

بررسی امکان کاهش خسارت ناشی از تنش قطع آبیاری بر ویژگی‌های فیزیولوژیک و کیفیت

ذرت دانه‌ای با کاربرد پلیمر سوپرچاذب

فرشاد قوشچی*

استادیار گروه زراعت، واحد ورامین - پیشوا، دانشگاه آزاد اسلامی، ورامین، ایران.

* نویسنده مسئول: Ghooshchi@yahoo.com

تاریخ پذیرش: ۹۳/۱۲/۱۸

تاریخ دریافت: ۹۳/۱۰/۰۳

چکیده

به منظور بررسی اثر کاربرد پلیمر سوپرچاذب بر عملکرد، اجزای عملکرد و ویژگی‌های کمی و کیفی ذرت دانه‌ای هیبرید NS640 در شرایط تنش قطع آبیاری، این آزمایش در سال زراعی ۹۳-۱۳۹۲ به روش کرت‌های یک‌بار خرد شده در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار انجام شد. کرت‌های اصلی شامل آبیاری در چهار سطح نرمال، قطع آبیاری در مرحله تشکیل ساقه، قطع آبیاری در مرحله ظهور گل تاجی، قطع آبیاری در مرحله ظهور گل بلال بوده و پلیمر سوپرچاذب در سه سطح شامل عدم کاربرد سوپرچاذب، کاربرد ۱۵ کیلوگرم در هکتار سوپرچاذب و کاربرد ۳۰ کیلوگرم در هکتار سوپرچاذب در کرت‌های فرعی مقایسه شدند. نتایج به دست آمده نشان داد که اثر ساده تنش کم‌آبی بر همه صفات مورد آزمایش یعنی تعداد دانه در بلال، وزن هزاردانه، عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک، شاخص برداشت، محتوی آب نسبی و درصد پروتئین معنی‌دار بود. همچنین اثر ساده سوپرچاذب غیر از صفات وزن هزاردانه، شاخص برداشت و محتوی آب نسبی بر سایر صفات معنی‌دار بود. از طرفی برهمکنش تنش کم‌آبی و سوپرچاذب بر تعداد دانه در بلال و عملکرد دانه معنی‌دار شد. بیش‌ترین عملکرد دانه معادل ۱۰۶۳ گرم در مترمربع مربوط به آبیاری نرمال و کاربرد ۳۰ کیلوگرم در هکتار سوپرچاذب بود و در میان اجزای عملکرد نیز بیش‌ترین تعداد دانه در بلال با ۳۴۰/۷ مربوط به همین تیمار بود. بیش‌ترین میزان پروتئین با ۹/۷۹ درصد در تیمار قطع آبیاری در مرحله ظهور گل بلال به دست آمد. با توجه به نتایج به‌دست آمده در شرایط تنش قطع آبیاری مشخص شد، کاربرد پلیمر سوپرچاذب موجب بهبود ویژگی‌های کمی ذرت دانه‌ای می‌شود. در نتیجه مصرف ۳۰ کیلوگرم در هکتار سوپرچاذب در این شرایط برای ذرت توصیه شد.

واژه‌های کلیدی: عملکرد دانه، محتوی آب نسبی و درصد پروتئین.

مقدمه

ذرت با نام علمی *Zea mays L.* به دلیل ویژگی‌های منحصر به فرد، به‌ویژه قدرت سازگاری با شرایط اقلیمی گوناگون، بسیار سریع در تمام دنیا گسترش یافت. به‌طوری‌که رتبه سوم را از نظر سطح زیرکشت پس از گندم و برنج به خود اختصاص داده است و دارای عملکرد در واحد سطح بیش‌تری از سایر محصولات زراعی است (Danforth, 2011). هرچند ذرت از نواحی نسبتاً کم آب تا مناطق مرطوب رشد می‌نماید و در اوایل رشد نیازهای رطوبتی گیاه زیاد نیست، اما در دوره‌ی گل‌دهی به کمبود آب بسیار حساس است. کمبود آب در مرحله ظهور گل‌های تاجی باعث می‌شود که تلقیح به‌صورت کامل انجام نشود. از طرفی کم‌آبی در مرحله بین ظهور گل ماده تا پایان پر شدن دانه موجب کاهش شدید عملکرد در این گیاه می‌شود، میزان کاهش عملکرد دانه در این شرایط بستگی به مقدار کمبود آب و مدت زمان آن دارد (نورمحمدی و همکاران، ۱۳۸۰). از اثر مهم تنش آب در مرحله رویشی ذرت کاهش سطح برگ گیاه است. کمبود آب در مرحله رویشی نه تنها بر برگ و ساقه بلکه بر مراحل نموی مهم مانند ظهور گل نر و ماده و رشد مؤثر دانه نیز اثر می‌گذارد (Benjamin *et al.*, 2014). گزارش‌های متعددی مبنی بر کاهش شدید عملکرد در طی دوره‌ی زایشی بر اثر کمبود آب وجود دارد. کمبود آب در دوره‌ی گرده‌افشانی باعث کاهش موفقیت در باروری و عدم تشکیل دانه در بلال می‌شود (Krishna, 2012). تنش کم‌آبی در طی پر شدن دانه باعث کاهش وزن نهایی آندوسپرم و رویان شده، در نتیجه توقف تجمع ماده خشک، قبل از رسیدگی کامل دانه صورت می‌گیرد. یکی از راه‌های تعدیل اثر تنش کم‌آبی به ویژه در نواحی نیمه‌خشک ایران استفاده از پلیمرهای سوپرجاذب می‌باشد. این پلیمرها یک ماده‌ی افزودنی به خاک هستند که آب و مواد غذایی را جذب و حفظ می‌نمایند و به رشد مطلوب گیاه و کاهش اتلاف آب و هزینه‌های آبیاری کمک می‌نمایند. پلیمرهای سوپرجاذب، ژل‌های آب دوستی هستند که پس از جذب آب، و در اثر خشک شدن تدریجی محیط، آب درون آن به آرامی تخلیه شده و در نتیجه خاک به مدت زیادی مرطوب می‌ماند. طی آزمایشی روی لوبیا قرمز مشاهده شد که مقادیر بیش‌تر پلیمر سوپرجاذب، برخی از صفات هم‌چون اجزای عملکرد، طول غلاف و شاخص برداشت را به‌طور معنی‌داری افزایش می‌دهد (Fazeli Rostampour, Yan and Shi, 2013). در سال ۲۰۱۳ اظهار داشت که کاربرد سوپرجاذب به میزان ۷۵ کیلوگرم در هکتار و تأمین نیاز آبی سورگوم علوفه‌ای اسپیدفید تا میزان ۸۰ درصد موجب افزایش معنی‌داری در تعداد برگ‌ها، تعداد پنجه‌ها، شاخص سطح برگ، دوام سطح برگ، محتوی آب نسبی و ماده خشک گیاه گردید. Shi و Yan در سال ۲۰۱۳ گزارش کردند کاربرد پلیمر سوپرجاذب در زمین‌های دیم گندم، محتوی آب خاک را افزایش داد. این شرایط موجب افزایش دوره‌ی رشد گیاه به ویژه در مرحله پنجه زنی، سنبله‌دهی و دوره‌ی پر شدن دانه گردید. به این ترتیب عملکرد دانه در واحد سطح افزایش یافت. Farjam و همکاران در سال ۲۰۱۴ با مطالعه مقادیر سوپرجاذب روی نخود بیان

داشتند که کاربرد ۱۸ کیلوگرم سوپرچاذب در هکتار به طور معنی داری تعداد غلاف در بوته، وزن دانه و عملکرد دانه را افزایش داد. هم چنین رحمانی و همکاران (۱۳۸۸) اظهار کردند با مصرف غلظت هفت درصد سوپرچاذب در گیاه دارویی خردل که حداکثر سطح کاربرد این ماده در آزمایش مورد نظر بود، بیش ترین میزان عملکرد دانه و بیولوژیک به دست می آید. در آزمایش دیگری مصرف نسبت های مختلف پلیمر سوپرچاذب و کود دامی تحت شرایط تنش خشکی در گیاه سویا نشان داد که کاربرد توأم پلیمر سوپرچاذب و کود دامی باعث افزایش عملکرد دانه، بیولوژیک، روغن و پروتئین نسبت به شاهد می شود، به طوری که حداکثر عملکرد دانه از تلفیق ۶۵ درصد کود دامی و ۳۵ درصد پلیمر سوپرچاذب به دست آمد (روستایی و همکاران، ۱۳۹۱). هم چنین بردبار و همکاران (۱۳۸۹) نشان دادند که با افزایش مقدار سوپرچاذب تا ۹۰ کیلوگرم در هکتار و کاهش دوره آبیاری عملکرد و اجزای عملکرد آفتابگردان افزایش می یابد.

مواد و روش ها

به منظور بررسی اثر کاربرد پلیمر سوپرچاذب بر عملکرد، اجزای عملکرد و ویژگی های کمی و کیفی ذرت دانه ای هیبرید NS640 در شرایط تنش کم آبی این آزمایش در مزرعه پژوهشی دانشکده کشاورزی دانشگاه آزاد اسلامی واحد ورامین - پیشوا در سال ۱۳۹۲ به صورت کرت های یکبار خرد شده در قالب طرح پایه بلوک های کامل تصادفی در سه تکرار انجام شد. مزرعه مورد نظر در ارتفاع ۱۰۵۰ متر از سطح دریا قرار داشت. این منطقه دارای آب و هوای خشک و بیابانی بوده، متوسط بارندگی سالیانه آن ۱۷۵ میلی متر و حد اکثر مطلق دما در تیر برابر با ۴۴/۵ درجه سانتی گراد و حداقل آن در دی برابر ۱۳/۵ - سانتی گراد است. عامل اصلی آبیاری شامل آبیاری نرمال I_0 ، قطع آبیاری در مرحله تشکیل ساقه I_1 ، قطع آبیاری در مرحله ظهور گل تاجی I_2 و قطع آبیاری در مرحله ظهور گل بلال I_3 و عامل فرعی در سه سطح پلیمر سوپرچاذب شامل عدم کاربرد سوپرچاذب S_0 ، کاربرد ۱۵ کیلوگرم در هکتار سوپرچاذب S_1 و کاربرد ۳۰ کیلوگرم در هکتار سوپرچاذب S_2 بود. نتایج تجزیه خاک در جدول ۱ آورده شده است. بافت خاک مزرعه مورد آزمایش لومی - رسی بود، کود مورد نیاز بر اساس توصیه آزمون خاک، ۱۶۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن خالص به صورت اوره (۴۶ درصد نیتروژن خالص) و ۶۰ کیلوگرم در هکتار فسفر به صورت سوپرفسفات تریپل (درصد فسفر) استفاده گردید. در مجموع ۳۶ کرت آزمایشی وجود داشت، طول هر کرت پنج متر و هر کرت شامل پنج خط کاشت با فاصله بین ردیف ۷۵ سانتی متر و فاصله بوته روی ردیف، ۲۰ سانتی متر بود. کاشت در تاریخ ۱۰ خرداد ۱۳۹۲ انجام پذیرفت. در زمان رسیدگی، از دو خط وسط هر کرت آزمایشی ۱۰ بوته به صورت تصادفی انتخاب و پس از جدا کردن بلال ها، تعداد بلال، تعداد دانه در بلال و وزن هزاردانه محاسبه گردید. هم چنین پس از انتخاب ۱۰ بوته از هر کرت و تفکیک ساقه ها و برگ ها، اجزای مورد نظر در دمای ۷۵ درجه سانتی گراد به مدت ۴۸ ساعت در دستگاه آون خشک شده و سپس وزن خشک ساقه، برگ و بلال تعیین گردید. عملکرد

دانه و بیولوژیک نیز با برداشت نهایی دو مترمربع در هر کرت تعیین و شاخص برداشت از محاسبه عملکرد دانه و بیولوژیک به دست آمد. درصد پروتئین دانه از طریق محاسبه میزان نیتروژن توسط دستگاه میکروکجدال اندازه‌گیری شد. برای اندازه‌گیری محتوی آب نسبی وزن تازه پنج برگ از هر کرت سنجیده شد. طبق روش Turner (۱۹۸۱) زمان اندازه‌گیری این صفت ۱۵ روز پس از اعمال تنش قطع آبیاری در مرحله ظهور گل بلال بود. سپس به مدت ۲۴ ساعت در آب مقطر قرار داده تا به میزان اشباع آب جذب نماید و وزن اشباع برگ اندازه‌گیری شد. در نهایت برگ‌ها به مدت ۴۸ ساعت درون آون در دمای ۷۵ سانتی‌گراد قرار گرفت تا کاملاً خشک شود و به این ترتیب وزن خشک برگ محاسبه شد. سپس از رابطه ۱ محتوی آب نسبی به دست آمد:

$$\text{رابطه ۱: } (\text{وزن تازه برگ} - \text{وزن خشک برگ}) / \text{وزن اشباع برگ} - \text{وزن خشک برگ} * ۱۰۰ = \text{RWC}$$

تجزیه واریانس داده‌های آزمایش با استفاده از نرم‌افزار آماری SAS و مقایسه میانگین صفات مورد آزمایش به روش آزمون چند دامنه‌ای دانکن اندازه‌گیری شد.

جدول ۱: آزمون خاک مورد آزمایش

عمق (سانتی متر)	اسیدیته	درصد هدایت الکتریکی (دسی زیمنس بر متر)	نیتروژن کل (درصد)	فسفر (پی.پی.ام)	پتاسیم	رس	سیلت (درصد)	شن
۳۰ - صفر	۷/۷	۱/۷	۰/۱	۳۸	۵۸۰	۳۰	۴۶	۲۴

نتایج و بحث

اجزای عملکرد دانه

تعداد دانه در بلال

اثر سطوح تنش کم‌آبی و مقادیر سوپرجاذب و هم‌چنین برهمکنش تنش کم‌آبی و سوپرجاذب بر تعداد دانه در بلال در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد (جدول ۱). مقایسه میانگین برهمکنش تنش کم‌آبی و سوپرجاذب نشان داد که بیش‌ترین تعداد دانه در بلال در شرایط آبیاری نرمال و کاربرد ۳۰ کیلوگرم در هکتار سوپرجاذب با ۳۴۰/۷ به دست آمد و کم‌ترین آن در قطع آبیاری در مرحله ظهور گل بلال و عدم کاربرد سوپرجاذب با ۴۲/۳ حاصل شد (جدول ۴). مطابق نتایج فوق مشخص شد که تعداد دانه در بلال به شدت تحت اثر کمبود آب و عناصر غذایی محلول در آب است. چنان‌که قطع آبیاری به ویژه در مرحله ظهور گل تاجی و گل بلال اثر شدیدی بر کاهش تعداد دانه در بلال به دلیل عدم تلقیح مناسب مادگی توسط دانه‌های گرده داشته در نتیجه از پتانسیل تشکیل دانه‌ها کاسته شد. هر چند مصرف سوپرجاذب در این شرایط تا حدودی به دلیل اینکه میزان فراهمی آب برای گیاه را افزایش داد موجب کاهش اثر منفی تنش کم‌آبی شد. به طوری که با قطع آبیاری در مرحله ظهور گل بلال و عدم کاربرد سوپرجاذب فقط ۴۲/۳ دانه در بلال تشکیل شد، اما اگر

در این شرایط میزان کاربرد سوپرچاذب به ۳۰ کیلوگرم در هکتار افزایش یافت، تعداد دانه در بلال به دو برابر افزایش پیدا می‌کرد. نتایج محققان مختلف از جمله Farjam و همکاران (۲۰۱۴) و رحمانی و همکاران (۱۳۸۸) نشان دادند که تنش کم‌آبی بر اجزای عملکرد به ویژه تعداد مخازن تشکیل شده در گیاه یا دانه‌ها اثر منفی شدیدی دارد و کاربرد سوپرچاذب می‌تواند تا حدی این اثر را تعدیل نماید. اثر سوپرچاذب بر جذب آب بیش‌تر توسط ریشه‌های گیاه از طرف Dabhi و همکاران (۲۰۱۳) نیز تأیید شده است.

وزن هزاردانه

مطابق نتایج به‌دست آمده اثر ساده سطوح تنش کم‌آبی در سطح احتمال یک درصد بر وزن هزاردانه معنی‌دار شد، اما اثر سوپرچاذب و برهمکنش تنش کم‌آبی و سوپرچاذب بر وزن هزاردانه معنی‌دار بود (جدول ۲). مقایسه میانگین اثر ساده تنش کم‌آبی نشان داد که بیش‌ترین وزن هزاردانه با ۳۴۰/۲ گرم مربوط به قطع آبیاری در مرحله تشکیل ساقه و کم‌ترین وزن هزاردانه مربوط به قطع آبیاری در مرحله ظهور گل تاجی با ۲۵۴/۱ گرم بود (جدول ۳). در مرحله تشکیل ساقه، قطع آبیاری موجب کوتاه شدن دوره‌ی رشد رویشی ذرت شده و در نتیجه با مطلوب بودن دما در زمان رشد زایشی و لقاح، گیاه که مصادف با شهریور ماه بوده است، دانه‌هایی که تشکیل شده اند با توجه به اینکه در این هنگام با محدودیت آبی روبرو نبوده‌اند، وزن دانه مناسبی داشته‌اند. اما بیش‌ترین اثر منفی در کاهش وزن دانه مربوط به قطع آبیاری در مرحله ظهور گل تاجی است، زیرا پس از لقاح به دلیل عدم وجود رطوبت مناسب، تشکیل سلول‌های مخزن در مرحله رشد کند دانه، به شدت کاهش یافته و در نتیجه همین مسئله موجب کاهش وزن دانه‌ها گردیده است (Desclaux and Roumet, 1996). در رابطه با کاهش وزن دانه به دلیل برخورد گیاه با شرایط تنش کم‌آبی به ویژه در مرحله رشد زایشی و ظهور گل‌ها تحقیقات Robiul Islam و همکاران (۲۰۱۱) و روستایی و همکاران (۱۳۹۱) نیز تأییدکننده مطالب مذکور است.

عملکرد دانه

نتایج نشان داد که اثر ساده تنش کم‌آبی و سوپرچاذب در سطح احتمال یک درصد و برهمکنش تنش کم‌آبی و سوپرچاذب در سطح پنج درصد معنی‌دار بود (جدول ۲). مقایسه میانگین اثر ساده تنش کم‌آبی نشان داد که بیش‌ترین عملکرد دانه با ۹۴۶/۵ گرم در مترمربع مربوط به آبیاری نرمال (عدم تنش) و کم‌ترین عملکرد دانه با ۲۵۸ گرم در مترمربع مربوط به قطع آبیاری در مرحله ظهور گل تاجی است (جدول ۳). بنابراین چنان‌که مشاهده شد تنش قطع آبیاری به ویژه در مرحله ظهور گل تاجی اثر زیادی بر کاهش اجزای عملکرد و در نتیجه عملکرد دانه داشت چنان‌که قطع آبیاری در این مرحله موجب کاهش شدید تعداد دانه در بلال و وزن هزاردانه نیز شد. از طرفی با افزایش مصرف سوپرچاذب تا میزان ۳۰ کیلوگرم در هکتار عملکرد دانه نیز افزایش یافت. اما برهمکنش تنش کم‌آبی و سوپرچاذب، نشان داد بیش‌ترین عملکرد دانه

مربوط به آبیاری نرمال و کاربرد حداکثر سوپرجاذب یعنی ۳۰ کیلوگرم در هکتار با ۱۰۶۳ گرم در مترمربع بود و کم‌ترین عملکرد دانه مربوط به قطع آبیاری در مرحله ظهور گل تاجی و عدم کاربرد سوپرجاذب با ۲۱۴ گرم در مترمربع بود (جدول ۵). لذا می‌توان نتیجه گرفت که از طرفی قطع آبیاری در مرحله زایشی و از طرف دیگر عدم کاربرد سوپرجاذب باعث می‌شود که ظرفیت فتوسنتزی به شدت کاهش یافته و از فتوسنتز جاری به نحو قابل ملاحظه‌ای کاسته شود (Christman, 2007). در حالی که با کاربرد سوپرجاذب حتی هنگام قطع آبیاری نیز عملکرد دانه به دلیل توزیع مناسب رطوبت و کمک به انتقال مواد فتوسنتزی تا حدودی بهبود می‌یابد (Danforth, 2011). در همین رابطه بردبار و همکاران (۱۳۸۹) و فاضلی‌رستم‌پور و همکاران (۱۳۹۰) نیز اعلام کردند که حداکثر عملکرد دانه در شرایط عدم تنش خشکی و کاربرد سوپرجاذب به دست می‌آید.

عملکرد بیولوژیک

نتایج جدول ۲ نشان داد که اثر ساده سطوح تنش کم‌آبی و سوپرجاذب در سطح یک درصد بر عملکرد بیولوژیک معنی‌دار بود. در صورتی که برهمکنش تنش کم‌آبی و سوپرجاذب بر عملکرد بیولوژیک معنی‌دار نبود. مقایسه میانگین اثر ساده تنش کم‌آبی نشان داد که در شرایط آبیاری نرمال (عدم تنش) با ۲۳۷۴ گرم در مترمربع بیش‌ترین عملکرد بیولوژیک به‌دست آمد و کم‌ترین عملکرد بیولوژیک مربوط به تیمار قطع آبیاری در مرحله تشکیل ساقه با ۱۷۳۱ گرم در مترمربع بود (جدول ۳). این مسئله حاکی از آن است که عدم آبیاری در مرحله تشکیل ساقه با کاهش طول دوره‌ی رشد رویشی گیاه سبب می‌شود که ساقه و برگ کم‌تری تشکیل شود در نتیجه از عملکرد ماده‌ی خشک گیاه کاسته می‌شود. از طرف دیگر نتایج نشان می‌دهد که کاربرد سوپرجاذب موجب افزایش عملکرد بیولوژیک می‌شود، زیرا به نظر می‌رسد توزیع مناسب تر رطوبت در طول دوره‌ی رشد گیاه توسط سوپرجاذب موجب بهبود ظرفیت فتوسنتزی گیاه از هنگام کاشت تا برداشت شده، در نتیجه عملکرد بیولوژیک نیز افزایش می‌یابد (Robiul Islam et al., 2011; Mao et al., 2011; Dabhi et al., 2013).

شاخص برداشت

شاخص برداشت نسبت عملکرد اقتصادی به عملکرد بیولوژیک است. از آن‌جا که در این آزمایش روند تغییرات عملکرد دانه و بیولوژیک در شرایط اعمال تنش قطع آبیاری در یک جهت بود، لذا طبق نتایج جدول ۲ اثر ساده سطوح تنش قطع آبیاری بر شاخص برداشت معنی‌دار بود. اما اثر ساده سوپرجاذب و برهمکنش تنش کم‌آبی و سوپرجاذب بر شاخص برداشت معنی‌دار نبود. حداکثر شاخص برداشت در شرایط آبیاری نرمال (عدم تنش) با ۴۰/۹ درصد و حداقل آن در شرایط قطع آبیاری در مرحله ظهور گل تاجی با ۱۴/۶ درصد به‌دست آمد (جدول ۳). لازم به ذکر است دلیل افت شدید شاخص

برداشت در این مرحله مربوط به کاهش شدید عملکرد دانه بود در صورتی که عملکرد بیولوژیک چندان تحت اثر قطع آبیاری در مرحله ظهور گل تاجی قرار نگرفت. رحمانی و همکاران (۱۳۸۸) نیز بیان داشتند که قطع آبیاری در مرحله زایشی گیاه خردل موجب کاهش شاخص برداشت می شود. هم‌چنین پورپاشا و همکاران (۱۳۹۰) طی آزمایشی روی گندم اعلام کردند که با کاربرد ۵۰ درصد نیاز کودی نیتروژن و ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار سوپرچادب بیش‌ترین شاخص برداشت به دست می آید.

محتوی آب نسبی

در رابطه با محتوی آب نسبی نتایج نشان داد که اثر تنش کم‌آبی در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار بود. اما اثر سوپرچادب و برهمکنش تنش کم‌آبی و سوپرچادب بر محتوی آب نسبی معنی‌دار نبود (جدول ۲). مقایسه میانگین اثر ساده تنش کم‌آبی مشخص ساخت که حداکثر محتوی آب نسبی با ۸۴/۰۳ درصد مربوط به تیمار آبیاری نرمال (عدم تنش) و حداقل آن مربوط به قطع آبیاری در مرحله ظهور گل بلال با ۷۱/۱۷ درصد بود (جدول ۳). از آن‌جا که کمبود آب در مرحله رشد زایشی به ویژه در مرحله حساس ظهور گل بلال بر محتوی آب گیاه اثر منفی دارد، لذا مشاهده می‌شود کم‌ترین محتوی آب نسبی در این شرایط اتفاق می‌افتد. اکثر تحقیقات صورت گرفته در شرایط تنش خشکی مؤید این مطلب است که با افزایش آبیاری یا قطع آبیاری در مراحل مختلف رشد گیاه، محتوی آب نسبی گیاه دچار کاهش می‌شود (Sanoie et al., 2013؛ سپهری و همکاران، ۱۳۸۹؛ Ghoooschi et al., 2008).

درصد پروتئین

نتایج جدول ۲ نشان داد که اثر ساده تنش کم‌آبی و سوپرچادب در سطح یک درصد بر محتوی پروتئین ذرت معنی‌دار بود، اما برهمکنش تنش کم‌آبی و سوپرچادب بر این صفت معنی‌دار نشد. مقایسه میانگین اثر ساده تنش کم‌آبی در جدول ۳ نشان داد که بیش‌ترین میزان پروتئین ذرت با ۹/۷۹ درصد مربوط به تیمار قطع آبیاری در مرحله ظهور گل بلال و کم‌ترین میزان پروتئین با ۷/۵۹ درصد مربوط به تیمار آبیاری نرمال (عدم تنش) است. از آن‌جا که با قطع آبیاری میزان فتوسنتز جاری گیاه و در نتیجه هیدرات‌های کربن ذخیره‌ای در دانه‌ها کاهش می‌یابد، بنابراین نسبت پروتئین دانه به قندها یا هیدرات‌های کربن افزایش یافته به عبارتی در شرایط تنش کم‌آبی درصد پروتئین افزایش خواهد یافت. هم‌چنین با توجه به جدول مقایسه میانگین اثر ساده سوپرچادب مشخص می‌شود که بیش‌ترین میزان پروتئین با ۹/۲۶ درصد مربوط به عدم کاربرد سوپرچادب و کم‌ترین آن با ۸/۶۴ درصد مربوط به کاربرد ۳۰ کیلوگرم در هکتار سوپرچادب است (جدول ۴). استفاده از سوپرچادب از آن‌جا که باعث می‌شود شرایط بهتری برای جذب آب فراهم شود، در نتیجه باعث افزایش ظرفیت فتوسنتزی و ذخیره هیدرات کربن در دانه‌ها شده موجب کاهش درصد پروتئین می‌شود. روستایی و همکاران (۱۳۹۱) اظهار داشتند که با افزایش شدت تنش خشکی و عدم کاربرد سوپرچادب درصد پروتئین سویا افزایش می‌یابد.

جدول ۲: نتایج تجزیه واریانس صفات کمی و کیفی ذرت دانه ای

منابع تغییرات	درجه آزادی	تعداد دانه در بلال	وزن هزاردانه	عملکرد		میانگین مربعات	
				عملکرد دانه	عملکرد بیولوژیک	شاخص برداشت	محتوی آب نسبی
تکرار	۲	۱۲۳۲/۶۰ ^{ns}	۹۳۸۶/۷۶ ^{ns}	۱۱۶۷۵/۶۸ ^{ns}	۱۱۱۹۸۴/۴۰ ^{ns}	۱۶۳/۵۰ ^{ns}	۱۱۰/۴۳ ^{ns}
تنش قطع آبیاری (عامل a)	۳	۱۱۹۱۴۵/۸۰ ^{***}	۹۱۷۴۷۴/۹۵ ^{***}	۹۳۷۴۲۱/۴۴ ^{***}	۷۸۹۰۲۲/۳۱ ^{***}	۱۵۹۵/۷۳ ^{***}	۲۶۹/۴۵ ^{***}
خطای عامل a	۶	۱۰۱۶/۶۹	۸۱۲۵/۹۹	۲۷۹۳/۴۵	۶۴۵۱۵/۰۲	۳۱/۱۱۳	۴۲/۶۶
سوپرچاذب (عامل b)	۲	۹۰۰۴/۱۹ ^{***}	۱۸۶۲۱/۴۸ ^{ns}	۸۷۹۲۸/۷۱ ^{***}	۶۱۲۰۱۰/۰۹ ^{***}	۶۷/۴۵ ^{ns}	۹/۶۶ ^{ns}
برهمکنش تنش قطع آبیاری و سوپرچاذب (a*b)	۶	۲۲۳۴/۴۱ ^{***}	۸۳۷۴/۴۹ ^{ns}	۴۲۲۰/۳۴ ^{***}	۳۳۱۰۰/۳۸ ^{ns}	۱۹/۲۳ ^{ns}	۱۹/۸۵ ^{ns}
خطای آزمایش	۱۶	۲۳۳/۲۵	۵۲۹۴/۹۴	۱۰۰۵/۸۳	۵۵۳۸۹/۷۱	۱۸/۸۸	۳۴/۴۲
درصد ضریب تغییرات		۱۰/۲۲	۱۵/۹۲	۱۵/۷۷	۱۲/۰۸	۱۵/۷۹	۷/۴۸

ns, * و ***: به ترتیب بیانگر عدم اختلاف معنی‌دار و اختلاف معنی‌دار در سطوح احتمال پنج و یک درصد می‌باشند.

جدول ۳: مقایسه میانگین اثر ساده سطوح تنش کم آبی بر صفات مورد آزمایش

تنش کم آبی	تعداد دانه در بلال	وزن هزاردانه (گرم)	عملکرد دانه (گرم/مترمربع)	عملکرد بیولوژیک (گرم/مترمربع)	شاخص برداشت (درصد)	محتوی آب نسبی (درصد)	میزان پروتئین (درصد)
آبیاری نرمال (I ₀)	۳۰۷/۹a	۳۱۰/۲b	۹۴۶/۵a	۲۲۷۴a	۴۰/۹a	۸۴/۰۳a	۷/۵۹c
قطع آبیاری در مرحله تشکیل (I ₁)	۱۶۰/۹b	۳۴۰/۲a	۵۱۸b	۱۷۳۱b	۳۰/۲b	۸۰/۷۷a	۸/۸۸b
قطع آبیاری در مرحله ظهور گل تاجی (I ₂)	۶۴/۵c	۲۵۴/۱b	۲۵۸c	۱۷۶۴b	۱۴/۶c	۷۷/۹۵ab	۹/۱۶b
قطع آبیاری در مرحله ظهور گل بلال (I ₃)	۶۴/۲c	۳۳۳/۵a	۳۷۴/۹bc	۱۹۲۶ab	۱۹/۵bc	۷۱/۱۷b	۹/۷۹a

میانگین‌های با حروف مشابه در هر ستون بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد اختلاف معنی‌داری ندارند.

جدول ۴: مقایسه میانگین اثر ساده سطوح سوپرچاذب بر صفات مورد آزمایش

سوپرچاذب	تعداد دانه در بلال	عملکرد دانه (گرم/مترمربع)	عملکرد بیولوژیک (گرم/مترمربع)	درصد پروتئین
عدم کاربرد سوپرچاذب (S0)	۱۲۳/۸ c	۴۶۴/۲ c	۱۶۹۱ b	۹/۲۶ a
۱۵ کیلوگرم سوپرچاذب در هکتار (S1)	۱۴۶/۲ b	۵۴۸/۳ b	۲۱۱۳ a	۸/۴۶ b
۳۰ کیلوگرم سوپرچاذب در هکتار (S2)	۱۷۸/۳ a	۶۳۵/۴ a	۲۰۴۲ a	۸/۶۴ b

میانگین‌های با حروف مشابه در هر ستون بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد اختلاف معنی‌داری ندارند.

جدول ۵: مقایسه میانگین برهمکنش تنش کم آبی و سوپرچاذب بر صفات مورد آزمایش

سوپرچاذب × تنش کم آبی	تعداد دانه در بلال	عملکرد دانه (گرم/مترمربع)
عدم کاربرد سوپرچاذب	۲۷۶/۰ c	۸۵۴/۳ c
آبیاری نرمال	۳۰۷/۰ b	۹۲۱/۷ b
۱۵ کیلوگرم سوپرچاذب	۳۴۰/۷ a	۱۰۶۳ a
۳۰ کیلوگرم سوپرچاذب	۱۳۲/۸ e	۴۴۱/۵ g
عدم کاربرد سوپرچاذب	۱۴۸/۷ e	۵۲۵/۸ f
۱۵ کیلوگرم سوپرچاذب	۲۰۱/۳ d	۵۸۶/۷ e
۳۰ کیلوگرم سوپرچاذب	۴۳/۸ g	۲۱۴/۰ i
عدم کاربرد سوپرچاذب	۶۲/۰ fg	۲۹۵/۱ hi
۱۵ کیلوگرم سوپرچاذب	۸۶/۷ f	۳۰۰/۹ i
۳۰ کیلوگرم سوپرچاذب	۴۲/۳ g	۴۴۷/۱ g
عدم کاربرد سوپرچاذب	۶۶/۰ fg	۵۸۶/۷ e
۱۵ کیلوگرم سوپرچاذب	۸۴/۳ f	۶۹۰/۸ d
۳۰ کیلوگرم سوپرچاذب		

میانگین‌های با حروف مشابه در هر ستون بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد اختلاف معنی‌داری ندارند.

نتیجه گیری

تنش قطع آبیاری به ویژه در مراحل ظهور گل تاجی و گل بلال اثر معنی داری بر کاهش اجزا عملکرد و در نتیجه عملکرد دانه داشت. به طوری که قطع آبیاری در مرحله ظهور گل بلال نسبت به آبیاری نرمال موجب کاهش عملکرد دانه به میزان ۷۳ درصد گردید. از طرفی هرچند کاربرد سوپر جاذب موجب بهبود عملکرد شد به طوری که در شرایط کاربرد ۳۰ کیلوگرم در هکتار سوپر جاذب نسبت به عدم کاربرد آن عملکرد دانه به میزان ۲۷ درصد افزایش یافت، اما کاربرد سوپر جاذب نتوانست جبران اثرات منفی قطع آبیاری بر کاهش عملکرد را بنماید. با توجه به نتایج مذکور لازم است مقادیر بیش از ۳۰ کیلوگرم سوپر جاذب در هکتار نیز مورد آزمون قرار گیرد. هم چنین قطع آبیاری بطور معنی داری موجب کاهش محتوی آب نسبی و افزایش درصد پروتئین دانه گردید.

منابع

- بردبار، ر.م.، روستا، ج. و معافپوریان، غ.ر. ۱۳۸۹. اثر دوره آبیاری و سطوح مختلف پلیمر سوپر جاذب آ- ۲۰۰ بر عملکرد و اجزای عملکرد آفتابگردان. همایش ملی ایده های نو در کشاورزی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد خوراسگان (اصفهان)، دانشکده کشاورزی، ۲۸-۲۷ بهمن ۱۳۸۹.
- پورپاشا، م.، رشدی، م.، رضایی، م. و مشعشعی، ک. ۱۳۹۰. اثر مقادیر مختلف کود نیتروژن و پلیمر سوپر جاذب بر عملکرد و اجزای عملکرد گندم (رقم زرین). مجله پژوهش در علوم زراعی. ۳ (۱۲): ۹۳-۸۵.
- رحمانی، م.، حبیبی، د. و دانشیان، ج. ۱۳۸۸. اثر کاربرد غلظت های مختلف سوپر جاذب بر عملکرد و فعالیت آنزیم های آنتی اکسیدان در گیاه دارویی خردل (*Sinapis alba* L.) در شرایط تنش خشکی. مجله تنش های محیطی در علوم گیاهی. ۱۱ (۱): ۱۲-۴.
- روستایی، خ.، موحدی دهنوی، م.، خادم، س.، ع. و اولیایی، ح.ر. ۱۳۹۱. اثر نسبت های مختلف پلیمر سوپر جاذب و کود دامی بر خواص کمی و کیفی سویا تحت تنش خشکی. مجله به زراعی کشاورزی. ۱۴ (۱): ۴۲-۳۳.
- سپهری، ع.ا.، گل پرور، ر.، قوشچی، ف. و شیراسماعیلی غ.ح. ۱۳۸۹. اثر تنش خشکی بر محتوی کلروفیل و برخی از شاخص های فیزیولوژیک در ارقام کلزا. همایش ملی ایده های نو در کشاورزی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد خوراسگان (اصفهان)، دانشکده کشاورزی، ۲۸-۲۷ بهمن ۱۳۸۹.
- فاضلی رستم پور، م.، ثقه الاسلامی، م.ج. و موسوی، غ.ر. ۱۳۹۰. اثر تنش آبی و پلیمر (سوپر جاذب A200) بر عملکرد و کارایی مصرف آب ذرت (*Zea mays* L.) در منطقه بیرجند. مجله تنش های محیطی در علوم زراعی. ۴ (۱): ۱۱-۱۹.

نورمحمدی، ق.، سیادت، ع.، و کاشانی، ع. ۱۳۸۰. زراعت غلات. انتشارات دانشگاه شهید چمران. ۴۲۶ ص.

Benjamin, J.G., Nilson, D.C., Wigil, M.F., Mikha, M.M. and Calderon, F. 2014. Water deficient stress effects on corn (*Zea mays*, L.) Root : Shoot Ratio. Open Journal of Soil Science 4: 151-160

Christman, A. 2007. A hydraulic signal in root-To-shoot signaling of water storage: Plant Journal 52: 167-174

Dabhi, R., Bhatt, N. and Pandit, B. 2013. Super absorbent polymers- an innovative water saving technique for optimizing crop yield. International journal of Innovative Research in Science 2 (10): 315-321.

Danforth, A.T. 2011. Corn crop production: Growth, Fertilization and Yield (Agriculture Issues and policies). Nova science publishers.

Desclaux, D. and Roumet, P. 1996. Impact of drought stress on the phenology of two soy bean cultivars. Field Crop Research 46: 61-70

Farjam, S., M. Jafarzadeh Kenarsari, A. Rokhzadi and B. Yousefi. 2014. Effects of inter-row spacing and superabsorbent polymer application on yield and productivity of rainfed chickpea. Journal of Biodiversity and Environment sciences 5 (3): 316-320.

Fazeli Rostampour, M. 2013. Effects of irrigation regimes and polymer on dry matter yield and several physiological traits of forage sorghum Var. Speed feed. African journal of Biotechnology 12 (51): 7074- 7080.

Ghooshchi, F., Seilsepour, M. and Jafari, P. 2008. Effects of water stress on yield and some agronomic traits of maize [Sc 301]. World Journal of Agricultural Science 4 (6): 679-687.

Krishna, K.R. 2012. Maize Agro ecosystem: Nutrient Dynamics and Productivity. Apple Academic press. 342 page.

Mao, S., Robiul Islam, M., Xue, X., Yang, X., Zhao, X. and Hu, Y. 2011. Evaluation of a watersaving superabsorbent polymer for corn (*Zea mays* L.) production in arid yegions of Northern china. African Journal of Agricultural Research 6 (17): 4108-4115.

Robiul Islam, M., Xue, X., Mao, S., Zhao, X., Egrinya Eneji, A. and Hu, Y. 2011. Superabsorbent polymer (SAP) enhance efficient and eco-friendly production of corn (*Zea mays* L.) in drought affect areas of northern china. African journal of Biotechnology 10 (24): 4887-4894.

Sanoie, A.R., Nasri, M. and Ghooshchi, F. 2013. Effects of water stress and application of Biofertilizer phosphorus on agronomic traits of safflower varities (*Carthamus tinctorius* L.). Annals of Biological Research 4 (3): 183-186.

Yan, L. and Shi, Y. 2013. Effects of super absorbent resin on leaf water use efficiency and yield in dry- land wheat. Advance journal of food science and technology 5 (6): 661-664.