Archive of SID

نشریه تولید و فرآوری محصولات زراعی و باغی
سال دهم / شماره اول / بهار ۱۳۹۹

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

اسماعیل قلی‌نژاد[1*] و علیرضا عیوضی[2]

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

چکیده

به‌منظور مطالعه اثر پلیمر سوپرجاذب شیمیایی و کود دامی بر ویژگی‌های نانوایی ارقام گندم در شرایط مختلف کم‌آبی، آزمایشی به‌صورت 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 هکتولیتر، 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، گلوتنین، 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 هکتولیتر (۷۵/۸۱ کیلوگرم در ۱۰۰ لیتر) از رقم میهن به‌دست 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. به‌منظور 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

www.SID.ir

Archive of SID

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 درحالی 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 گلوتن 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 نانوایی 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 گلوتن نشان‌دهنده نسبت گلیادین به گلوتنین است. گلیادین باعث چسبندگی خمیر و گلوتنین باعث افزایش الاستیسیته خمیر می‌شود، نسبت متعادل این دو جزء برای کیفیت مطلوب خمیر ضروری است (۲۵). یکی از اجزای پروتئین دانه، پروتئین‌های گلوتنین است. گلوتنین‌ها پروتئین‌های پلی‌مری با باندهای دی‌سولفیدی بین و درون‌مولکولی هستند و به پلی‌پپتیدهای گلوتنین 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 گازکربنیک حاصل از فرایند تخمیر به سبب وجود پروتئین‌های گلوتن 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 گلوتن 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 گلوتن و از طرف دیگر با حجم نان در ارتباط است. گودینگ 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

www.SID.ir

Archive of SID

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 گلوتنین از جمله گلوتنین‌های سنگین در شرایط تنش دانست (۳۲).

وزن هکتولیتر 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 هکتولیتر 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 جغرافیایی۴۵ 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 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 ویژگی نانوایی 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 وجین‌دستی در تاریخ

www.SID.ir

Archive of SID

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 سوپرجاذب

ویژگی‌ها	سوپرجاذب	ویژگی‌ها	سوپرجاذب
حلالیت	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

نیمه اول اردیبهشت‌ماه انجام گرفت. کود اوره در سه نوبت در مراحل پیش از کاشت، ساقه‌دهی و سنبله‌دهی به‌میزان 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 زیر محاسبه شد (۴۵):

$$I=W\times D\times f\times 10000 \quad (1)$$

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 به‌راحتی آب را از خاک توسط ریشه جذب کند.

www.SID.ir

Archive of SID

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 هکتولیتر مدل ۷۵۰۰ اندازه‌گیری شد (۴، ۲۹ و ۳۷). برای تعیین درصد رطوبت آرد و درصد خاکستر از روش AACC به‌ترتیب به شماره‌های ۴۴-A۱۵ و ۰۱-۰۸ استفاده شد (۴). برای اندازه‌گیری شاخص گلوتن از روش AACC به شماره ۲-۹۶۳۹ استفاده شد و پس از پایان کار دستگاه، گلوتن زیر صافی (گلیادین) و روی صافی (گلوتنین) جداگانه توزین شد. گلوتن روی صافی و زیر صافی را با هم مخلوط و با هیتر خشک کردند و پس از توزین شاخص گلوتن از طریق رابطه زیر به‌دست آمد (۴).

(۲)

$$\text{شاخص گلوتن} = \frac{\text{وزن گلوتن مرطوب روی صافی}}{\text{وزن گلوتن مرطوب زیر صافی} + \text{وزن گلوتن مرطوب روی صافی}} \times ۱۰۰$$

برای اندازه گیری پروتئین از دستگاه اتوآنالایزر آرد مدل (Perten GmbH ساخت آلمان) به روش NIR (Near Infrared Reflectance) (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-A۶۱ و دستگاه زلنی (ERKAYA ZELENY ۱۲۰) محاسبه شد (۴). برای اندازه‌گیری عدد 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، سوپرجاذب و مصرف توأم سوپرجاذب و کود دامی در مقایسه با شاهد، عملکرد دانه را به‌ترتیب به‌میزان ۲۰، ۲۲ و ۳۳ درصد افزایش داد. کاربرد سوپرجاذب به‌میزان ۳۰ کیلوگرم در هکتار در مقایسه با شاهد (عدم کاربرد سوپرجاذب) 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 هکتولیتر (۰/۵۶**)، درصد گلوتنین (۰/۷۶**)، گلوتن خشک (۰/۵۶**)، شاخص گلوتن (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

www.SID.ir

Archive of SID

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

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات										
		عملکرد دانه	رطوبت دانه گندم	وزن هکتولیتر	گلوتنین	گلیادین	گلوتن خشک	رطوبت آرد	درصد خاکستر	شاخص گلوتن	درصد پروتئین	عدد زلنی	عدد فالینگ	عملکرد پروتئین
بلوک	۲	۲۱۳۴۵۶۶/۷۹**	۰/۰۸۳^{ns}	۰/۶۹^{ns}	۸/۴۸^{ns}	۱۳۶/۲۲**	۸/۵۹**	۰/۱۵^{ns}	۰/۰۴۷**	۲۱۹/۸۰**	۲/۲۷**	۶/۵۱*	۴۰۶۲/۵۴^{ns}	۱۰۰۰۱۶/۰۲**
آبیاری	۱	۸۶۳۱۰۶۳۸/۵۶**	۳/۳۱**	۵۵/۵۱**	۷/۸۴**	۳۰۱/۳۵**	۵/۸۸**	۳/۶۵**	۰/۰۲۵^{ns}	۲۶۸۴/۰۰**	۷۲/۳۴**	۱۹۱/۴۹**	۲۲۶۴۶۴/۵۰**	۱۲۱۴۵۸۰/۶۱**
کود	۳	۱۶۱۲۱۱۶۵/۱۶**	۰/۲۳*	۵/۳۴**	۲۰۱/۳۰**	۶۶/۲۹**	۷/۵۹**	۰/۰۴^{ns}	۰/۰۰۶۴^{ns}	۸۰۷/۸۸*	۵/۶۴**	۲۶/۳۳**	۱۰۹۳۵/۴۲*	۵۴۵۷۷۴/۰۱**
رقم	۲	۵۴۳۱۴۶۹/۰۷**	۰/۷۸**	۸/۱۴**	۱۴/۸۷*	۶۹/۹۶**	۱۲/۶۷**	۰/۰۳۸^{ns}	۰/۰۱۹۷^{ns}	۵۲/۶۲**	۱/۰۱*	۵/۶۰*	۲۳۴۱/۷۹*	۱۵۴۰۳۷/۳۰**
آبیاری × کود	۳	۲۸۹۴۸۴/۶۰^{ns}	۰/۰۳۶^{ns}	۰/۶۱^{ns}	۱/۷۴^{ns}	۲/۹۴^{ns}	۰/۳۴^{ns}	۰/۰۱۳^{ns}	۰/۰۰۵۳^{ns}	۲/۳۸^{ns}	۰/۱۷^{ns}	۱/۷۹^{ns}	۴۶۱۹/۶۴^{ns}	۶۲۰۰/۹۶^{ns}
آبیاری × رقم	۲	۷۴۶۸۸/۶۰^{ns}	۰/۰۰۴^{ns}	۰/۳۲^{ns}	۶/۸۰^{ns}	۰/۸۰^{ns}	۱/۳۶^{ns}	۰/۰۱۶^{ns}	۰/۰۲۳^{ns}	۳/۲۳^{ns}	۳/۷۱**	۰/۲۶^{ns}	۲۱۹۲/۷۹^{ns}	۱۴۰۹۱/۸۴^{ns}
کود × رقم	۶	۲۶۳۱۱۰/۷۸^{ns}	۰/۳۲۸**	۶/۸۸**	۲/۷۴^{ns}	۱/۸۳^{ns}	۰/۵۱^{ns}	۰/۰۶۹^{ns}	۰/۰۲۶*	۹/۲۴^{ns}	۰/۱۱^{ns}	۵/۸۷**	۴۱۵۸/۳۸^{ns}	۹۶۹۵/۸۶^{ns}
آبیاری × کود × رقم	۶	۱۲۵۰۶۲/۷۷^{ns}	۰/۰۳۰^{ns}	۰/۳۶^{ns}	۱/۱۶^{ns}	۴/۱۳^{ns}	۰/۳۴^{ns}	۰/۰۱۵^{ns}	۰/۰۰۴۸^{ns}	۹/۹۹^{ns}	۰/۱۱^{ns}	۱/۲۹^{ns}	۳۲۵۱/۴۹^{ns}	۳۹۲۳/۵۲^{ns}
خطای آزمایشی	۴۶	۲۶۷۰۰۲/۵	۰/۰۶۹	۱/۲۵	۳/۶۰	۴/۶۳	۰/۸۳	۰/۰۶۲	۰/۰۱۰	۱۲/۰۳	۰/۲۸	۱/۷۸	۳۳۸۹/۸۳	۱۰۶۸۵/۵۳
ضریب تغییرات (٪)	–	۸/۷۷	۳/۵۷	۱/۴۳	۱۱/۵۹	۸/۴۳	۶/۵۳	۳/۰۵	۵/۹۹	۸/۹۲	۳/۱۱	۵/۴۵	۱۲/۷۹	۱۰/۳۰

**، * و ns به‌ترتیب اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال یک و پنج درصد و غیر معنی‌دار

www.SID.ir

Archive of SID

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

تیمار	عملکرد دانه	عملکرد پروتئین	وزن هکتولیتر	محتوای پروتئین	رطوبت دانه گندم	رطوبت آرد	گلوتنین	گلیادین	گلوتن خشک	شاخص گلوتن	عدد زلنی	عدد فالینگ
	(کیلوگرم بر هکتار)		(کیلوگرم در ۱۰۰ لیتر)	(درصد)							(میلی‌لیتر)	(ثانیه)
آبیاری												
آبیاری مطلوب	۶۹۸۰/۲^{a}	۱۱۳۳/۱۶^{a}	۷۸/۷۷ ^{a}	–	۷/۵۶ ^{a}	۸/۴۳ ^{a}	۱۹/۲۹^{a}	۲۳/۴۹^{b}	۱۴/۲۶^{a}	۴۴/۹۷^{a}	۲۶/۱۰^{a}	۳۹۹/۰۰^{b}
تنش خشکی	۴۷۹۰/۴^{b}	۸۷۳/۴۰^{b}	۷۷/۰۱ ^{b}	–	۷/۱۳ ^{b}	۷/۹۸ ^{b}	۱۳/۴۸^{b}	۲۷/۵۸^{a}	۱۳/۶۸^{b}	۳۲/۷۶^{b}	۲۲/۸۴^{b}	۵۱۱/۱۷^{a}
کود												
عدم مصرف کود	۴۷۰۱/۷^{c}	۷۹۴/۸۰^{c}	–	۱۷/۱۲^{b}	–	–	۱۱/۸۳^{c}	۲۷/۳۳^{a}	۱۳/۰۵^{b}	۳۰/۱۷^{c}	–	۴۹۱/۶۷^{a}
کود دامی ۴۰ تن در هکتار	۵۸۱۷/۷^{b}	۱۰۲۲/۹۷^{b}	–	۱۷/۷۲^{a}	–	–	۱۷/۱۴^{b}	۲۶/۵۱^{ab}	۱۴/۵۵^{a}	۳۹/۰۸^{b}	–	۴۴۶/۷۸^{ab}
سوپر جاذب ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار	۶۰۱۱/۶^{b}	۹۷۶/۶۵^{b}	–	۱۶/۴۶^{c}	–	–	۱۶/۶۹^{b}	۲۵/۳۷^{b}	۱۴/۰۲^{a}	۳۹/۷۱^{b}	–	۴۳۸/۱۷^{b}
سوپر جاذب ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار و کود دامی ۴۰ تن در هکتار	۷۰۱۰/۲^{a}	۱۲۱۸/۶۹^{a}	–	۱۷/۵۴^{ab}	–	–	۱۹/۸۷^{a}	۲۲/۹۲^{c}	۱۴/۲۶^{a}	۴۶/۵۰^{a}	–	۴۴۳/۷۲^{ab}
رقم												
میهن	۶۶۳۶/۷^{a}	۱۰۹۳/۷۹^{a}	–	–	–	–	۱۵/۵۴^{b}	۲۵/۳۵^{b}	۱۳/۶۳^{b}	۳۷/۸۴^{b}	–	۴۶۰/۰۴^{a}
حیدری	۵۷۹۱/۷^{b}	۹۷۴/۶۰^{b}	–	–	–	–	۱۶/۵۱^{ab}	۲۳/۹۲^{b}	۱۳/۴۸^{b}	۴۰/۵۶^{a}	–	۴۶۱/۵۰^{a}
زرینه	۵۹۵۷/۳^{b}	۹۴۱/۴۶^{b}	–	–	–	–	۱۷/۱۰^{a}	۲۷/۳۲^{a}	۱۴/۸۰^{a}	۳۸/۲۰^{ab}	–	۴۴۳/۷۳^{b}

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

www.SID.ir

Archive of SID

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 هکتولیتر	۱										
۲- درصد خاکستر	۰/۱۳^{ns}	۱									
۳- گلوتنین	۰/۷۶**	۰/۱۰^{ns}	۱								
۴- گلیادین	-۰/۵۳**	۰/۰۸^{ns}	-۰/۰۲^{ns}	۱							
۵- گلوتن خشک	۰/۵۶**	۰/۲۴^{ns}	۰/۶۸**	-۰/۰۲^{ns}	۱						
۶- شاخص گلوتن	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 به‌ترتیب اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال یک و پنج درصد و غیر معنی‌دار

گندم و رطوبت آرد معنی‌دار بود. اثر اصلی کود و رقم و اثرات برهم‌کنش دوگانه کود و رقم نیز بر رطوبت دانه گندم معنی‌دار شد (جدول ۳). بیشترین و کمترین مقدار رطوبت دانه گندم و آرد به‌ترتیب در شرایط آبیاری مطلوب و تنش خشکی به‌دست آمد (جدول ۴). تنش خشکی در مقایسه با آبیاری مطلوب، مقدار رطوبت دانه گندم و آرد را به‌ترتیب ۶ و ۵ درصد کاهش داد. اثرات برهم‌کنش سوپرجاذب 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 سوپرجاذب و شیمیایی به‌دست 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 هکتولیتر

بر اساس جدول تجزیه واریانس، اثر اصلی آبیاری، کود، رقم و اثرات برهم‌کنش دوگانه کود و رقم بر وزن هکتولیتر معنی‌دار بود (جدول ۳). تنش خشکی در مقایسه با شرایط آبیاری مطلوب، وزن هکتولیتر را به‌ترتیب به‌میزان دو درصد کاهش داد. بررسی اثرات برهم‌کنش دوگانه کود × رقم نشان داد بیشترین وزن هکتولیتر (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 سوپرجاذب در رقم زرینه (۷۹/۱۲ کیلوگرم در ۱۰۰ لیتر) تفاوت معنی‌داری نداشت (جدول ۶). سایر پژوهشگران نیز گزارش کردند مصرف کودهای آلی و معدنی باعث افزایش وزن هکتولیتر 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 هکتولیتر نداشت (۳۰).

گلوتنین

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

www.SID.ir

Archive of SID

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

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

۱: عدم مصرف کود، ۲: کود دامی ۴۰ تن در هکتار، ۳: سوپرجاذب ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار، ۴: سوپرجاذب 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.

گلوتنین را به‌ترتیب به‌میزان ۲۹، ۳۰ و ۴۰ درصد افزایش داد. پژوهش‌ها نشان داده است مصرف کودهای نیتروژن مقدار پروتئین‌های آرد (گلوتنین 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 گلوتنین 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 گلوتنین دانه گندم به‌طور متوسط ۲۰ درصد کاهش و ذخیره گلیادین ۲۰۰ درصد افزایش یافت (۱۷) کاهش در نسبت گلوتنین 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).

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، سوپرجاذب و مصرف توأم سوپرجاذب و کود دامی در مقایسه با شاهد، درصد گلیادین را به‌ترتیب به‌میزان 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).

www.SID.ir

Archive of SID

گلوتن خشک

نتایج جدول تجزیه واریانس نشان داد اثر اصلی آبیاری، کود و رقم بر درصد گلوتن خشک معنی‌دار شد (جدول ۳). تنش خشکی در مقایسه با شرایط آبیاری مطلوب، گلوتن خشک را به‌میزان چهار درصد کاهش داد. مصرف جداگانه کود دامی، سوپرجاذب و مصرف توأم سوپرجاذب و کود دامی در مقایسه با شاهد، درصد گلوتن خشک را به‌ترتیب به‌میزان ۱۰، ۷ و ۸ درصد افزایش داد (جدول ۴). بیشترین گلوتن خشک از رقم زرینه (۱۴/۸۰ درصد) به‌دست 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، به‌علت 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 معنی‌دار 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 معنی‌دار 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 اروند 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. به‌نظر 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 به‌ترتیب به‌میزان ۲۳، ۲۴ و ۳۵ درصد افزایش داد. بیشترین شاخص گلوتن از رقم حیدری (۴۰/۵۶) حاصل شد که با رقم زرینه (۳۸/۲۰) تفاوت معنی‌داری نداشت (جدول ۴). بالاترین میزان همبستگی بین صفات میزان گلوتنین و شاخص گلوتن مشاهده شد ($r=0/97^{**}$). یعنی با افزایش میزان گلوتنین شاخص گلوتن نیز افزایش می‌یابد و به‌علاوه شاخص گلوتن با عملکرد دانه هم بیشترین همبستگی مثبت و معنی‌دار ($0/91^{**}$) را نشان داد که بیانگر آن است با افزایش عملکرد دانه شاخص گلوتن و به تبع آن میزان گلوتنین نیز افزایش می‌یابد که در جدول ۵ نشان داده شده است. میزان گلوتنین با عملکرد دانه همبستگی مثبت معنی‌داری را داشت ($0/86^{**}$).

عدد زلنی

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

www.SID.ir

Archive of SID

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 به‌ترتیب به‌میزان 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 نانوایی 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 نانوایی 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 هکتولیتر مثبت و معنی‌دار (**۰/۸۰) بود (جدول ۵) که نشان می‌دهد هر چه وزن هکتولیتر 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 بر درصد پروتئین معنی‌دار بود (جدول ۳). تنش خشکی در مقایسه با شرایط آبیاری مطلوب، درصد پروتئین دانه را به‌میزان 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 به‌ترتیب 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 به‌میزان ۲۳ درصد شد (جدول ۴). مصرف جداگانه کود دامی، سوپرجاذب و مصرف توأم سوپرجاذب و کود دامی در مقایسه با شاهد، عملکرد پروتئین را به‌ترتیب به‌میزان 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 تقلیل 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

www.SID.ir

Archive of SID

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

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

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

مقایسه با شاهد، عدد فالینگ را به‌ترتیب به‌میزان ۹، ۱۱ و ۱۰ درصد کاهش داد. تنش خشکی در مقایسه با آبیاری مطلوب عدد فالینگ را به‌میزان ۲۲ درصد افزایش داد (جدول ۴). بیشترین و کمترین عدد فالینگ نیز به‌ترتیب 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 به‌وجود 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).

نتیجه‌گیری

تحت تنش خشکی میزان گلیادین نسبت به شرایط بهینه رشد افزایش نشان داد و برعکس این روند برای صفت میزان گلوتنین مشاهده شد و گندم‌هایی که دارای ویژگی نانوایی بهتری هستند بایستی با آرد گندم‌های با ویژگی‌های کیفی 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 آنزیمی بیشتری داشت و کمترین عدد فالینگ را نشان داد، بنابراین نان حاصل از رقم زرینه دیرتر از دو رقم دیگر بیات می‌شود. به‌نظر می‌رسد ارقام جدید نسبت به ارقام قدیمی از ویژگی‌های مرتبط با کیفیت نانوایی بالایی برخوردار باشند چرا که رقم زرینه نسبت به میهن جدیدتر است و ویژگی نانوایی مطلوبی نسبت به میهن دارد. عدد زلنی با وجود افزایش درصد پروتئین کاهش نیافت و با توجه به همبستگی مثبت عملکرد دانه با درصد پروتئین و عدد زلنی می‌توان به انتخاب ارقام مناسب عملکرد کمّی و کیفی گندم را افزایش داد. با افزایش عدد زلنی، حجم رسوب آرد افزایش یافته و متعاقب آن میزان گلوتنین و شاخص گلوتن افزایش می‌یابد و درنهایت موجب افزایش کیفیت نان خواهد شد. برای تعدیل کاهش عملکرد دانه و پروتئین تحت 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.

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.

www.SID.ir

Archive of SID

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. BeNCze1 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 contect 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. ISOFAR: *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.

www.SID.ir

25. Hoseney, 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. Bihamta. 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 .

www.SID.ir

Archive of SID

Journal of Crop Production and Processing
Vol. 10, No. 1, Spring 2020, Isfahan University of Technology, Isfahan, Iran.

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. Eivazi[2]

(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

www.SID.ir