

اثر مصرف مواد سوپر جاذب 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: ۱۴۰۲/۱۱/۱۴؛ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۷/۲۳)

چکیده

به منظور کاهش اثرات تنش خشکی با تیمارهای مختلف سوپر جاذب در ارقام گندم نان دو آزمایش مجزا در شهرستان های ارومیه و خوی استان آذربایجان غربی اجرا شد. آزمایش ها به صورت اسپلیت فاکتوریل در قالب طرح بلوک های کامل تصادفی در سه تکرار طی سال زراعی ۱۳۹۹-۱۳۹۸ انجام گرفت. فاکتور اصلی سه رژیم رطوبتی شامل ۷۰، ۱۴۰ و ۲۱۰ میلی متر تبخیر از تشتک کلاس A بود. ترکیب سطوح تیمارهای مختلف سوپر جاذب در ارقام گندم نان سطوح فاکتور فرعی را تشکیل دادند. به طوری که کود دامی گاوی به میزان ۴۰ تن در هکتار (به عنوان سوپر جاذب طبیعی)، سوپر جاذب شیمیایی Tarawat A-200 به میزان ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار و عدم کاربرد سوپر جاذب (شاهد) به همراه دو رقم گندم نان تجاری میهن و حیدری بودند. نتایج تجزیه مرکب داده ها 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 معنی داری 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 میلی متر مربوط به تیمار سوپر جاذب شیمیایی به ترتیب به میزان ۷۹۳۰ و ۷۷۶۰ کیلوگرم در هکتار بود. در مقابل در تیمار آبیاری ۱۴۰ میلی متر و عدم مصرف سوپر جاذب در هر دو رقم میهن و حیدری، کمترین عملکرد دلنه راجه ترتیب ۱۴۹۰ و ۲۱۱۰ کیلوگرم در هکتار در شهرستان های ارومیه و خوی داشتند. غلظت نیتروژن و پتاسیم در اندام هوایی در تیمار سوپر جاذب شیمیایی بیشتر از کود دامی و شاهد بود در صورتی که 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 به عنوان 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.

واژه های کلیدی: آبیاری، پتاسیم، عملکرد دانه، کود دامی

۱ و ۲. به ترتیب 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 (۶). 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 می‌آید. مدیریت صحیح منابع آب و استفاده از مواد سوپر جاذب با قابلیت جذب آب بالا در بخش کشاورزی، علاوه بر افزایش کارایی 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 ۴۰۰ 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 آبیاری‌های شیار می‌شود (۱۹). این مواد مقادیر زیادی از آب و مواد غذایی را در خود نگه داشته و در مواقع مورد نیاز به تدریج 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 (۲۴). افکاری (۴) 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 (۱۴) افزایش ۱۷۱ تا ۴۰۲ 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 غذایی توسط گیاه می‌شود (۳). به‌علاوه سوپر جاذب 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 به دلیل 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. حسونندی 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 به ترتیب 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	۱۰/۴	۱/۴	۲۶/۳	۱۱/۹	۲۷/۳	۴۱/۹	۵۳/۱	۶۲/۵	۱۶/۷	۲۳/۴
	دماحداکثر	۳۱/۲	۲۱/۴	۱۶/۴	۱۵	۱۴	۲۲/۶	۲۴	۲۹	۳۵/۶	۴۲
	حداقل مطلق	۵	-۵	-۵	-۱۲/۸	-۱۴	-۴/۶	۰/۲	۴/۲	۸/۶	۱۴/۴
	رطوبت	۷۰	۸۸	۹۳	۸۹	۸۸	۸۵	۸۷	۸۴	۶۵	۶۶
	رطوبت	۲۴	۳۵	۵۴	۵۵	۵۴	۴۲	۴۲	۳۷	۱۹	۲۷
	ساعت آفتابی	۲۴۸	۲۲۴	۱۰۸	۹۱/۸	۱۲۹	۱۶۲	۱۸۱	۲۲۸	۳۵۶	۲۹۳
	تبخیر (میلی)	۱۴۲	۲۷/۲	۰	۰	۰	۰	۶۸/۷	۱۶۲	۳۰۸	۳۲۴
یخبندان (روز)	۰	۱۷	۱۱	۲۴	۲۵	۶	۰	۰	۰	۰	
ارومیه	بارندگی	۱۵/۴	۲/۱	۵۳/۸	۴۰/۱	۷۱/۳	۳۰/۵	۵۲/۳	۴۰/۴	۱۱/۹	۲/۵
	حداکثر مطلق	۳۱/۲	۱۸/۶	۱۴/۸	۱۲/۴	۱۱	۱۹/۴	۲۲/۴	۲۸/۲	۳۲/۶	۳۷/۸
	حداقل مطلق	۶/۴	-۳/۶	-۳/۴	-۹/۸	-۱۴/۶	-۲/۸	۱	۵/۶	۱۰/۶	۱۴/۶
	رطوبت	۵۶	۶۷	۸۴	۷۹	۷۷	۷۴	۷۸	۷۱	۵۰	۵۷
	رطوبت	۳۲	۴۳	۵۵	۶۳	۵۴	۴۲	۴۶	۳۷	۲۳	۳۱
	ساعت آفتابی	۲۶۹	۲۱۹	۱۲۳	۱۶۷	۱۵۰	۱۶۲	۱۷۷	۲۶۷	۳۳۲	۳۲۳
	تبخیر (میلی)	۱۱۰	۱۰/۳	۰	۰	۰	۰	۵۳/۲	۱۳۴	۲۱۶	۲۵۳
یخبندان (روز)	۰	۰	۱۹	۳۰	۲۱	۱۵	۱	۰	۰	۰	

درجه و ۴ دقیقه شرقی و ۳۸ درجه و ۴۵ دقیقه شمالی و ۴۵ درجه و ۱۵ دقیقه شرقی، ارتفاع متوسط از سطح دریا ۱۳۴۰ متر و ۱۱۳۰ متر اجرا شد. اجرای آزمایش در دو مکان جداگانه می‌تواند در کاهش اشتباه آزمایشی و افزایش اعتبار علمی تحقیق موثر باشد. ضمناً به دلیل 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 اقلیم 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 نسبی ۷۵ درصد است (جدول ۱).

آزمایش به صورت اسپلینت 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

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 به دلیل 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 ۹۹-۱۳۹۸ در دو مکان یکی در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه ارومیه و دیگری در ایستگاه تحقیقات کشاورزی استان آذربایجان غربی، شهرستان خوی به- ترتیب با مختصات جغرافیایی ۳۷ درجه و ۳ دقیقه شمالی و ۴۵

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

نوع	خصوصیات	سوپر جاذب	خصوصیات	سوپر جاذب
	حلالیت	نامحلول در آب و محلول‌های آلی، پس از تماس با محلول‌های آبی به ژل متورم تبدیل می‌شود	اکریلیک اسید	<600
شیمیایی	pH	۸/۷-۵/۴	سمیت و اکولوژی	غیر سمی برای گیاهان، موجودات خاک و آب زیرزمینی بر طبق آزمون OECD
	جذب آب	۵۰۰ برابر وزن خود 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.	اندازه ذرات	۰/۸ تا ۰/۲ میلی‌متر
	دوام	شرايط 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	۷/۴	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 ۴ سال طول می‌کشد تا کامل تجزیه شود	آب مفید برای گیاه	بیشتر از ۷۵ درصد

تنش خشکی نیز فاصله ۴ 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 ۴۵۰ 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

ملايم خشکی و تنش شدید خشکی به‌ترتیب آبیاری بعد از ۷۰، ۱۴۰ و ۲۱۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک کلاس A بود. فاکتور فرعی شامل ترکیبی از کود دامی به‌عنوان سوپر جاذب طبیعی با مصرف ۴۰ 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 شیروودی) 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 ۳×۲ متر ایجاد و عملیات تسطیح صورت گرفت. بین کرت‌ها، حدود ۰/۵ متر به‌عنوان حاشیه در نظر گرفته شد. بین تیمار آبیاری مطلوب و

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

خوی	ارومیه	پارامتر
۰-۳۰	۰-۳۰	عمق خاک (۰-۳۰ cm)
شن لومی	لومی	بافت خاک
۱/۲۹	۱/۳۲	هدایت الکتریکی (دسی زیمنس بر متر)
۶/۷۷	۷/۱۷	pH
۳۰/۵	۳۰/۵۴	رطوبت اشباع (درصد)
۱۱/۵	۱۶	آهک (درصد)
۱۲/۶	۳۲/۶	رس (درصد)
۱۹/۱	۳۶/۶	سیلت (درصد)
۶۸/۲	۳۰/۷	شن (درصد)
۱/۵۵	۱/۸۲	کربن آلی (درصد)
۰/۱۳	۰/۱۵	نیتروژن (درصد)
۲۱/۰	۱۶/۵	فسفر (میلی گرم بر کیلوگرم)
۴۶۵	۳۸۶	پتاسیم (میلی گرم بر کیلوگرم)

تعداد دانه در هر سنبله: برای اندازه گیری تعداد دانه در سنبله از هر کرت ۱۰ نمونه به طور تصادفی انتخاب و پس از شمارش تعداد دانه هر سنبله میانگین آنها محاسبه شد.

برای اندازه گیری غلظت نیتروژن، فسفر و پتاسیم در اندام هوایی از دستگاه های کج‌دال، اسپکتروفتومتر و فلیم فتومتر استفاده شد. به منظور اطمینان از نرمال بودن داده‌ها میزان چولگی و کشیدگی اعداد محاسبه شد. به علاوه 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 معنی دار بودن اثرات ساده و متقابل دوجانبه (به غیر از مکان در آبیاری)، سه جانبه و چهارجانبه عوامل آزمایشی ماده خشک کل حداقل در سطح احتمال پنج درصد (جدول ۴)، بررسی مقایسه میانگین اثرات چهارجانبه ی مکان، آبیاری، کود و رقم نشان داد که

رشد، سه نوبت آبیاری برای تیمار تنش ملایم خشکی و دو نوبت آبیاری برای تنش شدید خشکی انجام گرفت. اندازه گیری صفات 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 خرمکوب 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 اندازه گیری میانگین آنها محاسبه شد.

جدول ۴. میانگین مربعات مرکب صفات مورفوفیزیولوژیک ارقام گندم نان در دو مکان و تیمارهای آزمایشی

منابع تغییرات	درجه آزادی	ارتفاع بوته	ماده خشک کل	سنبله در مترمربع	عملکرد دانه	دانه در سنبله	وزن هزار دانه	نیترژن	فسفر	رقم
مکان	۱	۱۱۳/۲۵**	۳۵۴۵۴*	۹۳۰۴۵**	۳۳۵۲۲۴**	۱۳۷۹**	۳۴۳**	۰/۶۲*	۰/۲۴ ^{ns}	۸۲/۹*
تکرار در مکان	۴	۲۰/۰۶	۱۲۰۵۵	۶۱۵۷	۱۰۷۹۸	۱۴	۴/۴۸	۰/۰۶	۰/۱۶	۶/۰۲
آبیاری	۲	۱۲۹/۸۴**	۴۵۰۵**	۳۲۸۱۷**	۱۳۶۲۸۹/۰۳**	۲۷۶**	۸۸۶**	۱/۱۶**	۰/۵۲**	۱۲۱**
مکان×آبیاری	۲	۲/۰۶ ^{ns}	۱۸۱۷۵ ^{ns}	۱۳۵۵ ^{ns}	۲۴۵۷۲*	۲۳/۲۳ ^{ns}	۱۶۸**	۰/۳۴*	۱/۵۵*	۱۵۲**
اشتباه اصلی	۶	۸/۳۳	۴۲۵/۷۵	۵۸۲۷	۳۲۱۵	۱۸/۱	۱/۶۹	۰/۰۶	۰/۱۷	۶/۵۷
کود	۲	۱۵۹**	۱۲۰۰۵*	۵۳۳۳۵**	۵۷۸۸۶**	۳۸۲**	۵۱/۵**	۰/۲۹**	۰/۳۶**	۹۴**
مکان×کود	۲	۶۳/۱**	۲۰۹۷**	۱۲۲۰۲**	۲۳۱۸۹**	۹/۴۸ ^{ns}	۱۳/۵*	۱/۷۵**	۰/۸۹*	۱۹/۰**
آبیاری×کود	۴	۸۱/۸**	۱۹۰۱**	۵۱۷۷۷**	۱۱۱۸۷۲**	۴۱/۰ ^{ns}	۲۳/۷**	۰/۲۷**	۰/۳۰ ^{ns}	۴۲۸**
مکان×آبیاری×کود	۴	۲۹/۷**	۲۲۳۶**	۱۰۶۶۲**	۳۶۷۹۳**	۱۲/۹**	۲۰/۶**	۰/۴۱**	۰/۰۸ ^{ns}	۲۲/۳**
رقم	۱	۱۸۰/۹۲**	۹۶۰۷**	۶۷۸۰۰**	۱۰/۱ ^{ns}	۴۲۴**	۳۵۱**	۱/۳۲**	۰/۰۹ ^{ns}	۳۹۲**
مکان×رقم	۱	۲۷/۰*	۹۱۳۶**	۵۲۴۴۸**	۱۷۰۵۰**	۲۰۲**	۱۲/۷ ^{ns}	۰/۳۶*	۰/۸۷*	۶۲/۸**
آبیاری×رقم	۲	۴۰/۹**	۱۵۵۸۷*	۷۱۱۲**	۵۲۸۴۲**	۹۱/۸*	۱۹/۳*	۰/۰۸ ^{ns}	۱/۴۱**	۸۵/۸**
مکان×آبیاری×رقم	۲	۲۵/۹**	۴۴۴۵**	۲۸۵۷ ^{ns}	۲۹۲ ^{ns}	۵۷/۵ ^{ns}	۱۲/۰ ^{ns}	۰/۱۸*	۰/۴۳ ^{ns}	۵۳/۵**
کود×رقم	۲	۱۶/۲*	۱۹۳۶**	۹۷۰۹**	۱۸۵۹ ^{ns}	۶۱/۴ ^{ns}	۷۰/۲**	۰/۲۴*	۰/۲۶**	۲۳۹**
مکان×کود×رقم	۲	۳۱/۶**	۱۱۷۳۰*	۱۳۶۳۰**	۴۰۶۹ ^{ns}	۱۱۰**	۸۳۷ ^{ns}	۰/۳۱**	۰/۰۵ ^{ns}	۴/۳۵ ^{ns}
آبیاری×کود×رقم	۴	۱۶/۴*	۵۹۱۶**	۱۱۵۴۴**	۲۹۴۲۴**	۹/۰ ^{ns}	۷/۳۳**	۰/۶۷**	۰/۲۱ ^{ns}	۳۵۸**
مکان×آبیاری×کود×رقم	۴	۱/۶۱ ^{ns}	۱۱۲۰۲*	۱۲۶۵۷**	۲۲۸۱۳**	۳/۵۳ ^{ns}	۱۵/۱**	۰/۶۰**	۰/۱۴ ^{ns}	۲۹/۶**
اشتباه فرعی	۶۲	۵/۸۷	۳۹۵۸	۱۵۴۶	۲۸۲۹	۲۲/۹	۴/۵۶	۰/۰۵	۰/۲۱	۲/۴۰
ضریب تغییرات (درصد)		۳/۰۲	۱۱/۳۳	۱۱/۵۴	۱۰/۹۸	۸/۰۶	۵/۲۰	۱۱/۶۵	۶/۷۰	۴/۶۸

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

بررسی داده های اثرات ساده ترکیبات سوپرجاذب حاکی از برتری سوپر جاذب طبیعی از لحاظ ماده خشک 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 می کند مزیت دوم آن این است که حاوی مواد غذایی قابل جذب توسط گیاه از جمله نیترژن است که موجب بهبود رشد اندام های هوایی آن می شود. علت کاهش ماده خشک کل تحت تنش رطوبتی شدید ناشی از کاهش زمان پر شدن دانه و محدود شدن بافت های منبع و مخزن، بارگیری کم آوندهای آبکش و انتقال مواد فتوسنتزی به

رقم میهن در شرایط سوپرجاذب شیمیایی و تحت تنش ملایم خشکی در شرایط آب و هوایی ارومیه از بیشترین ماده خشک کل به مقدار ۶۸۷۰ 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 به ترتیب به میزان ۷۳۸۰ و ۷۴۴۰ 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 ۳۹۵۰ و ۴۲۵۰ کیلوگرم در هکتار بود (جدول ۵).

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 در متر مربع	عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار)	وزن هزار دانه (گرم)	نیترژن (درصد)	پتاسیم (درصد)
		شاهد	میهن	۷۳۸. ac	۲۷۷ ^{gl}	۳۷۵. fg	۴۸/۷ ^{ad}	۲/۴ ^{ac}	۱/۰۳ ^{bh}
			حیدری	۴۴۲. de	۵۱۷ ^{ab}	۵۵۱. bf	۴۳/۱ ^{ch}	۱/۶ ^{df}	۰/۹۳ ^{bi}
	بهینه	طبیعی	میهن	۵۹۴. be	۴۶۵ ^{ad}	۷۸۲. a	۵۰/۲ ^{ac}	۱/۸ ^{cf}	۱/۱۵ ^{af}
			حیدری	۶۰۴. be	۴۵۴ ^{ae}	۶۹۴. ac	۴۴/۶ ^{ag}	۱/۸ ^{cf}	۰/۵۱ ^{hj}
		شیمیایی	میهن	۵۸۴. be	۴۲۱ ^{af}	۷۹۳. a	۴۹/۱ ^{ad}	۳/۱ ^a	۰/۸۶ ^{ci}
			حیدری	۵۹۵. be	۴۵۱ ^{ae}	۵۳۵. cf	۴۵/۸ ^{ae}	۲/۴ ^{ac}	۰/۹۶ ^{bi}
		شاهد	میهن	۴۸۲. de	۴۲۵ ^{af}	۵۱۳ ^{cf}	۳۸/۸ ^{el}	۱/۶ ^{df}	۱/۱۵ ^{af}
			حیدری	۴۸۳. de	۵۴۸ ^a	۵۱۱. df	۳۳/۸ ^{ko}	۱/۶ ^{df}	۱/۱۸ ^{af}
ارومیه	ملازم	طبیعی	میهن	۷۳۶. ac	۳۳۲ ^{dj}	۳۸۵ ^{fg}	۴۰/۳ ^{ek}	۲/۰ ^{be}	۱/۱۳ ^{af}
			حیدری	۵۴۹. be	۴۳۳ ^{af}	۵۴۰. cf	۳۷/۵ ^{gm}	۱/۲ ^f	۱/۱۸ ^{af}
		شیمیایی	میهن	۸۷۰. a	۳۱۴ ^{fk}	۳۷۱. fg	۴۰/۹ ^{ek}	۲/۲ ^{bd}	۰/۹۹ ^{bh}
			حیدری	۴۶۶. de	۴۹۴ ^{ac}	۴۵۷ ^{ef}	۳۵/۶ ⁱⁿ	۲/۰ ^{be}	۱/۲۷ ^{ac}
		شاهد	میهن	۵۳۱. be	۲۲۲ ^{im}	۱۶۴ ^h	۳۷/۸ ^{fl}	۲/۴ ^{ac}	۰/۹۷ ^{bi}
			حیدری	۵۶۸. be	۲۳۲ ^{im}	۱۴۹ ^h	۲۶/۶ ^o	۱/۸ ^{cf}	۰/۷۰ ^{el}
		طبیعی	میهن	۵۳۶. be	۲۲۹ ^{im}	۱۷۹ ^h	۲۹/۸ ^{no}	۱/۶ ^{df}	۱/۰۵ ^{bg}
	شدید		حیدری	۵۲۹. ce	۱۸۵ ^{km}	۱۶۰ ^h	۳۲/۴ ^{lo}	۲/۲ ^{bd}	۱/۲۵ ^{ad}
		شیمیایی	میهن	۶۲۰. bd	۲۱۹ ^{jm}	۱۷۵ ^h	۳۷/۰ ^{hn}	۲/۶ ^{bd}	۱/۴۰ ^{ab}
			حیدری	۳۹۵. e	۴۳۹ ^{af}	۳۷۳. fg	۳۴/۷ ^{jn}	۲/۰ ^{be}	۱/۳۴ ^{ac}
		شاهد	میهن	۷۴۴. ab	۴۰۵ ^{bg}	۷۲۵ ^{ab}	۴۲/۸ ^{di}	۱/۴ ^{ef}	۱/۰۲ ^{bh}
			حیدری	۴۸۵. de	۳۵۴ ^{di}	۵۹۲. be	۳۸/۹ ^{el}	۲/۴ ^{ac}	۰/۸۶ ^{ci}
		طبیعی	میهن	۵۸۲. be	۲۷۰ ^{hl}	۶۹۴ ^{ac}	۵۱/۷ ^a	۲/۲ ^{bd}	۰/۹۲ ^{bi}
	بهینه		حیدری	۵۷۲. be	۳۱۳ ^{fk}	۶۳۷ ^{ae}	۴۳/۸ ^{bh}	۲/۶ ^{ab}	۰/۴۵ ^j
		شیمیایی	میهن	۶۰۲. be	۴۴۰ ^{af}	۷۷۶ ^a	۵۰/۵ ^{ab}	۲/۶ ^{ab}	۰/۵۷ ^{gj}
			حیدری	۵۵۴. be	۳۶۹ ^{ch}	۶۱۴ ^{ae}	۴۵/۵ ^{ae}	۱/۴ ^{ef}	۰/۷۳ ^{di}
		شاهد	میهن	۴۹۶. de	۳۸۵ ^{bh}	۶۵۸ ^{ad}	۴۲/۰ ^{di}	۲/۲ ^{bd}	۱/۱۲ ^{ae}
			حیدری	۵۷۳. be	۴۹۱ ^{ac}	۶۴۹. ad	۴۴/۹ ^{af}	۲/۰ ^{be}	۱/۰۵ ^{bg}
		طبیعی	میهن	۴۵۶ ^{de}	۳۲۸ ^{ej}	۵۹۲. be	۴۴/۰ ^{bh}	۲/۲ ^{bd}	۱/۳۴ ^{ac}
	ملازم		حیدری	۵۴۹. be	۳۲۵ ^{ej}	۶۵۰. ad	۴۲/۲ ^{di}	۱/۳ ^{ef}	۰/۸۳ ^{ci}
		شیمیایی	میهن	۴۷۷. de	۳۴۸ ^{dj}	۵۳۵. cf	۴۴/۹ ^{af}	۱/۵ ^{df}	۰/۸۹ ^{bi}
			حیدری	۵۱۰. de	۳۳۵ ^{dj}	۵۶۷ ^{be}	۴۲/۰ ^{di}	۱/۶ ^{df}	۱/۲۷ ^{ac}

ادامه جدول ۵.

۱/۲۱ ^{ae}	۱/۸ ^{cf}	۴۰/۷ ^{ek}	۲۱۱۳ ^{gh}	۱۱۶ ^m	۴۴۹۰ ^{de}	میهن	شاهد
۰/۶۷ ^{fi}	۱/۶ ^{df}	۳۰/۳ ^{mo}	۲۳۱۳ ^{gh}	۱۳۴ ^m	۵۴۸۰ ^{be}	حیدری	
۱/۲۱ ^{ae}	۱/۸ ^{cf}	۴۰/۰ ^{ek}	۲۳۴۰ ^{gh}	۱۴۵ ^{lm}	۵۹۹۰ ^{be}	میهن	شدید طبیعی
۱/۳۱ ^{ac}	۱/۴ ^{ef}	۴۲/۹ ^{dh}	۲۵۴۳ ^{gh}	۱۳۵ ^m	۶۱۱۰ ^{bd}	حیدری	
۱/۶۵ ^a	۱/۶ ^{df}	۴۲/۱ ^{di}	۵۴۲۶ ^{cf}	۳۳۵ ^{dj}	۴۳۶۰ ^{de}	میهن	شیمیایی
۱/۱۸ ^{af}	۲/۰ ^{be}	۴۱/۹ ^{dj}	۵۵۲۶ ^{bf}	۳۷۰ ^{ch}	۴۲۵۰ ^{de}	حیدری	

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

تعداد سنبله در واحد سطح

این جزء عملکرد تحت تاثیر معنی دار 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 ۴). بیشترین تعداد سنبله در مترمربع (۵۴۸ عدد) در شهرستان ارومیه را رقم حیدری با تنش خشکی ملایم و در سطح کودی شاهد نشان داد، به طوری که تفاوت این تیمار با رقم حیدری در شهرستان ارومیه با آبیاری بهینه و سطح کودی شاهد (۵۱۷ عدد) از لحاظ آماری با آزمون 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 (۴۹۱) را داشت. صرف نظر 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 احتمالاً در شرایط آبیاری بهینه میزان آب داده شده بیش از نیاز گیاه

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 به ترتیب به میزان ۲۶+ 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 سوپر جاذب طبیعی و شیمیایی موجب افزایش ماده خشک کل شد و این افزایش برای رقم حیدری در تیمار سوپر جاذب شیمیایی بیشترین مقدار (۲۶ درصد) بود (جدول ۶). در نتایج اسلام و همکاران (۱۶) بیشترین مقدار ماده خشک کل از مصرف سوپر جاذب شیمیایی به دست آمد که در آزمایش حاضر نیز بیشترین میزان ماده خشک کل از رقم میهن با مصرف پلیمر سوپر جاذب شیمیایی بود. اله دادی و همکاران (۵) نیز در ذرت با کاربرد پلیمر سوپر جاذب شیمیایی افزایش ماده خشک کل را مشاهده کردند. توحیدی مقدم و همکاران (۲۶) اظهار داشتند که تنش خشکی باعث کاهش ماده خشک گندم، همانند نتایج این آزمایش شد. ایشان با مصرف پلیمر سوپر جاذب شیمیایی تحت شرایط تنش خشکی، ماده خشک کل را بهبود دادند. به علاوه زارعی سیاه بیدی و رضایی زاد () نتیجه گیری نمودند که استفاده از پلیمر سوپر جاذب شیمیایی می تواند بطور نسبی اثرات منفی حاصل از تنش خشکی را کاهش دهد.

جدول ۶. درصد تغییرات صفات ارقام گندم نان تحت رژیم های مختلف رطوبتی و سوپر جاذب در مقایسه با سطح کودی شاهد

رژیم رطوبتی	تیمار	ارتفاع بوته	ماده خشکی کل	سنبله در متر مربع	عملکرد دانه	دانه در سنبله	وزن هزار دانه	نیروزن	فسفر	نیتراتیم
بهینه	طبیعی	میهن	-۲۰	+۸	+۳۴	+۱۲	+۳	-۵	-۱۲	-۱
	شیمیایی	حیدری	+۲۶	-۱۲	+۱۶	+۱۲	+۸	-۹	+۴	+۴۶
	شیمیایی	میهن	-۱۹	+۲۶	+۴۲	+۱	-۵	+۱	+۲۹	+۲۰
ملایم	طبیعی	میهن	+۲۱	-۱۸	-۱۶	+۱۰	+۴	-۹	-۵	-۱۸
	شیمیایی	حیدری	+۳	-۲۷	+۳	-۱	+۲	+۲۰	+۱	+۱۰
	شیمیایی	میهن	+۳۷	-۱۸	-۲۲	+۲	+۶	+۴	-۱	+۱۷
شدید	طبیعی	حیدری	-۷	-۲۰	-۱۱	+۷	-۲	+۱۰	+۳	-۱۳
	شیمیایی	میهن	+۱۵	+۱۱	+۱۰	+۱۹	+۱۱	-۱۵	-۷	-۴
	شیمیایی	حیدری	+۲	+۱۲	+۹	+۱۶	+۳۲	-۵	-۱	-۸۸
	شیمیایی	میهن	+۷	+۶۳	+۹۱	+۱۰	+۱	-۱	+۲	-۴۰
	شیمیایی	حیدری	+۲۶	+۱۲۱	+۱۴۳	+۱۵	+۳۴	-۱۳	+۹	-۸۳

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

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 به ترتیب +۶۳ و +۱۲۱ درصد در بیشترین مقدار بود (جدول ۶).

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 ۴). بیشترین عملکرد دانه در دو شهرستان ارومیه و خوی مربوط به رقم میهن

بوده و تیمارهای سوپر جاذب طبیعی و شیمیایی موجب افزایش ظرفیت نگهداری آب خاک شده است، در صورتی که 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 (۳۶۵) بیشتر از رقم میهن (۳۱۵) بود. به نظر می‌رسد علاوه بر نوع سوپر جاذب مقادیر مصرف آن نیز حائز اهمیت است، به طوری که 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 +۲۶ درصد، ولی رقم حیدری -۱۲ و -۶

درصد تغییرات عملکرد دانه در شرایط آبیاری بهینه در رقم میهن بیشتر از رقم حیدری در دو تیمار سوپر جاذب طبیعی و شیمیایی به ترتیب به میزان ۳۴+ درصد و ۴۲+ درصد در مقابل ۱۶+ و ۱+ درصد بود. در صورتی که تحت تنش شدید خشکی بسته به نوع سوپر جاذب متفاوت بوده و در تیمار سوپر جاذب شیمیایی رقم میهن ۹۱+ درصد و رقم حیدری ۱۴۳+ 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 ۶). به نظر می رسد ترکیبات سوپر جاذب به دلیل 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. به علاوه رقم میهن به دلیل داشتن بیشترین اجزای عملکرد دانه مانند تعداد دانه در سنبله و وزن هزار دانه، بیشترین عملکرد دانه (۶۳۹۹ کیلوگرم در هکتار) را تولید کرد.

وزن هزار دانه

این صفت آزمایشی نیز تحت تاثیر معنی دار اثرات ساده و متقابل دو جانبه (به غیر از مکان در رقم)، سه جانبه مکان در آبیاری در کود و آبیاری در کود در رقم و چهار جانبه تمامی عوامل در سطح احتمال یک درصد قرار گرفت (جدول ۴). بالاترین وزن هزار دانه در رقم میهن و در آبیاری بهینه در تیمارهای سوپر جاذب طبیعی و شیمیایی به ترتیب ۵۰/۲ و ۴۹/۱ گرم تحت شرایط ارومیه بود. به علاوه 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 ۲۶/۶ و ۳۰/۳ گرم به ترتیب تحت شرایط ارومیه و خوی اختصاص داشت (جدول ۵). مقادیر وزن هزار دانه بین سطوح آبیاری، در آبیاری بهینه با ۴۶/۲ گرم، تنش خشکی ملایم با ۴۰/۶ گرم و تنش خشکی شدید با ۳۶/۳

در شرایط آبیاری بهینه مربوط به تیمار سوپر جاذب شیمیایی به- ترتیب به میزان ۷۹۳۰ و ۷۷۶۰ کیلوگرم در هکتار بود. به علاوه 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 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 به ترتیب در شهرستان های ارومیه و خوی تولید کردند (جدول ۵). مقایسه سطوح مختلف آبیاری نشان داد که در آبیاری بهینه بیشترین عملکرد دانه (۶۴۷۰ کیلوگرم در هکتار)، در تنش ملایم خشکی (۵۳۵۰ کیلوگرم در هکتار) و در تنش شدید رطوبتی کمترین عملکرد (۲۶۹۰ کیلوگرم در هکتار) در واحد سطح به دست 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 ۵۲۴۰ کیلوگرم در هکتار بود و پس از آن تیمار سوپر جاذب طبیعی (۴۸۳۰) و سطح کودی شاهد (۴۴۴۰) در رتبه های بعدی از لحاظ عملکرد دانه قرار داشتند. رقم میهن دارای عملکرد دانه با میانگین ۴۸۳۰ و حیدری با میانگین ۴۸۴۰ کیلوگرم در هکتار بودند. میزان عملکرد منطقه خوی با مقدار ۵۴۰۰ کیلوگرم در هکتار بالاتر از منطقه ارومیه با میانگین ۴۲۸۰ کیلوگرم در هکتار بود. تعداد دانه در سنبله از مهم ترین اجزای عملکرد دانه بوده که تحت تنش شدید خشکی کاهش محسوسی می یابد (۱۷). علت کاهش آن ناشی از کاهش مواد فتوسنتزی بوده و تداوم این شرایط باعث کاهش گرده- افشانی و عدم باروری سنبلچه ها و یا اینکه به دلیل تنش خشکی برخی از گل های تلقیح شده موفق به دریافت مواد فتوسنتزی جهت پر شدن دانه نخواهند شد که متعاقب آن تعداد دانه در سنبله کم می شود و با افت این صفت عملکرد دانه نیز کاهش می یابد (۸). عیدی زاده و همکاران (۷) نیز مشابه چنین نتایجی را گزارش دادند.

میهن تحت شرایط آبیاری بهینه و سوپر جاذب شیمیایی به ترتیب با ۳/۱ و ۲/۶ درصد از بیشترین غلظت نیتروژن برخوردار بود. بیشتر بودن غلظت نیتروژن در این تیمارها ناشی از جذب بیشتر آب توسط سوپر جاذبها بوده که گیاه دستخوش تنش خشکی نبوده و به تدریج 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. به علاوه، 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 به ترتیب به میزان ۱/۶ 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 (به غیر از اثر سه جانبه مکان در کود در رقم) و چهار جانبه عوامل آزمایشی حداقل در سطح احتمال پنج درصد قرار گرفت (جدول ۴). صرف نظر از نوع رقم و تیمارهای کودی، با افزایش تنش رطوبتی، غلظت پتاسیم افزایش یافت. به طوری که در شرایط آبیاری بهینه، غلظت پتاسیم ۰/۸۳ درصد، تنش ملایم خشکی ۱/۱۴ درصد و تنش شدید خشکی ۱/۱۷ درصد بود. به نظر 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

گرم بود. تنش‌های خشکی آخر فصل رشد گیاه به دلیل زودرسی آنها موجب کوتاه شدن دوره پر شدن دانه‌ها و متعاقب آن چروکیدن شدن دانه‌ها و در نهایت 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 در نتیجه انتقال بهتر مواد غذایی به دانه‌ها نسبت داد که نهایتاً از کوچک ماندن و چروکیدگی دانه‌ها جلوگیری می‌کند (۲۵). تیمارهای سوپر جاذب شیمیایی به دلیل 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 می‌تواند 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، در صورتی که کاربرد پلیمرهای سوپر جاذب 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 به ترتیب ۱۱+ و ۳۴+ درصد برخوردار بود (جدول ۶). در نتایج اسلام و همکاران (۱۶) 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 داده‌های جدول ۴ اثرات ساده و متقابل عوامل آزمایشی (به غیر از اثر دو جانبه آبیاری در رقم) بر غلظت نیتروژن اندام هوایی حداقل در سطح احتمال پنج درصد معنی دار 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

همکاران (۱۵) حدود ۱۲ درصد بود. در نتایج سایر محققان نیز، تنش خشکی باعث کاهش ارتفاع بوته شد، ولی با مصرف ژئولیت در همان شرایط ارتفاع بوته گندم افزایش یافت (۱۲).

تعداد دانه در سنبله

نتایج تجزیه واریانس ارائه شده در جدول ۴ حاکی از معنی دار 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 ۶۷/۶ عدد در رتبه اول و در شرایط ارومیه همین رقم در تیمار سوپر جاذب طبیعی به میزان ۶۳/۰ 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. معنی دار بودن اثر ساده آبیاری بر صفت تعداد دانه در سنبله نشان داد که تحت شرایط ملایم تنش خشکی بیشترین تعداد دانه (۶۲/۵ دانه) در سنبله حاصل شد. تعداد دانه در سنبله تحت آبیاری بهینه و تنش خشکی شدید به ترتیب 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+ و ۱۶+ چشمگیر بود (جدول ۶). 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 (۱۶). قرابینسکی و وایزنسکی (۱۱) در آزمایشی بر روی گندم آبی لوکولوس در کشور لهستان نشان داد که متوسط عملکرد دانه طی

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 به ترتیب با ۱/۶۶ و ۱/۴۰ 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 به ترتیب به میزان ۷۰/ و ۶۷/ درصد بود. غلظت پتاسیم در رقم میهن ۱/۱۱ و در رقم حیدری ۰/۹۸ بود، بنابراین رقم میهن نسبت به رقم حیدری به دلیل 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 به غیر 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 ۴). 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 سوپر جاذب 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 ۶۷/۵ سانتی‌متر به دست 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، به طوری که 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 ۶). برتری ارتفاع بوته با مصرف سوپر جاذب در نتایج اسلام و

جدول ۷. 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	۶۷/۵ ⁱ
شدید	شاهد	حیدری	۷۱/۸ ^{hi}
شدید	دامی	میهن	۷۰/۲ ^{hi}
شدید	دامی	حیدری	۷۴/۸ ^{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.

غلظت نیتروژن در آبیاری بهینه از بیشترین مقدار (۷/۲۵ درصد) و در تنش شدید خشکی با ۶/۶۵ درصد از کمترین مقدار برخوردار 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). در صورتی که 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 دامی ۷/۲ و سوپر جاذب شیمیایی ۶/۶ درصد بود. علت غلظت بیشتر فسفر در تیمار کود دامی به دلیل وجود فسفر در این نوع کود بوده

دو سال اجرای آزمایش با مصرف سوپر جاذب بیشتر از سطح کودی شاهد بود. به علاوه 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 معنی دار اثرات ساده آبیاری و کود و اثرات متقابل دوجانبه عوامل آزمایشی (به غیر از آبیاری در کود) حداقل در سطح احتمال پنج درصد قرار گرفت (جدول ۴). غلظت فسفر همانند

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 جاذب Fertilizer	رقم Variety	مکان	آبیاری	فسفر
شاهد	میهن	ارومیه	بهینه	۷/۵ ^a
	حیدری		ملایم	۶/۸ ^b
دامی	میهن	خوی	شدید	۶/۶ ^b
	حیدری		بهینه	۷/۰ ^{ab}
شیمیایی	میهن	خوی	ملایم	۷/۰ ^{ab}
	حیدری		شدید	۶/۷ ^b

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

شرایط ارومیه در آبیاری بهینه بود (۷/۵ درصد). کمترین غلظت فسفر به تنش شدید خشکی در هر دو شهرستان تعلق داشت (جدول ۹).

در صورتی که در تیمار سوپر جاذب شیمیایی و سطح کودی شاهد فاقد فسفر بود. به علاوه 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

نتیجه گیری 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 بر روی ارقام گندم آبی با تیپ زمستانه در دو منطقه مورد کشت استان از لحاظ عملکرد متفاوت بود. سوپر جاذب‌ها تأثیری 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 آبیاری‌ها در سطح آبیاری بهینه، عملکرد و اجزاء آن در هر دو مکان با مصرف ترکیبات سوپر جاذب در هر دو رقم آزمایشی وضعیت بهتری داشته است، ولی می‌توان با مصرف این ترکیبات و کاهش دفعات آبیاری و اعمال تنش خشکی ملایم می‌توان محصول قابل قبولی همراه با

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 inorganic 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 aestivum* 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 stress 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 aestivum* 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 Biotechnology* 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- Mortezaei, 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. Rezaizad. 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).

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 materials, 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*