

### گزارش علمی کوتاه

## بررسی عملکرد و صفات مورفو-فیزیولوژیک ژنوتیپ‌های امید بخش جو در شرایط تنش خشکی انتهایی

حمید تجلی<sup>۱\*</sup>، سید غلامرضا موسوی<sup>۲</sup>، رضا برادران<sup>۲</sup>، محمد حسین صابری<sup>۲</sup>

۱. محقق مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی خراسان جنوبی؛ ۲. اعضاء هیئت علمی، گروه کشاورزی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد بیرجند

تاریخ دریافت: ۹۰/۹/۱؛ تاریخ پذیرش: ۹۱/۶/۲۰

#### چکیده

به منظور بررسی تأثیر تنش خشکی انتهایی فصل بر صفات مورفولوژیکی و فیزیولوژیکی ۲۰ ژنوتیپ امیدبخش، آزمایشی به صورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در ایستگاه تحقیقات کشاورزی خراسان جنوبی در سال زراعی ۸۷-۸۶ به اجرا درآمد. تیمارهای آزمایش شامل تنش خشکی در دو سطح شامل شاهد (آبیاری کامل) و قطع آبیاری در مرحله ۵۰ درصد ظهور سنبله، و ۲۰ ژنوتیپ امیدبخش جو بودند. نتایج نشان داد قطع آبیاری باعث شد عملکرد دانه به میزان ۱۴/۶۴ درصد و عملکرد بیولوژیک به میزان ۸/۱۲ درصد در مقایسه با تیمار آبیاری کامل کاهش یابد. همچنین اعمال تنش خشکی منجر به افزایش شاخص کلروفیل و تراوایی غشاء سلول و کاهش محتوی نسبی آب برگ پرچم گردید. بین ژنوتیپ‌های مورد بررسی تفاوت معنی داری از لحاظ عملکرد بیولوژیک مشاهده نشد ولی از لحاظ عملکرد دانه، ژنوتیپ ۱۸ بیشترین (۵۹۹۷/۲ کیلوگرم در هکتار) و ژنوتیپ ۱۶ کمترین عملکرد دانه (۳۴۲۰/۸ کیلوگرم در هکتار) را به خود اختصاص دادند. ژنوتیپ‌های ۵ و ۱۳ بیشترین میزان کلروفیل، و ژنوتیپ ۸ نیز بیشترین مقدار محتوای نسبی آب برگ (۸۰/۷ درصد) را به خود اختصاص دادند. بر اساس نتایج این آزمایش، ژنوتیپ‌های ۱۸ و ۲۰ در هر دو شرایط آبیاری مطلوب و تنش خشکی عملکرد مطلوبی داشتند.

واژه‌های کلیدی: قطع آبیاری، تراوایی غشاء سلولی، شاخص کلروفیل، محتوای نسبی آب برگ

#### مقدمه

دانه سبب کاهش میانگین وزن دانه و در نهایت کاهش عملکرد دانه می‌شود. چنانچه تنش خشکی قبل و در طول دوره سنبله دهی رخ دهد، موجب بیشترین کاهش عملکرد می‌شود و نشان می‌دهد که زمان‌های گلدهی و گرده افشانی، حساس‌ترین دوره رشد و نمو جو به خشکی می‌باشند (Bauder, 2002). مارتین و همکاران (Martin et al., 1993) با استفاده از لایسیمتر، ژنوتیپ‌های گندم را در حالت آبیاری کامل و تیمار خشکی، مورد آزمایش قرار دادند. تیمار تنش آن‌ها، قطع آبیاری در مرحله تورم خوشه بود و بر اساس نمونه برداری‌هایی که از برگ پرچم در طی ۱۰ و ۱۶ روز پس از قطع آبیاری انجام دادند، مشاهده کردند که محتوای نسبی آب برگ پرچم ژنوتیپ‌ها در اثر اعمال تنش، به ترتیب به ۸۵ و ۸۰ درصد

یکی از دلایل کاهش عمده راندمان تولید محصول در ایران، بروز تنش‌های رطوبتی گوناگون در طی مراحل مختلف رشد هم در شرایط زراعت دیم و هم در کشت‌های آبی بهاره می‌باشد. انتخاب و جدا کردن ژنوتیپ‌های متحمل به تنش به دو روش مستقیم (سنجش عملکرد) و غیر مستقیم (بر اساس صفات مورفولوژیک و فیزیولوژیک) که با تحمل تنش همبستگی دارند، انجام می‌شود (Singh, 2000). منابع موجود در مورد اصلاح ارقام برای سازش به خشکی نشان می‌دهد که کارآمدترین روش، اعمال گزینش همزمان بر اساس چندین صفت است که همه آن‌ها بر عملکرد گیاه زراعی در شرایط تنش تأثیر می‌گذارند (Das Vijendra, 2000). تنش خشکی از مرحله گرده افشانی تا رسیدگی، از طریق تسریع پیری برگ‌ها، کاهش طول دوره رشد و کاهش سرعت پر شدن

شدند. در هر کرت، هر لاین بر روی ۶ ردیف به فاصله ۲۰ سانتیمتر به طول ۶ متر کشت شد که مساحت کاشت هر کرت ۷/۲ متر مربع بود. در شرایط تنش رطوبتی انتهایی، آبیاری از مرحله گرده افشانی تا انتهای دوره رشد و نمو (مرحله رسیدگی کامل) قطع شد و قبل از آن، آبیاری همانند شرایط مطلوب رطوبتی انجام شد. ژنوتیپ‌های پیشرفته‌تر که استفاده شده در این طرح از موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر کرج تهیه شدند. در طول دوره رشد، صفات مورفولوژیکی (از قبیل ارتفاع بوته، طول سنبله، طول پدانکل و مساحت برگ پرچم)، عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک، شاخص برداشت و صفات فیزیولوژیک شامل محتوای نسبی آب برگ پرچمی (Sairam and Saxena, 2000)، خسارت به غشاء سلولی توسط دستگاه اندازه‌گیری هدایت الکتریکی (Fokar et al., 1998) و شاخص کلروفیل برگ پرچمی با استفاده از دستگاه کلروفیل سنج قابل حمل مدل CCM-200 تعیین گردید. در پایان داده‌های حاصل با استفاده از نرم افزار SAS تجزیه و مقایسه میانگین‌ها بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح ۵٪ انجام پذیرفت.

### نتایج و بحث

#### عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک و شاخص برداشت

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان می‌دهد که تنش خشکی تأثیر معنی‌داری در سطح یک درصد بر عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک جو داشت، ولی اثر تنش خشکی بر شاخص برداشت معنی‌دار نبود. مقایسه میانگین‌ها در سطح احتمال ۵ درصد نشان داد که قطع آبیاری پس از ۵۰ درصد گلدهی منجر به کاهش معنی‌دار عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک می‌شود؛ بیشترین عملکرد دانه و بیولوژیک از تیمار آبیاری کامل و کمترین آن‌ها از تیمار قطع آبیاری در ۵۰٪ گلدهی حاصل شد (جدول ۱). به عبارت دیگر، قطع آبیاری به ترتیب موجب کاهش ۱۴/۶۴ و ۸/۱۲ درصدی عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک جو نسبت به تیمار آبیاری کامل گردید. همان‌طور که مشاهده می‌گردد، عملکرد بیولوژیک جو نسبت به عملکرد دانه کمتر تحت تأثیر تنش خشکی قرار گرفت. با توجه به اینکه تنش خشکی در مرحله ظهور سنبله اعمال گردیده است، در عمل گیاه تقریباً به مراحل انتهایی رشد خود رسیده و بنابراین تنش خشکی در این مرحله نمی‌تواند اثر چندانی

رسید و این نمایانگر کاهش پتانسیل آب برگ در طی دوران قطع آبیاری بوده است.

بررسی پایداری غشاء سلولی در شرایط آزمایشگاهی به عنوان شیوه دیگری جهت ارزیابی میزان مقاومت ارقام به تنش خشکی معمولاً کاربرد دارد (Gavuzzi et al., 1997). حفاظت غشاء سلولی در شرایط تنش کم آبی یک راهکار مهم در توسعه مقاومت به خشکی در گیاهان است (Vasquez-tello, 1990)، که به عنوان یک روش سریع، ارزان و ساده برای ارزیابی پایداری غشای سلولی در بسیاری از گیاهان مورد استفاده قرار می‌گیرد. دوام فتوسنتز و حفظ کلروفیل برگ تحت شرایط تنش نیز از جمله شاخص‌های فیزیولوژیکی مقاومت به تنش است (Pesarakli, 1999). غلظت کلروفیل به عنوان یک شاخص برای ارزیابی قدرت منبع شناخته می‌شود، زیرا غلظت کلروفیل برگ‌ها یکی از عوامل کلیدی در تعیین سرعت فتوسنتز و تولید ماده خشک می‌باشد، لذا کاهش آن در شرایط تنش خشکی می‌تواند به عنوان یک عامل محدودکننده غیر روزنه‌ای در فتوسنتز به حساب آید. گزارش‌های مختلفی در رابطه با افزایش (Barraclough and Kate, 2001) یا کاهش (Kafi and Rostami, 2007) غلظت کلروفیل در شرایط تنش رطوبتی وجود دارد.

با توجه به این که ارقام جو در مناطق نیمه خشک در مراحل انتهایی رشد خود با تنش خشکی مواجه می‌شوند و نظر به اهمیت تعیین بهترین ژنوتیپ‌ها برای این مناطق، این تحقیق با هدف بررسی اثر خشکی در مراحل انتهایی رشد بر خصوصیات کمی و کیفی ۲۰ ژنوتیپ جو انجام شد.

#### مواد و روش‌ها

این آزمایش در سال ۱۳۸۶ در مزرعه ایستگاه تحقیقات کشاورزی بیرجند واقع در ۲۰ کیلومتری جاده بیرجند-خوسف انجام شد. در این آزمایش تعداد ۱۹ ژنوتیپ پیشرفته جو به همراه شاهد (جو نصرت) به صورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در ۳ تکرار مورد بررسی قرار گرفت. تیمارهای آزمایش، تنش خشکی در دو سطح شامل شاهد (آبیاری کامل) و قطع آبیاری در مرحله ۵۰ درصد ظهور سنبله، و ژنوتیپ‌های جو شامل ۲۰ ژنوتیپ پیشرفته در نظر گرفته

تجزیه واریانس نشان داد که تأثیر ژنوتیپ بر صفات طول سنبله (در سطح پنج درصد)، طول پدانکل و مساحت برگ پرچم (در سطح یک درصد) معنی‌دار بود، ولی تأثیر ژنوتیپ بر ارتفاع بوته معنی‌دار نگردید. ژنوتیپ شماره ۲۰ بیشترین و ژنوتیپ شماره ۳ کمترین طول پدانکل و ارتفاع بوته را در بین سایر ژنوتیپ‌ها داشتند. بیشترین طول سنبله مربوط به ژنوتیپ شماره ۷ و کمترین آن مربوط به ژنوتیپ شماره ۱۹ بود. ژنوتیپ ۱۸ بیشترین و ژنوتیپ ۱۷ کمترین مساحت برگ پرچم را در متوسط دو محیط دارا بودند (جدول ۱).

#### صفات فیزیولوژیک

تنش خشکی و ژنوتیپ تأثیر معنی‌داری در سطح یک درصد بر صفات شاخص کلروفیل، محتوای نسبی آب برگ پرچمی و تراوایی غشاء سلول داشته است و همچنین اثر متقابل تنش و ژنوتیپ بر تراوایی غشاء سلول در سطح یک درصد معنی‌دار بود. مقایسه میانگین‌ها نشان داد قطع آبیاری در ۵۰٪ گلدهی منجر به افزایش عدد کلروفیل‌متر و تراوایی غشاء سلول و کاهش محتوای نسبی آب برگ پرچم می‌گردد. بیشترین عدد کلروفیل‌متر و تراوایی غشاء سلول از تیمار قطع آبیاری و کمترین آن‌ها از تیمار شاهد یا آبیاری کامل به دست آمد؛ بیشترین محتوای نسبی آب برگ پرچمی در تیمار شاهد و کمترین مقدار آن در تیمار قطع آبیاری مشاهده گردید (جدول ۱). علت افزایش محتوای کلروفیل تحت شرایط تنش خشکی، کوچک‌تر شدن سلول‌های برگ به علت کاهش سطح برگ و ضخیم شدن آن‌ها گزارش شده است (Darvishi Baloochi et al., 2010). کاهش محتوای نسبی آب از اولین آثار تنش خشکی بوده که موجب کاهش میزان عملکرد می‌شود (Emam and Niknejhad, 2004). به طور کلی تنش خشکی سبب کاهش پتانسیل آب برگ می‌شود که این امر مقدار محتوای نسبی آب برگ را کاهش می‌دهد. سینگ و پاتل (Singh and Patel, 1996) کاهش محتوای نسبی آب برگ دو رقم گندم را در طول اعمال تنش خشکی، گزارش کردند. همچنین افزایش تراوایی غشاء در تنش خشکی به این دلیل است که دیواره سلولی در اثر تنش خشکی تخریب شده و مایع سلولی و واکوئلی به داخل محیط تراوش نموده و باعث غلیظ شدن و بالا رفتن هدایت الکتریکی محلول می‌شوند (Haghparsat, 1996).

بر عملکرد بیولوژیک گیاه داشته باشد. در حالی که عملکرد دانه در این مرحله شکل می‌گیرد و بروز خشکی به هنگام پر شدن دانه باعث کاهش طول دوره پر شدن دانه می‌گردد و این موضوع باعث می‌شود که عملکرد دانه به شدت تحت تأثیر تنش خشکی قرار گیرد. تنش خشکی در این مرحله موجب کاهش عملکرد و کاهش تعداد دانه در جو می‌شود (Bauder, 2002).

بین ژنوتیپ‌های مورد بررسی در این آزمایش تفاوت معنی‌داری از لحاظ عملکرد بیولوژیک وجود نداشت، ولی تفاوت معنی‌داری از لحاظ عملکرد دانه (در سطح یک درصد) و شاخص برداشت (در سطح پنج درصد) بین این ژنوتیپ‌ها مشاهده گردید. ژنوتیپ ۱۱ بیشترین و ژنوتیپ ۲ کمترین عملکرد بیولوژیک را داشتند؛ از لحاظ عملکرد دانه نیز ژنوتیپ ۱۸ بیشترین و ژنوتیپ ۱۶ کمترین عملکرد دانه را به خود اختصاص دادند. همچنین ژنوتیپ ۸ با میانگین ۵۸/۷۵ درصد دارای بیشترین و ژنوتیپ ۱۶ با میانگین ۳۶/۷۰ درصد دارای کمترین شاخص برداشت در بین سایر ژنوتیپ‌ها بودند (جدول ۱).

#### صفات مورفولوژیک

تأثیر تنش خشکی بر صفات طول سنبله، طول پدانکل، ارتفاع بوته و مساحت برگ پرچم در سطح یک درصد معنی‌دار بود. مقایسه میانگین‌ها نشان داد بیشترین طول سنبله، طول پدانکل، ارتفاع بوته و مساحت برگ پرچم از تیمار آبیاری کامل حاصل گردید که اختلاف معنی‌داری با تیمار قطع آبیاری در مرحله ۵۰ درصد گلدهی داشت. طول سنبله تفاوت چندانی بین این دو تیمار نداشت اما قطع آبیاری در ۵۰ درصد گلدهی موجب گردید که صفات طول پدانکل، ارتفاع بوته و مساحت برگ پرچم به ترتیب به میزان ۱۲/۴، ۷/۶۵ و ۲۴ درصد نسبت به دور آبیاری کامل کاهش پیدا کنند (جدول ۱). از آنجا که در آزمایش حاضر تنش خشکی بعد از گلدهی اعمال شد، همان طور که انتظار می‌رفت تفاوت میانگین طول سنبله در دو حالت تنش و مطلوب تفاوت چندانی نداشت. طول سنبله هر ژنوتیپ به دلیل آغازش اجزای آن در مراحل پیش از ظهور سنبله اندکی پیش از گلدهی تعیین و بعد از آن تغییر چندانی نمی‌یابد (Emam and Niknejad, 2004). نقش موثر طول پدانکل در مقاومت به خشکی و افزایش عملکرد در شرایط تنش خشکی توسط تعداد زیادی از پژوهشگران گزارش شده است (Slafer and Savin, 1994). نتایج

**جدول ۱. مقایسه میانگین صفات مورفولوژیکی و فیزیولوژیکی ژنوتیپ‌های امیدبخش جو تحت تنش خشکی انتهایی فصل**  
**Table 1. Mean comparison of morphological and physiological characteristics of promising genotypes of Barley under terminal drought stress**

تیمارها	طول سنبله	طول پداندکل	طول بونه	ارتفاع بوته	شاخص کلروفیل	SPAD	عملکرد بیولوژیک	عملکرد دانه	شاخص برداشت	محتوی نسبی آب برگ پرچم	محتوی غشاء سلولی	تراوایی غشاء سلولی	مساحت برگ پرچم
Treatments	Spike length (cm)	Peduncle length (cm)	Height (cm)	SPAD	Biological yield (Kg.ha <sup>-1</sup> )	Seed yield (Kg.ha <sup>-1</sup> )	Harvest index (%)	RWC	CMP (μs.m <sup>-1</sup> )	Flag leaf area (cm <sup>2</sup> )			
<b>Drought Stress</b>													
(Control)	7.86 a	26.83 a	68.04 a	37.33 b	10291.7 a	4887.2 a	48.37 a	76.88 a	420.17 b	8.12 a			
قطع آبیاری	7.35 b	23.50 b	62.83 b	43.23 a	9455.6 b	4171.5 b	44.54 a	66.34 b	983.90 a	6.17 b			
(Irrigation Termination)													
<b>ژنوتیپ</b>													
1	7.25 bcd	24.33 bcd	65.83 abc	37.95 bcde	9722.2 ab	3683.3 cd	37.99 ed	71.35 abcdefg	763.17 abcd	8.25 abcd			
2	7.33 bcd	26.16 ab	69.66 abc	34.65 de	8472.2 b	4722.2 abcd	57.33 ab	72.92 abcdef	640.17 efg	5.33 efg			
3	7.66 abcd	21.25 d	58.50 c	42.21 abc	10500 a	4363.9 cd	41.48 abcde	74.01 abcde	693.67 bcdefg	7.18 bcdef			
4	7.33 bcd	21.33 cd	61.66 abc	40.80 abcd	9805.6 ab	3687.5 cd	37.52 de	68.12 defg	715.67 abcdef	7.38 bcde			
5	8.07 abc	25.83 ab	64.08 abc	45.26 a	10027.8 ab	5893.1 ab	58.79 abcde	75.93 abcd	606.83 g	9.55 ab			
6	7.08 bcd	26 ab	65.41 abc	34.26 de	9472.2 ab	4277.8 cd	45.53 abcde	78.88 abc	660 defg	10.41 a			
7	8.75 a	25.58 ab	69.41 abc	33.93 e	10555.6 a	4468.1 ab	47.07 abcde	69.45 cdefg	775.17 abc	5.86 def			
8	8.25 ab	27.08 ab	69.75 abc	41.75 abc	10083.3 ab	5902.8 ab	58.75 a	80.47 a	627.67 fg	8.36 abc			
9	7.87 abc	26.16 ab	63.91 abc	40.83 abcd	10000 ab	4637.5 bcd	48.01 abcde	63.47 fg	669.17 cdefg	6.87 cdef			
10	8.16 ab	26.33 ab	69.28 abc	37.20 cde	9638.9 ab	4371.9 cd	46.28 abcde	67.10 defg	728.83 abcdef	5.98 cdef			
11	7.33 bcd	25.33 abc	63.50 abc	40.03 abcde	11194.4 a	4322.2 cd	39.49 cde	72.97 abcdef	629.83 fg	6.68 cdef			
12	7.66 abcd	26 ab	70.83 ab	40.23 abcde	9805.6 ab	3945.8 cd	40.59 bcde	74.14 abcde	781.67 ab	7.40 bcde			
13	8 abc	26.25 ab	59.75 bc	45.35 a	9666.7 ab	4466.7 cd	47.70 abcde	64.82 efg	691.67 bcdefg	7.34 bcde			
14	7.30 bcd	25.25abcd	63.66 abc	43.51 abc	9444.4 ab	4979.2 abc	54.40 abcde	79.50 ab	728.67 abcdef	6.46 cdef			
15	7.83 abc	23.58 bcd	60.25 bc	39.08 abcde	10111.1 ab	4220.8 cd	42.17 abcde	72.57 abcdef	804.83 a	4.83 fg			
16	6.75 cd	23.16 bcd	60.25 bc	44.11 ab	9583.3 ab	3420.8 d	36.70 e	71.03 bcdefg	740.50 abcde	6.81 cdef			
17	7.75 abcd	23 bcd	65.08 abc	38.46 bcde	9555.6 ab	3986.1 cd	42.21 abcde	62.46 g	700.3 abcdefg	3.61 g			
18	8.25 ab	27.16 ab	69.58 abc	43.78 abc	10111.1 ab	5997.2 a	56.28 abc	75.37 abcd	641.50 efg	10.43 a			
19	6.41 d	24.75abcd	65.16 abc	41.46 abc	9777.8 ab	4743.1 abcd	50.55 abcde	68.17 defg	758 abcd	6.08 cdef			
20	7.16 bcd	28.83 a	73.16 a	40.78 abcd	9944.4 ab	4497.2 cd	45.27 abcde	69.14 defg	683.33 bcdefg	8.06 bcd			

اعداد دارای حروف مشترک در هر ستون دارای اختلاف معنی داری بر اساس آزمون دانکن در سطح ۵ درصد نمی‌باشند.  
 Means followed by similar letters in each column are not significantly different at p=5%, Duncan Multiple Range Test.

ژنوتیپ‌های ۵ و ۱۳ بیشترین و ژنوتیپ شماره ۷ کمترین میزان کلروفیل را در دو محیط دارا بود. ژنوتیپ ۸ بیشترین مقدار محتوای نسبی آب برگ و ژنوتیپ ۱۷ کمترین مقدار محتوای نسبی آب برگ را به خود اختصاص دادند. ژنوتیپ ۱۵ بیشترین مقدار هدایت الکتریکی غشاء سلول و ژنوتیپ ۵ کمترین مقدار هدایت الکتریکی غشاء سلول را به خود اختصاص دادند.

#### منابع

- Bauder, J., 2002. When necessary, Just-in-time, irrigating can save water. MSU Extension Publications. 406-994-3273.
- Barracough, P.B., Kate, J., 2001. Effect of water stress on chlorophyll meter readings in winter wheat. In: Horst, W.J., Schenk, M.K., Burkert, A., Claassen, N., Flessa, H., Frommer, W.B., Goldbach, H., Olf, H.-W., Romheld, V., Sattelmacher, B., Schmidhalter, U., Schubert, S., Wiren, N.V., Wittenmayer, L. (Eds.), Plant Nutrition-Food Security and Sustainability of Agro-ecosystems Through Basic and Applied Research. Proceedings of XIV IPNC, Hannover, Germany. pp. 722–723.
- Darvishi Baloochi, M., Paknejad, F., Kashani, A., Ardakani, M.R., 2010. Effect of water stress and foliar feeding of micronutrients on chlorophyll fluorescence parameters, chlorophyll content, RWC, membrane stability and grain yield of maize (SC704). J. Crop Sci. 41(3), 531-543.
- Emam, Y., Niknejhad, M., 2004. An Introduction to the Physiology of Crop Yield. Shiraz University Press, 571p. [In Persian].
- Gavutzi, P., Rizza, F., Palumbo, M., Gampaline, R.G., Ricciardi, G.L., Borghi, B., 1997. Evaluation of field and laboratory predictors of drought and heat tolerance in winter cereals. Canadian J. Plant Sci. 77, 523-531.
- Fokar, M., Blum, A., Nguyen, H.T., 1998. Heat tolerance in spring wheat. II Grain filling. Euphytica. 104, 9-15.
- Haghparsat, R., 1996. Selection of drought-resistant wheat varieties. MSc thesis, University of Tabriz. [In Persian with English Summary].
- Kafi, M., Rostami, M., 2007. Yield characteristics and oil content of three safflower (*Carthamus tinctorius*) cultivars under drought in reproductive stage and irrigation with saline water. Iranian J. Field Crops Res. 5, 121-132. [In Persian with English Summary].
- Martin, M., Miceli, F., Morgan, J., Scalet, M., Zerbina, G., 1993. Synthesis of osmotically active substance in winter wheat leaves as related to drought resistance of different genotypes. Crop Sci. 171, 176-184.
- Pessarakli, M., 1999. Handbook of Plant and Crop Stress. Marcel Dekker Inc. 697 p.
- Sairam, R.K., Saxena, D.C., 2000. Oxidative stress and antioxidant in wheat genotypes: possible mechanism of water stress tolerance. J. Agron. Crop Sci. 184, 55-61.
- Singh, B.D., 2000. Plant Breeding-Principles and Methods. Kalyani Publisher. 896pp.
- Singh, J., Patel, A. L. 1996. Water status, gaseous exchange, proline accumulation and yield of wheat in response to water stress. Ann. Biol. (Ludhiana). 12 (1), 77-81.
- Slafer, G.A., Savin, R., 1994. Post-Anthesis green area duration in a semidwarf and a standard height wheat cultivar as affected by sink strength. Aust. J. Agric. Res. 43, 1337-1346.
- Vijendra Das, L.D. 2000. Problems Facing Plant Breeding. CBS Publishers and Distributors. 242 pp.
- Vasquez-Tello, A., 1990. Electrolyte and Pi leakages and soluble sugar content as physiological test for screening resistance to water stress in *Phaseolus* and *Vigna* species. J. Exp. Bot. 41, 827-832.