

## تأثیر محدودیت رطوبتی پس از ظهور بساک بر پتانسیل تولید و صفات مؤثر بر آن در ژنوتیپ‌های امیدبخش گندم نان زمستانه و بینابین

محمود ناظری<sup>۱\*</sup>

۱. استادیار مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی خراسان رضوی.

تاریخ دریافت: ۹۳/۹/۱؛ تاریخ پذیرش: ۹۴/۱/۲۵

### چکیده

به منظور مطالعه تأثیر محدودیت رطوبتی بر صفات مؤثر در پتانسیل تولید ژنوتیپ‌های امیدبخش گندم نان زمستانه و بینابین، از طرح کرت‌های خردشده با طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار به مدت دو سال زراعی در ایستگاه تحقیقاتی طرق مشهد استفاده شد. فاکتور محدودیت رطوبتی در سه سطح: شرایط بهینه رطوبتی، محدودیت رطوبتی از مرحله شیری دانه و از مرحله ظهور بساک تا انتهای رشد و نمو، در کرت‌های اصلی و تعداد ۱۰ لاین امیدبخش گندم در کرت‌های فرعی مورد مطالعه قرار گرفت. نتایج نشان داد محدودیت رطوبتی از مرحله شیری دانه و از مرحله ظهور بساک تا انتهای رشد و نمو باعث افت عملکرد دانه (به ترتیب ۱۸/۶ و ۴۵/۳ درصد) نسبت به شرایط بهینه شد. این کاهش به دلیل کاهش وزن هزار دانه و تا حدودی کاهش تعداد دانه در سنبله بود. مقایسه ژنوتیپ‌های گندم از نظر عملکرد دانه نشان داد که ژنوتیپ‌های میهن و C-84-4 بالاترین عملکرد دانه (به ترتیب ۷۵۹۳ و ۷۱۷۰ کیلوگرم در هکتار) را در متوسط شرایط محدودیت رطوبتی داشتند که به دلیل دارا بودن اجزای عملکرد بهینه در متوسط شرایط محدودیت رطوبتی شامل، تعداد سنبله در مترمربع (۷۶۵ و ۸۰۶ سنبله) و وزن هزار دانه (۲۸/۳۳ و ۳۷/۸۷ گرم) تعداد دانه در سنبله (۳۶/۲۲ و ۳۶/۰۲ دانه در سنبله) و وزن دانه در سنبله (۱/۲۳ و ۱/۱۷ گرم)، به ترتیب در مقایسه با سایر ژنوتیپ‌ها بود. نتایج نشان داد که بیشترین شاخص برداشت در شرایط بهینه رطوبتی (۴۰/۹۵٪) و کمترین آن به محدودیت رطوبتی پس از ظهور بساک تعلق داشت (۳۶/۳۷٪)، که می‌تواند به دلیل کاهش آب مصرفی پس از مرحله ظهور بساک در تیمارهای تنش باشد. به‌طور کلی با توجه به برتری ژنوتیپ‌های میهن و C-84-4 در هر دو شرایط بهینه و تنش این ژنوتیپ‌ها را می‌توان برای شرایط مشابه این بررسی توصیه نمود.

واژه‌های کلیدی: تنش خشکی، مراحل نمو، وزن هزار دانه، سنبله بارور، شاخص برداشت.

### مقدمه

صفات گیاهی که می‌توانند در میزان تحمل به خشکی گندم مؤثر بوده و سبب افزایش عملکرد دانه شوند در رابطه با زمان وقوع و مدت‌زمان دوام تنش، فراوانی وقوع خشکی، خصوصیات خاک و فنولوژی گیاه مورد شناسایی و ارزشیابی قرار می‌گیرند. دسترسی به ارقام گندم که در شرایط رطوبتی مطلوب از پتانسیل عملکرد بالایی برخوردار بوده و تحت شرایط تنش نیز کاهش عملکرد آن‌ها ناچیز باشد (slow stressing) یک هدف اساسی اصلاحی است. همچنین مجموعه‌ای از صفات فنولوژیکی، مرفولوژیکی و

حدود ۴۵٪ اراضی زیر کشت گندم دیم ایران دارای بارندگی کمتر از ۳۵۰ میلی‌متر می‌باشند و در مناطق فاریاب نیز به دلیل محدودیت منابع آبی و عدم تناوب سطح زیر کشت گندم با آب قابل‌دسترس کشاورزان نیاز آبی گیاه به‌طور کامل برآورده نشده و گندم تحت تنش رطوبتی قرار می‌گیرد. در مناطق تحت تنش، بالا بودن مقدار تبخیر و تعرق، محدودیت منابع و سایر عوامل از جمله مسائل مدیریتی باعث شده توجه بیشتری به مطالعه اثرات تنش خشکی و انتخاب ارقام متحمل به خشکی معطوف شود.

نسبی ماده خشک قبل و بعد از ظهور بساک و همچنین به قابلیت انتقال مواد ذخیره‌شده در ساقه‌ها به دانه (قبل از ظهور بساک) بستگی دارد. در شرایط تنش محدودیت رطوبتی عملکرد به مقدار آب تبخیر و تعرق یافته، راندمان مصرف آب و شاخص برداشت بستگی دارد. راندمان مصرف آب و شاخص برداشت هنگامی که آب قابل‌دسترس در انتهای فصل رشد (دوره پر شدن دانه) زیاد باشد، افزایش می‌یابد. بنابراین یکی از صفات‌های مهم برای افزایش عملکرد دانه تحت شرایط محدودیت رطوبتی تطابق مراحل فنولوژی و الگوی بارندگی فصلی است (Tardieu, 2012; Arous et al., 2008). در حقیقت تطابق مراحل فنولوژی با الگوی بارندگی فصلی در شرایط تنش محدودیت رطوبتی هم آب تبخیر و تعرق یافته (W) و هم راندمان مصرف آب (WUE) را بهبود می‌بخشد (Arous et al., 2008). زمان مناسب گلدهی مهم‌ترین صفت زراعی در مناطق خشک است که می‌توان در رابطه با افزایش کارایی مصرف آب به آن اشاره کرد، که البته برای ایجاد تنوع ژنتیکی بیشتر به کارهای به نژادی گسترده‌تری نیاز است. به‌عنوان مثال کاشت زودتر به‌منظور زمان مناسب گلدهی ممکن است با محدودیت‌های ژنتیکی از نظر حساسیت به طول روز و بهاره سازی مواجه شود و نیاز به ارقامی باشد که در مقایسه با ارقام رایج تفاوت‌هایی داشته باشند (White et al., 2010; Richards et al., 2010).

به‌طور کلی در طی دوره رشد و نمو گندم مراحل گل‌دهی و پر شدن دانه جزء حساس‌ترین مراحل رشد و نمو گندم بوده و در صورت وقوع تنش خشکی عملکرد کاهش خواهد یافت؛ بنابراین دسترسی به ارقامی که در صورت مواجهه با شرایط محدودیت رطوبتی انتهای فصل کاهش کمتر عملکرد دانه داشته باشند می‌تواند در جلوگیری از کاهش عملکرد دانه در مناطقی با تنش انتهای فصل که از تنش‌های معمول آب‌وهوای مدیترانه‌ای می‌باشد نقش مهمی ایفا نماید.

#### مواد و روش‌ها

این آزمایش در قالب طرح کرت‌های خردشده<sup>۱</sup> در قالب بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار به مدت دو سال زراعی ۸۹-۱۳۸۷ در ایستگاه تحقیقاتی طرق مشهد اجرا شد. تیمار

فیزیولوژیکی در تحمل به خشکی گندم دخالت داشته و اهمیت این صفات بسته به نوع خشکی از نظر زمان و شدت متفاوت می‌باشد. در شرایط تنش محدودیت رطوبتی انتهایی، اندوخته قبل از مرحله ظهور بساک، نقش مهمی در پر کردن دانه‌ها دارند، زیرا در این شرایط فتوسنتز جاری به‌وسیله تنش محدودیت رطوبتی، تنش گرمایی و حتی تنش‌های زنده (بیماری‌ها) دچار اختلال می‌شود (Bloom, 2005). ذخایر قبل از ظهور بساک، اهمیت ویژه‌ای در شرایط تنش محدودیت رطوبتی انتهایی (آب‌وهوای مدیترانه‌ای) دارد. زیرا دوره پر شدن دانه در شرایط گرم و خشک واقع می‌شود که این شرایط در فتوسنتز جاری اختلال ایجاد می‌کند.

تنش رطوبت در بیشتر گیاهان منجر به کاهش فتوسنتز و افزایش تنفس می‌شود که این امر ناشی از بسته شدن روزنه‌ها می‌باشند (Lops and Reynolds, 2010; Plautet et al., 2004). در شرایط بهینه گیاه ترجیح می‌دهد که از فتوسنتز جاری برای پر کردن دانه‌ها استفاده کند زیرا این روش برای گیاه کم‌هزینه‌تر است (Bloom, 2005). کمبود آب نزدیک مرحله گلدهی، تشکیل دانه و باروری آن را به‌طور معنی‌داری کاهش می‌دهد، درحالی‌که اعمال تنش در مرحله پر شدن دانه‌ها، ظرفیت انتقال مواد فتوسنتزی به دانه‌ها را به‌طور معنی‌داری کاهش داده و باعث چروکیدگی دانه‌ها و کاهش وزن هزار دانه می‌شود، بنابراین تولید مواد فتوسنتزی و انتقال مجدد آن‌ها مرتبط با مرحله‌ای است که تنش خشکی اتفاق افتاده است (Lops and Reynolds, 2010; Plautet et al., 2004; Bloom, 2005). قابل‌توجه این‌که اعمال تنش در مرحله پر شدن دانه‌ها موجب کاهش میزان کربن دانه‌ها شده و سرعت توسعه تنش نیز انتقال مجدد را تحت تأثیر قرار می‌دهد.

در سال‌های اخیر افزایش عملکرد دانه عمدتاً مرهون افزایش تعداد دانه بوده و این جزء عملکرد اهمیت بیشتری از وزن دانه داشته است، اگرچه هر دو عامل منبع (Source) و مخزن (Sink) باعث محدودیت عملکرد می‌شوند، اما شواهد نشان می‌دهد حتی در مورد لاین‌های جدید گندم نیز مخزن بیشتر محدودکننده است (Lops and Reynolds, 2010; Reynolds and Tubroza, 2008). شاخص برداشت در گندم حاصل نسبت عملکرد دانه به عملکرد بیولوژیک (اندام‌های هوایی) می‌باشد. این شاخص، تحت تنش خشکی کاهش یافته و به عواملی از جمله وزن

<sup>1</sup>. Spilt plot

مصرفی لاین‌ها و ارقام گندم بر اساس تراکم ۴۵۰ بذر در مترمربع و با در نظر گرفتن وزن هزار دانه آن‌ها تعیین شد. برای کنترل علف‌های هرز از توفوردی و پوماسوپر با غلظت یک و نیم لیتر در هکتار استفاده شد. پس از برداشت ابتدا عملکرد بیولوژیک اندازه‌گیری شده و پس از خرمن‌کوبی عملکرد دانه هر کرت به‌دقت توزین شده و شاخص برداشت محاسبه شد. به‌منظور تجزیه مرکب داده‌ها ابتدا آزمون بارتلت جهت اطمینان از متجانس بودن خطای آزمایش‌ها انجام شد، محاسبات F و مقایسات میانگین با فرض تصادفی بودن سال و ثابت بودن تیمار انجام شد (Carmer et al., 1989). جهت تجزیه و تحلیل داده‌ها نیز از نرم‌افزارهای EXCEL, SAS استفاده شد.

### نتایج و بحث

#### عملکرد دانه و بیولوژیک

اثر محدودیت رطوبتی، ژنوتیپ و اثر متقابل ژنوتیپ و محدودیت رطوبتی بر عملکرد دانه و بیولوژیک بسیار معنی‌دار بود (جدول ۱). محدودیت رطوبتی اثر متفاوتی بر عملکرد دانه و بیولوژیک داشت (جدول ۲). بیشترین عملکرد دانه و بیولوژیک در شرایط بهینه رطوبتی (L1) حاصل شد (۸/۴۷۶ و ۲۰/۷۲ تن در هکتار). اعمال تنش محدودیت رطوبتی از مرحله شیری دانه تا انتهای رشد و نمو گندم (L2) موجب شد عملکرد دانه حدود ۱۸/۶ درصد و عملکرد بیولوژیک ۱۱/۹ کاهش پیدا کند (جدول ۲). با تنش محدودیت رطوبتی از مرحله ظهور بساک تا انتهای رشد و نمو (L3) عملکرد دانه حدود ۴۵/۳ درصد و عملکرد بیولوژیک ۴۵/۷ کاهش پیدا کرد (جدول ۲). در تحقیقات زیادی اعمال تنش به‌ویژه پس از مرحله گرده‌افشانی کاهش معنی‌دار عملکرد دانه و بیولوژیک را به دنبال داشته است که با نتایج این تحقیق موافقت دارد (Parish et al., 2012; Plaut et al., 2004; Sinclair, 2011).

مقایسه ژنوتیپ‌های گندم از نظر عملکرد دانه نشان داد که ژنوتیپ‌های V5 (میهن) و V4 بالاترین عملکرد را در متوسط شرایط محدودیت رطوبتی داشتند (به ترتیب، ۷۵۹۳ و ۷۱۷۰ کیلوگرم در هکتار). بیشترین عملکرد بیولوژیک نیز مربوط به ژنوتیپ‌های V5 (میهن) و V1 (به ترتیب، ۱۹/۸۲ و ۱۸/۰۱ تندر هکتار). کمترین عملکرد نیز مربوط به ژنوتیپ V1 با عملکرد ۶/۱۲۵ کیلوگرم در هکتار و کمترین عملکرد بیولوژیک مربوط به ژنوتیپ V6 با عملکرد ۱۶/۳۶

آبیاری در سه سطح شامل (L1) شرایط بهینه رطوبتی، (L2) محدودیت رطوبتی از مرحله شیری دانه تا انتهای رشد و نمو گندم و (L3) محدودیت رطوبتی از مرحله ظهور بساک تا انتهای رشد و نمو گندم، در کرت‌های اصلی و تعداد ۱۰ لاین امیدبخش گندم شامل Toos(V1), C-81-10(V2), C-84-5509 (V3), C-84-4 (V4), C-D-85-9 (V7), C-D-85-15(V6), Mihan (V5), C-D-84-5502 (V8), C-D-85-5502(V9) و C-D-85-5502(V10) حاصل از آزمایش‌های سازگاری (الیت) در شرایط خشکی انتهای فصل، در کرت‌های فرعی مورد مطالعه قرار گرفتند.

به‌منظور جلوگیری از بارندگی در تیمارهای تنش رطوبتی، از باران‌گیر متحرک<sup>۱</sup> استفاده شد. این باران‌گیرها متحرک و از نظر ارتفاع چتر قابل تنظیم بود. با پیشرفت مراحل رشد ارتفاع چتر تنظیم‌شده و چتر فقط در زمان بارندگی گسترده و بلافاصله پس از خاتمه بارندگی جمع‌آوری شد. به‌منظور تعیین زمان دقیق آبیاری در تیمار آبیاری کامل، نمونه‌هایی از خاک تا عمق ۶۰ سانتی‌متری اخذ شد و پس از خشک‌کردن کامل در آون آزمایشگاهی، درصد رطوبت وزنی آن سنجیده شد. هر زمان ۵۰ درصد آب قابل‌استفاده حداقل وضعیت ظرفیت مزرعه (FC) و نقطه پژمردگی (WP) تخلیه رطوبتی شد، عملیات آبیاری در تیمار شرایط بهینه رطوبتی انجام شد. تهیه زمین و کلیه عملیات زراعی در طی دوره‌های کاشت، داشت و برداشت به‌طور یکسان و بر طبق عرف معمول ایستگاه‌ها انجام شد. هر کرت فرعی شامل ۱۲ ردیف کاشت به فواصل ۲۰ سانتی‌متر و طول پنج‌متر بود. سه ردیف کاشت از هر طرف به‌منظور اثرات حاشیه‌ای، حذف شدند و شش ردیف باقیمانده پس از حذف یک متر از ابتدا و انتهای هر کرت برداشت شد؛ بنابراین مساحت کاشت هر کرت فرعی  $12 \times 0.2 \times 5 = 6 \times 0.2 \times 3 = 3.6$  مترمربع و مساحت برداشت  $6 \times 0.2 \times 3 = 3.6$  مترمربع بود. میزان کود مصرفی بر اساس فرمول (۱۲۰-۹۰) کیلوگرم N-P-K خالص در هکتار محاسبه و با توجه به نتایج آزمون شیمیایی خاک مصرف شد. یک‌سوم کود نیتروژن و تمامی کود فسفره و پتاسه هم‌زمان با کاشت به‌عنوان کود پایه و مابقی کود نیتروژن در دو مرحله ابتدای ساقه رفتن و ابتدای ظهور سنبله مصرف شد. میزان بذر

<sup>۱</sup>. Mobile Rain Shelter

دانه ۵۳۹۸،۵۰۷۶ و ۴۹۰۹ کیلوگرم در هکتار و اختلاف غیر معنی‌داری با یکدیگر بالاترین عملکرد دانه را به خود اختصاص دادند (جدول ۳).

برای مقایسه ژنوتیپ‌های گندم تحت تنش رطوبتی، عملکرد دانه مهم‌ترین معیار می‌باشد. البته عملکرد صفتی است که توسط تعداد زیادی ژن کنترل می‌شود و متأثر از شرایط محیطی می‌باشد. هرچند جمع‌آوری کلیه ژن‌های مطلوب و مؤثر در تحمل به خشکی در یک رقم امکان‌پذیر نیست، لیکن این امر مانع استفاده از قابلیت صفت عملکرد دانه به‌عنوان یک معیار مهم برای مطالعه تحمل به خشکی نشده است (Raynolds and Tubroza, 2008; White et al., 2010).

تندر هکتار بود (جدول ۲). مقایسه اثر متقابل ژنوتیپ و محدودیت رطوبتی (جدول ۳) نشان داد که در شرایط بهینه رطوبتی (L1)، ژنوتیپ‌های V5 (میهن) و V4 به ترتیب با عملکرد دانه ۹۷۱۲ و ۹۴۷۵ کیلوگرم در هکتار و همین ژنوتیپ‌ها با عملکرد ۲۹/۵۳ و ۲۲/۵۸ تن در هکتار برترین ژنوتیپ‌ها از نظر عملکرد بیولوژیک بودند (جدول ۲).

با تنش محدودیت رطوبتی از مرحله شیری دانه تا انتهای رشد و نمو گندم (L2) ژنوتیپ‌های V5، V10، V4، V9 و V7 به ترتیب با عملکرد دانه ۷۲۱۷، ۷۲۵۰، ۷۲۱۶ و ۷۱۷۹ کیلوگرم در هکتار و اختلاف غیر معنی‌داری با یکدیگر بالاترین عملکرد را دارا بودند (جدول ۳). با تنش محدودیت رطوبتی از مرحله ظهور بساک تا انتهای رشد و نمو (L3) ژنوتیپ‌های V5، V8 و V9 به ترتیب با عملکرد

جدول ۱. تجزیه واریانس مرکب (۲ ساله) عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک، تعداد سنبله بارور در مترمربع، تعداد دانه در سنبله، وزن دانه در سنبله، وزن هزار دانه و شاخص برداشت، ژنوتیپ‌های گندم در شرایط تنش محدودیت رطوبتی در مراحل مختلف نمو.

Table 1. Combined analysis of variance (over two years) for grain yield (GY), biological yield (BY), no. of fertile spikes persquare meter (NFS/m<sup>2</sup>), no. of kernels per spike (NK/S), kernels weight per spike (KW/S), 1000 kernel weight (1000KW), harvest index (HI), of wheat genotypes under water deficit conditions in different developmental stages.

S.O.V	تغییرات منابع	درجه آزادی	میانگین مربعات (MS)						شاخص برداشت
			عملکرد دانه	عملکرد بیولوژیک	تعداد سنبله بارور در مترمربع	تعداد دانه در سنبله	وزن دانه در سنبله	وزن دانه در سنبله	
			عملکرد دانه	عملکرد بیولوژیک	Fertile Spikes per Square Meter	Kernels per Spike	Kernels Weight per Spike	1000 kernel Weight	Harvest Index
Year (Y)	سال	1	42.529*	234.5*	1590 n.s	374.8 n.s	0.6**	82.1**	0.001 n.s
Replication/Year	سال/تکرار	4	3.861	29.6	42840	93.8	0.07	9.2	0.01
Water Deficit (L)	محدودیت رطوبتی	2	203.4**	852.0**	5799 n.s	20.6*	9.6**	935.8**	0.03**
Y × L	سال × محدودیت رطوبتی	2	0.556 n.s	14.8 n.s	6056 n.s	2.5 n.s	0.005 n.s	0.935 n.s	0.001 n.s
Ea	خطای a	8	0.586	6.0	27538	5.6	0.01	3.9	0.002
Genotype (G)	ژنوتیپ	9	3.517**	19.8**	13459*	54.5**	0.7**	16.0**	0.004*
G × Y	سال × ژنوتیپ	9	0.537**	3.8**	3239**	9.5**	0.007*	3.0 n.s	0.001 n.s
Y × G × L	محدودیت رطوبتی × ژنوتیپ	18	1.273**	9.1**	2170*	14.2**	0.03 n.s	3.0 n.s	0.001 n.s
Y × G × L	سال × محدودیت رطوبتی × ژنوتیپ	18	0.156 n.s	1.1 n.s	900 n.s	2.1 n.s	0.002 n.s	1.1 n.s	0.001 n.s
Eb	خطای b	108	0.425	3.0	2483	7.3	0.007	1.9	0.001
CV (%)	ضریب تغییرات (%)		9.96	10.92	12.2	7.99	7.68	10.5	7.3

\* و \*\* به ترتیب معنی‌دار در سطوح احتمال ۵٪ و ۱٪؛ n.s: غیر معنی‌دار

\*, \*\*: Significant at 5% and 1% probability levels, respectively; n.s: Non-significant.

جدول ۲. مقایسه میانگین‌های (دوساله) اثرات اصلی ژنوتیپ و محدودیت رطوبتی صفات عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک، تعداد سنبله بارور در مترمربع، تعداد دانه در سنبله، وزن دانه در سنبله، وزن هزار دانه و شاخص برداشت.

**Table 2. Means comparison (over two years) of main effects of genotypes and Water Deficits for grain yield (GY), biological yield (BY), no. of fertile spikes per square meter (NFS/m<sup>2</sup>), no. of kernel per spike (NK/S), kernels weight per spike (KW/S), 1000 kernel weight (1000KW) and harvest index (HI).**

Treatment	عملکرد	عملکرد	وزن هزار	تعداد سنبله	وزن دانه	تعداد دانه	شاخص
	دانه	بیولوژیک	دانه	بارور در مترمربع	در سنبله	در سنبله	برداشت
	Grain Yield	Biological Yield	1000 kernel Weight	Fertile Spikes per Square Meter	Kernels Weight per Spike	No. of Kernel per Spike	Harvest Index
محدودیت رطوبتی	(t/ha)	(t/ha)	(gr)	(gr)	(gr)	No.	(%)
<b>Water Deficit</b>							
L <sub>1</sub>	8.476 a	20.72 a	43.42 a	794 a	1.52 a	37.08 a	40.95 a
L <sub>2</sub>	6.902 b	18.24 b	36.96 b	800 a	1.10 b	33.72 ab	37.92 b
L <sub>3</sub>	4.805 c	13.31 c	29.53 c	752 a	0.73 c	30.57 b	36.37 c
<b>ژنوتیپ</b>							
<b>Genotypes</b>							
Toos (V <sub>1</sub> )	6.604 cde	18.01 b	36.04 d	761 bc	1.10 cde	35.52 abc	36.64 d
C-81-10 (V <sub>2</sub> )	6.125 e	18.68 bc	38.33 a	747 c	1.05 e	30.62 d	36.67 d
C-84-5509 (V <sub>3</sub> )	6.678 cd	16.80 c	37.78 ab	787 bc	1.12 bcd	32.78 bcd	39.32 abc
C-84-4 (V <sub>4</sub> )	7.170 ab	17.71 bc	35.81 d	806 ab	1.17 ab	36.02 a	40.18 a
Mihan (V <sub>5</sub> )	7.593 a	19.81 a	37.49 abc	733 bc	1.23 a	36.22 a	37.96 abcd
C-D-85-15 (V <sub>6</sub> )	6.193 de	16.36 c	36.37 bcd	765 bc	1.04 e	31.89 cd	36.65 bcd
C-D-85-9 (V <sub>7</sub> )	6.593 cde	16.55 bc	35.60 d	836 a	1.08 de	33.92 abc	39.77 ab
C-D-84-5502 (V <sub>8</sub> )	6.666 cd	16.70 bc	35.93 d	804 ab	1.10 cde	34.17 abc	39.81 ab
C-D-85-5502 (V <sub>9</sub> )	6.600 cde	17.75 bc	36.24 cd	790 bc	1.09 cde	33.74 abc	37.11 cd
C-85-6 (V <sub>10</sub> )	7.057 bc	17.87 bc	36.55 bcd	782 bc	1.02 de	35.01 ab	39.05 abcd

در هر ستون و برای هر تیمار میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشابه بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن فاقد اختلاف معنی‌دار در سطح ۵ درصد می‌باشند.

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

L<sub>1</sub>: شرایط بهینه رطوبتی؛ L<sub>2</sub>: محدودیت رطوبتی از مرحله شیری دانه تا رسیدگی؛ L<sub>3</sub>: محدودیت رطوبتی از مرحله ظهور بساک تا رسیدگی.

L1: Optimum condition, L2: Water deficit using rainshelter from milky grain stage to maturity L3: Water deficit using rainshelter from anthesis stage to maturity.

از ظهور بساک به آب مصرفی قبل از ظهور بساک است. در گزارش‌های دیگری نیز شاخص برداشت را در شرایط تنش محدودیت رطوبتی مستقیماً با آب مصرفی پس از مرحله ظهور بساک مرتبط گزارش کردند (Passioura and Angus, 2010; Passioura, 2012; Plaut et al., 2004). بنابراین با توجه به کاهش آب مصرفی پس از مرحله ظهور بساک در تیمارهای L<sub>2</sub> و L<sub>3</sub> نسبت به شرایط بهینه رطوبتی (L<sub>1</sub>)، کاهش شاخص برداشت در تیمارهای L<sub>2</sub> و L<sub>3</sub> (تنش‌های محدودیت رطوبتی پس از مرحله ظهور بساک) منطقی است.

#### شاخص برداشت

نتایج نشان داد که بیشترین شاخص برداشت (HI) در شرایط بهینه رطوبتی (L<sub>1</sub>) وجود داشت (۰/۴۰/۹۵). شرایط مناسب رطوبتی در قبل و بعد از ظهور بساک موجب شد که نسبت عملکرد دانه به کل ماده خشک نهایی (HI) نسبت به سایر تیمارهای تنش محدودیت رطوبتی بیشتر باشد. در بین تیمارهای محدودیت رطوبتی (L<sub>2</sub> و L<sub>3</sub>) کمترین شاخص برداشت به L<sub>3</sub> (تنش محدودیت رطوبتی پس از ظهور بساک) تعلق داشت (۰/۳۶/۳۷). در شرایط محدودیت رطوبتی عوامل مؤثر بر شاخص برداشت متفاوت از شرایط بهینه رطوبتی است. ریچاردز و همکاران (Richardset al., 2010) گزارش کردند که در شرایط محدودیت رطوبتی شاخص برداشت تابعی از نسبت آب مورد استفاده گیاه پس

جدول ۳. مقایسه میانگین‌های (دوساله) اثرات متقابل ژنوتیپ و محدودیت رطوبتی صفات عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک، تعداد سنبله بارور در مترمربع، تعداد دانه در سنبله، وزن دانه در سنبله، وزن هزار دانه و شاخص برداشت.

Table 3. Means comparison (over two years) of intractions between genotypes and Water Deficits for grain yield (GY), biological yield (BY), no. of fertile spikes per square meter (NFS/m<sup>2</sup>), no. of kernel per spike (NK/S), kernels weight per spike (KW/S), 1000 kernel weight (1000KW) and harvest index (HI).

تیمار	شاخص برداشت	تعداد دانه در سنبله	وزن دانه در سنبله	تعداد سنبله بارور در مترمربع	وزن هزار دانه	عملکرد بیولوژیک	عملکرد دانه
Treatment	Harvest Index (%)	No. of Kernel per Spike	Kernels Weight per Spike (gr)	Fertile Spikes per Square Meter (gr)	1000 kernel Weight (gr)	Biological Yield (t/ha)	Grain Yield (t/ha)
L1V1	38.4 a-i	35.7 d	1.46 cd	773 f-i	44.4 bc	21.00 bcd	8.085 c
L1V2	38.6 a-i	34.3 de	1.48c	764 hig	45.9 b	20.98 bcd	8.069 c
L1V3	41.2 abc	38.5 c	1.61b	790 d-i	44.2 b	21.94 abc	9.080 b
L2V4	42.1ab	41.6 a	1.65b	816 b-f	41.8 de	22.58 ab	9.475 ab
L2V5	41.2 a-d	40.0 a	1.71a	795 c-i	45.6 a	23.59 a	9.712 a
L1V6	40.8 a-e	35.1 de	1.42d	793 d-i	42.9 bcde	19.06 efg	7.779 c
L1V7	42.0 ab	36.5 cd	1.43cd	793 c-i	41.7 e	18.92 efg	7.963 c
L1V8	42.2 a	35.7 d	1.43cd	805 b-h	42.5 cde	18.67 fg	7.879 c
L1V9	40.6 a-e	34.7 de	1.40d	979 e-i	43.0 bcde	18.88 fgh	7.615 cd
L1V10	42.2 a	39.3 ab	1.60 b	809 b-g	43.1 bcd	21.53 bc	9.073 b
L2V1	36.4 e-i	34.8 de	1.11f	798 c-i	36.0 i	19.45 defg	7.066 e
L2V2	35.6 f-i	29.5 hj	0.97 h	773 ghi	38.3 fg	16.64 hij	5.916 g
L2V3	39.3 a-h	31.3 fgh	1.04 g	833 bcd	38.4 f	16.41 ij	6.451 f
L2V4	40.0 a-f	35.6 d	1.13f	841 b	36.0 i	18.06 ghi	7.217 de
L2V5	37.3 c-i	36.0 d	1.20 e	799 b-i	37.7 fgh	20.59 cde	7.668 cd
L2V6	36.8 d-i	30.7 f-i	0.98 h	798 c-i	hi 36.8	16.43 ij	6.010 fg
L2V7	39.2 a-i	34.7 de	1.10 f	903 a	36.1 i	18.37 fgh	7.179 de
L2V8	39.6 a-g	34.4 de	1.11 f	836 bc	36.1 i	17.81 ghi	7.044 e
L2V9	35.9 f-i	34.8 de	1.14 f	791 d-i	37.0 ghi	20.17 cdef	7.216 de
L2V10	39.2 a-i	35.0 de	1.15 f	823 b-e	37.0 ghi	18.52 fg	7.250 de
L3V1	35.1hi	30.1 g-j	0.71 jk	712 k	28.5 l	13.57 klm	4.693 ij
L3V2	35.8 f-i	28.1	0.68 k	705 K	30.8 j	12.41 lm	4.369 j
L3V3	37.3 c-i	28.5 ij	0.69 k	730 Jk	30.8 j	12.04 m	4.489 j
L3V4	38.4 a-i	30.9 fghi	0.73 ijk	762 Jj	29.7 jkl	12.50 lm	4.818 ij
L3V5	35.4 ghi	33.1ef	0.79 i	726 Jk	29.2 kl	15.31 jk	5.398 h
L3V6	35.4 ghi	29.9 g-j	0.73ijk	705 K	jk 30.4	13.59 klm	4.790 ij
L3V7	38.1 a-i	30.1	0.70 jk	814 b-g	28.5 kl	12.35 lm	4.638 ij
L3V8	37.6 b-i	32.0 fg	0.76ij	772 Ghi	29.2 l	13.62 klm	5.076 hi
L3V9	34.8 i	31.8 fgh	0.79ijk	702 K	28.7 l	14.18 kl	4.909 hij
L3V10	35.8 fgh	30.7fghi	0.73ijk	713 K	29.5 l	13.55 klm	4.850 ij

در هر ستون و برای هر تیمار میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشابه بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن فاقد اختلاف معنی‌دار در سطح ۵ درصد می‌باشند.

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

L1، شرایط بهینه رطوبتی؛ L2، محدودیت رطوبتی از مرحله شیری دانه تا رسیدگی؛ L3، محدودیت رطوبتی از مرحله ظهور بساک تا رسیدگی.

L1: Optimum condition, L2: Water deficit using rainshelter from milky grain stage to maturity, L3: Water deficit using rainshelter from anthesis stage to maturity.

V1 (Toos), V2 (C-81-10), V3 (C-84-5509), V4 (C-84-4), V5 (Mihan), V6 (C-D-85-15), V7 (C-D-85-9), V8 (C-D-84-5502), V9 (C-D-85-5502), V10 (C-85-6).

برداشت زیادتر به دلیل عملکرد دانه بالاتر این ژنوتیپ‌ها بود. ریچاردز و همکاران (Richards et al., 2010) گزارش کردند که تفاوت وارپته‌ها از نظر شاخص برداشت به دلیل تفاوت خصوصیات آن‌ها در جذب آب در مرحله پر شدن دانه می‌تواند باشد. توانایی ژنوتیپ‌ها در جذب بهتر آب به

مقایسه ژنوتیپ‌های مختلف گندم از نظر شاخص برداشت نشان داد که ژنوتیپ‌های V3 و V10، V5، V4، V8، V7، V2 و V1 نیز در کلاس پایین‌تری با اختلاف غیر معنی‌دار با یکدیگر، بالاترین شاخص برداشت را دارا بودند. ژنوتیپ V1 و V2 نیز در کلاس پایین‌تری از نظر شاخص برداشت قرار داشتند (جدول ۳). شاخص

گزارش شده است اعمال تنش رطوبتی در مرحله طویل شدن ساقه باعث کاهش معنی‌دار تعداد سنبله بارور در واحد سطح شد و تنش‌های پس از مرحله ظهور بساک تأثیری بر تعداد سنبله بارور در واحد سطح نداشت زیرا در مرحله رشد سریع و طویل شدن ساقه گندم، رقابت بین اندام‌های مختلف گیاه نیز صورت می‌گیرد، تنش رطوبتی باعث تشدید رقابت بین اندام‌ها برای دسترسی به اسیمیلانتها شده و بنابراین تعداد سنبله بارور در واحد سطح فقط در این مرحله (قبل از مرحله ظهور بساک) تحت تأثیر تنش کاهش می‌یابد و پس‌از آن بر دیگر اجزای عملکرد تأثیر دارد (Kringwi et al., 2004; Richards et al., 2010). این گزارش‌ها با نتایج این تحقیق موافقت دارد.

#### تعداد دانه در سنبله

نتایج نشان داد که تنش محدودیت رطوبتی از مرحله ظهور بساک تا انتهای رشد و نمو (L3) نسبت به شرایط بهینه رطوبتی (L1) کاهش معنی‌دار تعداد دانه در سنبله را موجب شد (کاهش ۱۷/۵ درصد) ولی بین تنش محدودیت رطوبتی از مرحله شیری دانه تا انتهای رشد و نمو گندم (L2) و شرایط بهینه رطوبتی (L1) تفاوت معنی‌داری از نظر تعداد دانه در سنبله وجود نداشت (جدول ۲). با توجه به اینکه تا مرحله شیری دانه در تیمار L2 شرایط بهینه رطوبتی حاکم بود و از طرفی تعداد دانه در سنبله قبل از این مرحله شکل می‌گیرد، بنابراین تفاوت معنی‌داری با شرایط بهینه رطوبتی حاصل نشد. با توجه به اینکه تا مدتی پس از ظهور بساک تعداد دانه در سنبله تحت تأثیر قرار می‌گیرد (Morran et al., 2004)، کاهش تعداد دانه در سنبله در تنش محدودیت رطوبتی پس از ظهور بساک (L3) منطقی است. آراوس و همکاران (Araus et al., 2008) مرحله طویل شدن ساقه را مرحله‌ای مهم در تشکیل دانه در سنبله گندم عنوان کرده‌اند. در تحقیقات دیگری گزارش شد اعمال تنش رطوبتی نزدیک مرحله گلدهی، تشکیل دانه و باروری آن را به‌طور معنی‌داری کاهش داد و وزن خشک سنبله (بدون دانه) در این مرحله و در طی مرحله رشد خطی دانه (پر شدن دانه‌ها) به ترتیب به میزان ۳۰ و ۸ درصد کاهش یافت (Richards et al., 2010). کاهش تعداد دانه در سنبله در تنش محدودیت رطوبتی پس از ظهور بساک توسط پلاوت و همکاران (Plaut et al.,

دلیل سیستم ریشه آن‌ها و خصوصیات دیگر آن‌ها مثلاً درجه روز رشد تا ظهور بساک می‌تواند در افزایش شاخص برداشت مؤثر باشد. گلدهی زودتر در یک وارپته به مفهوم استفاده بیشتر از آب خاک در مرحله پس از ظهور بساک است. تنوع ژنتیکی در ارقام گندم از نظر شاخص برداشت در شرایط محدودیت رطوبتی گزارش شده است. این گزارش‌های با نتایج این تحقیق موافقت دارد (Kringwi et al., 2004, 2010; Araus et al., 2008; Richards et al., 2010).

#### اجزای عملکرد دانه

به کمک تجزیه و تحلیل اجزای عملکرد دانه گندم می‌توان تغییرات عملکرد را در شرایط مختلف از جمله شرایط تنش رطوبتی تفسیر نمود. نتایج تجزیه واریانس مرکب صفات وزن دانه در سنبله، تعداد دانه در سنبله، تعداد سنبله بارور در مترمربع و وزن هزار دانه نشان داد اثر محدودیت رطوبتی در ارتباط با تمامی صفات فوق به‌غیر از تعداد سنبله بارور، اثر ژنوتیپ در ارتباط با تمامی صفات و اثر متقابل ژنوتیپ و محدودیت رطوبتی نیز در ارتباط با صفات وزن هزار دانه و وزن دانه در سنبله غیر معنی‌دار و در بقیه موارد معنی‌دار بود (جدول ۱). این نتایج به تفکیک، تجزیه و تحلیل و مورد بحث قرار می‌گیرد.

#### تعداد سنبله بارور در مترمربع

تعداد سنبله بارور در واحد سطح یکی از اجزای مهم عملکرد دانه گندم است. نتایج این آزمایش نشان داد، بین شرایط بهینه رطوبتی (L1)، اعمال تنش محدودیت رطوبتی از مرحله شیری دانه تا انتهای رشد و نمو گندم (L2) و تنش محدودیت رطوبتی از مرحله ظهور بساک تا انتهای رشد و نمو (L3) هیچ تفاوتی از نظر تعداد سنبله در مترمربع وجود نداشت (جدول ۲). به دلیل شرایط مشابه تیمارهای L2، L1 و L3 تا مرحله ظهور بساک و شکل‌گیری تعداد سنبله بارور تا این مرحله، تفاوت معنی‌داری از نظر تعداد سنبله بارور در مترمربع در شرایط محدودیت رطوبتی در مقایسه با شرایط بهینه مشاهده نشد. بین تعداد سنبله ژنوتیپ‌های گندم تفاوت آماری معنی‌داری وجود داشت. بیشترین تعداد سنبله در مترمربع به ترتیب متعلق به ژنوتیپ‌های V7 و V4 و کمترین آن متعلق به ژنوتیپ V2 بود (جدول ۲).

گزارش کرده‌اند ( Arous et al., 2008; Kringwi et al., 2004).

نتایج نشان داد که بین ژنوتیپ‌ها تفاوت‌های معنی‌داری از نظر وزن دانه در سنبله وجود داشت (جدول ۲). ژنوتیپ‌های V5 و V4 بیشترین وزن دانه در سنبله را به ترتیب با ۱/۲۳ و ۱/۱۷ گرم در مقایسه با سایر ژنوتیپ‌ها دارا بودند. تنوع ژنتیکی در بین ارقام گندم در شرایط تنش رطوبتی از نظر وزن دانه در سنبله گزارش شده است که تأییدی بر نتایج حاصل از این بررسی است ( Plaut et al., 2004; Reynolds and Tuberosa, 2008; Arous et al., 2004; Kringwi et al., 2008).

#### وزن هزار دانه

نتایج نشان داد وزن هزار دانه تحت تأثیر محدودیت رطوبتی قرار گرفت. با اعمال تنش محدودیت رطوبتی از مرحله شیری دانه تا انتهای رشد و نمو گندم (L2) وزن هزار دانه به میزان ۱۷ درصد و با اعمال تنش محدودیت رطوبتی از مرحله ظهور بساک تا انتهای رشد و نمو (L3) میزان ۳۲ درصد نسبت به شرایط بهینه رطوبتی (L1) کاهش یافت (جدول ۲). کاهش وزن هزار دانه با تنش محدودیت رطوبتی پس از مرحله ظهور بساک (L2 و L3) که مصادف با دوره پر شدن دانه است منطقی است. کاهش وزن هزار دانه در سطوح تنش محدودیت رطوبتی (L2 و L3) قابل‌انتظار بود زیرا شرایط بهینه رطوبتی این تیمارها در مراحل قبل از ظهور بساک (ماهیت تیمار) موجب شد که مخزن نسبتاً قوی شکل بگیرد ولی محدودیت رطوبتی پس از ظهور بساک، موجب کاهش شدید وزن هزار دانه شد. وزن هزار دانه در مرحله پر شدن دانه تعیین می‌شود ( Arous et al., 2008)، بنابراین عوامل نامساعد محیطی من‌جمله محدودیت رطوبتی در این مرحله مستقیماً وزن هزار دانه را تحت تأثیر قرار داد. نتایج بررسی‌های سایر محققان نشان داد تنش رطوبتی پس از مرحله گرده‌افشانی باعث کاهش سرعت پر شدن دانه‌ها و در نتیجه کاهش وزن هزار دانه شد ( Parish et al., 2012; Plaut et al., 2004; Reynolds and Tuberosa, 2008; Arous et al., 2008; Kringwi et al., 2004). که با نتایج این آزمایش موافقت دارد.

نتایج نشان داد که بین ژنوتیپ‌ها تفاوت‌های معنی‌داری از نظر وزن هزار دانه وجود داشت (جدول ۲). ژنوتیپ‌های V2، V5 و V4 بیشترین وزن هزار دانه

(2004) نیز گزارش شده است. این گزارش‌ها با نتایج حاصل از این بررسی موافقت دارد.

مقایسه ژنوتیپ‌های مختلف گندم در محدودیت‌های رطوبتی متفاوت (اثر متقابل محدودیت رطوبتی و ژنوتیپ) از نظر تعداد دانه در سنبله نشان داد با اعمال محدودیت رطوبتی L2، ژنوتیپ‌های گندم واکنش متفاوتی را نشان دادند. ژنوتیپ‌های V5 و V4 در سطوح تنش محدودیت رطوبتی (L2 و L3) کاهش کمتر تعداد دانه در سنبله را در مقایسه با سایر ژنوتیپ‌ها نشان دادند (جدول ۳). مقایسه ژنوتیپ‌های مختلف گندم از نظر تعداد دانه در سنبله (جدول ۲) نشان داد که در بین ژنوتیپ‌ها تفاوت‌های معنی‌داری از نظر تعداد دانه در سنبله وجود داشت. ژنوتیپ‌های V5 و V4 بیشترین تعداد دانه در سنبله (۳۶/۲۲ و ۳۶/۰۲ دانه در سنبله دانه در سنبله به ترتیب) را در مقایسه با سایر ژنوتیپ‌ها دارا بود، در حالی که ژنوتیپ V2 کمترین تعداد دانه در سنبله ۳۰/۶۲ دانه در سنبله را داشت. تنوع ژنتیکی در بین ارقام گندم در شرایط تنش رطوبتی از نظر تعداد دانه در سنبله در تحقیقات دیگری نیز گزارش شده است ( Plaut et al., 2004; Kringwi et al., 2004; Arous et al., 2008; Reynolds and Tuberosa, 2008) که تأییدی بر نتایج حاصل از این بررسی است.

#### وزن دانه در سنبله

نتایج نشان داد وزن دانه در سنبله تحت تأثیر محدودیت رطوبتی قرار گرفت. با اعمال تنش محدودیت رطوبتی از مرحله شیری دانه تا انتهای رشد و نمو گندم (L2) وزن دانه در سنبله به میزان ۲۷ درصد و با اعمال تنش محدودیت رطوبتی از مرحله ظهور بساک تا انتهای رشد و نمو (L3) میزان ۵۲ درصد نسبت به شرایط بهینه رطوبتی (L1) کاهش یافت (جدول ۲). با توجه به اینکه وزن دانه در سنبله در طی مرحله پر شدن دانه (پس از ظهور بساک) تعیین می‌شود (Slafer and Whitechurch, 2001)، بنابراین کاهش وزن دانه در سنبله با تنش محدودیت رطوبتی پس از مرحله ظهور بساک که مصادف با دوره پر شدن دانه است منطقی است. کاهش ۵۲ درصدی وزن دانه در سنبله در تیمار L3 نمی‌تواند فقط به دلیل کاهش تعداد دانه در سنبله نسبت به شرایط بهینه باشد، بلکه ناشی از کاهش واقعی در وزن دانه می‌باشد. پژوهش‌گران کاهش وزن دانه در سنبله را تنش محدودیت رطوبتی پس از مرحله ظهور بساک



که در شرایط معمولی از عملکرد زیادی برخوردارند، شرایط تنش را نیز بهتر تحمل نموده و عملکرد قابل قبولی تولید می‌کنند (Nasseri and Fallahi, 2007; Shahryari et al., 2008)، که با نتایج این تحقیق موافقت دارد.

### نتیجه‌گیری

به‌نژادگران یکی از قدم‌های اولیه اصلاح برای تحمل به خشکی را تعیین محیط یا شرایط تحت کشت یا مقصد عنوان می‌نمایند. در شرایط آب‌وهوایی مشهد (همانند سایر مناطق مدیترانه‌ای) بخش عمده‌ای از نزولات جوی در طی پاییز و زمستان نازل می‌شود و معمولاً در کشت پاییزه گندم بخش عمده‌ای از دوره زندگی گیاه (عمدتاً مرحله پنجه‌زنی) منطبق بر این فصول بوده و گیاه می‌تواند با استفاده از نزولات جوی نیاز آبی خود را رفع نماید. بحرانی بودن مرحله پر شدن دانه‌های گندم، از این نظر اهمیت دارد که معمولاً به دلیل عدم بارندگی مؤثر در این مرحله تأمین آب کافی از طریق آبیاری را ضروری می‌سازد. درحالی‌که آبیاری‌های آخر گندم (مرحله پر شدن دانه‌ها) با کاشت صیفی‌جات تلاقی می‌نماید، لذا گندم در این مرحله با تنش رطوبتی و گرمای انتهای فصل رشد مواجه شده و عملکرد آن شدیداً کاهش می‌یابد.

نتایج این آزمایش نشان داد، حذف آبیاری در مراحل انتهایی رشد و نمو (پس از ظهور بساک) موجب کاهش عملکرد دانه کلیه ارقام مورد بررسی شد و در صورتی‌که کشاورزان با کمبود آب در مراحل انتهایی رشد و نمو (پر شدن دانه‌ها) مواجه نباشند، اعمال آبیاری کامل برای دسترسی به عملکرد مورد انتظار ضروری است. در این زمینه شرایط آب‌وهوایی نیز بسیار مؤثر است و چنانچه بارندگی در طی دوره پر شدن دانه‌ها نازل نشود اثر سوء ناشی از حذف آبیاری در طی این مرحله بر عملکرد بسیار چشمگیر خواهد بود. حذف آبیاری در مراحل شیری و خمیری شدن دانه‌ها اگرچه باعث افزایش کارایی مصرف آب آبیاری ارقام گندم شد اما معادل با افزایش عملکرد دانه ارقام نبود. بر اساس نتایج این بررسی اعمال آبیاری کامل موجب حصول حداکثر عملکرد شده و قابل توصیه می‌باشد و بهترین ارقام در این شرایط به ترتیب V5 (میهن) و V4 (C-84-4) و V10 (C-85-6) می‌باشند، در شرایط تنش محدودیت رطوبتی از مرحله شیری دانه تا انتهای رشد و نمو گندم مشابه شرایط در این بررسی که تقریباً معادل حذف آخرین آبیاری گندم است به ترتیب V5 (میهن) و V4 (C-84-4) و V10

(۳۳/۴۹/۳۷ و ۸۷/۳۷ گرم به ترتیب) را در مقایسه با سایر ژنوتیپ‌ها دارا بود، درحالی‌که ژنوتیپ V2 کمترین تعداد دانه در سنبله (۶۲/۳۰ دانه در سنبله) و کمترین تعداد سنبله بارور در مترمربع را دارا بود بیشترین وزن هزار دانه را به خود اختصاص داد بنابراین این ژنوتیپ کمبود تعداد دانه را با وزن بیشتر دانه جبران کرد. به دلیل اثر رقابتی و جبرانی اجزاء عملکرد افزایش یک جزء کاهش جزء دیگر را به همراه دارد. بنابراین بهترین حالت ترکیب بهینه (نه حداکثر) اجزاء عملکرد است. این ترکیب بهینه اجزای عملکرد در شرایط بهینه رطوبتی (L1) در ژنوتیپ‌های V5 و V4، در شرایط تنش محدودیت رطوبتی از مرحله شیری دانه تا انتهای رشد و نمو گندم (L2) در ژنوتیپ‌های V5، V10، V4، V9 و V7 و در شرایط تنش محدودیت رطوبتی از مرحله ظهور بساک تا انتهای رشد و نمو (L3) و در ژنوتیپ‌های V5، V8 و V9 مشاهده شد و نهایتاً این ترکیب بهینه اجزاء عملکرد موجب حصول عملکرد بالاتر این ژنوتیپ‌ها شد (جدول ۳).

تنوع ژنتیکی در بین ارقام گندم در شرایط تنش رطوبتی از نظر وزن هزار دانه گزارش شده است (Plaut et al., 2004; Reynolds and Tuberosa, 2008; Araus et al., 2004; Kringwi et al., 2008) که تأییدی بر نتایج حاصل از این بررسی است.

در طی دوره رشد و نمو گندم مراحل گل‌دهی و پر شدن دانه جزء حساس‌ترین مراحل رشد و نمو گندم بوده و در صورت وقوع تنش خشکی عملکرد کاهش خواهد یافت؛ بنابراین ارقامی که در صورت مواجهه با شرایط محدودیت رطوبتی انتهای فصل کاهش کمتر عملکرد دانه داشته باشند می‌تواند در جلوگیری از کاهش عملکرد دانه در مناطقی با تنش انتهای فصل که از تنش‌های معمول آب‌وهوایی مدیترانه‌ای می‌باشد نقش مهم ایفا نماید. نتایج این مطالعه نشان داد ژنوتیپ‌های V5، V10، V4، V9 و V7 در صورت مواجهه با شرایط تنش خشکی از مرحله شیری دانه و ژنوتیپ‌های V5، V8 و V9 در شرایط تنش خشکی از مرحله ظهور بساک تا انتهای فصل رشد واکنش مناسبی از نظر عملکرد دانه نشان می‌دهند و بنابراین برای شرایط مشابه قابل توصیه می‌باشند. بلوم (Bloom, 2005) گزارش کرد برای افزایش عملکرد بالقوه، باید میزان ماده خشک تولیدی را افزایش داد. دانشمندان معتقدند از نظر تحمل به خشکی بین ارقام گندم واریانس ژنوتیپی وجود دارد و معمولاً ارقامی

## سپاس‌گزاری

این مقاله مستخرج از طرح تحقیقاتی شماره ۸۷۰۵۶-۸۳۰۲-۰۳-۴۳-۱۴ می‌باشد. بدین‌وسیله از مدیریت محترم مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی خراسان رضوی که زمینه اجرای تحقیق را فراهم نمودند کمال تشکر و سپاس‌گزاری را دارم.

(C-85-6) و (C-D-84-5502) V8 بهترین واکنش را نشان دادند. به‌طورکلی با توجه به برتری ژنوتیپ‌های V5 (میهن) و V4 (C-84-4) در هر دو شرایط بهینه و تنش این ژنوتیپ‌ها را می‌توان برای شرایط مشابه این بررسی توصیه نمود.

## منابع

- Araus, J.L., Slafer, G.A., Royo, C., Serret, M.D., 2008. Breeding for yield potential and stress. *Adaptation in cereals. Critical Reviews in Plant Sciences*. 27, 377–412.
- Blum, A., 2005. Drought resistance, water-use efficiency, and yield potential—are they compatible, dissonant, or mutually exclusive? *Australian Journal of Agricultural Research*. 56, 1159–1168.
- Carmer, S.G., Nyquist, W.E., Walker, W.M., 1989. Least significant differences for combined analysis of experiments with two or three factor treatment design. *Agronomy Journal*, 81, 665–672.
- Kringwi, F.M., Van Ginkel, M., Terthowan, R., Sears, R.G., Rajaram, S., Paulsen, G.M., 2004. Evaluation of selection strategies for wheat adaptation across water regimes. *Euphytica*. 135, 361–371.
- Lopes, M.S., Reynolds, M.P., 2010. Partitioning of assimilates to deeper roots is associated with cooler canopies and increased yield under drought in wheat. *Functional Plant Biology*. 37, 147–156.
- Morran, S., Eini, O., Pyvovarenko, T., Parent, B., Singh, R., Ismagul, A., Eliby, S., Shirley, N., Langridge, P., Lopato, S., 2011. Improvement of stress tolerance of wheat and barley by modulation of expression of DREB/CBF factors. *Plant Biotechnology Journal*. 9, 230–249.
- Nasseri, A., Fallahi, H.A., 2007. Water use efficiency of winter wheat under deficit irrigation. *Journal of Biological Sciences*. 7(1), 19–26.
- Parish, R.W., Phan, H.A., Iacuone, S., Li, S.F., 2012. Tapetal development and abiotic stress: a centre of vulnerability. *Functional Plant Biology*. 39, 553–559.
- Passioura, J.B., 2012. Phenotyping for drought tolerance in grain crops: when is it useful to breeders? *Functional Plant Biology*. 39, 851–859.
- Passioura, J.B., Angus, J.F., 2010. Improving productivity of crops in waterlimited environments. *Advances in Agronomy*. 106, 37–75.
- Plaut, Z., Butow, B.J., Blumenthal, C.S., Wrigley, C.W., 2004. Transport of dry matter into developing wheat kernels and its contribution to grain yield under post-anthesis water deficit and elevated temperature. *Field Crops Research*. 86, 185–198.
- Reynolds, M., Tuberosa, R., 2008. Translational research impacting on crop productivity in drought-prone environments. *Current Opinion in Plant Biology*. 11, 171–179.
- Richards, R.A., Rebetzke, G.J., Watt, M., Condon, A.G., Spielmeier, W., Dolferus, R., 2010. Breeding for improved water productivity in temperate cereals: phenotyping, quantitative trait loci, markers and the selection environment. *Functional Plant Biology*. 37, 85–97.
- Shahryari, R., Gurbanov, E., Gadimov, A., Hassanpanah, D., 2008. Tolerance of 42 bread wheat genotypes to drought stress after anthesis. *Pakistan Journal of Biological Sciences*. 11(10), 1330–1335.
- Sinclair, T.R., 2011. Challenges in breeding for yield increase for drought. *Trends in Plant Science*. 16, 289–293.
- Slafer, G.A., Whitechurch, E.M., 2001. Manipulating wheat development to improve adaptation. In: Reynolds, M.P., Ortiz-Monasterio, J.I., Mc. Nab, A., (Eds.), *Application of Physiology in Wheat Breeding*. Mexico, D.F.: CIMMYT, pp. 160–170.

- Tardieu, F., 2012. Any trait or trait-related allele can confer drought tolerance: just design the right drought scenario. *Journal of Experimental Botany*. 63, 25–31.
- White, J.W., Andrade-Sanchez, P., Gore MA, Bronson KF, Coffelt TA, Conley, M.M., Feldmann, K.A., French, A.N., Heun, J.T., Hunsaker, D.J., Jenks, M.A., Kimball, B.A., Roth, R.L., Strand, R.J., Thorp, K.R., Wall, G.W., Wang, G., 2012. Field-based phenomics for plant genetics research. *Field Crops Research*.133, 101–112.