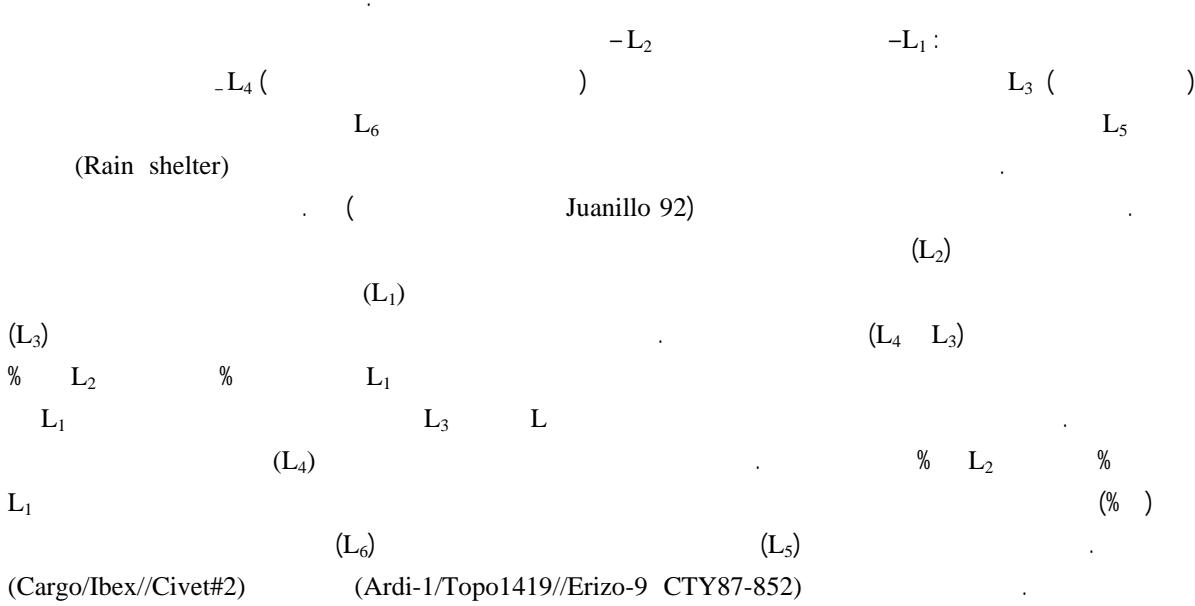


**Effect of pre- and post-anthesis water limitation on some agronomic characteristics, yield and yield components of hexaploid triticale
(*X Triticosecale wittmack*)**

محمود ناظری^۱، ناصر مجnoon حسینی^۲، محمد رضا جلال کمالی^۳، داریوش مظاہری^۴ و
محمد رضا قنادها^۵

اثر محدودیت رطوبتی در مراحل قبل و بعد از ظهور بساک بر برخی
ویژگی‌های زراعی، عملکرد و اجزای عملکرد تریتیکاله هگزاپلولئید. مجله علوم زراعی ایران. جلد هفتم، شماره ۲ صفحه: ۱۷۲-۱۸۷.



تاریخ دریافت: ۱۳۸۳/۵/۷

* این مقاله بخشی از تحقیق رساله دکتری نگارنده اول در گروه زراعت و اصلاح نباتات دانشکده کشاورزی دانشگاه تهران است.

۱- استادیار مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی خراسان، ۲، ۴ و ۵- به ترتیب استادیار، استاد و استاد دانشکده کشاورزی دانشگاه تهران،

۳- استادیار مؤسسه اصلاح و تهییه نهال و بذر

می دهد، بنابراین به نظر می رسد که ظهور بساک خط تقسیم‌بندی مناسب و منطقی برای گیاهان با رشد محدود باشد (Fischer, 1979). در شرایط آب و هوای مدیترانه‌ای تجمع ماده خشک قبل از ظهور بساک و میزان مشارکت آن در پر کردن دانه در تریتیکاله‌های بهاره ۶۴ درصد و در تریتیکاله‌های زمستانه ۶۵ درصد در شرایط آب و هوای مدیترانه‌ای گزارش شده است (Royo *et al.*, 1999). تعداد روز تا ظهور بساک و رسیدن در شرایط تنش محدودیت رطوبتی بسیار حائز اهمیت است زیرا ژنتیپ‌های با ظهور بساک زودتر و همچنین رسیدن زود، کمتر با شرایط تنش رطوبتی و حرارتی انتهای فصل مواجه می‌شوند، بنابراین میزان بیشتری از مواد فتوستنتزی ذخیره‌ای را در شرایط مناسب‌تر رطوبتی و حرارتی (نسبت به ژنتیپ‌های با ظهور بساک و رسیدن دیر) به دانه‌ها منتقل خواهد کرد (Candon *et al.*, 1992).

دستیابی به ژنتیپ‌های متتحمل به تنش محدودیت رطوبتی و گرما هدف بسیاری از برنامه‌های بهنژادی است ولی موفقیت در این زمینه محدود بوده است (Brukner and Frohberg, 1987). تحمل تنش حاصل خصوصیات مورفولوژیک و فیزیولوژیک متعددی است که شاخص‌های مؤثر انتخاب برای آن‌ها به خوبی مشخص نشده‌اند (Fischer and Maurer, 1978). بنابراین در برنامه‌های اصلاحی در شرایط تنش محدودیت رطوبتی، عملکرد و اجزای آن به عنوان پارامترهای عمدۀ انتخاب اهمیت خاصی دارند (Ozakan *et al.*, 1999). تعداد سنبله بارور در مترمربع، شرایط کاشت تا گلدهی را بیان می‌کند. تعداد سنبله در سنبله، تحت تأثیر تنش‌های پس از مرحله سنبله‌چه انتهایی قرار دارد. درصد باروری سنبله معرف تنش‌هایی است که در مرحله ظهور بساک اتفاق می‌افتد و نسبت به تعداد دانه در سنبله و سنبله‌چه شاخص مفید‌تری است. وزن هزار دانه معرف تنش‌های زنده و غیرزنده در مرحله پر شدن دانه است. تعداد دانه در مترمربع هم که در بسیاری از شرایط عملکرد تابعی از

تحقیقات اولیه در مورد تریتیکاله بیشتر در ژاپن، اروپا و امریکا انجام شده است. برنامه‌های اصلاحی تریتیکاله در سال ۱۹۶۴ در سیمیت آغاز و از آن به بعد حدود ۴۰ واریته تریتیکاله در سرتاسر دنیا معرفی شده است که منشاء آن‌ها مواد سیمیت بوده است (ناظری و نوابی، ۱۳۷۴). تحمل بهتر شرایط نامساعد محیطی منجمله مسمومیت ناشی از آلومینیم، عکس العمل بسیار خوب به تنش چرا (Grazing) و مقاومت به امراض شایع در گندم باعث توجه به تریتیکاله گردیده است (Andrews *et al.*, 1991; Royo *et al.*, 1994, 1995, 1999) در برنامه ایران در سال ۱۴۰۰ نیز سطح زیر کاشت ۵۰۰ هزار هکتار به این محصول اختصاص یافته است (بی‌نام، ۱۳۷۸). همان طور که سورگوم برای مناطق نامناسب برای کشت ذرت انتخاب شده است، تریتیکاله نیز به عنوان محصولی برای اراضی حاشیه‌ای و نامناسب کشت گندم مطرح است.

ارقام گندم نان و تریتیکاله در آزمایش‌های مختلفی در شرایط تنش محدودیت رطوبتی با یکدیگر مورد مقایسه قرار گرفته‌اند که تحمل بهتر تریتیکاله به شرایط نامساعد تأیید شده است (Okuyama, 1990; Giunta *et al.*, 1993) در یک بررسی تنش رطوبتی در مرحله پنجه‌زنی عملکرد گندم را ۲۶/۲ درصد و عملکرد تریتیکاله را ۱۳ درصد کاهش داد (Okuyama, 1990). در بررسی دیگری تحمل بیشتر تریتیکاله نسبت به تنش محدودیت رطوبتی در مقایسه با گندم دوروم گزارش شده است، دلایل این تحمل به زودرسی (تعداد روز کمتر تا ظهور بساک) و ظرفیت بهتر ریشه برای جذب آب، نسبت داده شده است (Giunta *et al.*, 1993).

چرخه زندگی گیاه زراعی را به دو مرحله قبل و بعد از ظهور بساک (Anthesis) می‌توان تقسیم کرد. شرایط محیطی قبل از ظهور بساک تولید کل ماده خشک و مصرف آب در مرحله ظهور بساک را تحت تأثیر قرار

L5- محدودیت رطوبتی و یک بار آبیاری در مرحله ظهور بساک و L6- محدودیت رطوبتی و یک بار آبیاری در مرحله شیری دانه بود. محدودیت رطوبتی با قطع آبیاری و جلوگیری از بارندگی با نصب بارانگیر (Rain shelter) ایجاد گردید. فاکتور فرعی پنج ژنو تیپ امیدبخش تریتیکاله شامل: Ardi- ، Fahad-8-2/Sonni-2-1-V2 ، Juanillo 92-V1 ، 1/Topo1419//Erizo-9CTY87-852-V3 83/4/Faba/DWF Ryegood و Cargo/Ibex//Civet#2-V4 -V5 -seed// DGO-4/... 150. بود.

برای انجام آبیاری و اعمال دقت بیشتر از روش آبیاری قطره‌ای نواری با فاصله خروجی‌های ۳۰ سانتی‌متر استفاده شد. در ابتدای هر خط لوله آبده، کنتور اندازه‌گیری حجمی آب و در خروجی ایستگاه پمپاژ از رگلاتور تنظیم کننده فشار استفاده شد. به منظور جلوگیری از انتقال آب به خارج از محدوده کرت آزمایشی، ابتدا و انتهای هر شیار بسته شد. تبخیر و تعرق بالقوه گیاه از معادله زیر برآورد شد:

$$ET_{crop} = Kc * ET_0$$

در این معادله ET_{crop} تبخیر و تعرق گیاهان مورد نظر، Kc ضریب گیاهی، ET_0 تبخیر و تعرق پتانسیل یا گیاه مرجع است. برای تخمین ET_0 از روش پنمن- مانیث اصلاحی فائق استفاده شد، قابلیت اتنکاء به این روش در نقاط مختلف ایران به اثبات رسیده است (علیزاده، ۱۳۷۹). عمق آب آبیاری در هر مرحله با توجه مقدار تبخیر و تعرق محاسبه شده به روش پنمن مانیث اصلاح شده فائق (با اطلاعات روزانه هواشناسی اخذ شده از ایستگاه هواشناسی مجاور اجرای طرح)، و با اعمال ضریب گیاهی تریتیکاله (Allen *et al.*, 1998) و با توجه به ضریب یکنواختی توزیع (که در این تحقیق معادل ۹۵٪ بود)، در هر دور آبیاری با استفاده از معادله زیر به دست آمد:

آن است، حاصل اتفاقاتی است که تا مرحله ظهور بساک بر تعداد بوته در واحد سطح، تعداد سنبله در گیاه، تعداد سنبلاچه در سنبله و تعداد دانه در سنبله اثر گذاشته است و مجموعاً در این یک صفت تجلی می‌یابند (Hobbs and Sayre, 2001). تحقیقات نشان داده است که در طی تنش محدودیت رطوبتی پلی‌پتیدهای جدیدی در برگ‌های تریتیکاله تشکیل می‌شوند که در تحمل تنش نقش ایفا می‌کنند (Socha *et al.*, 1997).

هدف از انجام این بررسی، مطالعه واکنش ژنو تیپ‌های تریتیکاله در مقابل شرایط محدودیت رطوبتی در مراحل مختلف نمو (Development) و تأثیر آن بر عملکرد، اجزای عملکرد و صفات مهم زراعی آن است. دسترسی به ژنو تیپ‌های متحمل به شرایط تنش، باعث جلوگیری از نوسانات شدید عملکرد در طی سال‌های متفاوت می‌شود که یکی از راهکارهای اجرایی نظامهای کشاورزی پایدار است.

این بررسی در طی دو سال زراعی (۱۳۸۰-۸۲) با استفاده از طرح کرت‌های خرد شده (Split plot) در قالب بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در مزرعه ایستگاه تحقیقات کشاورزی طرق مشهد با عرض جغرافیایی ۳۶ درجه و ۱۳ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ۵۹ درجه و ۴۰ دقیقه شمالی و ارتفاع ۹۸۵ متر از سطح دریای آزاد اجرا شد. میزان بارندگی در طول فصل زراعی در سال اول و دوم اجرای آزمایش به ترتیب ۱۸۷ و ۱۸۵ میلی‌متر بود.

عامل اصلی (محدودیت رطوبتی در مراحل مختلف نمو) شامل شش سطح: L1- شرایط بهینه رطوبتی، L2- محدودیت رطوبتی از مرحله گیاهچه تا بر جستگی دو گانه L3- از مرحله بر جستگی دو گانه تا ظهور بساک L4- پس از مرحله ظهور بساک. تیمارهای یک آبیاری تکمیلی در طول دوره رشد و نمو و استفاده از بارندگی به ترتیب:

در هکتار محاسبه و تمامی کود فسفره و پتاسه و یک سوم کود نیتروژن همزمان با کاشت و دوسوم باقیمانده کود نیتروژن به میزان مساوی در دو مرحله ابتدای طویل شدن ساقه و ابتدای ظهور بساک مصرف گردید. بذرهای آزمایشی قبل از کاشت با فارچ کش کربوکسی-تیرام ضدغونی شد و کاشت با بذر کار مخصوص آزمایش‌ها (وینتر اشتایگر) انجام شد. به منظور جلوگیری از بارندگی در تیمارهای تنفس محدودیت رطوبتی، از باران گیر متحرک (Mobile rain shelter) استفاده شد. این باران گیرها از نظر ارتفاع چتر قابل تنظیم بود. با پیشرفت مراحل رشد ارتفاع چتر تنظیم شد. به طوری که چترها فقط در هنگام بارندگی گستره می‌شده و بلا فاصله پس از خاتمه بارندگی جمع‌آوری می‌گردید.

Fine-Loamy over
خاک محل آزمایش در کلاس sandy-skeletal, Mixed, Mesic قرار داشت. مشخصات
فیزیکوشیمیایی خاک محل اجرا به شرح جدول ۱ بود.

$$I = ET_{crop} / 0.95$$

در فرمول فوق I عمق آب مصرفی بر حسب میلیمتر است. از ضرب کردن عمق آب آبیاری در مساحت هر کرت و پس از کسر میزان بارندگی مؤثر، حجم آب ورودی به هر تیمار محاسبه و با استفاده از کنتور حجمی آب ورودی کنترل و یادداشت شد. هر کرت فرعی شامل ۱۲ ردیف به فواصل ۲۰ سانتیمتر و طول سه متر بود. شش ردیف طرفین به منظور حذف اثرات حاشیه‌ای برداشت نگردید. دو ردیف نیز برای نمونه‌گیری‌های متعدد استفاده شد و چهار ردیف باقیمانده پس از حذف نیم متر از ابتداء و انتهای هر کرت جهت اندازه‌گیری عملکرد دانه، اجزای عملکرد و عملکرد بیولوژیک (زیست توده) مورد استفاده قرار گرفت. میزان بذر با توجه به وزن هزار دانه و تراکم ۴۰۰ بذر در مترمربع تعیین و مصرف شد. کاشت آزمایش هر سال در دهم آبان ماه انجام شد. میزان کود مصرفی براساس آزمون خاک و به میزان ۱۲۰-۹۰-۵۰ کیلوگرم خالص (N-P-K) [Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2025-09-01]

جدول ۱- مشخصات فیزیکوشیمیایی خاک محل اجرای آزمایش
Table 1. Physico-chemical analysis of soil in the experimental field

سال Year	عمق نمونه Depth (cm)	هدایت الکتریکی ds/m	pH	کربن آلی OC%	نیتروژن کل ٪ TN%	فسفر قابل جذب P (mg/kg)	پتاسیم قابل جذب K (mg/kg)	شن ٪ Sand	سیلت ٪ Silt	رس ٪ Clay
1380-81 (2001-2002)	0-30 30-60	1.80 2.55	8.1 8.1	1.00 0.20	0.10 0.03	20.8 10.4	371 156	31.4 35.4	52.0 45.0	16.6 19.6
1381-82 (2002-2003)	0-30 30-60	1.65 2.20	8.0 8.1	0.95 0.25	0.15 0.05	30.0 15.5	350 180	34.0 40.0	50.0 40.0	16.0 20.0

فیزیولوژیک با زرد شدن ۵۰ درصد سنبله‌ها در هر کرت در مزرعه تعیین گردید.

تعداد سنبله بارور در مترمربع با شمارش در کرت قبل از رسیدگی فیزیولوژیکی انجام شد تا از ریزش به دلیل حرکت در کرت جلوگیری شود، درصد باروری سنبله با شمارش تعداد گلچه‌های جور بساک با ظهور (Competent florets) در مرحله ظهور بساک (این

مراحل نمو بر جستگی دوگانه و سنبلجه انتهایی با نمونه‌گیری تصادفی پنج بوته از هر کرت و کالبدشکافی (Dissection) آنها با استفاده از استرئوسکوپ بر روی ساقه اصلی در آزمایشگاه تعیین گردید (Kirby and Appleyard, 1986). مراحل نمو ظهور سنبله با ظهور ۵۰ درصد سنبله‌ها از غلاف برگ پرچم، ظهور بساک با ظهور پرچم‌ها در ۵۰ درصد سنبله‌ها، رسیدگی

نتایج تجزیه مرکب واریانس نشان داد که محدودیت رطوبتی در مراحل مختلف نمو تأثیر معنی داری بر روی عملکرد و اجزای آن و خصوصیات زراعی مورد مطالعه داشت (جدول ۲). در مرحله گیاهچه تا برجستگی دو گانه (L2) (دوره رشد رویشی) بالا بودن رطوبت نسبی محیط و پائین بودن نسبی دما، تأثیرات منفی تنش محدودیت رطوبتی تا حدود زیادی کاهش یافته است ولی باز هم تأثیر منفی تنش محدودیت رطوبتی در برخی از اجزای عملکرد وجود دارد. نتایج نشان داد که محدودیت رطوبتی تا مرحله برجستگی دو گانه (L2) باعث کاهش معنی دار عملکرد دانه ($5/71$ تن در هکتار) شد، گرچه از مقایسه L2 با تنش محدودیت رطوبتی در مراحل بعد (L3 و L4) در می یابیم که تنش های بعدی کاهش بیشتر عملکرد دانه را به همراه داشت (به ترتیب، $4/01$ و $4/36$ تن در هکتار). تعداد سنبله بارور در مترمربع در محدودیت رطوبتی L2 (581 سنبله در مترمربع)، کاهش غیر معنی داری نسبت به L1 (639 سنبله در مترمربع)، داشت، ولی کاهش تعداد دانه در سنبله (42/7 دانه در سنبله) و وزن دانه در سنبله (2/0 گرم) در L2 نسبت به شرایط بهینه (به ترتیب، 48/2 دانه در سنبله و 2/37 گرم) معنی دار بود (جدول ۳). کاهش معنی دار تعداد دانه در سنبله و همچنین کاهش (غیر معنی دار) تعداد سنبله بارور در واحد سطح، باعث کاهش معنی دار تعداد دانه در واحد سطح (24213 دانه در مترمربع) در تیمار L2 در مقایسه با شرایط بهینه، L1 (30884 دانه در مترمربع) شد (جدول ۳). کاهش وزن هزار دانه در تیمار تنش محدودیت رطوبتی مرحله رشد رویشی قبل از ظهور بساک، L2 (45 گرم) در مقایسه با شرایط بهینه (L1) (46/1 گرم) معنی دار نبود، بنابراین می توان استنباط کرد که تنش محدودیت رطوبتی در این مرحله عمدهاً تعداد دانه را تحت تأثیر قرار داده است. کاهش درصد باروری سنبله (SSP) در تیمار L2 (64/8 درصد)، نسبت به شرایط بهینه (L1) (75/0 درصد)

گلچه ها دارای پرچم های طبیعی و توسعه یافته هستند و گلچه های ناجور (Non-Competent florets) دارای رنگ سفید، پرچم های مسطح و بدون دانه گرده فعال هستند) و شمارش تعداد دانه در مرحله رسیدگی فیزیولوژیکی محاسبه شد. برای محاسبه درصد باروری سنبله حداقل ۲۰ سنبله به طور تصادفی در دو مرحله ظهور بساک و رسیدگی فیزیولوژیکی باستی انتخاب شود، تعداد دانه در مترمربع نیز از طریق رابطه زیر محاسبه شد:

$$KNo = MKPS \times FSNo$$

در این رابطه Kno (Kernel number) تعداد دانه در مترمربع، FSNo (Fertile spike number) تعداد سنبله (Mean of kernel per spike) MKPS بارور در مترمربع و میانگین تعداد دانه در سنبله است. برای تعیین MKPS، ۲۰ سنبله از متن هر کرت به طور تصادفی انتخاب شد (Reynolds *et al.*, 2001). وزن خشک اندام های مختلف نیز با توزیں ماده خشک پس از نگهداری در آون با دمای ۸۰ درجه سانتیگراد تا ثابت شدن وزن به دست آمد. به منظور محاسبه شاخص حساسیت به تنش محدودیت رطوبتی از فرمول های زیر استفاده شد:

$$Si = (1 - Ydi/Ypi)/D, D = (1 - Yd/Yp)$$

که در این دو فرمول: D- شدت تنش محیط، Yd متوسط عملکرد ژنوتیپ ها در شرایط بدون تنش، Yp متوسط عملکرد ژنوتیپ ها در شرایط بدون تنش، Si شاخص حساسیت به تنش، Ydi عملکرد ژنوتیپ i در شرایط تنش، Ypi عملکرد ژنوتیپ i در شرایط بدون تنش است.

به منظور تجزیه مرکب داده ها ابتدا آزمون بارتلت برای اطمینان از متجانس بودن خطای آزمایش ها انجام شد (بزدی صمدی و همکاران، ۱۳۷۷). محاسبات F و مقایسه میانگین ها نیز با فرض تصادفی بودن سال و ثابت بودن تیمار انجام شد (بزدی صمدی و همکاران، ۱۳۷۷; Carmer *et al.*, 1989). برای تجزیه و تحلیل داده ها نیز از نرم افزارهای EXCEL, MSTAT-C استفاده شد.

جدول ۲- تجزیه واریانس مرکب صفات اندازه‌گیری شده در ژنوتیپ‌های تریتیکاله تحت شرایط تنفس رطبی

Table 2. Combined analysis of variance for measured traits in triticale genotypes under water limitation conditions

S. O. V.	متابع تغییرات	Df	درجه	عملکرد	عملکرد	وزن دانه	تعداد سنبله در	تعداد دانه در	درصد	تعداد دانه در	وزن	وزن خشک کل در	تعداد روز تا ظهر بساک	تعداد روز تا رسیدن	دوره پر شدن دانه	
			آزادی	دانه	بیولوژیک	در سنبله	مترمربع	در سنبله	باروری	مترمربع	هزار دانه سنبله	TDWA	ظهر بساک	تاریخ رسیدن	روز	تعداد روز
Year (Y)	سال	1	0.148*	3.95*	0.76*	18108 ^{n.s}	359.4**	0.089**	252983757*	2.0 ^{n.s}	2691 ^{n.s}	2311.3**	5916.8**	832.1**		
Replication(Year)	تکرار در سال	4	0.009	0.414	0.05	9957	5.0	0.001	26349907	26	6213	2.2	59.8	40.9		
Water limitation (L)	محدودیت رطبی	5	0.559**	4.99**	2.23**	276464**	565.9**	0.019**	992597996**	1228**	176608**	173.4**	330.2**	403.9**		
Y × L	سال × محدودیت رطبی	5	0.018 ^{n.s}	0.07 ^{n.s}	0.07 ^{n.s}	16403 ^{n.s}	41.4**	0.003 ^{n.s}	100719840 ^{n.s}	38 ^{n.s}	33446 ^{n.s}	17.5 ^{n.s}	11.5 ^{n.s}	2.5 ^{n.s}		
Ea	خطای a	20	0.014	0.08	0.04	13859	6.19	0.001	36100221	22	24799	13.4	18.2	8.7		
Genotyp(G)	ژنوتیپ	4	0.095 ^{n.s}	0.83 ^{n.s}	0.91*	17674 ^{n.s}	17.0*	0.023**	665343445 ^{n.s}	638*	57643*	154.4**	344.1*	69.2*		
G × Y	سال × ژنوتیپ	4	0.032**	0.26**	0.14**	13919**	2.0 ^{n.s}	0.001 ^{n.s}	21884759 ^{n.s}	85 ^{n.s}	6905 ^{n.s}	9.5 ^{n.s}	53.1**	10.1 ^{n.s}		
G × L	محدودیت رطبی × ژنوتیپ	20	0.004*	0.03 ^{n.s}	0.08*	1098**	5.4*	0.002*	25323305 ^{n.s}	38 ^{n.s}	65911*	5.9 ^{n.s}	14 ^{n.s}	8.7 ^{n.s}		
Y × G × L	محدودیت رطبی × ژنوتیپ × سال	20	0.004*	0.007 ^{n.s}	0.05 ^{n.s}	13951**	3.4 ^{n.s}	0.001 ^{n.s}	35170892**	37**	30944*	10.1 ^{n.s}	11 ^{n.s}	7.5 ^{n.s}		
Eb	خطای b	96	0.002	0.041	0.03	4131	3.0	0.001	10016063	12	16660	6.9	13.3	9.4		
C.V %			9.5	14.5	8.6	12.2	7.2	10.7	14.3	9.2	16.3	5.6	4.8	6.8		

* and **: Significant at 5% and 1% probability levels, respectively.

*/.: به ترتیب معنی دار در سطوح احتمال ۵٪ و ۱٪.

ns: Non-significant.

ns: غیرمعنی دار.

جدول ۳- مقایسه میانگین های صفات اندازه گیری شده در ژنو تیپ های تریتیکاله و شرایط تنفس محدودیت رطوبتی

Table 3. Mean comparison of measured traits in triticale genotypes and water limitation conditions

تیمار Treatment	عملکرد دانه GY (t ha ⁻¹)	عملکرد بیولوژیک BY (t ha ⁻¹)	وزن دانه در ستله KW/S	تعداد سنبله بارور در مترمربع NS/m ²	تعداد دانه در ستله NK/S	درصد باروری سبله SSP	تعداد دانه در متراز NK/m ²	وزن هزار دانه 1000 KW	وزن خشک کل در مرحله ظهور بساک TDWA	تعداد روز تا ظهور بساک DA	تعداد روز تا رسیدگی فیزیولوژیک DPM	دوره پرشدن دانه GFD	
	عملکرد دانه GY (t ha ⁻¹)	عملکرد بیولوژیک BY (t ha ⁻¹)	وزن دانه در ستله KW/S	تعداد سنبله بارور در مترمربع NS/m ²	تعداد دانه در ستله NK/S	درصد باروری سبله SSP	تعداد دانه در متراز NK/m ²	وزن هزار دانه 1000 KW	وزن خشک کل در مرحله ظهور بساک TDWA	تعداد روز تا ظهور بساک DA	تعداد روز تا رسیدگی فیزیولوژیک DPM	دوره پرشدن دانه GFD	
	Water Limitation L ₁	7.50 a	19.50 a	2.37 a	639 a	48.2 a	75.0 a	30884 a	46.1 b	882 a	171.5 ab	219.3 a	47.8 a
L ₂	5.71 b	16.10 b	2.01 b	581 a	42.7 b	64.8 bc	24213 bc	45.0 b	746 b	169.1 ab	214.7 b	45.6 b	
L ₃	4.01 d	9.96 d	1.97 bc	427 b	34.8 c	56.0 d	14915 e	51.3 a	694 b	164.3 c	212.4 c	48.1 a	
L ₄	4.36 c	14.25 c	1.52 d	618 a	40.4 b	61.5 c	24968 b	33.0 e	885 a	171.1 a	210.1d	38.9 d	
L ₅	5.10 b	13.47 c	1.99 bc	457 b	43.0 b	67.0 b	20753 cd	41.1 c	734 b	168.7 b	211.2 cd	42.5 c	
L ₆	3.76 d	10.98 d	1.87 c	441 b	43.1 b	66.1 b	17395 de	38.4 d	770 b	168.3 b	214.8 b	44.5 b	
Genotypes	V ₁	4.57 d	13.34 b	1.94 b	491 a	42.4 ab	67.3 a	20130 d	41.8 ab	790 bc	168.8 b	215.7 ab	46.8 a
	V ₂	5.11 b	13.53 b	1.96 b	522 a	41.2 c	64.8 b	21881 c	43.4 ab	748 c	167.9 b	212.0 b	44.1 bc
	V ₃	5.50 a	14.58 a	2.06 a	534 a	41.5 bc	67.5 a	22236 bc	45.2 a	851 a	167.2 b	211.4 b	44.3 bc
	V ₄	5.34 a	14.18 ab	1.96 b	548 a	42.8 a	64.5 b	23627 a	41.9 ab	807 ab	167.9 b	211.4 b	43.4 c
	V ₅	4.84 c	14.62 a	1.80 c	540 a	41.4 bc	61.3 c	23052 ab	40.0 b	763 bc	172.4 a	218.3 a	45.9 ab

میانگین های با حروف مشابه در هر ستون بر اساس آزمون چند دامنه ای دانک در سطح ۵٪ اختلاف معنی داری ندارند.

Means followed by the same letters in each column, are not significantly different at 5% level, according to Duncan's Multiple Range Test.

L₁: شرایط بهینه رطوبتی L₂: محدودیت رطوبتی از مرحله گیاهچه تا بر جستگی دو گانه L₃: محدودیت رطوبتی از بر جستگی دو گانه تا ظهور بساک L₄: محدودیت رطوبتی پس از مرحله ظهور بساک L₅: دریافت بارندگی و یک آبیاری در مرحله شیری دانه L₆: دریافت بارندگی و یک آبیاری در مرحله ظهور بساک

L₁: Optimum conditions L₂: Water Limitation from double ridge to anthesis L₃: Water Limitation from double ridge to anthesis L₄: Post-anthesis Water Limitation

L₅: Receive rain fall and one irrigation in anthesis

L₆: Received rain fall and one irrigation in milky stage

V₁: Juanillo 92 V₂: Fahad-8-2/Sonni-2-1 V₃: Ardi-1/Topo 1419//Erizo-9CTY87-852 V₄: Cargo/Tbx/Civet#2 V₅: 150 83/4/Faba/DWF Rye good seed//DGO-4/...

دوگانه و به دلیل روابط خود تنظیمی در گیاه و تعادل بین ظرفیت مبدأ و مقصد است.

محدودیت رطوبتی در مرحله زایشی قبل از ظهور بساک (حد فاصل بر جستگی دوگانه تا ظهور بساک)، کاهش عملکرد دانه را هم نسبت به شرایط بهینه (L1) و هم نسبت به تنش محدودیت رطوبتی در مرحله رشد رویشی (L2) به دنبال داشت (به ترتیب، حدود ۴۷ درصد و ۳۰ درصد) (جدول ۳). در تنش محدودیت رطوبتی (L3) وزن بیولوژیک (۹/۹۶ تن در هکتار)، تعداد سنبله بارور در مترمربع (۴۲۷)، تعداد دانه در سنبله (۳۴/۸)، وزن دانه در سنبله (۱/۹۷ گرم)، تعداد دانه در مترمربع (۱۴۹۱۵)، تعداد روز تا ظهور بساک (۱۶۴/۳)، تعداد روز تا رسیدگی فیزیولوژیکی (۲۱۲/۴)، نسبت به شرایط بهینه (L1) کاهش معنی داری داشت. تمامی صفات پیش گفته نسبت به تیمار L2 نیز کاهش داشت که این کاهش در مورد وزن بیولوژیک، تعداد سنبله بارور در مترمربع، تعداد دانه در سنبله، تعداد دانه در مترمربع، تعداد روز تا رسیدگی فیزیولوژیکی و تعداد روز تا ظهور بساک معنی دار بود (جدول ۳). درصد باروری سنبله نیز در تنش محدودیت رطوبتی L3 کاهش معنی داری نسبت به تنش محدودیت رطوبتی در تیمارهای L1، L2 داشت (به ترتیب ۵۶/۰ در مقابل ۷۵/۰ و ۶۴/۸ درصد). وزن هزار دانه در این تیمار (L3) ۵۱/۳ گرم) نه تنها کاهش نداشت بلکه نسبت به تنش محدودیت رطوبتی L2 ۴۵ (۴۶/۱ گرم) و L1 (۴۶ گرم) افزایش معنی داری نیز نشان داد (جدول ۳).

کاهش تعداد دانه در سنبله و وزن دانه در سنبله و همچنین تعداد سنبله بارور در مترمربع در تنش محدودیت رطوبتی حد فاصل بر جستگی دوگانه تا ظهور بساک (L3) قابل توجه بود. کاهش این صفات باعث کاهش بسیار زیاد تعداد دانه در واحد سطح شد، به طوری که این کاهش نسبت به شرایط بهینه (L1) حدود ۵۲ درصد و نسبت به L2 حدود ۳۹ درصد بود. از طرفی به دلیل شرایط مناسب رطوبتی برای این تیمار در مرحله

معنی دار بود (جدول ۳). تجمع ماده خشک در مراحل قبل از ظهور بساک عملکرد دانه را تحت تأثیر قرار می دهد، ملاحظه می شود که تجمع ماده خشک تیمار L2 در مرحله ظهور بساک (۷۴۶ گرم) کاهش معنی داری نسبت به شرایط بهینه (۸۸۲ گرم) داشت (جدول ۳). Martyniak (2002) با مقایسه تنش محدودیت رطوبتی در مراحل مختلف نمو تریتیکاله، نتیجه گرفت که مرحله رویشی حساسیت کمتری به تنش محدودیت رطوبتی دارد. Akiyama (1990) گزارش داد که تنش محدودیت رطوبتی در قبل از مرحله بر جستگی دوگانه در تریتیکاله عملکرد دانه را به میزان ۱۳ درصد و عملکرد دانه ارقام گندم را ۲۶/۲ درصد کاهش می دهد، میانگین تعداد سنبله بارور در واحد سطح، هم در گندم و هم در تریتیکاله کاهش نشان داد، وزن هزار دانه و تعداد دانه در سنبله نیز در تنش محدودیت رطوبتی قبل از مرحله بر جستگی دوگانه کاهش داشت. در بررسی دیگری اجزای عملکرد تعداد سنبله در سنبله و وزن هزار دانه کمتر تحت تأثیر تنش محدودیت رطوبتی قرار گرفتند و تعداد دانه در سنبله بیشترین کاهش را در تنش محدودیت رطوبتی قبل از ظهور بساک داشت (Nachit, 1994) که با نتایج حاصل از این بررسی موافقت دارد.

در محدوده تنش محدودیت رطوبتی L2 (گیاهچه تا بر جستگی دوگانه)، چون هنوز گیاه وارد مرحله زایشی نشده بود بنابراین فقط اندامهای رویشی تحت تأثیر تنش قرار گرفتند و تأثیر منفی در صفت وزن خشک کل در مرحله ظهور بساک، نمایان شد و ظرفیت مبدأ با کاهش وزن خشک اندامهای رویشی، کاهش پیدا کرد. ولی از آنجا که تجمع ماده خشک در مرحله قبل از ظهور بساک (ظرفیت مبدأ) میزان انتقال پس از مرحله ظهور بساک را تحت تأثیر قرار می دهد (Royo *et al.*, 1999)، کاهش معنی دار در تجمع ماده خشک، در تعداد دانه در سنبله، در وزن دانه در سنبله و در تعداد دانه در مترمربع ناشی از تنش محدودیت رطوبتی قبل از بر جستگی

در مرحله برجستگی دوگانه تا ظهور بساک که همزمان با رشد سنبله جوان است، حداکثر رشد اندام‌های رویشی نیز حادث می‌شود لذا رقابت شدیدی بین اندام‌های رویشی و زایشی وجود دارد که هم ظرفیت مبدأ و هم ظرفیت مقصد را محدود می‌کند (Aggarwal *et al.*, 1986). لذا تنش محدودیت رطوبتی در این مرحله (L3) تأثیر منفی بر تجمع ماده خشک در مرحله ظهور بساک (پتانسیل مبدأ) و اجزای مرتبط با پتانسیل مقصد که به طور خلاصه در تعداد دانه در متربع خلاصه می‌شود، گذاشت. تنش محدودیت رطوبتی L3 ظرفیت مقصد (تعداد دانه در متربع) را تقریباً تا ۵۰ درصد شرایط بهینه (L1) و وزن خشک کل در مرحله ظهور بساک را تقریباً تا ۷۹ درصد شرایط بهینه (L1) کاهش داد (جدول ۳).

محدودیت رطوبتی پس از ظهور بساک (L4)، عملکرد دانه (۴/۳۶ تن در هکتار)، عملکرد بیولوژیک (۱۴/۲۵ تن در هکتار)، وزن دانه در سنبله (۱/۵۲ گرم)، تعداد دانه در سنبله (۴۰/۴)، درصد باروری سنبله (۶۱/۵ درصد)، تعداد دانه در متربع (۲۴۹۶۸)، وزن هزار دانه (۳۳ گرم)، تعداد روز تا رسیدگی فیزیولوژیکی (۲۱۰/۱) و طول دوره پر شدن دانه (۳۸/۹ روز) را نسبت به شرایط بهینه (L1) کاهش معنی‌داری داد، ولی تعداد روز تا ظهور بساک (۱۷۱/۱)، وزن خشک کل در مرحله ظهور بساک (۸۸۵ گرم) و تعداد سنبله بارور در متربع (۶۱۸) نسبت به شرایط بهینه کاهش معنی‌داری نداشت (جدول ۳). شرایط بهینه تیمار L4 در قبل از ظهور بساک باعث شد که آن دسته از اجزای عملکرد و صفات مرتبط با عملکرد که در قبل از ظهور بساک شکل می‌گیرند، با شرایط بهینه تفاوت معنی‌داری نداشته باشند. وزن هزار دانه کاهش چشمگیری در مقایسه با شرایط بهینه و سایر تیمارهای محدودیت رطوبتی نشان داد. کاهش وزن هزار دانه نسبت به شرایط بهینه (L1) حدود ۲۹ درصد بود. کمترین تعداد روز تا رسیدگی فیزیولوژیکی نیز در تیمار L4 وجود داشت در حالی که

پس از ظهور بساک (خاتمه تنش محدودیت رطوبتی L3) طول دوره پرشدن دانه (۴۸/۱ روز) در حد تیمار (شرایط بهینه رطوبتی) (۴۸/۷ روز) بود. بنابراین زمان پرشدن دانه (برابر شرایط بهینه) و تعداد دانه تقریباً نصف شرایط بهینه (L1) باعث افزایش وزن هزار دانه در تیمار تنش محدودیت رطوبتی حد فاصل برجستگی دوگانه تا ظهور بساک (L3) شد. مارتینیاک (Martyniak, 2002) افزایش وزن هزار دانه را در تنش محدودیت رطوبتی قبل از ظهور بساک در ترتییکاله گزارش کرده است، وی مرحله شروع تشکیل سنبله را از حساس‌ترین مراحل رشد ترتییکاله به تنش محدودیت رطوبتی ذکر کرده است. آگاروال و همکاران (Aggarwal *et al.*, 1986) گزارش دادند که تنش محدودیت رطوبتی در مراحل رشد رویشی در ترتییکاله پتانسیل ماده خشک مبدأ و وزن و تعداد دانه در سنبله را کاهش می‌دهد. در این بررسی همچنین نتیجه گرفته شد که عملکرد دانه با افزایش دسترسی به ماده خشک مبدأ و افزایش تعداد دانه در واحد سطح، افزایش می‌یابد. لذا پیشنهاد گردید که محدودیت مبدأ همانند محدودیت مقصد بر عملکرد دانه تأثیرگذار است. آنان گزارش کردند که تعداد دانه در واحد سطح به میزان مطلق ماده خشک کل که در مرحله قبل از ظهور بساک تولید شده است، بستگی ندارد ولی دسترسی به ماده خشکی که با انتقال مجدد در اختیار هر دانه قرار می‌گیرد به دلیل کاهش تعداد دانه در واحد سطح، افزایش می‌یابد.

شرایط محیطی قبل از ظهور بساک، تعیین کننده تعداد سنبله بارور در واحد سطح، تعداد سنبله در سنبله، و تعداد دانه در سنبله و تعداد دانه در متربع است. تنش‌های محیطی منجمله تنش محدودیت رطوبتی کاهش این اجزای عملکرد را به دنبال خواهد داشت (Hobbs and Sayre, 2001). آراوس و همکاران (Araus *et al.*, 2002) گزارش کردند که تعداد دانه در سنبله در مرحله طویل شدن ساقه (قبل از ظهور بساک) تعیین می‌شود.

جدول ۴- اثر متقابل محدودیت رطوبتی و ژنوتیپ بر عملکرد دانه و مقادیر شاخص حساسیت به تنش محدودیت رطوبتی ژنوتیپ‌های تریتیکاله

Table 4. Interaction effect between water limitations and genotypes on grain yield, and water stress susceptibility index of triticale genotypes

Genotypes	ژنوتیپ‌ها	Grain yield (kg ha^{-1}) عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار)						Water stress susceptibility Index				شاخص حساسیت به تنش رطوبتی $\bar{S_i}$	
		L ₁	L ₂	L ₃	L ₄	L ₅	L ₆	S _{i(L_2)}	S _{i(L_3)}	S _{i(L_4)}	S _{i(L_5)}		
V1 (Juanillo 92)		6930bc	5180e-i	3400 l-n	3860l-n	4800g-k	3240n	1.07	1.09	1.06	0.934	1.07	1.04
V2 (Fahad-8-2/Sonni-2-1)		7600ab	5680d-f	4000k-n	4600h-l	5020e-j	3740l-n	1.08	1.01	0.942	1.03	1.02	1.02
V3 (Ardi-1/Topo1419//Erizo-9CTY87-852		7900a	5760d-e	4970f-j	5020e-g	5060e-j	4270j-m	1.15	0.794	0.870	1.09	0.920	0.96
V 4 (Cargo/Ibex//Civet#2)		7540ab	6280cd	4560i-l	4310i-m	5460d-h	3890l-n	0.710	0.846	1.02	0.840	0.970	0.88
V5 (150. 83/4/Faba/DWFRye good seed// DGO-4/...)		7500ab	5630d-g	3100mn	4010k-n	5120 e-j	3650m-n	1.06	1.26	1.11	0.964	1.03	1.08
Mean	میانگین	7494	5706	4006	4360	5092	3758	-	-	-	-	-	-
(D) شدت تنش محیط		0.000	0.235	0.467	0.419	0.329	0.499	-	-	-	-	-	-
Environment stress intensity													

میانگین‌های با حروف مشابه در هر ستون براساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح ۵٪ اختلاف معنی‌داری ندارند.

Means followed by the same letters in each column, are not significantly different at 5% level, according to Duncan's Multiple Range Test.

تیمارهای L5, L6 منطبق بر شرایط محیطی تها با یک آبیاری در طول دوره رشد و نمو همراه بود، مقایسه این دو تیمار نشان داد که در هر دو شرایط (L5 و L6) عملکرد و اجزای آن نسبت به شرایط بهینه کاهش معنی داری داشت. اما کاهش عملکرد و اجزای آن در L6 به مراتب بیشتر از L5 بود. آبیاری در مرحله ظهور بساک (L5) اگرچه طول دوره پر شدن دانه و تعداد روز تا رسیدگی فیزیولوژیکی را نسبت به L6 کاهش داد ولی باعث برتری بر تیمار L6 (آبیاری در مرحله شیری دانه) از نظر عملکرد دانه، وزن هزار دانه، وزن دانه در سنبله و تعداد دانه در مترمربع شد (جدول ۳). بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که در شرایط آب و هوایی اجرای آزمایش آبیاری مرحله ظهور بساک در تریتیکاله ضروری تراست. وزن و تعداد دانه در سنبله (که در تیمار L5 نسبت به L6 برتری داشته است) مهم‌ترین اجزای عملکرد تریتیکاله در شرایط آب و هوایی مدیرانه‌ای گزارش گردیده است (Yagbasanlar and Ozakan, 1995).

تحقیقات زیادی مرحله ظهور بساک را حساس‌ترین مرحله رشد غلات نسبت به تنش محدودیت رطوبتی گزارش کرده است (هاشمی دزفولی و همکاران، ۱۳۷۵؛ Ravichondon and Mungse, 1995؛ Richards *et al.*, 2001 موافقت دارد.

مقایسه میانگین ژنتیپ‌ها از نظر صفات مختلف زراعی (جدول ۳) نشان داد که ژنتیپ‌های شماره ۳ (Ardi-1/Topo1419//Erizo-9CTY87-852) و ۴ (Cargo/Ibex//Civet#2) بیشترین عملکرد دانه را داشتند. این ارقام از نظر اجزای عملکرد و صفات مرتبط با آن نیز در وضعیت مطلوبی قرار داشتند. ژنتیپ شماره ۳ از نظر صفات مهمی چون عملکرد بیولوژیک (۱۴/۵۸ تن در هکتار)، وزن دانه در سنبله (۱۰/۶ گرم)، درصد باروری سنبله (۶۷/۵ درصد)، وزن هزار دانه (۴۵/۲ گرم)، وزن خشک کل در مرحله ظهور بساک (۸۵/۱ گرم در مترمربع) و رقم شماره ۴ از نظر تعداد دانه در سنبله

تعداد روز تا ظهور بساک در این تیمار (L4) با شرایط بهینه (L1) تفاوت معنی داری نداشت. لذا کمترین دوره پر شدن دانه و وزن هزار دانه در بین تیمارهای مختلف محدودیت رطوبتی در این تیمار (L4) اتفاق افتاد (جدول ۳). کاهش تعداد دانه در مترمربع در تنش محدودیت رطوبتی پس از ظهور بساک (L4) به دلیل طولانی بودن دوره ظهور بساک و شرایط نامناسب رطوبتی در این تیمار در اوخر ظهور بساک است. گزارش‌هایی در خصوص کاهش تعداد دانه در واحد سطح در تنش‌های رطوبتی پس از ظهور بساک نیز وجود دارد (Aggarwal *et al.*, 1986; Hobbs and Sayre, 2001) نیز اعتقاد دارند که تعداد دانه در واحد سطح قبل از ظهور بساک و اوایل ظهور بساک شکل می‌گیرد، که با نتایج حاصل از این بررسی مطابقت دارد.

عملکرد دانه به وسیله فتوستتر جاری و انتقال مجدد مواد ذخیره‌ای، در طی دوره پر شدن دانه (پس از ظهور بساک) شکل می‌گیرد. پر شدن دانه در زمانی واقع می‌شود که دمای بالا و تنش محدودیت رطوبتی (Shephered *et al.*, 1987; Papakosta and Gagianse, 1991) محدودیت رطوبتی پس از مرحله ظهور بساک عملکرد به میزان زیادی به ذخیره مواد فتوستتری قبل از ظهور بساک بستگی دارد. کربوهیدراتات ذخیره‌ای در ساقه (قبل از ظهور بساک)، در شرایط بهینه ۱۰-۱۲ درصد عملکرد دانه و در شرایط تنش محدودیت رطوبتی و گرمایی انتهایی بیش از ۴۰ درصد عملکرد دانه را تشکیل می‌دهد (Wardlaw and Proter, 1967؛ Rawson and Evans, 1971؛ Austin *et al.*, 1980؛ Bidinger *et al.*, 1977؛ Araus *et al.*, 2002). نتایج بررسی دیگری نشان داد که تنش رطوبتی پس از مرحله ظهور بساک وزن هزار دانه و دوره پر شدن دانه را کاهش داد (Svihra *et al.*, 1996)، که با نتایج حاصل از این بررسی مطابقت دارد.

لاین‌های پیشرفته تریتیکاله برای تحمل تنش محدودیت رطوبتی و گرما (مناسب برای آب و هوای مدیترانه‌ای) وجود دارد. آن‌ها گزارش دادند که بهترین لاین‌های تریتیکاله در این شرایط شاخص حساسیت (Si) کوچک‌تری دارند. فیشر و وود (Fischer and Wood, 1979) رابطه مثبتی بین شاخص حساسیت به تنش و پتانسیل عملکرد گزارش کردند. دسترسی به ژنوتیپ‌هایی که دارای پتانسیل عملکرد بالا باشند و در شرایط تنش نیز افت عملکردشان قابل قبول باشد یک هدف اصلاحی است (Fischer, 1979). در این بررسی این خصوصیات در ژنوتیپ‌های شماره ۳ و ۴ مشاهده گردید. بنابراین با توجه به نتایج حاصل از این بررسی به دلیل پتانسیل بالاتر عملکرد دانه این لاین‌ها وافت کمتر عملکرد آن‌ها در شرایط تنش محدودیت رطوبتی، در شرایطی که تنش محدودیت رطوبتی در انتهای فصل رشد معمول است، ژنوتیپ‌های شماره ۳ و ۴ مناسب و مورد توصیه هستند.

بدینوسیله از مدیریت محترم تحصیلات تکمیلی و
گروه زراعت و اصلاح نباتات دانشکده کشاورزی
دانشگاه تهران و مدیریت محترم مرکز تحقیقات
کشاورزی و منابع طبیعی خراسان که نهایت همکاری را
در انجام تحقیق به عمل آوردند، تشکر و قدردانی
می شود.

References

۱. مجموعه پیشنهاداتی بر اهداف کیفی و کمی مناسب کشاورزی ۱۴۰۰. سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی. کمیته برنامه‌ریزی ۱۴۰۰. ۱۰ صفحه.

۲. بهره‌وری آب در کشاورزی. مجموعه مقالات ارائه شده در کارگاه علمی-پژوهشی بهبود بهره‌وری آب در کشاورزی بهمن ماه ۱۳۷۹. مدیریت آموزش و ترویج کشاورزی خراسان. صفحات ۴۲-۱۸.

۳. گندم و اصلاح آن در سیمیت. مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر، بخش تحقیقات غلات. ۵۶ صفحه.

افزایش عملکرد گیاهان زراعی. جهاد دانشگاهی مشهد. صفحات

.100-109

طرح‌های آزمایشی در پژوهش‌های کشاورزی، دانشگاه تهران.

.صفحه ۷۶۴

Aggarwal, P. K., G. S. Caturved, A. K. Singh and S. K. Sinha, 1986. Performance of wheat and triticale cultivars in a variable soil-water environment. *Field Crops Research* 13: 371-380.

Allen, R. G., L. S. Pereira, D. Raes and M. Smith, 1998. Crop evapotranspiration: Guidelines for computing crop water requirements. Chapter 6: ET_C, single crop coefficient (K_c). FAO Irrigation and Drainage Papers 56: 155-185.

Anderews, A. C., R. Wright, P. G. Simpson, R. Jesso and J. Weeler, 1991. Evaluation of new cultivar of triticale as dual purpose crops. *Aust. J. Exp. Agric.* 31: 755-767.

Araus, L. A., G. A. Slafer, M. P. Reynolds and C. Royo, 2002. Plant breeding and drought in C₃ cereals: what should we breed for? *Ann. Bot.* 89: 925-940.

Austin, T. B., J. A Edrich and R. D. Blackwell, 1980. Contribution to the grain yield from pre-anthesis assimilation in tall and dwarf barley. *Ann. Bot.* 45: 309-319.

Bindiger, F. R., R. B. Musgrave and R. A. Fischer, 1977. Contribution of stored pre-anthesis assimilate to grain yield in wheat and barely. *Nature* 270: 431-433.

Brukner, L. P., and R. C. Frohberg, 1987. Stress tolerance and adaptation in spring wheat. *Crop Sci.* 27: 31-36.

Candon, A. G., R. A. Richars, and G. D. Farquhar, 1992. The effect of variation in soil water availability, vapor pressure deficit in wheat. *Aust. J. Agric. Res.* 43: 935-947.

Carmer, S. G., W. E. Nyquist and W. M. Walker, 1989. Least significant differences for combined analysis of experiments with two or three factor treatment design. *Agron. J.* 81: 665-672.

Fischer, R. A. 1979. Growth and water limitation to dryland wheat yield in Australia:a physiological framework. *J. Aust. Inst. Agric. Sci.* 45: 83-89.

Fischer, R. A., and R. Maurer, 1978. Drought resistance in spring wheat cultivars. I. Grain yield responses. *Aust. J. Agric. Res.* 29: 897-912.

Fischer, R. A. and I. J. Wood, 1979. Drought resistance in spring wheat cultivars, yield association with morphological traits. *Aust. J. Agric. Res.* 30: 1001-1020.

Guinta, F., R. Motzo, and M. Deidda, 1993. Effect of drought on yield and yield component of durum wheat and triticale in a Mediterranean environment. *Field Crops Research* 33: 339-409.

Hobbs, P. R. and K. D. Sayre, 2001. Managing experimental breeding trials. In: Reynolds, M.P., J. I. Ortiz-Monasterio and A. McNab, (eds) *Application of physiology in wheat breeding*. Mexico, D.F. CIMMYT. pp: 48- 58.

- Kirby, E. G. M. and M. Appleyard, 1986.** Cereal Development Guide, 2nd ed. (Arable unit) National Agriculture Center, England. pp: 10-19.
- Martyniak, L. 2002.** Grain yield and yield components of spring triticale as affected by simulated drought stress applied in different growth stages. Proceeding of 5th International Triticale Symposium, Radzikow Poland. 1: 143-147.
- Nachit, M. M. 1994.** Triticale yield components and their interaction with grain yield potential and moisture stress. Vortage-Fur-Pflanzenzuchung 6: 187-191.
- Okuyama, L. A. 1990.** Grain yield and yield components of triticale and wheat as a function of water stress. Informe – de – pesquisa Instituto Agronomico – de – parana 14: 53-56.
- Ozakan, H., I. Genc, T. Yagbasanler and F. Toklu, 1999.** Stress tolerance in hexaploid spring triticale under Mediterranean environment. Plant Breeding 118: 365-367.
- Papakosta, D. K. and A. A. Gagianse, 1991.** Nitrogen and dry matter accumulation, remobilization, and losses for Mediterranean wheat during grain filling. Agron. J. 83: 864-870.
- Ravichondon, V. and H. B. Mungse, 1995.** Effects of moisture stress on leaf area development, dry matter production and grain yield in wheat. Annals of Plant Physiology 9: 117-120.
- Rawson, H. M., and L. T. Evans, 1971.** The contribution of stem reserves to grain development in a range of wheat cultivars from different heights . Aust. J. Agric. Res. 22: 851-868.
- Reynolds, M. P., S. Nagarajan, M. A. Razzaque and O. A. A. Ageeb, 2001.** Heat tolerance. In: Reynolds, M. P., J. I. Ortiz- Monasterio, and A. McNab, (eds). Application physiology in wheat breeding. Mexico, D. F, CIMMYT. pp: 124-136.
- Richards, R. A., A. G. Condon and G. J. Robetzke, 2001.** Trait to improve yield in dry environment. In: Reynolds, M.P., J.I. Qritz-Monastrio, and A. McNab, (eds). Application of physiology in wheat breeding. Mexico, D.F. CIMMYT. pp: 88-100.
- Royo, C., C. Soler and I. Romagosa, 1995.** Agronomical and morphological differentiation among winter and spring triticale. Plant Breeding 114: 413-416.
- Royo, C., J. A. Insa, A. Boujenna and L. F. Gracia del Moral, 1994.** Yield and quality of spring triticale use for forage and grain as influenced by sowing date and cutting stage. Field Crops Research 37: 161-163.
- Royo, C., J. Voltas, and I. Romagosa, 1999.** Remobilization of pre-anthesis assimilates to the grain only and dual purpose triticale. Agron. J. 91: 312-316.
- Shepherd, K. D., P. J. M. Cooper, A. Y. Allan, D. S. H. Drennan and J. D. H. Keatinge, 1987.** Growth, water use and yield of barley in Mediterranean- type environment. J. Agric. Sci. Camb. 108: 365-378.
- Socha, A., A. Login, L. Lahuta and K. Zalewski, 1997.** The effect of soil drought on the protein changes in triticale leaves. Zeszyty Naukowe Academii Rolniczej Wszczecinie Rolnictwo 65: 419-422.

- Svihra, J., M. Brestic and K. Olsovská, 1996.** The effect of temperature stresses on productivity of winter wheat cultivars. Rostlinnaer and Vyroba. 42: 425-432.
- Wardlaw, I. F. and H. K. Proter, 1967.** The distribution of stem sugars in wheat during grain development. Aust . J. Biol. Sci. 20: 309-318.
- Yagbasanlar, T. and H. Ozakan, 1995.** Correlation and path coefficient analysis for ear characters in triticale under Mediterranean climatic conditions. J. Agro. Crops Sci. 174: 297-300.

Effect of pre- and post-anthesis water limitation on some agronomic characteristics, yield and yield components of hexaploid triticale (*X Triticosecale wittmack*)

Nazeri¹, M., N. Majnoon Hossaini², M.R. Jalal Kamali³, D. Mazaheri⁴ and M.R. Ghannadha⁵

ABSTRACT

To study the effect of pre-and post-anthesis water limitation on agronomic characteristics, grain yield and it's components of hexaploid triticale (*X Triticosecale wittmack*), a field experiment was conducted in split plot design using RCBD, with three replications in Mashhad Agricultural Research Station in two successive cropping seasons (2001-2003). Main plots (L) were water limitation in different growth stages with 6 levels (L₁: optimum conditions, L₂: Water Limitation from seedling to double ridge stage(vegetative pre-anthesis), L₃: Water Limitation from double ridge to anthesis stage (reproductive pre-anthesis), L₄: Water limitation in post-anthesis stage, L₅ and L₆ received rainfall during cropping seasons with only one supplementary irrigation at anthesis or milky stage, respectively). Five hexaploid triticale genotypes (Juanillo 92 and four promising lines) were assigned to sub plots. Results showed that water deficit in vegetative pre-anthesis stage (L₂) reduced grain yield, No. of grains per spike, kernels weight per spike, No. of grains per square meter, total dry weight at anthesis and seed set percentage in comparison to optimum condition (L₁). However, grain yield in pre-anthesis water stress reduced less than L₃ and L₄ treatments. Out of four treatments (L₁, L₂, L₃ and L₄), water stress in double ridges to anthesis (L₃) had the highest negative effect on grain yield (in comparison to L₁ and L₂ 47% and 30% less grain yield, respectively) and it's components. Water stress from double ridge to anthesis also produced minimum No. of grains per square meter (in comparison to L₁ and L₂ 52% and 39% less grain per square meter, respectively). However, 1000 kernel weight was increased in comparison to L₁ and L₂. Water stress in post-anthesis (L₄) had negative effect on grain yield, 1000 kernel weight, days to physiological maturity, grain filling duration and No. of grains per square meter. Irrigation at anthesis (L₅) was more effective than milky stage (L₆) under natural conditions (without using rain shelter). Genotypes No.3 (Ardi-1/Topo1419//Erizo-9 CTY87-852) and No. 4 (Cargo/Ibex//Civet#2) had the lowest water stress susceptibility index (SI) and high grain yield under optimum conditions.

Key words: Anthesis, Developmental stages, Double ridges, Susceptibility index, triticale, Water limitation.

1- Assistant Professor, Khorasan Agricultural and Natural Resources Research Center, Mashhad, Iran.

2- Assistant Professor in Faculty of Agriculture, Tehran Univ., Iran.

3- Assistant Professor, Seed and Plant Improvement Institute, Karaj, Iran.

4- Professor, Faculty of Agriculture, Tehran Univ. Iran.

5- Professor, Faculty of Agriculture, Tehran Univ., Iran.