مقاله کامل علمی-پژوهشی

نشریه تولید گیاهان زراعی
جلد چهاردهم، شماره سوم، پاییز ۱۴۰۰
۴۲-۲۷
http://ejcp.gau.ac.ir
DOI: 10.22069/EJCP.2022.18190.2347

تأثیر شرایط تنش آبی بر عملکرد، شاخص برداشت و عقیمی خوشه در ژنوتیپ‌های گندم (*Triticum aestivum* L.) در شرایط گلخانه‌ای

زهرا کریمی دستگردی[1*]، شهرام محمدی[2]، سعداله هوشمند[2]، محمد ربیعی[3]

[1]دانشجوی دکتری، گروه بیوتکنولوژی و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهرکرد، شهرکرد، ایران
[2]استاد، گروه بیوتکنولوژی و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهرکرد، شهرکرد، ایران
[3]استادیار، گروه بیوتکنولوژی و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهرکرد، شهرکرد، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۰۵/۲۳ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۰۸/۲۸

چکیده

سابقه و هدف: گیاهان در شرایط مزرعه‌ای در معرض تنش خشکی قرار دارند. وقوع خشک‌سالی‌ها، اثر بسیار زیان‌باری را بر بخش‌های کشاورزی و اقتصادی کشور تحمیل کرده است. پاسخ گیاهان به تنش خشکی به نوع، شدت تنش، مدت تنش، گونه گیاهی و مرحله وقوع تنش بستگی دارد. تحقیقات نشان داده است که تنش رطوبتی قبل از پنجه‌زنی‌موجب کاهش تعداد پنجه بارور می‌شود. تنش در مرحله تلقیح گل‌ها وزن و تعداد دانه را کاهش داده و باعث عقیمی خوشه می‌شود و تنش خشکی در طول دوره پر شدن دانه، باعث تولید دانه‌های چروکیده می‌شود. هدف از این مطالعه بررسی اثر شرایط مختلف تنش خشکی بر عملکرد، اجزای عملکرد و عقیمی انتهایی خوشه در ژنوتیپ‌های گندم بود.

مواد و روش‌ها: به منظور بررسی تأثیر سه رژیم متفاوت تنش خشکی بر عقیمی گندم و عملکرد دانه، سه آزمایش جداگانه یکی تحت شرایط بدون تنش، تنش در مرحله تقسیم زایشی (مراحل ۴۰-۴۹ زیداکس) و شرایط مداوم تنش تا ۳۰ درصد ظرفیت زراعی در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار و ده تیمار در گلخانه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه شهرکرد در سال ۱۳۹۸ انجام شد. ارقام مورد بررسی در این آزمایش شامل الوند، روشن، بک‌کراس‌روشن، ژنوتیپ‌های در دست اصلاح اهدایی ۸۲، اهدایی ۸۲، اهدایی ۷۹، ژنوتیپ‌های خارجی اکسلی، چاینزاسپرینگ، ۶۰۴ و ژنوتیپ DN11 بودند.

یافته‌ها: نتایج تجزیه واریانس نشان داد که از لحاظ بیش‌تر صفات، بین ژنوتیپ‌ها اختلاف معنی‌داری وجود داشت. عکس العمل ارقام گندم در سه آزمایش متفاوت بود، ولی تنش خشکی موجب کاهش صفات مورد ارزیابی شد. تحت شرایط تنش در مرحله میوز و تنش در ۳۰ درصد ظرفیت زراعی، بیش‌ترین میزان عملکرد دانه را ژنوتیپ اکسلی (به ترتیب ۳/۵۳ و ۳/۳۵ گرم در بوته) به خود اختصاص داد و ژنوتیپ ۶۰۴ بیش‌ترین تعداد بذر بارور و کم‌ترین مقدار گلچه عقیم را تولید نمود. بیش‌ترین میزان شاخص عقیمی انتهایی سنبله اصلی در شرایط تنش در مرحله میوز و تنش ۳۰ درصد ظرفیت زراعی در ژنوتیپ‌های اهدایی ۸۱ و اهدایی ۷۹ به‌ترتیب با میانگین ۰/۵۷ و ۰/۵۱ مشاهده شد.

نتیجه‌گیری: تنش خشکی موجب کاهش صفات مورد ارزیابی گردید. در اثر وقوع تنش تعداد گلچه عقیم افزایش و عملکرد کاهش یافت. تنش در مرحله میوز تأثیر به‌سزایی در افزایش شاخص عقیمی انتهایی سنبله اصلی و شاخص عقیمی کل داشت و تنش ۳۰ درصد ظرفیت زراعی در کاهش عملکرد دانه و شاخص برداشت و افزایش تعداد پنجه‌های عقیم در ژنوتیپ‌های گندم موثر بود.

واژه‌های کلیدی: تنش آبی، شاخص عقیمی، عملکرد، گندم.

[*]مسئول مکاتبه: z.karimi1370@gmail.com

مقدمه

گندم مهم‌ترین و رایج‌ترین گیاه زراعی است و نقش حیاتی در اقتصاد کشاورزی کشورها دارد (۲۶). با توجه به پیش‌بینی افزایش جمعیت برای جهان تقاضا برای گندم نیز افزایش خواهد یافت (۱۷). هم اکنون گندم به عنوان مهم‌ترین گیاه زراعی ۲۰ درصد از انرژی روزانه وغذای اصلی ۴/۵ میلیارد نفر از مردم دنیا را تامین می‌کند (۳).

گیاهان در شرایط مزرعه‌ای در معرض تنش‌های غیرزیستی متفاوتی قرار دارند. اگرچه همه تنش‌ها از عوامل مهم کاهش تولید محسوب می‌شوند، ولی تنش خشکی مهم‌ترین عامل محدودکننده تولید، در سیستم‌های کشاورزی در مناطق خشک و نیمه‌خشک به حساب می‌آید (۷). کشور ایران با توجه به اقلیم نیمه خشکی که دارد، به طور گسترده‌ای متأثر از تنش خشکی است. بنابراین، تولیدات کشاورزی آن متأثر از خشک‌سالی‌هایی است که هر چند سال یک‌بار اتفاق می‌افتد (۱۴). وقوع این خشک‌سالی‌ها، اثر بسیار زیان‌باری را بر بخش‌های کشاورزی و اقتصادی کشور تحمیل کرده است. بنابراین، درک پاسخ گیاهان به تنش‌های مختلف به‌ویژه تنش خشکی و یا سایر عوامل محدودکننده عملکرد، کاملا ضروری است (۲۸). پاسخ گیاهان به تنش خشکی بستگی به نوع، شدت تنش، مدت تنش، گونه گیاهی و مرحله وقوع تنش دارد. همچنین، واکنش ژنوتیپ‌های مختلف به تنش‌های خشکی متفاوت است (۱۶).

در کل، محدودیت آبی بسته به زمان وقوع آن می‌تواند تأثیرات قابل ملاحظه‌ای بر عملکرد گندم داشته باشد (۲۱). بیش‌ترین تأثیر تنش خشکی اغلب در زمان گلدهی و تشکیل دانه حادث می‌شود (۲۹). در طول این دوره تبخیر و تعرق افزایش می‌یابد، زیرا این دوره همزمان با حداکثر نیاز رطوبتی گیاه بوده و لذا بیش‌ترین اثر سوء را بر عملکرد دانه خواهد داشت. تنش خشکی در مراحل مختلف رشد غلات اثرات متفاوتی دارد به‌طوری که اگر تنش خشکی قبل از پنجه‌زنی اتفاق افتد، تعداد پنجه کاهش می‌یابد، ولی در اثر تامین مجدد رطوبت رشد پنجه‌ها به حالت عادی برگردد. تنش خشکی قبل از تلقیح گل‌ها بیش‌ترین تاثیر را بر تعداد دانه در سنبله و عقیمی خوشه دارد (۹). تنش خشکی در مرحله لقاح وزن و تعداد دانه را کاهش داده و بر عملکرد اثر منفی می‌گذارد و نیز وقوع تنش خشکی در طول دوره پر شدن دانه، باعث چروکیده شدن دانه‌ها و کاهش وزن هزار دانه می‌شود (۹).

عقیمی ناشی از تنش خشکی به‌طور عمده در یک سوم انتهایی خوشه اتفاق می‌افتد که به آن عقیمی انتهایی[1] می‌گویند (۲۰). این عقیمی از طریق سقط دانه گرده اتفاق می‌افتد و موجب کاهش تعداد دانه در خوشه و کاهش عملکرد دانه در گندم می‌شود (۱۷). عقیمی انتهایی خوشه ناشی از تنش گرمایی نیز در برخی از واریته‌های گندم گزارش شده است (۱۳). برخی گزارشات علت عقیمی در بالای خوشه بر اثر تنش خشکی را بیش‌تر ناشی از تاثیر خشکی برقدرت رشد و نمو دانه گرده دانسته‌اند (۲۰). کمبود آب و افزایش درجه حرارت اغلب در مراحل حساس رشد بروز می‌کند و باعث کاهش تولید گندم از طریق کاهش تعداد دانه و یا وزن دانه می‌شود (۲۷). وقوع تنش خشکی در مرحله گلدهی موجب نقصان در باروری می‌شود که علت آن نقص در عملکرد دانه گرده و یا تخمک می‌باشد (۸، ۱۰، ۲۲، ۱۱).

در مطالعات مختلفی اثر تنش خشکی بر صفات مورفولوژیک گندم نیز بررسی شده است. نتایج این مطالعات نشان داده که تنش خشکی اثر بارز و کاهنده‌ای بر بیش‌تر صفات مورفولوژیک دارد (۱، ۴). مطالعات

1. Apical sterility

فاولر (۲۰۰۲) نشان داد که وقوع تنش خشکی در مرحله به ساقه‌رفتن گیاه باعث کاهش تعداد سنبله بارور در واحد سطح می‌گردد (۱۲). نتایج مطالعه‌ی احمدی لاهیجانی و امام (۲۰۱۳) نیز نشان داد که با قطع آبیاری بعد از زمان گلدهی در گندم، عملکرد دانه، تعداد دانه در سنبله، عملکرد زیستی و شاخص برداشت کاهش می‌یابد (۲). همچنین، سلیمانی (۲۰۱۶) علت کاهش شاخص برداشت بر اثر افزایش شدت تنش خشکی را به دلیل کاهش بیش‌تر عملکرد دانه نسبت به تولید کاه گزارش کرده است (۲۵).

با توجه به مطالب فوق و اهمیت روزافزون تنش خشکی ضرورت انجام تحقیق و مطالعه اثرات رژیم‌های متفاوت تنش آبی بر گیاه گندم بیش از پیش احساس می‌شود. هدف از این مطالعه بررسی اثر شرایط مختلف تنش آبی بر عملکرد، اجزای عملکرد و عقیمی انتهایی خوشه در ژنوتیپ‌های گندم بود.

مواد و روش‌ها

به منظور بررسی تاثیر شرایط متفاوت تنش خشکی بر روی عملکرد، اجزای عملکرد و عقیمی خوشه ده ژنوتیپ گندم شامل ارقام اصلاح شده و ژنوتیپ‌های در دست اصلاح، سه آزمایش جداگانه بر پایه طرح آزمایشی بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار و در سه شرایط متفاوت از تنش آبی در مجموعه گلخانه‌های پژوهشی دانشکده کشاورزی دانشگاه شهرکرد اجرا شد. کاشت بذرها در اسفند ۱۳۹۷صورت گرفت و از هر ژنوتیپ سه بذر در گلدان‌هایی با قطر ۲۰ سانتی‌متر و پر شده با ماسه، خاک مزرعه و گیاخاک به نسبت مساوی کاشته شدند. در جدول ۱ نام و منشاء ژنوتیپ‌ها آمده است.

روش اعمال تنش: این آزمایش در سه شرایط خشکی جداگانه انجام شد. در حالت اول گیاهان در شرایط بهینه رطوبتی رشد داده شدند. در این حالت ظرفیت مزرعه‌ای خاک گلدان‌ها هیچ‌گاه از ۷۰ درصد ظرفیت زراعی پایین‌تر نیامد. هر یک روز در میان تعدادی از گلدان‌ها وزن و با توجه به کاهش وزن و قبل از رسیدن ظرفیت مزرعه‌ای به پایین‌تر از ۷۰ درصد، همه‌ی گلدان‌ها تا رسیدن به این ظرفیت مزرعه‌ای آبیاری شدند. در شرایط دوم، یک نوع تنش پیوسته بعد از استقرار گیاه اعمال شد. در این حالت به گیاهان تا سطح ۳۰ درصد ظرفیت مزرعه‌ای تنش وارد شد. این تنش تا رسیدن کامل گیاه ادامه یافت. در شرایط سوم، تنها در مرحله تقسیم میوز (مراحل ۴۰-۴۹ زیداکس) به مدت هفت روز بسته به درجه حرارت محیط آبیاری متوقف شد. قبل و بعد از این مراحل گلدان‌ها تا ظرفیت مزرعه‌ای ۷۰ درصد آبیاری شدند. در این حالت گیاهان تنها در مراحل تقسیم میوز تحت تنش قرار گرفتند و قبل و بعد از آن در شرایط بهینه آبیاری شدند.

خصوصیات مورد بررسی: شاخص عقیمی کل (Sterility Total): تعداد گلچه‌های فاقد دانه در سنبله و تعداد کل گلچه‌ها در سنبله اصلی شمارش شدند و شاخص عقیمی کل از نسبت تعداد دانه در سنبله اصلی به تعداد کل گلچه‌های سنبله اصلی منهای یک به‌دست آمد.

شاخص عقیمی انتهایی (Sterility Apical): این شاخص از نسبت تعداد گلچه‌های بارور در یک سوم بالای سنبله به تعداد کل گلچه‌ها در یک سوم بالای سنبله منهای یک به‌دست آمد.

صفات زراعی: تعداد پنجه بارور و عقیم، عملکرد دانه در بوته، شاخص برداشت از نسبت عملکرد دانه به عملکرد بیولوژیک برحسب درصد به‌دست آمد.

جدول ۱- نام و منشا ارقام و لاین‌های مورد استفاده.

Table 1- Name and origin of cultivars and lines.

شماره* Number *	نام ژنوتیپ Genotype	منشا Source
1	الوند (Alvand)	ایران(رقم زراعی) Iran (Agricultural cultivar)
2	روشن (Roshan)	ایران (رقم زراعی) Iran (Agricultural cultivar)
3	بک‌کراس روشن (Back cross roshan)	ایران (رقم زراعی) Iran (Agricultural cultivar)
4	اهدایی ۸۱ (Ehdaei81)	لاین نوترکیب حاصل تلاقی Recombinant line from the intersection Chinese Spring×Yecora Rojo
5	اهدایی ۸۲ (Ehdaei82)	لاین نوترکیب حاصل تلاقی Recombinant line from the intersection Chinese Spring×Yecora Rojo
6	اهدایی ۷۹ (Ehdaei79)	لاین نوترکیب حاصل تلاقی Recombinant line from the intersection Chinese Spring×Yecora Rojo
7	DN11	ایران (در دست اصلاح) Iran (In the process of reform)
8	اکسلی (Oxley)	استرالیا (رقم زراعی) Australia (Agricultural cultivar)
9	چاینزاسپرینگ (ChineseSpring)	چین (رقم بومی) China (native cultivar)
10	604	استرالیا (در دست اصلاح) Australia (In the process of reform)

*: ژنوتیپ های ردیف های ۴، ۵ و ۶ توسط آقای دکتر اهدایی تولید و ارسال شده است.

*. Genotypes 4, 5 and 6 were Provided by Dr. Ehdaei

تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها: برای کلیه صفات اندازه‌گیری شده تجزیه واریانس و مقایسات میانگین با استفاده از نرم‌افزار آماری SAS نسخه ۹/۰ انجام شد. برای مقایسه میانگین‌ها از آزمون LSD در سطح احتمال یک درصد استفاده شد.

نتایج و بحث

تعداد پنجه بارور و عقیم: با توجه به نتایج تجزیه واریانس در شرایط متفاوت تنش آبی (جدول‌های ۲، ۳ و ۴)، گرچه ژنوتیپ‌های مختلف در شرایط بهینه از نظر تعداد پنجه‌ی بارور اختلاف معنی‌داری در سطح ۵ درصد با هم نشان دادند، اما واکنش ژنوتیپ‌های مختلف گندم در شرایط بهینه از نظر تولید تعداد پنجه عقیم یکسان بود و اختلاف معنی‌داری بین ژنوتیپ‌ها مشاهده نشد. همچنین، در شرایط تنش اختلاف معنی‌داری بین ژنوتیپ‌ها از لحاظ تعداد پنجه عقیم و پنجه بارور مشاهده نگردید. این امر می‌تواند ناشی از این موضوع باشد که تنش خشکی باعث شده کاهش چندانی در تعداد پنجه بارور ایجاد نشود و کاهش ایجاد شده باعث ایجاد اختلاف معنی‌داری بین ژنوتیپ‌ها نشد. پس می‌توان گفت تنوع موجود در عملکرد در شرایط تنش به علت کاهش در تعداد پنجه بارور نبود (۱۰).

جدول ۲- تجزیه واریانس عملکرد و اجزای عملکرد ارقام گندم در شرایط آبیاری بهینه (۷۰ درصد ظرفیت زراعی).

Table 2- Variance analysis of characters under normal irrigation conditions (70% Field Capacity).

منابع تغییر S.O.V	درجه آزادی df	شاخص برداشت Harvest index	عملکرد دانه در بوته Grain weight per plant	شاخص عقیمی کل Total sterility	شاخص عقیمی انتهایی سنبله اصلی Apical sterility	تعداد پنجه عقیم Number of sterile tiller	تعداد پنجه بارور Number of fertile tiller	وزن صد دانه 100 Seed yield	تعداد دانه در سنبله اصلی Number of seeds per spike
تیمار Treatment	9	114.01*	0.30**	0.006ns	0.008**	0.12 ns	0.48*	0.50ns	80.09**
بلوک Block	2	33.30	0.15	0.003	0.001	0.18	0.12	0.16	5.74
خطا Error	18	15.02	0.13	0.003	0.002	0.1	0.16	0.29	22.69
CV (%) ضریب‌تغییرات(درصد)		12.12	10.13	20.30	12.50	78.71	14.41	14.80	10.77

ns، * و **: به ترتیب غیرمعنی‌دار، معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد و معنی‌دار در سطح احتمال ۱ درصد.

ns, * and **: Non-significant, Significant at 5% of probability level and Significant at 1% of probability level, respectively.

جدول ۳- تجزیه واریانس عملکرد و اجزای عملکرد ارقام گندم در شرایط تنش خشکی در مرحله میوز.

Table 3- Variance analysis of characters under water-stress (meiotic stress condition).

منابع تغییر S.O.V	درجه آزادی df	شاخص برداشت Harvest index	عملکرد دانه در بوته Grain weight per plant	شاخص عقیمی کل Total sterility	شاخص عقیمی انتهایی سنبله اصلی Apical sterility	تعداد پنجه عقیم Number of sterile tiller	تعداد پنجه بارور Number of fertile tiller	وزن صد دانه 100 Seed yield	تعداد دانه در سنبله اصلی Number of seeds per spike
تیمار Treatment	9	108.15ns	0.49*	0.008*	0.02**	0.41 ns	0.42 ns	0.53**	78.88**
بلوک Block	2	87.17	0.04	0.003	0.006	0.08	0.28	0.003	16.18
خطا Error	18	49.75	0.14	0.003	0.004	0.28	0.19	0.07	14.85
CV (%) ضریب تغییرات(درصد)		13.4	12.95	16.58	12.98	71.64	17.90	7.96	9.57

ns، * و **: به ترتیب غیرمعنی‌دار، معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد و معنی‌دار در سطح احتمال ۱ درصد.

ns, * and **: Non-significant, Significant at 5% of probability level and Significant at 1% of probability level, respectively.

جدول ٤- تجزیه واریانس صفات مورد مطالعه در شرایط تنش خشکی دائم (۳۰ درصد ظرفیت زراعی).

Table 4- Variance analysis of characters under continual water-stress (30% of Field Capacity).

منابع تغییر S.O.V	درجه آزادی df	شاخص برداشت Harvest index	عملکرد دانه در بوته Grain weight per plant	شاخص عقیمی کل Total sterility	شاخص عقیمی انتهایی سنبله اصلی Apical sterility	تعداد پنجه عقیم Number of sterile tiller	تعداد پنجه بارور Number of fertile tiller	وزن صد دانه 100 Seed yield	تعداد دانه در سنبله اصلی Number of seeds per spike
Treatment تیمار	9	66.69^{ns}	0.65^{*}	$0/01^{ns}$	0.01^{ns}	0.52^{ns}	0.41^{ns}	0.49**	132.74ns
Block بلوک	2	16.68	0.19	0/003	0.02	0.92	0.20	0.36	1.80
Error خطا	18	36.99	0.19	0/01	0.006	0.31	0.17	0.08	67.82
CV (%) ضریب‌تغییرات(درصد)		12.33	16.49	30/02	17.70	60.82	17.71	9.08	20.05

ns، * و **: به ترتیب غیرمعنی‌دار، معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد و معنی‌دار در سطح احتمال ۱ درصد.

ns, * and **: Non-significant, Significant at 5% of probability level and Significant at 1% of probability level, respectively.

نتایج مقایسه میانگین‌ها در شرایط متفاوت تنش (جدول‌های ۵، ۶ و ۷) نشان داد که در شرایط بدون تنش و تنش در مرحله میوز، ژنوتیپ‌های DN11 و اکسلی بیش‌ترین میزان پنجه بارور را تولید کردند و کم‌ترین تعداد پنجه بارور در ژنوتیپ بک‌کراس‌روشن مشاهده شد. همچنین در شرایط تنش ۳۰٪ ظرفیت زراعی واریته‌ی اکسلی بیش‌ترین پنجه بارور و ژنوتیپ اهدایی ۸۲ کم‌ترین پنجه بارور را داشتند.

بررسی ژنوتیپ‌ها از نظر تعداد پنجه عقیم نیز نشان داد که بین ژنوتیپ‌های مورد بررسی از نظر تعداد پنجه عقیم تفاوت معنی‌داری در شرایط متفاوت آبی وجود نداشت (جدول‌های ۵، ۶ و ۷). این نتایج همچنین، نشان داد که در سطوح مختلف آبیاری در تعداد پنجه عقیم، تغییر معنی‌داری مشاهده نشد. نتایج مقایسات میانگین نیز نشان داد که ژنوتیپ الوند در شرایط بهینه و تنش در مرحله میوز به ترتیب با مقادیر ۰/۷۸ و ۱/۲۲ دارای بیش‌ترین تعداد پنجه عقیم بودند و در شرایط تنش ۳۰ درصد ظرفیت زراعی، ژنوتیپ DN11 بیش‌ترین تعداد پنجه عقیم را داشت. کم‌ترین تعداد پنجه عقیم در شرایط بهینه، شرایط تنش در مرحله میوز و تنش دائمی برای ژنوتیپ اهدایی ۸۱ به ترتیب با مقادیر ۰/۱۱، ۰/۱۱ و ۰/۲۲ مشاهده شد. این مشاهدات تأیید می‌کند که ژنوتیپ‌های ذکر شده در شرایط تنش پنجه عقیم تولید می‌کنند. به طور کلی، یکی از تأثیرات مهم خشکی بر گیاه گندم تولید پنجه‌های عقیم است. این موضوع باعث می‌شود تا قسمت زیادی از مواد غذایی گیاه صرف تولید پنجه‌هایی شود که بر اثر تنش خشکی تولید دانه نمی‌کنند. بنابراین، ژنوتیپ‌هایی که تحت شرایط تنش پنجه زیادی تولید نمی‌کنند مفیدتر هستند. تنش خشکی می‌تواند از رشد مطلوب گیاه جلوگیری کرده و اثر منفی روی تعداد پنجه بارور در گندم داشته باشد و درنهایت با کاهش تعداد پنجه‌ی بارور عملکرد نیز کاهش می‌یابد (۱۰).

عقیمی انتهایی سنبله: نتایج تجزیه واریانس (جدول‌های ۵، ۶ و ۷) برای صفت عقیمی انتهایی سنبله اصلی در مراحل مختلف تنش آبی نشان داد که تنش خشکی در مرحله زایشی باعث ایجاد تنوع معنی‌داری بین ژنوتیپ‌ها در سطح ۱ درصد شد. مقایسات میانگین ژنوتیپ‌ها برای صفت عقیمی انتهایی سنبله نیز نشان داد که در شرایط بهینه بیش‌ترین میزان عقیمی انتهایی خوشه در ژنوتیپ اهدایی ۸۱ با میانگین ۰/۴۵ و کم‌ترین مقدار آن در ژنوتیپ اهدایی ۸۲ (۰/۳۰) بود. حساس‌ترین ژنوتیپ نسبت به شاخص عقیمی انتهایی به هنگام وقوع تنش هم در مرحله میوز و هم تنش دائمی، ژنوتیپ اهدایی ۷۹ و مقاوم‌ترین آن‌ها ژنوتیپ الوند بود.

تجزیه واریانس ژنوتیپ‌ها نشان داد که تنش دائمی تأثیر معنی‌داری در ایجاد تنوع در عقیمی انتهایی نداشت، اما وقوع تنش در مرحله میوز باعث ایجاد اختلافات معنی‌داری بین ژنوتیپ‌های مختلف گندم از نظر عقیمی انتهایی سنبله شد و فراوانی گلچه‌های عقیم را در ارقام حساس به خشکی افزایش داد. در مطالعات رئیسی (۲۰۰۸) نیز همین نتایج گزارش شد (۲۲). همچنین، فانی (۲۰۰۹) گزارش کرد که تعداد بذر در هر سه قسمت سنبله در اثر تنش کاهش می‌یابد، اما بیش‌ترین درصد کاهش مربوط به قسمت بالای سنبله است (۱۰). تاثیر تنش خشکی بر قدرت رشد و نمو دانه گرده بیش‌تر در قسمت بالایی خوشه اتفاق می‌افتد و موجب عقیمی خوشه و در نهایت کاهش بذر در این قسمت می‌شود (۱۰).

جدول ۵- نتایج مقایسه میانگین صفات مورد مطالعه در شرایط آبیاری بهینه (۷۰ درصد ظرفیت زراعی).

Table 3. Mean Comparison under normal irrigation conditions (70% of field capacity).

ژنوتیپ Genotypes	شاخص برداشت (درصد) Harvest index (%)	عملکرد دانه در بوته (گرم) Grain weight per plant (g)	شاخص عقیمی کل Total sterility	شاخص عقیمی انتهایی سنبله اصلی Apical sterility in main tiller	تعداد پنجه عقیم Number of sterile tiller	تعداد پنجه بارور Number of fertile tiller	وزن صد دانه (گرم) 100 Seed yield(g)	تعداد دانه در سنبله اصلی Number of seeds per spike
DN11	52.62^{bcd}	3.47^{bc}	0.22^{bc}	0.31^{c}	0.46^{a}	3.34^{a}	3.88a	36.89cd
اکسلی Oxley	61.77^{abc}	3.42^{bc}	0.25^{abc}	0.33^{c}	0.33^{a}	3.34^{a}	3.86a	44.53abc
اهدایی۸۱ Ehdaei81	46.56^{d}	3.51^{bc}	0.32^{a}	0.45^{a}	0.11^{a}	3.11^{ab}	2.70b	36.22d
اهدایی۷۹ Ehdaei79	55.43^{abcd}	4.20^{a}	0.31^{a}	0.42^{ab}	0.33^{a}	3.11^{ab}	3.78a	49.67a
604	51.23^{cd}	3.45^{bc}	0.17^{c}	0.34^{c}	0.44^{a}	2.67^{abc}	3.33ab	49.55a
الوند Alvand	53.31^{bcd}	3.70^{ab}	0.26^{ab}	0.35^{bc}	0.78^{a}	2.67^{abc}	4.25a	47.78ab
روشن Roshan	52.05^{bcd}	3.56^{b}	0.29^{ab}	0.34^{bc}	0.44^{a}	2.67^{abc}	3.74a	42.89abcd
چاینزاسپرینگ ChineseSpring	51.84^{bcd}	3.57^{b}	0.24^{abc}	0.42^{ab}	0.11^{a}	2.46^{bc}	3.63ab	49.44a
اهدایی۸۲ Ehdaei82	62.98^{ab}	3.65^{ab}	0.23^{abc}	0.30^{c}	0.33^{a}	2.33^{c}	3.70a	39.67bcd
بک کراس روشن Back cross roshan	66.00^{a}	2.90^{c}	0.23^{abc}	0.35^{bc}	0.55^{a}	2.28^{c}	3.72a	45.61ab

در هر ستون میانگین‌های با حروف مشابه بر اساس آزمون $LSD_{0/05}$ اختلاف معنی‌داری با هم ندارند.

In each column, the means with similar letters based on $LSD_{0.05}$ test are not significantly different.

جدول ٦- نتایج مقایسه میانگین صفات مورد مطالعه در شرایط تنش در مرحله میوز (۳۰ درصد ظرفیت زراعی).

Table 5. Mean Comparison under meiotic stress conditions (30% of field capacity).

ژنوتیپ Genotypes	شاخص برداشت (درصد) Harvest index (%)	عملکرد دانه در بوته (گرم) Grain weight per plant (g)	شاخص عقیمی کل Total sterility	شاخص عقیمی انتهایی سنبله اصلی Apical sterility in main tiller	تعداد پنجه عقیم Number of sterile tiller	تعداد پنجه بارور Number of fertile tiller	وزن صد دانه (گرم) 100 Seed yield(g)	تعداد دانه در سنبله اصلی Number of seeds per spike
DN11	51.52 ^{abc}	2.88^{bc}	0.33^{ab}	0.55^{a}	1.11^{a}	2.67^{ab}	3.56ab	32.22d
اهدایی۸۱ Ehdaei81	58.24 ^{ab}	2.54^{cd}	0.34^{ab}	0.57^{a}	0.11^{b}	2.44^{ab}	2.42e	32.33d
اهدایی۷۹ Ehdaei79	42.84^{c}	2.83^{bc}	0.41^{a}	0.56^{a}	1.00^{ab}	2.55^{ab}	3.45bc	40.11abc
اکسلی Oxley	52.61^{abc}	3.53^{a}	0.32^{abc}	0.44^{bc}	0.44^{ab}	3.17^{a}	3.25bcd	40.00abc
604	46.03 ^{c}	2.74^{bcd}	0.24^{c}	0.42^{bc}	0.44^{ab}	2.56^{ab}	2.89d	43.12abc
الوند Alvand	51.06 ^{abc}	3.29^{ab}	0.34^{ab}	0.34^{c}	1.22^{ab}	2.00^{b}	4.00a	45.44ab
روشن Roshan	48.81^{bc}	2.91^{abc}	0.36^{a}	0.40^{c}	0.56^{ab}	2.67^{ab}	3.32bcd	39.28bc
چاینزاسپرینگ ChineseSpring	50.12 ^{abc}	3.28^{ab}	0.32^{abc}	0.52^{ab}	0.78^{ab}	2.56^{ab}	3.05cd	46.00a
بک کراس روشن Back cross Roshan	59.61 ^{ab}	3.20^{ab}	0.39^{a}	0.38^{c}	1.11^{a}	1.99^{b}	3.41bc	46.22a
اهدایی۸۲ Ehdaei82	61.68^{a}	2.17^{d}	0.26^{bc}	0.51^{ab}	0.56^{ab}	2.00^{b}	3.19bcd	38.11cd

در هر ستون میانگین‌های با حروف مشابه بر اساس آزمون $LSD_{0/05}$ اختلاف معنی‌داری با هم ندارند.

In each column, the means with similar letters based on $LSD_{0.05}$ test are not significantly different.

جدول ۷- نتایج مقایسه میانگین صفات مورد مطالعه در شرایط تنش دائم (۳۰ درصد ظرفیت زراعی).

Table 7. Mean Comparison under continualwater stress (30% of field capacity).

ژنوتیپ ها Genotypes	شاخص برداشت (درصد) Harvest index (%)	عملکرد دانه در بوته (گرم) Grain weight per plant (g)	شاخص عقیمی کل Total sterility	شاخص عقیمی انتهایی سنبله اصلی Apical sterility in main tiller	تعداد پنجه عقیم Number of sterile tiller	تعداد پنجه بارور Number of fertile tiller	وزن صد دانه (گرم) 100 Seed yield(g)	تعداد دانه در سنبله اصلی Number of seeds per spike
DN11	46.71^{ab}	2.48^{bc}	0.37^{a}	0.51^{a}	1.56^{a}	2.44^{b}	3.33b	33.11cd
Ehdaei81 اهدایی۸۱	54.66^{a}	2.10^{c}	0.34^{ab}	0.49^{ab}	0.22^{c}	2.00^{b}	2.39d	35.39bcd
Ehdaei79 اهدایی۷۹	40.73^{b}	2.50^{bc}	0.32^{ab}	0.51^{a}	1.11^{abc}	2.44^{b}	2.96bc	39.67abcd
Oxley اکسلی	51.31^{a}	3.35^{a}	0.31^{ab}	0.40^{abc}	0.55^{bc}	3.28^{a}	2.82cd	50.11a
604	45.47^{ab}	2.56^{bc}	0.20^{b}	0.36^{bc}	0.67^{abc}	2.33^{b}	2.81cd	47.44ab
Alvand الوند	50.70^{ab}	3.13^{ab}	0.35^{ab}	0.32^{c}	1.33^{ab}	2.17^{b}	3.91a	39.77abcd
Roshan روشن	44.98^{ab}	2.65^{abc}	0.37^{a}	0.37^{bc}	0.89^{abc}	2.33^{b}	3.22bc	40.67abcd
ChineseSpring چاینزاسپرینگ	49.57^{ab}	3.12^{ab}	0.29^{ab}	0.45^{ab}	0.78^{abc}	2.22^{b}	3.00bc	47.14abc
Back cross Roshan بک کراس روشن	54.45^{a}	2.97^{ab}	0.32^{ab}	0.43^{abc}	1.33^{ab}	2.11^{b}	3.34b	46.67abc
Ehdaei82 اهدایی۸۲	54.54^{a}	1.90^{c}	0.36^{ab}	0.38^{bc}	0.66^{abc}	1.99^{b}	3.12bc	30.67d

در هر ستون میانگین‌های با حروف مشابه بر اساس آزمون $LSD_{0/05}$ اختلاف معنی‌داری با هم ندارند.

In each column, the means with similar letters based on $LSD_{0.05}$ test are not significantly different.

هر چه شاخص عقیمی انتهایی سنبله بیش‌تر باشد نشان‌دهنده بالاتر بودن نسبت تعداد گلچه‌های عقیم در یک سوم بالای سنبله به تعداد کل گلچه‌ها در یک سوم بالای سنبله می‌باشد و این به معنی مقاومت کم‌تر آن ژنوتیپ نسبت به شرایط کم آبی است. کم شدن تعداد سنبلچه بارور و تعداد دانه و افزایش تعداد سنبلچه نابارور در شرایط تنش امری طبیعی است (۵). به‌طور کلی، مطالعات دیگر نیز نشان داده است که اعمال تنش در مرحله زایشی موجب عقیم شدن دانه‌های گرده و اختلال در فتوسنتز جاری و انتقال مواد ذخیره شده به دانه می‌گردد. اخلال در انتقال مواد ذخیره شده می‌تواند دلیلی بر کاهش وزن دانه در ژنوتیپ‌ها بر اثر تنش باشد. در حالی‌که کاهش تعداد دانه در سنبله در اثر تنش خشکی می‌تواند به دلیل کاهش تعداد دانه در سنبلچه و تعداد سنبلچه در هر سنبله صورت گیرد (۶).

شاخص عقیمی کل: در مطالعه حاضر شاخص عقیمی در دو سطح محاسبه شد. یک شاخص عقیمی برای یک سوم بالایی سنبله (*Apical Sterility*) و یک شاخص کل در تمام سنبله (*Total Sterility*). بررسی جدول‌های تجزیه واریانس برای صفت عقیمی کل نشان داد که آبیاری بهینه و تنش دائمی تنوع معنی‌داری بین ژنوتیپ‌ها از نظر عقیمی کل در ژنوتیپ‌های گندم ایجاد نمی‌کند. این در حالی است که تنش در مرحله تقسیم زایشی باعث ایجاد تنوع معنی داری بین ژنوتیپ‌های گندم از نظر شاخص عقیمی کل شد (جدول‌های ۲، ۳ و ۴).

مقایسات میانگین (جداول ۵، ۶ و ۷) نشان داد که ژنوتیپ ۶۰۴ مقاوم‌ترین ژنوتیپ در شاخص عقیمی است این ژنوتیپ به ترتیب با مقادیر ۰/۱۷ ، ۰/۲۴ و ۰/۲۰ در شرایط بهینه، تنش در مرحله میوز و تنش دائمی کم‌ترین میزان عقیمی را نشان داد. بیش‌ترین میزان شاخص عقیمی در شرایط تنش در مرحله تقسیم زایشی در ژنوتیپ اهدایی ۷۹ و در مرحله تنش دائمی در ژنوتیپ‌های روشن و DN11 (۰/۳۷) دیده شد. مقایسه واکنش ژنوتیپ‌ها در شرایط متفاوت تنش آبی نشان داد که فراوانی گلچه‌های عقیم در شرایط تنش به شدت افزایش می‌یابد که با نتایج مطالعه رئیسی (۲۰۰۸) مطابقت دارد (۲۲).

عملکرد دانه در بوته: تجزیه واریانس در سطوح متفاوت آبی نشان داد که بین ژنوتیپ‌های گندم از نظر عملکرد دانه در بوته هر سه سطح مورد بررسی تفاوت معنی‌دار وجود داشت (جدول‌های ۲، ۳ و ۴). با توجه به نتایج مقایسه میانگین (جدول‌های ۵، ۶ و ۷)، براساس نوع ژنوتیپ عملکرد دانه در شرایط تنش با کاهش همراه بوده و در شرایط بهینه ژنوتیپ اهدایی ۷۹ (۴/۲۰ گرم) بیش‌ترین و بک‌کراس روشن (۲/۹۰ گرم) کم‌ترین میزان عملکرد دانه را داشتند. تعداد دانه در سنبله اصلی به عنوان یکی از اجزای عملکرد دانه در ژنوتیپ اهدایی ۷۹ بیش‌ترین مقدار را به خود اختصاص داد و ژنوتیپ الوند با داشتن عملکرد دانه بالا در شرایط متفاوت آبی، اجزای عملکرد بالایی (وزن صد دانه و تعداد دانه در سنبله اصلی) را نیز به خود اختصاص داد.

سایر نتایج نیز نشان داده‌اند که معمولا کاهش در عملکرد دانه تحت شرایط تنش مشاهده می‌شود که این می‌تواند ناشی از کاهش تعداد دانه و یا وزن هزار دانه باشد. تنش خشکی در کاهش رشد و نمو گیاهان نقش مهمی دارد. کم‌ترین عملکرد موقعی است که تنش خشکی در مرحله گلدهی (*Flowering*) اعمال شود (۲۰). در این مرحله که در آن تقسیم کاهشی انجام می‌شود، حساسیت به خشکی بیش‌تر است و اثر قابل توجهی را بر کاهش عملکرد دانه می‌گذارد (۲۰).

ژنوتیپ اکسلی با داشتن وزن صد دانه و تعداد دانه بالا، بیش‌ترین عملکرد دانه (۶/۷۲ گرم و ۶/۵۳ گرم) را در شرایط تنش در مرحله تقسیم زایشی و

تنش دائمی به خود اختصاص داد و کم‌ترین میزان عملکرد دانه در بوته در ژنوتیپ اهدایی ۸۲ (۳/۵۵ گرم و ۳/۵۱ گرم) مشاهده گردید. تأثیر تنش تا ۳۰ درصد ظرفیت زراعی عمدتا از طریق تأثیر بر وزن دانه مشاهده می‌شود. وزن دانه در سنبله یکی از اجزای اصلی عملکرد دانه در گندم می‌باشد و به عنوان یک صفت مهم در انتخاب برای مقاومت به خشکی و درجه حرارت بالا مورد توجه قرار گرفته است (۱۰). بنابراین، مرحله پر شدن دانه برای اجتناب از چروکیده شدن و کوچک شدن دانه‌ها بایستی آب مورد نیاز گیاه را تامین کرد و نبایستی گیاه با تنش روبه‌رو شود (۱۰، ۲۳).

شاخص برداشت: نتایج تجزیه واریانس (جدول‌های ۲، ۳ و ۴) نشان داد که بین ژنوتیپ‌های مورد بررسی در شرایط بهینه از لحاظ شاخص برداشت تفاوت معنی‌داری وجود داشت. در شرایط تنش، عملکرد دانه ژنوتیپ‌ها نسبت به شرایط بهینه کاهش یافت و این کاهش موجب کاهش شاخص برداشت شد. البته واکنش ژنوتیپ‌های مختلف گندم در شرایط تنش با هم اختلاف معنی‌داری نشان ندادند و روند یکسانی در آن‌ها مشاهده شد. مقایسات برای صفت شاخص برداشت در مراحل مختلف تنش آبی روند متفاوتی را نشان داد، به طوری که بیش‌ترین میزان شاخص برداشت در شرایط بهینه را ژنوتیپ بک‌کراس روشن (۶۶ درصد) دارا بود. ژنوتیپ بک‌کراس‌روشن در تنش دائمی نیز شاخص برداشت قابل قبولی از خود نشان داد (۵۴/۴۵ درصد) و همراه دو ژنوتیپ اهدایی ۸۱ و اهدایی ۸۲ (به ترتیب ۵۴/۶۶ درصد و ۵۴/۵۴ درصد) در تنش دائمی بیش‌ترین میزان این شاخص را به خود اختصاص دادند. ژنوتیپ اهدایی ۸۱ که در شرایط تنشدائمی بیش‌ترین میزان شاخص برداشت را داشت، در شرایط بهینه کم‌ترین (۴۶/۵۶ درصد) میزان شاخص برداشت را به خود اختصاص داد. ژنوتیپ اهدایی ۷۹ در شرایط تنش در مرحله میوز و تنش دائمی کم‌ترین میزان شاخص برداشت (به ترتیب ۴۲/۸۴ درصد و ۴۰/۷۳ درصد) را داشت. شاخص برداشت بیان‌گر توان ژنوتیپ در اختصاص بیش‌تر مواد فتوسنتزی در جهت عملکرد اقتصادی می‌باشد (۱۸).انتقال مجدد مواد فتوسنتزی پدیده‌ای است که در همه حالات در گیاه رخ می‌دهد و می‌تواند بر افزایش شاخص برداشت موثر باشد. بنابراین، ژنوتیپ‌هایی که بتوانند هنگام بروز تنش مواد فتوسنتزی را از قسمت‌های رویشی مانند ساقه و ریشه به دانه انتقال دهند دارای شاخص برداشت بالاتری خواهند بود (۱۹). در پژوهش‌های مشابه اعمال تنش به‌ویژه پس از مرحله گلدهی کاهش معنی‌دار شاخص برداشت را به دنبال داشته است (۳۰) که با نتایج پژوهش حاضر مطابقت دارند.

اثر تنش‌های متفاوت خشکی بر روی صفات مورد بررسی: چون مطالعه حاضر در سه آزمایش جداگانه انجام گردید برای بررسی اثر تنش خشکی بر روی صفات، در کل آزمایش از روش آزمون t جفت شده استفاده گردید. آزمون t جفت شده یک روش مناسب برای بررسی اثر خالص محیط بر صفات و جداسازی اثر ژنوتیپ است. در شرایطی مشابه با شرایط آزمایش حاضر که اندازه‌گیری مشاهدات بر روی ژنوتیپ‌های متفاوت انجام شده است. آزمون t معمولی نمی‌تواند بدون خطا تفاوت دو محیط را برآورد کند (۲۲). به عبارت دیگر، به‌دست آوردن تصادفی تفاوت‌های صفات در دو محیط نمی‌تواند دلیلی بر اثر تفاوت آن دو محیط بر صفت مورد نظر باشد. اما چنانچه مشاهدات هر ژنوتیپ دو به دو جفت شد و سپس تفاوت آن‌ها به‌دست آید، این تفاوت‌ها منحصرا مربوط به اثر محیط است.

مقایسه میانگین تیمارهای تنش خشکی بین شرایط تنش در مرحله میوز و هم تنش دائمی ظرفیت زراعی

با شرایط آبیاری بهینه با استفاده از آزمون T-test برای اکثر صفات در سطح ۱ درصد معنی‌دار بود و وقوع تنش موجب کاهش باروری و عملکرد دانه نسبت به شرایط بهینه شد (جدول‌های ۸ و ۹). نتایج نشان داد که تعداد پنجه عقیم در اثر تنش در مرحله میوز و تنش ۳۰ درصد ظرفیت زراعی به طور معنی‌داری افزایش می‌یابد. همچنین نتایج نشان می‌دهد که تنش باعث تأثیر معنی‌داری در سطح ۱ درصد بر روی عقیمی انتهایی سنبله اصلی و شاخص عقیمی کل می‌شود و فراوانی گلچه‌های عقیم را افزایش می‌دهد. نتایج حاضر با مطالعات رئیسی (۲۰۱۳) تطابق دارد (۲۲). فانی (۲۰۰۹) اعلام کرد تعداد بذر در هرسه قسمت سنبله بر اثر تنش کاهش می‌یابد اما بیش‌ترین درصد کاهش مربوط به قسمت بالای سنبله بوده است (۱۰).

جدول ۸- بررسی تفاوت میانگین‌ها بین شرایط بدون تنش و تنش در مرحله میوز با استفاده از آزمون t.

Table 8- Evaluation of Mean Difference between Non-stress and Meiotic Stress Using T-Test.

صفت trait	بدون تنش Non-stress	تنش Stress	آزمون t T-test
تعداد پنجه بارور Number of fertile claw	2.78	2.46	2.94**
تعداد پنجه عقیم Number of sterile claw	0.39	0.73	-2.80**
شاخص عقیمی انتهایی سنبله اصلی Apical sterility	0.36	0.47	-6.63**
عملکرد دانه در بوته (گرم) Grain weight per Plant (g)	3.54	2.94	6.71**
شاخص برداشت (درصد)Harvest Index (%)	55.38	52.25	1.73 ns
شاخص عقیمی کلTotal Sterility	0.25	0.33	-6.10**

ns، * و **: به ترتیب غیرمعنی‌دار، معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ و معنی‌دار در سطح احتمال ۱٪.

ns, * and **: Non-significant, Significant at 5% of probability level and Significant at 1% of probability level.

جدول ۹- بررسی تفاوت میانگین‌ها بین شرایط بدون تنش و تنش دائمی با استفاده از آزمون t.

Table 9- Evaluation of Mean Difference between Non-stress and 30% Field Capicity Using T-Test.

صفت trait	بدون تنش Non-Stress	تنش Stress	آزمون t T-test
تعداد پنجه بارور Number of fertile claw	2.78	2.33	4.38**
تعداد پنجه عقیم Number of sterile claw	0.39	0.91	-3.59**
شاخص عقیمی انتهایی سنبله اصلی Apical sterility	0.36	0.42	-3.47**
عملکرد دانه در بوته (گرم) Grain weight per Plant (g)	3.54	2.68	10.84**
شاخص برداشت (درصد) Harvest Index (%)	55.38	49.34	4.92**
شاخص عقیمی کلTotal Sterility	0.25	0.32	-3.28**

ns، * و **: به ترتیب غیرمعنی‌دار، معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ و معنی‌دار در سطح احتمال ۱٪.

ns, * and **: Non-significant, Significant at 5% of probability level and Significant at 1% of probability level.

مقایسه میانگین صفات در شرایط تنش در مرحله تقسیم میوز و تنش دائمی ظرفیت زراعی نشان می‌دهد (جدول ۱۰) تنش در مرحله میوز تأثیر بیش‌تری در افزایش شاخص عقیمی انتهایی و

شاخص عقیمی کل دارد و با وقوع تنش در مرحله زایشی کاهش بیش‌تری در این صفات مشاهده خواهد شد. وقوع تنش دائمی ظرفیت زراعی تعداد پنجه عقیم بیش‌تری را نسبت به تنش در مرحله زایشی تولید می‌کند. محمدی و همکاران (۲۰۰۶) علت عقیمی در بالای سنبله بر اثر تنش خشکی در مرحله میوز را ناشی از تاثیر خشکی بر قدرت رشد و نمو دانه گرده دانسته‌اند (۲۰). همچنین، فانی (۲۰۰۶) و ساینی و اسپینال (۱۹۸۱) نیز مطالعات خود گزارش کرده‌اند که بساک گیاهان بر اثر تنش خشکی کوچک و پژمرده گشته و فاقد سیتوپلاسم بهینه می‌گردد (۲۴).

جدول ۱۰- بررسی تفاوت میانگین‌ها بین شرایط تنش در مرحله میوز و تنش دائمی با استفاده از آزمون t

Table 10. Evaluation of Mean Difference between Non-stress and Meiotic Stress Using T-Test

صفت trait	تنش در مرحله میوز Meiotic Stress	تنش ۳۰٪ ظرفیت زراعی 30% FC	مقایسه شرایط تنش در مرحله میوز و تنش ۳۰٪ ظرفیت زراعی Comparison of stress conditions at meiotic stage and 30% of field capacity
تعداد پنجه بارور Number of fertile claw	2.46	2.33	1.30 ns
تعداد پنجه عقیم Number of sterile claw	0.73	0.91	-1.85 ns
شاخص عقیمی انتهایی سنبله اصلی Apical sterility	0.47	0.42	2.43*
عملکرد دانه در بوته (گرم) Grain weight per Plant (g)	2.94	2.68	2.57*
شاخص برداشت (درصد) Harvest Index (%)	52.25	49.34	1.68 ns
شاخص عقیمی کل Total Sterility	0.33	0.32	0.40 ns

ns، * و **: به ترتیب غیرمعنی‌دار، معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ و معنی‌دار در سطح احتمال ۱٪.

ns, * and **: Non-significant, Significant at 5% of probability level and Significant at 1% of probability level.

نتیجه گیری کلی

تنش در مرحله میوز و تلقیح گل‌ها موجب افزایش تعداد گلچه عقیم در بالا و کل سنبله شده است و بیش‌ترین تأثیر را بر کاهش تعداد دانه در سنبله دارد و بیش‌ترین میزان کاهش در انتهای خوشه مشاهده شد پس می‌توان گفت تنش خشکی بیش ترین تأثیر را بر قسمت بالای سنبله داشته است. با توجه به اینکه تنش خشکی باعث کاهش عملکرد دانه و وزن کاه و کلش شده است، در نتیجه کاهش شاخص برداشت منطقی به‌نظیر می‌رسد. بررسی تأثیر تنش در مرحله میوز و تنش دائمی بر عملکرد و شاخص برداشت نشان داد که تنش دائمی تاثیر بیش‌تری در کاهش عملکرد و شاخص برداشت و افزایش تعداد پنجه عقیم داشت.

منابع

1. Abdoli, M. and Saeidi, M. 2013. Effect of Drought Stress during Grain Filling on Yield and Its Components, Gas Exchange Variables, and Some Physiological Traits of Wheat Cultivars. J. Agric. Sci. Technol. 17:4.885-898. (In Persian)
2. Ahmadi-Lahijani, M. and Emam, Y. 2013. Response of Wheat genotypes to terminal drought stress using physiological indices. Journal of Crop Production and Processing. 3:9. 163-176. (In Persian)
3. Arzani, A., and Ashraf, M. 2017. Cultivated ancient wheats (*Triticum*

between parameters in oat cultivars in water stress and non stress conditions. J. Agric. 11: 265-278. (In Persian)
15. Ji, X., Shiran, B., Wan, J., Lewis, DC., Jenkins, C.L.D., Condon, AG., Richards, R.A., and Dolferus, R. 2010. Importance of preanthesis anther sink strength for maintenance of grain number during reproductive stage water stress in wheat. Plant Cell Environ. 33:926-942.
16. Kafi, M. Borzooei, A. Salehi, M. Kamandi, A. Masumi, A. and Nabati, J. 2009. Physiology of Environmental Stresses in Plants. Jahad of University of Mashhad University Press. 502 p. (In Persian)
17. Lonbani, M., and Arzani, A. 2011. Morpho-physiological traits associated with terminal droughtstress tolerance in triticale and wheat. Agron. Res. 9:1. 315–329.
18. Majidi Fakhr, F. Paknejad, F. Ilkayi, M. and Khanpour, M. 2011. Investigation of Deformation due to Low Water Stress of Autumn Wheat Cultivars using Drought Resistance Indicators in Karaj Region. J. Agric. Res. 3: 257-267. (In Persian)
19. Mitra, J. 2001. Genetics and genetic improvement of drought resistance in crop plants. Curr. Sci.80: 758-763.
20. Mohammady, Sh. Sadatinejad, S.J. and Shiran, B.B. 2006. Which one is responsible for apical sterility in wheat under water–stress conditions, ovule or pollen. Pak. J. Biol. Sci. 15:9. 2808-2811.
21. Nouri-Ganbalani, A. Nouri-Ganbalani, G. and Hassan-Panah, D. 2009. Effects of drought stress condition on the yield and yield components of advanced wheat genotypes in Ardabil. Iranian, J. Food Agric. Environ. 7: 228-234. (In Persian)
22. Raesi, A. 2008. Chromosomal Location of Genes Controlling Water–Stress Induced Apical Sterility of Spike using Candidate Chromosomal Substitution Lines in Wheat (*Triticum aestivum* L.). Master Thesis. Shahrekord University. (In Persian)
23. Sangtarash, M.H. 2010. Responses of Different Wheat Genotypes to Drought *spp*.): A potential source of health-beneficial food products. Comper. Rev. Food. Sci. F. 16: 3. 477-488.
4. Amiri, R. Bahraminejad, S. and Sasani, S. 2013. Evaluation of genetic diversity of bread wheat genotypes based on physiological traits in nonstress and terminal drought stress conditions. Cereal Res. 2:4. 289-305. (In Persian)
5. Behdad, M. Paknejad, F. Vazan, S. Ardakani, M.R. and Nasri, M. 2009. Effect of Drought Stress on Yield and Grain Yield Components in Different Stages of Wheat Cultivation Growth. ESCS.1:2. 143-157. (In Persian)
6. Day, A.D., and Intalap, S. 1970. Some Effects of soil moisture on the growth of wheat. Agron. J. 62:27-29.
7. Debaeke, P., and Abdellah, A. 2004. Adaptation of crop management to water-limited environments. EJA. 21: 4. 433-446.
8. Dolferus, R., and Richards, R.A. 2011. Abiotic stress and control of grain number in cereals. Plant Sci. 181: 4. 331-341.
9. Dolferus, R., Powell, N. JI X., Ravash, R., Edlington, J., Oliver, S., Van Dongen, J., and Shiran, B. 2013. The Physiology of Reproductive-Stage Abiotic Stress Tolerance in Cereals. Molecular Stress Physiology of Plants. Springer India. 193-216.
10. Fani, A. 2006. Effect of Water-Stress on Sterility in Genotypes of Wheat and its Relationship with Yield. Master Thesis. Shahrekord University. (In Persian)
11. Farshadfar, E. and Amiri, R. 2016. Assessment of drought resistance in different bread wheat lines using agro-physiological traits and integrated selection index. ESCS. 11:1. 79-91. (In Persian)
12. Fowler, D.B. 2002. Growth stages of wheat. Agron. Sust. Ain. Dev. Springer. 17: 87-92.
13. Jamali, K.D., Arain, M.A., and Javad, M.A. 2003. Breeding of bread wheat (*Triticum aestivum* L.) for semi- dwarf character and high yield. Wheat Information Service Japan. 96: 11-14.
14. Jazaeri Nushabadi, M.R. and Rezaei, A.M. 2007. Evaluation of relation

Stress Applied at Different Growth Stages. Pak. J. Biol. Sci. 13:3. 114-119.
24. Siani, H.S., and Aspinall, D. 1981. Effects of water deficit on sporogensis in wheat. Ann. Bot. 43: 623-633.
25. Soleymani, A. 2016. Effect of drought stress on yield and yield components of wheat by ET-HS model. ESCS. 9: 205-215.
26. Tadesse, W., Solh, M., Braun, H.J., Oweis, T., and Baum, M. 2016. Approaches and Strategies for Sustainable Wheat Production. International Center for Agricultural Research in the Dry Areas. Beirut, Lebanon. 92:9127-9047.
27. Tricker, P., Elltabti, A., Schmidt, J., and Feary, D. 2018. The physiological and genetic basis of combined drought and heat tolerance in wheat. J. Exp. Bot. 69: 3195-3210.
28. Van de Wouw, M., Van Hintum, T., Kik, C., Van Treuren, R., and Visser, B. 2010. Genetic diversity trends in twentieth century crop cultivars: a meta-analysis. Theor. Appl. Genet. 120: 1241– 1252.
29. Zadoks, J.C., Change, T.T., and Knozak, C.F. 1974. A decimal code for growth stages of creals. Weed Res. 14: 415-421.
30. Zare Feyzabadi, A., And Ghodsi, A. 2002. Investigation of Drought Tolerance of Wheat Lines and Wheat Cultivars in Cold Regions of the Country. Agricultural Sciences and Industries. 2: 181-186.