دانشگاه گنبد کاووس
نشریه "تحقیقات کاربردی اکوفیزیولوژی گیاهی"
دوره چهارم، شماره اول، فروردین و اردیبهشت ۹۶
http://arpe.gonbad.ac.ir

ارزیابی تحمل به خشکی ارقام مختلف گندم (*Triticum aestivum* L.) در شرایط دیم و آبیاری تکمیلی

محمد رضا جنگ‌دوست[1*]، مهدی زارعی[2]، غلامعلی نورا[3]

[1]دانش‌آموخته کارشناسی ارشد گروه زراعت، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد گرگان
[2]استادیار گروه تولیدات گیاهی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه گنبد کاووس
[3]دانش‌آموخته کارشناسی ارشد گروه زراعت، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه گنبد کاووس
تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۱۱/۵ ؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۳/۲۰

چکیده

مقدمه: تنش خشکی به‌عنوان مهم‌ترین تنش غیرزیستی نقش مهمی در کاهش تولید محصول گیاهان زراعی دارد. به‌منظور ارزیابی تأثیر تنش خشکی بر صفات زراعی و مورفولوژیکی ۸ رقم گندم آزمایشی در پاییز ۱۳۹۲ در شهرستان گنبد کاووس اجرا گردید.

مواد و روش‌ها: این طرح به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با چهار تکرار اجرا گردید. ارقام گندم (مروارید، گنبد، N-87-20، N-90-12، کوهدشت، لاین۱۷، کریم و زاگرس) در دو شرایط دیم و آبیاری تکمیلی مورد بررسی قرار گرفتند. صفاتی از قبیل تعداد روز تا رسیدگی، ارتفاع بوته، طول پدانکل، طول سنبله، عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیکی و شاخص برداشت اندازه‌گیری شد.

نتایج: نتایج نشان داد که ارقام گندم از نظر تمامی صفات مورد بررسی به‌جز شاخص برداشت تفاوت معنی‌داری با یکدیگر داشتند. هم‌چنین اثر آبیاری تکمیلی بر تمامی صفات مورد مطالعه به‌جز شاخص برداشت و طول پدانکل معنی‌دار بود. از طرفی اثرات متقابل ارقام × محیط برای تمامی صفات به‌جز عملکرد بیولوژیکی معنی‌دار نبود. عکس‌العمل ارقام گندم در هر دو شرایط متفاوت بود، به‌طوری‌که تنش خشکی موجب کاهش کلیه صفات مورد ارزیابی مخصوصاً عملکرد دانه (۱۹/۷۲ درصد) و

*نویسنده مسئول: toorangonbad@yahoo.com

عملکرد بیولوژیکی (۱۸/۵۲ درصد) گردید. اگر چه وجود شرایط تنش باعث کاهش عملکرد دانه در ارقام مختلف نسبت به شرایط آبیاری تکمیلی شد؛ ولی مشاهده گردید که بعضی از ارقام در شرایط دیم، تنش خشکی را تحمل کرده و عملکرد نسبتاً قابل قبولی داشتند. با استفاده از محاسبه ضرایب همبستگی، روابط بین صفات تحت شرایط دیم و آبیاری تکمیلی بررسی شد و مشخص گردید؛ صفاتی مثل ارتفاع بوته و طویل بودن پدانکل در تحمل گیاه به خشکی می‌توانند دخیل باشند.

نتیجه‌گیری: به‌طور کلی اکثر صفات مورد بررسی نسبت به خشکی عکس‌العمل منفی نشان دادند و بیشترین آسیب در عملکرد دانه مشاهده شد. مقاوم‌ترین رقم به تنش خشکی از نظر عملکرد دانه رقم لاین۱۷ بود. با توجه به نتایج پژوهش و داده‌های به‌دست آمده اعمال آبیاری تکمیلی در گندم‌های دیم تأثیری معنی‌دار بر افزایش عملکرد دانه داشت.

واژه‌های کلیدی: آبیاری تکمیلی، تحمل خشکی، صفات زراعی و مورفولوژیکی، رقم، گندم

مقدمه

گندم یکی از قدیمی‌ترین غلات است. این گیاه در کشور ما یکی از محصولات اصلی است و در سطحی معادل ۱/۵ میلیون هکتار در شرایط آبی و دیم کشت می‌شود. در کشور ما این محصول از نظر سطح زیر کشت در رتبه اول قرار دارد که ۶۰ درصد آن به اراضی دیم اختصاص دارد. حداقل بارندگی مورد نیاز که بتوان این گیاه را به‌صورت دیم کاشت، ۲۵۰ میلی‌متر در سال می‌باشد (Tajbakhsh and Pourmirza, 2003).

گیاهان در اثر خشکی، علاوه‌بر واکنش‌های فیزیولوژیک، تغییرات مورفولوژیک نیز از خود نشان می‌دهند (Yordanov *et al.*, 2003). بررسی‌های انجام گرفته در محیط‌های تنش و بدون تنش نشان می‌دهد که میزان حساسیت ارقام گندم به خشکی متفاوت بوده و این حساسیت بستگی به شدت خشکی محیط دارد (Sarmdnia and Kochaki, 1992). روزیل و هامبلین (Rosiell and Hamblin, 1981)، بیان کردند ارقامی که در شرایط تنش گزینش می‌شوند در شرایط فاقد تنش عملکرد نسبتاً پایینی دارند. اکرم و همکاران (Akram *et al.*, 2004) در بررسی شش ژنوتیپ گندم در شرایط تنش نتیجه‌گیری کردند که، عملکرد دانه در صورت بروز تنش رطوبتی کاهش می‌یابد. محققان مختلف با انجام آزمایشاتی تحت هر دو شرایط، به این نتیجه رسیدند که رقمی مطلوب و پایدار است که در هر دو شرایط تنش و بدون تنش بهترین واکنش را بدهد (Fernandez, 1992; Fisher and Maurer, 1978). مودرا (Mudra, 1965) در آزمایش‌هایی که در مورد تحمل به خشکی در ارقام ایرانی انجام داد، پی برد که ارقام آذر، روشن، ریحانی، عدل و سفید که هم در آزمایش آبی و هم دیم عملکرد نسبتاً خوبی داشتند، بیشترین مقاومت به خشکی را نشان دادند.

با توجه به این‌که کشور ایران به لحاظ قرار گرفتن در ناحیه خشک و نیمه‌خشک جهان از نزولات آسمانی محدودی برخوردار است، با برنامه‌ریزی و استفاده اصولی از امکانات می‌توان از کاهش تولید در سال‌های کم باران جلوگیری کرد (Keshavarz *et al*., 2002). رابطه مستقیم میزان عملکرد در تولید زراعت دیم با شرایط طبیعی حاکم از یک‌سو و تغییرات سال به سال بارش، مقدار و نحوه پراکنش (توزیع) آن، نوسانات درجه حرارت و عدم وقوع بارندگی در بخشی از سال زراعی و غیره سبب می‌شوند که ریسک و خطرپذیری در زراعت دیم بالا بوده و ضریب اعتماد و درجه ثبات و پایداری تولید، اندک باشد. از شیوه و راهبردهای مدیریتی فنی-زراعی مؤثر، می‌توان اعمال مدیریت آبیاری تکمیلی و تک آبیاری را نام برد که تعیین رقم مناسب، زمان کاشت و میزان افزایش عملکرد با آبیاری تکمیلی، از جمله مسائل مرتبط با آن است (Tavakouli, 2003). آبیاری تکمیلی تکنیکی قابل استفاده در مکان‌هایی است که گیاه زراعی می‌تواند با بارندگی طبیعی به‌تنهایی رشد کند، ولی آب اضافی توسط آبیاری تکمیلی ثبات عملکرد را بهبود می‌بخشد (Perrier and Salkini, 1991).

نوروود (Nor wood, 1995) در بررسی‌های خود بر روی آبیاری تکمیلی در کشت مداوم گندم و سورگوم علوفه‌ای و تناوب‌های مختلف به این نتیجه رسید که در تناوب‌هایی که گندم آبیاری تکمیلی شده متوسط عملکرد ۲۶ درصد بیشتر از شرایط دیم بود. نتایج برخی تحقیقات در ایران نیز حاکی از افزایش عملکرد تحت تأثیر آبیاری تکمیلی بوده است. در منطقه گرگان آبیاری تکمیلی دو رقم فلات و Pri به‌ترتیب باعث افزایش ۱۳۳۰ و ۱۰۱۵ کیلوگرم در هکتار نسبت به تیمار شاهد شد (Azari *et al*., 1994). مرادمند (Moradmand, 1991) در چهارمحال و بختیاری نشان داد که دو نوبت آبیاری تکمیلی در مراحل گل‌دهی و دانه بستن باعث افزایش محصول شد؛ به‌طوری‌که عملکرد تیمار آبیاری برابر ۱۰۷۵ و بدون آبیاری ۳۶۲ کیلوگرم در هکتار بود. طهماسبی سروستانی و همکاران (Tahmasebi *et al*., 2001)، بیان کردند که تیمار آبیاری در هر یک از مراحل نمو گندم، سبب افزایش عملکرد دانه در شرایط آبیاری تکمیلی نسبت به تیمار شاهد (شرایط دیم) به‌میزان ۲۸۹ کیلوگرم در هکتار (معادل ۱۸درصد) شد.

مواد و روش‌ها

به‌منظور بررسی تأثیر تنش خشکی بر صفات زراعی و مورفولوژیکی در ۸ رقم مختلف گندم آزمایشی در سال زراعی ۹۳-۱۳۹۲ در استان گلستان و در شهرستان گنبد کاووس به اجرا در آمد. این طرح در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی و تجزیه مرکب با چهار تکرار اجرا گردید. عامل a شامل ۸ رقم مختلف گندم و عامل b شامل شرایط دیم و آبیاری تکمیلی در نظر گرفته شد. ارقام مورد استفاده شامل مروارید (شماره ۱)، گنبد (شماره ۲)، N-87-20 (شماره ۳)، N-90-12 (شماره ۴)،

کوهدشت (شماره ۵)، لاین ۱۷ (شماره ۶)، کریم (شماره ۷) و زاگرس (شماره ۸) بودند. هر بلوک شامل ۸ رقم و هر رقم در ۸ خط ۵ متری کشت گردید، فاصله خطوط کاشت از یکدیگر ۲۵ سانتی‌متر بود. میزان بذر مصرفی براساس وزن هزار دانه محاسبه گردید. خاک زمین مورد آزمایش از نوع لوم سیلتی و با pH=۸ بود

در شرایط دیم هیچ‌گونه آبیاری صورت نگرفت و متکی به بارندگی سالانه منطقه بود. در شرایط آبیاری تکمیلی؛ از مرحله خوشه‌دهی به بعد هر ۱۰ روز یک‌بار آبیاری صورت گرفت قطعه زمین‌های مورد آزمایش در پاییز ۱۳۹۲ به‌مقدار ۵۰ کیلوگرم کود فسفاته (فسفات آمونیوم)، ۲۵ کیلوگرم کود پتاس، ۲۵ کیلوگرم کود نیتروژنه در هکتار در زمان کاشت کودپاشی گردید. سپس دیسک و ماله زده شد. برای از بین بردن علف‌های‌هرز از علف‌کش توفوردی ۱/۵ لیتر در هکتار در فروردین ماه استفاده شد. صفات مورد مطالعه شامل: مدت زمان رسیدگی، ارتفاع بوته، طول پدانکل، طول سنبله، عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیکی و شاخص برداشت بود. کلیه محاسبات آماری مورد نیاز با استفاده از نرم‌افزارهای MSTATC، EXCEL و SAS انجام شد و برای مقایسه میانگین‌ها از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵ درصد استفاده شد.

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که، ارقام گندم از نظر صفات ارتفاع بوته، طول پدانکل، طول سنبله و مدت زمان تا رسیدگی تفاوت معنی‌داری با یکدیگر داشتند؛ هم‌چنین اثر آبیاری تکمیلی بر صفات ارتفاع بوته، طول سنبله و مدت زمان تا رسیدگی معنی‌دار بود؛ در حالی‌که بر طول پدانکل معنی‌دار نبود. مطابق نتایج، اثرات متقابل رقم در محیط بر این صفات فوق معنی‌دار نبود (جدول ۱).

ارتفاع بوته در زمان رسیدگی گیاه به‌عنوان یک عامل در واکنش گیاه به خشکی در نظر گرفته می‌شود، ولی اعتقاد بر این است که ارتفاع بوته به‌خودی خود اثر به‌خصوصی بر روابط آب در گیاه ندارد و تعیین ارتفاع مناسب برای شرایط تنش خشکی، با در نظر گرفتن سایر ملاحظات زراعی صورت می‌گیرد (Blum, 1988). در این تحقیق آبیاری تکمیلی ارتفاع بوته را نسبت به شرایط دیم ۷ درصد افزایش داده است (جدول ۲). تیمار آبیاری تکمیلی توأم با استفاده بیشتر از رطوبت ناشی از بارندگی‌های بهاره، سبب طولانی شدن دوره رشد محصول و در نتیجه افزایش ارتفاع گیاه گردید. مشابه این نتیجه را توکلی (Tavakouli, 2003)، با بیان این‌که آبیاری تکمیلی سبب افزایش ارتفاع بوته گندم دیم شد، گزارش کرد.

جدول ۱- تجزیه واریانس صفات مورد مطالعه در ۸ رقم گندم تحت شرایط دیم و آبیاری تکمیلی

Table 1- Analysis of variance of studied traits in 8 wheat cultivars under rain-fed and supplemental irrigation conditions

منبع تغییرات S.O.V	درجه آزادی DF	ارتفاع بوته Plant height	طول پدانکل Peduncle length	طول سنبله Spike length	روز تا رسیدن Number of days to maturity
تکرار Replication	4	168.03^{ns}	9.87^{ns}	1.15^{ns}	13.79^{ns}
عامل A (رقم) Factor A (cultivar)	7	244.39*	53.23**	4.34**	182.69**
عامل B (محیط) Factor B (Environment)	1	498.35**	4.59^{ns}	11.34**	666.76**
محیط×رقم A × B	7	6.74^{ns}	5.91^{ns}	0.09^{ns}	18.69^{ns}
خطا Error	39	7.7	8.65	0.22	11.12
ضریب تغییرات CV (%)		4.31	21.28	5.84	1.71

ns، * و **: به‌ترتیب عدم وجود اختلاف معنی‌دار و اختلاف معنی‌دار در سطوح احتمال پنج و یک درصد.

ns, * and **: non-significant difference, significant difference at the level of five and one percent probability, respectively.

جدول ۲- مقایسه میانگین اثرات متقابل رقم × محیط بر صفات مورد مطالعه ۸ رقم گندم تحت شرایط دیم و آبیاری تکمیلی

Table 2- Comparison of the mean interactions of cultivar (A) × environment (B) on studied traits of 8 wheat cultivars under rain-fed and supplemental irrigation conditions

رقم × محیط A × B	ارتفاع بوته Plant height (cm)	طول پدانکل Peduncle length (cm)	طول سنبله Spike length (cm)	روز تا رسیدگی Number of days to maturity
دیم Rainfed				
1	58.25 jkl	10.25 ef	8.5 bc	192.3 fghi
2	63.50 d-i	13.50 b-f	6.25 f	197.0 a-f
3	60.75 g-k	13.25 b-f	8.75 bc	187.8 ijk
4	55.75 l	11.25 ef	8.00 cd	193.8 d-h
5	57.25 kl	11.75 cdef	7.50 de	193.3 efgh
6	62.00 f-j	13.50 b-f	6.75 ef	184.0 kl
7	67.00 c-g	16.50 a	8.25 cd	182.0 l
8	63.00 e-i	13.75 b-f	7.50 de	195.3 defg
آبیاری تکمیلی Supplemental irrigation				
1	60.25 hijk	9.75 f	9.25 ab	197.3 a-f
2	68.00 cd	13.50 b-f	7.00 e	202.3 a
3	63.25 e-i	12.25 cdef	9.50 a	202.3 a
4	61.00 g-k	11.50 def	8.5 bc	199.0 abcd
5	64.25 d-h	12.50 cdef	8.00 cd	198.5 a-e
6	65.75 cdef	14.00 b-f	7.5 de	188.5 hijk
7	67.50 cde	13.70 b-f	8.5 c	186.8 jkl
8	67.25 cde	13.25 bcdef	8.00 cd	198.8 a-e
میانگین Average	64.30	13.82	8.03	194.63

میانگین‌هایی که در هر ستون، دارای حرف مشترک می‌باشند، براساس آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد اختلاف معنی‌داری با همدیگر ندارند.

Means in each column fallowed by similar letters are not significantly different at the % 5 probability level (Duncan's Test).

طول پدانکل، در شرایط آبیاری تکمیلی و دیم بلندترین و کوتاه‌ترین رقم به‌ترتیب متعلق به ارقام ۷ در دیم و ۱ در آبی بود (جدول ۲). در آزمایش مشابهی محمدی و همکاران (Mohamadi *et al.*, 2006)، بیان کردند که در شرایط تنش، میزان تولید به‌ویژه در مراحل آخر دوره رشدی به قدرت انتقال مجدد مواد در گیاه وابسته می‌شود. یکی از مهم‌ترین قسمت‌های گیاه در این رابطه، طول پدانکل می‌باشد. با افزایش طول پدانکل وزن هزار دانه افزایش می‌یابد. گل پرور و همکاران (Golparvar *et al.*, 2006)، طی بررسی تجزیه عاملی صفات مرفولوژیک و مورفوفیزیولوژیک در ژنوتیپ‌های گندم نان تحت شرایط تنش و بدون تنش خشکی اظهار کردند که در هر دو محیط افزایش طول پدانکل می‌تواند منجر به بهبود انتقال آسیمیلات‌ها در ژنوتیپ‌های گندم نان شودطول سنبله یک صفت ژنتیکی است که رابطه مستقیمی با سایر اجزاء عملکرد دارد، اگرچه افزایش طول سنبله می‌تواند پتانسیل تعداد گلچه‌ها را افزایش دهد، اما شرایط محیطی خصوصاً تنش رطوبت در عدم باروری آن‌ها مؤثر است (Rawson, 1971). در این تحقیق در شرایط آبیاری تکمیلی و دیم بیشترین طول سنبله متعلق به رقم ۳ و کم‌ترین متعلق به ارقام ۲و ۶ بود. با توجه به معنی‌دار شدن عامل محیط، طول سنبله در شرایط آبیاری تکمیلی نسبت به شرایط دیم ۸/۸۴ درصد بیشتر بود (جدول ۲). شرایط تنش رطوبتی سبب کاهش طول سنبله نسبت به شرایط آبیاری تکمیلی گردید. با توجه به نتایج به‌دست آمده می‌توان گفت که رقم ۳ از لحاظ طول سنبله ارزشمند است و می‌توان از آن در برنامه‌های اصلاحی بهره برد. نورمند مؤید و همکاران (Normand *et al.*, 2001)، تأثیر رژیم آبیاری را بر طول سنبله معنی‌دار بیان کردند. صفت طول سنبله اصلی، در شرایط نرمال و هم‌چنین شرایط دیم، اثر مستقیمی بر روی عملکرد داشت.

در شرایط آبیاری تکمیلی از لحاظ تعداد روز تا رسیدگی، ارقام ۲و ۳ و ارقام ۷ و ۶ به‌عنوان دیررس‌ترین و زودرس‌ترین شناخته شدند. در شرایط دیم رقم ۲ به‌عنوان دیررس‌ترین و ارقام ۷و۶ به‌ترتیب به‌عنوان زودرس‌ترین ژنوتیپ شناخته شدند. با توجه به معنی‌دار شدن عامل محیط، میانگین کل روزها تا زمان رسیدن در آبیاری تکمیلی با ۱۹۷ روز نسبت به شرایط دیم با ۱۸۲ روز طولانی‌تر بود، که نمایان‌گر این است که تنش رطوبتی در کل باعث کاهش تعداد روز تا رسیدگی در ارقام مورد ارزیابی گردیده است (جدول ۲). صفت زودرسی در دیم یک صفت مطلوب جهت فرار از تنش‌های آخر فصل می‌باشد. براساس گزارش رحیمیان و بنایان (Rahimian and Banayn, 1996) سطح معقولی از زودرسی می تواند یک سیاست اصلاحی مؤثر در افزایش پایداری عملکرد گندم در مناطق خشک باشد. عملکرد بالای دانه در چنین مناطقی می‌تواند با استفاده از ارقام زودرس که تاریخ سنبله‌دهی آن‌ها هم‌زمان با پایان فصل بارندگی باشد، به‌دست آید. برتری نسبی عملکرد دانه ارقام زودرس در شرایط خشکی در آزمایش‌های به‌نژادی به اثبات رسیده است (Blum, 1988).

جدول ۳- تجزیه واریانس صفات مورد مطالعه در ۸ رقم گندم تحت شرایط دیم و آبیاری تکمیلی

Table 3- Analysis of variance of studied traits in 8 wheat cultivars under rain-fed and supplemental irrigation conditions

منبع تغییرات S.O.V	درجه آزادی DF	عملکرد دانه Grain yield	عملکرد بیولوژیکی Biological yield	شاخص برداشت Harvest index
تکرار Replication	4	108089.42^{ns}	1426598.96^{ns}	26.95^{ns}
عامل A (رقم) Factor A (cultivar)	7	420113.96**	3593316.38**	56.08^{ns}
عامل B (محیط) Factor B (Environment)	1	1914785.04**	13455037.50**	11.34^{ns}
محیط×رقم A × B	7	36492.13^{ns}	272981.25*	12.28^{ns}
خطا Error	39	56333.68	117066.67	27.96
ضریب تغییرات CV (%)		18.50	9.31	15.19

ns، * و **: به‌ترتیب عدم وجود اختلاف معنی‌دار و اختلاف معنی‌دار در سطوح احتمال پنج و یک درصد.

ns, * and **: non-significant difference, significant difference at the level of five and one percent probability, respectively

جدول ۴- مقایسه میانگین اثرات متقابل رقم × محیط بر صفات مورد مطالعه ۸ رقم گندم تحت شرایط دیم و آبیاری تکمیلی

Table 4- Comparison of the mean interactions of cultivar × environment on studied traits of 8 wheat cultivars under rain-fed and supplemental irrigation conditions

رقم × محیط Cultivar×Environment	عملکرد دانه Grain yield (kg/h)	عملکرد بیولوژیکی Biological yield (kg/h)	شاخص برداشت Harvest index (%)
دیم **Rainfed**			
1	853.3 ij	2619 lmn	33.00 ab
2	915.3 hij	2725 klmn	33.25 ab
3	947.0 hij	2498 mn	37.75 ab
4	789.5 j	2450 n	30.00 b
5	1267.0 b-h	3279 hijk	38.75 ab
6	1540.0 abc	4035 a	38.75 a
7	11980 c-i	3768 efgh	31.50ab
8	1289.0 a-h	3775 efgh	34.00 ab
آبیاری تکمیلی **Supplemental irrigation**			
1	1213.0 c-i	3153 ijkl	38.25 ab
2	1197.0 c-i	3450 ghij	34.50 ab
3	1464.0 a-e	3908 defg	36.50 ab
4	10.65 e-j	3163 ijkl	33.25 ab
5	1685.0 a	4430 bcd	38.00 ab
6	1638.0 ab	4289 cde	38.25 ab
7	1555.0 abcd	4913 ab	31.75 ab
8	1363.0 a-g	4301 cde	32.00 ab
میانگین کل Total average	1282.84	3674.71	34.82

میانگین‌هایی که در هر ستون، دارای حرف مشترک می‌باشند، براساس آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد اختلاف معنی‌داری با همدیگر ندارند.

Means in each column fallowed by similar letters are not significantly different at the % 5 probability level (Duncan's Test).

نـتایج تجزیه واریانس نشـان داد که، ارقام گندم از نظر صـفات عملکرد دانه، عملکـرد بیولـوژیگی و شاخص برداشت تفاوت معنی‌داری با یکدیگر داشـتند؛ هم‌چـنین اثر آبیاری تکمیلی بر عملکـرد دانـه و عملکرد بیولوژیگی معنی‌دار بود؛ در حالی‌که بر شاخص برداشت معنی‌دار نبود. مطابق نتایج بدست آمده از این تحقیق، اثرات متقابل رقم در محیط برای عملکرد بیولوژیکی معنی‌دار بـود، ولی بر عملکرد دانه و شاخص برداشت معنی‌دار نبودند (جدول ۳).

افزایش عملکرد دانه گندم از مهم‌ترین اهداف به‌نژادی و به‌زراعـی در زراعـت دیـم اسـت. تغییـرات سالانه نزولات، نحوه توزیع آن و عدم تناسب درجـه حرارت و بارندگی در ابتـدا و اواخـر فصـل زراعـی سبب مـی‌شـود کـه در زراعـت دیـم ضـریب اعتـماد، درجـه ثبـات و پایـداری عملکـرد کـم باشـد (Caliandro and Boari, 1992). در شرایط آبیاری تکمیلی بیشترین عملـکرد دانه مربوط به ارقام ۵ و ۶ و کم‌ترین مربوط به رقم ۴ بود. در شرایط دیم بیشترین عملکرد دانه به‌ترتیب مربوط به ارقام ۶ و ۸ و کم‌ترین مربوط به ارقام ۴، ۱ و ۲ بود. رقم ۵ که در شرایط آبیاری تکمیلی بیشترین عملکـرد دانـه را دارا بـود، با اعمال شرایط تنش (دیم) عملکرد آن کاهش یافـت. متوسط عملـکرد دانه در محیط دیـم و آبیاری تکمیلی به‌ترتیب ۱۱۴۱/۶۵ و ۱۴۲۴/۱ کیلوگرم در هکتـار بـود (جـدول ۴). در کـل مـی‌تـوان نتیـجه گرفت که آبیـاری تکمیلی ۲۴/۷ درصد عملکرد دانه را افزایش داده و تنش آبی موجـب کـاهش عملکرد گردید. نوروود (Norwood, 1995)، در بررسـی‌های خود بـر روی آبیـاری تکـمیلی در کشـت مـداوم گندم و سورگوم علوفه‌ای و تناوب‌های مختلف به این نتیجـه رسید که در تناوب‌هایی که گـندم آبیاری تکمیلی شده، متوسط عملکرد ۲۶ درصد بیشـتر از شـرایط دیـم بـود. طهماسـبی سروسـتانی و همکاران (Tahmasebi *et al*., 2001) بیان کردند که تیمار آبیاری در هـر یک از مراحل رشـد گندم، سبب افزایـش عملکـرد دانه در شرایط آبیاری تکمیلی نسبت به تیمار شـاهد (شـرایط دیـم) بـه‌مقـدار ۲۸۹ کیلوگرم در هکتار (معادل ۱۸درصد) شد.

عمـلکرد بیولوژیکی، در شرایط دیم رقم ۶ به‌ترتیب بیشترین و رقم ۴ کم‌ترین تولید بیولوژیـکی را داشـتند. در شرایط آبیاری تکمـیلی رقم ۷ بیشترین و ارقام ۱و ۴ کم‌ترین تولید بیـولوژیکی را بـه‌خـود اختصاص دادند. وجـود اثرات متقابل رقم در محـیط نشـان دهنـده ایـن واقعیـت اسـت کـه ارقـام در محـیط‌های دیم و آبیاری تکـمیلی عملکـردهای متـفاوتی داشته‌اند. میانـگین کل عملکـرد بیولـوژیکی در محـیط دیـم و آبیاری تکمـیلی به‌ترتیـب ۳۳۰۰/۱ و ۴۰۴۸/۸۵ کیلـوگـرم در هکتـار بـود (جـدول ۴). نتایج تحقیقی نشان داده است که عملکرد بیولوژیک و شاخص برداشت در افزایش عملکرد دانـه در غلات نقش مهمی دارند (Rosielle and Frey, 1975).

شاخص برداشت بیانگر توان ژنوتیپ در اختصاص دادن بیشتر مـواد فتوسـنتزی در جهـت عملکـرد اقتصادی (دانه) می‌باشد (Mohamadi *et al*., 2006). در شرایط آبیاری تکمیلی تمـام ارقـام از لحـاظ

شاخص برداشت در یک گروه جای گرفتند که بیشترین شاخص برداشت مربوط به ارقام ۱و ۶ و کم‌ترین مربوط به ارقام ۷ و ۸ بود. در شرایط دیم رقم ۶ بیشترین و رقم ۴ با ۳۰ درصد، از کم‌ترین شاخص برداشت برخوردار بودند (جدول ۴). در مجموع ژنوتیپ ۶ در شرایط دیم دارای شاخص برداشت و عملکرد دانه بیشتری بود (جدول ۴). می‌توان چنین توصیف نمود که ژنوتیپ‌هایی که از شاخص برداشت بالاتری در شرایط تنش برخوردار هستند، در زمان پر شدن دانه از ذخایر مربوط به ساقه‌ها و اجزای رویشی در جهت پر شدن دانه خوب استفاده نموده‌اند.

درصد تغییرات ناشی از شرایط تنش بر روی کلیه صفات در جدول ۵ آورده شده است. با توجه به مقادیر به‌دست آمده برای صفات، مشاهده می‌شود که بیشترین آسیب ناشی از تنش خشکی مربوط به عملکرد دانه (۱۹/۶۸ درصد) بوده که با در نظر گرفتن درصد تغییرات صفات می‌توان چنین استنباط کرد که این آسیب ناشی از کاهش شدید عملکرد بیولوژیک، طول سنبله و ارتفاع بوته می‌باشد. به‌طورکلی تمام صفات عکس‌العمل منفی نشان داده‌اند و میانگین هر صفت در محیط تنش (دیم) کاهش یافت (جدول ۵).

جدول ۵- میانگین صفات در شرایط دیم و آبیاری تکمیلی و درصد تغییرات صفات

Table 5- Average traits in rain-fed and supplemental irrigation and percentage changes in traits

صفت Trait	درصد تغییرات Percentage change	آبیاری تکمیلی Supplementary irrigation	دیم Dry conditions
تعداد روز تا رسیدگی Number of days to maturity	2.67	197.22	191.96
ارتفاع بوته Plant height (cm)	6.57	66.52	62.15
طول پدانکل Peduncle length (cm)	3.13	14.04	13.60
طول سنبله Spike length (cm)	8.23	8.38	7.69
عملکرد دانه Grain yield (kg/h)	19.72	1.42	1.14
عملکرد بیولوژیکی Biological yield (kg/h)	18.52	4.05	3.30
شاخص برداشت Harvest index (%)	1.96	35.17	34.48

دونالد و هامبلین (Donald and Hamblin, 1976) گزارش کردند که افزایش عملکرد غلات دانه ریز عمدتاً به‌علت افزایش ضریب برداشت می‌باشد و امکان افزایش عملکرد از طریق افزایش عملکرد بیولوژیک و ضریب برداشت هر دو شرایط وجود دارد. در مورد گندم، آستین (Austin,1980) معتقد است که با به‌گزینی در شاخص برداشت می‌توان عملکرد را تا ۲۰ درصد افزایش داد و اظهار عقیده کرد که می‌توان شاخص برداشت را تا حدود ۶۰ درصد افزایش داد. کلارک و همکاران (Clark *et al*., 1984) طی بررسی نشان دادند که شاخص برداشت در شرایط آبی بیشتر از شرایط دیم می‌باشد. فیشر و مورر (Fisher and Maurer, 1978) اظهار کردند که دلیل کاهش شاخص برداشت این است که تولید ماده خشک کمتر از عملکرد دانه تحت تأثیر خشکی قرار می‌گیرد؛ ولی شرایط تنش خیلی زیاد که سبب کاهش عملکرد به‌میزانی بیشتر از ۵۰ درصد بشود اثری بر روی شاخص برداشت ندارد.

تخمین ضرایب همبستگی فنوتیپی بین صفات مورد مطالعه برای شرایط آبیاری تکمیلی و دیم در جدول‌های ۶ و ۷ آمده است. انتخاب غیرمستقیم در نسل‌های اولیه اصلاحی از طریق صفاتی که همبستگی خوبی با عملکرد دانه داشته و وراثت‌پذیری به‌مراتب بیشتر از عملکرد داشته باشند، یکی از استراتژی‌های مهم اصلاحی است. تجزیه ضرایب همبستگی صفات مختلف با عملکرد دانه به تصمیم‌گیری در مورد اهمیت نسبی این صفات و ارزش آن‌ها به‌عنوان معیارهای انتخاب کمک می‌نماید (Fernandez, 1992; Golparvar *et al*., 2006).

ضریب همبستگی بین عملکرد دانه و تعداد روز تا رسیدن در شرایط دیم منفی و غیر معنی‌دار بود، اما در شرایط آبیاری تکمیلی منفی و معنی‌دار بود (r=۰/۳۲). در شرایط دیم چون ممکن است در زمان پر شدن دانه، گیاه با تنش خشکی مواجه شود، لذا هر چه گیاه زودرس‌تر باشد، عملکرد دانه بیشتر خواهد بود. زودرس بودن می‌تواند در افزایش پایداری عملکرد در مناطق خشک مؤثر باشد. مشابه نتیجه آزمایش حاضر در شرایط آبی دبرا و همکاران (Debra *et al*., 1984) رابطه منفی بین عملکرد دانه با طول دوره پر شدن دانه را گزارش کردند. نتیجه متفاوت در شرایط آبی توسط سیمن و همکاران (Simane *et al*., 1993) مبنی بر رابطه مثبت و معنی‌دار بین عملکرد دانه با دوره پر شدن دانه را گزارش نمودند.

جدول ۶- همبستگی بین صفات مورد مطالعه در ۸ رقم گندم در شرایط آبیاری تکمیلی

Table 6- Correlation between studied traits in eight wheat cultivars under supplementary irrigation conditions

	روز تا رسیدن Number of days to maturity	ارتفاع بوته Plant height	طول پدانکل Peduncle length	طول سنبله Spike length	عملکرد بیولوژیکی Biological yield	شاخص برداشت Harvest index	عملکرد دانه Grain yield
روز تا رسیدن Number of days to maturity	1						
ارتفاع بوته Plant height	-0.139	1					
طول پدانکل Peduncle length	0.035	0.538**	1				
طول سنبله Spike length	0.009	-0.070	-0.049	1			
عملکرد بیولوژیکی Biological yield	-0.447*	0.550**	0.343*	0.038	1		
شاخص برداشت Harvest index	0.086	0.049	0.029	-0.210	0.032	1	
عملکرد دانه Grain yield	-0.324*	0.486**	0.304*	-0.075	0.873**	0.504**	1

ns، * و **: به‌ترتیب عدم وجود اختلاف معنی‌دار و اختلاف معنی‌دار در سطوح احتمال پنج و یک درصد.

ns, * and **: non-significant difference, significant difference at the level of five and one percent probability, respectively.

جدول ۷- همبستگی بین صفات مورد مطالعه در هشت رقم گندم تحت شرایط دیم

Table 7- Correlation between studied traits in eight wheat cultivars under rain-fed conditions

	روز تا رسیدن Number of days to maturity	ارتفاع بوته Plant height	طول پدانکل Peduncle length	طول سنبله Spike length	عملکرد بیولوژیکی Biological yield	شاخص برداشت Harvest index	عملکرد دانه Grain yield
روز تا رسیدن Number of days to maturity	1						
ارتفاع بوته Plant height	0.001	1					
طول پدانکل Peduncle length	0.169	0.461**	1				
طول سنبله Spike length	-0.259	-0.032	0.153	1			
عملکرد بیولوژیکی Biological yield	-0.141	0.627**	0.404*	-0.019	1		
شاخص برداشت Harvest index	0.047	0.024	-0.011	-0.196	0.061	1	
عملکرد دانه Grain yield	-0.099	0.487**	0.290*	-0.158	0.817**	0.614**	1

ns، * و **: به‌ترتیب عدم وجود اختلاف معنی‌دار و اختلاف معنی‌دار در سطوح احتمال پنج و یک درصد.

ns, * and **: non-significant difference, significant difference at the level of five and one percent probability, respectively.

رابطه بین عملکرد دانه و ارتفاع گیاه در هر دو شرایط دیم و آبیاری تکمیلی مثبت و معنی‌دار بود. مشابه این آزمایش همبستگی مثبت و معنی‌داری بین عملکرد دانه و ارتفاع بوته گزارش شده است (Briggs and Aytenfisu, 1980; Monyo and Whittington, 1971). رابطه بین عملکرد دانه و طول پدانکل در شرایط آبیاری تکمیلی مثبت و معنی‌دار بود (r=۰/۳۰۴)، اما در شرایط دیم مثبت و غیر معنی‌دار بود (r=۰/۲۹۰). رابطه بین عملکرد دانه و طول سنبله در هر دو محیط دیم و آبیاری تکمیلی ضعیف و غیر معنی‌دار بود. عطار باشی و همکاران (Atarbashi *et al.*, 2002)، طی آزمایش مشابهی هیچ‌گونه همبستگی بین عملکرد دانه با طول سنبله مشاهده نکردند؛ درحالی‌که سایر پژوهش‌ها نتایج دیگری همبستگی مثبت و معنی‌داری در شرایط بدون تنش به‌دست آورده‌اند (Tarinejad *et al*., 2000; Normand *et al*., 2001).

همبستگی بین عملکرد دانه با عملکرد بیولوژیکی و شاخص برداشت در هر دو شرایط دیم و آبیاری تکمیلی مثبت و بسیار معنی‌دار به‌دست آمد. با افزایش عملکرد بیولوژیک، عملکرد دانه نیز افزایش می‌یابد، این موضوع احتمالاً به‌خاطر تخصیص مقدار بیشتری از مواد تولیدی اندام‌های هوایی به دانه‌ها می‌باشد. این نتایج با یافته‌های طاهری مازندرانی (Taheri Mazandarani, 2003)، در طی آزمایش مشابهی مطابقت دارد. با توجه به این‌که شاخص برداشت دانه از نسبت عملکرد دانه به بیوماس به‌دست می‌آید؛ لذا این رابطه مورد انتظار است. مورگان و کوندون (Morgan and Condon, 1988)، همبستگی مثبت بین شاخص برداشت و عملکرد دانه گزارش کردند.

نتیجه‌گیری

بنابراین از نتایج به‌دست آمده می‌توان نتیجه‌گیری کرد که مقاوم‌ترین رقم به تنش خشکی از نظر عملکرد دانه، رقم ۶ بود. به‌طورکلی اکثر صفات مورد بررسی نسبت به خشکی عکس‌العمل منفی نشان دادند و بیشترین آسیب در عملکرد دانه مشاهده شد، با توجه به نتایج پژوهش و داده‌های به‌دست آمده اعمال آبیاری تکمیلی در دیم‌زارهای گندم تأثیری معنی‌دار بر عملکرد دانه داشت. تعیین تنوع ژنتیکی از نظر کلیه صفات، اولین و اساسی‌ترین گام در جهت مطالعات تحمل به خشکی می‌باشد. چرا که به‌واسطه آن می‌توان ارقام را در گروه‌های مختلف طبقه‌بندی و در مواقع لازم از آن‌ها استفاده کرد. پیشنهاد می‌شود که برای تعیین تنوع ژنتیکی از روش‌های مولکولی نیز استفاده شود. با توجه به وجود اثرات متقابل رقم در محیط برای اکثر صفات مورد مطالعه پیشنهاد می‌گردد؛ آزمایشات مشابهی در چند مکان و چند سال به‌صورت آبیاری تکمیلی و دیم انجام گردد.

منابع

Akram H.M., Sarfaraz M.S., Allahyar K.A., Sahi Nadeem M.A. 2004. Drought tolerance studies of wheat genotypes. Pakistan Journal Biological Science, 7 (1): 90-92.

Atarabashi M., Galeshi S., Soltani A., Zeynli A. 2002. Relationship between phenology and physiological traits with wheat grain yield in dry-land conditions. Iranian Journal of Agricultural Science, 33 (1): 21-28.

Austin R.B. 1980. Phsiological limitations to cereal yield and ways of reducing them by breeding. Opportunities for Increasing Crop Yields, Pitman Publication, London, Pp: 3-19.

Azari Kh., Eslami K., Jafarbay J. 1994. Investigation of the effect of supplemental irrigation on the production of wheat Flat and Pri in the Gonbad area. Research Report, Department of Soil and Water Research of Gorgan, Pp: 1-5.

Blum A.1988. Plant Breeding for Stress Environments. CRC., Press Inc., USA, 223 p.

Briggs K.G., Aytenfisu A. 1980. Relationships between morphological characters above the flay leaf node and grain yield in spring wheat. Crop Science, 20: 350-354.

Caliandro A., Boari F. 1992. Supplementary irrigation in arid and semi-arid regions. International Conference on Supplementary Irrigation and Drought Water Management, 1: 320-335.

Clark J.M., Smith T.F.T., Mccaig T.N., Green D.G. 1984. Growth analysis of spring wheat cultivars of varying drought resistance. Crop science, 4: 537-541.

Debra D.M, Czaplewski S.J., Rasmusson D.C. 1984. Grain filling duration and yield in spring barley. Crop Science, 24: 1101-1105.

Donald C.M., Hamblin J. 1976. The biological yield and harvest index of cereals as agronomic and plant breeding criteria. Advances in Agronomy Journal, 28: 361-405.

Fernandez G.C.J. 1992. Effective selection criteria for assessing plant stress tolerance. Proceeding of a Symposium, Tawan, Pp: 257-270.

Fisher R.A., Maurer R. 1978. Drought Tolerance in spring wheat cultivars. I. Grain yield Response. Australian Journal of Agricultural Research, 29: 897-912.

Golparvar O.R., Ghandeha M.R., Zali A.A., Ahmadi A., Hervan A.M., Pir-Balouti Gh. 2006. Factor analysis of morphological and morphophysiological traits in bread wheat genotypes (*Triticum aestivum* L.) under stress and drought stress conditions. Journal of Research and Development, 72: 59-52.

Keshavarz A., Kamali M., Dehghani A.B., Hamid Nejad M., Sadri B., Heidary A. 2002. Summary of the plan for increasing yield and production of wheat rain-fed of country. Ministry of Agriculture.

Mohammadi Gh., Majidi A., Bihmta M., Heydari Sharif Abad H. 2006. Evaluation of drought stress on morphological traits in a number of wheat cultivars. Journal of Research and Development, 73: 192-185.

Monyo J.H., Whittington W.J. 1971. In heritance of plant growth characters and their relations to yield in wheat substitution Lines. Journal of Agriculture Science, 76: 169-172.

Moradmand R. 1991. Evaluation of supplementary irrigation on wheat cv. Omid. Research Report, Department of Soil and Water Research of Chaharmahal and Bakhtiari Province.

Morgan J.M., Condon A.G. 1988. Water use, grain yield, and osmo regulation in wheat. Australian Journal of Plant Physiology, 13: 523-532.

Mudra A. 1965. A method for testing drought resistance in wheat. Near East Wheat Barley Improvement Production Project, FAO. 2 (1): 28-29.

Normand Moeid F.M., Rostami E., Ghandeha M.R. 2001. Investigation of morphological characteristics of bread wheat and its relationship with yield under stress and non-stress conditions. Iranian Journal of Agricultural Science, 32 (4): 785-797.

Norwood C.A. 1995. Comparison of limited irrigated vs. dry land cropping system in the U.S. great plains. Agronomy Journal, 87: 737-743.

Perrier E.B., Salkini A.B. 1991. Supplemental irrigation in the Near East and North Africa. Kluwer Academic Publishers.

Rawson H.M. 1971. The contribution of stem reserver to grain development in a range of wheat cultivars of different height. Australian Journal of Agricultural Research, 22: 563-851.

Rosiell A.A., Hamblin J. 1981. Theoretical aspects of selection for yield in stress and non-stress environments. Crop science, 21: 943-946.

Rosielle A.A., Frey K.J. 1975. Application of restricted selection indices for grain yield improvement in oats. Crop Science, 15: 544-547.

Sarmdnia Gh., Kochaki A. 1992. Physiological Aspects of Rain-fed Farming. Second Edition, Publications University of Mashhad, 426 p.

Simane B., Stuik P.C., Nachit M.M., Peacock J.M. 1993. Ontogenetic analysis of yield components and yield stability of durum wheat in Water- Limited environments. Euphytica, 71: 211-219.

Taheri Mazandarani M. 2003. Evaluation of resistance of different barley genotypes to water deficit stress (after flowering). M.Sc. Thesis in Agriculture. Faculty of Agriculture, Karaj Branch.

Tahmasebi Sarvestani Z., Rohei A., Modars Sani M. 2001. Investigation of quantitative and qualitative characteristics of yield of wheat genotypes under

supplementary irrigation conditions. Journal of Agricultural Sciences of Iran, 10: 147-156.

Tarinejad A., Moghadam M., Shakiba H., Saidei A. 2000. Analyzes of correlation coefficients of grain yield with direct and indirect effects through alternative traits under aquatic conditions and seasonal water shortage stress in autumn wheat genotypes. Abstract of the Articles of the 6th Congress of Crop and Plant Breeding, Babolsar, 111 p.

Tavakouli A. 2003. Effect of Different supplemental irrigation and nitrogen quantities on yield and yield components of drought wheat cv. Sabalan. Journal of Seedlings and Seeds, 3 (19): 367-381.

Yordanov I., Velikova V., Tsonev T. 2003. Plant response to drought and stress tolerance. Bulgarian Journal of Plant Physiology, Pp: 187-206.