نشریه تولید گیاهان زراعی
جلد هشتم، شماره اول، بهار ۹٤
۱۷۹-۲۰۳
http://ejcp.gau.ac.ir

بررسی واکنش برخی صفات زراعی تعدادی از ژنوتیپ‌های گندم به قطع آبیاری آخر فصل در شرایط مصرف روی

***داود افیونی[۱]، ایرج الهدادی[۲]، غلامعباس اکبری[۲] و گودرز نجفیان[۳]**

[۱،۲]دانشجوی دکتری زراعت و [۲]دانشیار گروه علوم زراعی و اصلاح نباتات، پردیس ابوریحان، دانشگاه تهران،
[۳]دانشیار مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر، کرج

تاریخ دریافت: ۱۳۹۳/۸/۲۰ ؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۳/۱۱/۲۵

چکیده

در بخش‌هایی از ایران که خصوصیات اقلیم مدیترانه‌ای دارد تنش خشکی عموماً در مراحل پایانی رشد گندم باعث کاهش عملکرد می‌شود. استفاده از ارقام متحمل و برخی عملیات زراعی می‌تواند به کاهش خسارت این تنش کمک می‌نماید. در همین راستا واکنش ۱۱ ژنوتیپ گندم به تنش خشکی آخر فصل در شرایط مصرف و عدم مصرف روی، طی دو سال زراعی ۹۲-۱۳۹۰ در اصفهان بررسی شد. ژنوتیپ‌های WS-82-9، سیروان، WS-86-14، پیشتاز، پارسی، بک کراس روشن، ارگ، روشن، پیشگام، الوند و مهدوی در سه تیمار آبیاری معمول، قطع آب بعد از مرحله سنبله‌دهی بدون محلول‌پاشی روی، و قطع آب بعد از مرحله سنبله‌دهی همراه با دو مرحله محلول‌پاشی روی در دوره رشد رویشی، مطالعه شد. نتایج نشان داد که تنش خشکی باعث کاهش همه صفات جز تعداد سنبله در متر مربع و روز تا گرده‌افشانی گردید و عملکرد دانه ژنوتیپ‌ها را بین ۳٦/۲ تا ۵۹ درصد کاهش داد. از بین اجزای عملکرد، بیشترین اثر تنش بر وزن هزار دانه بود. محلول‌پاشی روی، عملکرد دانه در شرایط تنش را ۷/۳ درصد افزایش داد که واکنش ژنوتیپ‌ها از ۵/۲ درصد تا ۹/۸ درصد متغیر بود. روی موجب افزایش معنی‌دار وزن دانه از طریق بهبود سرعت پر شدن آن شد و میانگین وزن هزار دانه و سرعت پر شدن دانه در شرایط مصرف روی، به‌ترتیب ۲/٤ گرم و ۰/۰۹۱ میلی‌گرم بر دانه در روز بیش از تیمار بدون روی بود. ارقام پیشگام و سیروان برای مناطق مشابه این تحقیق که احتمال وقوع تنش خشکی در مراحل پایانی رشد گندم وجود دارد توصیه می‌شود.

واژه‌های کلیدی: سرعت پر شدن دانه، سولفات روی، عملکرد دانه

*مسول مکاتبه: dafiuni@yahoo.com

مقدمه

خشکی مهم‌ترین تنشی است که تولید محصول را در مناطق خشک و نیمه‌خشک دنیا کاهش می‌دهد. تخمین زده می‌شود در حدود ۳۳ میلیون هکتار از اراضی زیر کشت گندم دنیا، از جمله مناطق مدیترانه‌ای، با تنش خشکی مواجه باشند و خسارت ناشی از آن در سطح جهان قابل توجه است (مجدی و همکاران، ۲۰۱۱). در الگوی فصلی بارندگی مدیترانه‌ای از جمله بخش‌هایی از ایران، قسمت اعظم بارندگی در فصل زمستان اتفاق می‌افتد (جعفرنژاد و همکاران، ۲۰۱۳)، در این مناطق زمانی‌که گندم وارد دوره پر شدن دانه‌ها می‌شود بارندگی کاهش یافته و تبخیر از خاک افزایش می‌یابد. در نتیجه گندم در طول رشد و نمو دانه اغلب با کمبود آب و تنش گرما مواجه می‌گردد (اهدایی و همکاران، ۱۹۸۸ و اهدایی و واینز، ۱۹۸۹). کاهش میزان فتوسنتز به‌علت بسته شدن روزنه‌ها، کاهش رشد گیاه، کمبود مواد فتوسنتزی لازم برای پر کردن دانه و کاهش طول دوره پر شدن دانه‌ها از مهم‌ترین اثرات خشکی بر گیاهان است (ردی و همکاران، ۲۰۰٤). دستیابی و استفاده از ارقام متحمل به خشکی، از جمله راهکارهای مناسب و عملی در کاهش آثار منفی این تنش بر عملکرد دانه گندم است. در این راستا بررسی واکنش ژنوتیپ‌های گندم به تنش خشکی و مطالعه صفات و فرایندهای فیزیولوژیک مرتبط با تحمل به خشکی و تغییرات آن‌ها ضروری است. با چنین بررسی‌هایی می‌توان اصلاح ارقام برای شرایط کم‌آبی را با دید روشن‌تری دنبال کرد (یودین و همکاران، ۱۹۹۲). از آن‌جا که بسیاری مناطق ایران با کمبود بارندگی و یا آب آبیاری در دوره پر شدن دانه‌های گندم روبرو است، طی سال‌های اخیر برنامه‌های به‌نژادی برای دستیابی به ارقام گندم متحمل به خشکی انتهای فصل آغاز شده است (مؤمنی و همکاران، ۲۰۱۰).

تغذیه مناسب گیاهی در بالا بردن سطح تحمل گیاهان در مقابل انواع تنش‌ها نقش به‌سزایی دارد و می‌تواند تا حدی به گیاه در تحمل به تنش‌های مختلف کمک کند (طباطبائیان و همکاران، ۲۰۱۳ و عابدی باباعربی و همکاران، ۲۰۱۱). تاکنون در مورد استفاده از عناصر کم مصرف در گیاهان زراعی و باغی تحقیقات زیادی صورت گرفته، اما در شرایط تنش خشکی به‌خوبی مشخص نیست که استفاده از این عناصر به‌صورت منفرد و ترکیبی، بر کدام ویژگی فیزیولوژیک گیاهان بیشترین تأثیر را داشته و تا چه حدی اثرات خسارت‌زای تنش را کاهش می‌دهند (بابائیان و همکاران، ۲۰۱۰). روی از عناصر کم مصرف است که برای رشد طبیعی و تولیدمثل گیاهان زراعی ضروری است (آلووی، ۲۰۰٤). این عنصر نقش بسیار مهمی در سنتز پروتئین و کربوهیدرات‌ها، اعمال متابولیکی سلول، محافظت غشاء در مقابل

رادیکال‌های آزاد اکسیژن و سایر فرآیندهای مرتبط با سازگاری گیاهان به تنش‌ها دارد (مارشنر، ۱۹۹۵). در برخی مطالعات نشان داده شده است که در گیاهان مواجه با شرایط شوری و خشکی، مصرف مقادیر بالاتر عنصر روی موجب افزایش تحمل گیاه به تنش خشکی و شوری و بهبود عملکرد آن می‌شود (هو و اسپارکز، ۱۹۹۱). گزارش شده است که تنش خشکی و کمبود عنصر روی دو فاکتور اصلی محدود کننده عملکرد و تولید گندم در مناطق نیمه‌خشک بوده است (پلیگ و همکاران، ۲۰۰۸). در گندم، عنصر روی باعث تخصیص بیشتر منابع فتوسنتزی از ساقه به سنبله‌ها می‌شود که افزایش وزن هزار دانه را به‌دنبال دارد (ییلماز و همکاران، ۱۹۹۷).

طبق بررسی‌های انجام شده حدود ٤٠ درصد از مزارع تحت کشت گندم آبی در ایران دچار کمبود شدید روی هستند (خوشگفتارمنش و همکاران، ۲۰۱۱). اکثر خاک‌های ایران دارای pH بالا و مقادیر زیادی آهک هستند، در این خاک‌ها حلالیت عناصر ریز مغذی کم است و همین امر موجب کاهش قابلیت در دسترس بودن این عناصر برای اکثر گیاهان زراعی می‌شود. همچنین در اثر بروز تنش خشکی اثر مذکور تشدید خواهد یافت. تنش خشکی باعث بر هم زدن تعادل تغذیه‌ای در گیاهان می‌شود، ولی با تکمیل عناصر ریزمغذی از طریق خاک یا محلول‌پاشی می‌توان وضعیت رشد را در این شرایط تا حدی بهبود بخشید (ملکوتی و غیبی، ۱۹۹۷). برای جذب عناصر، ریشه‌ها اندام اولیه گیاه هستند که این نقش را به عهده دارند. وجود عاملی که دسترسی عناصر غذایی را در خاک محدود می‌کند، استفاده مورد انتظار از کودها را کاهش می‌دهد. تحت این شرایط، عناصر غذایی برای گیاهان می‌تواند به‌وسیله استعمال برگی فراهم شود (عابدی بابا عربی و همکاران، ۲۰۱۱). در گیاه گلرنگ تنش خشکی باعث کاهش عملکرد دانه شد، اما محلول‌پاشی روی در شرایط تنش خشکی اثرات تنش را کاهش و عملکرد دانه را افزایش داد (عابدی باباعربی و همکاران، ۲۰۱۱). طباطبائیان و همکاران (۲۰۱۳) افزایش عملکرد گندم در اثر محلول‌پاشی روی در شرایط تنش خشکی آخر فصل را گزارش نموده و اعلام کردند که پاسخ عملکرد دانه به تغذیه برگی سولفات روی در بین ارقام مورد مطالعه متفاوت بود. اثر کاربرد ریزمغذی‌ها بر افزایش مقاومت به خشکی، در آفتابگردان نیز گزارش شده است (رحیمی‌زاده و همکاران، ۲۰۱۰).

شاخص‌های مختلفی برای ارزیابی تحمل ژنوتیپ‌های گیاهان به تنش معرفی شده که برای هر یک مزایا و معایبی ذکر شده است (نادری و همکاران، ۲۰۱۳). در پژوهشی در فارس، شاخص‌های MP، GMP و STI بیشترین همبستگی معنی‌دار را با عملکرد دانه در شرایط مطلوب، تنش خشکی

ملایم و شدید داشت و به‌عنوان شاخص‌های مناسب برای انتخاب ژنوتیپ‌های گندم متحمل به خشکی توصیه شد (دستفال و همکاران، ۲۰۱۱). عبدلی و سعیدی (۲۰۱۲) نیز سه شاخص مذکور را شاخص‌هایی دانستند که می‌تواند برای انتخاب ارقامی از گندم که دارای عملکرد بالا در هر دو شرایط تنش خشکی و بدون تنش هستند، استفاده گردد. در تحقیق عبدالشاهی و همکاران (۲۰۱۰)، با ۲۹ رقم گندم، اگر چه همبستگی شاخص‌های تحمل به تنش با عملکرد دانه در هر یک از شرایط نرمال و تنش خشکی تفاوت‌هایی داشت، اما دو شاخص STI و GMP با عملکرد دانه در هر دو شرایط تنش خشکی و بدون تنش، همبستگی مثبت و بالایی نشان داد.

از آن‌جا که زراعت گندم در بسیاری مناطق ایران و از جمله در استان اصفهان با شدت‌های مختلفی از تنش خشکی در دوره پس از گرده‌افشانی مواجه است و با توجه به این‌که برخی عملیات زراعی از جمله توجه به تغذیه گیاه می‌تواند بر تحمل گیاه به تنش خشکی تأثیرگذار باشد، لذا هدف از این تحقیق بررسی واکنش عملکرد دانه و برخی صفات زراعی ۱۱ رقم و لاین گندم به تنش خشکی آخر فصل، در شرایط محلول‌پاشی و عدم محلول‌پاشی روی بود.

مواد و روش‌ها

با هدف بررسی واکنش ۱۱ رقم و لاین گندم به قطع آبیاری در دوره پر شدن دانه در دو شرایط محلول‌پاشی و عدم محلول پاشی روی، این مطالعه طی دو سال زراعی ۹۲-۱۳۹۰ در ایستگاه تحقیقات کشاورزی کبوترآباد اصفهان اجرا شد. ایستگاه مذکور در طول جغرافیایی ۵۲ درجه و ۵۲ دقیقه شرقی، عرض جغرافیایی ۳۲ درجه و ۵۲ دقیقه شمالی و ارتفاع ۱۵۵۰ متر از سطح دریا واقع شده و متوسط بارش دراز مدت آن ۱۱۵ میلی‌متر در سال است. مشخصات خاک محل اجرای آزمایش در جدول ۱ آورده شده است. بر اساس آزمون خاک ۱۰۰ کیلوگرم کود پتاسیم (به‌صورت سولفات پتاسیم) و ۱۰۰ کیلوگرم کود فسفر (به‌صورت سوپر فسفات تریپل) مصرف شد. ۲۸۰ کیلوگرم کود نیتروژن در هکتار (به‌صورت اوره) در سه مرحله قبل از کاشت، ساقه رفتن (کد ۳۰ زادوکس) و قبل از ظهور سنبله‌ها (کد ٤٥ زادوکس) با نسبت تقسیط مساوی استفاده شد. هر کرت شامل شش ردیف کاشت به طول چهار متر و فاصله ردیف ۲۰ سانتی‌متر بود و عملیات کاشت با استفاده از خطی کار مخصوص کاشت پلات‌های آزمایشی غلات از نوع Wintersteiger در سال اول و دوم به‌ترتیب در تاریخ‌های ۲۰ و ۲۲ آبان ماه انجام شد. تراکم کاشت برای همه ژنوتیپ‌ها ٤۰۰ بذر در مترمربع بود.

جدول ۱- برخی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش در عمق ۳۰-۰ سانتی‌متری به تفکیک سال.

سال زراعی	بافت	شن (درصد)	سیلت (درصد)	رس (درصد)	هدایت الکتریکی (دسی‌زیمنس بر متر)	اسیدیته	مواد آلی (درصد)	فسفر (میلی‌گرم بر کیلوگرم)	پتاسیم (میلی‌گرم بر کیلوگرم	نیتروژن (درصد)	روی (میلی‌گرم بر کیلوگرم)	وزن مخصوص ظاهری (گرم بر سانتی‌متر مکعب)
۱۳۹۰-۹۱	لومی-رسی	۱۱	٤٠	٤٨	۲/٤	۷/۸	۰/٦۳	۱۳/۰	۳۲٥	۰/۰٦	۰/۸۸	۱/۷٥
۱۳۹۱-۹۲	لومی-رسی	۱۲	۳۹	٤۷	۲/۹	۷/۷	۰/٥۲	۱٤/٥	۳۰٥	۰/۰٦	۰/۹۳	۱/۸۰

طرح آماری مورد استفاده کرت‌های خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار و کرت‌های اصلی شامل سه تیمار به شرح زیر بود: انجام آبیاری‌ها به‌طور معمول تا پایان فصل رشد بدون تنش آبی، اعمال تنش خشکی انتهای فصل از طریق قطع آب از مرحله سنبله‌دهی به بعد و آبیاری‌ها مشابه تیمار ۲ به‌همراه مصرف عنصر روی به‌صورت محلول‌پاشی طی دو مرحله ساقه‌دهی (کد ۳۱ زادوکس) و غلاف رفتن (کد ٤٥ زادوکس). تمامی کرت‌های آزمایشی تا مرحله سنبله رفتن به‌طور یکسان و هم زمان آبیاری شدند، که این آبیاری‌ها پس از ۵۰ درصد تخلیه رطوبتی صورت می‌گرفت. آبیاری در تیمار بدون تنش، تا انتهای فصل رشد به‌همین صورت ادامه یافت، اما در تیمارهای تنش، پس از وقوع ۵۰ درصد سنبله‌دهی، آبیاری‌ها قطع شد و تا پایان فصل رشد هیچ آبیاری انجام نشد. به‌این ترتیب، در تیمارهای تنش دو نوبت آبیاری آخر حذف گردید. محلول‌پاشی روی در هر مرحله با غلظت پنج در هزار با استفاده از سولفات روی به‌میزان پنج کیلوگرم در هکتار انجام و هم زمان سایر کرت‌ها آب‌پاشی شد. در کرت‌های فرعی، ۱۱ رقم و لاین گندم شامل WS-82-9، سیروان، WS-86-14، پیشتاز، پارسی، بک کراس روشن، ارگ، روشن، پیشگام، الوند و مهدوی قرار گرفت.

صفات مورد مطالعه شامل طول دوره کاشت تا گرده افشانی، طول دوره کاشت تا رسیدگی فیزیولوژیکی، طول دوره پر شدن دانه بر اساس تعداد روز بین گرده‌افشانی و رسیدگی فیزیولوژیکی (مجدی و همکاران، ۲۰۱۱)، تعداد سنبله در مترمربع، تعداد دانه در سنبله، وزن هزار دانه، عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک، شاخص برداشت، وزن دانه در سنبله، طول سنبله، ارتفاع بوته و تعداد دانه در

مترمربع بود. همچنین سرعت پر شدن دانه از خارج قسمت وزن نهایی دانه بر طول دوره پر شدن دانه، محاسبه گردید (مجدی و همکاران، ۲۰۱۱). به‌منظور تعیین تحمل ژنوتیپ‌ها به تنش خشکی آخر فصل دو شاخص میانگین بهره‌وری (MP)، معرفی شده توسط روزیلی و هامبلین (۱۹۸۱) و شاخص تحمل به تنش (STI)، پیشنهادی فرناندز (۱۹۹۲)، بر اساس روابط زیر برای عملکرد دانه محاسبه شد:

$$MP = (Ys + Yp) /2$$ رابطه (۱)

$$STI = (Yp \times Ys) / (\hat{Y}p)^2$$ رابطه (۲)

در روابط فوق $\hat{Y}p$ میانگین کل عملکرد دانه ژنوتیپ‌ها در شرایط مطلوب و Yp و Ys به‌ترتیب عملکرد دانه هر ژنوتیپ در شرایط مطلوب و تنش می‌باشد.

داده‌ها پس از انجام آزمون بارتلت تجزیه واریانس مرکب شد و میانگین‌ها با آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد مقایسه گردید. ضرایب همبستگی نیز دو به دو بین صفات محاسبه شد.

نتایج و بحث

عملکرد دانه: اثر سال، تیمارهای آبیاری، ژنوتیپ و اثرات متقابل سال در آبیاری، سال در ژنوتیپ، آبیاری در ژنوتیپ و سال در آبیاری بر ژنوتیپ بر عملکرد دانه معنی‌دار بود (جدول ۲). میانگین عملکرد دانه در سال دوم بیش از سال اول بود که می‌توان آن را به تفاوت شرایط آب و هوایی دو سال نسبت داد. در اثر تنش خشکی انتهای فصل میانگین کل عملکرد دانه نسبت به شرایط معمول ۵۰/۱ درصد کاهش یافت (جدول ۳)، اما واکنش ژنوتیپ‌ها متفاوت بود (جدول ٤). کمترین و بیشترین درصد این کاهش به‌ترتیب مربوط به لاین WS-82-9 و رقم پارسی به‌میزان ۳٦/۲ و ۵۹ درصد بود (جدول ۳). کاهش کمتر عملکرد را به تنهایی نمی‌توان معیاری برای تحمل یک ژنوتیپ به تنش دانست. به‌عنوان مثال اگرچه لاین WS-82-9 کمترین درصد کاهش عملکرد را در واکنش به تنش نشان داد ولی به‌دلیل پایین بودن پتانسیل عملکرد آن در شرایط مطلوب، عملکرد آن در شرایط تنش نیز زیاد نبود. در تحقیقی گزارش شد که عملکرد دانه ۱۰ ژنوتیپ گندم در شرایط تنش خشکی آخر فصل، ٤۰/۷ درصد نسبت به آبیاری معمول کمتر بود (دستفال و همکاران، ۲۰۱۱). همچنین واکنش متفاوت ارقام گندم به تنش خشکی آخر فصل گزارش شده است. به‌عنوان مثال، تنش خشکی در دوره پرشدن دانه، عملکرد دانه رقم مرودشت و زاگرس را به‌ترتیب ٦۱/۹ و ۳۰/۱ درصد کاهش داد

(سعیدی و همکاران، ۲۰۱۰). محلول‌پاشی روی باعث افزایش عملکرد دانه در شرایط تنش شد و میانگین عملکرد دانه در تیمار محلول‌پاشی روی ۳۱۵ کیلوگرم (حدود ۷/۳ درصد) بیش از تیمار بدون محلول‌پاشی بود. نتایج یک تحقیق نشان داد که در شرایط تنش خشکی عناصر کم مصرف باعث تغییر معنی‌دار عملکرد دانه آفتابگردان شد (بابائیان و همکاران، ۲۰۱۰). روی از عناصر ضروری برای گیاه است که یا به‌عنوان یک جزء فلزی آنزیم‌های مختلف و یا به‌عنوان یک کوفاکتور عاملی، ساختاری و تنظیمی عمل می‌کند و بنابراین با متابولیسم ساکارید، فتوسنتز و سنتز پروتئین رابطه دارد (مارشنر، ۱۹۸٤). با توجه به نقش‌های مختلف روی در فرآیندهای فیزیولوژیکی گیاه، اثر آن بر تحمل گیاه به تنش و افزایش عملکرد دانه قابل توجیه است. واکنش ژنوتیپ‌ها به محلول‌پاشی روی متفاوت بود (جدول ۳). بیشترین درصد افزایش عملکرد در اثر محلول‌پاشی روی به‌میزان ۹/۸ درصد مربوط به رقم بک‌کراس‌روشن بود و رقم پیشتاز با ۹/٤ درصد افزایش در مرتبه بعد قرار داشت. کمترین میزان این افزایش مربوط به رقم پیشگام به‌میزان ۵/۲ درصد بود. طباطبائیان و همکاران (۲۰۱۳) افزایش عملکرد گندم در اثر محلول‌پاشی روی در شرایط تنش خشکی آخر فصل را حدود ۷ درصد و پاسخ عملکرد دانه به تغذیه برگی سولفات روی در رقم پیشتاز را بیش از ارقام شیراز و مهدوی گزارش کردند.

بیشترین میانگین عملکرد دانه مربوط به رقم پیشگام بود که البته رقم سیروان نیز با آن در گروه آماری مشترک قرار گرفت. رقم روشن نیز کمترین میانگین عملکرد دانه را داشت.

عملکرد بیولوژیک: اگرچه میانگین عملکرد بیولوژیک در سال دوم بالاتر از سال اول بود اما این تفاوت معنی‌دار نبود (جدول ۳). بیشترین عملکرد بیولوژیک مربوط به تیمار آبیاری کامل بود که در اثر اعمال تنش خشکی انتهای فصل، میانگین این صفت ۲۵/۹ درصد کاهش یافت. در فارس، کاهش عملکرد بیولوژیک در اثر تنش خشکی انتهای فصل ۳۲/۲ درصد (دستفال و همکاران، ۲۰۱۱) و در پژوهش احمدی لاهیجانی و امام (۲۰۱۳)، ۲۲/۵ درصد گزارش شد. درصد این کاهش در ژنوتیپ‌ها تفاوت داشت (جدول ۵). کمترین کاهش به‌میزان ۱۷/٦ درصد مربوط به رقم روشن بود و این کاهش در ارقام ارگ و سیروان بیش از سایر ژنوتیپ‌ها بود. در شش رقم گندم مورد بررسی در تحقیق میری (۲۰۱۰)، درصد کاهش عملکرد بیولوژیک در اثر قطع آبیاری پس از گلدهی، بین ۳ تا ۳٤ درصد اعلام شد.

جدول ۲- تجزیه واریانس مرکب صفات مورد مطالعه.

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات						
		عملکرد دانه	عملکرد بیولوژیک	شاخص برداشت	تعداد سنبله در مترمربع	تعداد دانه در سنبله	وزن هزار دانه	وزن دانه در سنبله
سال	۱	۲۳۳۱۰۹٦۸/۹۰۹**	٦۳۳۳۷٤۰/۲٤۷^{ns}	۷٦۲/۹۷۷**	۱۰۷٤۲٦/۹۹۰**	۲۲٦/۷۷٦**	۱۲۳۲/۰۰٦**	۳/۵۱۱**
تکرار (سال)	٤	۱۹۳٦۷۳/۸۲۸	۳٤۵۱٤۵٤/٦٤٦	۱۰/٦۳۸	۱۲۲۹/٦۷۲	۲۵۰/۱۹۳	۲/۹۳۹	۰/۲۱۱
آبیاری	۲	۳۹۰۰۵۰۷۵۰/۷۰۲**	۵۷۵٦۹۵۹٤۰/۹۰۹**	۳۸۲٤/۵۹۲**	٤۸۵۳/۱۵۷^{ns}	۱۸۰/۷۰۳**	٦۲٦۳/۲۸۹**	۱۲/۹۲۳**
سال × آبیاری	۲	۱۳۸۳۵۰۵۰/۰۱۵**	۸۹۷۳۰۰۳/۰۵۱*	۳۱۲/۸۷۰**	۱۸۹/٦٤۱^{ns}	۰/۲۲۹^{ns}	۲۲۷/۹۹۱*	۰/۲۷۵*
خطا (۱)	۸	۲۵۱۱٤۷/۸۷٤	۱۲۳۰۸۹۷/٤۸۰	۹/٤۳۹	۷۲۱۲/۸۸٤	۱۲/۱۱٦	٤۱/۵۲٤	۰/۰٦۷
ژنوتیپ	۱۰	٤۱۹٦۱۱۸/۳۱٦**	۱٤۹۱۱۵۰۲/۸۲۲**	۲۱۲/٦٤۸**	۲۲۵۳۹/۳۲۵**	۳۵۵/۱٦۰**	۱۳۲/٤۸۹**	۰/۳۱۳**
سال × ژنوتیپ	۱۰	٤۹۰۰۷/۳۲۰**	۱٤۸٤٦۰/۵۷۰^{ns}	۱٦/۵۰۹*	۲۵۵/۱٦۸^{ns}	۰/۲۰٦^{ns}	۷/۲٤٦^{ns}	۰/۰۲۰^{ns}
آبیاری× ژنوتیپ	۲۰	۱۵۰۱۷۹۵/۳٦۳**	۳۹۷۲۳۲۵/۲۳۱**	۳٤/۲۹۹**	۱۱۸۲/۱۰۱^{ns}	۷/۳۰۳^{ns}	۲۳/۹۷۱**	۰/۰۳۸^{ns}
سال× آبیاری × ژنوتیپ	۲۰	۲۸۵۷۲۷/٦۱۰**	۱٦٦۵۲۱/۱۰٦^{ns}	۸/۲۱۷^{ns}	۹٦/٦۸٦^{ns}	۰/۰۵٤^{ns}	٤/۲۵۸^{ns}	۰/۰۰۷^{ns}
خطا (۲)	۱۲۰	۱۱۳۵۸٦/٤۵۳	۸۲۹۲۵۸/۰۱۹	۷/۲۹٦	۳۱۱٦/٤۰۲	٦/۵۲۱	۱۰/۰۸۹	۰/۰۲٤
ضریب تغییرات (درصد)		٦/۷۲	۵/۲٦	۸/۱۰	۸/۰۷	٦/٤۰	۱۰/۱۹	۱۲/۳۹

^{ns}، * و ** به‌ترتیب غیر معنی‌دار، معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد و ۱ درصد.

در شرایط تنش، محلول‌پاشی روی باعث شد که میانگین عملکرد بیولوژیک ۵۱۰ کیلوگرم در هکتار (۳/۳ درصد) افزایش یابد. گزارش شد که محلول‌پاشی روی اثر مثبتی بر عملکرد و اجزای عملکرد آفتابگردان در شرایط تنش شوری داشت (تالوث و همکاران، ۲۰۰۵). با توجه به نقش بسیار مهم عنصر روی در سنتز پروتئین و کربوهیدرات‌ها، متابولیسم سلول، محافظت غشا از رادیکال‌های آزاد اکسیژن و سایر فرایندهای مرتبط با امر سازگاری گیاهان به تنش‌ها (همانترانجان، ۲۰۰۹)، افزایش عملکرد بیولوژیک در اثر کاربرد روی توجیه‌پذیر است. واکنش ژنوتیپ‌ها به محلول‌پاشی روی از نظر

درصد افزایش عملکرد بیولوژیک، متفاوت بود. این افزایش در ارقام روشن و پارسی بیش از سایر ژنوتیپ‌ها بود و در لاین WS-82-9 واکنش مثبتی به محلول‌پاشی روی مشاهده نشد. به‌طور کلی، بیشترین میانگین عملکرد بیولوژیک مربوط به رقم الوند بود که البته ارقام روشن و پیشگام نیز با آن تفاوت معنی‌دار آماری نداشتند. کمترین میانگین این صفت مربوط به رقم پیشتاز بود و لاین WS-86-14 نیز با آن در یک گروه آماری قرار گرفت (جدول ۳).

ادامه جدول ۲- تجزیه واریانس مرکب صفات مورد مطالعه.

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات						
		تعداد دانه در مترمربع	روز تا گرده‌افشانی	روز تا رسیدگی فیزیولوژیک	دوره پرشدن دانه	سرعت پر شدن دانه	ارتفاع بوته	طول سنبله
سال	۱	۵۹۲۶۷۳۰/۶۶۳^{ns}	۷۶٤/۲٤۷**	۳۳/۹۶۰^{ns}	٤۷۶/۰۰۵**	۰/۳۰۷*	۹/۷۲۹^{ns}	۷۰٤/۵۵۷**
تکرار (سال)	٤	۱۳۲۸۷۲۳۳۹/۹۸۵	٤۳/۵۲۰	۲۷/۲۹۳	۱۱۰/۱۷۷	۰/۰۸۰	۲۹۷/۵٤۰	۱٤۷/۹۰٤
آبیاری	۲	۱۱۶۵۵۱۷۱۸/۱٤٤*	۰/۷٤۷^{ns}	۱۸۹۸/۸۵٤**	۱۹۰۲/۲۸۸**	۱/۲۳۶**	۵۳۰/۷۹۶**	۶۶۹/٤٤۶**
سال×آبیاری	۲	٤۱۹۳۹۹/۰۲٤^{ns}	۰/۰۲۰^{ns}	۶۰/۷۳۲*	۵۸/۵۸۱*	۰/۱۷۹^{ns}	۳/۲۶۱^{ns}	۲۱/۹۸۸^{ns}
خطا (۱)	۸	۱۷۱٤۵۶۰۷/۰۶۰	۰/۷۰۲	۱۰/۰۲۰	۷/۱۳۱	۰/۰٤٤	۲۱/۲۲۹	۶/۶۷۲
ژنوتیپ	۱۰	۱٤۱۹٤۱۲۷۶/۲۲۸**	۷۲/۹۷۹**	٤۷/۹۰۹**	۱۶/٤۳۸**	۰/۱٤۵**	۱۸٤۶/۹٤۵**	۹۳۹/۱۵۱**
سال×ژنوتیپ	۱۰	۲۵۸۶۳۲/۸۵۶^{ns}	۰/۱۸۱^{ns}	۰/۰۲۰^{ns}	۰/۱٤۹^{ns}	۰/۰۱۰^{ns}	۰/۸۸۶^{ns}	۹٤/۹۸۳**
آبیاری× ژنوتیپ	۲۰	٤۹۳۱۲۱٤/۳۰٤^{ns}	۰/۶۲۰^{ns}	۵/٤۲۶**	۵/۶۱۶**	۰/۰۱۳^{ns}	۱۰/۷۶۰^{ns}	۶/۷٤۱^{ns}
سال×آبیاری×ژنوتیپ	۲۰	۱۲۸۲۱۰/۷۵۵^{ns}	۰/۶۷۰^{ns}	۰/۰٤۹^{ns}	۰/۱۰۹^{ns}	۰/۰۰۲^{ns}	۰/۵۷۸^{ns}	۸/۸۱۹^{ns}
خطا (۲)	۱۲۰	۶۷۸۸۹۷۶/٤۸۶	۰/۶۹۱	۱/۱٤٤	۱/۷٤۱	۰/۰۱۰	۸/۱۶۶	۷/۰۵۶
ضریب تغییرات (درصد)		۹/٤۷	۱/٤۷	۱/۵۱	٤/۱۸	۱۰/۳۸	۵/۹۳	۳/۷۳

^{ns}، * و ** به‌ترتیب غیر معنی‌دار، معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد و ۱ درصد.

شاخص برداشت: میانگین شاخص برداشت در سال دوم بیش از سال اول بود. میانگین این صفت در اثر تنش خشکی انتهای فصل ۳۲/۵ درصد کاهش یافت (جدول ۳). با توجه به این‌که در این بررسی تنش خشکی در دوره پرشدن دانه‌ها اعمال شد، باعث گردید که عملکرد دانه با شدت بیشتری نسبت به عملکرد بیولوژیک کاهش یابد و همین امر منجربه کاهش شاخص برداشت شد. در مطالعه‌ای در کرج نیز گزارش گردید که با توجه به این‌که خشکی در اواخر فصل زراعی رخ داد، تأثیر آن بر عملکرد دانه بیشتر از زیست‌توده بود (عبدالشاهی و همکاران، ۲۰۱۰).

شاخص برداشت گندم، در شرایط معمول و تنش خشکی آخر فصل به‌ترتیب ٤٥/۹ و ۳۸/۳ درصد (یزدان‌سپاس و همکاران، ۲۰۰۹) و در پژوهش دیگر به‌ترتیب ٤٥/٥ و ۲۸/٤ درصد بود (احمدی لاهیجانی و امام، ۲۰۱۳). درصد کاهش شاخص برداشت در اثر تنش خشکی در بین ژنوتیپ‌ها تفاوت داشت. درصد این کاهش در دو لاین WS-86-14، WS-82-9 و رقم سیروان کمتر از سایر ژنوتیپ‌ها و در رقم پارسی بیشترین مقدار بود. محلول‌پاشی روی باعث تغییر معنی‌دار شاخص برداشت در شرایط تنش خشکی انتهای فصل نگردید.

واکنش شاخص برداشت ژنوتیپ‌ها به محلول‌پاشی روی متفاوت بود (جدول ٦). در ژنوتیپ‌هایی مانند WS-82-9 و بک کراس روشن که در اثر مصرف روی، عملکرد دانه با شدت بیشتری در مقایسه با عملکرد بیولوژیک افزایش یافت، افزایش قابل توجه شاخص برداشت رخ داد، اما در ژنوتیپ‌هایی مانند روشن، پیشگام و WS-86-14 که عملکرد دانه در اثر مصرف روی تقریبا با شدتی برابر با افزایش عملکرد بیولوژیک افزایش یافت، تغییر محسوس شاخص برداشت ملاحظه نشد (جداول ٤ تا ٦). از نظر میانگین کلی شاخص برداشت، ژنوتیپ‌های پیشتاز، سیروان، پیشگام و WS-86-14 شاخص برداشت بالاتر و رقم روشن کمترین شاخص برداشت را داشت.

تعداد سنبله در مترمربع: میانگین این صفت در سال اول به‌طور معنی‌داری بیش از سال دوم بود (جدول ۳). تعداد سنبله در واحد سطح صفتی است که توسط تعداد پنجه بارور تعیین می‌شود و عوامل مختلفی از جمله دمای هوا در دوره پنجه‌زنی بر آن تأثیر دارد. گزارش شده که کاهش دما در طول پنجه‌زنی در پاییز ممکن است باعث کاهش تعداد پنجه بارور و در نتیجه کاهش تعداد سنبله بارور در واحد سطح شود (مک‌لئود و همکاران، ۱۹۹۲). بنابراین تفاوت بین تعداد سنبله در واحد سطح بین دو سال را می‌توان به تفاوت شرایط آب و هوایی در طی دوره رشد و نمو پنجه‌ها نسبت داد. از نظر این صفت تفاوت معنی‌داری بین تیمارهای تنش و عدم تنش وجود نداشت (جدول ۳). این عدم تفاوت، به زمان اعمال تنش در این آزمایش که در مراحل انتهایی رشد گندم بود نسبت داده می‌شود. به‌نظر می‌رسد چون این جزء از عملکرد در مراحل ابتدایی‌تر رشد گیاه شکل می‌گیرد، تنش اعمال شده در مراحل انتهایی رشد بر آن بی‌تأثیر بوده است. مجیدی‌فخر و همکاران (۲۰۱۱) نیز تفاوت بین تعداد سنبله در واحد سطح گندم را در شرایط مطلوب و تنش خشکی انتهای فصل غیر معنی‌دار گزارش نمودند. با این حال، در تحقیق صورت گرفته در نیشابور، قطع آبیاری از مرحله سنبله‌دهی به بعد باعث کاهش تعداد سنبله در واحد سطح شد (جعفرنژاد و همکاران، ۲۰۱۳). محلول‌پاشی روی اثر معنی‌دار

بر این جزء از عملکرد نداشت. بیشترین میانگین این صفت مربوط به رقم پارسی و کمترین آن مربوط به رقم پیشگام بود (جدول ۳).

جدول ۳- مقایسه میانگین اثر سال، تیمارهای آبیاری و ژنوتیپ بر صفات مورد مطالعه.

تیمار	عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار)	عملکرد بیولوژیک (کیلوگرم در هکتار)	شاخص برداشت (درصد)	تعداد سنبله در مترمربع	تعداد دانه در سنبله	وزن هزار دانه (گرم)	وزن دانه در سنبله (گرم)
سال زراعی							
۹۱-۱۳۹۰	۵۵۵۲/۰۴۰^{b}	۱۷۱۲۱/۹۸۰^{a}	۳۱/۳۸۵^{b}	۷۱۴/۶۴۶^{a}	۳۸/۸۳۲^{b}	۲۸/۶۷۷^{b}	۱/۱۱۹^{b}
۹۲-۱۳۹۱	۶۲۳۸/۲۸۳^{a}	۱۷۴۷۹/۶۸۷^{a}	۳۵/۳۱۲^{a}	۶۶۸/۰۶۱^{b}	۴۰/۹۷۳^{a}	۳۳/۶۶۶^{a}	۱/۳۸۵^{a}
تنش							
بدون تنش	۸۶۹۶/۷۹^{a}	۲۰۶۹۸/۴۰۹^{a}	۴۲/۱۱۶^{a}	۶۹۸/۶۵۲^{a}	۴۱/۶۲۴^{a}	۴۲/۳۳۰^{a}	۱/۷۵۷^{a}
تنش	۴۳۳۷/۲۴۲^{c}	۱۵۳۴۷/۰۴۵^{c}	۲۸/۴۲۳^{b}	۶۹۳/۵۰۰^{a}	۳۸/۳۲۴^{c}	۲۴/۳۶۵^{c}	۰/۹۳۴^{c}
تنش+روی	۴۶۵۱/۸۶۴^{b}	۱۵۸۵۷/۰۴۵^{b}	۲۹/۵۰۶^{b}	۶۸۱/۹۰۹^{a}	۳۹/۷۵۹^{b}	۲۶/۸۱۸^{b}	۱/۰۶۵^{b}
ژنوتیپ							
WS-82-9	۵۷۱۲/۵۵۶^{c}	۱۷۴۸۲/۵۵۶^{bc}	۳۲/۳۵۱^{b}	۶۶۰/۲۲۲^{de}	۳۸/۱۵۶^{de}	۳۲/۲۰۰^{bcd}	۱/۲۴۷^{cd}
سیروان	۶۵۶۰/۲۷۸^{a}	۱۷۱۷۸/۲۷۸^{cd}	۳۷/۳۶۰^{a}	۷۰۲/۵۵۶^{bcd}	۳۶/۷۲۲^{e}	۳۲/۳۱۷^{bc}	۱/۲۰۱^{de}
WS-86-14	۶۰۷۲/۷۷۸^{b}	۱۵۹۷۵/۷۲۲^{e}	۳۷/۳۳۶^{a}	۶۵۹/۰۰۰^{de}	۴۴/۰۲۲^{b}	۳۲/۰۱۱^{bcd}	۱/۴۱۵^{b}
پیشتاز	۶۱۱۱/۰۰۰^{b}	۱۵۹۱۱/۵۵۶^{e}	۳۷/۵۶۶^{a}	۷۳۵/۷۲۲^{ab}	۳۹/۳۹۴^{d}	۳۰/۴۰۶^{cde}	۱/۲۱۷^{de}
پارسی	۵۶۴۲/۰۵۶^{c}	۱۶۶۶۲/۲۲۲^{d}	۳۲/۶۳۱^{b}	۷۴۸/۴۴۴^{a}	۳۶/۴۵۶^{e}	۳۲/۷۹۴^{bc}	۱/۲۱۴^{de}
بک کراس روشن	۵۵۹۲/۱۶۷^{c}	۱۷۶۴۸/۲۲۲^{Bc}	۳۰/۸۸۰^{b}	۷۰۱/۹۴۴^{bcd}	۴۲/۸۵۶^{bc}	۲۵/۳۸۹^{f}	۱/۰۹۴^{e}
ارگ	۵۶۹۰/۲۲۲^{c}	۱۶۷۱۴/۰۰۰^{d}	۳۲/۷۹۷^{b}	۷۰۸/۸۸۹^{bcd}	۳۷/۱۶۷^{e}	۲۹/۷۳۳^{de}	۱/۱۲۶^{de}
روشن	۴۹۸۰/۰۵۶^{d}	۱۸۴۱۵/۹۴۴^{a}	۲۶/۶۳۹^{c}	۶۶۹/۲۷۸^{de}	۳۱/۴۲۸^{f}	۳۵/۹۰۶^{a}	۱/۱۴۹^{de}
پیشگام	۶۶۸۶/۶۱۱^{a}	۱۸۰۰۲/۳۳۳^{ab}	۳۶/۲۲۰^{a}	۶۲۶/۶۶۷^{e}	۴۶/۳۱۷^{a}	۳۳/۰۸۹^{b}	۱/۵۳۹^{a}
الوند	۶۱۳۹/۹۴۴^{b}	۱۸۶۴۳/۰۰۰^{a}	۳۲/۰۴۹^{b}	۶۹۳/۲۲۲^{cd}	۴۴/۶۲۸^{ab}	۲۹/۸۷۸^{de}	۱/۳۳۸^{bc}
مهدوی	۵۶۵۹/۱۱۱^{c}	۱۷۶۷۵/۳۳۳^{bc}	۳۱/۰۰۵^{b}	۶۹۸/۹۴۴^{bcd}	۴۱/۷۸۳^{c}	۲۹/۱۶۱^{e}	۱/۲۲۹^{cd}

بدون تنش: آبیاری تا پایان فصل رشد؛ تنش: قطع آبیاری در مرحله سنبله‌دهی به بعد، تنش+روی: قطع آبیاری از مرحله سنبله‌دهی به بعد همراه با مصرف کود روی در طی مراحل ساقه دهی و غلاف گندم

در هر ستون میانگین‌هایی که دارای حداقل یک حرف مشترک هستند، براساس آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد تفاوت معنی‌دار ندارند.

ادامه جدول ۳- مقایسه میانگین اثر سال، تیمارهای آبیاری و ژنوتیپ بر صفات مورد مطالعه.

تیمار	تعداد دانه در مترمربع	روز تا گرده افشانی	روز تا رسیدگی فیزیولوژیک	طول دوره پر شدن دانه (روز)	سرعت پر شدن دانه (میلی‌گرم بر دانه در روز)	ارتفاع بوته (سانتی‌متر)	طول سنبله (میلی‌متر)
سال زراعی							
۱۳۹۰-۹۱	۲۷٦۷۲/۸٤۸^{a}	۱۷۸/۸۳۸^{a}	۲۰۸/۸٤۸^{a}	۳۰/۰۱۰^{b}	۰/۹۳٥^{b}	۹۷/۱٦٥^{a}	۹٥/٤۹۸^{b}
۱۳۹۱-۹۲	۲۷۳۲٦/۸۲٥^{a}	۱۷٤/۹۰۹^{b}	۲۰۸/۰۲۰^{a}	۳۳/۱۱۱^{a}	۱/۰۱٤^{a}	۹۷/٦۰۸^{a}	۹۹/۲۷۱^{a}
تنش							
بدون تنش	۲۸۹۹۱/٤۰٥^{a}	۱۷٦/۸٦٤^{a}	۲۱٤/٦۲۱^{a}	۳۷/۷٥۸^{a}	۱/۱۲۳^{a}	۱۰۰/٥۸۰^{a}	۱۰۰/٦۷^{a}
تنش	۲٦٤٤۲/۰۳٦^{b}	۱۷٦/۹۸٥^{a}	۲۰٥/٥۹۱^{b}	۲۸/٦۰٦^{b}	۰/۸٥٤^{c}	۹٥/۱٦٤^{b}	۹٤/۱۰٦^{c}
تنش+روی	۲۷۰٦٦/۰۷۰^{b}	۱۷٦/۷۷۳^{a}	۲۰٥/۰۹۱^{b}	۲۸/۳۱۸^{b}	۰/۹٤٥^{b}	۹٦/٤۱٥^{b}	۹۷/٥۸۰^{b}
ژنوتیپ							
WS-82-9	۲٥۱۳٤/٦٥۰^{e}	۱۷۳/۳۳۳^{h}	۲۰٥/۸۳۳^{f}	۳۲/٥۰۰^{ab}	۰/۹۸٤^{bcd}	۱۰۰/۹۰۰^{d}	۹۸/٤۹٤^{d}
سیروان	۲٥۸٦۳/۳۰٦^{de}	۱۷٥/٥٥٦^{f}	۲۰۷/٤٤٤^{e}	۳۱/۸۸۹^{bc}	۱/۰۰٦^{bc}	۸۸/٥٤٤ ^{gh}	۹۳/٤٥٦^{e}
WS-86-14	۲۹۰٦٤/۷۹٤^{abc}	۱۷٤/۹٤٤^{g}	۲۰٥/۳۸۹^{f}	۳۰/٤٤٤^{de}	۱/۰٤۲^{b}	۸۹/٦۲۸^{fg}	۸۹/۷۰٦^{g}
پیشتاز	۲۸۸۷۱/٦٦۱^{bc}	۱۷٦/۸۳۳^{d}	۲۰۸/۸۳۳^{d}	۳۲/۰۰۰^{bc}	۰/۹۳۳^{cde}	۸۷/۲۸۹^{h}	۹۳/۸٤٤^{e}
پارسی	۲۷۲۹۷/۱٥۰^{cd}	۱۷٦/٦٦۷^{d}	۲۰۸/٥۰۰^{d}	۳۱/۸۳۳^{bc}	۱/۰۱۲^{b}	۹۲/۰۰۰^{e}	۹۱/٤٥٦^{fg}
بک‌کراس‌روشن	۲۹۹۹۳/۸٥۰^{ab}	۱۷۹/٥۰۰^{b}	۲۱۰/٦٦۷^{a}	۳۱/۱٦۷^{cd}	۰/۷۹۹^{f}	۱۰٤/٥۷۸^{c}	۱۰٦/۹٦۷^{b}
ارگ	۲٦۳٤۱/۷۰۰^{de}	۱۷٦/۳۳۳^{e}	۲۰۸/۸۳۳^{d}	۳۲/٥۰۰^{ab}	۰/۹۰۳^{e}	۹۰/۸٦۷^{ef}	۹۰/۷٤٤^{fg}
روشن	۲۰۸۹٥/٥۹٤^{f}	۱۷۷/۹٤٤^{c}	۲۰۸/۷۲۲^{d}	۳۰/۷۷۸^{de}	۱/۱٥۲^{a}	۱۱٦/٥۱۱^{a}	۹۹/۳۳۳^{d}
پیشگام	۲۸۹۹۲/۱٥۰^{abc}	۱۷٦/۰۰۰^{ef}	۲۰۸/۹٤٤^{d}	۳۲/۹٤٤^{a}	۰/۹۹۳^{bcd}	۸۷/٦۳٤^{gh}	۹۲/۲۰٦^{ef}
الوند	۳۰۸۸۷/٦۷۸^{a}	۱۸۰/۲۷۸^{a}	۲۱۰/۱۱۱^{ab}	۲۹/۸۳۳^{e}	۰/۹۷۸^{bcde}	۱۰۹/٦۲۲^{b}	۱۱۱/۱۷۲^{a}
مهدوی	۲۹۱٦٥/٦۷۲^{abc}	۱۷۸/۲۲۲^{c}	۲۰۹/٥۰۰^{bc}	۳۱/۲۷۸^{cd}	۰/۹۱٥^{de}	۱۰۳/٦۷۸^{c}	۱۰۳/۸٥۰^{c}

بدون تنش: آبیاری تا پایان فصل رشد؛ تنش: قطع آبیاری در مرحله سنبله‌دهی به بعد، تنش+روی: قطع آبیاری از مرحله سنبله‌دهی به بعد همراه با مصرف کود روی در طی مراحل ساقه دهی و غلاف گندم

در هر ستون میانگین‌هایی که دارای حداقل یک حرف مشترک هستند، براساس آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد تفاوت معنی‌دار ندارند.

تعداد دانه در سنبله: بر خلاف تعداد سنبله در واحد سطح، تعداد دانه در سنبله در سال دوم بیش از سال اول بود (جدول ۳). به‌طور کلی بین اجزای عملکرد گندم سازوکار جبرانی وجود دارد یعنی با کاهش یک جزء عملکرد، افزایش در اجزای دیگر تا حدودی کمبود آن را جبران می‌کند (جعفرنژاد، ۲۰۰۹). وجود روند معکوس بین دو جزء عملکرد مورد اشاره در دو سال آزمایش را می‌توان به همین

حالت جبرانی نسبت داد. تنش خشکی انتهای فصل باعث کاهش معنی‌دار میانگین تعداد دانه در سنبله در مقایسه با شرایط بدون تنش شد. کاهش تعداد دانه در سنبله می‌تواند ناشی از عقیمی گلچه‌ها، مرگ و میر گلچه‌ها و اختلال در گرده‌افشانی و پر شدن دانه‌ها باشد (دستفال و همکاران، ۲۰۰۹). از دیگر دلایلی که برای کاهش تعداد دانه در سنبله در اثر تنش خشکی انتهای فصل ارائه شده این است که ادامه تنش خشکی پس از مرحله گلدهی باعث افت شدید وزن برخی دانه‌ها می‌شود، به‌طوری که نمی‌توان آن‌ها را دانه به حساب آورد، این‌گونه دانه‌ها معمولاً در مراحل خرمنکوبی خرد شده و از بین می‌روند (دستفال و همکاران، ۲۰۱۱). نتایج مشابهی مبنی‌بر کاهش تعداد دانه در سنبله ناشی از تنش خشکی آخر فصل توسط پژوهشگران گزارش شده است (احمدی‌لاهیجانی و امام، ۲۰۱۳). محلول‌پاشی روی باعث گردید که اثرات تنش خشکی بر کاهش تعداد دانه در سنبله کاسته گردد، به‌طوری که تعداد دانه در سنبله در تیمار تنش+روی، به‌طور معنی‌داری بیش از تعداد آن در شرایط بدون مصرف روی بود. گزارش شده که محلول‌پاشی گندم با سولفات روی با غلظت ۲/۵ در هزار، میانگین تعداد دانه در سنبله را نسبت به تیمار عدم مصرف روی افزایش داد (طباطبائیان و همکاران، ۲۰۱۳). بیشترین و کمترین میانگین تعداد دانه در سنبله به‌ترتیب مربوط به ارقام پیشگام و روشن بود.

جدول ٤- اثر متقابل تیمارهای آبیاری در ژنوتیپ بر عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار).

	WS-82-9	سیروان	WS-86-14	پیشتاز	پارسی	بک کراس روشن	ارگ	روشن	پیشگام	الوند	مهدوی
۱- بدون تنش	۷۳۷۱	۹۵۳٤	۸٤٥۷	۸۸۳٤	۹۱۳۸	۸۳۹٤	۸۸٦۸	٦۹۷۰	۱۰۰۰۸	۹۳۸٦	۸۷۰۰
۲-تنش	٤۷۰٥	٤۹۲٥	٤۷٤۱	٤٥۳٥	۳۷٤۷	۳۹۹٥	۳۹٥۹	۳۸۸۳	٤۸۹۸	٤۳۳۰	۳۹۹۲
۳- تنش + روی	٥۰٦۱	٥۲۲۲	٥۰۲۰	٤۹٦٤	٤۰٤۲	٤۳۸۷	٤۲٤٤	٤۰۸۸	٥۱٥٤	٤۷۰٤	٤۲۸٦
درصد کاهش تیمار ۲ نسبت به تیمار ۱	۳٦/۲	٤۸/۳	٤۳/۹	٤۸/۷	٥۹/۰	٥۲/٤	٥٥/٤	٤٤/۳	٥۱/۱	٥۳/۹	٥٤/۱
درصد افزایش تیمار ۳ نسبت به تیمار ۲	۷/٦	٦/۰	٥/۹	۹/٤	۷/۹	۹/۸	۷/۲	٥/۳	٥/۲	۸/٦	۷/٤

بدون تنش: آبیاری تا پایان فصل رشد؛ تنش: قطع آبیاری در مرحله سنبله‌دهی به بعد، تنش+روی: قطع آبیاری از مرحله سنبله‌دهی به بعد همراه با مصرف کود روی در طی مراحل ساقه دهی و غلاف گندم

وزن هزار دانه: میانگین وزن هزار دانه در سال دوم آزمایش به‌طور معنی‌داری بیش از سال اول بود (جدول ۳). به‌طور کلی وزن دانه با سرعت و مدت پرشدن دانه ارتباط دارد (دستفال و همکاران، ۲۰۱۱). توجه به جدول ۳ نشان می‌دهد که هم طول دوره پر شدن دانه و هم سرعت پر شدن دانه در سال دوم بیش از سال اول بوده است، لذا وزن هزار دانه بالاتر در سال دوم را می‌توان به این دو عامل نسبت داد. تنش خشکی آخر فصل باعث کاهش ٤۲/۳ درصدی میانگین وزن دانه‌ها شد. در مطالعات دیگر، میزان کاهش وزن دانه در اثر تنش خشکی بسته به ارقام، شرایط آب و هوایی و شدت تنش متفاوت بود. وزن هزار دانه دو رقم گندم حساس و متحمل، در اثر تنش خشکی در دوره پر شدن دانه به‌ترتیب ٦۱/۹ و ۲۰/۳ درصد کاهش یافت (سعیدی و همکاران، ۲۰۱۰). در تحقیقی دیگر، میانگین کاهش وزن هزار دانه در نه رقم گندم نان در اثر قطع آبیاری از مرحله گرده‌افشانی به بعد ۲٦/٤ درصد گزارش و علت اصلی آن تحت تأثیر قرار گرفتن تأمین مواد پرورده برای پرشدن دانه‌ها ذکر شد (عبدلی و همکاران، ۲۰۱۳). به‌نظر می‌رسد در تحقیق حاضر هم، کاهش فتوسنتز جاری باعث کاهش انتقال مواد فتوسنتزی به دانه شده و کاهش وزن دانه را به‌دنبال داشته است. محلول‌پاشی روی باعث کاهش معنی‌دار اثرات تنش خشکی بر وزن هزار دانه شد و میانگین این صفت در شرایط مصرف روی حدود ۲/٤ گرم بیش از شرایط عدم مصرف روی بود. یلماز و همکاران (۱۹۹۷)، اظهار داشتند عنصر روی باعث تخصیص بیشتر منابع فتوسنتزی از ساقه به سنبله‌ها در گندم شده و این امر افزایش وزن هزار دانه را به‌دنبال خواهد داشت. با توجه به نقش مهم روی در بسیاری از فرایندهای فیزیولوژیکی گیاه (مارشنر، ۱۹۹۵)، اثر آن بر افزایش این جزء عملکرد توجیه می‌گردد. بیشترین میانگین وزن هزار دانه مربوط به رقم روشن و کمترین آن مربوط به رقم مهدوی بود.

وزن دانه در سنبله: وزن دانه در سنبله در سال دوم بیش از سال اول بود (جدول ۳). این صفت از برایند دو جزء عملکرد یعنی تعداد دانه در سنبله و وزن هزار دانه حاصل می‌گردد. با توجه به این‌که هر دو جزء عملکرد مورد اشاره، در سال دوم بیش از سال اول بود لذا باعث شد که برآیند آن‌ها نیز در سال دوم بیش از سال اول باشد. تنش خشکی آخر فصل باعث کاهش معنی‌دار وزن دانه در سنبله شد و میانگین این صفت در مقایسه با شرایط بدون تنش به‌میزان ٤٦/۸ درصد کاهش یافت. در تحقیق دیگر کاهش وزن دانه در سنبله اصلی گندم در اثر تنش خشکی آخر فصل، ٤۳ درصد بود (اهدایی و همکاران، ۲۰۰۸). محلول‌پاشی روی افزایش معنی‌دار این صفت در مقایسه با عدم محلول‌پاشی را به

میزان حدود ١٤ درصد به‌دنبال داشت. بیشترین و کمترین وزن دانه در سنبله را به‌ترتیب ارقام پیشگام و بک کراس روشن دارا بود.

جدول ٥- اثر متقابل تیمارهای آبیاری در ژنوتیپ بر عملکرد بیولوژیک (کیلوگرم در هکتار).

	WS-82-9	سیروان	WS-86-14	پیشتاز	پارسی	بک کراس روشن	ارگ	روشن	پیشگام	الوند	مهدوی
١- بدون تنش	٢٠٠٧٢	٢١٩١١	١٩٤٥٧	١٨٩١١	١٩٤٥٠	٢٠١٨١	٢١٦٦٢	٢٠٤٩١	٢٢٠٨٤	٢٢١٦٥	٢١٢٩٧
٢- تنش	١٦٢٥٨	١٤٥٠٧	١٣٨٧٨	١٤١٤٩	١٤٨٦١	١٦٣١٩	١٤١٣٥	١٦٨٨٨	١٥٥٦٦	١٦٧٧٥	١٥٤٨٣
٣- تنش + روی	١٦١١٨	١٥١١٧	١٤٥٩٢	١٤٦٧٥	١٥٦٧٥	١٦٤٤٥	١٤٣٤٥	١٧٨٦٩	١٦٣٥٧	١٦٩٨٩	١٦٢٤٦
درصد کاهش تیمار ٢ نسبت به تیمار ١	١٩/٠	٣٣/٨	٢٨/٧	٢٥/٢	٢٣/٦	١٩/١	٣٤/٧	١٧/٦	٢٩/٥	٢٤/٣	٢٧/٣
درصد افزایش تیمار ٣ نسبت به تیمار ٢	-٠/٩	٤/٠	٤/٩	٣/٦	٥/٢	٠/٨	١/٥	٥/٥	٤/٨	١/٣	٤/٧

بدون تنش: آبیاری تا پایان فصل رشد؛ تنش: قطع آبیاری در مرحله سنبله‌دهی به بعد، تنش+روی: قطع آبیاری از مرحله سنبله‌دهی به بعد همراه با مصرف کود روی در طی مراحل ساقه دهی و غلاف گندم

تعداد دانه در مترمربع: علی‌رغم وجود تفاوت بین دو سال از نظر این صفت، این تفاوت از نظر آماری معنی‌دار نشد. تنش خشکی آخر فصل میانگین این صفت را نسبت به شرایط آبیاری معمول حدود ٨/٨ درصد کاهش داد (جدول ٣). تعداد دانه در مترمربع از برآیند دو جزء مهم عملکرد یعنی تعداد سنبله در واحد سطح و تعداد دانه در سنبله حاصل می‌گردد. با توجه به این‌که از دو جزء عملکرد مورد اشاره تنها تعداد دانه در سنبله به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر تنش خشکی اعمال شده کاهش یافت، لذا کاهش تعداد دانه در مترمربع را در اثر تنش می‌توان عمدتا به کاهش تعداد دانه در سنبله نسبت داد. فلاحی و همکاران (٢٠١٣)، تعداد دانه در مترمربع را عاملی مهم در تعیین عملکرد دانه در گندم دانسته و عمده اختلافات عملکرد دانه گندم در بسیاری از موارد را ناشی از تغییرات در این صفت می‌دانند.

محلول‌پاشی روی در شرایط تنش، باعث افزایش معنی‌دار این صفت در مقایسه با عدم محلول‌پاشی نشد. بیشترین مقدار این صفت مربوط به رقم الوند و کمترین مقدار مربوط به رقم روشن بود.

روز تا گرده‌افشانی: طول این دوره در سال دوم به‌طور معنی‌دار کوتاه‌تر از سال اول بود (جدول ۳). شرایط آب و هوایی در سال‌های مختلف بر زمان وقوع مراحل فنولوژیکی گیاه مؤثر است، لذا تفاوت بین دو سال از نظر میانگین تعداد روز تا گرده‌افشانی را می‌توان به شرایط آب و هوایی حاکم بر سال‌های آزمایش نسبت داد. تفاوت معنی‌داری بین تیمارهای تنش و عدم تنش از لحاظ این صفت وجود نداشت که با توجه به زمان اعمال تنش، طبیعی است. کوتاه‌ترین طول دوره کاشت تا گرده‌افشانی مربوط به لاین WS-82-9 و طولانی‌ترین مدت این دوره متعلق به رقم الوند بود.

روز تا رسیدگی فیزیولوژیک: تفاوت معنی‌داری بین دو سال از نظر طول دوره کاشت تا رسیدگی فیزیولوژیکی مشاهده نشد. میانگین طول این دوره در شرایط بدون تنش ۲۱٤/٦ روز بود که در اثر تنش خشکی آخر فصل به ۲۰۵/٦ روز کاهش یافت (جدول ۳). گزارش شد که در شرایط گرم و خشک جنوب استان فارس نیز تنش خشکی انتهایی باعث کاهش معنی‌دار تعداد روز تا رسیدگی فیزیولوژیک ارقام گندم گردید (دستفال و همکاران، ۲۰۰۹). محلول‌پاشی روی در مقایسه با عدم محلول‌پاشی، اثر معنی‌داری بر این صفت نداشت. در بین ژنوتیپ‌های مورد بررسی، بیشترین طول دوره کاشت تا رسیدگی فیزیولوژیکی را رقم بک کراس روشن داشت که البته رقم الوند نیز تفاوت معنی‌دار با آن نداشت. کوتاه‌ترین طول این دوره هم متعلق به لاین WS-86-14 بود و لاین WS-82-9 نیز با آن در گروه آماری مشترک قرار گرفت.

طول دوره پر شدن دانه: طول این دوره در سال دوم به‌طور معنی‌داری بیش از سال اول بود (جدول ۳). با توجه به این‌که تعداد روز تا گرده‌افشانی در سال اول بیش از سال دوم بود و از طرف دیگر تفاوت معنی‌دار بین طول دوره کاشت تا رسیدگی فیزیولوژیکی بین دو سال آزمایش وجود نداشت، لذا میانگین طول دوره پر شدن دانه، که فاصله بین این دو مرحله فنولوژیکی است، در سال دوم افزایش یافت. تیمار تنش خشکی آخر فصل باعث گردید که میانگین طول دوره پر شدن دانه حدود نه روز کمتر از شرایط بدون تنش باشد. گزارش گردید که وقوع تنش در مرحله گلدهی و دانه‌بندی، دوره پر شدن دانه را بین ۱۰ تا ۱۱ روز کوتاه‌تر کرد (سیمانه و همکاران، ۱۹۹۳). پاک‌نژاد و همکاران (۲۰۰۷) گزارش کردند که شرایط تنش موجب کاهش طول دوره پر شدن دانه ارقام گندم شد. از

آن‌جایی که سرعت و طول دوره پر شدن به‌عنوان دو صفت فیزیولوژیک مهم، نقش به‌سزایی در تعیین میزان عملکرد دارند (رفیعی و همکاران، ۲۰۱٤)، لذا کاهش طول دوره پر شدن دانه را می‌توان یکی از علل کاهش عملکرد دانه در تیمار تنش خشکی انتهای فصل دانست. محلول‌پاشی روی تأثیر معنی‌داری بر این صفت نداشت. ژنوتیپ‌های مورد مطالعه از نظر این صفت تفاوت داشتند. بیشترین طول دوره پر شدن دانه را رقم پیشگام داشت و رقم ارگ و لاین WS-82-9 نیز با آن در گروه آماری مشترک قرار گرفتند. کوتاه‌ترین طول این دوره مربوط به رقم الوند بود و لاین WS-86-14 و رقم روشن نیز فاقد تفاوت معنی‌دار با آن بودند.

جدول ٦- اثر متقابل تیمارهای آبیاری در ژنوتیپ بر شاخص برداشت (درصد).

	WS-82-9	سیروان	WS-86-14	پیشتاز	پارسی	بک کراس روشن	ارگ	روشن	پیشگام	الوند	مهدوی
۱- بدون تنش	۳٦/۹	٤۳/٦	٤۳/٥	٤٦/۹	٤۷/۰	٤۱/٦	٤۱/۰	۳٤/۱	٤٥/٤	٤۲/٥	٤۰/۹
۲- تنش	۲۸/۹	۳۳/۹	۳٤/۲	۳۲/۱	۲٥/۲	۲٤/٤	۲۸/۰	۲۳/۰	۳۱/٥	۲٥/۸	۲٥/۸
۳- تنش+روی	۳۱/۳	۳٤/٦	۳٤/٤	۳۳/۸	۲٥/۷	۲٦/٦	۲۹/٥	۲۲/۹	۳۱/۷	۲۷/۸	۲٦/۳
درصد کاهش تیمار ۲ نسبت به تیمار ۱	۲۱/۷	۲۲/۲	۲۱/٤	۳۱/٦	٤٦/٥	٤۱/٤	۳۱/۸	۳۲/٦	۳۰/٦	۳۹/۲	۳٦/۹
درصد افزایش تیمار ۳ نسبت به تیمار ۲	۸/۳	۲/۱	۰/٦	٥/۳	۲/۰	۹/۰	٥/٤	-۰/٤	۰/٦	۷/۸	۱/۹

بدون تنش: آبیاری تا پایان فصل رشد؛ تنش: قطع آبیاری در مرحله سنبله‌دهی به بعد، تنش+روی: قطع آبیاری از مرحله سنبله‌دهی به بعد همراه با مصرف کود روی در طی مراحل ساقه‌دهی و غلاف گندم

سرعت پر شدن دانه: سرعت پر شدن دانه در سال دوم بیش از سال اول بود. میانگین این صفت در شرایط بدون تنش ۱/۱۲۳ میلی‌گرم بر دانه در روز بود که در تیمار تنش خشکی انتهای فصل با کاهش حدود ٢٤ درصد به ۰/۸٥٤ میلی‌گرم بر دانه در روز رسید (جدول ۳). احمدی و همکاران (۲۰۰۹) گزارش دادند که در مجموع، سرعت پرشدن دانه تحت تنش خشکی کاهش پیدا کرد به طوری که

میانگین آن در شرایط شاهد و تنش به‌ترتیب ۱/۲۹ و ۰/۹۹ میلی‌گرم بر دانه در روز بود. با این حال برخی گزارشات حاکی از افزایش مقدار آن در شرایط تنش خشکی در مقایسه با آبیاری کامل است (جعفرنژاد و همکاران، ۲۰۱۳). به‌نظر می‌رسد سرعت پر شدن دانه در مقاطع زمانی مختلف در طول دوره پر شدن دانه متفاوت است، به‌طوری که احمدی و همکاران (۲۰۰۹)، گزارش دادند که تنش خشکی در قسمتی از دوره پرشدن دانه سرعت رشد دانه را افزایش داد، اما در کل سرعت پرشدن دانه تحت تنش خشکی کاهش پیدا کرد. در تیمار محلول‌پاشی روی، سرعت پر شدن دانه افزایش معنی‌داری نسبت به تیمار بدون محلول‌پاشی داشت و به‌میزان ۰/۹٤٥ میلی‌گرم بر دانه در روز افزایش یافت. با توجه به این‌که این عنصر با متابولیسم ساکارید، فتوسنتز و سنتز پروتئین رابطه دارد (مارشنر، ۱۹۸٤)، افزایش سرعت پر شدن دانه در اثر محلول‌پاشی روی را می‌توان به افزایش فتوسنتز جاری و یا افزایش ذخایر ساقه که در شرایط تنش خشکی به‌عنوان منبعی برای پر کردن دانه عمل می‌نمایند نسبت داد. بیشترین و کمترین سرعت پر شدن دانه به‌ترتیب مربوط به ارقام روشن و بک‌کراس روشن بود. بلوم و همکاران (۱۹۸۹) گزارش کردند که ارقام بومی گندم که معمولا دارای طول ساقه بیشتری هستند، توانایی بیشتری در استفاده از ذخایر ساقه برای پر کردن دانه دارند. بلوم (۱۹۹۸)، معتقد است این توانایی باعث افزایش سرعت پرشدن دانه می‌شود. با توجه به این‌که رقم روشن رقمی بومی و پا بلند است، ممکن است سرعت بیشتر پر شدن دانه در آن را به توانایی بیشتر آن در استفاده از ذخایر ساقه نسبت داد.

ارتفاع بوته: میانگین ارتفاع بوته تفاوت معنی‌دار بین دو سال نداشت (جدول ۳). تنش خشکی آخر فصل باعث کاهش معنی‌دار ارتفاع بوته شد و میانگین این صفت را نسبت به شرایط بدون تنش ٥/٤ درصد کاهش داد. اگر چه در تیمار محلول‌پاشی روی میانگین ارتفاع بوته ۱/۲ سانتی‌متر افزایش یافت اما این افزایش از نظر آماری معنی‌دار نبود. ارقام روشن و پیشتاز به ترتیب پابلندترین و پاکوتاه‌ترین ارقام آزمایش بود.

طول سنبله: متوسط طول سنبله در سال دوم بیش از سال اول آزمایش بود (جدول ۳). همبستگی مثبت و معنی‌داری بین طول سنبله و تعداد دانه در سنبله در گندم نان گزارش شده است (آرمینیان و همکاران، ۲۰۱۰). لذا تعداد دانه بیشتر در سنبله در سال دوم را می‌توان با طول سنبله بیشتر در آن سال ارتباط داد. تنش خشکی آخر فصل باعث گردید که طول سنبله به‌طور معنی‌داری در مقایسه با شرایط

بدون تنش کاهش یابد. اثر تنش خشکی بر کاهش طول سنبله در پژوهش‌های دیگر هم گزارش شده است (نیک‌سرشت و همکاران، ۲۰۱٤). در شرایط محلول‌پاشی روی میانگین طول سنبله به‌طور معنی‌داری بیش از شرایط بدون محلول‌پاشی بود. بیشترین و کمترین طول سنبله به‌ترتیب مربوط به رقم الوند و لاین WS-86-4 بود.

مطالعه همبستگی بین صفات مورد ارزیابی: در شرایط بدون تنش عملکرد دانه بیشترین همبستگی مثبت را با شاخص برداشت و پس از آن با تعداد دانه در مترمربع داشت (جدول ۷). همچنین همبستگی‌های مثبت و معنی‌داری بین عملکرد دانه با تعداد دانه در سنبله، وزن دانه در سنبله و عملکرد بیولوژیک وجود داشت. همبستگی عملکرد دانه با ارتفاع بوته منفی و معنی‌دار بود. جعفرنژاد و همکاران (۲۰۱۳) گزارش دادند که در شرایط آبیاری کامل صفات شاخص برداشت، تعداد سنبله در واحد سطح، ارتفاع بوته و تعداد دانه در سنبله مهم‌ترین صفات در توجیه عملکرد دانه بودند. بر این اساس بین نتایج این دو تحقیق همخوانی زیادی وجود دارد. در شرایط تنش نیز عملکرد دانه بزرگ‌ترین همبستگی مثبت و معنی‌دار را با شاخص برداشت و پس از آن با وزن دانه در سنبله داشت. همچنین همبستگی عملکرد دانه با طول دوره پر شدن دانه مثبت و معنی‌دار بود. در شرایط تنش، همبستگی عملکرد دانه با صفات تعداد سنبله در مترمربع، روز تا گرده‌افشانی و ارتفاع بوته منفی و معنی‌دار بود (جدول ۷). جعفرنژاد و همکاران (۲۰۱۳) نیز صفات شاخص برداشت، وزن هزاردانه، تعداد سنبله، طول دورهٔ پرشدن دانه و سرعت پرشدن دانه را صفات مهم در توجیه عملکرد دانه گزارش دادند که تا حدی زیادی با نتایج تحقیق حاضر مطابقت دارد. نتایج تحقیق حاضر همچنین تایید کننده نتایج حاصل از تحقیق دستفال و همکاران (۲۰۱۱) می‌باشد که همبستگی عملکرد دانه با شاخص برداشت را در هر دو شرایط تنش و عدم تنش مثبت و معنی‌دار دانستند.

شاخص‌های تحمل به تنش: شاخص‌های میانگین بهره‌وری (MP) و تحمل به تنش (STI) که بر اساس عملکرد دانه در دو شرایط بدون تنش و تنش محاسبه گردید، نشان داد که بر اساس هر دو شاخص، ارقام پیشگام و سیروان با دارا بودن مقادیر بالاتر این شاخص‌ها، نسبت به تنش خشکی آخر فصل متحمل‌تر از سایر ژنوتیپ‌ها بودند (جدول ۸).

جدول ۷- همبستگی صفات مورد مطالعه در شرایط بدون تنش و تنش.

صفت	شرایط	۱- عملکرد دانه	۲- عملکرد بیولوژیک	۳- شاخص برداشت	٤- وزن هزار دانه	٥- تعداد دانه در سنبله	٦- وزن دانه در سنبله	۷- تعداد سنبله در متر مربع	۸- روز تا گرده افشانی	۹- روز تا رسیدگی فیزیولوژیک	۱۰- طول دوره پر شدن دانه	۱۱- سرعت پر شدن دانه	۱۲- طول سنبله	۱۳- ارتفاع بوته	۱٤- تعداد دانه در متر مربع
۲	بدون تنش	۰/٤٦*													
	تنش	-۰/۲٥													
۳	بدون تنش	۰/۸۲**	-۰/۱۳												
	تنش	۰/۸۷**	-۰/۷۰**												
٤	بدون تنش	-۰/۰٦	۰/۰۲	-۰/۰۷											
	تنش	۰/۳۸	-۰/۰۳	۰/۳۱											
٥	بدون تنش	۰/٥۷*	۰/۱۷	۰/٥۲*	-۰/۳۹										
	تنش	۰/٤۳	-۰/۰٥	۰/۳٤	-۰/٤٤										
٦	بدون تنش	۰/٥۳*	۰/۲۰	۰/٤٥*	۰/٤۷*	۰/٦٤**									
	تنش	۰/۷۸**	-۰/۱۷	۰/٦٦**	۰/٤۳	۰/٦۱**									
۷	بدون تنش	۰/۲٥	-۰/۱۲	۰/۳۸	-۰/۰٥	-۰/۳۹	-۰/٤۰								
	تنش	-۰/٥٦*	-۰/۳۰	-۰/۲٦	-۰/٥٥*	-۰/۳۱	-۰/۷۷**								
۸	بدون تنش	۰/۱۷	۰/۲٤	۰/۰٥	۰/۱۹	۰/۱۳	۰/۲٤	۰/۲۰							
	تنش	-۰/٥۰*	۰/٥۰*	-۰/٦۱**	-۰/٦۹**	۰/۲٤	-۰/٤٤	۰/۳٤							
۹	بدون تنش	۰/۲٥	۰/۲۸	۰/۱۲	۰/۲۳	-۰/۰٤	۰/۱۳	۰/۳۱	۰/۸۳**						
	تنش	-۰/۳۲	۰/٥۰*	-۰/٤۹*	-۰/٦۹**	۰/۳۹	-۰/۲۷	۰/۲۱	۰/۹۰**						
۱	بدون تنش	۰/۲۰	۰/۱٥	۰/۱٤	۰/۱۳	-۰/۲۷	-۰/۱۳	۰/۲٥	-۰/۰۱	۰/٥٦*					
۰	تنش	۰/٥٥*	-۰/۲۲	۰/٤۹*	۰/۳۱	۰/۱۸	۰/٥۱*	-۰/۳۹	-۰/٦۲**	-۰/۲۲					
۱	بدون تنش	-۰/۱٤	-۰/۰٤	-۰/۱۳	۰/۹۱**	-۰/۲۷	۰/٥۰*	-۰/۱٤	۰/۱۷	-۰/۰۲	-۰/۲۹				
۱	تنش	۰/۲۲	۰/۰۱	۰/۱۸	۰/۹٦**	-۰/٥۲*	۰/۳۱	-۰/٤٦*	-۰/٥٥*	-۰/٦٦**	-۰/۲٦				
۱	بدون تنش	-۰/۱۸	۰/۲٦	-۰/۳٥	-۰/۱۷	۰/۱۸	-۰/۰۱	-۰/۰٦	۰/٦۸**	۰/٤۷*	-۰/۱۸	-۰/۱۰			
۲	تنش	-۰/۲۸	۰/۷۹**	-۰/٦۱**	-۰/٥۲*	۰/۲۸	-۰/۳۳	۰/۰۷	۰/۷۸**	۰/۷۱**	-۰/٤۸*	-۰/٤۳			
۱	بدون تنش	-۰/٥۸*	۰/۱٤	-۰/۷٤**	۰/۲۳	-۰/۲٤	-۰/۰۸	-۰/۲٤	۰/٥۳*	۰/۲۷	-۰/۳۸	۰/۳۳	۰/۷۸**		
۳	تنش	-۰/٥۱*	۰/۸۹**	-۰/۸۲**	-۰/۰۹	-۰/۲٥	-۰/٤۲	-۰/۰٦	۰/٥۷*	۰/٤٦*	-۰/٤٦*	۰/۰۳	۰/۷۹**		
۱	بدون تنش	۰/۷٥**	۰/۰۸	۰/۷۸**	-۰/٤٥*	۰/۷۸**	۰/۳۸	۰/۲۷	۰/۲۹	۰/۱۷	-۰/۱۳	-۰/۳۸	۰/۱۸	-۰/۳۸	
٤	تنش	۰/۱٦	-۰/۱۸	۰/۲۰	-۰/۷٤**	۰/۸۹**	۰/۲٤	۰/۱٦	۰/٤۳	۰/٥۲*	-۰/۰٤	-۰/۸۷**	۰/۲۹	-۰/۲٦	

* و ** به‌ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ٥ درصد و ۱ درصد.

بدون تنش: آبیاری تا پایان فصل رشد

تنش: قطع آبیاری از مرحله سنبله‌دهی به بعد

جدول ۸- مقادیر شاخص‌های MP و STI برای ژنوتیپ‌ها بر اساس عملکرد دانه.

شاخص	WS-82-9	سیروان	WS-86-14	پیشتاز	پارسی	بک کراس روشن	ارگ	روشن	پیشگام	الوند	مهدوی
MP	٦۰۳۸	۷۲۲۹	٦٥۹۹	٦٦۸٥	٦٤٤۲	٦۱۹٥	٦٤۱۳	٥٤۲٦	۷٤٥۳	٦۸٥۸	٦۳٤٦
STI	۰/٤٥۹	۰/٦۲۱	۰/٥۳۰	۰/٥۳۰	۰/٤٥۳	۰/٤٤۳	۰/٤٦٤	۰/۳٥۸	۰/٦٤۸	۰/٥۳۷	۰/٤٥۹

نتیجه‌گیری کلی

تنش خشکی آخر فصل باعث کاهش معنی‌دار عملکرد دانه شد. این تنش با توجه به زمان اعمال آن، از بین اجزای اصلی عملکرد، عمدتا بر وزن دانه‌ها تأثیر گذاشت و تا حدی نیز باعث کاهش تعداد دانه در سنبله شد. تنش خشکی هم طول دوره و هم سرعت پر شدن دانه را کاهش داد. میزان کاهش عملکرد دانه در اثر تنش، در ژنوتیپ‌های مورد بررسی متفاوت بود. محلول‌پاشی روی تا حدی از اثرات شدت تنش خشکی کاست و به‌عبارتی باعث افزایش تحمل به تنش شد. به‌طوری که در مقایسه با شرایط بدون محلول‌پاشی، میانگین عملکرد دانه ۷/۳ درصد بیشتر بود، اما میزان این افزایش در بین ژنوتیپ‌ها تفاوت داشت. از عمده اثرات محلول‌پاشی روی، افزایش سرعت پرشدن دانه بود که باعث افزایش وزن هزار دانه شد. همبستگی مثبت و معنی‌دار عملکرد دانه با شاخص برداشت و وزن دانه در سنبله در هر دو شرایط تنش و بدون تنش، اهمیت توجه به این صفات را در انتخاب ژنوتیپ‌های متحمل به تنش خشکی نشان می‌دهد. بر اساس دو شاخص MP و STI، ارقام پیشگام و سیروان نسبت به تنش خشکی آخر فصل متحمل‌تر از سایر ژنوتیپ‌ها بود و برای کاشت در مناطق دارای شرایط آب و هوایی مشابه این تحقیق که احتمال وقوع تنش خشکی در مراحل پایانی رشد گندم وجود دارد، توصیه می‌شود.

منابع

1.Abdoli, M., and Saeidi, M. 2012. Using different indices for selection of resistant wheat cultivars to post anthesis water deficit in the west of Iran. Ann. Bio. Res., 3(3): 1322-1333.

2.Abdoli, M., Saeidi, M., Jalali-Honarmand, S., Mansourifar, S., and Ghobadi, M.E. 2013. Evaluation of some physiological and biochemical traits and their relationships with yield and its components in some improved wheat cultivars under post-anthesis water deficit. Environ. Stresses in Crop Sci., 6(1): 47-63.

3.Abdolshahi, R., Omidi, M., Talei, A.R., and Yazdi Samadi, B. 2010. Evaluation of bread wheat genotypes for drought tolerance. EJCP., 3: 159-171.

4.Abedi Baba-Arabi, S., Movahhedi Dehnavi, M., Yadavi, A.R., and Adhami, E. 2011. Effects of Zn and K foliar application on physiological traits and yield of spring safflower under drought stress. EJCP., 4: 75-95.

5.Ahmadi, A., Siosemardeh, A., and Zali, A. 2009. The rate and duration of grain filling and stem reserve remobilization in wheat cultivars as a response to water deficit. Iranian J. of Field Crop Sci., 40: 181- 195.

6.Ahmadi Lahijani, M., and Emam, Y. 2013. Response of wheat genotypes to terminal drought stress using physiological indices. J. Crop Prod. Process., 3: 163-176.

7.Alloway, B.J. 2004. Zinc in soils and crop nutrition. Int. Zinc Assoc. (IZA), Belgium, 128p.
8.Arminian, A., Houshmand, S., and Shiran, B. 2010. Evaluation the relationships between grain yield and some of its related traits in a doubled-haploid bread wheat population. EJCP., 3: 21-38.
9.Babaeian, M., Heidari, M., and Ghanbari, A. 2010. Effect of water stress and foliar micronutrient application on physiological caharctersitics and nutrient uptake in sunflower (*Helianthus annus* L.). Iran. J. Crop Sci., 12: 377-391.
10.Blum, A. 1998. Improving wheat grain filling under stress by stem reserve mobilization. Euphytica, 100: 77-83.
11.Blum, A., Golan, G., Mayer, J., Sinmena, B., and Burra, J. 1989. The drought response of landraces of wheat from the Northern Negev desert in Israel. Euphytica, 43: 87-96.
12.Dastfal, M., Barati, V., Navabi, F., and Haghighatnia, H. 2009. Effect of terminal drought stress on grain yield and its components in bread wheat (*Triticum aestivum* L.) genotypes in dry and warm conditions in south of Fars province. Seed and Plant, 25-2: 331-346.
13.Dastfal, M., Barati, V., Emam, Y., Haghighatnia, H., and Ramazanpour, M. 2011. Evaluation of grain yield and its components in wheat genotypes under terminal drought stress conditions in darab region. Seed and Plant, 27: 195-217.
14.Ehdaie, B., Waines, J.G., and Hall, A.E. 1988. Differential responses of landrace and improved spring bread wheat genotypes to stress environments. Crop Sci., 28: 838 -842.
15.Ehdaie, B., and Waines, J.G. 1989. Adaptation of landrace and improved spring wheat genotypes to stress environments. J. Genet. Breed., 43: 151-156.
16.Ehdaie, B., Alloush, G.A., and Waines, J.G. 2008. Genotypic variation in linear rate of grain growth and contribution of stem reserves to grain yield in wheat. Field Crop Res., 106: 34-43.
17.Fallahi, H.A., Sabouri, H., Mahmadyarov, U., and Esfahani, M. 2013. Comparison of wheat based rotation systems in Gonbad Kavous region. Cereal Res., 3: 107-118.
18.Fernandez, G.C. 1992. Effective selection criteria for assessing plant stress tolerance, Pp: 257-270. In: Proceedings of the International Symposium on Adaptation of Vegetables and other Food Crops in Temperature and Water Stress. Taiwan, 13-16 Aug.
19.Hemantaranjan, A. 2009. Advancements in Micronutrient Research. Scientific publishers (India). 465p.
20.Hu, H., and Sparks, D. 1991. Zinc deficiency inhibits chlorophyll synthesis and gas exchange in 'Stuart' pecan. Hort Sci., 26: 267–268.
21.Jafarnezhad, A. 2009. Determination of optimum sowing date for bread wheat (*Triticum aestivum* L.) cultivars with different flowering habits in Neishabour. Seed Plant Prod. J., 25: 117-135.

22.Jafarnezhad, A., Aghaie, H., and Najafian, G. 2013. Effective traits on grain yield of wheat genotypes under optimal irrigation and drought stress during reproductive phase. J. Applied Crop Breed., 1: 11-22.
23.Khoshgoftarmanesh, A.H., Razizadeh, E.S., Eshghizadeh, H.R., Savaghebi, Gh., Sadrearhami, A., and Afuni, D. 2011. Screening tolerance of different spring wheat genotypes to zinc deficiency with using different stress indices. J. Water and Soil., 25: 287-295.
24.Majdi, M., Jalal Kamali, M.R., Esmaeilzadeh Moghaddam, M., Eradatmand Asli, D., Moradi, F., and Tahmasbi, S. 2011. Variation in some agronomic characteristics and soluble stem carbohydrates content at anthesis in spring wheat genotypes under terminal drought stress conditions. Iran. J. Crop Sci., 13: 299-309.
25.Majidi Fakhr, F., Paknejad, F., Ilkaei, M.N., and Khanpour Kanzagh, M. 2011. Evaluation of tolerance to end season drought stress in fall wheat cultivars using stress tolerance indices in karaj zone. J. Crop Prod. Res., 3: 257-267.
26.Malakouti, M.J., and Gheibi, M.N. 1997. Determination of nutrients critical level for strategic crops and correct fertilizer recommendation in the country. Publication of agricultural education, Soil and Water Research Institute, technical publication No. 11, Karaj, Iran, 56p.
27.Marschner, H. 1984. Function of mineral nutrients: micronutrients. In: Mineral Nutrition of Higher Plants, Acad Press. NewYork, Pp: 269-300.
28.Marschner, H. 1995. Mineral Nutrition of Higher Plants. 2nd Academic Press. Ltd. London.
29.McLeod, J.G., Compbell, G.A., Dyck, F.B., and Vera, C.L. 1992. Optimum seeding date for winter wheat in southwestern Saskatchevan. Agron. J., 84: 86-90.
30.Miri, H.R. 2010. Effect of post-anthesis drought stress on contribution of stem reserves in grain yield of different wheat cultivars. EJCP., 3: 1-19.
31.Momeni, E., Afiuni, D., Safaei, L., Najafian, G., and Zareii, Gh.R. 2010. Studying the stem reserves and dry matter mobilization efficiency of bread wheat lines under drought stress at late growing season. Environ. Stresses in Crop Sci., 3: 151-163.
32.Naderi, A., Dastfall, M., Koohkan, Sh.A., and Farzadi, H. 2013. Effectiveness of stability indices for bread wheat genotypes selection to water deficit tolerant. J. Iran Field Crop Res., 11: 515-523.
33.Nikseresht, R., Mohammadi, A., Majidi Heravan, E., and Mostafavi, K. 2014. Evaluation of some advanced wheat lines (F7) in normal and drought stress conditions. Agroeco., 6: 97-107.
34.Paknejad, F., Majidi, E., Noormohammadi, G., Seadat, A., and Vazan, S. 2007. Evaluation of drought stress on effective traits at accumulative assimilate of grain in different cultivars of wheat. J. Agric. Sci., 13: 137-148.

35.Peleg, Z., Saranga, Y., Yazici, A., Fahima, T., Ozturk, L., and Cakmak, I. 2008. Grain zinc, iron and protein concentrations and zinc-efficiency in wild emmer wheat under contrasting irrigation regimes. Plant Soil. 306: 57–67.
36.Rafiee, K., Siadat, S., Alemi-Saied, K., Ebdali, A., Yousefi, K., and Naghi-Zadeh, M. 2014. Evaluation the grain-filling duration and yield of triticale cultivars on different sowing dates in Ahvaz region. J. Crop Prod. Proc., 4: 161-171.
37.Rahimizadeh, M., Kashani, A., Zare Fizabady, A., Madani, H., and Soltani, E. 2010. Effect of micronutrient fertilizers on sunflower growth and yield in drought stress condition. EJCP., 3: 57-72.
38.Reddy, A.R., Chaitanya, K.V., and Vivekanandan, M. 2004. Drought induced responses of photosynthesis and antioxidant metabolism in higher plants. J. Plant Physiol., 161: 1189-1202.
39.Rossielle, A., and Hamblin, A.J. 1981. Theoretical aspects of selection for stress and non-stress environment. Crop Sci., 21: 1441-1446.
40.Saeidi, M., Moradi, F., Ahmadi, A., Spehri, R., Najafian, G., and Shabani, A. 2010. The effects of terminal water stress on physiological characteristics and sink-source relations in two bread wheat (*Triticum aestivum* L.) cultivars. Iran. J. Crop Sci., 12: 392-408.
41.Simane, B.J., Peacock, M., and Struik, P.C. 1993. Differences in devlopmental plasticity and growth rate among drought resistant and susceptible cultivars of durum wheat. Plant Soil, 157: 155-166.
42.Tabatabaeiyan, J., Bakhshande, A., Gharine, M.A., Alemisaeid, K.H., and Khoshgoftar, A.H. 2013. Interactions between water stress and zinc sulphate foliar application in late stages of growth on the yield and water use efficiency in wheat. Agron. J. Pajouhesh and Sazandegi, 100: 8-18.
43.Thalooth, A.T., Badr, N.M., and Mohamed, M.H. 2005. Effect of foliar spraying with zinc and different levels of phosphatic fertilizer on growth and yield of sunflower plants grown under saline conditions. Egyp. J. Agron., 27: 11-22.
44.Uddin, N., Carver, B.F., and Clutter, A.C. 1992. Genetic analysis and selection for wheat yield in drought stressed and irrigated environments. Euphytica, 62: 89-96.
45.Yazdansepas, A., Keshavarz, S., Kebriaie, A., Rafieipour, SH., Amin Zadeh, Gh., Koocheki, A.R., Chaichi, M., and Najafi Mirak, T. 2009. A study of grain yield and yield components in some promising bread wheat (*Triticum aestivum* L.) genotypes under normal irrigation and terminal drought stress conditions. Iran. J. Field Crop Sci., 40: 109- 119.
46.Yilmaz, A., Ekis, H., and Cakmak, I. 1997. Effect of different zinc application methods on grain yield and zinc concentration in wheat. J. Plant Nut., 20: 461-471.

EJCP., Vol. 8(1): 179-203
http://ejcp.gau.ac.ir

Response of some agronomic traits of some wheat genotypes to cut of terminal irrigation with zinc foliar application

***D. Afiuni[1], I. Allahdadi[2], Gh.A. Akbari[2] and G. Najafian[3]**
[1,2]Ph.D. Student of Agronomy & Associate Prof., Dept. of Agronomy and Crop Breeding, University of Tehran, Aboureihan Campus, Pakdasht, Iran, [3]Associate Prof., Seed and Plant Improvement Institute (SPII), Karadj, Iran
Received: 11/11/2014 ; Accepted: 02/14/2015

Abstract

In regions of Iran with Mediteranean climate, drought stress generally occurs in terminal wheat growth stages. Using tolerant varieties and some agronomic operations may decrease the damage of this stress. In order to study the reaction of 11 wheat genotypes to terminal drought stress under two zinc consumption conditions, the study conducted during 2011-2013 crop season at Isfahan. Genotypes were WS-82-9, Sirvan, WS-86-14, Pishtaz, Parsi, Back-cross-Roshan, Arg, Roshan, Pishgam, Alvand and Mahdavi were evaluated under three treatments, normal irrigation, no irrigation after heading and also no zinc application, and no irrigation after heading and two times foliar application of zinc at vegetative growth stages. Results showed that all studied traits except no. of spikes per m^2 and days to anthesis decreased under terminal drought stress. Drought stress decreased grain yield of genotypes between 36.2-59%. Among the yield components, the most reduction occurred in thousand kernel weight. Grain yield increased by an average of 7.3% under zinc foliar application. But the reaction of genotypes varied between 5.2% to 9.8%. Zinc application caused significant increase in grain weight via improved grain filling rate, so thousand kernel weight and grain filling rate were 2.4 gr and 0.091 mg $grain^{-1}day^{-1}$ greater than no-zinc application. Varieties Pishgam and Sirvan can be recommended for cultivation in areas with probability of terminal drought strees.

Keywords: Grain yield, Zinc sulfate, Grain filling rate

*Corresponding author: dafiuni@yahoo.com