



به زراعی کشاورزی

دوره ۱۵ ■ شماره ۳ ■ پاییز ۱۳۹۲
صفحه‌های ۱-۱۴

بررسی رژیم‌های مختلف آبیاری و سوپر جاذب زئولیت بر عملکرد و اجزای عملکرد سورگوم علوفه‌ای (*Sorghum bicolor L.*)

علیرضا ترابی^۱، حسن فرح‌بخش^{۲*}، غلامرضا خواجویی‌نژاد^۳

۱. دانشجوی کارشناسی ارشد زراعت، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشگاه شهید باهنر کرمان، کرمان - ایران
۲. دانشیار بخش زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید باهنر کرمان، کرمان - ایران
۳. استادیار بخش زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید باهنر کرمان، کرمان - ایران

تاریخ پذیرش مقاله: ۹۲/۹/۱۱

تاریخ وصول مقاله: ۹۱/۱۰/۲۷

چکیده

به منظور بررسی اثر رژیم‌های مختلف آبیاری و مقادیر مختلف سوپر جاذب زئولیت بر عملکرد، اجزای عملکرد و محتوای نسبی آب سورگوم (*Sorghum bicolor L.*)، آزمایشی با استفاده از طرح کرت‌های خرد شده در مکان و زمان و در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار، در سال زراعی ۹۰ در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه شهید باهنر کرمان، انجام شد. رژیم‌های مختلف آبیاری (۱۰۰، ۸۰، ۶۰ و ۴۰ درصد ظرفیت زراعی) به کرت‌های اصلی و مقادیر مختلف سوپر جاذب زئولیت (صفر، ۱۵۰ و ۳۰۰ کیلوگرم در هکتار) به کرت‌های فرعی اختصاص داده شدند. نتایج نشان داد همه صفات مورد بررسی (علوفه تر و خشک، ارتفاع بوته، محتوای نسبی آب و ...) به جز تعداد گره در بوته تحت تأثیر رژیم‌های مختلف آبیاری قرار گرفتند؛ همچنین، تمام صفات به جز ارتفاع، محتوای نسبی آب در مرحله اول و سرعت رشد در مراحل اول و چهارم نمونه‌گیری تحت تأثیر سوپر جاذب قرار گرفتند، به طوری که، بیشترین مقدار صفات اندازه‌گیری شده از سطح ۳۰۰ کیلوگرم سوپر جاذب در هکتار به دست آمد. اثر متقابل آبیاری × سوپر جاذب × برداشت در مورد علوفه تر معنی دار شد. بیشترین عملکرد علوفه تر از برداشت دوم و آبیاری ۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی با کاربرد ۳۰۰ کیلوگرم زئولیت در هکتار به دست آمد. به طور کلی می‌وان نتیجه‌گیری کرد که مصرف سوپر جاذب در سطح ۳۰۰ کیلوگرم در هکتار در سطوح آبیاری کمتر از ظرفیت زراعی به افزایش ۲۰ درصدی عملکرد منجر می‌شود.

کلیدواژه‌ها: تنش خشکی، زئولیت، سرعت رشد، سورگوم، محتوای نسبی آب.

۱. مقدمه

با توجه به رشچد روز افزون جمعیت و افزایش تقاضا برای غذا و اهمیت پروتئین در جیره غذایی مردم و از آنجایی که این پروتئین به طور عمده از طریق فرآورده‌های دامی تأمین می‌شود، افزایش تولید در گیاهان علوفه‌ای ضروری است. برای جبران کمبود علوفه به گیاهانی نیاز است که ضمن تولید علوفه بیشتر و کیفیت مناسب، نسبت به شرایط نامساعد محیطی نیز مقاوم باشند تا در طول سال به خصوص فصل‌هایی از سال که کمبود علوفه به صورت حادثه‌تر مطرح می‌شود بتوانند تولید داشته باشند و نیاز دام‌ها را تأمین کنند. بنابراین، سورگوم نه تنها عملکرد بالایی دارد، بلکه با شرایط اقلیمی اکثر مناطق ایران به خصوص مناطق گرم و خشک و معتدل سازگاری خوبی دارد [۱۳]. سورگوم‌ها می‌توانند در مناطق نیمه‌خشک با ۴۰۰ - ۳۵۰ میلی‌متر بارندگی سالانه، علوفه خوبی تولید کنند [۴]. آب مهم‌ترین عامل محدودکننده رشد، توسعه و عملکرد گیاه در نواحی خشک و نیمه‌خشک، است. خشکی عاملی مهم در کاهش محصول در مناطق کشت جهان است و میانگین عملکرد را تا ۵۰ درصد و بیشتر کاهش می‌دهد [۲۳]. بنابراین، شناسایی و به‌کارگیری روش‌های جدید به منظور حفظ ذخیره رطوبتی خاک، افزایش نگهداری آب در خاک و در نتیجه افزایش بازده مصرف آب ضروری است. برخی مواد نظیر، پلیمرهای سوپرجاذب^۱ می‌توانند مقادیر متفاوتی آب را در خود ذخیره کنند و قابلیت نگهداری و ذخیره‌کردن آب را در خاک افزایش دهند. آب ذخیره‌شده به کمک این مواد در مواقع کم‌آبی در خاک آزاد می‌شود و ریشه گیاه از آن استفاده می‌کند [۲۱]. این مخازن ذخیره‌کننده آب وقتی در داخل خاک قرار می‌گیرند آب آبیاری و بارندگی را به خود جذب و از هدررفتن آن جلوگیری می‌کنند. پس از خشک شدن محیط خاک، آب داخل پلیمر به تدریج تخلیه می‌شود و بدین ترتیب

خاک به مدت طولانی و بدون نیاز به آبیاری مجدد، مرطوب می‌ماند [۷]. این مواد قابلیت‌های اثبات‌شده‌ای در بهبود تهویه و نگهداری آب در خاک، تنظیم میزان مصرف آب به کمک گیاه، اصلاح مدیریت آبیاری، افزایش تأثیر کود، کاهش نیاز به مصرف کود [۱۱] جلوگیری از تنش‌های ناشی از نوسان‌های رطوبتی، امکان کشت در مناطق بیابانی و سطوح شیب‌دار و افزایش بازده محصول را می‌توان از جمله منافع حاصل از کاربرد سوپرجاذب‌های کشاورزی نام برد [۱۶]. این مواد بی‌بو، بی‌رنگ و بدون خاصیت آلاینده‌ی خاک، آب و بافت گیاه هستند [۸]. مقدار جذب آب در این پلیمرها بسته به فرمولاسیون، ناخالصی‌ها و میزان نمک موجود در آب از مقادیر بسیار کم حدود ۲۰ برابر تا بیش از ۲۰۰۰ برابر وزنی متغیر است [۱۲]. هدف اصلی افزودن پلیمرهای سوپرجاذب به خاک افزایش ظرفیت نگهداری آب خاک و کاهش دور آبیاری است. ظرفیت ذخیره آب به بافت خاک و نوع و اندازه پلیمر بستگی دارد [۱۰]. طی آزمایشی گزارش شد که سوپرجاذب (Superab A200) به افزایش تخلخل در خاک رسی منجر شد [۵]. گزارش شد که رشد و فعالیت‌های فیزیولوژیکی مختلف گیاه ذرت تحت تنش خشکی محدود شد و کاربرد پلیمر سوپرجاذب توانست آب را در خاک نگهداری کند و آن را به صورت یکنواخت در دسترس گیاه قرار دهد [۲۵]. گزارش شد استفاده از ژئولیت می‌تواند رطوبت خاک را برای مدت بیشتری حفظ و در اختیار گیاه قرار دهد [۹]. کاربرد ژئولیت در شرایط تنش خشکی به افزایش درصد سبز مزرعه، متوسط سبزشدن روزانه و درصد استقرار گیاهچه منجر شد [۱]. در آزمایشی مقادیر مختلف (صفر، ۱، ۲، ۳، ۴ و ۵ گرم در کیلوگرم خاک) سوپرجاذب (Superab A200) بر رشد و عملکرد ذرت علوفه‌ای مطالعه و نتیجه شد که کاربرد مقادیر بیشتر این ماده نسبت به مقادیر کمتر و شاهد، دارای تأثیرات مثبتی بر صفات اندازه‌گیری شده است. همچنین، گزارش شد که تجمع ماده خشک به طور معنی‌داری بر اثر افزایش کاربرد

1. Super absorbent polymer

آزمایش در جدول ۱ آورده شده است. آزمایش به صورت کرت‌های خردشده در مکان در زمان و در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار انجام شد. تیمار آبیاری با ۴ سطح (۱۰۰، ۸۰، ۶۰ و ۴۰ درصد ظرفیت زراعی) به‌عنوان کرت اصلی و مقادیر سوپرچاذب با ۳ سطح (صفر، ۱۵۰ و ۳۰۰ کیلوگرم در هکتار) به‌عنوان کرت فرعی در نظر گرفته شدند. طول هر کرت فرعی ۴ متر و عرض آن ۲ متر در نظر گرفته شد. هر کرت آزمایشی شامل ۵ خط کشت به فاصله ۵۰ سانتی‌متر بین ردیف‌ها و ۱۰ سانتی‌متر بین بوته‌ها بود. همچنین، در یک بلوک فاصله بین کرت‌های اصلی ۱/۵ متر و فاصله بین دو بلوک ۲ متر در نظر گرفته شد تا رطوبت کرت‌های مجاور اثری روی هم نداشته باشند. بعد از آماده‌سازی زمین و قبل از کاشت مقادیر مشخص از پلیمر سوپرچاذب زئولیت برای هر ردیف به‌صورت نواری و در عمق ۱۵ سانتی‌متری روی هر ردیف، به‌کار برده شد. سوپرچاذب مصرفی از پژوهشگاه پلیمر و پتروشیمی در کرج تهیه شد، برخی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی هیدروژل سوپرچاذب به‌کاررفته در جدول ۲ ارائه شده است. پس از یک آبیاری سنگین، به منظور متورم کردن ذرات پلیمر سوپرچاذب، عملیات کاشت بذور سورگوم در تاریخ ۱۳۹۰/۲/۲۷ به‌صورت دستی و به روش هیرم‌کاری انجام شد. رقم استفاده‌شده در آزمایش اسپیدفید^۲ بود.

ماده سوپرچاذب افزایش می‌یابد [۲]. سویاهای کشت‌شده در خاک‌هایی با ۰/۰۵، ۰/۱ و ۰/۲ درصد پلیمر به ترتیب در حدود ۶، ۹ و ۱۴ برابر نسبت به خاک بدون پلیمر در مدت ۳ روز آبیاری دانه تولید کردند [۲۹]. هدف از اجرای این آزمایش بررسی مقادیر مختلف سوپرچاذب زئولیت بر عملکرد، اجزای عملکرد و محتوای نسبی آب برگ سورگوم در سطوح مختلف آبیاری بود با این فرض که بتوان با کاربرد سوپرچاذب تأثیرات تنش خشکی را کاهش داد و عملکردی قابل قبول را در سطوح پایین آبیاری به‌دست آورد.

۲. مواد و روش‌ها

به منظور بررسی اثر کاربرد سوپرچاذب زئولیت در شرایط تنش خشکی ناشی از رژیم‌های مختلف آبیاری و تأثیر آن بر عملکرد، اجزای عملکرد و محتوای آب نسبی برگ آزمایشی در فصل زراعی ۱۳۹۰ در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه شهید باهنر کرمان با عرض جغرافیایی ۳۰ درجه و ۱۵ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ۵۶ درجه و ۵۸ دقیقه با میانگین بارندگی ۱۵۰ میلی‌متر، با ارتفاع ۱۷۵۴ متر از سطح دریا و آب و هوای گرم و خشک (براساس روش آمبرژه^۱) واقع در جنوب شرقی ایران انجام شد. خاک محل آزمایش دارای بافت لومی شنی، pH حدود ۷/۶، وزن مخصوص ظاهری ۱/۳ gr m³ و دارای مقادیری از مواد آلی و کربنات کلسیم بود. سایر خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک محل مورد

جدول ۱. تجزیه فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه در اعماق مختلف

عمق (Cm)	رس	سیلت %	شن	بافت خاک	چگالی ظاهری	چگالی حقیقی	تخلخل %	pH	Ec dS.m ⁻¹
۰-۳۰	۱۸	۳۳/۶	۴۸/۴	لوم	۱/۴۵	۲/۶۵	۴۵/۳	۹/۱۱	۴/۶۴
۳۰-۶۰	۱۸	۴۵/۶	۳۶/۴	لوم	۱/۴۰	۲/۶۵	۴۷/۲	۸/۷	۸/۷۵

- Emberger
- Speed feed

جدول ۲. درصد ترکیبات شیمیایی و خصوصیات فیزیکی سوپر جاذب زئولیت

الف) درصد ترکیبات شیمیایی

CaO	MgO	Na ₂ O	K ₂ O	Al ₂ O ₃	SiO ₂
۲/۳	۰/۱	۱/۱	۳	۱۲	۶۵
Cl	SO ₃	P ₂ O ₅	TiO ₃	MnO	Fe ₂ O ₃
-	-	۰/۰۱	۱/۰۳	۱/۰۴	۱/۵

ب) خصوصیات فیزیکی

رنگ	مقدار رطوبت (%)	سمیت	غلظت (g/cm ³)	اسیدیته	آب محلول	اندازه (میکرومتر)
سفید	۵-۳	-	۱/۵	۷-۶	-	۱۵۰-۵۰

تریپل و ۱۵۰ کیلوگرم کود اوره (۴۶ درصد نیتروژن) به زمین مورد کشت اضافه شد. کنترل علف‌های هرز در تمامی فصل رویش به صورت دستی انجام شد. در مرحله ۴ برگی برای مبارزه با آفت سوسک برگ‌خوار از سم پودر وتابل سوین^۲ به میزان ۲ کیلوگرم در هکتار استفاده شد. هر ۲ برداشت در ۵۰ درصد گل‌دهی انجام شد (۱۳۹۰/۵/۷) و (۱۳۹۰/۷/۱۸). یک روز قبل از برداشت، ۵ بوته از هر کرت به صورت تصادفی انتخاب و صفاتی نظیر ارتفاع بوته، تعداد پنجه در بوته، قطر ساقه و تعداد گره اندازه‌گیری شدند. در هر کرت پس از حذف ۰/۵ متر از ابتدا و انتها و همچنین، حذف ۲ ردیف کناری، گیاهان باقی‌مانده از ارتفاع ۱۰ سانتی‌متر برداشت و توزین شدند و برای تعیین وزن علوفه خشک یک نمونه ۰/۵ کیلوگی از هر تیمار به صورت تصادفی انتخاب و در آن به مدت ۴۸ تا ۷۲ ساعت در دمای ۷۰ درجه سیلسیوس قرار داده شد. سپس، ضرایب مربوطه اجرا شد.

محتوای نسبی آب^۳ در برگ سورگوم در هر برداشت در آغاز مرحله زایشی طی ۲ هفته متوالی اندازه‌گیری شد. روز قبل از آبیاری، دیسک‌هایی از برگ‌های هم سن بین

تیمار آبیاری پس از رسیدن به مرحله دوبرگی با شیلنگ ۴ و کنتور حجمی اجرا شد، میزان آب مورد نیاز با استفاده از لایسی‌متر^۱ بر حسب ظرفیت زراعی بود و آب مورد استفاده در هر کرت آزمایشی با استفاده از فرمول زیر محاسبه شد:

$$V_w = S_A \times V_L / S_L \quad (1)$$

در این معادله V_w حجم آب مصرفی در هر کرت آزمایشی بر حسب لیتر، S_A مساحت کرت اصلی بر حسب مترمربع، V_L حجم آب مصرفی لایسی‌متر (مقدار آب مصرف‌شده توسط لایسی‌متر تا زمان آبیاری) S_L مساحت لایسی‌متر بر حسب مترمربع هستند. دور آبیاری براساس ۸۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر کلاس A براساس فرمول زیر تعیین شد.

$$E = 10000V/SP \quad (2)$$

در این معادله E تبخیر انجام‌شده از تشت در طول شبانه روز بر حسب میلی‌متر، V حجم آب ریخته‌شده در تشت به صورت روزانه بر حسب لیتر و SP مساحت تشت تبخیر کلاس A در نظر گرفته شد. زمان آبیاری براساس تبخیر تجمعی از تشت ۷ روز یکبار بود.

قبل از کاشت، ۲۵۰ کیلوگرم در هکتار سوپر فسفات

2. Sevin Vtable powder
3. Relative Water Content (RWC)

1. Lysimeter

معنی دار شد (جدول ۳). تیمار آبیاری ۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی با مصرف ۳۰۰ کیلوگرم سوپرچاذب در هکتار در برداشت دوم با میانگین ۱۰۲/۰۹ تن در هکتار بیشترین علوفه‌تر را به خود اختصاص داد (شکل ۱). همان‌طور که در جدول ۳ مشاهده می‌شود، اثر سوپرچاذب بر عملکرد ماده خشک در سطح احتمال ۵ درصد معنی دار شد. نتایج نشان داد که افزایش مصرف سوپرچاذب به افزایش عملکرد ماده خشک منجر شد (جدول ۴). نتایج مطالعات سایر محققان نیز حاکی از آن است که افزایش مصرف سوپرچاذب (وینیل الکل آکریلیک اسید، Alcosorb 400) باعث افزایش عملکرد گیاه می‌شود [۱۴، ۲۵، ۲۹]. این اثر احتمالا به دلیل جذب مقادیر بسیار زیاد آب در ساختمان سوپرچاذب و متعاقب آن قراردادن آب جذب‌شده به خاک اطراف و ریشه گیاه در هنگام خشکی است. بالاترین عملکرد علوفه خشک از تیمار ۳۰۰ کیلوگرم سوپرچاذب در هکتار با تولید ۱۹/۹۹ تن علوفه خشک در هکتار حاصل شد (جدول ۴). تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر متقابل آبیاری × برداشت بر عملکرد علوفه خشک معنی دار بود (جدول ۳). تیمار آبیاری ۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی در برداشت دوم با میانگین ۲۷/۱۷ تن در هکتار بیشترین عملکرد علوفه خشک را به خود اختصاص داد. همچنین، کمترین عملکرد مربوط به تیمار آبیاری در ۴۰ درصد ظرفیت زراعی در برداشت اول بود (جدول ۵). این موضوع در بیشتر مطالعات مربوط به بررسی تنش کم‌آبی در گیاهان علوفه‌ای گزارش شده است و یافته‌های این تحقیق را تأیید می‌کند [۱۷، ۲۴]. این موضوع نشان‌دهنده اثر سوء کم‌آبی بر عملکرد ماده خشک است که با یافته‌های سایر محققان مانند نباتی و رضوانی مقدم در سال ۱۳۸۷، آزمایش روی گیاهان ارزن، سورگوم و ذرت علوفه‌ای و رستم‌زا و همکاران در سال ۲۰۱۱، با مطالعه گیاه ارزن، مطابقت دارد [۱۸، ۲۸].

ساعت ۷ تا ۸ صبح گرفته شد و بلافاصله نمونه‌ها در ظرف حاوی یخ قرار گرفت و به آزمایشگاه منتقل شد. پس از به‌دست آوردن وزن تازه، نمونه‌ها به مدت ۲۴ ساعت در آب مقطر در تاریکی قرار داده شدند و مجدداً توزین (وزن اشباع) شدند. این نمونه‌ها به مدت ۲۴ ساعت در دمای ۸۵ درجه سانتی‌گراد در آون قرار گرفت و سپس، وزن شدند (وزن خشک). میزان آب نسبی برگ با استفاده از معادله شماره ۳، اندازه‌گیری شد.

$$RWC = \left(\frac{FW - DW}{SW - DW} \right) \times 100 \quad (3)$$

در این معادله، F_w وزن تازه برگ (گرم)، D_w وزن خشک برگ (گرم) و S_w وزن برگ اشباع (گرم) هستند [۲۷].

سرعت رشد گیاه^۱ در هر برداشت پس از مرحله ۴ برگی در ۴ مرحله در فاصله زمانی ۲ هفته یک‌بار تا زمان برداشت اندازه‌گیری شد. یک روز قبل از آبیاری، تعداد ۳ بوته از ردیف‌های کناری انتخاب و پس از خشک‌کردن، نمونه‌ها وزن شدند. سپس، ضرایب مربوطه اجرا شد. سرعت رشد با استفاده از معادله ۴ محاسبه شد:

$$CGR = \frac{W_2 - W_1}{T_2 - T_1} \text{ gr.m}^2.\text{day}^{-1} \quad (4)$$

در این معادله W_1 ، W_2 وزن خشک برداشت شده و T_1 ، T_2 زمان‌های برداشت هستند [۲۷].

همچنین، در این آزمایش ۲ چین علوفه برداشت شد که اثر برداشت در تجزیه داده‌ها لحاظ شده است. برای محاسبات آماری در این بررسی از نرم‌افزار SAS، M-STAT C و Excel استفاده شد. مقایسه میانگین‌ها به روش دانکن انجام شد.

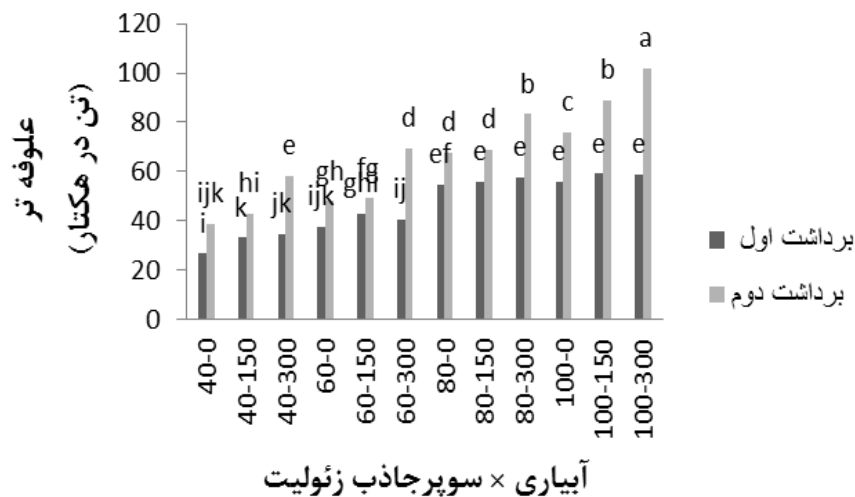
۳. نتایج و بحث

اثر متقابل ۳ عامل آبیاری، سطوح سوپرچاذب زئولیت و برداشت بر عملکرد علوفه‌تر در سطح احتمال ۵ درصد

جدول ۳. نتایج تجزیه واریانس سطوح مختلف آبیاری، سوپرچاذب زئولیت و برداشت بر عملکرد و اجزاء عملکرد سورگوم علوفه‌ای

میانگین مربعات							منابع تغییر
تعداد گره	تعداد پنجه	قطر ساقه	ارتفاع	علوفه خشک	علوفه تر	درجه آزادی	
۷۰۲/۸	۱/۷	۰/۴	۶۴۹/۴	۴۱/۲۲	۷۷/۱	۲	بلوک
۴۸/۶ ^{ns}	۱۳ ^{**}	۰/۲۹ ^{**}	۲۹۷۰۲/۷ ^{**}	۵۴۲/۵۶ ^{**}	۴۳۷۳/۱ ^{**}	۳	آبیاری
۱۵۴/۱	۱/۲	۰/۰۱۲	۲۳۴۰/۲	۷۵/۱۳	۱۰۸	۶	خطای a
۸۹۲/۴ [*]	۱۰/۲ ^{**}	۰/۰۶۸ ^{**}	۵۰۴/۳ ^{ns}	۵۲/۱۶ [*]	۹۶۱/۲ ^{**}	۲	سوپرچاذب
۲۱۳/۸ ^{ns}	۲/۲ ^{ns}	۰/۰۱۵ ^{ns}	۹۵/۰۴ ^{ns}	۱/۵۸ ^{ns}	۱۵/۲ ^{ns}	۶	آبیاری × سوپرچاذب
۹۶/۱	۱/۸	۰/۰۰۸	۱۷۷/۷	۱۳/۴	۲۸/۹	۱۶	خطای b
۵۱۹۲ ^{**}	۶۵۲/۴ ^{**}	۵/۵۷ ^{**}	۱۰۰/۵ ^{ns}	۲۹۰/۵۵ ^{**}	۶۹۰۴/۷ ^{**}	۱	برداشت
۴۶۰ ^{ns}	۱۴/۳ ^{**}	۰/۰۱۴ ^{ns}	۱۷۵۶/۳ [*]	۳۹/۰۴ ^{**}	۲۶۹/۳ ^{**}	۳	آبیاری × برداشت
۳۷۵	۴/۹	۰/۰۱۲	۴۷۴/۴	۵/۶۲	۲۷۰/۰۲	۸	خطای c ₁
۹۲/۹ ^{ns}	۱/۱ ^{ns}	۰/۰۴۷ ^{**}	۵۳۱/۵ ^{ns}	۱/۴۱ ^{ns}	۵۲۰/۶ ^{**}	۲	سوپرچاذب × برداشت
۳۰۱/۶ ^{ns}	۱/۵ ^{ns}	۰/۰۰۲ ^{ns}	۸۶/۹ ^{ns}	۶/۰۹ ^{ns}	۲۴/۳ [*]	۶	آبیاری × سوپرچاذب × برداشت
۱۶۹/۸	۱/۲	۰/۰۰۷	۴۳۷/۱	۶/۱۵	۸/۶	۱۶	خطای c ₂
۳۰/۱	۱۶	۵/۷۷	۱۰/۸	۱۳/۵۲	۵/۲		ضریب تغییرات

*, **, ns به ترتیب معنی‌داری در سطح ۵ درصد، ۱ درصد و بدون معنی.



شکل ۱. اثر متقابل آبیاری × سوپرچاذب زئولیت × برداشت بر عملکرد علوفه تر. میانگین‌های دارای حروف مشترک براساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن تفاوت معنی‌داری ندارند ($P < 0.05$).

بررسی رژیم های مختلف آبیاری و سوپرچاذب زئولیت بر عملکرد و اجزای عملکرد سورگوم علوفه‌ای (*Sorghum bicolor L.*)

جدول ۴. مقایسه میانگین صفات اندازه‌گیری شده سورگوم علوفه‌ای تحت سطوح مختلف سوپرچاذب زئولیت

سوپرچاذب	علوفه خشک (تن در هکتار)	تعداد پنجه در بوته	تعداد گره در بوته
صفر کیلوگرم	۱۷/۱۸c	۶/۳۷b	۴۱/۳۵b
۱۵۰ کیلوگرم	۱۷/۸۲b	۶/۳۴b	۳۸/۲۹b
۳۰۰ کیلوگرم	۱۹/۹۹a	۷/۴۹a	۵۰/۰۵a

میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون در سطح احتمال ۵ درصد تفاوت معنی‌داری ندارند (آزمون چند دامنه‌ای دانکن).

جدول ۵. مقایسه میانگین صفات اندازه‌گیری شده سورگوم علوفه‌ای تحت تأثیر اثر متقابل آبیاری × برداشت

آبیاری	برداشت	علوفه خشک (تن در هکتار)	ارتفاع (سانتی‌متر)	تعداد پنجه در بوته
۴۰ درصد ظرفیت مزرعه	۱	۱۰/۸۱a	۱۵۴/۰۹cd	۳/۷c
۴۰ درصد ظرفیت مزرعه	۲	۱۱/۷۲de	۱۲۷/۰d	۱۲/۲a
۶۰ درصد ظرفیت مزرعه	۱	۱۵/۷۱cde	۱۷۸/۵۳bcd	۳/۵c
۶۰ درصد ظرفیت مزرعه	۲	۱۷/۹۷cd	۱۹۳/۰abc	۹/۶ab
۸۰ درصد ظرفیت مزرعه	۱	۱۸/۸۸bc	۲۰۸/۶۲ab	۳/۹c
۸۰ درصد ظرفیت مزرعه	۲	۲۴/۵ab	۲۱۷/۸۵ab	۹/۰b
۱۰۰ درصد ظرفیت مزرعه	۱	۱۹/۸۹bc	۲۲۸/۲۷ab	۳/۷c
۱۰۰ درصد ظرفیت مزرعه	۲	۲۷/۱۷a	۲۴۱/۱۱a	۸/۲b

میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون در سطح احتمال ۵ درصد تفاوت معنی‌داری ندارند (آزمون چند دامنه‌ای دانکن).

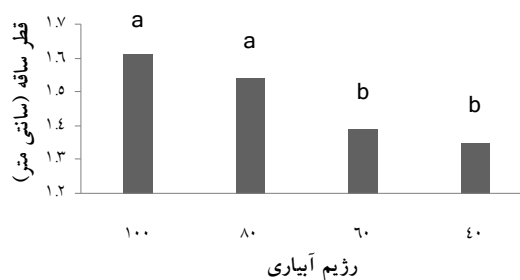
همراه بود [۱۹]. طی آزمایشی گزارش شد به ازای هر ۱ درصد کاهش در میزان آب آبیاری متوسط ارتفاع ساقه ۱/۱ سانتی‌متر کاهش یافت [۶].

سطوح آبیاری تأثیر معنی‌داری ($P < 0.01$) بر قطر ساقه داشت (جدول ۳). مقایسه میانگین سطوح مختلف آبیاری نشان داد که تیمار آبیاری ۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی بیشترین قطر ساقه (۱/۶۱ سانتی‌متر) را تولید کرد که تفاوت معنی‌داری با آبیاری ۸۰ درصد ظرفیت زراعی نداشت. همچنین، کمترین مقدار این صفت (۱/۳۵) سانتی‌متر) از تیمار آبیاری ۴۰ درصد ظرفیت زراعی به‌دست آمد که تفاوت معنی‌داری با تیمار ۶۰ درصد

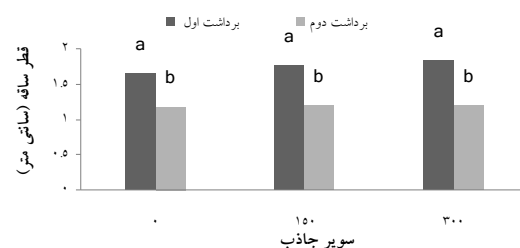
اثر متقابل آبیاری و برداشت بر ارتفاع بوته در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار بود (جدول ۳). بیشترین ارتفاع بوته با میانگین ۲۴۱/۱ سانتی‌متر از تیمار آبیاری ۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی در برداشت دوم و کمترین مقدار این صفت با ۱۲۷ سانتی‌متر در تیمار آبیاری ۴۰ درصد ظرفیت زراعی در برداشت دوم حاصل شد (جدول ۵). نتایج تحقیقات قبلی نیز نشان می‌دهد که تنش خشکی موجب کاهش طول ساقه و ایجاد حالت کوتاه‌قدی در گیاهان می‌شود [۳۰]. یزدانی و همکاران بیان کردند که فواصل آبیاری و اجرای تنش خشکی بر گیاه سویا به دلیل کاهش تقسیم و طولی شدن سلولی، با کاهش رشد و ارتفاع گیاه

اثر مقادیر مختلف سوپر جاذب بر تعداد پنجه در سطح احتمال ۱ درصد معنی دار بود (جدول ۳). مقایسه میانگین مقادیر مختلف سوپر جاذب نشان داد که افزایش در مصرف سوپر جاذب به افزایش تعداد پنجه در بوته منجر شد به طوری که بیشترین مقدار این صفت با تولید ۷/۴۹ پنجه در بوته از تیمار ۳۰۰ کیلوگرم سوپر جاذب در هکتار و کمترین تعداد پنجه در بوته (۶/۳۷) از تیمار بدون مصرف سوپر جاذب به دست آمد که تفاوت معنی داری با تیمار ۱۵۰ کیلوگرم سوپر جاذب در هکتار نداشت (جدول ۴). تجزیه واریانس نشان داد که اثر متقابل آبیاری و برداشت بر تعداد پنجه معنی دار بود (جدول ۳). تیمار آبیاری ۴۰ درصد ظرفیت زراعی در برداشت دوم با میانگین ۱۲/۲ پنجه بیشترین تعداد پنجه در بوته را به خود اختصاص داد (جدول ۵). همچنین، کمترین تعداد پنجه (۳/۵) پنجه در بوته) مربوط به تیمار آبیاری ۶۰ درصد ظرفیت زراعی در برداشت اول بود. همان طور که در جدول ۳ مشاهده می شود، اثر سوپر جاذب بر تعداد گره در سطح احتمال ۵ درصد معنی دار شد. مقایسه میانگین صفات نشان داد که تیمار ۳۰۰ کیلوگرم سوپر جاذب در هکتار در گروه برتر جای گرفت (۵۰/۰ گره در بوته). همچنین، کمترین مقدار این صفت (۳۸/۲۹ گره در بوته) از تیمار ۱۵۰ کیلوگرم سوپر جاذب در هکتار به دست آمد که تفاوت معنی دار با تیمار بدون مصرف سوپر جاذب نداشت (جدول ۴). نتایج تجزیه واریانس داده ها نشان داد که تعداد گره به طور معنی داری ($P < 0.01$) تحت تأثیر برداشت قرار گرفت (جدول ۳). در مقایسه بین برداشت ها، برداشت دوم به طور معنی داری تعداد گره را افزایش داد و کمترین میانگین این صفت مربوط به برداشت اول با ۳۴/۷۴ گره در بوته بود (شکل ۴).

ظرفیت زراعی نداشت (شکل ۲). نباتی و رضوانی مقدم گزارش کردند که بیشترین قطر ساقه مربوط به دور آبیاری ۲ هفته یکبار بود و بیان کردند با افزایش دور آبیاری تغییرات قطر ساقه از روند مشخصی تبعیت نمی کند. به نظر می رسد تغییرات قطر ساقه در گیاهان مختلف تحت تأثیر عوامل محیطی و ژنتیکی است [۱۸]. این صفت به طور معنی داری تحت تأثیر اثر متقابل سوپر جاذب در برداشت در سطح احتمال ۱ درصد قرار گرفت (جدول ۳). تیمار ۳۰۰ کیلوگرم سوپر جاذب در هکتار در برداشت اول با میانگین ۱/۸۴ سانتی متر بیشترین قطر ساقه را تولید کرد که تفاوت معنی داری با سایر مقادیر سوپر جاذب در این برداشت نداشت. همچنین، کمترین مقدار این صفت با ۱/۱۸ سانتی متر از تیمار بدون مصرف سوپر جاذب در برداشت دوم به دست آمد (شکل ۳).



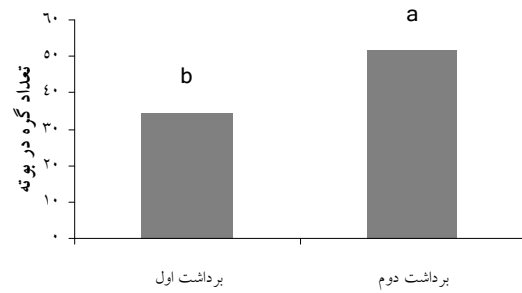
شکل ۲. اثر ساده آبیاری بر قطر ساقه. میانگین های دارای حروف مشترک بر اساس آزمون چنددامنه ای دانکن تفاوت معنی داری ندارند ($P < 0.05$).



شکل ۳. اثر متقابل سوپر جاذب زفولیت × برداشت بر قطر ساقه. میانگین های دارای حروف مشترک بر اساس آزمون چنددامنه ای دانکن تفاوت معنی داری ندارند ($P < 0.05$).

بررسی رژیم های مختلف آبیاری و سوپرچاذب زئولیت بر عملکرد و اجزای عملکرد سورگوم علوفه‌ای (*Sorghum bicolor L.*)

مشاهده می‌شود اثر آبیاری بر محتوای نسبی آب برگ در هر ۲ مرحله در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار شد. مقایسه میانگین صفات نشان داد که بیشترین و کمترین مقدار محتوای نسبی آب برگ به ترتیب از تیمار آبیاری ۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی و ۴۰ درصد ظرفیت زراعی به‌دست آمد (جدول ۷) که با نتایج به‌دست آمده سایر محققان مطابقت داشت [۲۳، ۲۵، ۲۶]. از طرف دیگر ممکن است در تنش خشکی، محتوای نسبی آب تفاوت معنی‌داری با شرایط مطلوب آبیاری نداشته باشد، اما انرژی صرف‌شده گیاه برای تنظیم اسمزی، باعث کاهش قابل توجه عملکرد شود [۳].



شکل ۴. اثر برداشت بر تعداد گره در بوته. میانگین‌های دارای حروف مشترک براساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن تفاوت معنی‌داری ندارند ($P < 0.05$).

محتوای نسبی آب در هر برداشت در ۲ مرحله اندازه‌گیری شد که نتایج به‌دست آمده از هر مرحله به‌صورت مجزا تجزیه و تحلیل آماری شد. همان‌طور که در جدول ۶

جدول ۶. نتایج تجزیه واریانس سطوح مختلف آبیاری، پلیمر سوپرچاذب زئولیت و برداشت بر محتوای نسبی آب برگ و سرعت رشد گیاه به ترتیب در ۲ مرحله و ۴ مرحله از رشد سورگوم علوفه‌ای

میانگین مربعات						درجه آزادی	منابع تغییر
CGR _۴	CGR _۳	CGR _۲	CGR _۱	RWC _۲	RWC _۱		
۴۶۶/۹	۵۴۹/۹	۲۴۸/۱۸	۷۱۴/۷۲	۱۶/۷	۷/۰۴	۲	بلوک
۷۹۲۸۱/۳**	۳۲۰۴/۹**	۱۱۳۱۳/۳**	۱۳۰۶/۱۲**	۱۶۲/۲**	۱۷۲/۳**	۳	آبیاری
۴۸۵/۰۳	۵۷۸/۳	۵۶۰/۸	۳۴۳/۸	۹/۲	۱۶/۵	۶	خطا
۴۱۲۶/۹ ^{ns}	۳۲۳۷/۲*	۳۴۵۷/۹**	۱۹۷/۷ ^{ns}	۴۰/۴*	۲۸/۳ ^{ns}	۲	سوپرچاذب
۱۴۰۵/۱ ^{ns}	۱۰۷/۱ ^{ns}	۳۸۶/۹ ^{ns}	۷۵/۶ ^{ns}	۱/۹ ^{ns}	۰/۴ ^{ns}	۶	آبیاری × سوپرچاذب
۱۰۸۹/۳	۹۴۲/۸	۲۲۲/۱	۱۲۹	۱۱/۲	۱۳/۱	۱۶	خطا
۷۳۸۷۵/۳**	۱۶۴۳۵۵/۶**	۱۴۳۸۳۵/۷**	۴۲۱۴۴/۵**	۳۲ ^{ns}	۱۱۶۸**	۱	برداشت
۳۹۶/۵ ^{ns}	۴۷۶۶/۲**	۳۷۰۰/۱**	۱۲۰۶/۹**	۱۱/۹ ^{ns}	۶/۸ ^{ns}	۳	آبیاری × برداشت
۲۲۴۳/۴	۱۲۶۷/۹	۷۲۱/۸	۴۰۲/۶	۹/۷	۴۳/۹	۸	خطا
۹۸۴/۳ ^{ns}	۱۸۲/۱ ^{ns}	۱۲۵۲/۱*	۱۸۳/۴۴ ^{ns}	۵/۱ ^{ns}	۰/۲ ^{ns}	۲	سوپرچاذب × برداشت
۷۸۶/۵ ^{ns}	۱۸۵/۸ ^{ns}	۲۸۸/۹ ^{ns}	۵۳/۱ ^{ns}	۲/۹ ^{ns}	۰/۴ ^{ns}	۶	آبیاری × سوپرچاذب × برداشت
۳۴۰۵	۸۷۱	۳۰۷/۹	۱۲۸/۷	۱۱/۷	۱۰/۹۵	۱۶	خطا
۳۱/۱	۲۳/۵	۲۴/۹	۴۳	۴/۱	۳/۸		ضریب تغییرات

ns و ** به ترتیب معنی‌داری در سطح ۵ درصد، ۱ درصد و بدون معنی.

محصول فقط در مرحله چهارم (۷۲ روز بعد از کاشت) به طور معنی داری ($P < 0.01$) تحت تأثیر تیمار آبیاری قرار گرفت (جدول ۶). مقایسه میانگین‌ها در این مرحله نشان داد که بیشترین سرعت رشد محصول به تیمار آبیاری ۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی تعلق داشت (جدول ۷). همچنین، مشاهده شد که با کاهش آب مصرفی سرعت رشد محصول به طور معنی داری کاهش یافت (جدول ۷).

در دوره رشد وقتی سورگوم با تنش خشکی رو به رو می‌شود، بسته شدن روزنه‌ها همراه با کاهش پتانسیل آب برگ موجب محدود شدن تثبیت دی‌اکسیدکربن در فتوسنتز می‌شود [۲۰]. این عامل نیز باعث کاهش سطح برگ و مواد غذایی در دسترس گیاه و در نتیجه کاهش دوام سطح برگ می‌شود [۲۲]. بنابراین، تنش خشکی از طریق کاهش توسعه سطح برگ و دوام سطح برگ، باعث کاهش استفاده از نور می‌شود و در نتیجه با کاهش سرعت رشد محصول میزان تجمع ماده خشک در واحد سطح کاهش می‌یابد [۱۳].

اثر سوپر جاذب فقط در نمونه‌گیری دوم و در سطح احتمال ۱ درصد بر این صفت معنی دار بود (جدول ۶). در مقایسه بین سطوح سوپر جاذب مصرفی، در نمونه‌گیری دوم با افزایش میزان مصرف سوپر جاذب محتوای نسبی آب برگ به طور معنی داری افزایش یافت به گونه‌ای که کمترین میانگین این صفت مربوط به تیمار بدون مصرف سوپر جاذب (۸۳/۵۸ درصد) و بیشترین میانگین مربوط به تیمار ۳۰۰ کیلوگرم سوپر جاذب در هکتار (۸۶/۱۷ درصد) بود (جدول ۷). بعضی محققان گزارش کردند که مصرف سوپر جاذب به افزایش محتوای نسبی آب منجر می‌شود [۳، ۲۵]. اثر برداشت نیز فقط در نمونه‌گیری اول و در سطح احتمال ۱ درصد بر این صفت معنی دار شد (جدول ۶). در مقایسه بین برداشت‌های انجام شده مشاهده شد که بیشترین مقدار محتوای نسبی آب برگ مربوط به برداشت دوم (۹۰/۱۹ درصد) و کمترین مقدار محتوای نسبی آب برگ مربوط به برداشت اول (۸۲/۱۴ درصد) است (جدول ۷). نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که سرعت رشد

جدول ۷. اثر سطوح مختلف آبیاری، سوپر جاذب و برداشت بر محتوای نسبی آب برگ و سرعت رشد (گرم در مترمربع)

CGR _۴	CGR _۳	CGR _۲	CGR _۱	RWC _۲	RWC _۱	
سطوح آبیاری						
۲۴۴/۵۹a	-	-	-	۸۸/۵a	۸۹/۷۸a	۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی
۲۲۹/۱۳a	-	-	-	۸۵/۷۸b	۸۷/۵ab	۸۰ درصد ظرفیت زراعی
۱۸۰/۷۳b	-	-	-	۸۳/۴۴bc	۸۴/۶۱bc	۶۰ درصد ظرفیت زراعی
۹۷/۰۸c	-	-	-	۸۱/۵c	۸۲/۷۸c	۴۰ درصد ظرفیت زراعی
سوپر جاذب						
-	۱۱۶/۸۲b	۵۹/۹۵b	-	۸۳/۵۸b	-	صفر کیلوگرم
-	۱۲۱/۳ab	۶۸/۰۱b	-	۸۴/۶۷ab	-	۱۵۰ کیلوگرم
-	۱۳۸/۸a	۸۳/۵۷a	-	۸۶/۱۷a	-	۳۰۰ کیلوگرم
برداشت						
۱۸۵/۸۵b	-	-	-	-	۸۲/۱۴b	۱
۲۱۹/۹۲a	-	-	-	-	۹۰/۱۹a	۲

میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون در سطح احتمال ۵ درصد تفاوت معنی داری ندارند (آزمون چند دامنه‌ای دانکن).

جدول ۸. مقایسه میانگین سرعت رشد محصول سورگوم علفه‌ای تحت تأثیر اثر متقابل آبیاری برداشت

آبیاری	برداشت	CGR _۱	CGR _۲	CGR _۳
۴۰ درصد ظرفیت مزرعه	۱	۱/۵d	۱۶e	۴۸/۸d
۴۰ درصد ظرفیت مزرعه	۲	۳۱/۳bc	۷۳/۶cd	۱۰۴/۵cd
۶۰ درصد ظرفیت مزرعه	۱	۱/۷d	۱۹/۵e	۶۴/۸d
۶۰ درصد ظرفیت مزرعه	۲	۴۳/۲ab	۹۶/۶bc	۱۵۲/۸bc
۸۰ درصد ظرفیت مزرعه	۱	۲cd	۲۷/۵e	۸۸/۶cd
۸۰ درصد ظرفیت مزرعه	۲	۶۰/۸ab	۱۲۵/۹ab	۱۹۳/۶ab
۱۰۰ درصد ظرفیت مزرعه	۱	۲/۲cd	۴۰/۴de	۱۰۹/۲cd
۱۰۰ درصد ظرفیت مزرعه	۲	۶۸a	۱۶۴/۸a	۲۴۲/۷a

میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون در سطح احتمال ۵ درصد تفاوت معنی‌داری ندارند (آزمون چنددامنه‌ای دانکن).

(جدول ۸) بیشترین سرعت رشد محصول در هر ۳ مرحله مربوط به تیمار آبیاری ۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی در برداشت دوم بوده است؛ همچنین، کمترین مقدار این صفت از تیمار آبیاری ۴۰ درصد ظرفیت زراعی در برداشت اول به‌دست آمد.

۱.۳. نتیجه‌گیری

نتایج نشان داد که افزایش مصرف سوپرچاذب از صفر به ۳۰۰ کیلوگرم در همه سطوح آبیاری باعث افزایش عملکرد شد و با توجه به عملکرد یکسان حاصل از تیمار آبیاری در حد ۸۰ درصد ظرفیت زراعی با مصرف سوپرچاذب در مقایسه با تیمار شاهد (۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی) و بدون مصرف سوپرچاذب، نتیجه‌گیری شد که می‌توان با مصرف سوپرچاذب در مصرف آب در حد ۲۰ درصد صرفه‌جویی کرد، در نتیجه آب مازاد صرف تولید بیشتر محصول از طریق افزایش سطح زیر کشت شود. با توجه به صرفه‌جویی در مصرف آب و جلوگیری از آب‌شویی عناصر غذایی نظیر نیتروژن و همچنین، ماندگاری حدود ۵ سال این مواد در زمین استفاده از این مواد را مقرون‌به‌صرفه می‌کند.

همان‌گونه که در جدول ۶ مشاهده می‌شود، اثر سوپرچاذب فقط در مراحل دوم و سوم (به ترتیب ۴۴ و ۵۸ روز بعد از کاشت) اندازه‌گیری سرعت رشد به ترتیب در سطح احتمال ۱ درصد و ۵ درصد معنی‌دار شد. دلیل این امر را می‌توان به نیاز کمتر آب در مراحل اولیه رشد و تولید ریشه‌های گسترده در مراحل انتهایی رشد نسبت داد. مقایسه میانگین‌ها نشان داد که بیشترین و کمترین مقدار سرعت رشد به ترتیب از سطح ۳۰۰ و صفر کیلوگرم سوپرچاذب در هکتار به‌دست آمد (جدول ۷). اثر برداشت بر سرعت رشد محصول فقط در مرحله چهارم (۷۲ روز بعد از کاشت) معنی‌دار شد (جدول ۶). با توجه به نتایج مقایسه میانگین بالاترین سرعت رشد در این مرحله از برداشت دوم حاصل شد (جدول ۷) که دلیل این امر ممکن است وجود سیستم ریشه‌ای قوی‌تری باشد که در این مرحله در اختیار گیاه است. از بین تأثیرات متقابل فقط اثر متقابل آبیاری در برداشت برای سرعت رشد محصول در مراحل اول، دوم و سوم (به ترتیب ۳۰، ۴۴ و ۵۸ روز بعد از کاشت) در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار شد (جدول ۶). همان‌گونه که نتایج مقایسه میانگین نشان می‌دهد

منابع

۱. آرمندپیشه، ا؛ شیرانی‌راد، ا؛ ح؛ اله‌دادی، ا؛ عبادی، ع؛ کلیایی، ا، ع؛ (۱۳۸۹). «کاهش اثرات نامطلوب تنش خشکی با کاربرد ژئولیت بر خصوصیات بذرهاى تولیدی ارقام کلزا (*Brassica napus L.*)». فصلنامه علمی پژوهشی گیاه و زیست بوم. ۶، ۲۴، ص. ۷۵-۶۷.
۲. اله‌دادی، ا؛ (۱۳۸۱). «بررسی کاربرد هیدروژل‌های سوپر جاذب بر کاهش تنش خشکی در گیاهان». مجموعه مقالات، دومین دوره تخصصی - آموزشی کاربرد کشاورزی و صنعتی هیدروژل‌های سوپر جاذب، پژوهشگاه پلیمر و پتروشیمی ایران.
۳. پوراسماعیل، پ؛ حبیبی، د؛ توسلی، ا؛ زاهدی، ح؛ توحیدی‌مقدم، ح، ر؛ (۱۳۸۸). «تأثیر پلیمر سوپر جاذب آب بر صفات زراعی و فیزیولوژیکی ارقام مختلف لوییا قرمز تحت تنش خشکی در شرایط گلخانه‌ای». فصلنامه زیست‌بوم. ۶، ۲۱، ص. ۹۱-۷۵.
۴. پورکاظم، ا؛ (۱۳۸۷). «اثر روش‌های مختلف کاشت ردیفی بر سورگوم علوفه‌ای». نشریه علمی، اقتصادی، کشاورزی دامدار. ۱۷، ۲۰۴، ص. ۴۰-۴۷.
۵. دراجی، س، س؛ گلچین، ا؛ احمدی، ش؛ (۱۳۸۹). «تأثیر سطوح مختلف یک پلیمر سوپر جاذب (*Superab*) و شوری خاک بر ظرفیت نگه‌داشت آب در سه بافت شنی، لومی و رسی». نشریه آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی). ۲۴، ۲، ص. ۳۱۶-۳۰۶.
۶. راهنما، ع؛ آبسالان، ش؛ مکنونی، م، ا؛ (۱۳۸۷). «اثر کم آبیاری بر عملکرد و اجزای عملکرد سه رقم سورگوم علوفه‌ای». مجله پژوهش در علوم زراعی. ۱، ۲، ص. ۲۳-۱۱.
۷. رجایی، ف؛ رئیس، ف؛ (۱۳۸۹). «نقش سوپر جاذب (*Superab A200*) در تعدیل تنش‌های رطوبتی خاک و
- اثر آن بر پویایی نیتروژن و فعالیت‌های آنزیمی آلکالاین فسفاتاز و اوره آز خاک». مجله پژوهش آب / ایران. ۴، ۷، ص. ۲۴-۱۳.
۸. روشن، ب؛ (۱۳۸۱). «تأثیر مصرف سوپر جاذب بر افزایش کمی و کیفی محصولات کشاورزی». دومین دوره تخصصی - آموزشی کاربرد کشاورزی و صنعتی هیدروژل‌های سوپر جاذب، پژوهشگاه پلیمر و پتروشیمی ایران.
۹. زمانیان، م؛ (۱۳۸۷). «اثرات کاربرد سطوح مختلف ژئولیت در ظرفیت نگه‌داری آب خاک». اولین همایش ژئولیت ایران، دانشگاه امیرکبیر. ص. ۲۴۷-۲۴۸.
۱۰. سید دراجی، س؛ گلچین، ا؛ احمدی، ش؛ (۱۳۸۹). «تأثیر سطوح مختلف یک پلیمر سوپر جاذب (*Superab A200*) و شوری خاک بر ظرفیت نگه‌داشت آب در سه بافت شنی، لومی و رسی». مجله آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی). ۲۴، ۲، ص. ۳۱۶-۳۰۶.
۱۱. شهریار، ع؛ نوری، س؛ اصلح، ف؛ نور، غ؛ زابلی، م؛ (۱۳۸۹). «بررسی اثرات متقابل پساب، سوپر جاذب بافت خاک بر رشد گونه قره‌داغ». مجله علمی پژوهشی مرتع. ۴، ۴، ص. ۵۷۳-۵۶۴.
۱۲. عسگری، ف؛ نفیسی، س؛ امیدیان، ح؛ هاشمی، س، ع؛ (۱۳۷۳). «سنترز، شناسایی و اصلاح خواص ابرجاذب‌ها». مجموعه سمینار بین‌المللی علوم و تکنولوژی پلیمر. ص. ۸۳-۸۰.
۱۳. فومن، ع؛ مختارزاده، ع، ا؛ بهشتی، ع؛ شیری، م، ر؛ راهنما، ع؛ نادعلی، ف؛ نورمحمدی، س؛ حسن‌زاده مقدم، ه؛ (۱۳۸۷). «معرفی رقم پگاه، رقم جدید سورگوم علوفه‌ای». نهال و بذر. ۲۴، ۲، ص. ۳۶۷-۳۷۱.

20. Almodares A, Hadi MR, Ranjbar M and Taheri R (2007) The Effect of Nitrogen Treatments, Cultivars and Harvest Stages on Stalk Yield and Sugar Content in Sweet Sorghum :Asian Journal of Plant Sciences. 6 (2): 423-426.
21. Chatzopoulos F, Fugit JF and Ouillous L (2000) Etu deocation function do different parameters dolabsption et alla desorption do sodium retitule. European Polymer Journa. 36: 51-60.
22. Cosculleola F and Fact JM (1992) Determination of the maize (*Zea maya L.*) yield functions in respect to water using a line source sprinkler. Field Crips Abstract. 93:5611.
23. Efeoğlu B, Ekmekçi Y and Çiçek N (2009) Physiological responses of three maize cultivars to drought stress and recovery South African Journal of Botany. 75: 34-42.
24. Farre I and Faci JM (2006) Comparative response of maize (*Zea mays L.*) and sorghum (*Sorghum bicolor L.* Moench) to deficit irrigation in a Mediterranean environment. Agricultural Water Management. 83: 35-43.
25. Islam MR, Hu Y, Mao S, Mao J, Enejid AE and Xuea X (2011) Effectiveness of a water-saving super-absorbent polymer in soil water conservation for corn (*Zea mays L.*) based on eco-physiological parameters. Jornal of the Science of Food and Agriculture. 91: 1998-2005.
26. Ping B, Fang- Gong S, Ti- Da G, Zhao- Hui S, Yin- Yan L and Guang- Sheng Z (2006) Effect of soil drought stress on leaf water status, membrane permeability and enzymatic antioxidant system of maize. Pedosphere. 16(3): 326- 332.
۱۴. کریمی، ا؛ نادری، م؛ (۱۳۸۶). «بررسی اثرات کاربرد پلیمر سوپر جاذب بر عملکرد و کارایی مصرف آب ذرت علوفه‌ای در خاک‌های با بافت مختلف». پژوهش کشاورزی، آب، خاک و گیاه در کشاورزی. ۷، ۳، ص. ۱۹۸ - ۱۸۷.
۱۵. کوچکی، ع؛ ا؛ زند، م؛ بنایان اول، پ؛ رضوانی مقدم، ع؛ مهدوی دامغانی، م؛ جامی الاحمدی، س؛ وصال، ر؛ (۱۳۸۴). اکوفیزیولوژی گیاهی (ترجمه). انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد، ۹۵۲ صفحه.
۱۶. منتظر، ع؛ ا؛ (۱۳۸۷). «بررسی تأثیر پلیمر سوپر جاذب استاکوسورب بر زمان پیشروی و پارامترهای نفوذ خاک در روش آبیاری جویچه‌ای». مجله آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی). ۲۲، ۲؛ ص. ۳۵۷ - ۳۴۱.
۱۷. موسوی، غ؛ میرهادی، م؛ ج؛ سیادت، س؛ ع؛ نورمحمدی، ق؛ درویش، ف؛ (۱۳۸۸). «تأثیر تنش کم آبی و کود نیتروژن بر عملکرد و راندمان مصرف آب سورگوم و ارزن علوفه‌ای». دانش نوین کشاورزی. ۵، ۱۵، ص. ۱۰۱ - ۱۱۴.
۱۸. نباتی، ج؛ رضوانی مقدم، پ (۱۳۸۷). «اثر فواصل آبیاری بر عملکرد و خصوصیات مورفولوژیکی ارزن، سورگوم و ذرت علوفه‌ای». مجله علوم گیاهان زراعی. ۴۱، ۱، ص. ۱۸۶ - ۱۷۹.
۱۹. یزدانی، ف؛ اله دادی، ا؛ اکبری، غ؛ بهبهانی، م؛ ر؛ (۱۳۸۶). «تأثیر مقادیر پلیمر سوپر جاذب (Tarawat A200) و سطوح تنش خشکی بر عملکرد و اجزای عملکرد سویا». پژوهش و سازندگی در زراعت و باغبانی. ۷۵، ص. ۱۶۷-۱۷۴.

27. Rasheed M, Hussain A and Mahnood T (2003) Growth analysis of hybrid maize as influenced by planting techniques and nutrient management. *Journal of Agricultural, Biological*.5:20.
28. Rostamza M, Chaichi MR, Jahansouz MR and Alimadadi A (2011) Forage quality, water use and nitrogen utilization efficiencies of pearl millet (*Pennisetum americanum L.*) grown under different soil moisture and nitrogen levels. *Agricultural Water Management* .98: 1607– 1614.
29. Sivapalan S (2001) Effect of A Polymer On Growth And Yield Of Soybeans (Glycine Max) Grown In A Coarse Textured Soil. In *Proceedings Irrigation 2001 Regional Conference, Toowoomba, Queensland, Australia*. 93-99.
30. Stocker O (1960) Physiological and morphological changes in plants due to water deficiency. *Arid Zone Research*. 15: 63-104.