

بررسی برهم کنش تنش آبی و کود بر صفات مرتبط با کیفیت ارقام گندم نان

اسماعیل قلی نژاد^{۱*} و علیرضا عیوضی^۲

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۲/۱۶؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۳/۴)

چکیده

به منظور مطالعه اثر پلیمر سوپرجاذب شیمیایی و کود دامی بر ویژگی‌های نانوایی ارقام گندم در شرایط مختلف کم‌آبی، آزمایشی به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در سال زراعی ۹۷-۱۳۹۶ در مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان آذربایجان غربی (ساعتلو) اجرا شد. فاکتورها شامل آبیاری در دو سطح شرایط مطلوب و تنش آبی، کود در چهار سطح سوپرجاذب شیمیایی ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار، کود گاوی ۴۰ تن در هکتار، مصرف توأم آنها و شاهد (عدم کاربرد سوپرجاذب و کود دامی) و ارقام گندم آبی شامل میهن، حیدری و زرینه بود. صفات عملکرد دانه، رطوبت دانه گندم، وزن هکتولتر، رطوبت آرد، درصد خاکستر، گلوتنین، گلیادین، گلوتن خشک، شاخص گلوتن، درصد پروتئین دانه، عدد زلنی، عدد فالینگ و عملکرد پروتئین دانه بررسی شدند. نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد تأثیر تنش خشکی، سوپرجاذب و رقم بر صفات مورد بررسی معنی‌دار بود. مقادیر عملکرد دانه، عملکرد پروتئین، رطوبت آرد، گلوتن خشک، شاخص گلوتن و عدد زلنی در شرایط تنش خشکی کاهش و عدد فالینگ، محتوای پروتئین دانه و گلیادین افزایش یافت. مصرف سوپرجاذب شیمیایی و کود دامی سبب افزایش عملکرد دانه، عملکرد پروتئین و شاخص گلوتن شد. بیشترین عملکرد دانه (۶۶۳۶/۷ کیلوگرم در هکتار)، عملکرد پروتئین (۱۰۹۳/۷۹ کیلوگرم در هکتار) و کمترین وزن هکتولتر (۷۵/۸۱ کیلوگرم در ۱۰۰ لیتر) از رقم میهن به دست آمد. بیشترین عدد زلنی از رقم زرینه (۲۶/۳۵ درصد) در شرایط کاربرد توأم کود دامی و سوپرجاذب شیمیایی و رقم حیدری (۲۶/۳۲ درصد) در شرایط کاربرد کود دامی حاصل شد. بیشترین عدد فالینگ از رقم حیدری (۴۶۱/۵۰ ثانیه) و کمترین عدد فالینگ نیز از رقم زرینه (۴۴۳/۷۳ ثانیه) حاصل شد. بالاترین میزان همبستگی بین صفات میزان گلوتنین با شاخص گلوتن (**۰/۹۷) مشاهده شد. به منظور تعدیل کاهش عملکرد دانه و پروتئین در تنش خشکی و بهبود ویژگی‌های نانوایی مانند گلوتن خشک، عدد فالینگ، گلوتنین و شاخص گلوتن در ارقام گندم، استفاده از کود دامی و سوپرجاذب مؤثر است.

واژه‌های کلیدی: آبیاری، درصد پروتئین، عدد فالینگ، عدد زلنی، کیفیت آرد، گلوتن خشک

۱. دانشیار، گروه علمی علوم کشاورزی، دانشگاه پیام نور، تهران، ایران

۲. استادیار، بخش تحقیقات نهال و بذر، مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان آذربایجان غربی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، ارومیه، ایران

*: مسئول مکاتبات: پست الکترونیکی: gholinezhad1358@yahoo.com

مقدمه

تنش خشکی بزرگ‌ترین عامل محیطی تعیین کننده رشد و تولیدات گیاهی است که بیشتر تولیدات زراعی جهان را تحت تأثیر قرار می‌دهد (۳).

پلیمرهای سوپرجاذب که در کشاورزی استفاده می‌شوند شبکه پلیمری آب‌دوستی هستند که از طریق افزایش ظرفیت نگهداری آب در خاک، کاهش شستشوی آب و مواد غذایی موجود در خاک، کاهش میزان تبخیر از سطح خاک و افزایش تهویه خاک موجب رشد و نمو بهتر گیاهان و در نتیجه افزایش عملکرد در شرایط مطلوب و تنش خشکی می‌شوند (۱). پژوهشگران اظهار داشتند که تنش خشکی باعث کاهش عملکرد و اجزای عملکرد دانه شد در حالی که کاربرد پلیمرهای سوپرجاذب در شرایط تنش خشکی موجب بهبود عملکرد و اجزای عملکرد دانه در گندم شد (۴۶).

کود دامی از جمله مواد آلی است که به‌علت دارا بودن هوموس فراوان باعث افزایش کربن آلی خاک، بهبود حاصلخیزی و حفظ رطوبت خاک و افزایش رشد گیاه شده و خطر فرسایش و بیابان‌زایی را کاهش می‌دهد (۴۰). اصلاح خاک با استفاده از کود دامی و پلیمر سوپرجاذب راهکار مناسبی برای کاهش مصرف کودهای شیمیایی و بهبود سیستم‌های کشاورزی محسوب می‌شود (۳۳). پژوهشگران بیان داشتند که کاربرد کود دامی به‌طور معنی‌داری باعث افزایش رسوب زلنی شد (۱۰). میزان گلو تن مرطوب در پنج رقم گندم در شرایط مصرف کود دامی بین ۲۴ تا ۳۱ درصد و میزان عدد فالینگ بین ۳۱۷ تا ۳۱۸ ثانیه گزارش شده است (۲۰). درصد خاکستر به عوامل مختلفی مانند رقم، شرایط آب‌وهوایی و خاک بستگی دارد و ممکن است تنش خشکی به‌دلیل کاهش دسترسی به فسفر باعث کاهش درصد خاکستر شود (۱۸).

ارزش نانوائی ارقام مختلف گندم به مقدار پروتئین موجود در دانه آنها و میزان پروتئین دانه به ژنوتیپ و شرایط محیطی وابسته است (۲۶). تنش حرارتی بیش از ۳۵ درجه سانتی‌گراد در مرحله دانه‌بندی گندم موجب افزایش چهار واحدی پروتئین

دانه شد (۴۳). ژنوتیپ‌های متحمل تحت تنش رطوبتی با مصرف کمتر نشاسته دانه، نسبت پروتئین به نشاسته را حفظ می‌کنند (۳۴).

کیفیت گلو تن نشان‌دهنده نسبت گلیادین به گلو تین است. گلیادین باعث چسبندگی خمیر و گلو تین باعث افزایش الاستیسیته خمیر می‌شود، نسبت متعادل این دو جزء برای کیفیت مطلوب خمیر ضروری است (۲۵). یکی از اجزای پروتئین دانه، پروتئین‌های گلو تین است. گلو تین‌ها پروتئین‌های پلی‌مری با باندهای دی‌سولفیدی بین و درون مولکولی هستند و به پلی‌پپتیدهای گلو تین با اوزان ملکولی بالا و پایین طبقه‌بندی می‌شوند (۱۱).

در شرایط تنش، میزان تولید آنزیم آلفا آمیلاز که محرک جوانه‌زنی بذر و یکی از معیارهای سنجش کیفیت است نیز کاهش می‌یابد. این فرایندها باعث حبس گاز کربنیک حاصل از فرایند تخمیر به سبب وجود پروتئین‌های گلو تن در خمیر شده و در نتیجه حجم نان افزایش می‌یابد (۲۵). مقدار بالای عدد فالینگ در دو شرایط بهینه و تنش باعث تسریع فرایند بیاتی نان می‌شود (۴۸). مقادیر پایین عدد فالینگ نشانگر فعالیت بالای آنزیم آلفا آمیلاز است که موجب تغییر رنگ، سختی و ویژگی ارتجاعی ضعیف در بافت نان می‌شود. یکی از اثرات تنش خشکی و شوری افزایش عدد فالینگ و کاهش فعالیت آنزیم آلفا آمیلاز است. افزایش عدد فالینگ در شرایط تنش موجب می‌شود که گاز کربنیک حاصل از فرایند تخمیر به سبب وجود پروتئین‌های گلو تن در خمیر حبس شده و حجم نان افزایش یابد، بنابراین نان حاصل از آرد گندم‌های تحت تنش خشکی و شوری نسبت به آرد گندم‌های شرایط بهینه، سبک‌تر و پوک‌تر خواهند شد (۱۷). عدد فالینگ از یک طرف با گلو تن و از طرف دیگر با حجم نان در ارتباط است. گودپنگ و همکاران (۲۳) در آزمایشی روی ارقام گندم در تنش خشکی مشاهده کردند که عدد فالینگ دانه در ۱۵ تا ۲۸ روز بعد از گرده‌افشانی به بیشترین مقدار می‌رسد.

تنش خشکی باعث کاهش حجم رسوب در ارقام گندم

شدند. رقم میهن دارای ویژگی‌هایی مانند مقاوم به زنگ زرد، نیمه‌مقاوم به زنگ قهوه‌ای، نیمه‌مقاوم تا نیمه‌حساس به زنگ سیاه، مقاوم به خوابیدگی، تیپ رشد زمستانه و منشأ ایرانی بوده و برای اقلیم سرد معرفی شده است. رقم حیدری مقاوم به خوابیدگی، نیمه‌حساس به زنگ سیاه، مقاوم به زنگ زرد، نیمه‌مقاوم تا نیمه‌حساس به زنگ قهوه‌ای بوده و برای مناطق دارای تنش خشکی آخر فصل در اقلیم سرد توصیه شده است. رقم زرینه از تلاقی بین ارقام زرین، شیرودی و امید حاصل شده است، دارای تیپ رشد زمستانه بوده و مقاوم به بیماری زنگ زرد و برای اقلیم سرد کشور توصیه شده است و نیمه‌مقاوم تا نیمه‌حساس است. هر سه رقم با ویژگی‌های نانوائی خوب و میزان پروتئین بین ۱۳/۵ تا ۱۲ درصد بوده است (۵). پس از شخم و آماده‌سازی زمین، کرت‌هایی به طول سه و عرض دو متر ایجاد شد و عملیات تسطیح درون کرت‌ها صورت گرفت. بین کرت‌ها، به فاصله ۰/۵ متر به‌عنوان حاشیه در نظر گرفته شد. بین تیمار آبیاری مطلوب و تنش خشکی نیز فاصله چهار متر منظور شد.

خاک محل آزمایش دارای بافت لومی رسی، pH حدود ۷/۴ و هدایت الکتریکی حدود ۰/۹ دسی‌زیمنس بر متر بود (جدول ۱). ۸۰ کیلوگرم در هکتار کود سوپرفسفات تریپل، ۵۰ کیلوگرم در هکتار کود سولفات منگنز و ۵۰ کیلوگرم در هکتار کود سولفات روی بر اساس آزمون تجزیه خاک به‌طور یکنواخت در سطح مزرعه پخش شد. در تیمار کود دامی بر اساس ۴۰ تن در هکتار، پلیمر سوپرجاذب (جدول ۲) به مقدار ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار و کاربرد توأم کود دامی و سوپرجاذب بر اساس مصرف ۴۰ تن در هکتار و ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار به کرت‌های مورد نظر اضافه شد و در تیمار شاهد به کرت‌ها هیچ کودی اضافه نشد.

عملیات کاشت در نیمه اول آبان‌ماه با تراکم ۴۵۰ بذر در هر مترمربع به‌صورت هیرم‌کاری و به‌صورت دستی صورت گرفت. هفته آخر فروردین‌ماه با علف‌کش توفوردی با علف‌های هرز مبارزه شد. یک‌بار هم وچین‌دستی در تاریخ

نسبت به شرایط بهینه شد، البته میزان این کاهش یکسان نبود و ژنوتیپ‌های متحمل به‌دلیل کاهش میزان پروتئین در شرایط تنش، با کاهش بیشتری در میزان حجم رسوب مواجه شدند. کاهش حجم رسوب بر اثر تنش خشکی توسط پژوهشگران دیگر نیز گزارش شده است (۳۶ و ۳۹). کاهش حجم رسوب در شرایط تنش را می‌توان به‌علت کاهش عمومی ذخیره پروتئین‌های گلوتئین از جمله گلوتئین‌های سنگین در شرایط تنش دانست (۳۲).

وزن هکتولتر بیانگر فشردگی بافت دانه، سنگینی، قدرت رویش بالا و مرغوبیت آن است و هر چه این وزن کمتر باشد نشانه پوکی و آفت‌زدگی و کیفیت پایین دانه خواهد بود (۲۱). پژوهشگران وزن هکتولتر ارقام گندم را بین ۸۰ تا ۸۳ کیلوگرم و میزان پروتئین را بین ۱۵/۸ تا ۱۱/۲ درصد گزارش کردند (۱۴). هدف از این پژوهش بررسی ویژگی‌های مرتبط با کیفیت نان ارقام مختلف گندم اقلیم سرد کشور در تنش رطوبتی و تعدیل آن با کود دامی و شیمیایی بود.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در سال زراعی ۹۷-۱۳۹۶ در مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان آذربایجان غربی (ساعتلو) با طول جغرافیایی ۴۵ درجه و ۲ دقیقه شرقی، عرض جغرافیایی ۳۷ درجه و ۴۴ دقیقه شمالی و ارتفاع ۱۳۵۲ متر از سطح دریا واقع در ۲۵ کیلومتری ارومیه اجرا شد.

آزمایش به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا شد. فاکتورها شامل آبیاری مطلوب (آبیاری بعد از ۷۵ میلی‌متر تبخیر از تشتک کلاس A) و تنش آبی (آبیاری بعد از ۲۲۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک کلاس A)، کود در چهار سطح سوپرجاذب ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار، کود دامی ۴۰ تن در هکتار، مصرف توأم آنها و شاهد (عدم کاربرد سوپرجاذب و کود دامی) و ارقام گندم نان آبی به اسامی میهن، حیدری و زرینه بود. ارقام گندم مورد مطالعه در این پژوهش، ارقام گندم آبی بودند که از مرکز تحقیقات جهاد کشاورزی تهیه

جدول ۱. ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش

پارامترها	واحد	مقدار
عمق خاک	(سانتی‌متر)	۰-۳۰
بافت خاک	-	لومی رسی
هدایت الکتریکی	(دسی‌زیمنس بر متر)	۰/۹
pH	-	۷/۴
رطوبت اشباع	(درصد)	۴۵
آهک	(درصد)	۱۶
رس	(درصد)	۳۳
سیلت	(درصد)	۳۸
شن	(درصد)	۲۹
کربن آلی	(درصد)	۱/۲۲
نیتروژن	(درصد)	۰/۱۴
فسفر	(میلی‌گرم بر کیلوگرم)	۱۳
پتاسیم	(میلی‌گرم بر کیلوگرم)	۳۶۵

جدول ۲. ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی پلیمر سوپر جاذب

ویژگی‌ها	سوپر جاذب	ویژگی‌ها	سوپر جاذب
حالاتیت	نامحلول در آب و محلول‌های آلی، پس از تماس با محلول‌های آبی به ژل متورم تبدیل می‌شود	اکریلیک اسید	<۶۰۰
pH	۷/۴-۸/۵	سمیت و اکولوژی	غیر سمی برای گیاهان، موجودات خاک و آب زیرزمینی بر طبق آزمون OECD
جذب آب	۵۰۰ برابر وزن خود	اندازه ذرات	۰/۲ تا ۰/۸ میلی‌متر
دوام	هفت سال طول می‌کشد تا کامل تجزیه شود، بسته به شرایط آب‌وهوایی و خاک، میزان تجزیه در هر سال ۱۰ تا ۱۵ درصد است.	آب مفید برای گیاه	بیشتر از ۹۵ درصد

زیر محاسبه شد (۴۵):

$$I=W \times D \times f \times 100000$$

(۱)

که در این معادله I مقدار آبی است که باید در هر نوبت آبیاری داده شود (برحسب مترمکعب در هکتار)، W توانایی ذخیره آب هر مترمکعب خاک، D عمق توسعه ریشه یا مقدار عمق مورد نظر برای مرطوب کردن خاک، f ضریب آب سهل‌الوصول که گیاه می‌تواند به راحتی آب را از خاک توسط ریشه جذب کند.

نیمه اول اردیبهشت‌ماه انجام گرفت. کود اوره در سه نوبت در مراحل پیش از کاشت، ساقه‌دهی و سنبله‌دهی به میزان ۵۰ کیلوگرم در هکتار در هر نوبت مصرف شد. تیمارهای آبیاری از اول اردیبهشت‌ماه سال ۱۳۹۷ در مرحله ساقه رفتن اعمال شد. حجم آب آبیاری از طریق کنتور محاسبه شد. روش آبیاری با استفاده از لوله‌های پلی اتیلنی سه اینچی انجام گرفت. مقدار آب آبیاری برای هر کرت از طریق فرمول

فالینگ از روش AACC به شماره ۸۱B-۵۵ و با استفاده از دستگاه عدد فالینگ مدل (FALLING NUMBER ۱۶۰۰) استفاده شد (۴). تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SAS 9.1, MSTATC و مقایسه میانگین‌ها نیز توسط آزمون توکی در سطح احتمال پنج درصد انجام شد.

نتایج و بحث

عملکرد دانه

بر اساس جدول تجزیه واریانس، اثر اصلی آبیاری، کود و رقم بر عملکرد دانه معنی‌دار بود (جدول ۳). بیشترین عملکرد دانه (۶۹۸۰/۲) کیلوگرم بر هکتار از آبیاری مطلوب و کمترین عملکرد دانه (۴۷۹۰/۴) کیلوگرم بر هکتار در شرایط تنش خشکی به‌دست آمد. تنش خشکی در مقایسه با آبیاری مطلوب، عملکرد دانه را به‌میزان ۳۲ درصد کاهش داد. مصرف جداگانه کود دامی، سوپرچاد و مصرف توأم سوپرچاد و کود دامی در مقایسه با شاهد، عملکرد دانه را به‌ترتیب به‌میزان ۲۰، ۲۲ و ۳۳ درصد افزایش داد. کاربرد سوپرچاد به‌میزان ۳۰ کیلوگرم در هکتار در مقایسه با شاهد (عدم کاربرد سوپرچاد) در گندم سبب افزایش عملکرد دانه به‌میزان ۸/۵ درصد شد (۲). بیشتر بودن عملکرد دانه در تیمار کود دامی در این پژوهش می‌تواند به‌دلیل فراهمی بیشتر نیتروژن تا انتهای رشد و رهاسازی تدریجی آن و تطابق آن با نیازهای گیاه باشد (۳۳). در بین ارقام مورد مطالعه، بیشترین عملکرد دانه (۶۶۳۶/۷) کیلوگرم در هکتار از رقم میهن به‌دست آمد (جدول ۴). در هر دو شرایط مختلف رطوبتی، عملکرد دانه با وزن هکتولتر (**۰/۵۶)، درصد گلوتهین (**۰/۷۶)، گلوتهین خشک (**۰/۵۶)، شاخص گلوتهین (**۰/۷۲)، درصد پروتئین (**۰/۶۸)، عدد زلنی (**۰/۸۰) و عملکرد پروتئین (**۰/۶۴) همبستگی مثبت معنی‌داری وجود داشت اما بین عملکرد دانه با درصد گلیادین (**۰/۵۳-) و عدد فالینگ (**۰/۷۹-) همبستگی منفی معنی‌داری مشاهده شد (جدول ۵).

درصد رطوبت دانه و آرد

بر اساس جدول تجزیه واریانس، اثر اصلی آبیاری بر رطوبت دانه

در این آزمایش ۰/۶ در نظر گرفته شد. عدد ۱۰۰۰۰ هم برای تبدیل معادله به مترمکعب در هکتار است (۴۵). تعداد سه نوبت آبیاری برای تیمار آبیاری مطلوب و یک نوبت آبیاری برای تنش خشکی انجام گرفت.

برداشت در نیمه اول تیرماه سال ۱۳۹۷ صورت گرفت. برای این منظور از وسط هر کرت بوته‌های گندم، یک مترمربع برداشت و برای اندازه‌گیری صفات به آزمایشگاه منتقل و برای محاسبه عملکرد دانه، کل کرت برداشت و توزین شد.

برای اندازه‌گیری رطوبت از دستگاه رطوبت‌سنج ساخت کمپانی آمریکایی دیکی جان (mini GAC plus moisture tester) استفاده شد.

نمونه همگن دانه‌های گندم در استوانه مدرج ریخته و با دستگاه هکتولتر مدل ۷۵۰۰ اندازه‌گیری شد (۴، ۲۹ و ۳۷). برای تعیین درصد رطوبت آرد و درصد خاکستر از روش AACC به‌ترتیب به شماره‌های ۴۴-۱۱۵ و ۰۱-۰۸ استفاده شد (۴). برای اندازه‌گیری شاخص گلوتهین از روش AACC به شماره ۲-۹۶۳۹ استفاده شد و پس از پایان کار دستگاه، گلوتهین زیر صافی (گلیادین) و روی صافی (گلوتهین) جداگانه توزین شد. گلوتهین روی صافی و زیر صافی را با هم مخلوط و با هیتر خشک کردند و پس از توزین شاخص گلوتهین از طریق رابطه زیر به‌دست آمد (۴).

(۲)

$$\text{شاخص گلوتهین} = \frac{\text{وزن گلوتهین مرطوب روی صافی}}{\text{وزن گلوتهین مرطوب زیر صافی} + \text{وزن گلوتهین مرطوب روی صافی}} \times 100$$

برای اندازه‌گیری پروتئین از دستگاه اتوآنالایزر آرد مدل Perten GmbH ساخت آلمان) به روش (Near Infrared Reflectance) NIR (مادون قرمز نزدیک) استفاده شد (۴۷). عملکرد پروتئین، با ضرب کردن عملکرد دانه در درصد پروتئین محاسبه شد. مقدار عدد رسوبی یا عدد زلنی با استفاده از روش AACC ۵۶-۶۱ و دستگاه زلنی (ERKAYA ZELENY ۱۲۰) محاسبه شد (۴). برای اندازه‌گیری عدد

جدول ۳. خلاصه نتایج تجزیه واریانس تاثیر تنش خشکی، کود و کود دامی بر صفات ارقام گندم

عملکرد پروتئین	عدد فالینگ	عدد زنی	درصد پروتئین	شاخص گلوتن	درصد خاکستر	رطوبت آرد		گلوتن خشک	گیادین	گلوتن	وزن هکتولتر	رطوبت دانه		عملکرد دانه	درجه آزادی	منابع تغییرات
						رطوبت آرد	خاکستر					گندم	گندم			
۱۰۰۰۱۶/۰۳**	۴۰۶۲/۵۴ ^{ms}	۶/۵۱*	۲/۲۷**	۲۱۹/۸۰**	۰/۰۴۷**	۰/۱۵ ^{ms}	۸/۵۹**	۱۳۶/۲۲**	۸/۴۸ ^{ms}	۰/۶۹ ^{ms}	۰/۰۸۳ ^{ms}	۰/۰۸۳ ^{ms}	۲۱۳۴۵۶۶/۸۹**	۲	بلوک	
۱۲۱۴۵۸۰/۶۱**	۲۲۶۴۶۴/۵۰**	۱۹۱/۴۹**	۷۲/۳۴**	۲۶۸۴/۰۰**	۰/۰۲۵ ^{ms}	۳/۶۵**	۵/۸۸**	۳۰/۱۳۵**	۷/۸۴**	۵۵/۵۱**	۳/۳۱**	۰/۰۲۳**	۸۶۳۱۰۶۳۸/۵۶**	۱	آبیاری	
۵۴۵۷۷۴/۰۱**	۱۰۹۳۵/۴۲*	۲۶/۳۳**	۵/۶۴**	۸۰۷/۸۸**	۰/۰۰۶۴ ^{ms}	۰/۰۴۳ ^{ms}	۷/۵۹**	۶۶/۲۹**	۲۰/۱۳۰**	۵/۳۲**	۰/۲۳**	۰/۰۲۳**	۱۶۱۲۱۱۶۵/۱۶**	۳	کود	
۱۵۴۰۳۷/۳۰**	۲۳۴۱/۸۹*	۵/۶۰*	۱/۰۱*	۵۲/۶۲**	۰/۰۱۹۷ ^{ms}	۰/۰۳۲ ^{ms}	۱۲/۶۷**	۶۹/۹۶**	۱۴/۸۷*	۸/۴۳**	۰/۷۸**	۰/۷۸**	۵۴۳۱۴۶۹/۰۷**	۲	رقم	
۶۲۰۰/۹۶ ^{ms}	۴۶۱۹/۶۴ ^{ms}	۱/۷۹ ^{ms}	۰/۱۷ ^{ms}	۲/۳۸ ^{ms}	۰/۰۰۵۳ ^{ms}	۰/۰۱۳ ^{ms}	۰/۳۴ ^{ms}	۲/۹۴ ^{ms}	۱/۷۴ ^{ms}	۰/۶۱ ^{ms}	۰/۰۲۶ ^{ms}	۰/۰۲۶ ^{ms}	۲۸۹۴۸۴/۶۰ ^{ms}	۳	آبیاری x کود	
۱۴۰۹۱/۸۴ ^{ms}	۲۱۹۲/۷۹ ^{ms}	۰/۲۶ ^{ms}	۳/۷۱**	۳/۲۳ ^{ms}	۰/۰۰۲۳ ^{ms}	۰/۰۱۶ ^{ms}	۱/۳۶ ^{ms}	۰/۸۰ ^{ms}	۶/۸۰ ^{ms}	۰/۳۲ ^{ms}	۰/۰۰۴ ^{ms}	۰/۰۰۴ ^{ms}	۷۶۶۸۸/۶۰ ^{ms}	۲	آبیاری x رقم	
۹۶۹۵/۸۶ ^{ms}	۴۱۵۸/۲۸ ^{ms}	۵/۸۷**	۰/۱۱ ^{ms}	۹/۲۴ ^{ms}	۰/۰۰۲۶*	۰/۰۶۹ ^{ms}	۰/۵۱ ^{ms}	۱/۸۳ ^{ms}	۲/۷۴ ^{ms}	۶/۸۸**	۰/۳۲۸**	۰/۳۲۸**	۲۶۳۱۱۰/۸۸ ^{ms}	۶	کود x رقم	
۳۹۲۳/۵۳ ^{ms}	۳۲۵۱/۴۹ ^{ms}	۱/۲۹ ^{ms}	۰/۱۱ ^{ms}	۹/۹۹ ^{ms}	۰/۰۰۴۸ ^{ms}	۰/۰۱۵ ^{ms}	۰/۳۴ ^{ms}	۴/۱۳ ^{ms}	۱/۱۶ ^{ms}	۰/۳۶ ^{ms}	۰/۰۴۰ ^{ms}	۰/۰۴۰ ^{ms}	۱۲۵۰۶۲/۷۷ ^{ms}	۶	آبیاری x کود x رقم	
۱۰۶۸۵/۵۳	۳۳۸۹/۸۳	۱/۷۸	۰/۲۸	۱۲/۰۳	۰/۰۱۰	۰/۰۶۲	۰/۸۳	۴/۶۳	۳/۶۰	۱/۲۵	۰/۰۶۹	۰/۰۶۹	۲۶۷۰۰۷/۵	۴۶	خطای آزمایشی	
۱۰۳۰	۱۲/۷۹	۵/۴۵	۳/۱۱	۸/۹۲	۵/۹۹	۳/۰۵	۶/۵۳	۸/۴۳	۱۱/۵۹	۱/۴۳	۲/۵۷	۲/۵۷	۸۷۷	-	ضریب تغییرات (%)	

** و * MS به ترتیب اختلاف معنی دار در سطح احتمال یک و پنج درصد و غیر معنی دار

جدول ۴. نتایج مقایسه میانگین اثرات ساده آبیاری، کود و رقم بر صفات مورد مطالعه ارقام گندم

عدد فالینگ	عدد زایی	شاخص گلوتن	گلوتن خشک	گلوتن گلپدین	گلوتن گندم آرد	رطوبت گندم	مخوای پروتئین	وزن هکتولتر		عملکرد		تیمار
								پروتئین	دانه	عملکرد پروتئین	دانه	
(نانه)	(میلی لیتر)					(درصد)	(کیلوگرم در ۱۰۰ لیتر)			(کیلوگرم بر هکتار)		
۳۹۹/۰۵ ^b	۲۶/۱۰ ^a	۴۴/۹۷ ^a	۱۴/۶۶ ^a	۲۳/۴۹ ^b	۱۹/۲۹ ^a	۸/۴۳ ^a	۷/۵۶ ^a	-	۷۸/۷۷ ^a	۱۱۳۳/۱۶ ^a	۶۹۸۰/۲۱	آبیاری مطلوب
۵۱۱/۱۷ ^a	۲۲/۸۴ ^b	۳۲/۸۶ ^b	۱۳/۶۸ ^b	۲۷/۵۸ ^a	۱۳/۴۸ ^b	۷/۹۸ ^b	۷/۱۳ ^b	-	۷۷/۰۱ ^b	۸۳۳/۴۰ ^b	۴۷۹۰/۴۳	تنش خشکی
۴۹۱/۶۹ ^a	-	۳۰/۱۷ ^c	۱۳/۰۵ ^b	۲۷/۳۳ ^a	۱۱/۸۳ ^c	-	۱۷/۱۲ ^b	-	-	۷۹۴/۸۰ ^c	۴۷۰/۱۷ ^c	کود
۴۴۶/۷۸ ^{ab}	-	۳۹/۰۸ ^b	۱۴/۵۵ ^a	۲۶/۵۱ ^{ab}	۱۷/۱۴ ^b	-	۱۷/۷۳ ^a	-	-	۱۰۲۲/۹۷ ^b	۵۸۱۷/۷ ^b	کود دامی ۴۰ تن در هکتار
۴۳۸/۱۷ ^b	-	۳۹/۷۱ ^b	۱۴/۰۳ ^a	۲۵/۳۷ ^b	۱۶/۶۹ ^b	-	۱۶/۴۶ ^c	-	-	۹۷۶/۶۵ ^b	۶۰۱۱/۶ ^b	سوپر جاذب ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار
۴۴۳/۷۳ ^{ab}	-	۴۶/۵۰ ^a	۱۴/۶۶ ^a	۲۲/۹۲ ^a	۱۹/۸۷ ^a	-	۱۷/۵۴ ^{ab}	-	-	۱۲۱۸/۶۹ ^a	۷۰۱۰/۳ ^a	سوپر جاذب ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار و کود دامی ۴۰ تن در هکتار
۴۶۰/۰۴ ^a	-	۳۷/۸۴ ^b	۱۳/۶۳ ^b	۲۵/۳۵ ^b	۱۵/۵۴ ^b	-	-	-	-	۱۰۹۳/۷۹ ^a	۶۶۳۶/۸ ^a	رقم
۴۶۱/۵۰ ^a	-	۴۰/۵۶ ^a	۱۳/۴۸ ^b	۳۳/۹۲ ^b	۱۶/۵۱ ^{ab}	-	-	-	-	۹۷۴/۶۰ ^b	۵۷۹۱/۷ ^b	میهن
۴۴۲/۳۳ ^b	-	۳۸/۴۰ ^{ab}	۱۴/۸۰ ^a	۲۷/۳۳ ^a	۱۷/۱۰ ^a	-	-	-	-	۹۴۱/۴۶ ^b	۵۹۵۷/۳ ^b	حیدری
												زربنه

اعدادی که حروف مشابه دارند از نظر آماری اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد بر اساس آزمون توکی ندارند.

جدول ۵. ضرایب همبستگی صفات مورد مطالعه ارقام گندم در شرایط آبیاری مطلوب و تنش خشکی

	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	۱۰	۱۱
۱- وزن هکتولیترا											
۲- درصد خاکستر	۰/۱۳ ^{NS}										
۳- گلوآنتین	۰/۷۶ ^{**}	۰/۱۰ ^{NS}									
۴- گلیادین	-۰/۵۲ ^{**}	۰/۰۸ ^{NS}	-۰/۰۲ ^{NS}								
۵- گلوآنتین خشک	۰/۵۶ ^{**}	۰/۲۴ ^{NS}	۰/۶۸ ^{**}	-۰/۰۲ ^{NS}	۱						
۶- شاخص گلوآنتین	۰/۷۲ ^{**}	۰/۰۳ ^{NS}	۰/۹۷ ^{**}	-۰/۸۷ ^{**}	۰/۴۹ ^{**}	۱					
۷- درصد پروتئین	۰/۶۸ ^{**}	۰/۴۰ [*]	۰/۶۰ ^{**}	-۰/۵۵ ^{**}	۰/۳۰ ^{NS}	۰/۶۱ ^{**}	۱				
۸- عدد زلنی	۰/۸۰ ^{**}	۰/۳۳ ^{NS}	۰/۸۷ [*]	-۰/۶۱ ^{**}	۰/۶۴ ^{**}	۰/۸۴ ^{**}	۰/۷۲ ^{**}	۱			
۹- عدد فالینگ	-۰/۷۹ ^{**}	-۰/۲۷ ^{NS}	-۰/۷۷ ^{**}	۰/۶۱ ^{**}	-۰/۴۹ ^{**}	-۰/۷۷ ^{**}	-۰/۸۳ ^{**}	-۰/۸۷ ^{**}	۱		
۱۰- عملکرد پروتئین	۰/۶۴ ^{**}	۰/۲۱ ^{NS}	۰/۸۵ ^{**}	-۰/۸۳ ^{**}	۰/۳۶ ^{NS}	۰/۸۹ ^{**}	۰/۷۹ ^{**}	۰/۸۱ ^{**}	-۰/۸۳ ^{**}	۱	
۱۱- عملکرد دانه	۰/۵۶ ^{**}	۰/۱۲ ^{NS}	۰/۸۶ ^{**}	-۰/۸۴ ^{**}	۰/۳۶ ^{NS}	۰/۹۱ ^{**}	۰/۶۴ ^{**}	۰/۷۶ ^{**}	-۰/۷۵ ^{**}	۰/۹۷ ^{**}	۱

**، * و NS به ترتیب اختلاف معنی دار در سطح احتمال یک و پنج درصد و غیر معنی دار

وزن هکتولیترا را به ترتیب به میزان دو درصد کاهش داد. بررسی اثرات برهم کنش دوگانه کود و رقم نشان داد بیشترین وزن هکتولیترا (۷۹/۵۳ کیلوگرم در ۱۰۰ لیتر) در شرایط مصرف جداگانه کود دامی و رقم حیدری حاصل شد که با تیمار مصرف توأم کود دامی و سوپر جاذب در رقم زرینه (۷۹/۱۲ کیلوگرم در ۱۰۰ لیتر) تفاوت معنی داری نداشت (جدول ۶). سایر پژوهشگران نیز گزارش کردند مصرف کودهای آلی و معدنی باعث افزایش وزن هکتولیترا در گندم شد (۱۰). برعکس یافته‌های ما در این پژوهش، بعضی از پژوهشگران گزارش کردند که کاربرد کودهای آلی و معدنی هیچ تأثیری بر وزن هکتولیترا نداشت (۳۰).

گلوآنتین

بر اساس جدول تجزیه واریانس، اثر اصلی آبیاری، کود و رقم بر درصد گلوآنتین معنی دار شد (جدول ۳). تنش خشکی در مقایسه با آبیاری مطلوب، درصد گلوآنتین را ۳۰ درصد کاهش داد (جدول ۴). مصرف جداگانه کود دامی، سوپر جاذب و مصرف توأم سوپر جاذب و کود دامی در مقایسه با شاهد، درصد

گندم و رطوبت آرد معنی دار بود. اثر اصلی کود و رقم و اثرات برهم کنش دوگانه کود و رقم نیز بر رطوبت دانه گندم معنی دار شد (جدول ۳). بیشترین و کمترین مقدار رطوبت دانه گندم و آرد به ترتیب در شرایط آبیاری مطلوب و تنش خشکی به دست آمد (جدول ۴). تنش خشکی در مقایسه با آبیاری مطلوب، مقدار رطوبت دانه گندم و آرد را به ترتیب ۶ و ۵ درصد کاهش داد. اثرات برهم کنش سوپر جاذب و رقم نیز نشان داد بیشترین درصد رطوبت دانه گندم از ارقام حیدری (۷/۵۸ درصد) و زرینه (۷/۷۶ درصد) در شرایط مصرف توأم کود سوپر جاذب و شیمیایی به دست آمد (جدول ۶). شهبازی و همکاران (۴۲) اظهار داشتند تنش خشکی باعث کاهش ۷/۶۴ درصدی رطوبت دانه گندم شد. سایر پژوهشگران نیز نشان دادند هرچه تنش خشکی و گرما شدیدتر شود، محتوای رطوبت دانه گندم کاهش می‌یابد (۶).

وزن هکتولیترا

بر اساس جدول تجزیه واریانس، اثر اصلی آبیاری، کود، رقم و اثرات برهم کنش دوگانه کود و رقم بر وزن هکتولیترا معنی دار بود (جدول ۳). تنش خشکی در مقایسه با شرایط آبیاری مطلوب،

جدول ۶. نتایج مقایسه میانگین برهم‌کنش کود و رقم بر صفات مورد مطالعه ارقام گندم

تیمار	رقم	کود	رطوبت گندم	وزن هکتولیتزر	خاکستر	عدد زلنی
			(درصد)	(کیلوگرم در ۱۰۰ لیتر)	(درصد)	(میلی‌لیتر)
میهن	۱	×	۷/۰۰ ^b	۷۵/۸۱ ^c	۱/۷۷۴۷ ^a	۲۲/۵۱ ^{cd}
			۷/۳۶ ^{ab}	۷۷/۴۳ ^{abc}	۱/۶۷۸۶ ^a	۲۲/۰۱ ^d
			۷/۳۳ ^{ab}	۷۸/۱۸ ^{ab}	۱/۷۹۱۹ ^a	۲۳/۵۸ ^{bcd}
میهن	۲	×	۷/۲۵ ^{ab}	۷۷/۴۴ ^{abc}	۱/۶۸۷۷ ^a	۲۳/۹۰ ^{a-d}
			۷/۵۶ ^a	۷۹/۵۳ ^a	۱/۷۸۲۸ ^a	۲۶/۳۲ ^a
			۷/۰۱ ^b	۷۷/۴۵ ^{abc}	۱/۷۴۸۷ ^a	۲۵/۶۸ ^{ab}
میهن	۳	×	۷/۴۱ ^{ab}	۷۸/۰۸ ^{ab}	۱/۷۹۷۰ ^a	۲۵/۵۶ ^{ab}
			۷/۵۶ ^a	۷۶/۶۱ ^{bc}	۱/۷۰۹۵ ^a	۲۴/۰۹ ^{a-d}
			۷/۳۹ ^{ab}	۷۸/۹۸ ^a	۱/۶۷۱۸ ^a	۲۴/۴۴ ^{a-d}
میهن	۴	×	۶/۹۸ ^b	۷۷/۶۱ ^{abc}	۱/۷۳۰۲ ^a	۲۴/۳۳ ^{a-d}
			۷/۵۸ ^a	۷۸/۴۸ ^{ab}	۱/۶۱۵۹ ^a	۲۴/۹۰ ^{abc}
			۷/۷۶ ^a	۷۹/۱۲ ^a	۱/۷۶۸۴ ^a	۲۶/۳۵ ^a

۱: عدم مصرف کود، ۲: کود دامی ۴۰ تن در هکتار، ۳: سوپرچاذب ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار، ۴: سوپرچاذب ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار و کود دامی ۴۰ تن در هکتار. در هر ستون تفاوت بین دو میانگین که یک حرف مشترک دارند بر اساس آزمون توکی از لحاظ آماری در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار نیست.

گلیادین

نتایج جدول تجزیه واریانس نشان داد اثر اصلی آبیاری، کود و رقم بر درصد گلیادین معنی‌دار شد (جدول ۳). تنش خشکی در مقایسه با آبیاری مطلوب، درصد گلیادین را ۱۵ درصد افزایش داد (جدول ۴). مصرف جداگانه کود دامی، سوپرچاذب و مصرف توأم سوپرچاذب و کود دامی در مقایسه با شاهد، درصد گلیادین را به ترتیب به میزان ۳، ۷ و ۱۶ درصد کاهش داد. در بین ارقام مورد مطالعه، بیشترین درصد گلیادین از رقم زرینه (۲۷/۳۲ درصد) حاصل شد (جدول ۴). افزایش انباشت پروتئین‌های گلیادین که به پروتئین‌های شبه شوک حرارتی معروفند تحمل گیاه را در تنش‌های غیر زنده بالا می‌برند. گلیادین‌ها قابلیت کشسانی خمیر را افزایش داده و از قدرت خمیر می‌کاهند. کاهش قدرت خمیر با خاصیت آب‌دوستی اجزای گلیادین در ارتباط است (۱۲).

گلوتهین را به ترتیب به میزان ۲۹، ۳۰ و ۴۰ درصد افزایش داد. پژوهش‌ها نشان داده است مصرف کودهای نیتروژن مقدار پروتئین‌های آرد (گلوتهین و گلیادین) را افزایش می‌دهد (۱۶). سایر پژوهشگران نیز نشان دادند کاربرد کودهای آلی مانند کود دامی، پروتئین خام آرد را افزایش داد (۲۶). بیشترین درصد گلوتهین از رقم زرینه (۱۷/۱ درصد) حاصل شد که با رقم حیدری (۱۶/۵۱ درصد) تفاوت معنی‌داری نداشت (جدول ۴). در شرایط تنش شوری (۱۰ دسی‌زیمنس بر متر) و خشکی (آبیاری بعد از ۱۵۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک) ذخیره گلوتهین دانه گندم به‌طور متوسط ۲۰ درصد کاهش و ذخیره گلیادین ۲۰۰ درصد افزایش یافت (۱۷) کاهش در نسبت گلوتهین موجب ضعیف شدن خمیر (۲۲) و افت کیفیت نان می‌شود. بنابراین ارقامی که در اثر تنش نسبت به ضعیف شدن خمیر متحمل باشند از خواص کیفی بالایی برخوردارند (۸).

گلوتن خشک

نتایج جدول تجزیه واریانس نشان داد اثر اصلی آبیاری، کود و رقم بر درصد گلوتن خشک معنی دار شد (جدول ۳). تنش خشکی در مقایسه با شرایط آبیاری مطلوب، گلوتن خشک را به میزان چهار درصد کاهش داد. مصرف جداگانه کود دامی، سوپرجاذب و مصرف توأم سوپرجاذب و کود دامی در مقایسه با شاهد، درصد گلوتن خشک را به ترتیب به میزان ۱۰، ۷ و ۸ درصد افزایش داد (جدول ۴). بیشترین گلوتن خشک از رقم زربنه (۱۴/۸۰ درصد) به دست آمد (جدول ۴). گلوتن گندم صفت پیچیده‌ای است که تحت تأثیر تنش‌های محیطی قرار می‌گیرد. پروتئین‌های شوک حرارتی با اوزان ملکولی مختلف آرایش و خم شدن پروتئین‌های گلوتن را تغییر داده و پتانسیل تشکیل خمیر را تضعیف می‌کنند (۹). سوزا و همکاران (۴۴) مشاهده کردند که اگرچه ترکیب و غلظت پروتئین بر کیفیت گندم تأثیر دارد ولی غلظت پروتئین در مقایسه با ترکیب آن اثر بزرگ‌تری بر کیفیت آرد دارد، بنابراین تغییرات محیطی نظیر تنش شوری و خشکی که غلظت پروتئین را افزایش می‌دهند، به علت تغییر در نسبت اسید آمینه‌های اندوخته شده موجب کاهش کیفیت گندم می‌شوند (۱۷). ذخیره پروتئین‌های گلیادین در اثر وجود پروتئین‌های شوک حرارتی که در بالادست ژن‌های کنترل کننده گلیادین قرار دارند، انجام می‌گیرد (۷). پژوهشگران میزان گلوتن خشک را به آردهای بیش از ۱۲ درصد (عالی)، ۹/۵ تا ۱۲ درصد (خوب)، بین ۷ تا ۹ درصد (متوسط) و کمتر از ۷ درصد (ضعیف) طبقه‌بندی کردند (۱۰). بر اساس این گروه‌بندی، ارقام مورد مطالعه در این پژوهش از نظر میزان گلوتن خشک در گروه عالی قرار می‌گیرند.

درصد خاکستر

بر اساس جدول تجزیه واریانس، اثرات برهم‌کنش دوگانه کود و رقم بر درصد خاکستر معنی دار شد (جدول ۳). بیشترین مقدار خاکستر از رقم میهن در شرایط کاربرد کود سوپرجاذب حاصل شد (جدول ۶). خاکستر بیشتر در سبوس وجود دارد و

معرف مناسبی از بازدهی آرد به‌شمار می‌روند در مواردی که دانه‌ها لاغر و دارای پوسته چروکیده باشند چون مقدار سبوس بالاست، مقدار خاکستر هم افزایش می‌یابد. مقدار خاکستر گندم حدود ۲ تا ۱/۴ درصد بر اساس رطوبت ۱۴ درصد است (۳۸).

شاخص گلوتن

نتایج جدول تجزیه واریانس نشان داد اثر اصلی آبیاری، کود و رقم بر شاخص گلوتن معنی دار شد (جدول ۳). تنش خشکی در مقایسه با آبیاری مطلوب، شاخص گلوتن را ۲۷ درصد کاهش داد (جدول ۴). سایر پژوهشگران نیز نشان دادند ارقام آروند و خزر با عملکرد بالا در شرایط تنش خشکی و شوری دارای کمترین شاخص گلوتن بودند (۱۷) که با نتایج ما در این پژوهش مطابقت داشت. به نظر می‌رسد با افزایش عملکرد دانه، شاخص گلوتن در شرایط تنش خشکی و شوری کاهش می‌یابد. مصرف جداگانه کود دامی، سوپرجاذب و مصرف توأم سوپرجاذب و کود دامی در مقایسه با شاهد، شاخص گلوتن را به ترتیب به میزان ۲۳، ۲۴ و ۳۵ درصد افزایش داد. بیشترین شاخص گلوتن از رقم حیدری (۴۰/۵۶) حاصل شد که با رقم زربنه (۳۸/۲۰) تفاوت معنی داری نداشت (جدول ۴). بالاترین میزان همبستگی بین صفات میزان گلوتن و شاخص گلوتن مشاهده شد ($r=0/97^{**}$). یعنی با افزایش میزان گلوتن شاخص گلوتن نیز افزایش می‌یابد و به علاوه شاخص گلوتن با عملکرد دانه هم بیشترین همبستگی مثبت و معنی دار ($r=0/91^{**}$) را نشان داد که بیانگر آن است با افزایش عملکرد دانه شاخص گلوتن و به تبع آن میزان گلوتن نیز افزایش می‌یابد که در جدول ۵ نشان داده شده است. میزان گلوتن با عملکرد دانه همبستگی مثبت معنی داری را داشت ($r=0/86^{**}$).

عدد زلنی

بر اساس جدول تجزیه واریانس، اثر اصلی آبیاری، کود، رقم و اثرات برهم‌کنش دوگانه کود و رقم بر عدد زلنی معنی دار بود (جدول ۳). تنش خشکی باعث کاهش عدد زلنی از ۲۶/۱۰ در

بر درصد پروتئین معنی‌دار بود (جدول ۳). تنش خشکی در مقایسه با شرایط آبیاری مطلوب، درصد پروتئین دانه را به میزان ۱۱ درصد افزایش داد. بیشترین و کمترین درصد پروتئین از ارقام زرینه (۱۸/۵۳) درصد) و حیدری (۱۸/۳۸ درصد) در شرایط تنش خشکی به‌دست آمد (جدول ۷). همچنین مصرف کود دامی نسبت به شاهد درصد پروتئین دانه را چهار درصد افزایش داد (جدول ۴). بیشترین و کمترین عملکرد پروتئین به ترتیب از ارقام میهن (۱۰۹۳/۷۹ کیلوگرم در هکتار) و زرینه (۹۴۱/۴۶ کیلوگرم در هکتار) حاصل شد. تنش خشکی در مقایسه با آبیاری مطلوب سبب کاهش عملکرد پروتئین به میزان ۲۳ درصد شد (جدول ۴). مصرف جداگانه کود دامی، سوپرجاذب و مصرف توأم سوپرجاذب و کود دامی در مقایسه با شاهد، عملکرد پروتئین را به ترتیب به میزان ۲۲، ۱۹ و ۳۵ درصد افزایش داد (جدول ۴). سایر پژوهشگران نشان دادند تنش خشکی باعث افزایش درصد پروتئین دانه شد همچنین تنش خشکی میزان گلوتن مرطوب را افزایش داد (۱۵). در این زمینه پژوهشگران دیگری در آزمایش‌های جداگانه روی ذرت و گندم به این نتیجه رسیدند که تنش خشکی موجب افزایش درصد پروتئین دانه نسبت به شرایط مطلوب آبیاری شد، آنها دلیل این امر را کاهش انتقال مواد فتوسنتزی اعلام کردند که باعث کاهش نسبت حجم آندوسپرم نشاسته‌ای به کل حجم دانه می‌شود و از آنجایی که درصد پروتئین در پوسته و جنین نسبت به آندوسپرم نشاسته‌ای بیشتر است، بنابراین درصد پروتئین دانه در شرایط تنش خشکی افزایش می‌یابد (۱۳). گزارش شده است به هنگام بروز تنش خشکی شدت تنفس افزایش یافته و جذب مواد تغذیه و در نتیجه هیدرات‌های کربن ذخیره شده کاهش و پروتئین افزایش می‌یابد (۳۵). پژوهشگران دیگر بیان داشتند که افزایش درصد پروتئین دانه برای کمک به تنظیم و تعادل اسمزی سلول در شرایط تنش رطوبتی روی می‌دهد (۲۴).

عدد فالینگ

بر اساس جدول تجزیه واریانس، اثر اصلی آبیاری، کود و رقم بر عدد فالینگ معنی‌دار بود (جدول ۳). مصرف جداگانه کود دامی، سوپرجاذب و مصرف توأم سوپرجاذب و کود دامی در

شرایط آبیاری مطلوب به ۲۲/۸۴ میلی‌لیتر شد. مصرف جداگانه کود دامی، سوپرجاذب و مصرف توأم سوپرجاذب و کود دامی در مقایسه با شاهد، عدد زلنی را به ترتیب به میزان ۱۱، ۹ و ۱۰ درصد افزایش داد (جدول ۶). همسو با یافته‌های ما در این پژوهش، سایر پژوهشگران نیز اظهار داشتند با کاربرد کود دامی، مقادیر رسوب زلنی افزایش معنی‌داری یافت (۱۹). عدد زلنی یک فاکتور مهم در صنعت نانواپی است و مقادیر پایین‌تر عدد زلنی باعث می‌شود نان‌های حاصل ضخیم‌تر و متراکم‌تر و حجم کمتری داشته باشند (۶). تنش خشکی هم باعث کاهش محتوای پروتئین و هم کیفیت پروتئین شد و نتیجه این عمل سبب شد نان حاصل از چنین ارقامی ویژگی‌های نانواپی خوبی نداشته باشند. کیفیت نان هم به محتوای پروتئین دانه و هم به عدد زلنی بستگی دارد. کاهش مقدار کم عدد زلنی نشان‌دهنده تخریب و اختلال در کیفیت دانه است حتی اگر درصد پروتئین دانه افزایش یابد (۴۹). همبستگی بین رسوب زلنی و وزن هکتولتر مثبت و معنی‌دار (۰/۸۰**) بود (جدول ۵) که نشان می‌دهد هر چه وزن هکتولتر دانه گندم بیشتر باشد، پروتئین‌های مؤثر بر کیفیت دانه افزایش یافته و کیفیت دانه بهبود می‌یابد. سایر پژوهشگران نشان دادند همبستگی بین رسوب زلنی با رطوبت دانه منفی و معنی‌دار شد همچنین عملکرد پروتئین دانه همبستگی منفی با رطوبت دانه در هر دو شرایط آبیاری داشت (۴۲). پژوهشگران میزان رسوب زلنی بیشتر از ۳۶ را در گروه خیلی خوب، بین ۲۵ تا ۳۶ را در گروه خوب، بین ۱۶ تا ۲۲ را در گروه ضعیف و کمتر از ۱۵ را در گروه ضعیف طبقه‌بندی کردند (۲۸). بر این اساس در شرایط کاربرد سوپرجاذب در مقایسه با عدم مصرف کود، رقم میهن از نظر رسوب زلنی در گروه خوب قرار گرفت کیفیت رسوب زلنی رقم حیدری با کاربرد کود دامی و رقم زرینه با مصرف توأم کود دامی و سوپرجاذب نسبت به عدم مصرف کود بهبود یافت.

درصد و عملکرد پروتئین

نتایج جدول تجزیه واریانس نشان داد، اثر اصلی آبیاری، کود و رقم بر درصد و عملکرد پروتئین و اثرات برهم‌کنش دوگانه آبیاری و رقم

جدول ۷. نتایج مقایسه میانگین برهم کنش آبیاری و رقم بر درصد پروتئین دانه ارقام گندم

درصد پروتئین (درصد)	تیمار	
	(آبیاری × رقم)	
	رقم	آبیاری
۱۶/۵۸ ^c	میهن	آبیاری مطلوب ×
۱۵/۷۰ ^d	حیدری	
۱۶/۳۴ ^{cd}	زرینه	
۱۷/۷۲ ^b	میهن	تنش خشکی ×
۱۸/۳۸ ^a	حیدری	
۱۸/۵۳ ^a	زرینه	

میانگین‌های با حروف مشابه کوچک تفاوت معنی داری ندارند (توکی پنج درصد).

آنزیمی بیشتری داشت و کمترین عدد فالینگ را نشان داد، بنابراین نان حاصل از رقم زرینه دیرتر از دو رقم دیگر بیات می‌شود. به نظر می‌رسد ارقام جدید نسبت به ارقام قدیمی از ویژگی‌های مرتبط با کیفیت نانوائی بالایی برخوردار باشند چرا که رقم زرینه نسبت به میهن جدیدتر است و ویژگی نانوائی مطلوبی نسبت به میهن دارد. عدد زنی با وجود افزایش درصد پروتئین کاهش نیافت و با توجه به همبستگی مثبت عملکرد دانه با درصد پروتئین و عدد زنی می‌توان به انتخاب ارقام مناسب عملکرد کمی و کیفی گندم را افزایش داد. با افزایش عدد زنی، حجم رسوب آرد افزایش یافته و متعاقب آن میزان گلوٹنین و شاخص گلوٹن افزایش می‌یابد و در نهایت موجب افزایش کیفیت نان خواهد شد. برای تعدیل کاهش عملکرد دانه و پروتئین تحت تنش خشکی و بهبود ویژگی‌های نانوائی مانند گلوٹن خشک، عدد فالینگ، گلوٹنین و شاخص گلوٹن در ارقام گندم، استفاده از کود دامی و سوپرچادب مؤثر است.

سپاسگزاری

بدین وسیله از مدیریت، مسئول و کارشناسان محترم آزمایشگاه تحقیقاتی شرکت غله و خدمات بازرگانی منطقه هشت استان آذربایجان غربی که ما را در انجام این پژوهش یاری کردند تشکر و قدردانی می‌شود.

مقایسه با شاهد، عدد فالینگ را به ترتیب به میزان ۹، ۱۱ و ۱۰ درصد کاهش داد. تنش خشکی در مقایسه با آبیاری مطلوب عدد فالینگ را به میزان ۲۲ درصد افزایش داد (جدول ۴). بیشترین و کمترین عدد فالینگ نیز به ترتیب از ارقام حیدری و زرینه حاصل شد. ارقام مختلف گندم دارای فعالیت آنزیمی مختلفی هستند (۳۱). عدد فالینگ نشان‌دهنده فعالیت آنزیم آلفا آمیلاز است و خاصیت ویسکوالاستیک، تخمیر و حفظ شکل نان تحت تأثیر عدد فالینگ است. در اثر فعالیت زیاد آلفا آمیلاز، قندهای قابل تخمیر به مقدار زیادی به وجود می‌آید در نتیجه نشاسته تجزیه شده و خمیر نرم و سیال می‌شود. نان‌های حاصل از آرد با فعالیت آلفا آمیلاز بالا، دارای پوسته تیره و بافت مغزی چسبنده و حجم کم است، همچنین سطح آن نامنظم و غیر یکنواخت بوده و تردی و پوکی خود را از دست می‌دهد (۴۱).

نتیجه گیری

تحت تنش خشکی میزان گلیادین نسبت به شرایط بهینه رشد افزایش نشان داد و برعکس این روند برای صفت میزان گلوٹنین مشاهده شد و گندم‌هایی که دارای ویژگی نانوائی بهتری هستند بایستی با آرد گندم‌های با ویژگی‌های پایین مخلوط شوند. ارقام مورد مطالعه در این پژوهش واکنش‌های متفاوتی به تنش خشکی نشان دادند. رقم زرینه در مقایسه با دو رقم دیگر فعالیت

منابع مورد استفاده

1. Abedi Koupai, J. and M. Mesforoush. 2009. Evaluation of superabsorbent polymer application on yield, water and fertilizer use efficiency in cucumber (*Cucumis sativus*). *Iranian Journal of Irrigation and Drainage* 2(3): 100-111. (In Farsi).
2. Abedini, A. and N. A. Sajedi. 2015. Effect of application of superabsorbent polymer on physiological traits of dry land wheat cultivars. *Agronomy Journal (Pajouhesh & Sazandegi)* 103: 139-146. (In Farsi).
3. Akbarian, A., A. Arzani, M. Salehi and M. Salehi. 2012. Evaluation of triticale genotypes for terminal drought tolerance using physiological traits. *Indian Journal of Agricultural Sciences* 1: 1110-5.
4. Anonymous. 2005. Approved Methods of the American Association of Cereal Chemists. AACC Method, AACC Inc., St. Paul, Min., USA.
5. Anonymous. 2018. Journal of introduction of new crop and garden cultivars. Seed and Plant Improvement Research Institute. 236p. Available at: http://www.areeo.ac.ir/_DouranPortal/Documents/agronomy1_20151227_145950.pdf
6. Balla, K., M. RaKSzegi, Z. Li, F. Békés, S. BeNCzel and O. VeiSz1. 2011. Quality of winter wheat in relation to heat and drought shock after anthesis. *Czech Journal of Food Sciences* 29(2): 117-128.
7. Blumenthal, C. S., I. L. Batey, F. Bekes, C. W. Wrigley and E. W. R. Barlow. 1990. Gliadin genes contain heat-shock elements: possible relevance to heat-induced changes in grain quality. *Journal of Cereal Science* 11: 185-187.
8. Blumenthal, C., F. Bekes, P. W. Gras, E. W. R. Barlow and C. W. Wrigley. 1995. Identification of wheat genotypes tolerant to the effects of heat stress on grain quality. *Cereal Chemistry* 72: 539-544.
9. Blumenthal, C., P. J. Stone, P. W. Gras, F. Bekes, B. Clark, E. W. R. Barlow, R. Appels and C. W. Wrigley. 1998. Heat-shock protein 70 and dough-quality changes resulting from heat stress during grain filling in wheat. *Cereal Chemistry* 75: 43-50.
10. Bulut, S., A. Ozturk, M. M. Karaoglu and N. Yildiz. 2013. Effects of organic manures and non-chemical weed control on wheat. II. Grain quality. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry* 37: 271-280.
11. Cornish, G. B., D. J. Skylas, S. Siriamornpun, F. Bekes, O. R. Larroque, C. W. Wrigley and M. Wootton. 2001. Grain proteins as markers of genetic traits in wheat. *Australian Journal of Agriculture Research* 52: 1161-1171.
12. Daniel, C. and E. Triboi. 2000. Effects of temperature and nitrogen nutrition on the grain composition of winter wheat: effects on gliadin content and composition. *Journal of Cereal Science* 32: 45-56.
13. Daniel, C. and E. Triboi. 2008. Changes in wheat protein aggregation during grain development: effects of temperature and water stress. *European Journal of Agronomy* 16: 1-12
14. Dashbaljir, I., P. Liebhard, W. Hartl, F. Löschenberger and M. Weinhappel. 2005. Genotype and environment interaction on yield and quality parameters of organically grown winter wheat (*Triticum aestivum* L.) genotypes. ISO FAR: In: Proceedings of the Conference Researching Sustainable Systems, Adelaide. Pp: 517.
15. Dehghanzadeh, H. 2017. Effect of irrigation regimes on some quantity and quality traits of bread wheat cultivars in Isfahan province. *Journal of Plant Ecophysiology* 8(24): 25-34. (In Farsi).
16. DuPont, F. M. and S. B. Altenbach. 2003. Molecular and biochemical impacts of environmental factors on wheat grain development and protein synthesis. *Journal of Cereal Science* 38: 133-146.
17. Eivazi, A., S. Abdollahi, G. H. Salekdeh, I. Majidi, A. Mohamadi and B. Pirayeshfar. 2006. Effect of drought and salinity stresses on quality related traits in wheat varieties. *Iranian Journal of Crop Science* 7(3): 252-267. (In Farsi).
18. Elgün, A., Z. Ertugay, M. Certel and H. G. Kotancılar. 1999. Analytical Quality Control and Laboratory Application Guide for Cereals and Products (2nd Edition). Atatürk Univ Publication No: 867, Faculty of Agriculture, Publication No: 335, Textbooks Series No: 82, Erzurum.
19. Erkul, A., C. Konak, I. Turgut and F. Öncan. 2005. The development of bread wheat varieties compatible with the Büyük Menderes Basin. In: Proceeding of the Turkey VI. Field Crops Congress, Volume II, Antalya. Pp: 669 -674.
20. Gelinas, P., C. Morin J. F. Reid and P. Lachance. 2009. Wheat cultivars grown under organic agriculture and the bread making performance of stone-ground whole wheat flour. *International Journal of Food Science and Technology* 44: 525-530.
21. Ghobadi, R. 2011. Effect of different levels of drought stress and nitrogen fertilizer on yield, yield components and some physiological traits of Corn cv.704. MSc. Thesis, Boroujerd University, (In Farsi).
22. Gibson, L. R., P. J. Mc Cluskey, K. A. Tilley and G. M. Paulsen. 1998. Quality of hard red winter wheat grown under high temperature conditions during maturation and ripening. *Cereal Chemistry* 75: 421-427.
23. Gooding, M. J., R. H. Eliss, P. R. Shewry and J. D. Schofield. 2003. Effects of restricted water availability and increased temperature on the grain filling, drying and quality of winter wheat. *Journal of Cereal Science* 37: 295-309.
24. Gusta, L. V. and T. H. Chen. 1987. The Physiology of Water and Temperature Stress Wheat and Wheat Improvement. American Society of Agronomy Publication. USA.

25. Hosenev, R. D. 1994. Principles of cereal science and technology, 2nd Edition. American Association of Cereal Chemistry. St. Paul, MN. 378 pp.
26. Iran-Nejad, H. and N. Shahbaziyan. 2005. Cereal Cultivation Wheat Karenoo. Tehran, Iran.
27. Kazemzadeh, M., S. H. Peighambardoust and N. Najafi. 2013. Effect of organic and nitrogen fertilizers on physicochemical properties and bread-making quality of wheat (*Triticum aestivum* cv. Alvand). *Journal of Food Industry Research* 23(2): 186-197. (In Farsi).
28. Lookhart, G. L. and C. W. Wrigley. 1995. Variety identification by electrophoretic analysis. pp. 55-71, In: C. W. Wrigley (Ed). Identification of Food-Grain Varieties. American Association of Cereal Chemist Inc., St Paul MN.
29. Majedi M. 1995. Methods of food chemistry test. University Jihad University of Tehran. 108 pages. (In Farsi).
30. Mason, H., A. Navabi, B. L. Frick, J. T. O'Donovan, D. Niziol and D. M. Spaner. 2007. Does growing Canadian western hard red spring wheat under organic management alter its breadmaking quality? *Renewable Agriculture and Food Systems* 22: 157-167.
31. Masoudi Far, A. and A. Muhamad Khani. 2005. Evaluation of plant density on grain quality parameters of temperature, the Koohdasht in dry land Gonbad. *Iranian Journal of Biology* 18: 69-76. (In Farsi).
32. Masoudi-nejad, A., B. Yazdi-samadi, C. Abd-mishani, M. N. Sarbolouki and M. Firoozi. 1999. Determining baking quality of Iranian wheat cultivars using SDS-Sedimentation test. *Iranian Journal of Agriculture Science* 30: 25-34. (In Farsi).
33. Moradi-Ghahderijani, M., S. Jafarian and H. Keshavarz. 2017. Alleviation of water stress effects and improved oil yield in sunflower by application of soil and foliar amendments. *Rhizosphere* 4: 54-61.
34. Mottaghi, M., G. Najafian and M. R. Bihanta. 2010. Effect of terminal drought stress on grain yield and baking quality of hexaploid wheat genotypes. *Iranian Journal of Crop Science* 11(3): 290-306. (In Farsi).
35. Normohamadi, Gh., S. A. Siyadat and A. Kashani. 2000. The Cultivation of Crops. First volume. Shahid Chamran University Press. Iran.
36. Ozturk, A. and F. Aydin. 2004. Effect of water stress at various growth stages on some quality characteristics of winter wheat. *Journal of Agronomy and Crop Science* 190: 93-98.
37. Parvaneh, V. 2014. Food Chemical Analysis and Quality Control. Tehran University Publication, Iran. (In Farsi).
38. Payan, R. 2011. Introduction to Thechnology of Cereal Products. Ayyizh Publication. Tehran. Iran.
39. Peterson, C. J., R. A. Graybosch, D. R. Shelton and P. S. Baenziger. 1998. Baking quality of hard winter wheat: Response of cultivars to environment in the Great Plains. *Euphytica* 100: 157-162.
40. Qian, X., G. Shen, Z. Wang, C. Guo, Y. Liu, Z. Lei and Z. Zhang. 2014. Composting of livestock manure with rice straw: Characterization and establishment of maturity evaluation system. *Waste Manage* 34: 530-535.
41. Ragabzadeh, N. 2010. Bread Technology, Tehran University, Iran.
42. Shahbazi, H., A. Arzani and M. Ismail Zadeh Moghaddam. 2015. Evaluation of grain quality in recombinant inbred lines of wheat under drought stress conditions. *Journal of Crop Production and Processing* 4(11): 285-293. (In Farsi).
43. Sial, M. A., M. A. Arain, S. K. M. Naqavi, M. Dahoti and N. A. Nizamani. 2006. Yield and quality parameters of wheat genotypes as affected by sowing dated and high temperature stress. *Pakistan Journal of Botany* 37: 575 - 584.
44. Souza, E., M. Kruk and D. W. Sunderman. 1994. Association of sugar-snap cookie quality with high molecular weight glutenin alleles in soft white spring wheats. *Cereal Chemistry* 75: 601-605.
45. TayfeRezaei, H. 2016. Planning irrigation of crops and garden. *Journal of Agricultural Engineering Organization, Agricultural Jihad Organization*. 24p. (In Farsi).
46. Tohidi Moghadam, H. R., T. W. Donath, F. Ghooshchi and M. Sohrabi. 2018. Investigating the probable consequences of super absorbent polymer and mycorrhizal fungi to reduce detrimental effects of lead on wheat (*Triticum aestivum* L.). *Agronomy Research* 16(1): 286-296.
47. Windham, W. R., C. S. Gaines and R. G. Leffler. 1993. Effect of wheat misture content on hardness scores determined by near-infrared reflectance and on hardness score standardization. *Cereal Chemistry* 70: 662-666.
48. Yarmand, M. S. and M. Seyedein Ardabili. 2005. Effect of gluten and barley malt flour on staling and quality of barbari flat bread. *Iranian Journal of Agriculture Science* 36(3): 591- 602 (In Farsi).
49. Zhao, C. X., M. R. He, Z. L. Wang, Y. F. Wang and Q. Lin. 2009. Effects of different water availability at post-anthesis stage on grain nutrition and quality in strong-gluten winter wheat. *Comptes Rendus Biologies* 332: 759-764 .

Evaluation of the Interaction of Water Stress and Superabsorbent on the Characteristics Related to the Quality of Bread Wheat Cultivars (*Triticum aestivum*)

E. Gholinezhad^{1*} and A. Eivazi²

(Received: May 6-2019; Accepted: May 25-2019)

Abstract

In order to study the effect of the superabsorbent polymer and manure fertilizer on the baking characteristics of wheat cultivars under different water deficit conditions, an experiment was carried out in a factorial layout based on a randomized complete block design in three replications at Agricultural Research Center, West-Azerbaijan (Saatlo station) during 2017-2018 growing seasons. The factors included irrigation at two levels (normal and water stress), superabsorbent polymer: 200 kg ha⁻¹, manure fertilizer: 40 tons ha⁻¹, their dual application and control (non-application fertilizer), and wheat cultivars (Mihan, Heidari and Zarineh). The measured traits included grain yield, wheat grain moisture content, hectoliter weight, flour moisture content, ash content, glutenin, gliadin, dry gluten, gluten index, protein percent, Zeleny number, falling number and protein yield. The results of the analysis of variances showed that the effect of drought stress, superabsorbent and cultivar on the studied traits was significant. Grain yield, protein yield, flour moisture, glutenin, dry gluten, gelatin index and Zeleny number were decreased under drought stress conditions, but the falling number, grain protein and gliadin content were increased. Application of the superabsorbent polymer of chemical and manure fertilizer increased the grain yield, protein yield and gluten index. The highest grain yield (6636.77 kg ha⁻¹) and protein yield (1093.79 kg ha⁻¹), and the lowest hectoliter weight (75.81 kg/100 liters) were obtained from Mihan cultivar. The highest Zeleny number was obtained from the Zarineh cultivar (26.35%) under the conditions involving the dual application of the manure and superabsorbent and the Heidari cultivar (26.32%) with the application of the manure fertilizer. The highest falling number was obtained from Heidari (461.50 seconds). The lowest falling number was obtained from Zarineh (443.73 seconds). The highest correlation was observed between glutenin and gluten indexes (0.97**). To mitigating the reduction of grain and protein yield under drought stress and improve the baking characteristics, such as dry gluten, falling number, glutenin and gluten index, in wheat cultivars, the use of manure and superabsorbent could be effective.

Keywords: Dry gluten, Falling number, Flour quality, Irrigation, Protein percent, Zeleny number

1. Associate Professor, Department of Agricultural Sciences, Payame Noor University, Tehran, Iran.

2. Assistant Professor, Seed and Plant, Department of Agricultural Research and Natural Resources, Agricultural Research, Education and Extension Organization, Urmia, Iran.

*: Corresponding Author, Email: gholinezhad1358@yahoo.com