دو فصلنامه‌ی علوم به زراعی گیاهی
دوره سیزدهم ، شماره اول، بهار و تابستان۱۴۰۲

اثر کاربرد پلیمر سوپرجاذب بر برخی صفات آگروفیزیولوژیک و عملکرد گیاه نخود تحت تنش کم‌آبی در منطقه هوراند

سعیده بابایی[۱] و احمد افکاری[۲*]

۱-دانشجوی کارشناسی ارشد گروه زراعت، واحد کلیبر، دانشگاه آزاد اسلامی، کلیبر، ایران.

۲- استادیار فیزیولوژی گیاهی، واحد کلیبر، دانشگاه آزاد اسلامی، کلیبر، ایران.

***مسئول مکاتبات: پست الکترونیکی: afkariahmad@yahoo.com**

(تاریخ دریافت:۱۶ اردیبهشت ۱۴۰۲، تاریخ پذیرش: ۱۴ تیرماه ۱۴۰۲)

چکیده

به‌منظور بررسی اثر کاربرد پلیمر سوپرجاذب بر برخی از پارامترهای رشدی و عملکرد گیاه نخود در شرایط تنش خشکی، آزمایشی به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با چهار تکرار در سال زراعی ۱۴۰۱-۱۴۰۰ در منطقه هوراند از توابع استان آذربایجان‌شرقی اجرا گردید. تیمارهای آزمایش شامل سه سطح آبیاری (آبیاری کامل به‌عنوان شاهد، محدودیت ملایم آبی یا قطع آبیاری در مرحله غلاف‌دهی و محدودیت شدید آبی یا قطع آبیاری در مرحله شروع گلدهی) و مقادیر مختلف سوپرجاذب (عدم استفاده از سوپرجاذب، ۵۰، ۱۰۰ و ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار) بودند. نتایج حاصل از تجزیه واریانس صفات مورد مطالعه نشان داد که اعمال تنش و اثر مصرف پلیمر سوپرجاذب بر تمام صفات مورد ارزیابی در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود. برهم‌کنش تنش خشکی و پلیمر سوپرجاذب بر ارتفاع بوته، محتوای کلروفیل برگ، تعداد غلاف در بوته، عملکرد دانه و عملکرد زیست توده در سطح احتمال یک درصد و بر سایر صفات اثر معنی‌داری نداشتند. تیمار پلیمر سوپرجاذب بر کلیه صفات مورد مطالعه و اجزای عملکرد اندازه‌گیری شده تأثیر مثبت گذاشته و این امر موجب شد تا عملکرد دانه نیز افزایش یابد، به‌طوری که بیش‌ترین عملکرد دانه (۱۷۱۰/۹۴ کیلوگرم در هکتار) به تیمار (آبیاری کامل و ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار سوپرجاذب) و کم‌ترین میزان عملکرد دانه (۸۲۸/۷۶ کیلوگرم در هکتار) به تیمار (محدودیت شدید آبی یا قطع آبیاری در مرحله شروع گلدهی و عدم استفاده از سوپرجاذب) اختصاص یافت. نتایج نشان داد که با افزایش تنش خشکی مقادیر صفات فیزیولوژیکی مانند محتوای کلروفیل و محتوای نسبی آب برگ کاهش اما مقدار پرولین برگ افزایش یافت. در صورتیکه استفاده از سوپرجاذب به‌طور معنی‌داری صفات فیزیولوژیکی را افزایش داد. با توجه به نتایج به‌دست آمده، سوپرجاذب موجب کاهش خسارات وارد شده در مواجه با خشکی شد.

واژه‌های کلیدی: پرولین، خشکی، عملکرد دانه، کلروفیل، کود، محتوای نسبی آب.

مقدمه

نخود (*Cicer arietinum* L.) یکی از گیاهان زراعی مهم بوده و به‌دلیل برخورداری از پروتئین با قابلیت هضم و ارزش بیولوژیکی بالاتر، توانایی تثبیت بیولوژیک نیتروژن، غنی بودن از عناصر غذایی معدنی نظیر فسفر و کلسیم، قابلیت نگهداری و انبارداری بالای بذر از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. عملکرد این گیاه در مناطق خشک و نیمه خشک کشور به دلایل مختلفی ازجمله محدودیت آبی در طول دوره رشد زایشی پایین است (۱۱).

در کشور ایران اقلیم خشک و نیمه خشک اغلب مناطق را تحت تأثیر قرار داده و به‌خصوص خشکسالی‌های اخیر بر مشکل کم‌آبی افزوده است. در شرایط محدودیت منابع آب، تغییر الگوی کشاورزی به سمت کشت گیاهان سازگار به خشکی می‌تواند راهکار بسیار مناسبی باشد (۷). تنش خشکی سبب ایجاد واکنش‌های بیوشیمیایی و فیزیولوژیکی متفاوتی در گیاهان می‌شود از طرفی تنش خشکی از طریق کاهش محتوای آب خاک منجر به کاهش پتانسیل آب برگ و کاهش آماس سلولی و در نهایت بسته شدن روزنه‌ها و کاهش سرعت رشد و نمو سلول‌ها می‌گردد (۸). تحمل تنش خشکی یک پدیده پیچیده است، که شماری از فرایندهای فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی در سطح سلول موجود زنده در مراحل متفاوتی از نمو گیاه در آن نقش دارند. سازوکارهایی مانند کاهش از دست دادن آب با افزایش مقاومت روزنه‌ای، افزایش جذب آب با توسعه دادن سیستم ریشه‌ای و انباشته کردن اسمولیت‌ها، برخی از این فرایندها هستند (۱۲).

سوپرجاذب‌ها در اثر جذب آب متورم می‌شوند و پس از تبخیر تدریجی آب به حالت اولیه خود باز می‌گردند. آب جذب شده به مرور زمان و با سرعتی کاملاً کنترل شده به محیط خشک اطراف نفوذ می‌کند، در نتیجه خاک به مدت طولانی و بدون نیاز به آبیاری مجدد مرطوب می‌ماند (۱۰). پلیمرهای سوپرجاذب (هیدروژل) ترکیبات آلی بوده و به‌صورت مصنوعی از پلی‌آکریلات پتاسیم و کوپلیمرهای پلی‌اکریل آمید ساخته شده‌اند و می‌توانند آب را به سرعت تا چندین برابر حجم خود جذب و نگهداری کنند و قابلیت نگهداری آب را در خاک افزایش دهند و در نهایت با کاهش اثرات تنش خشکی سبب بهبود رشد گیاه شوند (۱۹). جلیلی و همکاران (۶) گزارش کردند که مصرف سوپرجاذب در تمام سطوح تنش، عملکرد و بهره‌وری مصرف آب را افزایش داد. در یک پژوهش ارزیابی اثر تنش آبی و سوپرجاذب A200 بر عملکرد ذرت گزارش شده که بیش‌ترین عملکرد دانه مربوط به تیمار تامین ۱۰۰ درصد نیاز آبی و مصرف ۱۰۵ کیلوگرم در هکتار سوپرجاذب و کم‌ترین عملکرد دانه مربوط به تیمار تامین ۴۰ درصد نیاز آبی و عدم استفاده از سوپرجاذب بود (۱۴). فرجام و همکاران (۱۵) گزارش کردند که با کاربرد مقادیر ۹ و ۱۸ کیلوگرم در هکتار سوپرجاذب در نخود دیم بالاترین تعداد غلاف در بوته به‌دست آمد. نتایج آزمایش پوراسماعیل و همکاران (۲۹) نشان داد که استفاده از پلیمر سوپرجاذب باعث افزایش تحمل به تنش خشکی ارقام لوبیا قرمز می‌شود. با توجه به چالش‌های موجود در کشور و منطقه در رابطه با محدودیت منابع آب، استفاده از سوپرجاذب برای رفع آسیب‌های خشکسالی و کمبود رطوبت خاک کم‌تر مورد توجه قرار گرفته است. بنابراین هدف از این مطالعه تعیین میزان مناسب سوپر جاذب جهت حصول حداکثر عملکرد نخود تحت شرایط تنش خشکی و هم‌چنین تعیین حساس‌ترین مرحله رشدی گیاه نخود به تنش خشکی بود.

مواد و روش‌ها

به‌منظور بررسی اثر کاربرد پلیمرسوپرجاذب بر برخی از پارامترهای رشدی و عملکرد گیاه نخود در شرایط تنش خشکی، آزمایشی به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با چهار تکرار در سال زراعی ۱۴۰۱-۱۴۰۰ در منطقه هوراند از توابع استان آذربایجان‌شرقی اجرا گردید. تیمارهای آزمایش شامل سه سطح آبیاری (آبیاری کامل به‌عنوان شاهد، محدودیت ملایم آبی یا قطع آبیاری در مرحله غلاف‌دهی و محدودیت شدید آبی یا قطع آبیاری در مرحله شروع گلدهی) و مقادیر مختلف سوپرجاذب (عدم استفاده از سوپرجاذب، ۵۰، ۱۰۰ و ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار) بودند.

قبل از اجرای آزمایش از خاک نمونه‌هایی تهیه و تجزیه فیزیکی و شیمیایی خاک انجام شد. زمین مزرعهٔ آزمایشی با یک شخم سنگین پاییزه و دو دیسک عمود برهم تهیه شد. کودهای پایه NPK براساس آزمون خاک مزرعه محاسبه شد. پس از آماده سازی زمین و قبل از کاشت بر اساس آزمون خاک، کود فسفره از منبع سوپرفسفات‌تریپل و کود نیتروژن از منبع اوره و کود پتاس از منبع سولفات پتاسیم در زمین پخش شد. در داخل کرت‌های فرعی نیز استفاده از سوپر جاذب به میزان ۰، ۵۰، ۱۰۰ و ۱۵۰ کیلوگرم انجام گرفت. پلیمر سوپر جاذب A200 تهیه شده تحت لیسانس پژوهشگاه پلیمر و پتروشیمی ایران برای هر کرت آزمایش محاسبه و به‌طور یکنواخت در سطح کرت، زیر بذر به عمق ۱۲ تا ۱۵ سانتی‌متری قرار گرفت. با توجه به دامنه‌ی توصیه شده برای نخود در شرایط آب و هوایی هوراند، کاشت در تاریخ ۱۴۰۰/۱/۱۵ انجام گرفت. رقم مورد استفاده ILC482 بود. هر واحد آزمایشی شامل پنج ردیف سه متری با فاصله بین ردیفی۵۰ سانتی‌متر بود. بین هر واحد آزمایشی حداقل ۱/۵ متر فاصله نکاشت به‌منظور جلوگیری از نشت آب به کرت‌های مجاور قرار داده شد. مبارزه با علف‌های هرز درطول دوره رشد با وجین دستی در دو مرحله ۳۰ و ۵۵ روز بعد از کاشت انجام گرفت. در پایان دوره گلدهی محتوای نسبی آب برگ، شاخص کلروفیل و مقدار پرولین برگ اندازه‌گیری شد. در زمان رسیدگی فیزیولوژیکی و انتخاب ۱۰ بوته از هر کرت به‌طور تصادفی انجام شد. در زمان برداشت، جهت تعیین عملکرد و اجزای عملکرد از هر کرت آزمایشی تعداد ۱۰ بوته به‌طور تصادفی پس از رعایت اثر حاشیه از دو خط وسط برداشت و میانگین آن‌ها محاسبه گردید. تعداد دانه در غلاف از شمارش ۱۰ غلاف در هر پلات به‌دست آمد. شاخص برداشت نیز از تقسیم عملکرد دانه به عملکرد بیولوژیک بر حسب درصد محاسبه شد. در عملیات آزمایشگاهی از ابزاری شامل دستگاه آون، ترازوی دیجیتالی با دقت ۰/۰۰۱ استفاده شد.

جدول ۱: ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش

عمق نمونه برداری (سانتی‌متر)	بافت خاک	pH	EC (دسی‌زیمنس بر متر)	فسفر (میلی‌گرم بر کیلوگرم)	پتاسیم (میلی‌گرم بر کیلوگرم)	نیتروژن (درصد)	رس (درصد)	سیلت (درصد)	شن (درصد)
۳۰-۰	لومی	۷/۶	۱/۹	۸/۱	۴۱۳	۰/۳۴	۲۳	۴۴	۳۳

مشخصات پلیمر سوپرجاذب مورد استفاده در جدول ۲ ارائه شده است.

جدول۲: مشخصات پلیمر سوپرجاذب مورد استفاده

ترکیبات	پلیمر اکریلات پتاسیم و پلی‌اکریل آمید
مواد خشک	۹۰-۸۵ درصد
وزن مخصوص	۱/۱ (گرم در سانتی‌متر مکعب)
اسیدیته	۸/۱
جذب میزان حداکثر	۱۵۰-۴۰۰ برابر
کاتیونی تبادل ظرفیت	۴/۶ (میلی اکی والان /گرم)
عمر مفید	۵ سال

برای اندازه‌گیری غلظت پرولین برگ، ۰/۵ گرم از نمونه‌های برگ که در پایان مرحله گلدهی جمع‌آوری و توزین شد به تدریج ۱۰ میلی‌لیتر اسید سولفوسالیسیلیک ۳ درصد به نمونه‌ها اضافه شد و به وسیله ساییدن در هاون، هموژن شده و عصاره حاصل صاف شد. ۲ میلی‌لیتر اسیداستیک و ۲ میلی‌لیتر ناین هیدرین به ۲ میلی‌لیتر از عصاره صاف شده فوق، اضافه شد. محلول حاصل به مدت یک ساعت در حمام آب و در دمای ۱۰۰ درجه سلسیوس قرار داده شد. غلظت پرولین نمونه‌ها در تولوئن با استفاده از اسپکتروفتومتر در طول موج ۵۲۰ نانومتر و در نهایت با توجه به منحنی استاندارد حاصل از غلظت‌های مختلف پرولین، بر حسب میلی‌گرم بر گرم وزن تَر محاسبه شد (۲۲). اندازه‌گیری محتوای کلروفیل، به‌وسیله دستگاه کلروفیل متر مدل CCM-200 plus, Opti-Sciences Inc, NA., UAS و با استفاده از سومین برگ توسعه یافته بالای گیاه انجام شد (۲۶).

در پایان مرحله گلدهی، محتوای آب نسبی با انتخاب جوان‌ترین برگ توسعه یافته در هر کرت اندازه‌گیری شد. نمونه‌ها به مدت ۲۴ ساعت در آب مقطر و در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد آزمایشگاه قرار داده شدند. وزن نمونه‌های آماس شده با ترازوی حساس توزین و پس از آن نمونه‌ها در داخل آون در دمای ۸۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۲۴ ساعت قرار داده شدند و وزن خشک آن‌ها توزین شد. محتوای آب نسبی هر نمونه با استفاده از رابطه ۱ محاسبه شد (۲۷).

رابطه ۱: $RWC= (Fw-Dw) / (Sw-Dw) \times ۱۰۰$

که در آن Fw: وزن تر برگ بلافاصله بعد از نمونه برداری، Dw: وزن خشک برگ بعد از قرار گرفتن در آون و Sw: وزن اشباع برگ بعد از قرار گرفتن در آب مقطر می‌باشند.

تجزیه داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار آماری SAS نسخه ۹/۳ و مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون چنددامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد انجام شد.

نتایج و بحث

نتایج حاصل از تجزیه واریانس صفات مورد مطالعه نشان داد که اعمال تنش و اثر مصرف پلیمر سوپرجاذب بر تمام صفات مورد ارزیابی در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود. نتایج حاصل از تجزیه واریانس نشان داد که برهم‌کنش تنش خشکی و پلیمر سوپرجاذب بر محتوای کلروفیل، ارتفاع بوته، تعداد غلاف در بوته، عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیکی در سطح احتمال یک درصد و بر سایر صفات اثر معنی‌داری نداشتند (جداول ۳ و ۴).

ارتفاع بوته

نتایج مقایسه میانگین برهم‌کنش تنش خشکی و سوپرجاذب نشان داد که بیش‌ترین ارتفاع بوته (۴۰/۹۶ سانتی‌متر) به تیمارهای (آبیاری کامل و ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار سوپرجاذب) و کم‌ترین ارتفاع بوته (۳۴/۱۶ سانتی‌متر) به تیمارهای (قطع آبیاری در مرحله شروع گلدهی و عدم استفاده از سوپرجاذب) اختصاص یافت (جدول ۶). با قطع آبیاری به‌دلیل کاهش فشار بر دیواره سلول، آماس سلول‌ها کاهش می‌یابد و رشد، متوقف می‌شود. لذا با توجه به این مطالب استفاده از سوپرجاذب به‌دلیل تخلیه آب در مدت طولانی و مرطوب بودن نسبی خاک، شدت اثر قطع آبیاری را کاهش داد. در آزمایشی تأثیر سوپر جاذب روی گیاه آنیسون (Pimpinella anisum) بررسی شد و نشان داد که بیش‌ترین میزان ارتفاع بوته در تیمار ظرفیت زراعی و ۱۰۰ کیلوگرم سوپرجاذب مشاهده شد با این وجود در تیمار ۸۰ درصد ظرفیت زراعی و ۱۰۰ کیلوگرم سوپر جاذب نیز عملکرد مشابه تولید شد (۲۱).

جدول ۳: نتایج تجزیه واریانس صفات ارزیابی شده نخود تحت تأثیر تنش خشکی و پلیمر سوپرجاذب

		میانگین مربعات				
منابع تغییرات	درجه آزادی	ارتفاع بوته	کلروفیل کل	مقدار نسبی آب برگ	مقدار پرولین برگ	تعداد غلاف در بوته
تکرار	۳	۲۶/۳۱^{ns}	۳/۳۴^{ns}	۲۹/۲۸^{ns}	۰/۱۹۸^{ns}	۴/۱۲^{ns}
تنش خشکی	۲	۴۳۱/۶۶**	۸/۷۲**	۴۲۹/۱۳**	۲۶/۷۰**	۹۷۲/۰۷**
سوپرجاذب	۳	۵۱/۲۲**	۷/۱۴**	۶۷/۲۲**	۴/۳۲**	۳۲۷/۱۹**
تنش× سوپرجاذب	۶	۱۲/۱۸**	۰/۰۸۱**	۹/۰۸^{ns}	۳/۰۹^{ns}	۵۹/۳۸**
خطا	۳۳	۲/۴۲	۰/۰۱۴	۷/۸۷	۲/۹۷	۳/۱۲
ضریب تغییرات (٪)		۸/۷۱	۹/۴۳	۱۰/۱۳	۱۲/۳۷	۷/۶۲

^{ns}، *و **: به ترتیب بیانگر عدم اختلاف معنی‌دار و اختلاف معنی‌دار در سطوح احتمال ۵ و ۱ درصد می باشند.

جدول ۴: نتایج تجزیه واریانس صفات ارزیابی شده نخود تحت تأثیر تنش خشکی و پلیمر سوپرجاذب

		میانگین مربعات				
منابع تغییرات	درجه آزادی	تعداد دانه در غلاف	وزن صد دانه	عملکرد دانه	عملکرد بیولوژیکی	شاخص برداشت
تکرار	۳	۲/۹۴^{ns}	۳/۲۳^{ns}	۷۶۱۹۹/۳^{ns}	۳۲۹۴۱۸/۷^{ns}	۴۴/۴۸^{ns}
تنش خشکی	۲	۸۰۹/۴۵**	۶۵/۰۶**	۱۲۶۹۳۲۵/۲**	۳۰۶۹۵۴۹/۶**	۳۹۴/۵۱**
سوپرجاذب	۳	۱۳۲/۷۴**	۹/۲۸**	۱۸۴۷۸۱/۴**	۳۹۱۰۸۴۲/۲**	۲۹۷/۶۴**
تنش× سوپرجاذب	۶	۲۱/۲۸^{ns}	۷/۹۱^{ns}	۱۶۹۷۳۹/۵**	۷۱۲۱۵۸/۹**	۴۸/۰۸^{ns}
خطا	۳۳	۲۳/۸۹	۸/۷۲	۱۱۴۷/۶	۷۵۸۳/۴۲	۵۱/۱۱
ضریب تغییرات (٪)		۹/۲۱	۷/۹۴	۸/۶۳	۹/۷۱	۱۰/۱۹

^{ns}، *و **: به ترتیب بیانگر عدم اختلاف معنی‌دار و اختلاف معنی‌دار در سطوح احتمال ۵ و ۱ درصد می باشند.

افکاری و شادمند (۳) گزارش کردند که میانگین ارتفاع بوته در مراحل مختلف رشد رویشی گیاه با مصرف پلیمر سوپرجاذب، افزایش یافت. برخی محققان کاهش ارتفاع بوته در شرایط تنش کمبود رطوبت را به کاهش تورم نسبی و از دست دادن آب پروتوپلاسم و در نهایت، کاهش تقسیم و توسعهٔ سلول نسبت دادند (۲).

تعداد غلاف در بوته

نتایج مقایسه میانگین برهم‌کنش تنش خشکی و سوپرجاذب نشان داد که بیش‌ترین تعداد غلاف در بوته (۳۱/۵۵ عدد) به تیمارهای (آبیاری کامل و ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار سوپرجاذب) و کم‌ترین تعداد غلاف در بوته (۱۹/۶۲ عدد) به تیمارهای (محدودیت ملایم آبی یا قطع آبیاری در مرحله غلاف‌دهی و عدم استفاده از سوپرجاذب) اختصاص یافت (جدول ۶). در نتیجه گیاه فرصت کافی در اختیار دارد تا دوره رشد طولانی را سپری کرده و با ایجاد تاج پوشش بزرگ‌تر، تعداد غلاف در بوته بیش‌تری را تولید کند. هم‌چنین در تیمارهایی که از پلیمرهای سوپرجاذب آب استفاده شد، گیاه از دوره گلدهی طولانی‌تری برخوردار بوده و تولید گل و غلاف در محدوده زمانی بیش‌تری صورت گرفت. به علاوه به علت استفاده مطلوب تر گیاهان از منابع موجود، تعداد گل‌هایی که به غلاف تبدیل شدند بیش‌تر بود. وجود رطوبت کافی در گلدهی باعث می‌شود که اکثر گل‌های شکوفایی بدون ریزش تبدیل به غلاف شود و در مجموع تعداد غلاف در بوته را افزایش می‌دهد. تعداد غلاف در بوته در اغلب حبوبات از جمله نخود، حساس‌ترین جزء عملکرد نسبت به تنش رطوبتی است (۴). رجبی و همکارن (۹) اعلام نمودند که بیش‌ترین تعداد غلاف در بوته معادل ۴۰/۷۳ از اثر متقابل ۱۸ کیلوگرم در هکتار سوپرجاذب و محلول‌پاشی با غلظت ۰/۴ میلی‌مول اسیدسالیسیلیک حاصل شد. تأثیر کمبود آب بر کاهش تعداد غلاف در بوته نخود توسط ابهری و همکاران (۲) و غلامی زالی و همکاران (۱۳) گزارش شده است.

تعداد دانه در غلاف

طبق نتایج حاصله با اعمال تنش کمبود آب تعداد دانه در غلاف کاهش یافت. بیش‌ترین تعداد دانه در غلاف (۱/۲۱ عدد) مربوط به سطح (آبیاری کامل) و کم‌ترین تعداد دانه در غلاف (۱/۰۱ عدد) مربوط به سطح (محدودیت شدید آبی یا قطع آبیاری در مرحله شروع گلدهی) بود (جدول ۵). نتایج مقایسه میانگین‌های صفت تعداد دانه در غلاف نشان داد که پلیمر سوپرجاذب به‌طور معنی‌داری بر تعداد دانه در خورجین تأثیر داشت با افزایش میزان پلیمر سوپرجاذب میزان تعداد دانه در خورجین نیز افزایش یافت. در این میان بیش‌ترین تعداد دانه در غلاف (۱/۱۹ عدد) از تیمار (۱۵۰ کیلوگرم در هکتار سوپرجاذب) و کم‌ترین تعداد دانه در غلاف (۱/۰۴ عدد) از تیمار عدم استفاده از سوپرجاذب به‌دست آمد (جدول ۵). محدودیت آب در مرحله زایشی نخود می‌تواند سبب ریزش گل‌ها و غلاف‌ها شده و سبب افت تعداد دانه در بوته گردد. تعداد دانه در بوته به تنش خشکی بسیار حساس است. همانطوریکه تنش خشکی در مرحله گلدهی، سبب کاهش باروری تعداد بیش‌تری از گل‌ها می‌شود، این عامل سبب کاهش تعداد دانه در بوته خواهد شد (۴). شادمند و افکاری (۱۲) گزارش کردند که مصرف پلیمر سوپرجاذب سبب افزایش نگهداری آب در ارقام لوبیا شده و در نهایت باعث افزایش تعداد دانه در غلاف و اجزاء عملکرد گیاه می‌گردد. رجبی و همکارن (۹) اعلام نمودند که بیش‌ترین تعداد دانه در غلاف معادل ۱/۱۱ از اثر متقابل ۱۸ کیلوگرم در هکتار سوپرجاذب و محلول‌پاشی با غلظت ۰/۸ میلی‌مول اسیدسالیسیلیک حاصل شد.

وزن صد دانه

نتایج مقایسه میانگین‌های صفت وزن صد دانه نشان داد که پلیمر سوپرجاذب به‌طور معنی‌داری بر میزان این صفت تأثیر داشت و از نتایج استنباط می‌شود که با افزایش میزان پلیمر سوپرجاذب میزان وزن صد دانه نیز افزایش یافت. در این میان بیش‌ترین وزن صد دانه (۳۸/۹۲ گرم) از تیمار۱۵۰ کیلوگرم در هکتار سوپرجاذب و کم‌ترین وزن صد دانه (۲۹/۵۲ گرم) از تیمار عدم استفاده از سوپرجاذب به‌دست آمد (جدول ۵). کم‌تر بودن وزن هزار دانه در تیمارهای پایین

سوپرجاذب به‌دلیل رقابت دانه‌ها در به‌دست آوردن مواد غذایی و کاهش کربوهیدرات‌های ذخیره گیاه است که باعث کاهش وزن هزار دانه می‌شود. مصرف مواد سوپر جاذب و فراهم شدن رطوبت کافی باعث افزایش سطح سبز و دوام آن در کنار افزایش طول مراحل رشد رویشی و زایشی می‌شود که این امر باعث افزایش طول دوره پر شدن دانه و نیز افرایش مواد فتوسنتزی تولید شده می‌گردد (۱۶). نتایج مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که بیش‌ترین وزن صد دانه (۳۶/۶۲ گرم) مربوط به سطح (آبیاری کامل) و کم‌ترین وزن صد دانه (۳۰/۴۱ گرم) مربوط به سطح (محدودیت شدید آبی یا قطع آبیاری در مرحله شروع گلدهی) بود (جدول ۵). با توجه به نتایج به‌دست آمده می‌توان پایین بودن وزن صد دانه در تیمار شاهد را به این صورت عنوان نمود که به‌طور کلی، وزن دانه تابعی از سرعت و طول دوره پر شدن آن است. وجود تنش‌های محیطی مانند کمبود آب به‌ویژه در مرحله تشکیل و پر شدن دانه به‌دلیل کاهش میزان فتوسنتز جاری، سبب کاهش سرعت، طول دوره پر شدن و در نهایت وزن دانه می‌گردد (۴). که با نتایج تحقیق حاضر مطابقت دارد.

عملکرد دانه

نتایج مقایسه میانگین برهم‌کنش تیمارهای تنش خشکی × سوپرجاذب نشان داد که بیش‌ترین مقدار عملکرد دانه (۱۷۱۰/۹۲ کیلوگرم در هکتار) به تیمار (آبیاری کامل و ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار سوپرجاذب) و کم‌ترین میزان عملکرد دانه (۸۲۸/۷۶ کیلوگرم در هکتار) به تیمار (محدودیت شدید آبی یا قطع آبیاری در مرحله شروع گلدهی و عدم استفاده از سوپرجاذب) اختصاص یافت (جدول ۶). تنش خشکی در مرحله پر شدن دانه به‌ویژه در مراحل اولیه، با کاهش وزن دانه سبب کاهش عملکرد دانه می‌شود. علت این کاهش، تسریع پیری برگ‌ها، کاهش تعداد گلچه‌های بارور و کاهش طول دوره پر شدن دانه است (۱). نتایج پژوهش‌های دیگر نیز نشان می‌دهند که وزن دانه در شرایط تنش گرمای پایان فصل بیش از سایر اجزای عملکرد دانه تحت تأثیر قرار می‌گیرد (۲۴). به نظر می‌رسد کمبود آب در مراحل زایشی نخود با ریزش گل‌ها و غلاف‌ها سبب ممانعت از دستیابی به پتانسیل عملکرد می‌شود. استفاده از سوپر جاذب باعث فراهم شدن رطوبت کافی و کاهش اثر تنش خشکی قطع آبیاری شده که به برتری از نظر درصد سطح سبز، سرعت و دوره مؤثر پر شدن دانه و اجزای عملکرد یعنی تعداد نیام در بوته و وزن دانه در مقایسه با قطع آبیاری مربوط می باشد. اگرچه تنش آب باعث کاهش عملکرد دانه گیاه نخود شد، با این حال اثر کاربرد سوپرجاذب نشان‌دهنده کاهش اثرات منفی تنش آب بر عملکرد دانه بود. سهیل‌نژاد و همکاران (۱۰) اظهار داشتند که بیش‌ترین عملکرد دانه ماش (۱۹۱۸ کیلوگرم در هکتار) در تیمار ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار سوپرجاذب و کم‌ترین مقدار آن (۱۲۱۳کیلوگرم در هکتار) نیز در تیمار صفر (عدم مصرف سوپرجاذب) به‌دست آمد. نتایج این تحقیق در خصوص اثر کمبود آب بر عملکرد دانه و صفات وابسته به آن با یافته‌های ابهری و همکاران (۲) مطابقت دارد.

عملکرد بیولوژیک

نتایج مقایسه میانگین برهم‌کنش تیمارهای تنش خشکی × سوپرجاذب نشان داد که بیش‌ترین مقدار عملکرد بیولوژیکی (۳۵۶۲/۲۳ کیلوگرم در هکتار) به تیمار (آبیاری کامل و ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار سوپرجاذب) و کم‌ترین میزان عملکرد بیولوژیکی (۲۰۱۸/۹۱ کیلوگرم در هکتار) به تیمار (محدودیت شدید آبی یا قطع آبیاری در مرحله شروع گلدهی و عدم استفاده از سوپرجاذب) اختصاص یافت (جدول ۶). استفاده از ۱۵۰ کیلوگرم سوپر جاذب به‌علت فراهم بودن شرایط رطوبتی مناسب، موجب افزایش طول دوره رشد رویشی و افزایش عمق مؤثر کانوپی، جذب تشعشع فعال فتوسنتزی افزایش می‌یابد که موجب افزایش وزن خشک اندام هوایی می‌شود (۲). از طرفی شرایط رطوبتی مناسب در

زمان پرشدن غلاف‌ها در کشت نخود به‌دلیل تأثیر مثبت بر توسعه تعداد شاخه‌های فرعی و ارتفاع بوته، در افزایش عملکرد بیولوژیکی در واحد سطح مؤثر است. هم‌چنین افزایش عملکرد زیست توده توسط پلیمر سوپر جاذب در هر دو شرایط تنش و نرمال توسط مسلمی و همکاران (۲۸) نیز گزارش شده است. غلام‌زالی و همکاران (۱۳) گزارش نمودند که سطوح آبیاری پس از ۹۱، ۱۰۰ و ۱۱۰ میلی‌متر تبخیر از تشت تبخیر به‌ترتیب افزایش ۴۸، ۳۶ و ۱۵ درصدی در عملکرد بیولوژیک نسبت به سطح بدون آبیاری را نشان دادند. مطالعهٔ برخی محققان نتایج مشابهی مبنی بر کاهش عملکرد بیولوژیک به موازات افزایش دور آبیاری را تأیید می‌کند (۴).

شاخص برداشت

با بررسی اطلاعات مربوط به شاخص برداشت مشاهده شد که با اعمال تنش کمبود آب افزایش معنی‌داری بین سطوح مختلف تنش مشاهده شد. در این میان بیش‌ترین میزان شاخص برداشت (۴۶/۲۸ درصد) مربوط به سطح (آبیاری کامل) و کم‌ترین میزان شاخص برداشت (۴۱/۲۹ درصد) مربوط به سطح (محدودیت شدید آبی یا قطع آبیاری در مرحله شروع گلدهی) بود. هم‌چنین کاربرد سوپرجاذب باعث افزایش شاخص برداشت شد. در این میان بیش‌ترین شاخص برداشت (۴۹/۷۹ درصد) از تیمار ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار سوپرجاذب و کم‌ترین شاخص برداشت (۴۰/۸۲ درصد) از تیمار عدم کاربرد پلیمر سوپرجاذب به‌دست آمد (جدول ۵). مندنی و جلیلیان (۲۰) اظهار داشته اند که ضریب برداشت نمایانگر درصد انتقال مواد آلی ساخته شده از مبدا به مقصد می‌باشد. به دنبال کاهش میزان مصرف سوپرجاذب شاخص برداشت نیز دچار کاهش شد دلیل این مسئله کوتاه شدن دوره پر شدن دانه در تیمارهای با مقدار کم مصرف سوپرجاذب یا به عبارتی بهتر زودرسی گیاه در این تیمارها بود. کاهش شاخص برداشت در این مطالعه عمدتاً به‌دلیل کاهش در تعداد غلاف در بوته و تعداد دانه در غلاف بود زیرا در میان اجزای عملکرد اقتصادی بیش‌ترین همبستگی را با این اجزای داشت. نتایج به‌دست آمده با نتایج تحقیقات ابهری و همکاران (۲)) مطابت دارد.

محتوای کلروفیل برگ

نتایج مقایسات میانگین داده‌ها نشان داد که بیش‌ترین میزان کلروفیل برگ (۴/۰۳ میلی‌گرم بر گرم وزن تازه برگ) به تیمارهای (آبیاری کامل و ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار سوپرجاذب) و کم‌ترین میزان کلروفیل برگ (۱/۳۷ میلی‌گرم بر گرم وزن تازه برگ) به تیمارهای (محدودیت شدید آبی یا قطع آبیاری در مرحله شروع گلدهی و عدم استفاده از سوپرجاذب) اختصاص یافت (جدول ۶). به‌نظر می‌رسد کاهش کلروفیل در اثر تنش خشکی، به‌علت افزایش تولید رادیکال‌های اکسیژن باشد که این رادیکال‌های آزاد سبب پراکسیداسیون و در نتیجه تجزیه رنگیزه می‌شوند. بر اثر تنش آبی، محتوای رنگدانه‌های فتوسنتزی در برگ‌ها کاهش می‌یابد (۵). نتایج حاصل از اندازه‌گیری کلروفیل کل برگ‌ها، روند کاهش تدریجی را همراه با افزایش تنش خشکی نشان داد کاهش این رنگیزه‌های مهم فتوسنتزی می‌تواند به‌علت اختلال در جذب عناصر غذایی ضروری در سنتز رنگیزه‌های فتوسنتزی باشد. تنش موجب افزایش تولید انواع اکسیژن واکنش‌گر می‌شود و کاهش میزان کلروفیل، نشان دهنده وسعت آسیب‌های اکسیداتیو است. این کاهش می‌تواند به‌دلیل بازدارندگی مراحل مختلف بیوسنتز کلروفیل باشد. هم‌چنین کاهش غلظت کلرفیل در گیاهان تحت تنش ممکن است در ارتباط با افزایش فعالیت تجزیه کلروفیل توسط آنزیم کلروفیلاز باشد (۱۹). نتایج حاصل از اندازه‌گیری کلروفیل کل برگ‌ها، روند کاهش تدریجی را همراه با افزایش تنش خشکی نشان داد کاهش این رنگیزه‌های مهم فتوسنتزی می‌تواند به‌علت اختلال در جذب عناصر غذایی ضروری در سنتز رنگیزه‌های فتوسنتزی باشد. تنش موجب افزایش تولید انواع اکسیژن واکنش‌گر می‌شود و کاهش میزان کلروفیل، نشان‌دهنده وسعت آسیب‌های اکسیداتیو است. این کاهش می‌تواند به‌دلیل بازدارندگی

مراحل مختلف بیوسنتز کلروفیل باشد. هم‌چنین کاهش غلظت کلرفیل در گیاهان تحت تنش ممکن است در ارتباط با افزایش فعالیت تجزیه کلروفیل توسط آنزیم کلروفیلاز باشد (۱۲). لطفی‌آقا و همکاران (۱۷) گزارش کردند که در گیاه ذرت دانه‌ای بیش‌ترین میزان کلروفیل a به تیمار آبیاری کامل و کم‌ترین میزان کلروفیل a و b به تیمار آبیاری یک در میان جویچه‌ای ثابت تعلق داشت. هم‌چنین اعلام نمودند که بیش‌ترین میزان کلروفیلa از تیمار ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار سوپرجاذب و کمترین میزان کلروفیل a و b از تیمار عدم مصرف سوپرجاذب به‌دست آمد.

محتوای نسبی آب برگ

نتایج نشان داد که تنش کم‌آبی باعث کاهش محتوای نسبی آب برگ و کاربرد سوپرجاذب موجب افزایش محتوای نسبی آب برگ شد. بیش‌ترین محتوای نسبی آب برگ (۸۵/۷۹ درصد) مربوط به تیمار آبیاری کامل و کم‌ترین محتوای نسبی آب برگ (۶۶/۰۹ درصد) مربوط به تیمار محدودیت شدید آبی یا قطع آبیاری در مرحله شروع گلدهی بود (جدول ۵). کم بودن محتوای نسبی آب برگ در هنگام تنش شدید رابطه نزدیکی با پتانسیل آب گیاه دارد، تنش کم‌آبی باعث بسته شدن روزنه‌ها و کاهش توسعه‌ی برگ‌ها می‌شود و به‌دلیل کاهش دی‌اکسیدکربن در دسترس گیاه میزان فتوسنتز کاهش می‌یابد (۱۸). کاهش مقدار محتوای آب نسبی برگ در اثر تنش کمبود آب از یک طرف به‌دلیل کاهش جذب آب توسط ریشه‌ها و از طرف دیگر افزایش تعرق آب از طریق برگ‌ها می‌باشد که در نهایت منجر به بسته شدن روزنه‌های برگ می‌شود. (۱۲). از نتایج استنباط می‌شود که با افزایش میزان پلیمر سوپرجاذب محتوای نسبی آب برگ نیز افزایش یافت. در این میان بیش‌ترین محتوای نسبی آب برگ (۸۶/۸۳ درصد) از تیمار ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار سوپرجاذب و کم‌ترین محتوای نسبی آب برگ (۶۸/۳۲ درصد) از تیمار عدم استفاده از سوپرجاذب به‌دست آمد (جدول ۵). پلیمر سوپرجاذب با قرار دادن آب کافی در اختیار ریشه گیاه، باعث افزایش سرعت جذب آب و کارایی مصرف آب توسط گیاه می‌شود، در نتیجه کاربرد پلیمر سوپرجاذب باعث افزایش محتوای نسبی آب برگ در شرایط کمبود آب می‌شود که با نتایج حاصل از (۳) مبنی بر افزایش محتوای نسبی آب برگ با افزایش مصرف پلیمر سوپرجاذب مطابقت دارد. می‌توان گفت که افزایش محتوای نسبی آب برگ احتمالاً باعث می‌شود که میزان باز بودن روزنه‌ها و در نتیجه میزان فتوسنتز افزایش یافته و تولید ماده خشک را افزایش دهد. افزایش محتوای نسبی آب برگ با کاربرد سوپرجاذب را می‌توان به نقش مثبت این پلیمرها در جذب بیشتر آب نسبت داد (۳۰). شادمند و افکاری (۱۲) اعلام نمودند که استفاده از پلیمر سوپرجاذب به‌طور معنی‌داری محتوای نسبی آب برگ را افزایش داد. بالاترین محتوای نسبی آب برگ با میانگین ۷۹/۹۴ درصد از تیمار (۲۰۰ کیلوگرم در هکتار سوپرجاذب) و کم‌ترین محتوای نسبی آب برگ با میانگین ۷۰/۸۳ درصد از تیمار (۵۰ کیلوگرم در هکتار سوپرجاذب) به‌دست آمد.

مقدار پرولین برگ

نتایج مقایسه میانگین‌های صفت مقدار پرولین برگ نشان داد که بیش‌ترین مقدار پرولین با میانگین (۴/۸۷ میکرومول در گرم وزن تر) با کاربرد ۱۵۰ کیلوگرم درهکتار سوپرجاذب حاصل شد. کم‌ترین مقدار پرولین با میانگین (۳/۱۲ میکرومول در گرم وزن تر) از تیمار عدم استفاده از سوپرجاذب به‌دست آمد (جدول ۵). با افزایش مصرف سوپرجاذب میزان پرولین افزایش معنی‌داری نسبت به شاهد داشت. در کاربرد کودهای بیولوژیکی، عواملی نظیر نوع گیاه، غلظت آن، زمان و تعداد دفعات کاربرد در عکس‌العمل گیاه تاثیر می‌گذارد. نتایج مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که بیش‌ترین مقدار پرولین با میانگین (۵/۷۱ میکرومول در گرم وزن تر) از تیمار محدودیت شدید آبی یا قطع آبیاری در مرحله شروع

گلدهی و کم‌ترین مقدار پرولین با میانگین (۳/۹۹ میکرومول در گرم وزن تر) از تیمار آبیاری نرمال بدون تنش به‌دست آمد (جدول ۵).

جدول ۵: مقایسه میانگین اثر ساده تیمارهای آزمایش بر صفات پرولین، مقدار نسبی آب برگ، شاخص برداشت، تعداد دانه در غلاف و وزن صد دانه در نخود

تیمارهای آزمایش	پرولین (میکرومول بر گرم وزن تر)	مقدار نسبی آب برگ (درصد)	شاخص برداشت (درصد)	تعداد دانه در غلاف	وزن صد دانه (گرم)
تنش خشکی					
آبیاری کامل	۳/۹۹^{c}	۸۵/۷۹a	۴۶/۲۸a	۱/۲۱a	۳۶/۶۲a
قطع آبیاری در مرحله غلاف‌دهی	۴/۷۶^{b}	۷۶/۶۱b	۴۴/۷۲ab	۱/۰۶a	۳۳/۹۸b
قطع آبیاری در مرحله گلدهی	۵/۷۱^{a}	۶۶/۰۹c	۴۱/۲۹b	۱/۰۱a	۳۰/۴۱c
سوپر جاذب (کیلوگرم در هکتار)					
عدم مصرف	۳/۱۲^{d}	۶۸/۳۲^{c}	۴۰/۸۲^{b}	۱/۰۴^{a}	۲۹/۵۲^{c}
۵۰	۳/۸۶^{c}	۷۹/۴۸^{b}	۴۵/۱۴^{ab}	۱/۰۶^{a}	۳۲/۷۹^{b}
۱۰۰	۴/۰۷^{b}	۸۶/۸۳^{a}	۴۸/۸۴^{a}	۱/۰۷^{a}	۳۵/۹۴^{ab}
۱۵۰	۴/۸۷^{a}	۸۶/۸۳^{a}	۴۹/۷۹^{a}	۱/۱۹^{a}	۳۸/۹۲^{a}

حروف مشترک در هر ستون حاکی از عدم اختلاف معنی‌دار براساس آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد است.

جدول ۶: برهم‌کنش تنش خشکی × سوپرجاذب بر صفات ارتفاع بوته، تعداد غلاف در بوته، عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک و محتوای کلروفیل برگ

تیمارهای آزمایشی تنش خشکی (میلی‌متر تبخیر)	سوپرجاذب (کیلوگرم در هکتار)	ارتفاع بوته (سانتی‌متر)	تعداد غلاف در بوته	عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار)	عملکرد بیولوژیک (کیلوگرم در هکتار)	محتوای کلروفیل برگ (میلی‌گرم بر گرم وزن تر)
	عدم مصرف	۳۴/۷۳^{d}	۲۶/۵۳^{b}	۱۲۰۶/۱۹^{bc}	۲۷۶۹/۶۷^{bc}	۲/۷۱^{b}
	۵۰	۳۶/۷۸^{b}	۲۷/۱۱^{b}	۱۳۶۹/۸۱^{b}	۲۹۹۷/۳۶^{b}	۳/۱۹^{ab}
آبیاری کامل	۱۰۰	۳۷/۹۹^{ab}	۳۰/۳۳^{a}	۱۵۰۷/۷۳^{ab}	۳۱۷۰/۱۰^{ab}	۳/۶۷^{ab}
	۱۵۰	۴۰/۹۶^{a}	۳۱/۵۵^{a}	۱۷۱۰/۹۴^{a}	۳۵۶۲/۲۳^{a}	۴/۰۴^{a}
	عدم مصرف	۳۲/۷۳^{e}	۱۹/۶۲^{d}	۱۰۶۸/۴۲^{c}	۲۴۹۸/۲۱^{cd}	۲/۰۵^{c}
	۵۰	۳۵/۷۷^{c}	۲۰/۲۳^{d}	۱۱۷۸/۸۱^{b}	۲۶۲۳/۶۶^{c}	۲/۴۹^{b}
قطع آبیاری در مرحله غلاف‌دهی	۱۰۰	۳۶/۷۹^{b}	۲۳/۴۲^{c}	۱۲۸۷/۵۸^{b}	۲۷۵۲/۴۱^{bc}	۲/۸۸^{b}
	۱۵۰	۳۷/۸۶^{ab}	۲۴/۶۵^{c}	۱۴۰۱/۵۵^{b}	۲۹۶۶/۳۳^{b}	۳/۱۷^{ab}
	عدم مصرف	۳۴/۱۶^{d}	۲۲/۰۴^{c}	۸۲۸/۷۶^{d}	۲۰۱۸/۹۱^{d}	۱/۳۷^{d}
	۵۰	۳۶/۲۲^{b}	۲۲/۶۳^{c}	۱۰۰۴/۶۳^{cd}	۲۳۲۴/۳۰^{cd}	۱/۸۳^{c}
قطع آبیاری در مرحله گلدهی	۱۰۰	۳۷/۴۲^{ab}	۲۵/۸۵^{bc}	۱۱۸۴/۳۱^{b}	۲۶۲۸/۲۹^{c}	۲/۳۷^{b}
	۱۵۰	۳۸/۴۰^{a}	۲۷/۰۶^{b}	۱۲۷۲/۴۹^{b}	۲۷۹۵/۴۵^{bc}	۲/۶۲^{b}

حروف مشترک در هر ستون حاکی از عدم اختلاف معنی‌دار براساس آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد است.

افزایش پرولین در طی تنش ممکن است نتیجه تجزیه پروتئین‌ها و هم‌چنین کاهش استفاده از آن‌ها به‌دلیل کاهش رشد گیاه باشد. گیاه نخود به هنگام مواجه با تنش خشکی، با بستن روزنه‌ها و تنظیم اسمزی و افزایش انباشت پرولین و قندهای کل، شرایط تنش را تحمل می‌کند (۲۳ و ۲۵). شادمند و افکاری (۱۲) نیز اظهار داشتند زمانی که گیاهان در معرض محدودیت آبی قرار می‌گیرند، مقدار پرولین برگ‌ها افزایش می‌یابد که می‌تواند در حفظ تورژسانس سلول‌های گیاهی در واکنش به افت پتانسیل آب سلول و خنثی سازی رادیکال‌های آزاد و تنظیم پتانسیل ردوکس در شرایط تنش نقش اساسی ایفا نماید.

نتیجه‌گیری

تنش خشکی به‌عنوان یک عامل محدود کننده تولیدات گیاهی مطرح است که منجر به کاهش رشد و آماس سلولی با تأثیر بر متابولیسم، بر فتوسنتز اثر می‌گذارد. بنابراین برای مقابله با این پدیده راهکارهای مختلفی مثل استفاده از مواد سوپر جاذب وجود دارد. نتایج نشان داد که تنش خشکی باعث کاهش کلیه صفات مورد آزمایش به جزء میزان پرولین برگ شد. اما استفاده از سوپرجاذب به‌طور معنی‌داری صفات زراعی و فیزیولوژیکی را افزایش داد. هم‌چنین استفاده از سوپر جاذب باعث تعدیل اثرات تنش خشکی بر عملکرد و اجزای عملکرد نخود شد. بهترین میزان مصرف سوپر جاذب ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار برای کاهش اثر تنش خشکی بر صفات مورد مطالعه به جز شاخص برداشت بوده و نامطلوبترین مرحله قطع آبیاری نیز مرحله گلدهی بود. به‌طور کلی می‌توان نتیجه گرفت که استفاده از پلیمر سوپرجاذب باعث افزایش تحمل گیاه در برابر کاهش خسارات ناشی از تنش کم‌آبی بوده و با توجه به پایداری چندین ساله سوپرجاذب در خاک توصیه می‌شود در شرایط کمبود آب برای افزایش عملکرد یا ثبات عملکرد در گیاه از سوپرجاذب استفاده گردد.

فهرست منابع

۱- آقایاری، ف.، خلیلی، ف. و اردکانی، م.ر. ۱۳۹۵. تأثیر کم‌آبیاری، آبیاری موضعی و پلیمر سوپرجاذب بر عملکرد و اجزای عملکرد ذرت هیبرید سینگل‌کراس ۷۰۳. نشریه حفاظت منابع آب و خاک. ۸ (۱): ۱-۱۴.

۲- ابهری، ع.، عزیزی، ا. و حارث‌آبادی، ب. ۱۳۹۶. تأثیر سوپر جاذب بر عملکرد و اجزاء عملکرد نخود در شرایط تنش خشکی انتهای فصل. نشریه تولید گیاهان زراعی. ۱۰ (۱): ۱۹۱-۲۰۲.

۳- افکاری، ا و شادمند، ح. ۱۳۹۵. تأثیر پلیمر سوپرجاذب بر روی برخی از صفات مورفولوژیکی ارقام لوبیا در شرایط آب و هوایی کلیبر. دومین کنفرانس بین المللی یافته‌های نوین در علوم کشاورزی، منابع طبیعی و محیط زیست. ص ۵ - ۱.

۴- الهیاری، س.، گلچین، ا. و واعظی، ع.ر. ۱۳۹۲. مطالعه تأثیر کاربرد پلیمر سوپرجاذب آب بر عملکرد و اجزای عملکرد دو رقم نخود تحت شرایط دیم. نشریه تولید گیاهان زراعی. ۲۰ (۱): ۱۲۵-۱۳۹.

۵- بحرینی، ک. و افکاری، ا. ۱۴۰۱. بررسی اثر اسیدسالیسیلیک بر برخی خصوصیات فیزیولوژیک نخود در شرایط تنش کم‌آبی در منطقه اهر. پنجمین کنگره بین‌المللی علوم و صنایع غذایی، کشاورزی و امنیت غذایی. ص ۷ - ۱.

۶- جلیلی، س.، هادی، م.، مجنونی‌هریس، ا. و دلیرحسن‌نیا، ر. ۱۳۹۵. اثر تنش کمبود آب و کاربرد سوپرجاذب استاکوزورب بر برخی صفات زراعی گندم زمستانه در تبریز. فصلنامه علمی پژوهشی فیزیولوژی گیاهان زراعی. ۳۲(۸) : ۱۲۰-۱۰۷.

۷- چهل‌گردی، ع.، صفاری، م. و عبدالشاهی، ر. ۱۳۹۳. بررسی تأثیر پلیمر سوپرجاذب، سولفات پتاسیم و کود دامی بر صفات فیزیولوژیک ارزن دم‌روباهی (*Setaria italica*) در شرایط آبیاری مطلوب و تنش خشکی. نشریه تولید گیاهان زراعی. ۷(۲) : ۴۳-۶۰.

۸- خوش‌خبر، ح.، ملکی، ع.، میرزایی حیدری، م و بابایی، ف. ۱۴۰۱. تأثیر تنش خشکی بر عملکرد و صفات آگروفیزیولوژیکی ژنوتیپ‌های گندم نان (*Triticum aestivum* L.) در شرایط آبی و دیم. نشریه علمی اکوفیزیولوژی گیاهان زراعی. ۱(۶) : ۶۱-۸۰.

۹- رجبی، ل.، ساجدی، ن.ع. و روشندل، م. ۱۳۹۱. واکنش عملکرد و اجزای عملکرد نخود به اسید سالیسیلیک و پلیمر سوپرجاذب. مجله پژوهش‌های به زراعی. ۴ (۴): ۳۴۱-۳۵۳.

۱۰- سهیل‌نژاد، ع.م.، مهدوی‌دامغانی، ع.م.، لیاقتی، ه و پزشکپور، پ. ۱۳۹۶. اثر مصرف سوپر جاذب هیدروژل آکوازورب بر کاهش اثر تنش خشکی، عملکرد دانه و کارایی مصرف آب ماش (*Vigna radiate* L.). مجله علوم زراعی ایران. ۴(۱۹) : ۳۷۴-۳۶۳.

۱۱- سیدشریفی، ر و سیدشریفی، ر. ۱۳۹۹. اثر قطع آبیاری در مراحل زایشی و کاربرد کودهای زیستی و متانول بر عملکرد و برخیصفات بیوشیمیایی نخود (*Cicer arietinum* L.). تنش‌های محیطی در علوم زراعی. ۳ (۱۳) : ۸۶۹-۸۵۷.

۱۲- شادمند، ح. و افکاری، ا. ۱۳۹۷. اثر کاربرد پلیمر سوپرجاذب بر برخی صفات بیوشیمیایی و محتوی نسبی آب ارقام لوبیا تحت تنش خشکی. فصلنامه علمی پژوهشی فیزیولوژی گیاهان زراعی. ۳۹ (۱۰): ۶۱-۷۷.

۱۳- غلامی‌زالی، ع.، احسان‌زاده، پ. و رزمجو، ج. ۱۳۹۴. تأثیر رژیم‌های آبیاری بر عملکرد و اجزای عملکرد ارقام نخود در دو کشت پاییزه و بهاره در لرستان. مجله علوم گیاهان زراعی، ۹۹(۱ :)۱۲۰-۱۰۵.

۱۴- فاضلی رستم‌پور، م.، ثقه الاسلامی، م. ج. و موسوی، س.غ. ۱۳۹۰. اثر تنش آبی و پلیمر (سوپرجاذب A200) بر عملکرد و کارآیی مصرف آب ذرت در منطقه بیرجند. مجله تنش‌های محیطی در علوم زراعی. ۱(۴) : ۱۱-۱۹.

۱۵- فرجام، س.، جعفرزاده، م. و توشیح، و. ۱۳۸۳. بررسی اثرات سوپرجاذب و تراکم بر عملکرد و اجزای عملکرد نخود دیم تلقیح شده با باکتری مزوایزوبیوم. دومین همایش ملی کشاورزی بوم‌شناختی ایران.

۱۶- قربانی، ا.، جلیلیان، ج. و امیرنیا، ر. ۱۳۹۲. اثر پیش تیمار بذر و سوپرجاذب بر برخی خصوصیات کمی و کیفی نخود (*Cicer arietinum* L.). تیپ کابلی. پژوهش در گیاهان زراعی. ۱(۱) : ۵۳-۴۴.

۱۷- لطفی‌آقا، م.، مرعشی، م.س. و بابائی‌نژاد، ت. ۱۳۹۶. اثر مقادیر پلیمر سوپرجاذب و کم آبیاری بر عملکرد و برخی ویژگی‌های بیوشیمیایی ذرت دانه‌ای (*Zea mays* L.). فصلنامه علمی پژوهشی فیزیولوژی گیاهان زراعی. ۳۴(۷) : ۹۷-۱۰۷.

۱۸- مانی‌مجدم، م.، پاینده، خ.، لک، ش. و مرعشی، ک. ۱۳۹۵. اثر پلیمر سوپرجاذب بر عملکرد دانه و برخی ویژگی‌های فیزیولوژیکی ذرت بهاره (*Zea mays* L.) در شرایط تنش کمبود آب. فصلنامه علمی پژوهشی فیزیولوژی گیاهان زراعی. ۳۲(۸) : ۷۳-۶۱.

۱۹- مرتضوی، س.م.، توکلی، ا.، محمدی، م.ح. و افصحی، ک. ۱۳۹۴. تاثیر کاربرد پلیمر سوپرجاذب بر صفات فیزیولوژیک و عملکرد گندم رقم آذر ۲ در شرایط دیم. نشریه زراعت. ۶(۱) : ۱۱۲-۱۱۸.

۲۰- مندنی، ف و جلیلیان، ا. ۱۳۹۸. ارزیابی برهم‌کنش تاریخ کاشت و رقم بر صفات مختلف نخود (*Cicer arietinum* L.). در شرایط آب و هوایی کرمانشاه. فنآوری تولیدات گیاهی. ۱(۱۹) : ۵۱-۳۷.

21. Arabi, Z., Kabosi, K., Rezvan Talab, N., and Tork Lale Bagh, J. 2016. Effect of irrigation and Super-absorbent hydrogels on morphological characteristics, yield and essential oil of anise (*Pimpinella anisum* L.). J. Crop. Prod., 8(3): 51-66.

22. Bates, L. S., Waldern, R.P. and Tear, I.D. 1973. Rapid determination of free proline for water stress studies. Plant and Soil, 39: 205-207.

23. Daneshmandi, S. M. and Azizi, M. 2009. Study the effect of drought stress and super absorbent polymer on some quantitative and qualitative characteristics of basil. In Proceedings of the 6th Congress of Iranian Horticultural Science, July 13- 16, University of Guilan, Rasht, Iran. (In Persian with English abstract).

24. Din, J., Khan, S. U., Ali, I, and Gurmani, A. 2011. Physiological and agronomic response of canola varieties to drought stress. Journal of Animal and Plant Science, 21 (1): 78-82.

25. Hadi, H., Seyed Sharifi, R., Namvar, A. 2016. Phytoprotectants and Abiotic Stresses. Urmia University press. 342p. [In Persian with English Summary].

26. Kostopoulou, P., Barbayiannis, N. and Basile, N. 2010. Water relations of yellow sweet clover the synergy of drought and selenium addition. Plant and Soil, 330:65-71.

27. Lichtenthaler, H.K. 1987. Chlorophylls and carotenoids, the pigments of photosynthetic bio membranes. Methods in Enzymology, 148: 350–382.

28. Moslemi, Z, Habibi, D., Asgharzadeh, A., Ardakani, M.R., Mohammadi, A., and Sakari, A. 2012. Effects of super absorbent polymer and plant growth promoting rhizobacteria on yield and yield components of maize under drought stress and normal conditions. American-Eurasian J. Agric. Environ. Sci, 12: 358-364.

29. Pouresmaeil, P., Habibi, D., Mashhadi Akbar Boojar, M., Tarighaleslami, M. and Khishouei, S. 2012. Effects of superabsorbent application on agronomic characters of red bean (*Phaseolus vulgaris* L.) cultivars under Drought stress conditions. Int. J. Agric. Crop Sci, 4(24): 1874-1877.

30. Yang, G., Chen, X. and Sanico, J. 2011. Comparative genomics of two eco-logically differential populations of Hibiscus tiliaceus under salt stress. Journal Functional Plant Biology, 38: 199-208.

Bi-Quarterly Journal of Plant Production
Vol. 13, Issue 1, Spring and Summer 2023

Effect of superabsorbent polymer application on some agrophysiological traits and yield of chickpea (*Cicer arietinum* L.) plant under water deficit stress in Horand region

Saeedeh Babaei and Ahmad Afkari*

1- M.Sc. student Department of Agronomy, Kaleibar Branch, Islamic Azad University, Kaleibar, Iran
2- Assistant Professor Department of Agronomy, Kaleibar Branch, Islamic Azad University Kaleibar, Iran

Corresponding Author; Email: afkariahmad@yahoo.com

(Received: 6 May 2023; Accepted: 5 July 2023)

Abstract

In order to investigate the effect of using superabsorbent polymer on some growth parameters and performance of chickpea under drought stress conditions, a factorial experiment was carried out in the form of a randomized complete block design with four replications in the crop year of 2021 in Horand region of East Azarbaijan province. The experimental treatments include three levels of irrigation (full irrigation as a control, mild water restriction or irrigation interruption in the pod setting stage, and severe water restriction or irrigation interruption in the flowering stage) and different amounts of superabsorbent (no use of superabsorbent, 50, 100 and 150 $kg.ha^{-1}$), respectively. The results showed that the application of stress and the effect of using superabsorbent polymer on all the evaluated traits were significant at the probability level of 1%. The interaction of drought stress and superabsorbent polymer on plant height, leaf chlorophyll content, number of pods per plant, grain yield and biological yield at the probability level of 1% and had no significant effect on other traits. Superabsorbent polymer treatment had a positive effect on all studied traits and measured yield components, and this caused the grain yield to increase, so that the highest grain yield (1710.94 $kg.ha^{-1}$) was given to the treatment (full irrigation and 150 $kg.ha^{-1}$ of superabsorbent) and the lowest amount of seed yield (828.76 $kg.ha^{-1}$) was assigned to the treatment (severe water limitation or interruption of irrigation at the beginning of flowering and no use of superabsorbent). The results showed that with increasing drought stress, the values of physiological traits such as chlorophyll content and relative water content of leaves decreased, but proline content of leaves increased. If the use of superabsorbent significantly increased the physiological traits. According to the obtained results, the superabsorbent reduced the damage caused by drought.

Keywords: Chlorophyll, Drought, Fertilizer, Grain Yield, Proline, And Relative Water Content.