

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 مجنون حسینی^۲، محمدرضا جلال کمالی^۳، داریوش مظاهری^۴ و
محمدرضا قنادها^۵

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

-L₁ : () L₃ ()
-L₂ () L₅
-L₄ () L₆
(Rain shelter) ()
() Juanillo 92 (L₂)
(L₁) (L₄ L₃)
(L₃) (L₁)
% L₂ % L₁ L₃ L
L₁ (L₄) % L₂ %
L₁ (%)
(L₆) (L₅)
(Cargo/Ibex//Civet#2) (Ardi-1/Topo1419//Erizo-9 CTY87-852)

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 تهیه نهال و بذر

می دهد، بنابراین به نظر می رسد که ظهور بساک خط تقسیم بندی مناسب و منطقی برای گیاهان با رشد محدود باشد (Fischer, 1979). در شرایط آب و هوای مدیترانه ای تجمع ماده خشک قبل از ظهور بساک و میزان مشارکت آن در پر کردن دانه در تریتیکاله های بهاره ۴۶ درصد و در تریتیکاله های زمستانه ۶۵ درصد در شرایط آب و هوای مدیترانه ای گزارش شده است (Royo et al., 1999). تعداد روز تا ظهور بساک و رسیدن در شرایط تنش محدودیت رطوبتی بسیار حایز اهمیت است زیرا ژنوتیپ های با ظهور بساک زودتر و همچنین رسیدن زود، کمتر با شرایط تنش رطوبتی و حرارتی انتهایی فصل مواجه می شوند، بنابراین میزان بیشتری از مواد فتوسنتزی ذخیره ای را در شرایط مناسبتر رطوبتی و حرارتی (نسبت به ژنوتیپ های با ظهور بساک و رسیدن دیر) به دانه ها منتقل خواهد کرد (Candon et al., 1992).

دستیابی به ژنوتیپ های متحمل به تنش محدودیت رطوبتی و گرما هدف بسیاری از برنامه های به نژادی است ولی موفقیت در این زمینه محدود بوده است (Brukner and Frohberg, 1987). تحمل تنش حاصل خصوصیات مورفولوژیک و فیزیولوژیک متعددی است که شاخص های مؤثر انتخاب برای آنها به خوبی مشخص نشده اند (Fischer and Maurer, 1978). بنابراین در برنامه های اصلاحی در شرایط تنش محدودیت رطوبتی، عملکرد و اجزای آن به عنوان پارامترهای عمده انتخاب اهمیت خاصی دارند (Ozakan et al., 1999). تعداد سنبله بارور در مترمربع، شرایط کاشت تا گلدهی را بیان می کند. تعداد سنبلچه در سنبله، تحت تأثیر تنش های پس از مرحله سنبلچه انتهایی قرار دارد. درصد باروری سنبله معرف تنش هایی است که در مرحله ظهور بساک اتفاق می افتد و نسبت به تعداد دانه در سنبله و سنبلچه شاخص مفیدتری است. وزن هزار دانه معرف تنش های 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. برنامه های 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 (Anderews 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 (بی نام، ۱۳۷۸). همان طور که سورگوم برای مناطق نامناسب برای کشت ذرت انتخاب شده است، تریتیکاله نیز به عنوان محصولی برای اراضی حاشیه ای و نامناسب کشت گندم مطرح است.

ارقام گندم نان و تریتیکاله در آزمایش های مختلفی در شرایط تنش محدودیت رطوبتی با یکدیگر مورد مقایسه قرار گرفته اند که تحمل بهتر تریتیکاله به شرایط نامساعد تأیید شده است (Okuyama, 1990; Giunta et al., 1993). در یک بررسی تنش رطوبتی در مرحله پنجه زنی 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) می توان 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 باران گیر (Rain shelter) ایجاد گردید. فاکتور فرعی پنج ژنوتیپ امیدبخش تریتیکاله شامل: Juanillo 92-V1 ، Fahad-8-2/Sonni-2-1-V2 ، Ardi- ، 1/Topo1419//Erizo-9CTY87-852-V3 ، Cargo/Ibex//Civet#2-V4 و 83/4/Faba/DWFRyegood و 150. seed// DGO-4/... -V5 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 تنظیم‌کننده 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:

$$ET_{crop} = K_c * ETo$$

در این معادله ET_{crop} تبخیر و تعرق گیاهان مورد نظر، K_c ضریب گیاهی، ETo تبخیر و تعرق پتانسیل یا گیاه مرجع است. برای تخمین ETo از روش پنمن-مانیت اصلاحی فائو استفاده شد، قابلیت اتکاء 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 مانیت اصلاح شده فائو (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 سنبلچه در سنبله و تعداد دانه در سنبله اثر گذاشته است و مجموعاً در این یک صفت تجلی می‌یابد (Hobbs and Sayre, 2001). تحقیقات نشان داده است که در طی تنش محدودیت رطوبتی پلی‌پیتدهای جدیدی در برگ‌های تریتیکاله تشکیل می‌شوند که در تحمل تنش نقش ایفا می‌کنند (Socha *et al.*, 1997).

هدف از انجام این بررسی، مطالعه واکنش ژنوتیپ‌های 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 ژنوتیپ‌های 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 (۸۲- تا ۱۳۸۰) 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 برجستگی دو گانه L3- از مرحله برجستگی 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:

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

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. بذره‌های آزمایشی قبل از کاشت با قارچ کش کربوکسی- تیرام ضد عفونی شد و کاشت با بذرکار مخصوص آزمایش‌ها (وینتر اشتایگر) انجام شد. به منظور جلوگیری از بارندگی در تیمارهای تنش 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 جمع آوری می گردید.

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

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 نمونه گیری‌های متعدد استفاده شد و چهار ردیف باقیمانده پس از حذف نیم متر از ابتدا و انتهای هر کرت جهت اندازه گیری 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 ۵۰-۹۰-۱۲۰ کیلوگرم خالص (N-P-K)

جدول ۱- مشخصات فیزیکی و شیمیایی 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	0-30	1.80	8.1	1.00	0.10	20.8	371	31.4	52.0	16.6
(2001-2002)	30-60	2.55	8.1	0.20	0.03	10.4	156	35.4	45.0	19.6
1381-82	0-30	1.65	8.0	0.95	0.15	30.0	350	34.0	50.0	16.0
(2002-2003)	30-60	2.20	8.1	0.25	0.05	15.5	180	40.0	40.0	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 (Competent florets) در مرحله ظهور بساک (این

مراحل نمو برجستگی دو گانه و سنبلچه انتهایی با نمونه گیری 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 معنی‌داری بر روی عملکرد و اجزای آن و خصوصیات زراعی مورد مطالعه داشت (جدول ۲). در مرحله گیاهچه تا برجستگی دوگانه (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 دوگانه (L2) باعث کاهش معنی‌دار عملکرد دانه (۵/۷۱ تن در هکتار) شد، گرچه از مقایسه L2 با تنش محدودیت رطوبتی در مراحل بعد (L3 و L4) در می‌یابیم که تنش‌های بعدی کاهش بیشتر عملکرد دانه را به همراه داشت (به ترتیب، ۴/۰۱ و ۴/۳۶ تن در هکتار). تعداد سنبله بارور در مترمربع در محدودیت رطوبتی L2 (۵۸۱ سنبله در مترمربع)، کاهش غیرمعنی‌داری نسبت به L1 (۶۳۹ سنبله در مترمربع)، داشت، ولی کاهش تعداد دانه در سنبله (۴۲/۷ دانه در سنبله) و وزن دانه در سنبله (۲/۰ گرم) در L2 نسبت به شرایط بهینه (به ترتیب، ۴۸/۲ دانه در سنبله و ۲/۳۷ گرم) معنی‌دار بود (جدول ۳). کاهش معنی‌دار تعداد دانه در سنبله و همچنین کاهش (غیرمعنی‌دار) تعداد سنبله بارور در واحد سطح، باعث کاهش معنی‌دار تعداد دانه در واحد سطح (۲۴۲۱۳ دانه در مترمربع) در تیمار L2 در مقایسه با شرایط بهینه، L1 (۳۰۸۸۴ دانه در مترمربع) شد (جدول ۳). کاهش وزن هزار دانه در تیمار تنش محدودیت رطوبتی مرحله رشد رویشی قبل از ظهور بساک، L2 (۴۵ گرم) در مقایسه با شرایط بهینه (L1) (۴۶/۱ گرم) معنی‌دار نبود، بنابراین می‌توان استنباط کرد که تنش محدودیت رطوبتی در این مرحله عمدتاً تعداد دانه را تحت تأثیر قرار داده است.

کاهش درصد باروری سنبله (SSP) در تیمار L2 (۶۴/۸ درصد)، نسبت به شرایط بهینه (L1) (۷۵/۰ درصد)

گلچه‌ها دارای پرچم‌های طبیعی و توسعه یافته هستند و گلچه‌های ناجور (Non-Competent florets) دارای رنگ سفید، پرچم‌های 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 بایستی 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 بارور در مترمربع و MKPS (Mean of kernel per spike) 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 اندام‌های مختلف نیز با توزین 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 فرمول‌های زیر (Fischer and Maurer, 1978) استفاده شد:

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

که در این دو فرمول: D - شدت تنش محیط، Yd متوسط عملکرد ژنوتیپ‌ها در شرایط تنش، Yp متوسط عملکرد ژنوتیپ‌ها 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 داده‌ها ابتدا آزمون بارتلت برای اطمینان از متجانس بودن خطای آزمایش‌ها انجام شد (یزدی صمدی و همکاران، ۱۳۷۷). محاسبات F و مقایسه میانگین‌ها نیز با فرض تصادفی بودن سال و ثابت بودن تیمار انجام شد (یزدی صمدی و همکاران، ۱۳۷۷ Carmer *et al.*, 1989). برای تجزیه و تحلیل داده‌ها نیز از نرم‌افزارهای EXCEL, MSTAT-C استفاده شد.

جدول ۲- تجزیه واریانس مرکب صفات اندازه گیری شده در ژنوتیپ‌های تریتیکاله تحت شرایط تنش رطوبتی

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

S. O. V.	منابع تغییرات	Df	عملکرد	عملکرد	وزن دانه	تعداد سنبله در	تعداد دانه	درصد	تعداد دانه در	وزن	وزن خشک کل در	تعداد روز تا	تعداد روز	دوره پر
			آزادی	دانه	بیولوژیک	در سنبله	در سنبله	باروری	مترمربع	مترمربع	هزار دانه	مرحله ظهور بساک	ظهور بساک	تاریخ رسیدن
			GY	BY	KW/S	NS/ m ²	NK/S	SSP	NK/m ²	1000KW	TDWA	DA	DPM	GFP
Year (Y)	سال	1	0.148*	3.95*	0.76*	18108 ^{ns}	359.4**	0.089**	252983757*	2.0 ^{ns}	2691 ^{ns}	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 رطوبتی	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 رطوبتی	5	0.018 ^{ns}	0.07 ^{ns}	0.07 ^{ns}	16403 ^{ns}	41.4**	0.003 ^{ns}	100719840 ^{ns}	38 ^{ns}	33446 ^{ns}	17.5 ^{ns}	11.5 ^{ns}	2.5 ^{ns}
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 ^{ns}	0.83 ^{ns}	0.91*	17674 ^{ns}	17.0*	0.023**	665343445 ^{ns}	638*	57643*	154.4**	344.1*	69.2*
G × Y	سال × ژنوتیپ	4	0.032**	0.26**	0.14**	13919**	2.0 ^{ns}	0.001 ^{ns}	21884759 ^{ns}	85 ^{ns}	6905 ^{ns}	9.5 ^{ns}	53.1**	10.1 ^{ns}
G × L	محدودیت رطوبتی × ژنوتیپ	20	0.004*	0.03 ^{ns}	0.08*	1098**	5.4*	0.002*	25323305 ^{ns}	38 ^{ns}	65911*	5.9 ^{ns}	14 ^{ns}	8.7 ^{ns}
Y × G × L	محدودیت رطوبتی × ژنوتیپ × سال	20	0.004*	0.007 ^{ns}	0.05 ^{ns}	13951**	3.4 ^{ns}	0.001 ^{ns}	35170892**	37**	30944*	10.1 ^{ns}	11 ^{ns}	7.5 ^{ns}
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.

ns: Non- significant.

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

ns: غیر معنی دار.

جدول ۳- مقایسه میانگین‌های صفات اندازه‌گیری شده در ژنوتیپ‌های تریتیکاله و شرایط تنش محدودیت رطوبتی

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

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

میانگین‌های با حروف مشابه در هر ستون بر اساس آزمون چنددامنه‌ای 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.

L₁: شرایط بهینه رطوبتی L₂: محدودیت رطوبتی از مرحله گیاهچه تا برجستگی دوگانه L₃: محدودیت رطوبتی از برجستگی دوگانه تا ظهور بساک L₄: محدودیت رطوبتی پس از مرحله ظهور بساک

L₅: دریافت بارندگی و یک آبیاری در مرحله ظهور بساک L₆: دریافت بارندگی و یک آبیاری در مرحله شیری دانه

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/Tbex/Civet#2 V₅: 150 83/4/Faba/DWFRye good seed//DGO-4/...

معنی‌دار بود (جدول ۳). تجمع ماده خشک در مراحل قبل از ظهور بساک عملکرد دانه را تحت تأثیر قرار می‌دهد، ملاحظه می‌شود که تجمع ماده خشک تیمار L2 در مرحله ظهور بساک (۷۴۶ گرم) کاهش معنی‌داری نسبت به شرایط بهینه (۸۸۲ گرم) داشت (جدول ۳). مارتینیاک (Martyniak, 2002) با مقایسه تنش محدودیت رطوبتی در مراحل مختلف نمو تریتیکاله، نتیجه گرفت که مرحله رویش حساسیت کمتری به تنش محدودیت رطوبتی دارد. اکیاما (Okuyama, 1990) گزارش داد که تنش محدودیت رطوبتی در قبل از مرحله برجستگی دوگانه در تریتیکاله عملکرد دانه را به میزان ۱۳ درصد و عملکرد دانه ارقام گندم را ۲۶/۲ درصد کاهش می‌دهد، 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 برجستگی دوگانه کاهش داشت. در بررسی دیگری اجزای عملکرد تعداد سنبلچه 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 برجستگی 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 می‌دهد (Royo *et al.*, 1999)، کاهش معنی‌دار 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 برجستگی

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 برجستگی دوگانه تا ظهور بساک) (L3)، 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 معنی‌داری داشت. تمامی صفات پیش‌گفته 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 معنی‌دار بود (جدول ۳). درصد باروری سنبله نیز در تنش محدودیت رطوبتی L3 کاهش معنی‌داری 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 گرم) و L1 (۴۶/۱ گرم) افزایش معنی‌داری 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 برجستگی 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

پس از ظهور بساک (خاتمه تنش محدودیت رطوبتی L3 طول دوره پر شدن دانه (۴۸/۱ روز) در حد تیمار L1 (شرایط بهینه رطوبتی) (۴۸/۷ روز) بود. بنابراین زمان پر شدن 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 دو گانه تا ظهور بساک (L3) شد. مارتینیاک (Martyniak, 2002) افزایش وزن هزار دانه را در تنش محدودیت رطوبتی قبل از ظهور بساک در تربیتکاله گزارش کرده است، وی مرحله شروع تشکیل سنبله را از حساس ترین مراحل رشد تربیتکاله 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 تربیتکاله پتانسیل ماده خشک مبدأ و وزن و تعداد دانه در سنبله را کاهش می دهد. 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 می یابد. لذا پیشنهاد گردید که محدودیت مبدأ همانند محدودیت مقصد بر عملکرد دانه تأثیر گذار 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 می گیرد به دلیل کاهش تعداد دانه در واحد سطح، افزایش می یابد.

شرایط محیطی قبل از ظهور بساک، تعیین کننده تعداد سنبله بارور در واحد سطح، تعداد سنبلچه در سنبله، و تعداد دانه در سنبله و تعداد دانه در مترمربع است. تنش های 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 می شود.

در مرحله برجستگی دو گانه تا ظهور بساک که همزمان با رشد سنبله جوان است، حداکثر رشد اندام های رویشی نیز حادث می شود لذا رقابت شدیدی بین اندام های رویشی و زایشی وجود دارد که هم ظرفیت مبدأ و هم ظرفیت مقصد را محدود می کند (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 مترمربع خلاصه می شود، گذاشت. تنش محدودیت رطوبتی L3 ظرفیت مقصد (تعداد دانه در مترمربع) 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 بیولوژیکی (۱۴/۲۵ تن در هکتار)، وزن دانه در سنبله (۱/۵۲ گرم)، تعداد دانه در سنبله (۴/۰۴)، درصد باروری سنبله (۶۱/۵ درصد)، تعداد دانه در مترمربع (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 معنی داری داد، ولی تعداد روز تا ظهور بساک (۱۷۱/۱)، وزن خشک کل در مرحله ظهور بساک (۸۸۵ گرم) و تعداد سنبله بارور در مترمربع (۶۱۸) نسبت به شرایط بهینه کاهش معنی داری 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 می گیرند، با شرایط بهینه تفاوت معنی داری 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

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	ژنوتیپ ها	Grain yield (kg ha ⁻¹) عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار)						Water stress susceptibility Index شاخص حساسیت به تنش رطوبتی					
		L ₁	L ₂	L ₃	L ₄	L ₅	L ₆	Si(L ₂)	Si(L ₃)	Si(L ₄)	Si(L ₅)	Si(L ₆)	\bar{Si}
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.

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 اواخر 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). هبزو و سایره (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 فتوسنتز 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 فتوسنتز را محدود می‌کند (Shepherd *et al.*, 1987; Papakosta and Gagianse, 1991). بنابراین در تنش محدودیت رطوبتی پس از مرحله ظهور بساک عملکرد به میزان زیادی به ذخیره مواد فتوسنتزی قبل از ظهور بساک بستگی دارد. کربوهیدرات 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.

تیمارهای L5, L6 منطبق بر شرایط محیطی تنها 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) اگر چه 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 ترتیکاله ضروری‌تر است. وزن و تعداد دانه در سنبله (که در تیمار L5 نسبت به L6 برتری داشته است) مهم‌ترین اجزای عملکرد ترتیکاله در شرایط آب و هوایی مدیترانه‌ای گزارش گردیده‌است (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)، که با نتایج حاصل از این تحقیق موافقت دارد.

مقایسه میانگین ژنوتیپ‌ها از نظر صفات مختلف زراعی (جدول ۳) نشان داد که ژنوتیپ‌های 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. ژنوتیپ شماره ۳ از نظر صفات مهمی چون عملکرد بیولوژیک (۱۴/۵۸ تن در هکتار)، وزن دانه در سنبله (۱/۰۶ گرم)، درصد باروری سنبله (۶۷/۵ درصد)، وزن هزار دانه (۴۵/۲ گرم)، وزن خشک کل در مرحله ظهور بساک (۸۵۱ گرم در مترمربع) و رقم شماره ۴ از نظر تعداد دانه در سنبله

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 و افت 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 می‌شود.

References

- . مجموعه پیشنهاداتی بر اهداف کیفی و کمی مناسب کشاورزی ۱۴۰۰. سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی. کمیته برنامه‌ریزی ۱۴۰۰. ۱۰ صفحه.
- . 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.
- . گندم و اصلاح آن در سیمیت. مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر، بخش تحقیقات غلات. ۵۶ صفحه.

(۴۲/۸) و تعداد دانه در واحد سطح (۲۳۶۲۷) بر دیگر ژنوتیپ‌ها برتری نشان دادند. اثرات متقابل محدودیت رطوبتی و ژنوتیپ نیز نشان داد که ژنوتیپ شماره ۳ بالاترین عملکرد را در شرایط بدون تنش (L1) (۷۹۰۰ کیلو گرم در هکتار) دارد. ژنوتیپ شماره ۴ نیز پتانسیل عملکرد بالایی در شرایط بدون تنش (۷۵۴۰ کیلو گرم در هکتار) داشت (جدول ۴). این دو ژنوتیپ در شرایط مختلف محدودیت رطوبتی نیز واکنش مناسبی از خود نشان دادند به طوری که متوسط شاخص حساسیت به تنش محدودیت رطوبتی ژنوتیپ ۳ و ۴ در محیط‌های مختلف با شدت سختی متفاوت، کمتر از سایر ژنوتیپ‌های مورد بررسی است (به ترتیب، ۰/۹۶ و ۰/۸۸). این ژنوتیپ‌ها در محیط عادی دارای پتانسیل عملکرد بالا و در شرایط مختلف تنش محدودیت رطوبتی نیز افت عملکردشان کمتر از سایر ژنوتیپ‌ها بود. ژنوتیپ شماره ۳ کمترین شاخص حساسیت به تنش محدودیت رطوبتی را در تنش قبل از ظهور بساک (L3) (برجستگی دو گانه تا ظهور بساک) و تنش پس از ظهور بساک (L4) (۰/۷۹۴ و ۰/۸۷۰ به ترتیب) داشت در حالی که ژنوتیپ شماره ۴ تنها در تنش‌های رطوبتی قبل از ظهور بساک (کاشت تا برجستگی دو گانه (L2) و برجستگی دو گانه تا ظهور بساک (L3) کمترین شاخص حساسیت را داشت (به ترتیب، ۰/۷۱۰ و ۰/۸۴۶) (جدول ۴).

ازاکان و همکاران (Ozakan et al., 1999) از یک بررسی نتیجه گرفتند که تنوع ژنتیکی مطلوبی در بین

افزایش عملکرد گیاهان زراعی. جهاد دانشگاهی مشهد. صفحات

۱۵۰-۱۵۹.

طرح‌های آزمایشی در پژوهش‌های کشاورزی، دانشگاه تهران.

۷۶۴ صفحه.

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: ETC , single crop coefficient (Kc). *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.

Bindinger, 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. Richards, 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-Monastrio 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 differntiation 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 Akademii Rolniczej Wszeccinie Rolnictwo 65: 419-422.

- Svihra, J., M. Brestic and K. Olsovska, 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 its 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 its 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.