



تأثیر تنش آبی بر اندام‌های هوایی، ریشه و عملکرد گندم دوروم (*Triticum durum* Desf.) در کشت مخلوط ژنوتیپ‌ها

مریم میردورقی^۱، محمدصادق تقی‌زاده^۲، علی بهپوری^{*۲}

۱. دانشجوی کارشناسی ارشد دانشکده کشاورزی داراب، دانشگاه شیراز

۲. استادیار بخش اگرواکولوژی دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی داراب، دانشگاه شیراز

تاریخ دریافت: ۹۷/۰۶/۰۵؛ تاریخ پذیرش: ۹۷/۰۸/۱۳

چکیده

به منظور بررسی تأثیر تنش آبی بر اندام‌های هوایی، ریشه و عملکرد گندم دوروم در کشت مخلوط ژنوتیپ‌ها، آزمایشی به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با ۳ تکرار در گلخانه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی داراب، دانشگاه شیراز در سال ۹۷-۹۶ اجرا شد. تیمارهای آزمایشی با استفاده از مخلوط ارقام و لاین‌ها شامل: شبرنگ، بهرنگ و لاین‌های DW-92-4 و DW-94-14 به صورت کشت خالص و کشت مخلوط ژنوتیپ‌ها در ترکیب‌های دوتایی و چهارتایی بودند. تیمار تنش شامل دو سطح (آبیاری نرمال و تنش آبی) بر مخلوط ژنوتیپ‌ها اعمال شد. نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر تنش و سیستم‌های کشت و اثر متقابل تنش × سیستم‌های کشت بر عملکرد دانه معنی‌دار بود ($p \leq 0.01$). مقایسه میانگین اثر متقابل نشان داد که بیشترین عملکرد دانه مربوط به ترکیب کشت مخلوط شبرنگ + بهرنگ (۸/۷۵ گرم در بوته) در شرایط آبیاری نرمال و کمترین آن نیز مربوط به ترتیب کشت خالص DW-92-4 با میانگین ۱/۱ گرم در بوته که با تیمار کشت مخلوط DW-92-4 و DW-94-14 با میانگین ۱/۲۰ گرم، کشت خالص بهرنگ با میانگین ۱/۲۵ گرم، کشت مخلوط بهرنگ + DW-92-4 با میانگین ۱/۲۵، کشت خالص شبرنگ با میانگین ۱/۴۵، کشت خالص DW-94-14 با میانگین ۱/۵۰، کشت مخلوط چهار ژنوتیپ DW-92-4 و DW-94-14 + شبرنگ + بهرنگ با میانگین ۱/۷۵، کشت مخلوط شبرنگ + بهرنگ با میانگین ۲/۳۵ (در شرایط تنش آبی) و کشت مخلوط شبرنگ + DW-94-14 با میانگین ۱/۴۵ (در شرایط آبیاری نرمال) اختلاف آماری معنی‌داری نداشت. بالاترین همبستگی مثبت و معنی‌دار بین عملکرد دانه با ارتفاع گیاه و وزن هزار دانه و طول برگ به ترتیب $r = 0.443^{**}$ ، $r = 0.434^{**}$ و $r = 0.313^*$ مشاهده شد. به طور کلی، نتایج به دست آمده نشان‌دهنده این است که کشت مخلوط دو ژنوتیپ شبرنگ + بهرنگ در شرایط آبیاری نرمال نسبت به کشت خالص یک ژنوتیپ در شرایط تنش آبی از عملکرد دانه بالاتری برخوردار بود. همچنین، بیشترین عملکرد در حالت تنش آبی به کشت مخلوط شبرنگ + DW-92-4 اختصاص یافت.

واژه‌های کلیدی: تنش خشکی، تنوع ژنتیکی، عملکرد دانه، مخلوط ارقام، نسبت ریشه به اندام هوایی.

مقدمه

در مناطق خشک و نیمه‌خشک قرار گرفته است که در این مناطق به علت کمبود منابع آب و در نتیجه بروز تنش برای گیاه، عملکرد گندم به شدت کاهش می‌یابد. تنش آبی از جنبه‌های متعدد از جمله فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی قابل بررسی بوده و برای سالیان متمادی در مطالعات فیزیولوژیکی و ژنتیک مولکولی مورد توجه محققین بوده است (Forster et al., 2000). تنش آبی در مرحله پر

گندم دوروم (*Triticum durum* Desf.) در سال ۲۰۰۹ در سطحی معادل ۱۳/۳ میلیون هکتار در جهان کشت شده است که حدود ۳۱/۹ میلیون تن تولید داشته است (USDA, 2010). یاسر و همکاران (Yasir et al., 2013) گزارش کردند که در جهان حدود ۲۳۰ میلیون هکتار زمین توسط گندم کشت شده است و ۵۰ درصد از این مناطق با تنش آبی مواجه هستند. بخش زیادی از اراضی زیر کشت گندم در ایران

به شرط حفظ کیفیت محصول و بازارپسندی آن یکی از اهداف کشت مخلوط در کشاورزی پایدار است (Fernandez Aparicio et al., 2007). برخی محققین شواهد مستقیمی ارائه دادند که بلاست برنج به صورت مؤثری از طریق کشت مخلوطی از ژنوتیپ‌ها کنترل شده است (Zhu et al., 2000; Mundt, 2000). سیستم‌های کشت مخلوط موجب تسهیل در رشد سیستم ریشه‌ای می‌شود (De Kroon, 2007). از آنجاکه مطالعات محدودی درباره عملکرد و اجزای عملکرد مخلوط ژنوتیپ‌های گندم دوروم تحت تنش آبی صورت گرفته است، هدف این مطالعه بررسی تغییرات عملکرد و اجزای عملکرد و مورفولوژیک اندام‌های هوایی و سیستم ریشه‌ای گندم دوروم در مخلوط ژنوتیپ‌ها تحت شرایط تنش آبی بود.

مواد و روش‌ها

به منظور بررسی تأثیر تنش آبی بر مخلوط ژنوتیپ‌های گندم دوروم آزمایشی در سال ۹۷-۱۳۹۶ در گلخانه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی داراب، دانشگاه شیراز اجرا شد. در این مطالعه چهار ژنوتیپ گندم دوروم شامل ارقام شیرنگ، بهرنگ و لاین‌های DW-92-4 و DW-94-14 مورد استفاده قرار گرفتند. علت انتخاب این ژنوتیپ‌ها پتانسیل بالا، مقاوم بودن در برابر بیماری زنگ زرد و دارای کیفیت دانه مناسب، متوسط طرس، عدم ریزش دانه و برای صنعت ماکارونی سازی کشور است. تیمارها شامل ترکیب‌های کشت مخلوط‌های دوتایی و چهارتایی و کشت خالص این ژنوتیپ‌ها و تیمار تنش در دو سطح آبیاری نرمال و تنش آبی بودند. آزمایش در گلخانه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی داراب دانشگاه شیراز به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی در سه تکرار اجرا شد. برای اطمینان از سبزشدن ابتدا بذرها مورد نظر در آزمایشگاه جوانه‌دار شدند و سپس درون گلدان‌هایی به قطر و ارتفاع ۲۲ سانتی‌متر که با یک خاک زراعی پر شده بودند کشت شدند. در هر گلدان ۸ عدد بذر کشت شد. پس از سبزشدن، در کشت‌های خالص ۴ گیاهچه در هر گلدان و در کشت‌های مخلوط دوتایی از هر ژنوتیپ ۲ گیاهچه و در مخلوط چهارتایی از هر ژنوتیپ یک گیاهچه در هر گلدان نگهداری شد. به این ترتیب تراکم بوته در گلدان‌ها ثابت بود. همه گلدان‌ها تا مرحله چهار برگگی به صورت نرمال آبیاری شدند و از مرحله پنج‌برگی به بعد تیمارهای تنش آبی تا مرحله کم شدن رطوبت خاک به زیر میزان حد ظرفیت

شدن دانه با کاهش وزن تک‌دانه‌ها از طریق کاهش تولید مواد فتوسنتزی، عملکرد دانه را کاهش می‌دهد (Rostaei, 2010). نتیجه نهایی و عمومی این تنش‌ها، چروکیدگی دانه، کاهش وزن هزار دانه و در نتیجه کاهش عملکرد دانه است (Ebadi et al., 2007). گواندوز و همکاران (Guendouz et al., 2014) گزارش دادند که تنش آبی در گندم دوروم بر تعداد سنبله در مترمربع و تعداد دانه در سنبله تأثیر می‌گذارد و علاوه بر آن تنش آبی نیز به طور معنی‌داری باعث کاهش وزن دانه می‌شود. عزت احمدی و همکاران (Ezzat Ahmadi et al., 2010) کاهش طول سنبله، طول پدانکل، ارتفاع گیاه و طول پر شدن دانه را در اثر تنش آبی گزارش کردند. یکی از راه‌کارهای کاهش اثرات منفی تنش آبی در مناطق خشک و نیمه‌خشک دستیابی به ژنوتیپ‌هایی از گندم است که در شرایط تنش آبی تحمل بیشتری نشان داده و کاهش عملکرد کمتری داشته باشند (Garcia del Moral et al., 2003). ژنوتیپ‌های گندم تحت شرایط تنش آبی از طریق تغییرات فیزیولوژیکی و مورفولوژیکی از جمله روزنه‌ها (اندازه، تعداد و باز و بسته شدن آن)، برگ (سطح، شکل، توسعه، جهت‌گیری، پیری و مومی بودن آن)، ریشه (طول، تراکم و وزن خشک آن)، راندمان مصرف آب، محتوای نسبی آب، راندمان تبخیر و تعرق، سطوح اسید آسبیزیک و پایداری غشای سلول و پروتئین‌های شوک حرارتی و تبعیض ایزوتوپ کربن مقاومت می‌کنند (Rauf, 2007). عده‌ای از محققین بر این باورند که ژنوتیپ‌های دارای سیستم ریشه‌ای گسترده باید بتوانند رطوبت خاک را در بارندگی‌های ناگهانی (بارندگی‌های خارج از فصل) جذب کنند و از آن برای پر شدن دانه استفاده کنند (Palta et al., 2011). اندازه‌گیری‌ها نشان داده‌اند که حتی در شرایط تنش آبی شدید مقدار قابل توجهی رطوبت در اعماق خاک وجود دارد که با اصلاح صفاتی مانند افزایش نفوذ و گسترش ریشه می‌توان از آن بهره گرفت (Passioura, 2006). به طور کلی، مکانیسم‌ها و راه‌حل‌های مقابله با تنش آبی که تاکنون انجام شده است عمدتاً بر روی به‌نژادی متمرکز بوده‌اند و تاکنون به راه‌حل‌های اکولوژیک مانند سیستم‌های کشت مخلوط ژنوتیپ‌ها کمتر توجه شده است.

کشت مخلوط به‌عنوان یکی از روش‌ها و نمونه‌ای از نظام‌های پایدار در کشاورزی اهدافی نظیر ایجاد تعادل اکولوژیک، بهره‌برداری بیشتر از منابع، افزایش کمی و کیفی عملکرد و کاهش خسارت آفات، بیماری‌ها و علف‌های هرز را دنبال می‌کند. کاهش وابستگی کشاورزان به آفت‌کش‌ها

مربوط به کشت خالص DW-92-4 با میانگین ۱/۱ گرم در بوته که با تیمار کشت مخلوط DW-92-4 و DW-94-14 با میانگین ۱/۲۰ گرم، کشت خالص بهرنگ با میانگین ۱/۲۵ گرم، کشت مخلوط بهرنگ + DW-92-4 با میانگین ۱/۲۵، کشت خالص شبرنگ با میانگین ۱/۴۵، کشت خالص DW-94-14 با میانگین ۱/۵۰، کشت مخلوط چهار ژنوتیپ DW-92-4 و DW-94-14 + شبرنگ + بهرنگ با میانگین ۱/۷۵، کشت مخلوط شبرنگ + بهرنگ با میانگین ۲/۳۵ (در شرایط تنش آبی) و کشت مخلوط شبرنگ + DW-94-14 با میانگین ۱/۴۵ (در شرایط آبیاری نرمال) اختلاف آماری معنی‌داری نداشت (شکل ۱).

افزایش عملکرد به‌عنوان یکی از مزیت‌های کشت مخلوط ارقام گندم گزارش شده است که بیشترین عملکرد دانه در تیمارهای ترکیب کشت دو ژنوتیپ به دست آمد (Zareh- FaizAbadi and Emamverdian, 2012). برخی محققین بیان داشته‌اند که عملکرد دانه در ترکیب کشت مخلوط با میزان بذریکسان نسبت به کشت خالص ۱۵ تا ۲۳ درصد برتری نشان می‌دهد (Nazeri et al., 2004). در بررسی کشت مخلوط دو رقم هیبرید ذرت (*Zea mays* L.) نیز گزارش شده است که میزان عملکرد دانه در کشت مخلوط ژنوتیپ‌ها بیشتر از تک‌کشتی هر یک از ژنوتیپ‌ها بود (Oveysi, 2005). استفاده از تنوع ژنتیکی ژنوتیپ‌ها در کشت مخلوط باعث استفاده بهینه از منابع محیطی موجود و درنهایت باعث افزایش عملکرد و همچنین پایداری عملکرد در واحد سطح می‌شود (Hakala et al., 2012; Sari et al., 2013; Malezieux et al., 2009; Finckh et al., 2000).

تعداد دانه در سنبله

بر اساس نتایج حاصل از تجزیه واریانس (جدول ۱) تعداد دانه در سنبله تحت تأثیر تنش، ترکیب‌های کشت و اثر متقابل تنش × ترکیب‌های کشت معنی‌دار ($p \leq 0.01$) بود. نتایج مقایسه میانگین اثر متقابل نشان داد که بیشترین تعداد دانه در سنبله مربوط به کشت مخلوط بهرنگ و DW-94-14 با میانگین ۲۷/۳ در شرایط آبیاری نرمال که با ۶ تیمار دیگر اختلاف آماری معنی‌داری را نشان نداد و کمترین آن مربوط به کشت مخلوط DW-92-4 و DW-94-14 با میانگین ۷/۳ (شرایط تنش آبی) که با ۱۲ تیمار دیگر در شرایط آبیاری نرمال اختلاف آماری معنی‌داری نداشت (جدول ۲).

مزرعه به‌صورت وزنی اعمال شدند. در این هنگام از لحاظ ظاهری سطح گلدان‌ها کاملاً خشک‌شده و برگ گیاهان به‌صورت لوله‌ای شکل درآمد و تنش آبی را نشان می‌دادند. پس از مشاهده این علائم گلدان‌ها مجدداً به‌صورت کامل آبیاری می‌شدند. صفات ارتفاع بوته، طول و عرض برگ و تعداد برگ در بوته اندازه‌گیری و ثبت شدند. سپس اندام‌های هوایی از محل طوقه به‌طور جداگانه برداشت‌شده و بوته‌ها به آزمایشگاه منتقل و خصوصیات مانند تعداد سنبله در بوته، طول سنبله و اجزای عملکرد شامل تعداد دانه در سنبله، تعداد دانه در سنبله و وزن هزار دانه برای هر ژنوتیپ به‌طور جداگانه اندازه‌گیری شد. برای اندازه‌گیری بیوماس اندام‌های هوایی، نمونه‌ها در داخل آون با درجه حرارت ۷۲ درجه سانتی‌گراد به مدت ۴۸ ساعت قرار گرفتند و سپس بیوماس هر ژنوتیپ به‌طور جداگانه وزن شد. عملکرد دانه نیز بر اساس وزن دانه در هر بوته محاسبه گردید. برای اندازه‌گیری خصوصیات ریشه ابتدا گلدان‌ها شکافته شدند و با قرار دادن خاک گلدان در داخل طشت آب ریشه‌ها شستشو داده شدند تا خاک به‌طور کامل از آن‌ها جدا شود. سپس طول ریشه اندازه‌گیری شده و نمونه‌های ریشه داخل پاکت‌های کاغذی قرار داده شدند و در آون به مدت ۷۲ ساعت با دمای ۸۰ درجه سانتی‌گراد به‌طور کامل خشک شدند. وزن خشک ریشه در هر گلدان با استفاده از ترازوی دقیق اندازه‌گیری شد. رطوبت موجود در داخل گلخانه اندازه‌گیری و در محدوده ۶۰-۷۰ درصد و دمای گلخانه به ترتیب در روشنایی و تاریکی ۲۸ و ۱۸ درجه سانتی‌گراد بود. تجزیه داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SPSS و SAS صورت گرفت و مقایسه میانگین‌ها بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال ۰/۰۱ انجام شد.

نتایج و بحث

عملکرد دانه

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که عملکرد دانه تحت تأثیر تنش، ترکیب‌های کشت و اثر متقابل تنش × ترکیب‌های کشت معنی‌دار بود ($p \leq 0.01$) (جدول ۱). معنی‌دار بودن اثر متقابل به این مفهوم است که ژنوتیپ‌ها از نظر صفات مورد آزمون به شرایط محیطی واکنش متفاوتی را از خود بروز می‌دهند. مقایسه میانگین اثر متقابل نشان داد که بیشترین عملکرد دانه به ترتیب مربوط به کشت مخلوط شبرنگ و بهرنگ با میانگین ۸/۷۵ گرم در شرایط آبیاری نرمال بود و کمترین آن

جدول ۱. تجزیه واریانس اثر تنش آبی و ترکیب‌های کشت بر اندام‌های هوایی، ریشه و عملکرد گندم دوروم در کشت مخلوط ژنوتیپ‌ها
 Table 1. Analysis of variance of the effects of water stress and cultivation combinations on above ground parts, roots and yield of durum wheat in mixed cropping of genotypes

S.O.V.	منابع تغییرات	درجه آزادی df	Mean Square		میانگین مربعات			
			عملکرد دانه Grain yield per plant	تعداد سنبله در بوته No. of spikes per plant	تعداد دانه در سنبله No. of seeds per spike	تعداد دانه در سنبله No. of seeds per spikelet	وزن هزار دانه One thousand seed weight	طول سنبله Spikes length
Stress (S)	تنش	1	15373**	2.65 ^{ns}	12480**	2.1 ^{ns}	5769.8**	4.25 ^{ns}
Cultivation Combination (C)	ترکیب کشت	10	6.312**	1.82 ^{ns}	12070**	256**	70473**	0.72 ^{ns}
S × C	ترکیب کشت × تنش	10	7.074**	4.36 ^{ns}	12790**	38.73**	15025**	0.92 ^{ns}
Error	خطا	44	0.251	3.43	126	5	33.91	1.87
CV(%)	ضریب تغییرات		14.92	38.3	7.33	14.10	12.03	16.6

Table 1. Continued

جدول ۱. ادامه

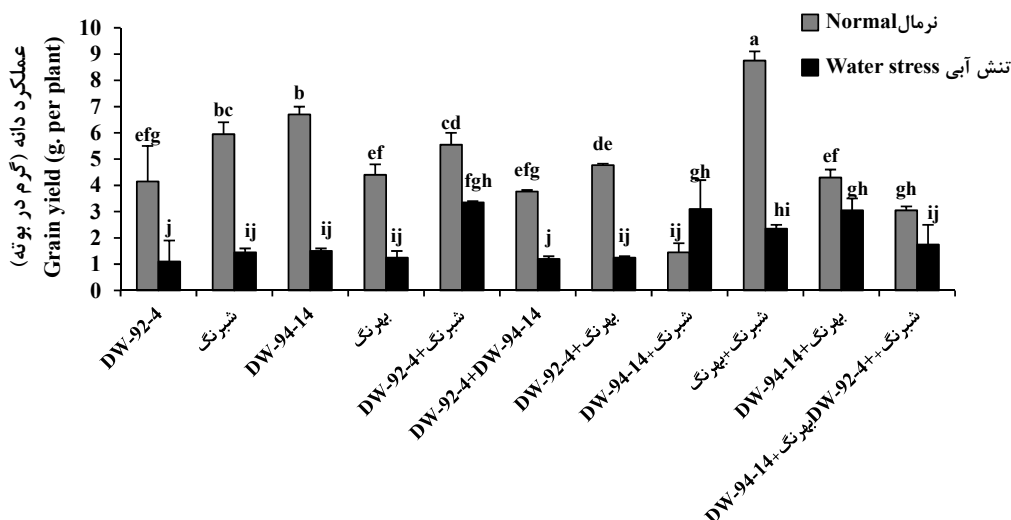
S.O.V.	منابع تغییرات	درجه آزادی df	Mean Square			میانگین مربعات		
			ارتفاع بوته Plant height	وزن خشک ریشه به اندام هوایی Root/shoot dry matter	طول ریشه Root length	عرض برگ Leaf width	تعداد برگ در بوته No. of leaves per plant	
Stress (S)	تنش	1	504.6**	16.36**	16.50 ^{ns}	412.5**	0.165 ^{ns}	35.64 ^{ns}
Cultivation Combination (C)	ترکیب کشت	10	24.84**	3.99**	3.99 ^{ns}	36.31**	0.050 ^{ns}	33.38 ^{ns}
S × C	تنش × ترکیب کشت	10	15.07**	4.048**	24.6 ^{ns}	53.23**	0.098 ^{ns}	111.5 ^{ns}
Error	خطا	44	2.65	0.020	16.34	6.82	0.092	70.73
CV(%)	ضریب تغییرات		3.55	12.6	14.83	11.70	23.28	14.49

^{ns}, * و **: به ترتیب عدم وجود تفاوت معنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد

^{ns}, * and **: are non-significant and significant at 0.05 and 0.01, respectively

بالاتر، عملکرد بیشتری را در واحد سطح تولید می‌کنند. با توجه به اینکه ترکیب کشت مخلوط شبرنگ+بهرنگ توانسته بالاترین عملکرد را در سطح آبیاری نرمال به دست آورد همچنین از تعداد دانه در سنبله بالایی در سطح آبیاری نرمال با میانگین ۲۱/۱ برخوردار بود. تعداد دانه در سنبله جزء مهمی در عملکرد دانه گندم است (Gonzalez et al., 2007). فرامرزی (Faramarzi, 2014) در مطالعه بر روی کشت مخلوط غلات گزارش کرد که بیشترین تعداد دانه در سنبله در کشت مخلوط غلات با نسبت ۱:۱ و کمترین آن نیز در تک‌کشتی‌ها به دست آمد.

افضلی (Afzali, 2014) در مطالعه کشت مخلوط چهار ژنوتیپ گندم گزارش کرد که بیشترین تعداد دانه در سنبله در کشت مخلوط و کمترین تعداد دانه در سنبله نیز در کشت‌های خالص به دست آمد. کمتر بودن تعداد دانه در سنبله در تیمارهای کشت خالص ژنوتیپ‌ها احتمالاً به علت ویژگی‌های مورفولوژیکی یکسان است که رقابت میان بوته‌ها را به میزان زیادی افزایش داده است و همین عامل احتمالاً می‌تواند تعداد دانه در سنبله را کاهش دهد (Seyedi et al., 2012). یودین و همکاران (Uddin et al., 1997) اظهار داشتند که در گندم ژنوتیپ‌های دارای تعداد دانه در سنبله



شکل ۱. مقایسه میانگین اثر متقابل بر عملکرد گندم دوروم در کشت مخلوط ژنوتیپ‌ها

Fig. 1. Mean comparison of interaction effect on yield of mixed genotypes of durum wheat

وزن هزار دانه بالایی باشند عملکرد بالایی را به خود اختصاص می‌دهند (Hosseinpor et al., 2001; Tavakoli et al., 2007; Fagham et al., 2014). تنش آبی از مرحله گل‌دهی تا رسیدگی دانه، به‌ویژه اگر با دمای زیادی همراه باشد، پیری برگ را شروع و دوره پر شدن دانه را کاهش داده و بنابراین وزن هزار دانه کاهش پیدا می‌کند؛ که این موضوع می‌تواند دلیلی بر کاهش وزن هزار دانه در سطح تنش آبی باشد (Royo et al., 2000)؛ و با نتایج برخی محققین مطابقت داشت (Khan et al., 2005; Qadir et al., 1999).

ارتفاع بوته

بر اساس نتایج تجزیه واریانس، ارتفاع بوته تحت تأثیر تنش، ترکیب‌های کشت و اثر متقابل تنش×ترکیب‌های کشت معنی‌دار ($p \leq 0.01$) بود (جدول ۱). مقایسه میانگین اثر متقابل نشان داد که بالاترین ارتفاع بوته در شرایط آبیاری نرمال مربوط به کشت مخلوط شبرنگ+DW-92-4 با میانگین ۵۲/۱۶ که با پنج تیمار دیگر تفاوت معنی‌داری را نشان نداد. کمترین ارتفاع بوته مربوط به کشت خالص DW-94-14 با میانگین ۴۰/۰ که با شش تیمار دیگر در شرایط تنش آبی اختلاف آماری معنی‌داری را نشان نداد (شکل ۲). علت کاهش ارتفاع بوته تا حدود زیادی به رقابت بین گیاهان برای تصاحب نور برمی‌گردد. به‌طور کلی ایجاد پوشش گیاهی مناسب نقش مهمی در تعیین ارتفاع بوته دارد و با کاهش

تعداد دانه در سنبلچه

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که تعداد دانه در سنبلچه تحت تأثیر تنش، ترکیب‌های کشت و اثر متقابل تنش× ترکیب‌های کشت معنی‌دار ($p \leq 0.01$) بود (جدول ۱). مقایسه میانگین اثر متقابل نشان داد که بیشترین تعداد دانه در سنبلچه مربوط به ترکیب کشت مخلوط DW-94-14+بهرننگ با میانگین ۴/۱ در شرایط تنش آبی و کمترین تعداد دانه در سنبلچه مربوط به کشت خالص DW-92-4 با میانگین ۱/۰۷ در شرایط تنش آبی بود که با پانزده تیمار دیگر اختلاف آماری معنی‌داری را نشان نداد (جدول ۲).

وزن هزار دانه

بر اساس نتایج تجزیه واریانس، وزن هزار دانه تحت تأثیر تنش، ترکیب‌های کشت و اثر متقابل تنش× ترکیب‌های کشت معنی‌دار ($p \leq 0.01$) بود (جدول ۱). مقایسه میانگین اثر متقابل نشان داد که بالاترین وزن هزار دانه در شرایط آبیاری نرمال مربوط به کشت مخلوط شبرنگ+DW-92-4 با میانگین ۷۰ گرم که با تیمارها کشت مخلوط شبرنگ-DW-94-14+بهرننگ تفاوت معنی‌داری نشان نداد؛ اما در کشت خالص شبرنگ با میانگین ۲۲،۵۲ گرم در شرایط تنش آبی از میزان وزن هزار دانه کاسته شد که با ۲ تیمارهای دیگر تفاوت معنی‌داری نشان داد (جدول ۲). وزن هزار دانه تأثیر مثبتی را بر عملکرد دانه دارد و ژنوتیپ‌هایی که دارای

(Mohammadi et al., 1998) نیز در مطالعه خود روی ۱۶ ژنوتیپ گندم گزارش کردند تنش آبی سبب کاهش ارتفاع بوته به میزان ۲۱/۷۱ درصد شد.

نسبت نور قرمز به قرمز دور و رقابت برای دریافت نور می‌تواند منجر به افزایش یا کاهش ارتفاع بوته گردد (Caliskonet al., 2007; Board, 2001). محمدی و همکاران

جدول ۲. مقایسه میانگین اثر متقابل بر عملکرد و اجزاء عملکرد

Table 2. Mean comparison of interaction effect on yield and yield components

سطح تنش Stress level	ترکیب کشت Cultivation combination	تعداد دانه در سنبله Seeds per spike	تعداد دانه در سنبله No. of seeds per spikelet	وزن هزار دانه One thousand seed weight(g)
تنش آبی Water Stress	DW-92-4	11.43 ^{fg}	1.4 ^{ef}	39.66 ^{fg}
	شبرنگ (Shabrang)	15.8 ^e	1.4 ^{ef}	22.52 ^j
	DW-94-14	12.0 ^{fg}	1.1 ^f	36.66 ^{ghi}
	بهرنگ (Behrang)	12.5 ^{fg}	1.2 ^{ef}	44.50 ^{defg}
	DW-92-4+ (Shabrang)	13.8 ^{ef}	1.2 ^{ef}	57.0 ^{bc}
	DW-92-4+DW-94-14	7.3 ^k	1.08 ^f	36.66 ^{ghi}
	DW-92-4+ بهرنگ (Behrang)	9.8 ^{hij}	1.08 ^f	40.66 ^{fgh}
	DW-94-14+ شبرنگ (Shabrang)	12.1 ^{fg}	1.35 ^{ef}	29 ^{gh}
	(Shabrang) شبرنگ+بهرنگ (Behrang)	23.3 ^{bcd}	1.70 ^{de}	41.79 ^{fgh}
	(Behrang) DW-94-14+بهرنگ (Behrang)	11.2 ^{ghi}	4.1 ^a	42.83 ^{fgh}
آبیاری نرمال Normal Irrigation	DW-92-4	23.9 ^{bc}	1.41 ^{ef}	34.66 ^{hi}
	شبرنگ (Shabrang)+بهرنگ (Behrang) DW-94-14	7.5 ^{jk}	1.07 ^f	64.66 ^b
	شبرنگ (Shabrang)	25.0 ^{ab}	1.13 ^f	58.33 ^{bc}
	DW-94-14	9.0 ^{ijk}	1.22 ^{ef}	52.66 ^{cde}
	بهرنگ (Behrang)	10.2 ^{ghi}	1.20 ^f	60.0 ^{bc}
	DW-92-4+ (Shabrang)	12.4 ^{fg}	2.21 ^c	70.0 ^a
	DW-92-4+DW-94-14	22.0 ^{cd}	2.20 ^c	44.0 ^{efgh}
	DW-92-4+ بهرنگ (Behrang)	25.0 ^{ab}	2.11 ^{cd}	46.0 ^{def}
	DW-94-14+ شبرنگ (Shabrang)	10.3 ^{ghi}	1.14 ^f	39.66 ^{fgh}
	(Shabrang) شبرنگ+بهرنگ (Behrang)	21.1 ^{cd}	1.45 ^{ef}	64.0 ^{ab}
(Behrang) DW-94-14+بهرنگ (Behrang)	27.3 ^a	2.82 ^b	53.66 ^{cd}	
DW-94-14+ (Behrang) شبرنگ (Shabrang)+بهرنگ (Behrang)	13.7 ^{ef}	1.08 ^f	61.0 ^{abc}	

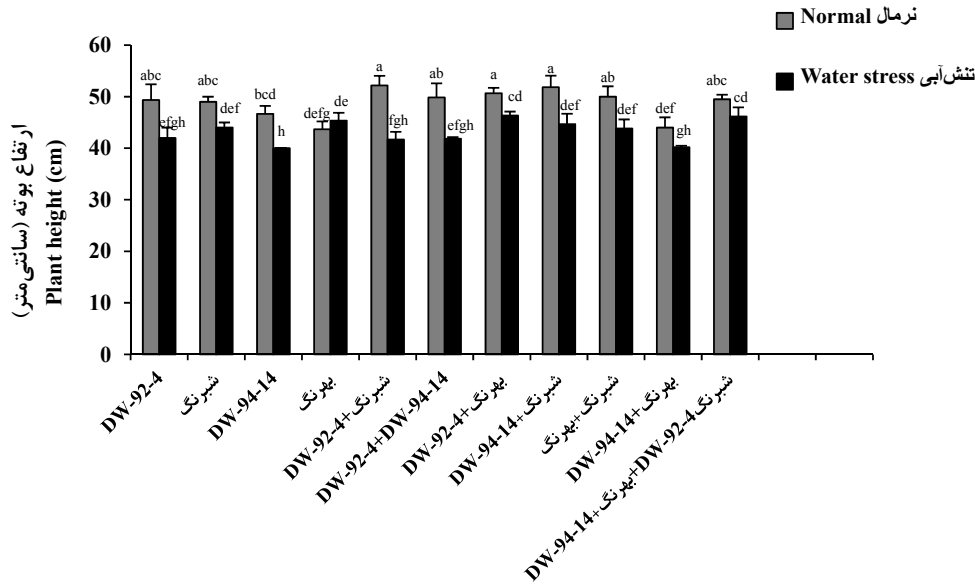
میانگین‌های دارای حروف متفاوت در هر ستون تفاوت معنی‌داری بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال ۱٪ دارند
Means followed by similar letter(s) in each column are not significantly different at 1% according to LSD Test

DW-92-4 با میانگین ۳۲/۰ که با تیمار کشت مخلوط ۲ تیمار اختلاف آماری معنی‌داری را نشان نداد و کمترین طول برگ به ترتیب در کشت مخلوط شبرنگ+بهرنگ با میانگین ۱۳/۵۰ که با پنج تیمار دیگر تفاوت معنی‌داری را نشان نداد (شکل ۳). معنی‌دار بودن اثر متقابل بیانگر این مطلب است

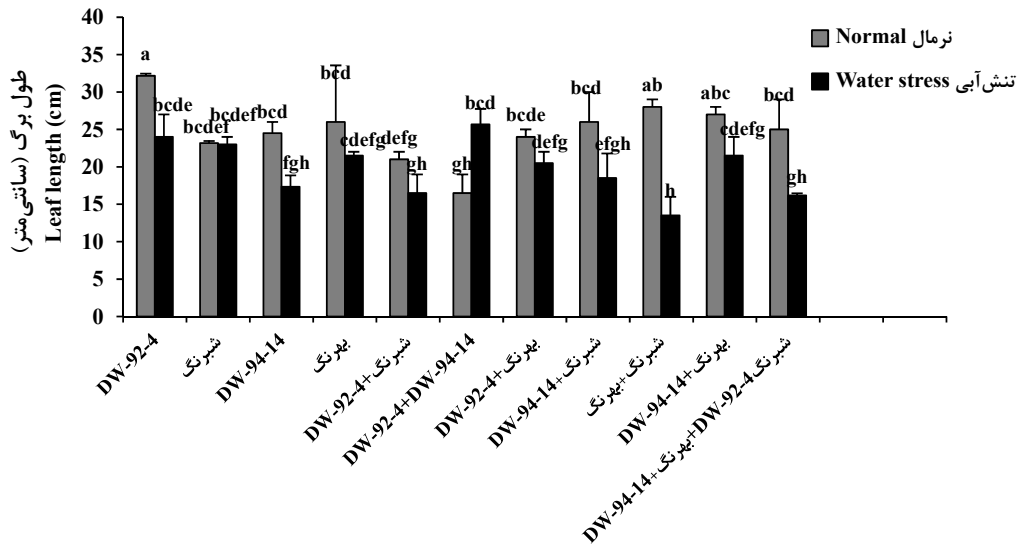
طول برگ

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که طول برگ تحت تأثیر تنش، ترکیب‌های کشت و اثر متقابل تنش × ترکیب‌های کشت معنی‌دار ($p \leq 0.01$) بود (جدول ۱). مقایسه میانگین اثر متقابل نشان داد که بیشترین طول برگ در کشت خالص

که ژنوتیپ‌ها از نظر صفت فوق به تنش واکنش متفاوتی نشان دادند. طول برگ پرچم نیز مانند سایر صفات مورفولوژیک در گندم هم تحت کنترل عوامل ژنتیکی و هم تحت تأثیر عوامل محیطی است. عرض برگ، تعداد برگ، تعداد سنبله در بوته، طول ریشه تحت تأثیر تیمارهای آزمایشی معنی‌دار نشد. (جدول ۱).



شکل ۲. مقایسه میانگین اثر متقابل بر صفت ارتفاع بوته گندم دوروم در کشت مخلوط ژنوتیپ‌ها
 Fig. 2. Mean comparison of interaction effect on plant height of mixed genotypes of durum wheat



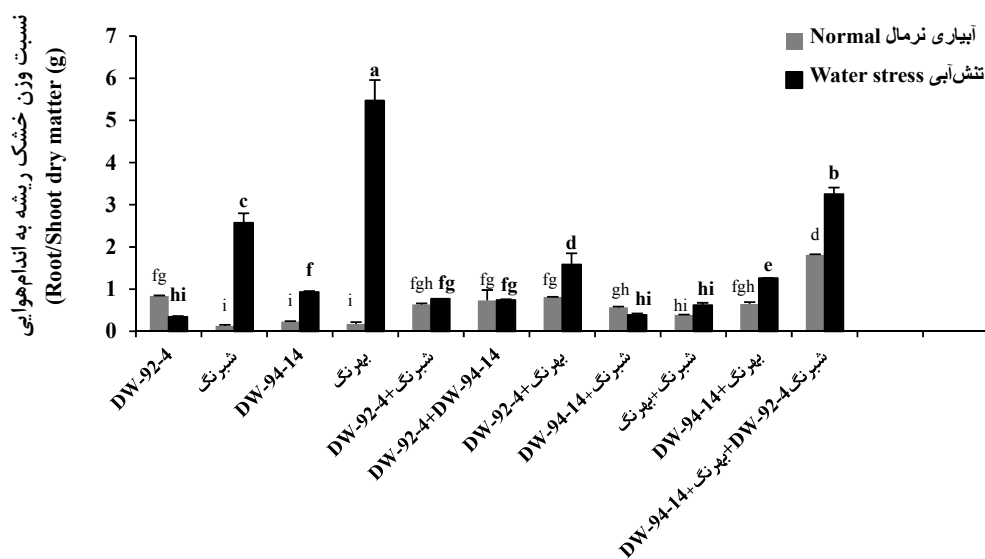
شکل ۳. مقایسه میانگین اثر متقابل بر طول برگ گندم دوروم در کشت مخلوط ژنوتیپ‌ها
 Fig. 3. Mean comparison of the interaction of water stress and cultivation combinations on leaf length of mixed genotypes of durum wheat

با دیگر تیمارها اختلاف آماری معنی‌داری را نشان داد (شکل ۴).

با توجه به اینکه در شرایط تنش آبی قدرت استخراج آب زراعی توسط گیاه به توزیع و عمق ریشه بستگی دارد (Dardanelli et al., 2004). لذا کشت خالص بهرنگ احتمالاً برای استخراج آب موفق‌تر از دیگر ترکیب‌های کشت خواهد بود و با توجه به افزایش نسبت وزن خشک ریشه به اندام هوایی در ترکیب کشت خالص بهرنگ می‌توان این ویژگی را در اولویت قرار دادن کشت آن در شرایط تنش جهت مقاوم بودن به شرایط تنش آبی موردتوجه قرار داد.

وزن خشک ریشه به اندام هوایی

وزن خشک ریشه به اندام هوایی تحت تأثیر تنش، ترکیب‌های کشت و اثر متقابل تنش × ترکیب‌های کشت معنی‌دار بود ($p \leq 0.01$) (جدول ۱). مقایسه میانگین اثر متقابل نشان داد که به‌طور کلی بیشترین نسبت R/S در تیمار کشت خالص بهرنگ با میانگین ۵/۴۷ گرم در شرایط تنش آبی و کمترین نسبت وزن خشک ریشه به اندام هوایی در شرایط آبیاری نرمال مربوط به کشت خالص شبرنگ با میانگین ۰/۱۳ گرم



شکل ۴. مقایسه میانگین اثر متقابل بر وزن خشک ریشه به اندام هوایی گندم دوروم در کشت مخلوط ژنوتیپ‌ها

Fig. 4. Mean comparison of the interaction of water stress and cultivation combinations on root/shoot dry matter of mixed genotypes of Durum Wheat

هزار دانه در گزارش‌های زیادی مشاهده شده است (Hosseinpor et al., 2001; Tavakoli et al., 2014; Saeidi et al., 2016; Fagham et al., 2007; Uddin et al., 1997). کالتیسکر و لی (Kaltiskes and Lee, 1975) و جبیهو و همکاران (Gebeyehou et al., 1982) همبستگی مثبت بین وزن هزار دانه با عملکرد دانه را در گندم دوروم گزارش کردند. همبستگی بین وزن هزار دانه و ارتفاع بوته مثبت و معنی‌دار بود ($r=0.257^*$) (جدول ۳)؛ اما فراهانی و ارزانی (Farahani and Arzani, 2006) همبستگی ارتفاع بوته با وزن هزار دانه را منفی به دست آوردند. به نظر می‌رسد زمانی که ارتفاع بوته و دمگل‌آذین

همبستگی صفات

مقادیر ضرایب همبستگی بین صفات در (جدول ۳) آورده شده است. در مجموع بالاترین همبستگی مثبت و معنی‌دار بین عملکرد دانه، ارتفاع گیاه و وزن هزار دانه و طول برگ به ترتیب ($r=0.443^{**}$)، ($r=0.434^{**}$)، ($r=0.312^{**}$) مشاهده شد (جدول ۳). نتایج نشان داد که همبستگی بین وزن هزار دانه و عملکرد در سطح ۱ درصد مثبت و معنی‌دار بود. با توجه به اینکه وزن هزار دانه آخرین جزء عملکرد است که تشکیل می‌شود، همبستگی مثبت نشان می‌دهد که وزن هزار دانه به‌عنوان یک عامل تعدیل‌کننده توانسته است کاهش سایر اجزا را به‌نوعی جبران کند. افزایش عملکرد دانه از طریق وزن

داد ($r=0/448^{**}$) و همچنین با طول سنبله همبستگی منفی و معنی‌داری را نشان داد ($r=-0/255^*$). وزن خشک ریشه به اندام هوایی با طول سنبله همبستگی مثبت و بسیار معنی‌داری را نشان داد ($r=0/430^{**}$) که زمانی که وزن خشک ریشه به اندام هوایی افزایش پیدا می‌کند بر طول سنبله هم اثر مثبت دارد و باعث طویل شدن طول سنبله و برعکس می‌شود. احتمالاً به‌صورت غیرمستقیم بر عملکرد دانه می‌تواند مؤثر باشد. طول سنبله با تعداد برگ همبستگی منفی و معنی‌داری را نشان داد ($r=-0/283^*$) (جدول ۳).

سنبله زیاد می‌شود مواد خام بیشتری از منبع به سمت دانه‌ها به‌عنوان مخزن سرازیر می‌شود. همچنین بین وزن هزار دانه و صفت ارتفاع بوته توسط مقدم و همکاران (Moghadam et al., 1997) همبستگی مثبت و معنی‌دار گزارش شده است. بین طول برگ و وزن هزار دانه همبستگی مثبت و بسیار معنی‌داری مشاهده شد ($r=0/315^{**}$) (جدول ۳). همچنین طول برگ و ارتفاع بوته همبستگی مثبت و معنی‌داری را نشان داد ($r=0/270^*$) (جدول ۳). عملکرد دانه با وزن خشک ریشه به اندام هوایی همبستگی منفی و بسیار معنی‌داری را نشان

جدول ۳. ضرایب همبستگی صفات

Table 3. Correlation coefficients

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1 تعداد سنبله در بوته No. of spikes per plant	1	0.14 ^{ns}	-0.26 [*]	0.01 ^{ns}	0.07 ^{ns}	-0.33 ^{**}	0.08 ^{ns}	0.24 ^{ns}	0.17 ^{ns}	-0.11 ^{ns}	0.14 ^{ns}	-0.01 ^{ns}
2 عملکرد دانه در بوته Grain yield		1	-0.45 ^{**}	0.31 [*]	-0.01 ^{ns}	-0.26 [*]	0.23 ^{ns}	0.01 ^{ns}	-0.13 ^{ns}	0.43 ^{**}	0.12 ^{ns}	0.44 ^{**}
3 وزن خشک ریشه به اندام هوایی Root/shoot dry matter			1	-0.17 ^{ns}	0.14 ^{ns}	0.43 ^{**}	0.01 ^{ns}	-0.30 [*]	-0.08 ^{ns}	-0.17 ^{ns}	-0.06 ^{ns}	-0.08 ^{ns}
4 طول برگ Leaf length				1	-0.15 ^{ns}	-0.02 ^{ns}	-0.02 ^{ns}	0.16 ^{ns}	-0.15 ^{ns}	0.32 ^{**}	-0.07 ^{ns}	0.27 [*]
5 عرض برگ Leaf width					1	0.15 ^{ns}	-0.03 ^{ns}	-0.28 ^{ns}	0.05 ^{ns}	-0.03 ^{ns}	0.03 ^{ns}	0.03 ^{ns}
6 طول سنبله Spike length						1	0.04 ^{ns}	-0.28 [*]	-0.02 ^{ns}	-0.12 ^{ns}	0.08 ^{ns}	-0.08 ^{ns}
7 تعداد دانه در سنبله Seeds per spike							1	0.14 ^{ns}	-0.20 ^{ns}	-0.01 ^{ns}	0.30 [*]	0.20 ^{ns}
8 تعداد برگ Leaves per plant								1	0.05 ^{ns}	-0.14 ^{ns}	0.18 ^{ns}	0.08 ^{ns}
9 طول ریشه Root length									1	-0.16 ^{ns}	0.07 ^{ns}	-0.03 ^{ns}
10 وزن هزار دانه One thousand seed weight										1	0.01 ^{ns}	0.26 [*]
11 تعداد دانه در سنبله No. of seeds per spikelet											1	-0.13 ^{ns}
12 ارتفاع بوته Plant height												1

ns, * و **: به ترتیب عدم وجود تفاوت معنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد

ns, *and** are non-significant and significant at 0.05 and 0.01, respectively

نتیجه‌گیری نهایی

شرایط تنش آبی در گلخانه بود. همچنین بیشترین عملکرد در شرایط تنش آبی به کشت مخلوط شبرنگ + DW-92-4 اختصاص یافت. (شکل ۱). بالاترین عملکرد در این آزمایش مربوط به کشت مخلوط دو ژنوتیپ به‌رنگ و شبرنگ در شرایط آبیاری نرمال بود که هر دو از پر محصولترین و جدیدترین ارقام گندم دوروم اصلاح‌شده برای مناطق گرم و

بر اساس نتایج تحقیق حاضر، بیشترین عملکرد دانه مربوط به ترکیب کشت مخلوط شبرنگ + به‌رنگ (۸/۷۵ گرم در بوته) در شرایط آبیاری نرمال و کمترین عملکرد دانه مربوط به ترکیب کشت خالص DW-92-4 (۱/۱ گرم در بوته) در

(f). به‌طور کلی نتایج به‌دست‌آمده نشان‌دهنده این است که کشت مخلوط ژنوتیپ شبرنگ+بهرنگ نسبت به کشت خالص به‌عنوان یک روش اگرواکولوژی می‌تواند اثرات مثبتی را بر عملکرد دانه داشته باشد. تنوع درون‌گونه‌ای به‌عنوان یک راهکار اگرواکولوژی می‌تواند در افزایش و ثبات عملکرد مورد استفاده قرار گیرد.

قدردانی

نویسندگان بر خود لازم می‌دانند از جناب آقای مهندس دست‌فال (عضو هیئت‌علمی مرکز تحقیقات و کشاورزی استان فارس) برای در اختیار قرار دادن ژنوتیپ‌های موردنیاز در این تحقیق تقدیر و تشکر کنند.

نیمه‌خشک جنوب کشور مانند داراب هستند. به‌طور کلی این افزایش می‌تواند به دلیل افزایش رقابت درون‌گونه‌ای و تفاوت ژنوتیپ‌های مختلف از جمله تفاوت در ارتفاع بوته‌ها در جذب نور، زمان رسیدگی بوته‌ها، انجام فتوسنتز و جذب مواد غذایی در ریشه‌ها با مرفولوژی متفاوت باشد. یکی از مهم‌ترین مزایای کشت مخلوط ارقام زراعی افزایش عملکرد نسبت به کشت خالص هر ژنوتیپ به‌تنهایی است.

بالاترین همبستگی مثبت و معنی‌دار بین عملکرد دانه و ارتفاع گیاه، وزن هزار دانه و طول برگ به ترتیب ($r=0.443^{**}$)، ($r=0.434^{**}$)، ($r=0.312^{**}$) مشاهده شد. عملکرد دانه با وزن خشک ریشه به اندام هوایی همبستگی منفی و بسیار معنی‌داری را نشان داد ($r=0.448^{**}$) و همچنین با طول سنبله همبستگی منفی و معنی‌داری را نشان داد ($r=0.255^*$).

منابع

- Afzali, S., 2014. Effects of genetic diversity and nitrogen fertilizers on wheat competitiveness in wheat farming system. M.Sc. Dissertation, Faculty of Agriculture, University of Shiraz, Iran. [In Persian].
- Board, J., 2001. Reduced lodging for soybean in low plant population is related to light quality. *Crop Science*. 41, 379-384.
- Caliskon, S., Arsalan, M., Vermis, I., 2007. The Effects of row spacing on yield and yield components of full season and double-cropped soybean. *Agriculture*. 31, 47-154.
- De Kroon, H., 2007. Ecology - How do roots interact? *Science*. 318, 1562-1563.
- Dardanelli, J.L., Ritchie, J.T., Calmon, M., Andriani, J.M., Collino, D.J., 2004. An empirical model for root water uptake. *Field Crops Res.* 87, 59-71.
- Ebadi, A., Sajed, K., Asgari, R., 2007. Effects of water deficit on dry matter remobilization and grain filling trend in three spring barley genotypes. *Journal of Food Agriculture and Environment*. 5(2), 359-362.
- Ezzat Ahmadi, M., Noormohammadi, Gh., Ghodsi, M., Kafi, M., 2010. Effect of moisture stress and potassium iodine spraying on agronomic characteristics and grain yield of bread wheat genotypes. *Iranian Journal of Field Crop Researches*. 82, 177-186. [In Persian with English Summary].
- Fagam, A.S., Bununu, A.M., Buba, U.M., 2007. Path coefficient analysis of the components of grain yield in wheat (*Triticum aestivum* L.). *International Journal of Natural and Applied Sciences*. 2, 310-316.
- Farahani, A., Arzani, A., 2006. A study of genetic diversity of varieties and F1 hybrids using agronomic characteristics of durum wheat. *Journal of Agricultural Science*. 4, 341-354. [In Persian with English Summary].
- Faramarzi, F., 2014. The effect of crop diversity on the weed population under the influence of nitrogen levels. MSc dissertation, Faculty of Agriculture, University of Shiraz, Iran. [In Persian with English Summary].
- Fernandez Aparicio, M., Sillero, J.C., Rubials, D., 2007. Intercropping with cereals reduces infection by *Orobanche crenata* in legumes. *Crop Pro*. 26, 1166-1172.
- Finckh, M.R., Gacek, E.S., Goyeau, H., 2000. Cereal variety and species mixtures in practice, with emphasis on disease resistance. *Agronomy Journal*. Vol. 20, 813-837.
- Finckh, M., Gacek, E., Goyeau, H., Lannou, C., Merz, U., et al., 2000. Cereal variety and species mixtures in practice, with emphasis on disease resistance. *Agronomie, EDP Sciences*. 20(7), 813-837.
- Forster, B.P., Ellis, R.P., Newton, A.C., Morris, W.L., Moir, J., Lyon, J., Keith, R., Tuberosa,

- R., Talame, V., This, D., Teulat, B., El-Enein, R.A., Bahri, H., BenSalem, M., 2000. Stable yield in mediterranean barley: application of molecular technologies in improving drought tolerance and mildew resistance. In: Proceedings of the 8th International Barley Genetics Symposium, Adelaide, 22-27 October, pp 273-274.
- Garcia del Moral, L.F., Rharrabti, Y., Villegas, D., Royo, C., 2003. Evaluation of grain yield and its components in durum wheat under mediterranean conditions: An ontogenic approach. *Agron J.* 95, 266-274.
- Gebeyehou, G., Knott, D.R., Baker, R.J., 1982. Relationships among duration of grain yield in durum wheat cultivars. *Crop Sci.* 22, 287-290.
- Gonzalez, A., Martin, I., Ayerbe, L., 2007. Response of barley genotypes to terminal soil moisture stress: phenology, growth and yield. *Australian Journal of Agricultural Research*, 58(1), 29-37.
- Guendouz, A., Djoudi, M., Guessoum, S., Maamri, K., Hannachi, A., Fellahi, Z., Hafsi, M., 2014. Genotypic and phenotypic correlations among yield and yield components in durum wheat (*Triticum durum*) under different water treatments in eastern Algeria. *Annual Research & Review in Biology.* 4(2), 432-442.
- Hakala, K., Jauhiainen, L., Himanen, S.J., Rotter, R., Salo, T., Kahiluoto, H., 2012. Sensitivity of barley varieties to weather in Finland. *Journal Science Agriculture.* 150, 145-160.
- Hosseinpour, T., Siadat, A., Mamaghani, R., 2001. Study correlation of physiological characteristics of ten wheat genotypes with grain yield due to path analysis under rainfed condition of Kohdasht region. Azad University of Dezfoul Branch, 156p.
- Kaltsikes, P.J., Lee, P.J., 1975. Inter-relationships among yield and related agronomic attributes in durum wheat. In: G. T. Scarascia Mugnozza (Ed.), Proceeding of the symposium on genetics and breeding of durum wheat. P. 285-296. University of Bari, Bari.
- Khan, A.J., Azam, F., Ali, A., Tariq, M., Amin, M., 2005. Inter-Relationship and path coefficient analysis for biometric traits in drought tolerant wheat (*Triticum aestivum* L.). *Asian Journal of Plant Sciences.* 4, 540-543.
- Malezieux, E., Crozat, Y., Dupraz, C., Laurins, M., Makowski, D., Hozier Lafontaine, B., Rapidel, S., de Tourdonnet, Valantin-Morison, M., 2009. Mixing plant species in cropping systems: Concepts, tools and models. *Agronomy Sustainable Development.* 29, 43-62.
- Moghaddam, M., Ehdaie, B., Waines, J.G., 1997. Genetic variation and interrelationships of agronomic characters in landraces of bread wheat from southeastern IRAN. *Euphytica*, 95, 3611-369.
- Mohammadi, M., 1998. Study correlation between agronomic characters and wheat yield under rainfed condition. Agricultural Research Center of Kohgiluyeh and Boyer Ahmad, No 77-232, 11p. [In Persian].
- Mohammadi, A., Majidi, E., Bihamta, M.R., Heidari Sharifabad, H., 2006. Evaluation of drought stress on agro-morphological characteristics in some wheat cultivars. *Pajouhesh & Sazandegi.* 73, 184-192. [In Persian with English Summary].
- Nazeri, M., Beheshti, A., Zarefizabad, A., Hashemi, H., 2004. Effect of mixed cropping with different seeding rate on yield and agronomic traits of wheat cultivars. Proceeding of 8th Congress of Agronomy and Plant Breeding, University of Guilan, Iran. [In Persian].
- Oveysi, M., 2005. A study of the effect of intercropping and nitrogen fertilizer on agronomical and morphological traits of two corn (*Zea mays* L.) hybrids. Master Dissertation, Faculty of Agriculture, Tehran University, Tehran, Iran. [In Persian with English Summary].
- Passioura, J., 2006. Increasing crop productivity when water is scarce-from breeding to field management. *Agricultural Water Management.* 80, 176-196.
- Palta, J.A., Chen, X., Milroy, S.P., Rebetzke, G.J., Dreccer, M.F., Watt, M., 2011. Large root systems: are they useful in adapting wheat to dry environments? *Functional Plant Biology* 38, 347-354.
- Qadir, G.S., Mohammad, C., Akhtar, M., 1999. Effect of water stress on growth and yield performance of four wheat cultivars. *Pak. Journal of Biological Sciences,* 2, 236-239.
- Rauf, M., Munir, M., Hassan, M., Ahmed, M., Afzai, M., 2007. Performance of wheat genotypes under osmotic stress at germination

- and early seedling growth stage. African Journal of Biotechnology. 8, 971-975.
- Ritchie, S.W., Nguyen, H.T., Holaday, A.S., 1990. Leaf water content and gas-exchange parameters of two wheat genotypes differing in drought resistance. Crop Science, 30, 105-111.
- Rostaei, M., 2010. Genetic study of tonnage tolerance in wheat based on the characteristics of morphophysiological and molecular markers. Dissertation Doctor of Plant Breeding. Islamic Azad University. Science and Researches Section. Tehran.
- Royo, C., Abaza, M., Blanco, R., Garcia del Moral, L.F., 2000. Triticale grain growth and morphometry as affected by drought stress, late sowing and simulated drought stress. Australian Journal of Plant Physiology. 27, 1051-1059.
- Saeidi, S., Abdoli, M., Shafiei-Abnavi, M., Mohammadi, M., Eskandari-Ghaleh, z., 2016. Evaluation of genetic diversity of bread and durum wheat genotypes based on agronomy traits and some morphological traits in Non-Stress and terminal drought stress conditions. Cereal Research. 5(4), 353-369.
- Sari, j., Himanen, E., Ketoja, K., Hakala, R.P., Rotter, T.S., Helena, K., 2013. Cultivar diversity has great potential to increase yield of feed barley. Agronomy Sustainable. 33, 519-530.
- Seyedi, M., Hamzei, J., Ahmadvand, G.A., and Abutalebian, M.A., 2012. The evaluation of weed suppression and crop production in barley chickpea intercrops. Journal of Agricultural Science and Technology. 22, 1-14. [In Persian with English Summary].
- Tavakoli1, A.R., Mahdavi-Moghadam, M., and Salemi, H.R., 2014. Effects of supplemental irrigation and nitrogen fertilizer on correlation coefficient and drought to lence indices of rainfed bread wheat. EJCP. 7(4), 143-159.
- Uddin, M. J., Martin, B., and Chowdhry, M.A.Z., 1997. Genetic parameters, correlation, path coefficient and selection indices in wheat. Bangladesh Journal of Scientific and Industrial Research. 32, 528-538.
- USDA, 2010. <http://www.pecad.fas.usda.gov/highlights/2010/11/global%20durum/>
- Yasir, T.A., Min, D., Chen, X., Condon, A.G., Hu, Y.G. 2013. The association of carbon isotope discrimination (Δ) with gas exchange parameters and yield traits in Chinese bread wheat cultivars under two water regimes. Agricultural Water Management. 119, 111-120.
- Zareh-FaizAbadi, A., Emamverdian, A., 2012. Evaluation the influence of cultivar intercropping on agronomic properties and wheat (*Triticum aestivum* L.) yield. Iranian Journal of Agroecology 4(2), 144-200. [In Persian with English Summary].
- Zhu, Y., Chen, H., Fan, J., Wang, Y., Chen, J., Yang, Sh., Hu, L., Leung, H., Mew, T.W., Teng, P.S., Wang, Z., Mundt, Ch., 2000. Genetic diversity and disease control in rice. Nature. 406, 718-722.