نشریه تولید و فرآوری محصولات زراعی و باغی
سال چهاردهم / شماره چهارم / زمستان ۱٤۰۳/ مقاله علمی-پژوهشی: صفحات ۸۹ تا ۱۰۷

اثرمصرف مواد سوپرجاذب بر رشد و عملکرد ارقام گندم نان در شرایط تنش خشکی

رقیه جعفرپور[۱] ، محسن رشدی[۲*]، علی نصراله زاده اصل[۲]، علیرضا عیوضی[۳] و جواد خلیلی محله[۲]

(تاریخ دریافت: ۱٤۰۲/۱۱/۱٤ ؛ تاریخ پذیرش: ۱٤۰۳/۰۷/۲۳)

چکیده

به‌منظور کاهش اثرات تنش خشکی با تیمارهای مختلف سوپر جاذب در ارقام گندم دو آزمایش مجزا در شهرستان های ارومیه و خوی استان آذربایجان غربی اجرا شد. آزمایش‌ها به‌صورت اسپلیت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار طی سال زراعی ۱۳۹۹-۱۳۹۸ انجام گرفت. فاکتور اصلی سه رژیم رطوبتی شامل ۷۰، ۱٤۰ و ۲۱۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک کلاس A بود. ترکیب سطوح تیمارهای مختلف سوپر جاذب در ارقام گندم سطوح فاکتور فرعی را تشکیل دادند. به‌طوری‌که کود دامی گاوی به میزان ٤۰ تن در هکتار (به‌عنوان سوپر جاذب طبیعی)، سوپر جاذب شیمیایی Tarawat A-200 به میزان ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار و عدم کاربرد سوپر جاذب (شاهد) به‌همراه دو رقم گندم نان تجاری میهن و حیدری بودند. نتایج تجزیه مرکب داده‌ها نشان داد که صفات ارتفاع بوته، عملکرد دانه، تعداد دانه در سنبله، وزن هزار دانه، غلظت نیتروژن، فسفر و پتاس در اندام هوایی اختلاف آماری معنی‌داری را بین سطوح مختلف تیمارها و اثرات متقابل آنها حداقل در سطح احتمال پنج درصد داشتند. بیشترین عملکرد دانه در هر دو شهرستان ارومیه و خوی مربوط به رقم میهن در آبیاری ۷۰ میلی‌متر مربوط به تیمار سوپر جاذب شیمیایی به‌ترتیب به میزان ۷۹۳۰ و ۷۷٦۰ کیلوگرم در هکتار بود. در مقابل در تیمار آبیاری ۱٤۰ میلی‌متر و عدم مصرف سوپر جاذب در هر دو رقم میهن و حیدری، کمترین عملکرد دلنه رابه‌ترتیب ۱٤۹۰ و ۲۱۱۰ کیلوگرم در هکتار در شهرستان های ارومیه و خوی داشتند. غلظت نیتروژن و پتاسیم دراندام هوایی در تیمار سوپر جاذب شیمیایی بیشتر از کود دامی و شاهد بود درصورتی‌که غلظت فسفر در اندام هوایی در تیمار کودی دامی بیشتر از سوپر جاذب شیمیایی و شاهد بود. بر اساس نتایج آزمایش با مصرف خاکی پلی مر سوپر جاذب شیمیایی در درجه اول و کود دامی به‌عنوان سوپر جاذب طبیعی در درجه دوم، راهکار مناسبی جهت کاهش اثرات تنش رطوبتی در مناطق خشک و نیمه خشک استان و اقلیم های مشابه شناخته شدند.

واژه‌های کلیدی: آبیاری، پتاسیم، عملکرد دانه، کود دامی

[۱] و ۲. به‌ترتیب دانشجوی دکتری زراعت و استادیار، گروه زراعت، دانشگاه آزاد اسلامی، خوی، ایران
۳. دانشیار، بخش تحقیقات نهال و بذر، مرکز تحقیقات، آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان آذربایجان غربی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، ارومیه، ایران.
*: مسئول مکاتبات: پست الکترونیکی: Roshdi1349@yahoo.com

مقدمه

گندم نان مهمترین غله در تغذیه بشر و تامین‌کننده کالری بدن در جهان است. این گیاه با تولید سالانه بیش از ۶۰۰ میلیون تن، بیشترین مصرف را بین غلات دارد (٦). بیش از ۷۵ درصد از مناطق کشور دارای میزان بارندگی کمتر از ۲۵۰ میلی متر بوده و خطر وقوع خشکسالی در مناطقی مثل استان آذربایجان غربی امری بسیار جدی به حساب می آید. مدیریت صحیح منابع آب و استفاده از مواد سوپر جاذب با قابلیت جذب آب بالا در بخش کشاورزی، علاوه بر افزایش کارائی مصرف آب موجب کاهش خسارات ناشی از تنش خشکی می‌شود. از سایر مزایای کاربرد سوپر جاذب‌ها می‌توان به بهبود روابط آب، تهویه خاک، تشکیل بهتر ریشه، توسعه و رشد سریع گیاه و تحمل به تنش خشکی را نام برد (۱۹). پلی‌مرهای سوپر جاذب شیمیایی در خاک به مدت ۵ تا ۷ سال دوام داشته (۱۸) و با تشکیل پیوندهای هیدروژنی می‌توانند به میزان ۲۰۰ تا ٤۰۰ برابر وزن خودشان آب جذب کرده و به ۱۰۰ برابر اندازه قبلی خودشان برسند (۲۷). مصرف سوپر جاذب جهت تثبیت ساختمان خاک موجب افزایش نفوذ آب به خاک و کاهش مصرف آب و کاهش فرسایش خاک در آبیاری های شیاری می‌شود (۱۹). این مواد مقادیر زیادی از آب و مواد غذایی را در خود نگه داشته و در مواقع موردنیاز به‌تدریج در اختیار گیاه قرار می‌دهد. بنابراین رشد گیاه با عرضه محدود آب بهبود می‌یابد (۱۵). پلی‌مرهای سوپر جاذب بسته به منبع و ساختار آنها به دو گروه عمده طبیعی نظیر کودهای دامی و شیمیایی (سینتتیک) تقسیم می‌شوند (٢٤). افکاری (٤) مشاهده نمود که با کاربرد پلی‌مرهای سوپر جاذب شیمیایی صفات فیزیولوژیک به‌طور معنی‌داری بهبود یافت، ایشان نتیجه‌گیری نمود که با کاربرد این نوع پلی‌مرها می‌توان اثرات خسارت تنش خشکی را کاهش داد. جانسون (١٤) افزایش ۱۷۱ تا ٤۰۲ درصدی ظرفیت نگه‌داری آب را با کاربرد پلی‌مرهای سوپر جاذب شیمیایی در خاک‌های شنی گزارش نمود. به‌علاوه پلی‌مرهای سوپر جاذب شیمیایی آسیب ناشی از تنش خشکی را کاهش داده و مدت زمان رسیدن به نقطه پرمردگی گیاه را افزایش داد. این مواد خصوصیات فیزیکی خاک را بهبود بخشیده، موجب افزایش سرعت و ظهور جوانه زنی، رشد بهتر محصول و عملکرد شده و نیاز آبی گیاه را کاهش می‌دهد. پلی‌مر سوپر جاذب به‌عنوان ناقل و تنظیم‌کننده در آزاد سازی مواد غذایی در کاهش اتلاف کودی و استمرار در رشد گیاه سودمند است. کود گاوی موجب افزایش نفوذپذیری خاک، افزایش ظرفیت نگهداری آب در خاک، افزایش فعالیت میکروبی و مواد غذایی خاک و در نهایت منجر به افزایش جذب عناصر غذائی توسط گیاه می‌شود (۳). به‌علاوه سوپرجاذب طبیعی یا کود دامی میزان کربن آلی خاک را بهبود بخشیده و باعث افزایش محصول می‌شود. بیشتر بودن عملکرد دانه در تیمار کود دامی نیز می‌تواند به‌دلیل فراهمی بیشتر نیتروژن تا انتهای رشد و رهاسازی تدریجی آن و تطابق آن با نیازهای گیاه است (۱۳). مائو و همکاران (۲۰) در ارزیابی ذخیره آب خاک با مصرف سوپر جاذب شیمیایی در کشت ذرت در مناطق خشک کشور چین مشاهده نمودند که عملکرد دانه ۳۷ درصد در مقایسه با شاهد افزایش یافت. به‌علاوه صفات ارتفاع بوته، قطر ساقه، سطح برگ، ماده خشک کل، شاخص برداشت و محتوی نسبی آب، میزان پروتئین، نشاسته و قندهای دانه افزایش معنی‌داری را نشان داد. حسنوندی و همکاران (۱۰) به‌منظور بررسی اثر آبیاری تکمیلی و سوپر جاذب بر عملکرد کمی و کیفی گلرنگ نشان دادند که آبیاری تکمیلی، عملکرد دانه و درصد روغن دانه را افزایش، ولی درصد پروتئین و شاخص برداشت نیتروژن را کاهش داد. به‌علاوه آبیاری تکمیلی عملکرد دانه را در سال اول و دوم اجرای آزمایش به‌ترتیب ۳۳ و ۲۵ درصد افزایش داد. بیشترین میزان روغن دانه از آبیاری تکمیلی در مرحله گلدهی و پر شدن دانه به میزان ۲۹ درصد به‌دست آمد. مرتضوی و همکاران (۲۲) گزارش کردند که مصرف پلیمر سوپر جاذب شیمیایی در گندم باعث افزایش جذب آب توسط ریشه‌ها و متعاقب آن موجب افزایش شاخص سطح برگ و شاخص کلروفیل و در نهایت افزایش

جدول ۱. شرایط اقلیمی شهرستانهای ارومیه و خوی طی سال زراعی ۹۹-۱۳۹۸

شهرستان	عوامل اقلیمی	مهر	آبان	آذر	دی	بهمن	اسفند	فروردین	اردیبهشت	خرداد	تیر
خوی	بارندگی	۱۰/٤	۱/٤	۲٦/۳	۱۱/۹	۲۷/۳	٤۱/۹	۵۳/۱	٦۲/۵	۱٦/۷	۲۳/٤
	دماحداکثر	۳۱/۲	۲۱/٤	۱٦/٤	۱۵	۱٤	۲۲/٦	۲٤	۲۹	۳۵/٦	٤۲
	حداقل مطلق	۵	-۵	-۵	-۱۲/۸	-۱٤	-٤/٦	۰/۲	٤/۲	۸/٦	۱٤/٤
	رطوبت	۷۰	۸۸	۹۳	۸۹	۸۸	۸۵	۸۷	۸٤	٦۵	٦٦
	رطوبت	۲٤	۳۵	۵٤	۵۵	۵٤	٤۲	٤۲	۳۷	۱۹	۲۷
ارومیه	ساعت آفتابی	۲٤۸	۲۲٤	۱۰۸	۹۱/۸	۱۲۹	۱٦۲	۱۸۱	۲۲۸	۳۵٦	۲۹۳
	تبخیر (میلی	۱٤۲	۲۷/۲	۰	۰	۰	۰	٦۸/۷	۱٦۲	۳۰۸	۳۲٤
	یخبندان (روز)	۰	۱۷	۱۱	۲٤	۲۵	٦	۰	۰	۰	۰
	بارندگی	۱۵/٤	۲/۱	۵۳/۸	٤۰/۱	۷۱/۳	۳۰/۵	۵۲/۳	٤۰/٤	۱۱/۹	۲/۵
	حداکثر مطلق	۳۱/۲	۱۸/٦	۱٤/۸	۱۲/٤	۱۱	۱۹/٤	۲۲/٤	۲۸/۲	۳۲/٦	۳۷/۸
	حداقل مطلق	٦/٤	-۳/٦	-۳/٤	-۹/۸	-۱٤/٦	-۲/۸	۱	۵/٦	۱۰/٦	۱٤/٦
	رطوبت	۵٦	٦۷	۸٤	۷۹	۷۷	۷٤	۷۸	۷۱	۵۰	۵۷
	رطوبت	۳۲	٤۳	۵۵	٦۳	۵٤	٤۲	٤٦	۳۷	۲۳	۳۱
	ساعت آفتابی	۲٦۹	۲۱۹	۱۲۳	۱٦۷	۱۵۰	۱٦۲	۱۷۷	۲٦۷	۳۳۲	۳۲۳
	تبخیر (میلی	۱۱۰	۱۰/۳	۰	۰	۰	۰	۵۳/۲	۱۳٤	۲۱٦	۲۵۳
	یخبندان (روز)	۰	۰	۱۹	۳۰	۲۱	۱۵	۱	۰	۰	۰

قدرت منبع شد. کاربرد سوپر جاذب همچنین موجب افزایش اجزای عملکرد دانه شامل تعداد پنجه بارور، تعداد دانه در سنبله و وزن هزار دانه شد که در نهایت باعث افزایش عملکرد دانه شد. بیشتر بودن عملکرد دانه در تیمار کود دامی نیز می‌تواند به‌دلیل فراهمی بیشتر نیتروژن تا انتهای رشد و رهاسازی تدریجی آن و تطابق آن با نیازهای گیاه باشد (۲۱). با توجه به نتایج تحقیقات انجام گرفته، هدف از این تحقیق بررسی صفات مورفوفیزیولوژیک ارقام تجاری گندم آبی نان تحت تیمارهای مختلف تنش خشکی و کاهش اثرات آن با مصرف سوپر جاذب شیمیایی و کود دامی به عنوان سوپر جاذب طبیعی بود.

مواد و روش‌ها

این تحقیق در سال زراعی ۹۹-۱۳۹۸در دو مکان یکی در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه ارومیه و دیگری در ایستگاه تحقیقات کشاورزی استان آذربایجان غربی، شهرستان خوی به‌ترتیب با مختصات جغرافیایی ۳۷ درجه و ۳ دقیقه شمالی و ٤۵ درجه و٤ دقیقه شرقی و ۳۸ درجه و ٤۵ دقیقه شمالی و ٤۵ درجه و ۱۵ دقیقه شرقی، ارتفاع متوسط از سطح دریا ۱۳٤۰ متر و ۱۱۳۰ متر اجرا شد. اجرای آزمایش در دو مکان جداگانه می‌تواند در کاهش اشتباه آزمایشی و افزایش اعتبار علمی تحقیق موثر باشد. ضمنا به‌دلیل متفاوت بودن شرایط اقلیمی و بافت خاک دو مکان، اثر آنها بر تیمارهای مورد بررسی ارزیابی شد تا نتایج حاصل از دو مکان اجرای آزمایش اگر از روند مشابهی برخوردار باشند بتوان نتایج آن را حداقل به دو شهرستان و یا شهرهای با اقیلم و بافت خاک مشابه توصیه نمود.

استان آذربایجان غربی از نظر اقلیمی جزء مناطق خشک و نیمه خشک با متوسط بارندگی سالیانه ۳۹۰ میلی متر، متوسط دما ۱۱/۳ درجه سانتیگراد و میانگین رطوبت نسبی۷۵ درصد است (جدول ۱).

آزمایش به‌صورت اسپلیت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در دو مکان ارومیه و خوی اجرا شد. فاکتور اصلی تیمار آبیاری در سه سطح شامل آبیاری بهینه، تنش

جدول ۲. خصوصیات فیزیکو شیمیایی پلیمر سوپر جاذب شیمیایی و کود دامی به عنوان سوپر جاذب طبیعی

نوع	خصوصیات	سوپر جاذب	خصوصیات	سوپر جاذب
شیمیایی	حلالیت	نامحلول در آب و محلول‌های آلی، پس از تماس با محلول‌های آبی به ژل متورم تبدیل می‌شود	اکریلیک اسید	<۶۰۰
	pH	۸/۷–۵/٤	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	۷ سال طول می‌کشد تا کامل تجزیه شود بسته به شرایط آب و هوایی و خاک، میزان تجزیه در هر سال ۱۰ تا ۱۵ درصد می‌باشد.	آب مفید برای گیاه	بیشتر از ۹۵ درصد
طبیعی	حلالیت	نامحلول در آب و محلول‌های آلی	اکریلیک اسید	–
	pH	۷/٤	سمیت و اکولوژی	غیر سمی برای گیاهان، موجودات خاک و آب زیرزمینی
	جذب آب	۲ برابر وزن خود	ندازه ذرات	–
	دوام	بسته به شرایط آب و هوایی و خاک، ۲ تا ٤ سال طول می‌کشد تا کامل تجزیه شود	آب مفید برای گیاه	بیشتر از ۷۵ درصد

ملایم خشکی و تنش شدید خشکی به‌ترتیب آبیاری بعد از ۷۰، ۱٤۰ و ۲۱۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک کلاس A بود. فاکتور فرعی شامل ترکیبی از کود دامی به‌عنوان سوپر جاذب طبیعی با مصرف ٤۰ تن در هکتار و پلی‌مر سوپر جاذب شیمیایی (جدول ۲) Tarawat A-200 با کاربرد ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار و شاهد (عدم کاربرد) و ارقام گندم نان آبی میهن (با شجره Bkt/90_Zhong87) و حیدری (تلاقی لاین Ghk″s″/Bow″s″//90Zhong87 با رقم شیرودی) در دو سطح بود. ارقام میهن و حیدری در سال اجرای آزمایش دو رقم جدید اصلاح شده و رایج گندم آبی معرفی شده به کشاورزان منطقه بوده و در آن سال ارقام رایج دیگری نداشتیم تا وارد آزمایش نماییم.

پس از شخم و آماده سازی زمین، کرت‌های فرعی به ابعاد ۲×۳ متر ایجاد و عملیات تسطیح صورت گرفت. بین کرت‌ها، حدود ۰/۵ متر به‌عنوان حاشیه در نظر گرفته شد. بین تیمار آبیاری مطلوب و تنش خشکی نیز فاصله ٤ متر منظور شد. تمامی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک محل‌های اجرای آزمایش در جدول ۳ نشان داده شده است. قبل از کاشت ۸۰ کیلوگرم در هکتار کود سوپر فسفات 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.

کاشت در دو مکان در نیمه اول آبان ماه با تراکم ٤۵۰ بذر در هر مترمربع انجام و آبیاری صورت گرفت. جهت مبارزه با علف‌های هرز پهن برگ در هفته آخر فروردین ماه با علف کش توفوردی سمپاشی شد. کود اوره در سه نوبت در مراحل پیش از کاشت، ساقه‌دهی و سنبله‌دهی به میزان ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار مصرف شد. تیمارهای آبیاری از اواخر فروردین تا مرحله رسیدگی فیزیولوژیک اعمال شد. به‌طوری‌که تعداد چهار نوبت آبیاری برای شرایط بهینه

جدول ۳. خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک محل های اجرای آزمایش آزمایش در شهرستان های ارومیه و خوی

پارامتر	ارومیه	خوی
عمق خاک (۳۰cm–۰)	۰–۳۰	۰–۳۰
بافت خاک	لومی	شن لومی
هدایت الکتریکی (دسی زیمنس بر متر)	۱/۳۲	۱/۲۹
pH	۷/۱۷	٦/۷۷
رطوبت اشباع (درصد)	۳۰/٥٤	۳۰/٥
آهک (درصد)	١٦	۱۱/٥
رس (درصد)	۳۲/٦	۱۲/٦
سیلت (درصد)	۳٦/٦	۱۹/۱
شن (درصد)	۳۰/۷	٦۸/۲
کربن آلی (درصد)	۱/۸۲	۱/٥٥
نیتروژن (درصد)	۰/۱٥	۰/۱۳
فسفر (میلی‌گرم بر کیلوگرم)	١٦/٥	۲۱/۰
پتاسیم (میلی‌گرم بر کیلوگرم)	۳۸٦	٤٦٥

رشد، سه نوبت آبیاری برای تیمار تنش ملایم خشکی و دو نوبت آبیاری برای تنش شدید خشکی انجام گرفت. اندازه گیری صفات با برداشت کرت‌ها از نیمه اول تیرماه انجام گرفت.

برای محاسبه صفات از وسط هر کرت دو مترمربع کف بر و به آزمایشگاه منتقل شد.

ماده خشک کل: برای اندازه گیری ماده خشک کل هر کرت، نمونه‌های برداشت شده با ترازو توزین و به واحد سطح تبدیل شد.

تعداد سنبله در واحد سطح: برای تعیین تعداد سنبله در واحد سطح، کل سنبله های برداشت شده از هر کرت شمارش شدند.

عملکرد دانه: برای اندازه گیری عملکرد دانه به طور جداگانه نمونه‌ها را خرمنکوب کرده و پس از جدا شدن دانه‌ها از کاه و کلش عملکرد دانه توزین شد.

وزن هزار دانه: برای تعیین وزن هزار دانه ۵ نمونه صدتایی از هر کرت شمارش و با ترازوی با حساسیت یک دهم گرم توزین و میانگین گرفته شد.

ارتفاع بوته: برای اندازه گیری ارتفاع بوته از هر کرت ۱۰ نمونه به طور تصادفی انتخاب و پس از اندازه‌گیری میانگین آنها محاسبه شد.

تعداد دانه در هر سنبله: برای اندازه‌گیری تعداد دانه در سنبله از هر کرت ۱۰ نمونه به‌طور تصادفی انتخاب و پس ازشمارش تعداد دانه هرسنبله میانگین آنها محاسبه شد.

برای اندازه‌گیری غلظت نیتروژن، فسفر و پتاسیم در اندام هوایی از دستگاه های کجلدال، اسپکتروفتومتر و فلیم فتومتر استفاده شد.

به‌منظور اطمینان از نرمال بودن داده‌ها میزان چولگی و کشیدگی اعداد محاسبه شد. به‌علاوه قبل از تجزیه واریانس مرکب اعداد آزمون بارتلت جهت یکنواختی واریانس‌های اشتباهات آزمایشی انجام گرفت و پس از اطمینان از یکنواختی واریانس‌های اشتباهات آزمایشی تجزیه مرکب داده‌ها، مقایسه میانگین‌ها با آزمون توکی در سطح احتمال پنج درصد با نرم افزار آماری Mstatc انجام گرفت.

نتایج و بحث

ماده خشک کل

باتوجه به معنی‌داربودن اثرات ساده و متقابل دوجانبه (به‌غیر از مکان در آبیاری)، سه جانبه و چهارجانبه عوامل آزمایشی ماده خشک کل حداقل در سطح احتمال پنج درصد (جدول٤)، بررسی مقایسه میانگین اثرات چهارجانبه ی مکان، آبیاری، کود و رقم نشان داد که

جدول ٤. میانگین مربعات مرکب صفات مورفوفیزیولوژیک ارقام گندم نان در دو مکان و تیمارهای آزما یشی

منابع تغییرات	درجه آزادی	ارتفاع بوته	ماده خشک کل	سنبله در مترمربع	عملکرد دانه	دانه در سنبله	وزن هزار دانه	نیتروژن	فسفر	پتاس
مکان	۱	۱۱۳/۲۵**	۳۵٤٥٤*	۹۳۰٤٥**	۳۳۵۲۲٤**	۱۳۷۹**	۳٤۳**	۰/٦۲*	۰/۲٤ns	۸۲/۹*
تکرار در مکان	٤	۲۰/۰٦	۱۲۰٥٥	٦۱٥۷	۱۰۷۹۸	۱٤	٤/٤۸	۰/۰٦	۰/۱٦	٦/۰۲
آبیاری	۲	۱۲۹/۸٤**	٤٥۰٥**	۳۲۸۷۷**	۱۳٦۲۸۹/۰۳**	۲۷٦**	۸۸٦**	۱/۱٦**	/٥۲**	۱۲۱**
مکان×آبیاری	۲	۲/۰٦ns	۱۸۱۷٥ns	۱۳٥٥ns	۲٤٥۷۲*	۲۳/۲۳ns	۱٦۸**	۰/۳٤*	۱/٥٥*	۱٥۲**
اشتباه اصلی	٦	۸/۳۳	٤۲٥/۷٥	٥۸۲۷	۳۲۱٥	۱۸/۱	۱/٦۹	۰/۰٦	۰/۱۷	٦/٥۷
کود	۲	۱٥۹**	۱۲۰۰٥*	٥۳۳۳٥**	٥۷۸۸٦**	۳۸۲**	٥۱/٥**	۰/۲۹**	/۳٦**	۹٤**
مکان×کود	۲	٦۳/۱**	۲۰۹۷**	۱۲۲۰۲**	۲۳۱۸۹**	۹/٤۸ns	۱۳/٥*	۱/۷٥**	۰/۸۹*	۱۹/۰**
آبیاری×کود	٤	۸۱/۸**	۱۹۰۱**	٥۱۷۷۷**	۱۱۱۸۷۲**	٤۱/۰ns	۲۳/۷**	۰/۲۷**	۰/۳۰ns	٤۲۸**
مکان×آبیاری×کود	٤	۲۹/۷**	۲۲۳٦**	۱۰٦٦۲**	۳٦۷۹۳**	۱۲/۹**	۲۰/٦**	۰/٤۱**	۰/۰۸ns	۲۲/۳**
رقم	۱	۱۸۰/۹۲**	۹٦۰۷**	٦۷۸۰۰**	۱۰/۱ns	٤۲٤**	۳٥۱**	۱/۳۲**	۰/۰۹ns	۳۹۲**
مکان×رقم	۱	۲۷/۰*	۹۱۳٦**	٥۲٤٤۸**	۱۷۰٥۰**	۲۰۲**	۱۲/۷ns	۰/۳٦*	۰/۸۷*	٦۲/۸**
آبیاری×رقم	۲	٤۰/۹**	۱٥٥۸۷*	۷۱۱۲**	٥۲۸٤۲**	۹۱/۸*	۱۹/۳*	۰/۰۸ns	۱/٤۱**	۸٥/۸**
مکان×آبیاری×رقم	۲	۲٥/۹**	٤٤٤٥**	۲۸٥۷ns	۲۹۲ns	٥۷/٥ns	۱۲/۰ns	۰/۱۸*	۰/٤۳ns	٥۳/٥**
کود×رقم	۲	۱٦/۲*	۱۹۳٦**	۹۷۰۹**	۱۸٥۹ns	٦۱/٤ns	۷۰/۲**	۰/۲٤*	/۲٦**	۲۳۹**
مکان×کود×رقم	۲	۳۱/٦**	۱۱۷۳۰*	۱۳٦۳۰**	٤۰٦۹ns	۱۱۰**	۸/۳۷ns	/۳۱**	۰/۰٥ns	٤/۳٥ns
آبیاری×کود×رقم	٤	۱٦/٤*	٥۹۱٦**	۱۱٥٤٤**	۲۹٤۲٤**	۹/۰۰ns	۷/۳۳**	/٦۷**	۰/۲۱ns	۳٥۸**
مکان×آبیاری×کود×ر	٤	۱/٦۱ns	۱۱۲۰۲*	۱۲٦٥۷**	۲۲۸۱۳**	۳/٥۳ns	۱٥/۱**	/٦۰**	۰/۱٤ns	۲۹/٦**
اشتباه فرعی	٦۲	٥/۸۷	۳۹٥۸	۱٥٤٦	۲۸۲۹	۲۲/۹	٤/٥٦	۰/۰٥	۰/۲۱	۲/٤۰
ضریب تغییرات (درصد)		۳/۰۲	۱۱/۳۳	۱۱/٥٤	۱۰/۹۸	۸/۰٦	٥/۲۰	۱۱/٦٥	٦/۷۰	٤/٦۸

ns، * و **: به ترتیب عدم اختلاف آماری معنی دار و معنی دار در سطوح احتمال پنج و یک درصد

رقم میهن در شرایط سوپرجاذب شیمیایی و تحت تنش ملایم خشکی در شرایط آب و هوایی ارومیه از بیشترین ماده خشک کل به مقدار٦۸۷۰ کیلوگرم در هکتار برخوردار بود. در رتبه ی دوم همین رقم در تیمار کودی شاهد و شرایط بهینه رشد در دو شهرستان ارومیه و خوی به‌ترتیب به میزان ۷۳۸۰ و ۷٤٤۰ کیلوگرم در هکتار قرار داشت. کمترین میزان ماده خشک کل در شهرستان ارومیه و خوی به رقم حیدری تحت تأثیر سوپرجاذب شیمیایی و تنش شدید خشکی با مقادیر ۳۹٥۰ و ٤۲٥۰ کیلوگرم در هکتار بود (جدول ٥).

بررسی داده های اثرات ساده ترکیبات سوپرجاذب حاکی از برتری سوپر جاذب طبیعی از لحاظ ماده حشک کل در مقایسه با دو سطح دیگر، بیانگر آن است که این تیمار علاوه بر اینکه در حفظ رطوبت خاک همانند تیمار سوپر جاذب شیمیایی ایفای نقش می‌کند مزیت دوم آن این است که حاوی مواد غذایی قابل جذب توسط گیاه از جمله نیتروژن است که موجب بهبود رشد اندام‌های هوایی آن می‌شود. علت کاهش ماده خشک کل تحت تنش رطوبتی شدید ناشی از کاهش زمان پر شدن دانه و محدود شدن بافت‌های منبع و مخزن، بارگیری کم آوندهای آبکش و انتقال مواد فتوسنتزی به

جدول ۵. گروه بندی صفات مورد اندازه گیری بر اساس اثر متقابل مکان در آبیاری در کود در رقم

مکان	آبیاری	کود	رقم	ماده خشک کل (کیلوگرم در هکتار)	سنبله درمترمربع	عملکرد دانه(کیلوگرم در هکتار)	وزن هزار دانه(گرم)	نیتروژن (درصد)	پتاسیم (درصد)
ارومیه	ملایم	شاهد	میهن	۷۳۸۰^{ac}	۲۷۷^{gl}	۳۷۵۰^{fg}	۴۸/۷^{ad}	۲/۴^{ac}	۱/۰۳^{bh}
			حیدری	۴۴۲۰^{de}	۵۱۷^{ab}	۵۵۱۰^{bf}	۴۳/۱^{ch}	۱/۶^{df}	۰/۹۳^{bi}
		طبیعی	میهن	۵۹۴۰^{be}	۴۶۵^{ad}	۷۸۲۰^{a}	۵۰/۲^{ac}	۱/۸^{cf}	۱/۱۵^{af}
			حیدری	۶۰۴۰^{be}	۴۵۴^{ae}	۶۹۴۰^{ac}	۴۴/۶^{ag}	۱/۸^{cf}	۰/۵۱^{hj}
		شیمیایی	میهن	۵۸۴۰^{be}	۴۲۱^{af}	۷۹۳۰^{a}	۴۹/۱^{ad}	۳/۱^{a}	۰/۸۶^{ci}
			حیدری	۵۹۵۰^{be}	۴۵۱^{ae}	۵۳۵۰^{cf}	۴۵/۸^{ae}	۲/۴^{ac}	۰/۹۶^{bi}
	شدید	شاهد	میهن	۴۸۲۰^{de}	۴۲۵^{af}	۵۱۳۳^{cf}	۳۸/۸^{el}	۱/۶^{df}	۱/۱۵^{af}
			حیدری	۴۸۳۰^{de}	۵۴۸^{a}	۵۱۱۰^{df}	۳۳/۸^{ko}	۱/۶^{df}	۱/۱۸^{af}
		طبیعی	میهن	۷۳۶۰^{ac}	۳۳۲^{dj}	۳۸۵۳^{fg}	۴۰/۳^{ek}	۲/۰^{be}	۱/۱۳^{af}
			حیدری	۵۴۹۰^{be}	۴۳۳^{af}	۵۴۰۰^{cf}	۳۷/۵^{gm}	۱/۲^{f}	۱/۱۸^{af}
		شیمیایی	میهن	۸۷۰۰^{a}	۳۱۴^{fk}	۳۷۱۰^{fg}	۴۰/۹^{ek}	۲/۲^{bd}	۰/۹۹^{bh}
			حیدری	۴۶۶۰^{de}	۴۹۴^{ac}	۴۵۷۶^{ef}	۳۵/۶^{in}	۲/۰^{be}	۱/۲۷^{ac}
	شدید	شاهد	میهن	۵۳۱۰^{be}	۲۲۲^{im}	۱۶۴۳^{h}	۳۷/۸^{fl}	۲/۴^{ac}	۰/۹۷^{bi}
			حیدری	۵۶۸۰^{be}	۲۳۲^{im}	۱۴۹۳^{h}	۲۶/۶^{o}	۱/۸^{cf}	۰/۷۰^{el}
		طبیعی	میهن	۵۳۶۰^{be}	۲۲۹^{im}	۱۷۹۳^{h}	۲۹/۸^{no}	۱/۶^{df}	۱/۰۵^{bg}
			حیدری	۵۲۹۰^{ce}	۱۸۵^{km}	۱۶۰۶^{h}	۳۲/۴^{lo}	۲/۲^{bd}	۱/۲۵^{ad}
		شیمیایی	میهن	۶۲۰۰^{bd}	۲۱۹^{jm}	۱۷۵۳^{h}	۳۷/۰^{hn}	۲/۶^{bd}	۱/۴۰^{ab}
			حیدری	۳۹۵۰^{e}	۴۳۹^{af}	۳۷۳۰^{fg}	۳۴/۷^{jn}	۲/۰^{be}	۱/۳۴^{ac}
خوی	ملایم	شاهد	میهن	۷۴۴۰^{ab}	۴۰۵^{bg}	۷۲۵۳^{ab}	۴۲/۸^{di}	۱/۴^{ef}	۱/۰۲^{bh}
			حیدری	۴۸۵۰^{de}	۳۵۴^{di}	۵۹۲۰^{be}	۳۸/۹^{el}	۲/۴^{ac}	۰/۸۶^{ci}
		طبیعی	میهن	۵۸۲۰^{be}	۲۷۰^{hl}	۶۹۴۳^{ac}	۵۱/۷^{a}	۲/۲^{bd}	۰/۹۲^{bi}
			حیدری	۵۷۲۰^{be}	۳۱۳^{fk}	۶۳۷۶^{ae}	۴۳/۸^{bh}	۲/۶^{ab}	۰/۴۵^{j}
		شیمیایی	میهن	۶۰۲۰^{be}	۴۴۰^{af}	۷۷۶۶^{a}	۵۰/۵^{ab}	۲/۶^{ab}	۰/۵۷^{gj}
			حیدری	۵۵۴۰^{be}	۳۶۹^{ch}	۶۱۴۳^{ae}	۴۵/۵^{ae}	۱/۴^{ef}	۰/۷۳^{di}
		شاهد	میهن	۴۹۶۰^{de}	۳۸۵^{bh}	۶۵۸۳^{ad}	۴۲/۰^{di}	۲/۲^{bd}	۱/۱۲^{ae}
			حیدری	۵۷۳۰^{be}	۴۹۱^{ac}	۶۴۹۰^{ad}	۴۴/۹^{af}	۲/۰^{be}	۱/۰۵^{bg}
		طبیعی	میهن	۴۵۶^{de}	۳۲۸^{ej}	۵۹۲۰^{be}	۴۴/۰^{bh}	۲/۲^{bd}	۱/۳۴^{ac}
			حیدری	۵۴۹۰^{be}	۳۲۵^{ej}	۶۵۰۰^{ad}	۴۲/۲^{di}	۱/۳^{ef}	۰/۸۳^{ci}
		شیمیایی	میهن	۴۷۷۰^{de}	۳۴۸^{dj}	۵۳۵۰^{cf}	۴۴/۹^{af}	۱/۵df	۰/۸۹^{bi}
			حیدری	۵۱۰۰^{de}	۳۳۵^{dj}	۵۶۷۶^{be}	۴۲/۰^{di}	۱/۶^{df}	۱/۲۷^{ac}

ادامه جدول ۵.

شدید	شاهد	میهن	٤٤٩٠^{de}	١١٦^{m}	٢١١٣^{gh}	٤٠/٧^{ek}	١/٨^{cf}	١/٢١^{ae}
		حیدری	٥٤٨٠^{be}	١٣٤^{m}	٢٣١٣^{gh}	٣٠/٣^{mo}	١/٦^{df}	٠/٦٧^{fi}
	طبیعی	میهن	٥٩٩٠^{be}	١٤٥^{lm}	٢٣٤٠^{gh}	٤٠/٠^{ek}	١/٨^{cf}	١/٢١^{ae}
		حیدری	٦١١٠^{bd}	١٣٥^{m}	٢٥٤٣^{gh}	٤٢/٩^{dh}	١/٤^{ef}	١/٣١^{ac}
	شیمیایی	میهن	٤٣٦٠^{de}	٣٣٥^{dj}	٥٤٢٦^{cf}	٤٢/١^{di}	١/٦^{df}	١/٦٥^{a}
		حیدری	٤٢٥٠^{de}	٣٧٠^{ch}	٥٥٢٦^{bf}	٤١/٩^{dj}	٢/٠^{be}	١/١٨^{af}

میانگین های دارای حروف مشابه در هر ستون فاقد تفاوت معنی دار در سطح احتمال ۵ درصد با آزمون توکی می‌باشند.

مخزن است (۹). درصد تغییرات ماده خشک کل در مقایسه با شاهد تحت شرایط بهینه در رقم میهن در هر دو شرایط کود دامی و سوپر جاذب شیمیایی به میزان ۲۰- و ۱۹- درصد ولی در رقم حیدری به‌ترتیب به‌میزان ۲٦+ و ۲۳+ درصد بودند، علت آن به ژنتیک نوع رقم بستگی داشت. این روند تحت تنش ملایم خشکی برعکس بوده و در تیمار تنش شدید خشکی در هر دو سوپرجاذب طبیعی و شیمیایی موجب افزایش ماده خشک کل شد و این افزایش برای رقم حیدری در تیمار سوپر جاذب شیمیایی بیشترین مقدار (۲٦ درصد) بود (جدول ٦). در نتایج اسلام و همکاران (١٦) بیشترین مقدار ماده خشک کل از مصرف سوپر جاذب شیمیایی به‌دست آمد که در آزمایش حاضر نیز بیشترین میزان ماده خشک کل از رقم میهن با مصرف پلی‌مر سوپر جاذب شیمیایی بود. اله‌دادی و همکاران (۵) نیز در ذرت با کاربرد پلیمر سوپر جاذب شیمیایی افزایش ماده خشک کل را مشاهده کردند. توحیدی مقدم و همکاران (٢٦) اظهار داشتند که تنش خشکی باعث کاهش ماده خشک گندم، همانند نتایج این آزمایش شد. ایشان با مصرف پلی‌مر سوپرجاذب شیمیایی تحت شرایط تنش خشکی، ماده خشک کل را بهبود دادند. به‌علاوه زارعی سیاه بیدی و رضایی زاد ( ) نتیجه‌گیری نمودند که استفاده از پلیمر سوپر جاذب شیمیایی می‌تواند بطور نسبی اثرات منفی حاصل از تنش خشکی را کاهش دهد.

تعداد سنبله در واحد سطح

این جزء عملکرد تحت تاثیر معنی‌دار اثرات متقابل دوجانبه (به غیر از مکان در آبیاری)، سه جانبه (به غیر از مکان در آبیاری در رقم) و چهار جانبه عوامل آزمایشی قرار گرفت (جدول ٤). بیشترین تعداد سنبله در مترمربع (٥٤٨ عدد) در شهرستان ارومیه را رقم حیدری با تنش خشکی ملایم و در سطح کودی شاهد نشان داد، به‌طوری‌که تفاوت این تیمار با رقم حیدری در شهرستان ارومیه با آبیاری بهینه و سطح کودی شاهد (۵۱۷ عدد) از لحاظ آماری با آمون توکی در سطح احتمال پنج درصد معنی دار نبود. کمترین تعداد سنبله در واحد سطح در همین شهرستان به رقم حیدری در تیمار سوپر جاذب طبیعی و تحت شرایط تنش شدید خشکی به میزان ۱۸۵ عدد بود (جدول ۵). در شهرستان خوی نیز رقم حیدری در تیمار شاهد و تحت تنش ملایم خشکی بیشترین تعداد سنبله در واحد سطح (٤٩١) را داشت. صرفنظر از نوع رقم بیشترین تعداد سنبله در واحد سطح به منطقه ارومیه به میزان ۳۷۰ عدد در مقایسه با خوی ۳۱۱ عدد تعلق داشت. تیمارهای آبیاری بهینه با تنش ملایم خشکی از تعداد سنبله در واحد سطح مشابهی برخوردار بودند و کمترین سنبله در واحد سطح به تنش شدید خشکی با ۲۳۰ سنبله در مترمربع اختصاص داشت. تشابه تعداد سنبله در واحد سطح در تیمار آبیاری بهینه با تنش ملایم خشکی حاکی از آن است که احتمالا در شرایط آبیاری بهینه میزان آب داده شده بیش از نیاز گیاه

جدول ٦. درصد تغییرات صفات ارقام گندم نان تحت رژیم های مختلف رطوبتی و سوپر جاذب در مقایسه با سطح کودی شاهد

رژیم رطوبتی	سوپر جاذب	رقم	ارتفاع بوته	ماده خشک کل	سنبله در متر مربع	عملکرد دانه	دانه در سنبله	وزن هزار دانه	نیتروژن	فسفر	پتاسیم
بهینه	طبیعی	میهن	−۱	−۲۰	+۸	+۳٤	+۱۲	+۳	−۵	−۱۲	−۱
		حیدری	−٤	+۲٦	−۱۲	+۱٦	+۱۲	+۸	−۹	+٤	+٤٦
	شیمیایی	میهن	+٤	−۱۹	+۲٦	+٤۲	+۱	−۵	−٤۸	+۱	+۲۹
		حیدری	+۱	+۲۳	−٦	+۱	+٦	+۱۱	−٤	+۱٤	+۲۰
ملایم	طبیعی	میهن	−٦	+۲۱	−۱۸	−۱٦	+۱۰	+٤	−۹	−۵	−۱۸
		حیدری	−۵	+۳	−۲۷	+۳	−۱	+۲	+۲۰	+۱	+۱۰
	شیمیایی	میهن	−۳	+۳۷	−۱۸	−۲۲	+۲	+٦	+٤	−۱	+۱۷
		حیدری	−۱	−۷	−۲۰	−۱۱	+۷	−۲	+۱۰	+۳	−۱۳
شدید	طبیعی	میهن	+٤	+۱۵	+۱۱	+۱۰	+۱۹	+۱۱	−۱۵	−۷	−٤
		حیدری	+٤	+۲	+۱۲	+۹	+۱٦	+۳۲	−۵	−۱	−۸۸
	شیمیایی	میهن	+۷	+۷	+٦۳	+۹۱	+۱۰	+۱	−۱	+۲	−٤۰
		حیدری	+۱۵	+۲٦	+۱۲۱	+۱٤۳	+۱۵	+۳٤	−۱۳	+۹	−۸۳

درصد تغییرات صفات=۱۰۰×شاهد/(سطح کودی – شاهد)

بوده و تیمارهای سوپر جاذب طبیعی و شیمیایی موجب افزایش ظرفیت نگه‌داری آب خاک شده است، درصورتی‌که تحت تنش ملایم تیمارهای سوپر جاذب موجب افزایش ظرفیت مزرعه‌ای و حفظ آب آبیاری در حد نیاز گیاه می‌شوند. صرف نظر از نوع منطقه تعداد سنبله در واحد سطح رقم حیدری (۳٦۵) بیشتر از رقم میهن (۳۱۵) بود. به‌نظر می‌رسد علاوه بر نوع سوپر جاذب مقادیر مصرف آن نیز حائز اهمیت است، به‌طوری‌که اسلام و همکاران (۱۵) مشاهده کردند با مصرف مقادیر پایین سوپر جاذب شیمیایی در مقایسه با مصرف دو برابری آن در گندم تعداد پنجه بارور چهار برابر افزایش یافت. درصد تغییرات تعداد سنبله در مترمربع تحت شرایط بهینه رطوبتی در رقم میهن با مصرف کود دامی و سوپر جاذب به میزان ۸+ و ۲٦+ درصد، ولی رقم حیدری ۱۲− و ٦− درصد بود. تحت تنش ملایم خشکی کلیه ارقام در سطوح مختلف سوپر جاذب سیرنزولی داشته ولی تحت تنش شدید خشکی در هر دو تیمار سوپر جاذب طبیعی و شیمیایی در هر دو رقم میهن و حیدری تعداد سنبله در واحد سطح افزایش یافت و این افزایش در تیمار سوپر جاذب شیمیایی در ارقام میهن و حیدری به‌ترتیب ٦۳+ و ۱۲۱+ درصد در بیشترین مقدار بود (جدول ٦).

عملکرد دانه

اثرات ساده عوامل آزمایشی (به غیر از رقم)، سه جانبه آبیاری در کود در رقم و چهارجانبه مکان در آبیاری در کود در رقم بر عملکرد دانه در سطح احتمال یک درصد معنی دار بود (جدول ٤). بیشترین عملکرد دانه در دو شهرستان ارومیه و خوی مربوط به رقم میهن

در شرایط آبیاری بهینه مربوط به تیمار سوپر جاذب شیمیایی به‌ترتیب به میزان ۷۹۳۰ و ۷۷۶۰ کیلوگرم در هکتار بود. به‌علاوه همین رقم نیز در شرایط آبیاری بهینه در شهرستان ارومیه در تیمار سوپر جاذب طبیعی ۷۸۲۰ کیلوگرم در هکتار عملکرد دانه داشته و با دو تیمار بالا در یک گروه آماری قرار داشت، در مقابل تحت تنش شدید خشکی و سطح کودی شاهد هر دو رقم میهن و حیدری کمترین میزان عملکرد دانه در محدوده بین ۱۴۹۰ تا ۲۱۱۰ کیلوگرم در هکتار به‌ترتیب در شهرستان‌های ارومیه و خوی تولید کردند (جدول ۵). مقایسه سطوح مختلف آبیاری نشان داد که در آبیاری بهینه بیشترین عملکرد دانه (٦٤٧٠ کیلوگرم در هکتار)، در تنش ملایم خشکی (۵۳۵۰ کیلوگرم در هکتار) و در تنش شدید رطوبتی کمترین عملکرد (۲٦۹۰ کیلو گرم در هکتار) در واحد سطح به‌دست آمد. دلیل کاهش عملکرد دانه تحت تنش خشکی به حساسیت بیشتر رشد زایشی گندم نسبت به رشد رویشی نسبت داده شده است که این کاهش توسط سایر محققان هم گزارش شده است (۱). تیمار سوپر جاذب شیمیایی دارای بیشترین مقدار عملکرد دانه به میزان ۵۲٤۰ کیلوگرم در هکتار بود و پس از آن تیمار سوپر جاذب طبیعی (٤۸۳۰) و سطح کودی شاهد (٤٤٤۰) در رتبه‌های بعدی از لحاظ عملکرد دانه قرار داشتند. رقم میهن دارای عملکرد دانه با میانگین ٤۸۳۰ و حیدری با میانگین ٤۸٤۰ کیلوگرم در هکتار بودند. میزان عملکرد منطقه خوی با مقدار ۵٤۰۰ کیلوگرم در هکتار بالاتر از منطقه ارومیه با میانگین ٤۲۸۰ کیلوگرم در هکتار بود. تعداد دانه در سنبله از مهم‌ترین اجزای عملکرد دانه بوده که تحت تنش شدید خشکی کاهش محسوسی می‌یابد (۱۷). علت کاهش آن ناشی از کاهش مواد فتوسنتزی بوده و تداوم این شرایط باعث کاهش گرده‌افشانی و عدم باروری سنبلچه‌ها و یا اینکه به‌دلیل تنش خشکی برخی از گل‌های تلقیح شده موفق به دریافت مواد فتوسنتزی جهت پر شدن دانه نخواهند شد که متعاقب آن تعداد دانه در سنبله کم می‌شود و با افت این صفت عملکرد دانه نیز کاهش می‌یابد (۸). عیدی‌زاده و همکاران (۷) نیز مشابه چنین نتایجی را گزارش دادند.

درصد تغییرات عملکرد دانه در شرایط آبیاری بهینه در رقم میهن بیشتر از رقم حیدری در دو تیمار سوپر جاذب طبیعی و شیمیایی به‌ترتیب به میزان ۳٤+ درصد و ٤۲+ درصد در مقابل ۱٦+ و ۱+ درصد بود. درصورتی‌که تحت تنش شدید خشکی بسته به نوع سوپر جاذب متفاوت بوده و در تیمار سوپرجاذب شیمیایی رقم میهن ۹۱+ درصد و رقم حیدری ۱٤۳+ درصد افزایش عملکرد را نشان داد و این افزایش در تیمار سوپر جاذب طبیعی به طور متوسط در هر دو رقم ۹ درصد بود (جدول ٦). به‌نظر می‌رسد ترکیبات سوپر جاذب به‌دلیل جذب و نگهداری آب و فراهمی رطوبت در محیط ریشه، عملکرد دانه را افزایش می دهد. عابدینی و ساجدی (۲) گزارش نمودند که کاربرد سوپر جاذب در مقایسه با عدم کاربرد آن در گندم عملکرد دانه به میزان ۸/۵ درصد افزایش داد. به‌علاوه رقم میهن به‌دلیل داشتن بیشترین اجزای عملکرد دانه مانند تعداد دانه در سنبله و وزن هزار دانه، بیشترین عملکرد دانه (٦۳۹۹ کیلوگرم در هکتار) را تولید کرد.

وزن هزار دانه

این صفت آزمایشی نیز تحت تاثیر معنی دار اثرات ساده و متقابل دوجانبه (به غیر از مکان در رقم)، سه جانبه مکان در آبیاری در کود و آبیاری در کود در رقم و چهارجانبه تمامی عوامل در سطح احتمال یک درصد قرار گرفت (جدول ٤). بالاترین وزن هزار دانه در رقم میهن و در آبیاری بهینه در تیمارهای سوپر جاذب طبیعی و شیمیایی به‌ترتیب ۵۰/۲ و ٤۹/۱ گرم تحت شرایط ارومیه بود. به‌علاوه در شهرستان خوی نیز همین رقم در تیمار سوپر جاذب طبیعی تحت شرایط آبیاری بهینه ۵۱/۷ گرم و تیمار سوپر جاذب شیمیایی ۵۰/۵ گرم بود. در مقابل کمترین وزن هزار دانه در رقم حیدری در سطح کودی شاهد تحت شرایط تنش خشکی شدید با ۲٦/٦ و ۳۰/۳ گرم به‌ترتیب تحت شرایط ارومیه و خوی اختصاص داشت (جدول ۵). مقادیر وزن هزار دانه بین سطوح آبیاری، در آبیاری بهینه با ٤٦/۲ گرم، تنش خشکی ملایم با ٤۰/٦ گرم و تنش خشکی شدید با ۳٦/۳

گرم بود. تنش‌های خشکی آخر فصل رشد گیاه به‌دلیل زودرسی آنها موجب کوتاه شدن دوره پر شدن دانه‌ها و متعاقب آن چروکیدن شدن دانه‌ها و درنهایت کاهش وزن هزار دانه می‌شود. علت افزایش وزن هزار دانه و عملکرد دانه در تیمار با پلیمر سوپر جاذب را می‌توان به دسترسی مطلوب آب و درنتیجه انتقال بهتر مواد غذایی به دانه‌ها نسبت داد که نهایتا از کوچک ماندن و چروکیدگی دانه‌ها جلوگیری می‌کند (۲۵). تیمارهای سوپر جاذب شیمیایی به‌دلیل تامین آب و مواد غذایی در گندم و افزایش انتقال مواد فتوسنتزی همانند نتایج سایر محققان سبب افزایش وزن هزار دانه شد (۱۲). در این آزمایش رقم میهن از بیشترین وزن هزار دانه و رقم حیدری کمترین وزن هزار دانه را داشت. علت افزایش عملکرد دانه در این رقم می تواند ناشی از بالا بودن وزن هزار دانه آن که یکی از اجزای اصلی عملکرد است باشد. وزن هزار دانه تابع سرعت و طول دوره پر شدن دانه است. تنش خشکی در طول دوره رشد باعث کاهش فتوسنتز و کاهش سرعت و طول دوره پر شدن دانه و کاهش وزن هزار دانه می‌شود، درصورتی‌که کاربرد پلیمرهای سوپرجاذب با تامین رطوبت خاک باعث افزایش سرعت و طول دوره پر شدن دانه شد (۲۳). درصد تغییرات وزن هزار دانه در رقم حیدری در هر دو شرایط آبیاری بهینه و تنش شدید خشکی در تیمار سوپر جاذب شیمیایی از بیشترین درصد تغییرات به‌ترتیب ۱۱+ و ۳٤+ درصد برخوردار بود (جدول ٦). در نتایج اسلام و همکاران (١٦) وزن هزار دانه بذرهای تیمار شده با سوپر جاذب سنگین‌تر از تیمار شاهد بود و این افزایش به ۲۸ درصد نیز رسید.

غلظت نیتروژن

باتوجه به داده های جدول ٤ اثرات ساده و متقابل عوامل آزمایشی (به غیر از اثر دوجانبه آبیاری در رقم) بر غلظت نیتروژن اندام هوایی حداقل در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار بود. غلظت نیتروژن در شرایط آبیاری بهینه ۲/۱، تنش ملایم خشکی ۱/۹ و تنش شدید خشکی ۱/۸ درصد بود. در هر دو شهرستان ارومیه و خوی رقم میهن تحت شرایط آبیاری بهینه و سوپر جاذب شیمیایی به‌ترتیب با ۳/۱ و ۲/٦ درصد از بیشترین غلظت نیتروژن برخوردار بود. بیشتر بودن غلظت نیتروژن در این تیمارها ناشی از جذب بیشتر آب توسط سوپرجاذب‌ها بوده که گیاه دستخوش تنش خشکی نبوده و به‌تدریج نیتروژن محلول در اختیار گیاه قرار می‌گیرد. غلظت نیتروژن در سطح کودی شاهد و کود دامی ۱/۹ و تیمار سوپر جاذب شیمیایی ۲/۰ درصد بود. غلظت نیتروژن اندام هوایی در تیمار سوپر جاذب شیمیایی نسبت به کود دامی هم بیشتر بود. به‌علاوه، اینکه غلظت نیتروژن در تیمارهای با تنش شدید خشکی و سوپر جاذب شیمیایی از کاهش چندانی برخوردار نبود. تحت شرایط ارومیه و خوی رقم حیدری در تنش ملایم خشکی در تیمار کود دامی از کمترین میزان غلظت نیتروژن به‌ترتیب به‌میزان ۱/٦ و ۱/۳ درصد برخوردار بودند، ولی رقم میهن غلظت نیتروژن ۲/۱ و رقم حیدری ۱/۸ درصد داشت.

غلظت پتاسیم

غلظت پتاسیم اندام هوایی تحت تاثیر معنی دار اثرات ساده و متقابل دو جانبه، سه جانبه (به‌غیر از اثر سه جانبه مکان در کود در رقم) و چهار جانبه عوامل آزمایشی حداقل در سطح احتمال پنج درصد قرار گرفت (جدول ٤). صرف نظر از نوع رقم و تیمارهای کودی، با افزایش تنش رطوبتی، غلظت پتاسیم افزایش یافت. به‌طوری‌که در شرایط آبیاری بهینه، غلظت پتاسیم۰/۸۳ درصد، تنش ملایم خشکی ۱/۱٤ درصد و تنش شدید خشکی ۱/۱۷ درصد بود. به‌نظر می‌رسد عنصر پتاسیم یکی از عناصر تنظیم کننده اسمزی سلول بوده که با افزایش تنش خشکی میزان آن نیز جهت تنظیم اسمزی سلول ها نیز افزایش یافته و گیاه را متحمل به شرایط تنش می‌نماید. پتاسیم فرآیندهای بیوشیمیایی و فیزیولوژیکی بی‌شماری را در گیاهان تنظیم می‌کند از جمله تنظیم بازو بسته شدن روزنه‌ها، فرآیندهای فتوسنتز، سنتز پروتئین، انتقال قندهای تولید شده در اثر فتوسنتز به

بخش‌های مختلف گیاه و ذخیره‌سازی آن‌ها و نقش افزایشی در مقاومت گیاهان به استرس‌ها دارد (۲۸). رقم میهن در تیمار سوپر جاذب شیمیایی و تنش خشکی شدید در هر دو شهرستان خوی و ارومیه به‌ترتیب با ۱/٦٦ و ۱/٤۰ درصد غلظت پتاسیم بیشترین مقدار را در بین تیمارها به خود اختصاص داد. کمترین غلظت پتاسیم مربوط به رقم حیدری در تنش خشکی شدید و سطح کودی شاهد در هر دو شهرستان به‌ترتیب به میزان ۷۰/ و ٦۷/ درصد بود. غلظت پتاسیم در رقم میهن ۱/۱۱ و در رقم حیدری ۰/۹۸ بود، بنابراین رقم میهن نسبت به رقم حیدری به‌دلیل اینکه از غلظت بالای پتاسیم برخوردار است، متحمل به تنش خشکی است. غلظت پتاسیم در تیمار سوپر جاذب شیمیایی ۱/۰۹ و تیمار کود دامی ۱/۰۵ و سطح کودی شاهد ۰/۹۹ درصد بود.

ارتفاع بوته

این صفت رویشی به‌غیر از اثر متقابل چهار جانبه عوامل آزمایشی، تحت تاثیر اثرات ساده و متقابل دو جانبه (به غیر از مکان در آبیاری) و سه جانبه آنها حداقل در سطح احتمال پنج درصد قرار گرفت (جدول ٤). با توجه به معنی دار بودن اثرات متقابل سه جانبه آبیاری در کود در رقم برای این صفت، بیشترین ارتفاع بوته مربوط به رقم حیدری با سوپرجاذب شیمیایی در تنش خشکی ملایم با ۸۹/۵ سانتی‌متر بود. حداقل ارتفاع بوته مربوط به سطح کودی شاهد برای رقم میهن در تنش خشکی شدید به میزان ٦۷/۵ سانتی‌متر به‌دست آمد (جدول ۷). رقم حیدری نسبت به رقم میهن از ارتفاع بوته بیشتری برخوردار بود. بیشتر بودن ارتفاع بوته موجب افزایش میزان ورس شده و گیاه را حساس به بیماری‌های قارچی نموده و در نهایت عملکرد دانه کاهش می‌یابد، به‌طوری‌که رقم میهن نسبت به حیدری از عملکرد دانه بالایی برخوردار بود. درصد تغییرات ارتفاع بوته بین سطوح مختلف آبیاری و تیمارهای سوپر جاذب در مقایسه با سطح کودی شاهد از تغییرات کمتری برخوردار بودند (جدول ٦). برتری ارتفاع بوته با مصرف سوپر جاذب در نتایج اسلام و همکاران (۱۵) حدود ۱۲ درصد بود. در نتایج سایر محققان نیز، تنش خشکی باعث کاهش ارتفاع بوته شد، ولی با مصرف زئولیت در همان شرایط ارتفاع بوته گندم افزایش یافت (۱۲).

تعداد دانه در سنبله

نتایج تجزیه واریانس ارائه شده در جدول ٤ حاکی از معنی‌دار بودن اثرات ساده و اثر دو جانبه مکان در رقم و آبیاری در رقم و اثر سه جانبه مکان در آبیاری در کود و مکان در کود در رقم بر تعداد دانه در سنبله حداقل در سطح احتمال پنج درصد بود. مقایسه میانگین اثرات سه جانبه مکان در کود در رقم از لحاظ تعداد دانه در سنبله نشان داد که رقم میهن در تیمار سوپر جاذب طبیعی در منطقه خوی ٦۸/٦ عدد در رتبه اول و در شرایط ارومیه همین رقم در تیمار سوپر جاذب طبیعی به میزان ٦۳/۰ دانه در سنبله از بیشترین مقادیر در هر دو شهرستان برخوردار بود (جدول ۸).

از آنجایی که تعداد دانه در سنبله یکی از صفات اصلی اجزای عملکرد دانه است، افزایش آن در نهایت منجر به بهبود عملکرد دانه خواهد شد. معنی‌دار بودن اثر ساده آبیاری بر صفت تعداد دانه در سنبله نشان داد که تحت شرایط ملایم تنش خشکی بیشترین تعداد دانه (٦۲/۵ دانه) در سنبله حاصل شد. تعداد دانه در سنبله تحت آبیاری بهینه و تنش خشکی شدید به‌ترتیب ۵۸/۱ و ۵۷/۵ عدد بود. برای صفت تعداد دانه در سنبله در هر دو رقم میهن و حیدری تحت شرایط بهینه و تنش شدید خشکی، تیمار سوپر جاذب طبیعی نسبت به سوپر جاذب شیمیایی از تعداد دانه در سنبله بیشتری برخوردار بود و این افزایش تحت تنش شدید خشکی با مقادیر ۱۹+ و۱٦+ چشمگیر بود (جدول ٦). بیشتر بودن تعداد دانه در سنبله در تنش ملایم خشکی نسبت به آبیاری بهینه رشد ناشی از اثر مصرف سوپر جاذب بوده که آب و مواد غذایی در خود ذخیره نموده و از این طریق باعث افزایش کارایی مصرف آب و مواد غذایی شد (۱٦). قرابینسکی و وایزنسکی (۱۱) در آزمایشی بر روی گندم آبی لوکولوس در کشور لهستان نشان داد که متوسط عملکرد دانه طی

جدول۷. گروه بندی ارتفاع بوته بر اساس اثرات متقابل آبیاری در کود در رقم

آبیاری	کود	رقم	ارتفاع بوته(سانتیمتر)
بهینه	شاهد	میهن	۷۹/۸^{dg}
بهینه	شاهد	حیدری	۸۸/۸^{a}
بهینه	دامی	میهن	۷۹/۲^{dg}
بهینه	دامی	حیدری	۸۵/۷^{ab}
بهینه	شیمیایی	میهن	۸۲/۸^{be}
بهینه	شیمیایی	حیدری	۸۹/۳^{a}
ملایم	شاهد	میهن	۸۰/۲^{cf}
ملایم	شاهد	حیدری	۹۰/۳^{a}
ملایم	دامی	میهن	۷۵/۲^{fh}
ملایم	دامی	حیدری	۸۵/۲^{ac}
ملایم	شیمیایی	میهن	۷۷/۸^{eg}
ملایم	شیمیایی	حیدری	۸۹/۵^{a}
شدید	شاهد	میهن	٦۷/۵^{i}
شدید	شاهد	حیدری	۷۱/۸^{hi}
شدید	دامی	میهن	۷۰/۲^{hi}
شدید	دامی	حیدری	۷٤/۸^{gh}
شدید	شیمیایی	میهن	۷۲/۳^{hi}
شدید	شیمیایی	حیدری	۸۳/۲^{bd}

میانگین های دارای حروف مشابه در هر ستون فاقد تفاوت آماری معنی دار با آزمون توکی در سطح احتمال پنج درصد می باشند.

دو سال اجرای آزمایش با مصرف سوپر جاذب بیشتر از سطح کودی شاهد بود. به‌علاوه اجزای عملکرد دانه، نظیر دانه در سنبله و وزن هزار دانه در تیمار مذکور بیشتر بود.

غلظت فسفر

بررسی داده های جدول تجزیه واریانس نشان داد غلظت فسفر تحت تاثیر معنی‌دار اثرات ساده آبیاری و کود و اثرات متقابل دوجانبه عوامل آزمایشی (به‌غیر از آبیاری در کود) حداقل در سطح احتمال پنج درصد قرار گرفت (جدول ٤). غلظت فسفر همانند غلظت نیتروژن در آبیاری بهینه از بیشترین مقدار (۷/۲۵ درصد) و در تنش شدید خشکی با ٦/٦٥ درصد از کمترین مقدار برخودار بود. مقایسه میانگین غلظت فسفر در اثر متقابل سوپر جاذب در رقم نشان داد که در تیمار کودی دامی غلظت فسفر در دو رقم میهن و حیدری بیشترین مقدار را داشت (جدول ۹). درصورتی‌که این دو رقم در سطح کودی شاهد و سوپر جاذب شیمیایی حداقل غلظت فسفر را داشتند. غلظت فسفر در سطح کودی شاهد ۷/۰، کود دامی۷/۲ و سوپر جاذب شیمیایی ٦/٦ درصد بود. علت غلظت بیشتر فسفر در تیمار کود دامی به‌دلیل وجود فسفر در این نوع کود بوده

جدول ۸. گروه بندی اثر مکان در کود در رقم بر صفت تعداد دانه در سنبله

مکان Location	سوپر جاذب Fertilizer	رقم Variety	دانه در سنبله (Grain/spike)
ارومیه	شاهد	میهن	۵۴/۳^{dg}
ارومیه	شاهد	حیدری	۵۱/۱^{g}
ارومیه	دامی	میهن	۶۳/۰^{ac}
ارومیه	دامی	حیدری	۵۳/۷^{eg}
ارومیه	شیمیایی	میهن	۶۰/۳^{bf}
ارومیه	شیمیایی	حیدری	۵۲/۷^{fg}
خوی	شاهد	میهن	۶۱/۷^{ad}
خوی	شاهد	حیدری	۵۶/۹^{cg}
خوی	دامی	میهن	۶۸/۶^{a}
خوی	دامی	حیدری	۶۴/۸^{ab}
خوی	شیمیایی	میهن	۶۰/۶^{be}
خوی	شیمیایی	حیدری	۶۵/۴^{ab}

میانگین‌های دارای حروف مشابه در هر ستون فاقد تفاوت آماری معنی‌دار با آزمون توکی در سطح احتمال پنج درصد می‌باشند.

جدول ۹. گروه بندی اثر کود در رقم و مکان در آبیاری بر غلظت فسفر(درصد)

سوپر جاذبFertilizer	رقمVariety	فسفر	مکان	آبیاری	فسفر
شاهد	میهن	۶/۷^{bc}	ارومیه	بهینه	۷/۵^{a}
	حیدری	۶/۶^{c}		ملایم	۶/۸^{b}
دامی	میهن	۷/۳^{a}		شدید	۶/۶^{b}
	حیدری	۷/۱^{ab}	خوی	بهینه	۷/۰^{ab}
شیمیایی	میهن	۶/۷^{bc}		ملایم	۷/۰^{ab}
	حیدری	۶/۵^{c}		شدید	۶/۷^{b}

میانگین‌های دارای حروف مشابه در هر ستون فاقد تفاوت آماری معنی‌دار با آزمون توکی در سطح احتمال پنج درصد می‌باشند.

درصورتی‌که در تیمار سوپر جاذب شیمیایی و سطح کودی شاهد فاقد فسفر بود. به‌علاوه مقایسه میانگین اثر متقابل مکان در آبیاری نشان داد که غلظت فسفر تحت شرایط آبیاری بهینه بیشتر از سطوح تنش خشکی (ملایم و شدید) بوده و بیشترین غلظت آن تحت شرایط ارومیه در آبیاری بهینه بود (۷/۵ درصد). کمترین غلظت فسفر به تنش شدید خشکی در هر دو شهرستان تعلق داشت (جدول ۹).

نتیجه‌گیری کلی

بین مکان‌های مورد آزمایش، شهرستان خوی با میانگین عملکرد دانه ۵۴۰۰ کیلوگرم در هکتار از برتری ۲۶ درصدی نسبت به شهرستان ارومیه با میانگین ۴۲۸۰ کیلوگرم در هکتار برخوردار بود. در ضمن بین ارقام آزمایشی، رقم حیدری موقعیت بهتری نسبت به رقم میهن از لحاظ اجزاء زایشی و عملکرد دانه نشان داد و می‌تواند جزو ارقام مناسب برای هر دو محل اجرای تحقیق و یا مناطقی با شرایط اقلیمی معرفی شود. اثر سوپر جاذب برروی ارقام گندم آبی با تیپ زمستانه در دو منطقه مورد کشت استان از لحاظ عملکرد متفاوت بود. سوپر جاذب‌ها تاثیری مثبت بر عملکرد دانه تحت تنش خشکی شدید داشتند. علت آن ناشی از اثر سوپر جاذب‌ها بر هر سه جزء عملکرد دانه بوده که متعاقب آن موجب بهبود آن شد. تحت شرایط تنش خشکی شدید تیمار سوپر جاذب شیمیایی نسبت به تیمار سوپر جاذب طبیعی از افزایش عملکرد دانه بیشتری در هر دو رقم برخوردار بود. البته با توجه به فاصله مناسب آبیاری ها در سطح آبیاری بهینه، عملکرد و اجزاء آن در هر دو مکان با مصرف ترکیبات سوپرجاذب در هر دو رقم آزمایشی وضعیت بهتری داشته است، ولی می توان با مصرف این ترکیبات و کاهش دفعات آبیاری و اعمال تنش خشکی ملایم می توان محصول قابل‌قبولی همراه با صرفه جویی در مصرف آب (کاهش دفعات آبیاری) تولید نمود. بنابراین بر اساس نتایج آزمایش، با کاربرد پلی‌مرهای سوپر جاذب در درجه اول سوپر جاذب‌های شیمیایی و در درجه دوم کودهای دامی به‌عنوان سوپر جاذب طبیعی به‌عنوان راهکاری در کاهش اثرات تنش خشکی در مناطق خشک و نیمه خشک استان و اقلیم های مشابه می‌توانند موثر واقع شوند. به‌علاوه اینکه توصیه می‌شود در مناطق با میزان بارندگی بالا نیز چنین سوپر جاذب‌هایی استفاده شود تا سودمندی آن در چنین مناطقی مشخص شود. تحقیقات از مقادیر پایین‌تر سوپر جاذب‌ها شروع شود تا ارزیابی‌های بهتری از آزمایش انجام گیرد و مقرون به صرفه بودن آنها برای کشاورز و تفاوت میزان افزایش عملکرد نیز محاسبه شود. روند تغییرات غلظت نیتروژن و فسفر مشابه هم بود به‌طوری‌که تحت شرایط آبیاری بهینه از بیشترین غلظت برخوردار بوده و تحت تنش شدید خشکی کمترین مقادیر را داشتند، درصورتی‌که این روند در غلظت پتاسیم برعکس بود. با توجه به غلطت بالای نیتروژن و پتاس در تیمار سوپر جاذب نسبت به کود دامی به‌نظر می‌رسد تحت شرایط نامساعد تنش خشکی، کاربرد سوپر جاذب شیمیایی بهتر از استعمال کود دامی بود و بر عکس غلظت فسفر در تیمار کود دامی بیشتر از سوپر جاذب شیمیایی بود.

منابع

1-Abdoli, M. and M. Sajedi. 2012. Using different indices for selection of resistant wheat cultivars to post anthesis water deficit in the west of Iran. *Annals of Biological Research* 3(3): 1322-1333.

2- Abedini, A. and N. A. Sajedi. 2014. Effect of application of a superabsorbent polymer on physiological traits of dry land wheat cultivars. *Agronomy Journal (Pajouhesh & Sazandegi)* 103: 140-146. (In Farsi).

3-Adediran, J. A., L. B. Taiwo, M. O. Akande, R. A. Sobulo and O. J. Idowu. 2004. Application of organic and inganic fertilizer for sustainable maize and cowpea yields in Nigeria. *Journal of Plant Nutrition* 27: 1163-1181.

4-Afkari, A. 2018. Impact of super absorbent polymer on physiological traits and activity of antioxidant enzymes in wheat (*Triticum aestvum* L. cv. Mihan) affected drought stress conditions. *Journal of Crop Nutrition Science* 4(4): 1-14.

5- Allah Dadi, A., F. Yazdani, Gh. Akbari and M. R. Behbahani. 2006. Survey of effect of super absorbent polymers (superabsorbent A200) on growth, yield, yield components and moulding of soybean under drought sress conditions. In: Proceedings 3th Conference of Application of Superabsorbent Polymers in Agriculture. Karaj, Iran. pp. 125-139.

6- Asseng, S., I. Foster and N. C. Turner. 2011. The impact of temperature variability on wheat yields. *Global Change Biology* 17: 997-1012.

7- Eidizadeh, K., F. Ebrahimpour and M. A. Ebrahimi. 2016. Effect of irrigation regimes on yield and yield components of wheat (*Triticum aestivum* L.) cultivars in Ramin climate. *Environmental Stresses in Crop Sciences* 9(1): 29-36. (In Farsi).

8- Farmahini, M., M. Mirzakhani and N. Sajedi. 2013. Effect of water stress and absorbent materials application on yield and components yield of fall wheat. *Journal of New Finding in Agricultural* 3: 263-274. (In Farsi).
9- Farooq, M., A. Wahid, N. Kobayashi and S. M. A. Basra. 2009. Plant drought stress: effects, mechanisms and management. *Agronomy for Sustainable Development* 29: 185-212.
10- Hasanvandi, M. S., A. Aynehband, M. Rafiee, M. Mojadam and A. Rasekh. 2014. Effects of supplemental irrigation and super absorbent polymer on yield and seed quality of safflower (*Carthamus tinctorius* L.) under dry-farming conditions. *Bulletin of Environment, Pharmacology and Life Sciences* 3 (12): 174-185.
11- Grabinski, J. and M. Wyzinska. 2018. The effect of superabsorbent polymer application on yielding of winter wheat (*Triticum asetivum* L.). *Agricultural Sciences* 2: 55-61.
12- Jalili, S., M. Hadi and A. Majnooni Heris. 2017. Effect of superabsorbent polymer using on irrigated and rainfed wheat yield and yield components. *Iranian Journal of Field Crop Science* 48(4): 923-931. (In Farsi).
13- Jami, M. Q., A. Ghalavand, S. A. M. Modarres-Sanavy, A. Mokhtassi Bidgoli, A. Baghbani-Arani and A. Namdari. 2018. Effect of manure, zeolite and irrigation on soil properties and seed yield of sunflower (*Helianthus annuus L.*). *Iranian Journal of Crop Sciences* 19(2): 151-167. (In Farsi).
14- Johnson, M. S. 1984. The effects of gel-forming polyacrylamides on moisture storage in sandy soils. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 35: 1196-1200.
15- Islam, M. R., Y. Hu, C. Fei, X. Qian, A. E. Eneji and X. Xue. 2011. Application of super absorbent polymer: A new approach for wheat (*Triticum aestivum* L.) production in drought-affected areas of northern China. *Journal of Food, Agriculture and Environment* 9(1): 304-309.
16- Islam, M. R., X. Xue, S. Mao, X. Zhao, A. E. Eneji and Y. Hu. 2011. Superabsorbent polymers (SAP) enhance efficient and eco-friendly production of corn (*Zea mays* L.) in drought affected areas of northern China. *African Journal of Biotechnologhy* 10(24): 4887-4894.
17-Kafi, M., A. Borzooei, M. Salehi, A. Kamandi, A. Masoomi and J. Nabati. 2009. Physiology of Environmental Stress in Plants. Publications University of Mashhad, Mashhad. (In Farsi).
18- Karimi, A. and M. Naderi. 2007. Yield and water use efficiency of forage corn as influenced by superabsorbent polymer application in soils with different textures. *Pajouheshe-Keshvarzi* 3:187-198. (In Farsi).
19- Lentz, R. D., R. E. Sojka and C. W. Robbins. 1998. Reducing phosphorus losses from surface-irrigated fields: Emerging polyacrylamide technology. *Journal of Environmental Quality* 27: 305-312.
20- Mao, S., M. R. Islam, X. Xue, X. Yang, X. Zhao and Y. Hu. 2011. Evaluation of a water-saving super absorbent polymer for corn (*Zea mays* L.) production in arid regions of Northern China. *African Journal of Agricultural Research* 6(17): 4108-4115.
21- 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.
22- Mortezavi, S. M., A. Tavakoli, M. H. Mohammadi and K. Afsahi. 2015. Effect of superabsorbent on physiological traits and yield of wheat Azar 2 cultivar under dry farming condition. *Agronomy Journal (Pajouhesh and Sazandegi)* 104: 118-125. (In Farsi).
23- Nazarli, H., R. Darvishzadeh, M. R. Zardashti, H. Hatami Maleki, M. H. Rasouli and F. Ghavidel. 2015. Effect of deficit irrigation and super absorbent polymer on physiological and morphological characteristics of sunflower. *Agronomy Journal (Pajouhesh and Sazandegi)* 28: 17-23. (In Farsi).
24- Orzeszyna, H., D. Garlikowski and A. Pawlowski. 2006. Using of geocomposite with superabsorbent synthetic polymers as water retention element in vegetative layers. *International Agrophysics* 20: 201-206.
25- Specht, A. and J. Harvey. 2000. Improving water delivery to the roots of recently transplanted seedling trees: The use of hydrogels to reduce leaf and hasten root establishment. *Journal of Forestry Research* 1: 117-123.
26- 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.
27- Wallace, A. and G. A. Wallace. 1986. Effect of polymeric soil conditioners on emergence of tomato seedlings. *Soil Science* 141(5): 321-323.
28-Wang, M., Q. Zheng, Q. Shen and S. Guo. 2013. The critical role of potassium in plant stress response. *International Journal of Molecular Sciences* 14 (4): 7370–7390.

29- Zareei Siahbidi, A. and A. Rrezaizad. 2018. Effect of deficit irrigation and super absorbent application on physiological characteristics and seed yield of new Iranian sunflower (*Helianthus annuus* L.) hybrids. *Iranian Journal of Crop Science* 20(3): 222-236. (In Farsi).

Journal of Crop Production and Processing
Vol. 14, No. 4, Winter 2025, Isfahan University of Technology, Isfahan, Iran.

The Effect of Consumption of Superabsorbent on Growth and Yield of Bread Wheat Cultivars in Drought Stress Conditions

R. Jafarpoor [1], M. Roshdi [2*], A. Nasrollahzadeh Asl [2], A. R. Eivazi [3] and J. Khalili Mahhaleh [2]

1 And 2. Ph. D Student and Assistant Professor, Respectvely, Department of Agriculture-Agronomy, Islamic Azad University, Khoy, Iran.
3. Associate Professor of Seed and Plant Improvement Research Department, West Azrebaijan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Urmia, Iran.
*Corresponding author's e-mail address: Roshdi1349@yahoo.com

(Received: February 03-2024; Accepted: October 14-2024)

Extended Abstract

Introduction

Bread wheat is the most important cereal and the source of calories in human nutrition worldwide. The effect of moisture stress on the quality properties of wheat is complex and is influenced by genotype, environment and their interaction. Superabsorbent polymers last for 5 -7 years in soil and can absorb water up to 200 to 400-fold of their own weight. Superabsorbent polymers are divided into two major groups, depending on their source: natural-based mateials, such as animal manures, and chemical materials. This experiment aimed to study the response of bread wheat cultivars to moisture stress and the ameliorative effects of superabsorbants on these responses.

Materials and Methods

In order to investigate the adverse effects of drought stress on wheat cultivars in the presence of different superabsorbent treatments, two separate experiments were conducted in Urmia and Khoy cities located in West Azerbaijan province, Iran. The experiments were carried out as a split factorial based on a randomized complete block design with three replications in two years (2019 and 2020). The main factor was the three moisture regimes including irrigation after evaporation of 70, 140, and 210 mm water from the class-A pan. The combination of levels of different superabsorbent treatments in wheat cultivars formed the sub-factor levels: cow manure at a rate of 40000 kg/ha (as a natural superabsorbent), chemical superabsorbent (Taravat A-200) at a rate of 200 kg/ha, and no use of superabsorbent (control) along with two commercial cultivars of bread wheat, Mihan and Heidari. Bartlett's test was performed for the uniformity of the variances of the experimental errors. A combined analysis of variance of the two years was conducted after ensuring the uniformity of the variances of the experimental errors. The comparison of means was done with Duncan's multi-range test at the five percent probability level with MStatc statistical software.

Results and Discussion

The combined analysis of variance showed that the effects of different levels of treatments and their interactions were significant at 5% probability level for plant height, grain yield, grains/spike, 1000 grains weight, concentration of nitrogen, phosphorus and potassium in shoot. The highest grain yield in both locations (Urmia and Khoy) was observed for the Mihan cultivar when irrigated after 70 mm evaporation and using the chemical superabsorbent treatment, with 7930 and 7760 kg/ha in the mentioned locations, respectively. In contrast, both Mihan and Heydari cultivars had the lowest grain yield of 1490 and 2110 kg/ha in Urmia and Khoy cities, respectively, when irrigated

after 140 mm evaporation and no use of superabsorbent. The concentration of nitrogen and potassium in the shoot in the presence of superabsorbent treatment was higher than those of manure and the control treatments. Meanwhile, the concentration of phosphorus in the shoot in the presence of manure treatment was higher than those of the superabsorbent and the control.

Conclusions

Based on the results of our experiment, using superabsorbent and animal manure as a natural superabsorbent, appeared as suitable solutions to reducing the adverse effects of drought stress on wheat crop in arid and semi-arid areas of the West West Azerbaijan province.

Keywords: *Animal Manure, Grain Yield, Irrigation, Potassium*