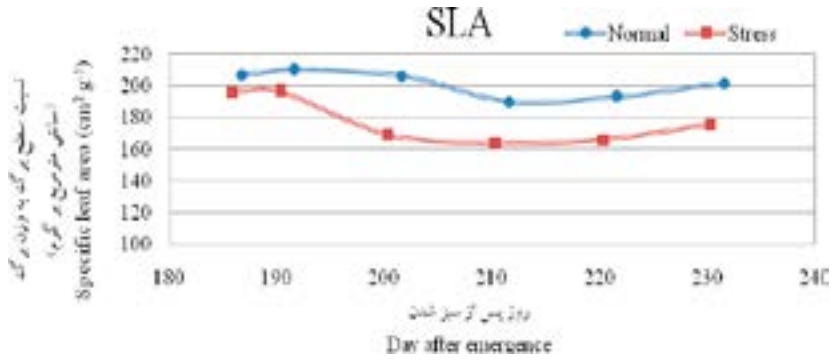
Figure 5. Changes in leaf area ratio under irrigation and rainfed experiments

(جداول ۱۰ و ۱۱)، مقادیر میانگین LAR در تمامی لاین ها و در طی مراحل نمونه برداری روند کاهشی داشته و مطابق با شکل ۵ تحت تأثیر تنش خشکی نیز قرار گرفته است. در این آزمایش بین LAR و عملکرد دانه (KY) در مراحل رشدی حساس، شامل مراحل سنبله دهی و ۱۰ روز پس از گلدهی شرایط فاریاب و در آخرین مرحله نمونه برداری شرایط دیم رابطه مثبت و معنی دار مشاهده گردید (جداول ۸ و ۹). همچنین بین شاخص LAR و شاخص های LWR و SLAدر اکثر مراحل نمونه برداری در هر دو آزمایش فاریاب و دیم، همبستگی مثبت و معنی داری مشاهده شد، با این تفاوت که LAR از LWR در مقایسه با SLA تأثیرپذیری بیشتری نشان داد (جدول ۱۲). در این رابطه نتایج برخی گزارشات گویای این است که LWR نقش بیشتری در تعیین LAR دارد (Simaneet *al*., 1993). با وجود آنکه RGR شاخص اصلی رشد و تعیین کننده تجمع ماده خشک و عملکرد نهایی است، اما به نظر می رسد که اجزای RGR شامل سرعت جذب خالص (NAR)، نسبت سطح برگ (LAR)، نسبت وزن برگ (LWR) و سطح ویژه برگ (SLA)، اهداف انتخابی بهتری به جای RGR هستند و اثر متقابل شاخص های LAR و NAR و روابط فیزیولوژیکی بین آن ها عامل تعیین کننده سرعت رشد نسبی گیاه می باشد. در این رابطه برخی محققین عنوان کرده



شکل ۶- تغییرات نسبت وزن برگ به وزن کل گیاه در آزمایشهای فاریاب و دیم

Figure 6. Changes in leaf area ratio under irrigation and rainfed experiments



شکل ۷- تغییرات نسبت سطح برگ به وزن برگ در آزمایشهای فاریاب و دیم

Figure 7. Changes in specific leaf area under irrigation and rainfed experiments

اند که انتخاب به منظور RGR معمولا پیچیده است، لذا انتخاب در جهت اجزاء آن صورت می گیرد و آن ها دریافتند که LAR عامل تعیین کننده RGR است (Simaneet *al*., 1993).

نسبت وزن برگ به وزن کل گیاه (LWR)

بر اساس نتایج تجزیه واریانس اثر رقم برای شاخص LWR در آزمایش فاریاب در مراحل نمونه برداری اول، سوم و پنجم و در آزمایش دیم نیز در مراحل اول، چهارم و پنجم معنی دار بود (جداول ۱۰ و ۱۱). بر اساس مقایسه میانگین های شاخص های رشد، مقادیر LWR در هر دو شرایط آزمایش طی مراحل نمونه برداری روند کاهشی داشت و مطابق شکل ۶، در طی مراحل نمونه برداری تحت تأثیر تنش خشکی به ترتیب به میزان ۴،۳/۵، ۲، ۲۷، ۹ و ۲۷ درصد کاهش یافت (جداول ۱۰ و ۱۱). همچنین LWR در مقایسه با SLA در هر دو شرایط آزمایش و در تمامی مراحل نمونه برداری، همبستگی قوی تری با LAR نشان داد ولی با عملکرد دانه رابطه معنی داری مشاهده نگردید. از طرف دیگر همبستگی منفی معنی دار بین LWR و NAR در مرحله اول نمونه برداری شرایط دیم (جدول ۱۲) نشان می دهد که تخصیص ماده خشک بیشتر به برگ با کاهش NAR همراه خواهد بود. در این رابطه گزارش گردیده است که کاهش مقادیر LWR تحت تنش خشکی در ارقام سازگار با مناطق معتدله کمتر و در مناطق گرم بیشتر است، به طوری که ممکن است کاهش بیشتر سطح برگ در مناطق گرم به عنوان یک صفت تطابقی تحت شرایط خشکی به مقاومت بیشتر به خشکی منتهی گردد (Ahmadi & Sio-Se Mardeh., 2003).

نسبت سطح برگ به وزن برگ (SLA)

بر اساس نتایج تجزیه واریانس اثر رقم برای شاخص SLA در اکثر مراحل نمونه برداری در هر دو آزمایش فاریاب و دیم با سطح احتمال ۱ درصد معنی دار بود (جداول ۱۰ و ۱۱). همچنین بین SLA با عملکرد دانه در مراحل اول و سوم نمونه برداری شرایط فاریاب رابطه مثبت و معنی داری مشاهده شد (جداول ۸ و ۹). به نظر می رسد لاین های دارای برگ های نازکتر به دلیل سطح فتوسنتز کننده ی بیشتر و توان جذب نور بالاتر در شرایط سایه اندازی برگ ها، از عملکرد دانه بالاتری برخوردار باشند. گزارش شده است که بین SLA و عملکرد دانه همبستگی ضعیفی

وجود دارد (Nass, 1973). همچنین در گندم های زمستانه، بین SLA با عملکرد دانه و شاخص برداشت همبستگی ضعیفی مشاهده شد (Ledent & Moss., 1979). در این رابطه پژوهشگران اظهار داشتند تحت تنش خشکی، سطح برگ به واسطه کاهش اندازه سلولی کاهش می یابد که باعث کاهش SLA می گردد (Pessarakli, 1993). با توجه به اینکه یکی از جنبه های تطابقی گیاهان تحت تنش خشکی، کاهش سطح برگ نسبت به وزن خشک آن (SLA کمتر) می باشد (Paleg & Aspinal., 1981)، مطابق شکل ۷ مشاهده می شود که SLA تحت تأثیر تنش خشکی در تمام لاین ها و ارقام مورد بررسی در این آزمایش و در تمامی مراحل نمونه برداری به طور میانگین به مقدار ۱۱/۶۵ درصد کاهش داشته است. همچنین رابطه بینSLA و NAR در مراحل اول و دوم نمونه برداری و در شرایط فاریاب منفی و معنی دار بود که نشان دهنده این است که با کاهش SLA (افزایش ضخامت برگ)، میزان جذب خالص نور در واحد سطح برگ افزایش می یابد.

نتیجه گیری

مطابق نتایج به دست آمده تنش خشکی در شرایط دیم باعث کاهش مقادیر عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک، عملکرد کاه، شاخص برداشت و وزن هزاردانه به ترتیب به میزان ۲۴/۵، ۲۱/۲، ۱۸/۹، ۴/۲ و ۱۳/۴ درصد در همه لاین ها نسبت به شرایط فاریاب شد. بیشترین کاهش را لاین های ۲، ۳ و ۱۱ و کمترین کاهش را لاین ۱۰ و رقم پیشگام نشان دادند. بر اساس نتایج به دست آمده از این آزمایش و با توجه به همبستگی مثبت و معنی دار عملکرد دانه در شرایط فاریاب با دیم، پتانسیل عملکرد بالا می تواند به عنوان ویژگی مهم در گزینش ارقام مقاوم به خشکی نیز محسوب گردد. همچنین به منظور گزینش لاین های با پتانسیل عملکرد دانه مطلوب، می توان از شاخص های رشدی و روابط همبستگی بین آنها با عملکرد و اجزاء آن استفاده بهینه نمود. به طورکلی از بین اجزاء RGR (یعنی LAR و NAR) می توان گفت

جدول۳- تجزیه واریانس صفات عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک، عملکرد کاه و وزن هزار دانه در آزمایش فاریاب

Table 3.Analysis of variance for the traits of grain yield, biological yield, straw yield and thousand kernel weight under irrigation experiment

منابع تغییرات Sources of variation	درجه آزادی Degree of freedom	میانگین مربعات Mean of squares				
		عملکرد دانه Grain yield	عملکرد بیولوژیک Biologicalyield	عملکرد کاه Straw yield	شاخص برداشت Harvest index	وزن هزار دانه Thousand kernel weight
تکرار Replication	4	5.9144**	21.0921**	4.7010^{ns}	12.9648^{ns}	9.5447**
رقم Genotype	10	1.3401**	7.4301**	5.8455^{ns}	47.9627^{ns}	22.4947**
خطای آزمایشی Error	40	0.2525	2.2251	2.6417	21.6213	1.2948
ضریب تغییرات (٪) CV (%)	-	6.95	8.30	15.11	11.49	2.70

^{ns}، * و ** به ترتیب نشان دهنده عدم اختلاف معنی دار و اختلاف معنی دار در سطح احتمال ۵٪ و ۱٪ میباشند.

ns, *, and ** represent not-significant and significant at 5% and 1% probability levels, respectively.

جدول ۴- تجزیه واریانس صفات عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک، عملکرد کاه و وزن هزار دانه در آزمایش دیم

Table 4.Analysis of variance for the traits of grain yield, biological yield, straw yield and thousand kernel weight under rainfed experiment

منابع تغییرات Sources of variation	درجه آزادی Degree of freedom	میانگین مربعات Mean of squares				
		عملکرد دانه Grain yield	عملکرد بیولوژیک Biologicalyield	عملکرد کاه Straw yield	شاخص برداشت Harvest index	وزن هزار دانه Thousand kernel weight
تکرار Replication	4	0.7142*	0.4918ns	0.9411ns	25.0864ns	4.9629 *
رقم Genotype	10	1.3566**	2.8494ns	3.5970ns	76.6737**	22.7136**
خطای آزمایشی Error	40	0.2167	2.1814	2.2561	23.2059	1.4362
ضریب تغییرات (٪) CV (%)	-	8.54	10.42	17.22	12.42	3.2826

ns، * و ** به ترتیب نشاندهنده عدم اختلاف معنی دار و اختلاف معنی دار در سطح احتمال ۵٪ و ۱٪ میباشند.

ns, *, and ** represent not-significant and significant at 5% and 1% probability levels, respectively.

جدول ۵- مقایسه میانگین برای عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک، عملکرد کاه، شاخص برداشت و وزن هزار دانه در آزمایش فاریاب

Table 5. Mean comparison for grain yield, biological yield, straw yield, harvest index and thousand kernel weight under irrigation experiment

لاین/ رقم Cultivar/ line	عملکرد دانه (تن در هکتار) Grain yield ($t\ ha^{-1}$)		عملکرد بیولوژیک (تن در هکتار) Biologicalyield ($t\ ha^{-1}$)		عملکرد کاه (تن در هکتار) Straw yield ($t\ ha^{-1}$)		شاخص برداشت (٪) Harvest index (%)		وزن هزار دانه (گرم) Thousand kernel weight (g)	
	رتبه Rank	مقدار Value	رتبه Rank	مقدار Value	رتبه Rank	مقدار Value	رتبه Rank	مقدار Value	رتبه Rank	مقدار Value
Pishgam	1	8.13	1	20.78	1	12.65	7	39.56	9	39.44
Baharan	3	7.64	2	19.80	2	12.16	8	38.55	4	43.29
3	9	6.73	9	16.90	7	10.17	5	40.20	7	41.07
4	11	5.95	8	17.52	5	11.57	11	33.82	3	44.07
5	8	6.95	3	19.01	3	12.06	10	36.69	2	46.51
6	6	7.40	11	15.40	11	8.00	1	48.22	11	38.83
7	7	7.13	4	18.88	4	11.76	9	37.69	1	46.69
8	10	6.46	10	16.13	10	9.67	6	40.18	6	41.53
9	4	7.63	7	17.53	9	9.90	3	43.58	8	40.67
10	5	7.41	6	17.73	6	10.32	4	42.06	10	39.28
11	2	8.06	5	18.10	8	10.04	2	44.56	5	42.17
LSD 5%		0.856		2.541		2.768		7.920		1.938

میانگین‌های دارای حروف مشابه در هر ستون، فاقد اختلاف معنی داری در سطح احتمال ۵ درصد بر اساس آزمون دانکن می‌باشند.

Means with the similar letters in each column, are not significantly different using LSD test at 5% probability level.

جدول ۶- مقایسه میانگین برای عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک، عملکرد کاه، شاخص برداشت و وزن هزار دانه در آزمایش دیم

Table 6. Mean comparison for grain yield, biological yield, straw yield, harvest index and thousand kernel weight under rainfed experiment

لاین/ رقم Cultivar/ line	عملکرد دانه (تن در هکتار) Grain yield (t ha^{-1})		عملکرد بیولوژیک (تن در هکتار) Biological yield (t ha^{-1})		عملکرد کاه (تن در هکتار) Straw yield (t ha^{-1})		شاخص برداشت (٪) Harvest index (%)		وزن هزار دانه (گرم) Thousand kernel weight (g)	
	رتبه Rank	مقدار Value	رتبه Rank	مقدار Value	رتبه Rank	مقدار Value	رتبه Rank	مقدار Value	رتبه Rank	مقدار Value
Pishgam	2	6.38	10	13.32	11	6.94	1	47.91	9	34.05
Baharan	6	5.41	2	15.47	2	10.06	8	35.32	2	39.16
3	10	4.58	6	13.99	3	9.42	10	33.21	7	35.03
4	11	4.55	9	13.40	6	8.85	9	34.04	3	38.52
5	7	5.15	5	14.40	4	9.25	7	35.77	4	37.44
6	5	5.62	7	13.69	8	8.06	4	41.16	11	33.49
7	8	5.07	1	15.62	1	10.55	11	32.55	1	42.39
8	9	4.96	11	12.70	9	7.74	6	39.31	5	36.91
9	3	5.95	8	13.44	10	7.50	2	44.24	10	33.76
10	1	6.59	3	15.30	7	8.71	3	43.53	8	34.47
11	4	5.66	4	14.52	5	8.86	5	39.67	6	36.37
LSD 5%		0.793		2.515		2.558		8.205		2.04

میانگین‌های دارای حروف مشابه در هر ستون، فاقد اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد بر اساس آزمون دانکن می‌باشند.

Means with the similar letters in each column, are not significantly different using LSD test at 5% probability level.

جدول ۷- درصد تغییرات میانگین صفات در شرایط فاریاب و دیم

Table 7. Percentage changes in the mean of the traits mean under irrigation and rainfed conditions

	عملکرد دانه (تن در هکتار) Grain yield (t ha^{-1})	وزن هزار دانه (گرم) Thousand kernel weight (g)	عملکرد بیولوژیکی (تن در هکتار) Biological yield (t ha^{-1})	عملکرد کاه (تن در هکتار) Straw yield (t ha^{-1})	شاخص برداشت (٪) Harvest Index (%)
فاریاب Irrigation	7.22	42.14	17.98	10.75	40.47
دیم Rainfed	5.45	36.51	14.17	8.72	38.79
درصد تغییرات Percentage changes	24.52	13.36	21.19	18.88	4.15

جدول ۸- همبستگی شاخص های رشدی با عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک، عملکرد کاه و وزن هزار دانه در آزمایش فاریاب

Table 8. Correlation of growth indices with grain yield, biological yield, straw yield and thousand kernel weight under irrigation experiment

شاخص ها Indices		عملکرد دانه Grain yield	عملکرد بیولوژیک Biological yield	عملکرد کاه Straw yield	وزن هزار دانه Thousand kernel weight	شاخص برداشت Harvest index
RGR	1	0.477	0.418	0.242	0.232	-0.116
	2	0.200	0.130	0.050	0.332	-0.113
	3	0.168	0.302	0.422	0.318	-0.437
	4	0.024	0.730*	0.834**	0.505	-0.679*
	5	0.263	0.738**	0.707*	0.102	-0.363
NAR	1	-0.632*	-0.303	-0.039	0.470	-0.370
	2	-0.541	-0.173	0.064	0.570	-0.405
	3	-0.500	0.212	0.478	0.513	-0.698*
	4	0.006	0.742**	0.834**	0.659*	-0.651*
	5	0.339	0.731*	0.663*	0.232	-0.283
LAR	1	0.663*	0.071	-0.237	-0.310	0.595
	2	0.468	-0.020	-0.248	-0.521	0.457
	3	0.704*	0.269	-0.032	-0.304	0.462
	4	0.057	-0.440	-0.522	-0.379	0.469
	5	0.205	-0.352	-0.495	-0.774**	0.520
	6	0.019	-0.083	-0.104	-0.438	0.089
LWR	1	0.490	-0.299	-0.571	-0.304	0.764**
	2	0.371	-0.198	-0.401	-0.235	0.519
	3	0.443	0.137	-0.056	0.021	0.311
	4	-0.005	-0.523	-0.586	-0.295	0.488
	5	0.191	-0.419	-0.564	-0.765**	0.574
	6	-0.113	-0.154	-0.120	-0.368	0.19
SLA	1	0.608*	-0.132	0.166	-0.236	0.234
	2	0.234	-0.537	0.099	-0.470	0.058
	3	0.673*	-0.267	0.022	-0.545	0.410
	4	0.238	-0.457	-0.074	-0.378	0.199
	5	0.166	-0.345	-0.105	-0.324	0.160
	6	0.415	-0.370	-0.118	-0.421	0.345
HI (N)	1	0.602*	-0.426	-0.768**	-0.677*	1
Grain yield (N)	1	1	0.464	0.045	-0.369	0.602*
Biological yield (N)	1	0.464	1	0.906**	0.336	-0.426
TKW (N)	1	-0.369	0.336	0.556	1	-0.677*
Grain yield (S)	1	0.782*	0.303	-0.32	-0.578	0.522
Biological yield (S)	1	0.282	0.394	0.311	0.389	-0.082
TKW (S)	1	-0.338	0.315	0.518	0.870**	-0.639*

N و S به ترتیب معرف شرایط فاریاب و دیم میباشند.

N and S refer irrigation and rainfed conditions, respectively

جدول ۹- همبستگی شاخص های رشدی با عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک، عملکرد کاه و وزن هزار دانه در آزمایش دیم

Table 9. Correlation of growth Indices with grain yield, biological yield, straw yield and thousand kernel weight under rainfed experiment

شاخص ها Indices		عملکرد دانه Grain yield	عملکرد بیولوژیک Biological yield	عملکرد کاه Straw yield	وزن هزار دانه Thousand kernel weight	شاخص برداشت Harvest index
RGR	1	0.163	0.203	0.078	-0.224	0.045
	2	0.207	0.153	0.017	-0.115	-0.128
	3	0.300	0.211	0.003	0.454	-0.156
	4	0.234	0.619*	0.691*	0.610*	-0.532
	5	0.512	0.165	0.174	0.466	0.400
NAR	1	-0.015	0.165	0.151	-0.190	-0.109
	2	-0.293	-0.125	0.061	-0.092	-0.233
	3	-0.366	0.005	0.240	0.532	-0.331
	4	-0.408	0.628*	0.806**	0.723*	-0.691*
	5	0.565	-0.134	-0.474	-0.779**	0.591
LAR	1	0.361	-0.272	-0.454	-0.248	0.477
	2	0.452	0.144	-0.146	0.084	0.391
	3	0.297	-0.052	-0.235	-0.115	0.319
	4	0.245	0.013	-0.148	-0.020	0.233
	5	0.323	-0.139	-0.325	-0.182	0.386
	6	0.647*	0.480	0.034	-0.142	0.389
LWR	1	0.538	-0.222	-0.520	-0.382	0.620*
	2	0.388	0.407	0.131	0.176	0.206
	3	0.411	0.012	-0.245	-0.077	0.412
	4	0.452	0.179	-0.123	-0.150	0.359
	5	0.462	0.055	-0.236	-0.246	0.428
	6	0.600	0.492	0.073	-0.161	0.341
SLA	1	0.013	-0.108	-0.100	0.039	0.068
	2	0.356	-0.157	-0.360	-0.003	0.431
	3	0.063	-0.057	-0.096	-0.120	0.075
	4	-0.182	-0.247	-0.114	0.105	-0.074
	5	-0.079	-0.297	-0.220	0.002	0.049
	6	-0.154	-0.203	-0.092	0.146	-0.071
HI (S)	1	0.883**	-0.329	-0.829**	-0.731*	1
Grain yield (S)	1	1	0.148	-0.476	-0.533	0.883**
Biological yield (S)	1	0.148	1	0.799**	0.504	-0.329
TKW (S)	1	-0.533	0.504	0.775**	1	-0.731*

N و S به ترتیب معرف شرایط فاریاب و دیم میباشند.

N and S refer irrigation and rainfed conditions, respectively

جدول ۱۰- تجزیه واریانس (پایین جدول) و مقایسه میانگین (بالای جدول) برای شاخص های رشد در آزمایش فاریاب

Table 10. Analysis of variance (bottom of the table) and mean comparison (top of the table) for the growth indices under irrigation experiment

لاین/ رقم Line/Cultivar	سرعت جذب خالص (میلی گرم بر سانتیمترمربع در روز) NAR (mg cm^{2-1} day^{-1})					سرعت رشد نسبی (میلیگرم بر گرم در روز) RGR (mg g^{-1} day^{-1})				
	مرحله اول تا دوم Stage 1-2	مرحله دوم تا سوم Stage 2-3	مرحله سوم تا چهارم Stage 3-4	مرحله چهارم تا پنجم Stage 4-5	مرحله پنجم تا ششم Stage 5-6	مرحله اول تا دوم Stage 1-2	مرحله دوم تا سوم Stage 2-3	مرحله سوم تا چهارم Stage 3-4	مرحله چهارم تا پنجم Stage 4-5	مرحله پنجم تا ششم Stage 5-6
Pishgam	0.16	0.30	0.67	0.99	1.31	9.23	12.70	16.31	10.56	7.58
Baharan	0.26	0.40	1.08	1.88	2.56	14.84	14.63	18.79	14.93	6.46
3	0.39	0.41	0.77	0.59	-1.09	20.92	12.06	12.05	4.89	-3.80
4	0.61	0.73	0.92	1.21	-0.65	25.32	23.48	17.22	14.25	-0.49
5	0.36	0.64	0.74	1.40	1.19	13.66	18.25	13.11	10.50	4.05
6	0.40	0.50	0.61	0.21	-0.19	19.66	17.77	15.07	2.38	-1.28
7	0.50	0.70	0.88	1.28	0.18	21.16	24.73	18.28	9.68	-1.45
8	0.24	0.49	0.88	0.26	-1.61	11.58	18.47	16.70	3.05	-5.98
9	0.28	0.36	0.52	0.89	-0.97	18.01	13.84	11.14	8.91	-4.17
10	0.36	0.65	0.60	0.54	0.04	16.39	25.10	13.93	7.31	0.57
11	0.34	0.55	0.51	0.49	-1.38	17.29	24.05	13.30	6.08	-6.57
میانگین Average	0.355	0.522	0.745	0.887	-0.055	17.09	18.64	15.08	8.41	-0.46
LSD 5%	0.39	0.32	0.46	0.86	2.94	17.62	10.32	8.915	8.06	10.77
تکرار Replication	0.185^{*}	0.071^{ns}	0.076^{ns}	0.307^{ns}	0.573^{ns}	142.37^{ns}	40.09^{ns}	0.16^{ns}	4.52^{ns}	16.21^{ns}
رقم Caltivar	0.048^{ns}	0.064^{ns}	0.101^{ns}	0.823^{*}	5.037^{ns}	64.78^{ns}	75.01^{ns}	19.73^{ns}	51.47^{*}	68.53^{ns}
خطای آزمایشی Error	0.051	0.034	0.075	0.258	2.982	107.04	36.68	27.39	22.39	39.97
ضریب تغییرات (٪) CV (%)	63.76	35.62	36.68	57.23	-3139.89	60.52	32.49	34.71	56.24	-1366.28

مراحل رشدی از لحاظ زمانی شامل: مرحله اول: سنبله دهی، مرحله دوم: گلدهی ، مرحله سوم: ۱۰روز بعد گلدهی ، مرحله چهارم: ۲۰ روز بعد گلدهی، مرحله پنجم: ۳۰ روز بعد گلدهی و مرحله ششم: ۴۰روز بعد گلدهی میباشند.

Growth cycle stages include: stage 1: Heading, stage 2: Flowering, stage 3: 10 days after flowering, stage 4: 20 days after flowering, stage 5: 30 days after flowering and stage 6: 40 days after flowering.

ادامه جدول ۱۰-

Table 10. Continued.

لاین / رقم Line/Cultivar	نسبت سطح برگ به وزن کل گیاه (سانتیمترمربع بر گرم) LAR ($cm^2 g^{-1}$)						نسبت وزن برگ به وزن کل گیاه (گرم بر گرم) LWR ($g g^{-1}$)						نسبت سطح برگ به وزن برگ (سانتیمترمربع بر گرم) SLA ($cm^2 g^{-1}$)					
	مرحله اول Stage1	مرحله دوم Stage2	مرحله سوم Stage3	مرحله چهارم Stage4	مرحله پنجم Stage5	مرحله ششم Stage6	مرحله اول Stage1	مرحله دوم Stage2	مرحله سوم Stage3	مرحله چهارم Stage4	مرحله پنجم Stage5	مرحله ششم Stage6	مرحله اول Stage1	مرحله دوم Stage2	مرحله سوم Stage3	مرحله چهارم Stage4	مرحله پنجم Stage5	مرحله ششم Stage6
Pishgam	57.80	48.90	36.48	15.75	7.59	4.87	0.25	0.20	0.15	0.07	0.04	0.021	233.94	238.22	245.15	211.22	207.49	228.52
Baharan	64.20	47.29	26.53	11.20	5.59	0.82	0.27	0.21	0.12	0.06	0.03	0.004	235.99	223.95	218.73	176.63	180.40	181.64
3	48.36	47.59	19.47	12.59	6.00	1.87	0.24	0.23	0.11	0.07	0.03	0.010	198.45	207.65	176.36	180.75	183.51	187.89
4	39.03	42.25	24.21	18.51	7.90	4.36	0.21	0.20	0.12	0.09	0.04	0.022	185.09	212.08	197.35	194.88	197.32	196.62
5	44.95	34.98	23.43	13.94	4.33	2.05	0.24	0.18	0.13	0.07	0.02	0.010	183.92	191.89	179.15	182.36	182.02	196.21
6	56.37	43.88	30.22	21.18	8.91	3.11	0.29	0.22	0.14	0.11	0.05	0.016	187.89	200.43	212.42	189.88	186.03	200.62
7	54.63	44.27	32.90	13.60	4.98	2.11	0.28	0.24	0.17	0.08	0.03	0.012	192.91	179.07	187.74	172.78	177.94	179.47
8	62.21	48.53	28.91	14.12	6.17	3.72	0.28	0.21	0.14	0.07	0.03	0.017	218.59	229.70	210.01	201.25	210.74	212.51
9	64.55	48.19	30.39	14.89	6.99	2.95	0.29	0.23	0.14	0.08	0.04	0.016	223.28	211.29	217.25	176.79	179.00	191.09
10	49.77	44.99	32.78	16.00	9.16	3.67	0.27	0.23	0.16	0.08	0.04	0.017	185.14	198.49	202.40	188.89	198.63	205.92
11	64.78	52.84	36.53	18.58	7.67	3.76	0.28	0.24	0.16	0.09	0.03	0.015	234.06	219.11	223.68	215.39	222.41	238.16
میانگین Average	55.15	45.79	29.26	15.49	6.84	3.03	0.265	0.218	0.144	0.081	0.035	0.015	207.21	210.17	206.38	190.07	193.22	201.69
LSD 5%	11.83	11.32	7.37	6.73	3.41	2.85	0.04	0.04	0.03	0.03	0.01	0.013	30.705	29.49	23.521	33.778	37.569	36.52
تکرار Replication	485.99**	265.35**	69.18*	73.34*	8.18^{ns}	5.16^{ns}	0.003*	0.002*	0.002*	0.002**	0.0002^{ns}	0.0001^{ns}	1565.01*	1112.53*	465.17^{ns}	216.47^{ns}	144.69^{ns}	51.61^{ns}
رقم Caltivar	228.10**	64.24^{ns}	88.69**	25.93^{ns}	7.37^{ns}	4.39^{ns}	0.002*	0.0009^{ns}	0.001*	0.0005^{ns}	0.0002*	0.0001^{ns}	1447.32**	894.61**	1263.15**	612.01^{ns}	684.09^{ns}	1032.21*
خطای آزمایشی Error	48.21	44.14	18.73	15.60	4.01	2.80	0.0007	0.0005	0.0004	0.0003	0.0001	0.0001	325.01	299.73	190.72	393.32	486.56	459.78
ضریب تغییرات (٪) CV (%)	12.59	14.51	14.79	25.50	29.25	55.33	9.87	10.10	13.46	21.39	24.09	52.58	8.70	8.24	6.69	10.43	11.41	10.63

مراحل رشدی از لحاظ زمانی شامل: مرحله اول: سنبله دهی، مرحله دوم: گلدهی ، مرحله سوم: ۱۰ روز بعد گلدهی ، مرحله چهارم: ۲۰ روز بعد گلدهی، مرحله پنجم: ۳۰ روز بعد گلدهی و مرحله ششم: ۴۰ روز بعد گلدهی میباشند.

Growth cycle stages include: stage1: Heading, stage 2: Flowering, stage 3: 10 days after flowering, stage 4: 20 days after flowering, stage 5: 30 days after flowering and stage 6: 40 days after flowering.

جدول ۱۱- تجزیه واریانس (پایین جدول) و مقایسه میانگین (بالای جدول) برای شاخصهای رشد در آزمایش دیم

Table 11. Analysis of variance (bottom of the table) and mean comparison (top of the table) for the growth indices under rainfed experiment

لاین/ رقم Line/Cultivar	سرعت جذب خالص (میلی گرم بر سانتیمترمربع در روز) NAR (mg cm^{2-1} day^{-1})					سرعت رشد نسبی (میلیگرم بر گرم در روز) RGR (mg g^{-1} day^{-1})				
	مرحله اول تا دوم Stage 1-2	مرحله دوم تا سوم Stage 2-3	مرحله سوم تا جهارم Stage 3-4	مرحله چهارم تا پنجم Stage 4-5	مرحله پنجم تا ششم Stage 5-6	مرحله اول تا دوم Stage 1-2	مرحله دوم تا سوم Stage 2-3	مرحله سوم تا جهارم Stage 3-4	مرحله چهارم تا پنجم Stage 4-5	مرحله پنجم تا ششم Stage 5-6
Pishgam	0.34	0.26	0.74	-0.50	-1.89	18.16	9.81	12.50	-2.10	-7.53
Baharan	0.47	0.27	0.61	0.79	-2.85	22.81	9.75	11.12	6.19	-7.98
3	0.53	0.43	0.76	0.42	-3.05	21.40	12.34	9.43	1.62	-6.23
4	0.54	0.65	0.94	1.20	-6.74	21.83	19.88	13.80	8.57	-19.46
5	0.38	0.51	0.88	1.31	-4.29	16.77	13.88	10.35	6.99	-9.83
6	0.25	0.62	0.81	0.77	-0.70	9.04	18.17	13.34	5.02	-3.44
7	0.12	0.33	1.56	1.89	-8.66	4.42	8.92	18.23	9.22	-16.24
8	0.22	0.40	0.87	0.24	-3.52	7.79	12.77	15.76	2.87	-14.18
9	0.26	0.28	1.16	-0.10	-4.65	13.23	7.39	14.23	1.55	-12.18
10	0.54	0.50	0.43	0.99	-1.07	23.70	14.60	6.70	8.82	-5.52
11	0.49	0.51	0.82	0.45	-2.80	21.96	18.84	15.40	3.99	-10.63
میانگین Average	0.376	0.432	0.873	0.677	-3.65	16.46	13.30	12.80	4.79	-10.29
LSD 5%	0.28	0.44	0.69	2.23	6.14	15.03	11.59	9.42	14.53	15.38
تکرار Replication	0.048^{ns}	0.231^{*}	0.344^{ns}	0.157^{ns}	5.85^{ns}	85.76^{ns}	135.53^{ns}	31.10^{ns}	56.66^{ns}	25.48^{ns}
رقم Caltivar	0.066^{*}	0.056^{ns}	0.259^{ns}	1.37^{ns}	16.88^{ns}	139.50^{ns}	53.97^{ns}	31.75^{ns}	38.82^{ns}	71.24^{ns}
خطای آزمایشی Error	0.028	0.068	0.166	1.72	13.02	77.86	46.29	30.60	72.77	81.56
ضریب تغییرات (٪) CV (%)	44.17	60.27	46.68	193.37	-98.65	53.58	51.14	43.20	177.95	-87.73

مراحل رشدی از لحاظ زمانی شامل: مرحله اول: سنبله دهی، مرحله دوم: گلدهی ، مرحله سوم: ۱۰ روز بعد گلدهی ، مرحله چهارم: ۲۰ روز بعد گلدهی، مرحله پنجم: ۳۰ روز بعد گلدهی و مرحله ششم: ۴۰ روز بعد گلدهی میباشند.

Growth cycle stages include: stage 1: Heading, stage 2: Flowering, stage 3: 10 days after flowering, stage 4: 20 days after flowering, stage 5: 30 days after flowering and stage 6: 40 days after flowering.

Table 11. Continued.

لاین/رقم Line/Cultivar	نسبت سطح برگ به وزن کل گیاه (سانتیمترمربع بر گرم) LAR ($cm^2\ g^{-1}$)						نسبت وزن برگ به وزن کل گیاه (گرم بر گرم) LWR ($g\ g^{-1}$)						نسبت سطح برگ به وزن برگ (سانتیمترمربع بر گرم) SLA ($cm^2\ g^{-1}$)					
	مرحله اول Stage 1	مرحله دوم Stage 2	مرحله سوم Stage 3	مرحله چهارم Stage 4	مرحله پنجم Stage 5	مرحله ششم Stage 6	مرحله اول Stage 1	مرحله دوم Stage 2	مرحله سوم Stage 3	مرحله چهارم Stage 4	مرحله پنجم Stage 5	مرحله ششم Stage 6	مرحله اول Stage 1	مرحله دوم Stage 2	مرحله سوم Stage 3	مرحله چهارم Stage 4	مرحله پنجم Stage 5	مرحله ششم Stage 6
Pishgam	54.21	54.19	26.05	9.72	5.38	1.72	0.25	0.245	0.157	0.064	0.035	0.010	216.52	221.14	165.09	153.28	154.66	161.52
Baharan	51.47	46.60	28.43	11.83	5.11	1.55	0.23	0.227	0.139	0.058	0.025	0.007	221.14	204.64	203.97	203.15	203.08	234.97
3	45.84	38.14	20.24	7.22	3.58	1.34	0.22	0.218	0.129	0.049	0.024	0.009	203.03	173.26	158.56	146.01	143.73	146.20
4	42.24	42.92	23.29	8.99	5.15	1.60	0.22	0.209	0.133	0.056	0.032	0.009	192.99	204.71	173.33	164.27	156.97	179.28
5	46.12	42.05	18.48	7.35	3.85	1.27	0.25	0.216	0.122	0.049	0.025	0.008	181.99	194.16	152.44	150.18	155.12	164.12
6	46.77	37.71	27.66	9.64	5.02	1.73	0.26	0.192	0.157	0.057	0.030	0.010	177.34	195.68	177.84	173.68	176.98	177.07
7	47.97	42.92	21.73	7.55	3.68	2.05	0.25	0.227	0.151	0.050	0.026	0.013	193.04	188.21	142.11	149.81	147.41	152.21
8	50.07	39.42	27.53	12.72	7.83	1.42	0.26	0.201	0.161	0.067	0.038	0.006	190.05	195.57	170.42	189.24	200.62	211.65
9	60.31	39.83	21.36	6.86	3.98	1.65	0.28	0.212	0.124	0.037	0.021	0.008	216.36	187.34	171.99	180.62	188.53	198.59
10	42.90	42.65	24.39	11.20	7.18	3.58	0.25	0.223	0.158	0.084	0.053	0.026	171.27	190.41	156.04	132.62	136.24	139.24
11	48.89	47.20	29.35	11.65	7.79	2.15	0.25	0.226	0.154	0.073	0.047	0.013	194.43	208.52	190.81	159.75	164.54	166.57
میانگین Average	48.80	43.06	24.41	9.52	5.32	1.82	0.249	0.212	0.135	0.062	0.032	0.011	196.19	196.69	169.33	163.87	166.17	175.58
LSD 5%	9.78	10.60	8.85	2.59	3.34	1.65	0.03	0.045	0.05	0.015	0.02	0.01	37.43	21.95	27.87	23.68	25.74	34.40
تکرار Replication	257.53**	286.17**	22.74^{ns}	22.54**	8.91^{ns}	4.86*	0.005**	0.004**	0.002^{ns}	0.001**	0.0004^{ns}	0.0002*	299.86^{ns}	434.47^{ns}	360.58^{ns}	71.98^{ns}	200.18^{ns}	270.21^{ns}
رقم Caltivar	80.75*	69.41^{ns}	40.13^{ns}	13.26**	7.70^{ns}	1.24^{ns}	0.0009*	0.0006^{ns}	0.0006^{ns}	0.0005**	0.0003*	0.00008^{nc}	818.55^{ns}	486.55*	928.36**	1312.01**	1577.87**	2553.95**
خطای آزمایشی Error	32.99	38.74	27.04	2.31	3.85	0.938	0.0003	0.0006	0.0008	0.0000	0.0001	0.00004	483.00	166.06	267.85	193.38	228.44	407.87
ضریب تغییرات (٪) CV (%)	11.77	14.45	21.30	15.97	36.87	53.08	7.27	12.04	20.28	14.91	36.33	57.77	11.20	6.55	9.66	8.48	9.09	11.50

مراحل رشدی از لحاظ زمانی شامل: مرحله اول: سنبله دهی، مرحله دوم: گلدهی ، مرحله سوم: ۱۰ روز بعد گلدهی ، مرحله چهارم: ۲۰ روز بعد گلدهی، مرحله پنجم: ۳۰ روز بعد گلدهی و مرحله ششم: ۴۰ روز بعد گلدهی میباشند.

Growth cycle stages include: stage 1: Heading, stage 2: Flowering, stage 3: 10 days after flowering, stage 4: 20 days after flowering, stage 5: 30 days after flowering and stage 6: 40 days after flowering.

جدول ۱۲- همبستگی بین شاخص های رشدی با یکدیگر در ۵ مرحله نمونه برداری در آزمایشهای فاریاب و دیم

Table 12- Correlation between growth indices with each other at all sampling stages under irrigation and rainfed experiments

شاخص های رشدی Growth indices مرحله اول Stage 1	RGR		NAR		LAR		SLA	
	فاریاب Irrigation	دیم Rainfed	فاریاب Irrigation	دیم Rainfed	فاریاب Irrigation	دیم Rainfed	فاریاب Irrigation	دیم Rainfed
LWR	0.299	0.401	-0.421	-0.648*	0.788**	0.615*	0.303	-0.081
SLA	-0.533	0.160	-0.733*	-0.017	0.824**	0.733*		
LAR	-0.465	-0.254	-0.700*	-0.456				
NAR	0.895**	0.963**						
شاخص های رشدی Growth indices مرحله دوم Stage 2	RGR		NAR		LAR		SLA	
	فاریاب Irrigation	دیم Rainfed	فاریاب Irrigation	دیم Rainfed	فاریاب Irrigation	دیم Rainfed	فاریاب Irrigation	دیم Rainfed
LWR	0.640*	0.197	-0.406	-0.575	0.669*	0.851**	-0.177	0.417
SLA	-0.470	0.197	-0.655*	-0.076	0.612*	0.831**		
LAR	-0.155	-0.148	-0.547	-0.406				
NAR	0.877**	0.930**						
شاخص های رشدی Growth indices مرحله سوم Stage 3	RGR		NAR		LAR		SLA	
	فاریاب Irrigation	دیم Rainfed	فاریاب Irrigation	دیم Rainfed	فاریاب Irrigation	دیم Rainfed	فاریاب Irrigation	دیم Rainfed
LWR	0.101	-0.282	-0.416	-0.199	0.837**	0.717*	0.231	0.063
SLA	0.182	0.044	-0.255	-0.408	0.721*	0.738**		
LAR	0.134	0.212	-0.475	-0.388				
NAR	0.771**	0.791**						
شاخص های رشدی Growth indices مرحله چهارم Stage 4	RGR		NAR		LAR		SLA	
	فاریاب Irrigation	دیم Rainfed	فاریاب Irrigation	دیم Rainfed	فاریاب Irrigation	دیم Rainfed	فاریاب Irrigation	دیم Rainfed
LWR	-0.268	0.108	-0.448	-0.053	0.917**	0.800**	0.145	-0.248
SLA	-0.241	-0.173	-0.454	-0.254	0.521	0.371		
LAR	-0.331	0.015	-0.539	-0.189				
NAR	0.922**	0.932**						
شاخص های رشدی Growth indices مرحله پنجم Stage 5	RGR		NAR		LAR		SLA	
	فاریاب Irrigation	دیم Rainfed	فاریاب Irrigation	دیم Rainfed	فاریاب Irrigation	دیم Rainfed	فاریاب Irrigation	دیم Rainfed
LWR	-0.179	0.287	-0.215	0.446	0.944**	0.883**	0.129	-0.259
SLA	-0.260	-0.082	-0.385	0.112	0.439	0.198		
LAR	-0.141	0.026	-0.287	0.428				
NAR	0.941**	0.870**						

*: معنی دار در سطح احتمال ۵ درصد و**: معنی دار در سطح احتمال ۱ درصد

*: Significant at the probability level of 5% **: Significant at the probability level of 1%

شاخص LAR و از بین اجزاء LAR (یعنی LWR و SLA) نیز شاخص SLA ضمن داشتن رابطه مثبت و معنی دار با عملکرد دانه در مراحل حساس نمویی، به عنوان شاخص های تأثیرگذار و مرتبط با عملکرد دانه محسوب می گردند و این دو پارامتر به عنوان شاخص های مهم رشد مرتبط با عملکرد دانه شناسایی شدند.

سپاسگزاری

بدینوسیله از زحمات تمامی همکاران ارجمندی که اینجانب را در اجرای این آزمایش یاری نمودند، به ویژه از مدیریت محترم و کارکنان زحمت کش ایستگاه تحقیقات کشاورزی اسلام آباد غرب و همچنین از همکار ارجمندم جناب آقای دکتر رضا امیری تشکر و قدردانی می گردد.

References:

Abdi, S., Moghadam, A.G., andGhadimzadeh, M. 2007. Effects of different levels defoliation in reproductive stages on grain yield and oil content in tow sunflower cultivars. *Journal of Science and Technology of Agriculture and Natural Resources, 40:* 245-255(In Persian with English Summary).

Ahmadi, A., andSio-Se Mardeh, A. 2003.Relationshipsamong growth indices, drought resistance and yield in wheat cultivars of different climates of Iran under stress and non stress conditions. *Iranian Journal of Agriculture Science,34 (3):*667-679 (In Persian).

Anderson, W.K., and Smith, W.R. 1990. Yield advantage of two semi-dwarfcompared withtwo tall wheat depend on sowing time. *Australian Journal of Agricultural Research, 41:* 811-826.

Anonymous, 2018. Statistics. Available at Web site http://.amar,mja.ira. Accessed February, 2019.

Bahrami, M.R. 1999. *Morphological and physiological responses of bread winter wheat tonitrogen fertilizer*. Masters Thesis, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Iran (In Persian with English Summary).

Bajii, M., Lutts, S., and Kinet, J. 2001. Water deficit effect on solute contribution to osmotic adjustment as a function of leaf ageing in three wheat cultivars performing differently in arid conditions.*Plant Science, 160:* 669-681.

Chapin, F.S. 1980. The mineral nutrition of wild plants.*Annual Review of Ecology and Systematics, 11:*233-260.

Nazim Ud Dowla, M.A.N., Edwards, I., O'Hara, G., Islam, S., and Ma, W. 2018. Developing wheat for improved yield and adaptation under a changing climate: optimization of a few key genes.*Engineering*, *4(4):* 514-522.

Fischer, R.A., and Maurer, R. 1978. Drought resistance in spring wheat cultivars.I: Grain yield responses. *Australian Journal of Agricultural Research, 29:* 897-912.

Golabadi, M., Arzani, A., and Mirmohammadi Maibody, S. A. M. 2006. Assessment of drought tolerance in segregating population in durum wheat. *African Journal of Agricultural Research, 1(5):* 162-171.

Ghiasabadi, M., Khajeh-Hosseini, M., and Mohammad Abadi, A. 2015.The study oftransplantingdate on growth analyses and forage yield of maize (*Zea mays L.*) under Mashhadconditions.*Iranian Journal of Field Crops Research, 12(1):*137-145 (In Persian with English Summary).

Guarda, G., Padovan, S., and Delogu, G. 2004.Grain yield, nitrogen-use efficiencyand baking quality of old and modern Italian bread- wheat cultivars grown atdifferent nitrogen levels.*European Journal of Agronomy, 21:* 181-192.

Hirasawa, T., Nakahara, M., Isumi, T., Iwamoto, Y., and Ishihara, K. 1998. Effect of pre-flowering soil moisture deficits on dry matter production and ecophysiological characteristics in soybean plants under well irrigated conditions during grain filling.*Plant Production Science, 1:* 8-17.

Javadi, H., Rashed Mohasel, M. H., Zamani, Gh. R., Azari Nasr Abadi, E., and Musavi, Gh. R.2007.Effect of plant density on growth indices in four grain sorghum cultivars.*IranianJournal Field Crops Research, 4:* 265-253 (In Persian with English Summary).

Jafarnejad, A. 2009. Determination of optimum sowing date for bread wheat(*Triticum aestivum* L.) cultivars with different flowering habits in Neishabour. *Journal of Agriculture Science,* 2-25(2): 117-135(In Persian with English Summary).

Karimi, M., and Azizi, M. 1997. Plant growth analysis, University Jihad Publications, Mashhad. 112 P. (In Persian).

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

Kilic, H., and Yagbasanlar, T. 2010. The effect of drought stress on grain yield, yield components and some quality traits of durum wheat (*Triticum durum* ssp. durum) cultivars.*Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca Journal, 38 (1):*164-170.

Koocheki, A.R., and Sarmadnia, G.H. 1993. *Physiology of Crop Plants*. University Jihad Publications, Mashhad. 400 P (In Persian).

Laing, D.R., and Fischer, R.A. 1977. Adaptation of semidwarf wheat cultivars to

rainfed conditions. *Euphytica, 26:*129-131.

Ledent, J.F., and Moss., D.N. 1979. Relation of morphological characters and shoot yield in wheat. *Crop Science, 19*:445-451.

Muhammad, Z.I., Fathy, S.E., and Saleh, M.I. 2016. Wheat phenological development and growth studies as affected by drought and late season high temperature stress under arid environment. *Frontiers in Plant Science, 7:* 1-14.

Modhej, A., Naderi, A., and Siadat, A. 2005.Effect of sowing date and seedingrate on yield and yield compoeter pollination stage.*Journal of AgricuitureScience, 13(2):* 393-404 (In Persian with English Summary).

Nadeem, T.M.H., Imran, M., and Kamil Husain, M. 2002. Evaluation of sunflower Helianthus annuus L. inbred lines for drought tolerance. *International Journal of Agriculture and Biology, 25:*398-400.

Nass, H.G. 1973. Determination of characters for yield selection in spring wheat. *Canadian Journal of Plant Science, 53:*755-782.

Paleg, I.G., and Aspinal, D. 1981. *The Physiology and Biochemistry of Drought Resistance in Plants*. Academic Press. p. 492.

Pessarakli, M. 1993. *Handbook of plant and Crop Stress*. Marcel Dekker, Inc. PP:693.

Poorter, H., and Remkes, C. 1990. Leaf area ratio and net assimilation rate of 24 wild species differing in relative growth rate. *Oecologia, 83:*553-559.

Power, J.F., Willis, W.O., Grunes, D.L., andReichman, G.A. 1976.Effect of soil temperature,phosphorus, and plant age 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.

Richards., R.A.1996. Defining selection criteria to improve yield under drought. *Plant Growth Regulation, 20:*157-166

Saint Pierre, C., Peterson, C. J., Ross, A. S., Ohm, J. B., Verhoeven, M. C., Larson, M., and Hoefer, B. 2008. White spring wheat grain quality changes with

genotype, nitrogen fertilization and water stress. *Agronomy Journal, 100:* 414-420.

Sivakumar, K., Kalarani, M.K., Sujatha, K.B., and Vanangamudi, M. 2001.Effect of growth regulators on biochemical attributes, grain yield and quality in pearl millet.*Madras Agricultural Journal,88 (4-6):* 256-259.

ShiraniRad, A.H. 2008. *Crop Physiology*. Dibagaran Tehran Press.p. 320 (In Persian).

Simane, B., Peacock, JM., and Stuik, P.C. 1993. Diffrence in developmental plasticity and growth rate among drought resistant and susceptible cultivars of durum wheat. *Plant and Soil, 157:* 155-166.

Soleymani, A., Khajepour, M.R., Noormohamadi, G.H., and Sadeghyian, Y.2003. Effect of planting date and pattern on some physiological growth indices of sugar beet.*Journal of Agricultural Science, 9:* 105-123 (In Persian with English Summary).

SoleymaniFard, A., Pourdad, S.S., Naseri, R., and Mirzaei, A.2011.Effect of planting pattern onphonological characteristic and growth indices of safflower (*Carthamus tinctoriu* L.) inrainfed conditions.*Iranian Journal of crop science,13(2):*282-298 (In Persian withEnglish Summary).

Subhani, G.M., and Chowdhry, M.A. 2000. Correlation and Path Coefficient analysis in bred wheat under drought stress and normal conditions. *Pakistan Journal of Biological Sciences, 3(1):* 72-77.

Van der Werf, A.K. 1997. Plant functional types.In: Modelling Inter-Plant competition in Natural and Agro-Ecosystems. Workshop Report. Department of Theoretical Production Ecology, Wageningen Agricultural University. 12-14 November 1997.

Evaluation of relationship between growth indices and yield in bread wheat promising lines under Irrigation and Rainfed Conditions

Ershadimanesh, Khosro[1] , Siosemarde, Adel[2*] ,Hosseinpanahi, Farzad [3]

1. Graduate student of university of Kurdistan and Agricultural and Natural Resource Research and Education Center of Kermanshah, AREEO, Iran.
2. Faculty of agriculture, university of Kurdistan . (Corresponding author)
3. Assistant Professor, Department of Agronomy and Plant Breeding, University of Kurdistan.

Received: July 2021 Accepted: May 2021- DOI: 10.22092/aj.2021.351191.1489

Extended Abstract

Ershadimanesh, KH., Siosemarde, A., Evaluation of relationship between growth indices and yield in bread wheat promising lines under Irrigation and Rainfed Conditions
Applied Research in Field Crops Vol 34, No. 3, 2021 10-12: 69-96(in Persian)

Introduction:

Wheat, as one of the main constituents in ensuring food security, provides 20% of the total calories and protein of the world's population. In this regard, recognizing and studying physiological growth indices is very important in analyzing the factors that affect yield and its components. This can aid in determining plant growth stages and evaluating and crop production (Soleymani Fard *et al.,* 2011). Dry matter production and accumulation can be studied by two important indicators of crop growth rate (CGR) and relative growth rate (RGR), which are important physiological indicators that can be analyzed (Ghiasabadi *et al.,* 2015). Although RGR is the main indicator of growth and determines dry matter accumulation and ultimate yield, its components including NAR, LAR, LWR and SLA appear to be better choice under extreme stress than RGR.

Material & Methods:

This experiment was counducted to study the growth indices and their relationships with the yield of promising bread wheat lines during the 2018-19

Email address of the corresponding author: a33@uok.ac.ir

cropping year at the Agricultural Research Station of West islamabad, under two separate irrigation and rainfed conditions. The studied genotypes included 9 advanced bread wheat lines along with the two top cultivars, namely, Pishgam and Baharan as a control, which were selected and assessed in a completely randomized block design. Leaf surface was measured using a scanner and ImageJ and Photoshop software packages. The samples were separated into leaves, stems and spikes and their dry weight was calculated after being placed in an oven at 72 °C for 48 hours. Thousand kernel weight was measured by an electronic scale with an accuracy of one thousandth of a gram. Data analysis of variance was performed using SAS software and graphs were also drawn using excel software.

Results & Discussion:

Based on the test results, the rainfed condition decreased grain yield, biological yield, straw yield, thousand kernel weight and harvest index in all lines by 25%, 21%, 19%, 13% and 4% compared to the irrigation condition, respectively. Based on the positive and significant correlation of grain yield performance under the irrigation conditions against the rainfed conditions (r= +0.782**), high yield potential can be an important factor in selecting drought tolerant cultivars, but this factor alone is not enough and due to its correlation with the growth indices, the latter can be used in this regard. LAR and SLA indices showed a positive and significant correlation with grain yield under the irrigation condition and at the sensitive developmental stages including heading (r=+0.663* and r=+0.608*) and 10 days after anthesis (r=+0.704* and r=+0.673*). Under the rainfed condition, a positive and significant relationship (r=+0.647*) was observed between LAR and grain yield in the last stage of sampling. There was a positive and significant relationship between RGR and NAR, biological yield and straw yield. RGR also showed a positive and significant relation with LWR (r=+0.640*) in the second stage of sampling. Among the components of RGR, NAR was the main and effective factor, which had a negative and non-significant correlation with LAR, so that the lines with higher LAR had lower NAR and therefore lower RGR. There was a positive and significant relationship between LAR components such as LWR

and SLA with LAR. In general, among the RGR components (LAR and NAR), it can be said that the LAR index and among the LAR components (LWR and SLA), the SLA index, while having a positive and significant relationship with grain yield at the sensitive developmental stages, are considered as effective factors in grain yield. Consequently, it seems that these two parameters can be identified as important growth indicators related to grain yield.

Keywords: Drought stress, Growth indices, Growth stage, Wheat

References:

Kilic, H., and Yagbasanlar, T. 2010. The effect of drought stress on grain yield, yield components and some quality traits of durum wheat (*Triticum durum* ssp. durum) cultivars.*Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca Journal, 38 (1):*164-170.

Soleymani Fard, A., Pourdad, S.S., Naseri, R., and Mirzaei, A. 2011.Effect of planting pattern on phonological characteristic and growth indices of safflower (*Carthamus tinctoriu* L.) in rainfed conditions.*Iranian Journal of crop science,13(2):*282-298 (In Persian with English Summary).

Ghiasabadi, M. Khajeh-Hosseini, and Mohammad Abadi A. 2015 The study of transplanting Date on Growth Analyses and Forage Yield of Maize (*Zea mays L.*) under Mashhad Conditions. *Iranian Journal of Field Crops Research,12(1):*137-145 (In Persian with English Summary).