

تأثیر پلیمر سوپرچاذب بر عملکرد و اجزای عملکرد آفتابگردان (*Helianthus annuus* L.) در شرایط تنش خشکی

عباس یعقوبزاده^۱، محمد آرمین^{۲*}، متین جامی معینی^۲

۱- دانش‌آموخته کارشناسی ارشد زراعت و اصلاح نباتات، واحد سبزوار، دانشگاه آزاد اسلامی، سبزوار، ایران

۲- گروه زراعت و اصلاح نباتات، واحد سبزوار، دانشگاه آزاد اسلامی، سبزوار، ایران

* مسئول مکاتبه: Armin@iaus.ac.ir

DOI: 10.22034/csrar.2021.260939.1070

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۱۱/۰۶

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۰۹/۱۷

چکیده

کاربرد مواد پلیمری سوپرچاذب می‌تواند سبب جلوگیری از کاهش تولید در برخی گیاهان زراعی تحت شرایط کم‌آبی گردد. به‌منظور بررسی اثر مصرف پلیمر سوپرچاذب بر عملکرد و اجزای عملکرد آفتابگردان در شرایط تنش خشکی، آزمایشی به‌صورت اسپلیت پلات در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در ۳ تکرار در مزرعه شخصی واقع در کیلومتر ۲۰ شهرستان سبزوار در سال ۹۳-۱۳۹۲ انجام شد. فاکتورهای مورد بررسی، دور آبیاری (۱۲ و ۲۴ روز) و مقادیر مختلف سوپرچاذب (۰، ۳۰، ۶۰، ۹۰ و ۱۲۰ کیلوگرم در هکتار) بود. نتایج نشان داد که ارتفاع گیاه، تعداد دانه در طبق، درصد بذور پوک، وزن هزار دانه، عملکرد اقتصادی و عملکرد بیولوژیک به‌صورت معنی‌داری تحت تأثیر دور آبیاری قرار گرفت. افزایش دور آبیاری از ۱۲ روز به ۲۴ روز سبب کاهش ۲۶/۳ درصدی ارتفاع گیاه، ۳۹/۵ درصدی تعداد دانه در طبق، ۱۷/۹ درصدی وزن هزار دانه، ۱۳/۲ درصدی عملکرد اقتصادی و ۱۷/۹ درصدی عملکرد بیولوژیک شد. بالاترین عملکرد و اجزای عملکرد در مصرف خاکی ۱۲۰ کیلوگرم در هکتار پلیمرهای سوپرچاذب و کمترین آن در تیمار شاهد به دست آمد. اگرچه واکنش عملکرد به مصرف سوپرچاذب‌ها در دور آبیاری ۱۲ روزه بیشتر بود، اما مصرف پلیمرهای سوپرچاذب سبب کاهش اثرات منفی تنش خشکی شد. در دور آبیاری ۱۲ روزه مصرف ۱۲۰ کیلوگرم در هکتار پلیمر سوپرچاذب و در دور آبیاری ۲۴ روزه مصرف ۳۰ کیلوگرم در هکتار سبب تولید حداکثر درآمد خالص شد. در مجموع، بالاترین عملکرد دانه و درآمد اقتصادی با مصرف ۱۲۰ کیلوگرم در هکتار سوپرچاذب و دور آبیاری ۱۲ روزه به دست آمد.

واژه‌های کلیدی: استرس خشکی، رژیم آبیاری، سوپرچاذب، گیاهان روغنی.

مقدمه

تنش خشکی یکی از مهم‌ترین تنش‌های غیرزنده است که بسته به فصل، شدت و زمان وقوع می‌تواند به‌صورت جدی، موجب کاهش عملکرد در گیاهان زراعی شود. خشکی همواره یک تهدید اصلی برای گیاهان زراعی به شمار می‌آید و به‌عنوان یکی از مهم‌ترین عوامل محدودکننده‌ی تولید محصولات کشاورزی در نظر گرفته می‌شود. کاهش رشد به علت کاهش تقسیم سلولی، کاهش توسعه سلول (کاهش فشار تورژسانس)، کاهش فتوسنتز (بسته شدن روزنه‌ها)، تخصیص بیشتر مواد به بخش زیرزمینی، اختلال در جذب مواد غذایی، کاهش فتوسنتز و تولید ماده خشک، افزایش صدمات ناشی از تجمع رادیکال‌های آزاد اکسیژن و کاهش عملکرد و اجزای عملکرد گیاهان زراعی از اثرات منفی تنش خشکی بر رشد و نمو گیاهان زراعی است (Pessarakli, 2014).

دانه‌های روغنی پس از غلات، دومین ذخایر غذایی جهان را تشکیل می‌دهند و سازگاری بالای آن‌ها به شرایط محیطی مختلف، موجب شده است که گیاهان مولد این دانه‌ها، به‌طور گسترده‌ای در سراسر جهان پراکنده گردند (Arribas, 2014). نیاز به تأمین روغن خوراکی سبب افزایش قابل توجه کشت آفتابگردان در ایران و جهان طی سال‌های اخیر شده است. به‌طوری‌که بر اساس آمار سازمان خواروبار و کشاورزی جهانی، کل تولید آفتابگردان در سال ۲۰۱۳، حدود ۴۴/۷۵ میلیون تن و سطح زیر کشت ۲۵/۵۹ میلیون هکتار بوده است. بر اساس همین آمار در سال ۲۰۱۳، تولید آفتابگردان در ایران ۹۰ هزار تن و سطح زیر کشت آن ۷۰ هزار هکتار گزارش شده است (Anonymous, 2014).

آب‌نمک یا محلول‌های فیزیولوژیکی را جذب نمایند. این پلیمرها ضمن بر خورداری از سرعت و ظرفیت زیاد جذب آب به‌مثابه آب‌انبارهای مینیاتوری عمل کرده و در موقع نیاز ریشه به‌راحتی آب را در اختیار آن قرار می‌دهند (Allahdadi *et al.*, 2005). استفاده از سوپرچاذب در پایداری ساختمان خاک و افزایش نفوذ آب در خاک و کاهش فرسایش خاک (Lentz *et al.*, 1998)، کاهش میزان تبخیر از سطح خاک (Setter *et al.*, 2001) افزایش راندمان مصرف آب، افزایش قدرت جوانه‌زنی، افزایش عملکرد گیاه و کاهش نیاز آب آبیاری در بررسی محققان گزارش شده است و به نظر می‌رسد زمانی که سوپرچاذب‌ها با خاک مخلوط می‌شوند سبب حفظ مقدار زیادی آب و مواد مغذی در خاک شده، بنابراین گیاه با کمبود این منابع مواجه نخواهد شد (Islam *et al.*, 2013). تأثیر مثبت پلیمرهای سوپرچاذب بر اثر کاهش اثرات سوء ناشی از تنش خشکی بر روی خیار گلخانه‌ای (Najafi Alishah *et al.*, 2013)، ذرت (Rostampour *et al.*, 2012)، سویا (Yazdani *et al.*, 2007)، آفتابگردان (Karimi, 2004) و نخود (Allahyari *et al.*, 2013) نیز گزارش شده است. پلیمرهای سوپرچاذب می‌توانند مقادیر زیادی آب یا محلول‌های آبی را جذب نموده و متورم شوند. این مخازن ذخیره‌کننده آب وقتی در داخل خاک قرار می‌گیرند آب آبیاری و بارندگی را به خود جذب نموده و از فرونشست آن جلوگیری می‌نمایند و پس از خشک شدن محیط، آب داخل پلیمر به‌تدریج تخلیه شده و بدین ترتیب خاک به مدت طولانی و بدون نیاز به آبیاری مجدد، مرطوب می‌ماند (Khocheh Zadeh *et al.*, 2000).

باتوجه‌به قرارگرفتن ایران در زمره مناطق خشک و نیمه‌خشک و کاهش شدید منابع آبی که می‌تواند به شدت علاوه بر کاهش تولیدات کشاورزی امنیت جامعه را نیز تهدید کند و اهمیت آفتابگردان به‌عنوان یک گیاه روغنی مناسب بررسی روش‌های ساده و کم‌هزینه که بتوان بدون کاهش معنی‌دار عملکرد، تولید اقتصادی مطلوبی را انجام داد ضروری می‌باشد. این بررسی به‌منظور اثر مصرف پلیمرهای سوپرچاذب بر واکنش عملکرد و اجزای عملکرد آفتابگردان در رژیم‌های مختلف آبیاری انجام شد.

تنش خشکی اثرات منفی بر عملکرد و اجزای عملکرد آفتابگردان دارد. برخی از محققین گزارش کردند که آبیاری شش روز در میان در شرایط اقلیمی ارومیه (با بارندگی متوسط سالانه ۱۸۰ میلی‌متر) جهت حصول عملکرد اقتصادی مناسب ضروری می‌باشد (Nazarli *et al.*, 2010). در مطالعه دیگری گزارش شد که تنش شدید در آفتابگردان سبب کاهش قابل‌توجه ارتفاع گیاه، مقدار کلروفیل در برگ‌ها، قطر طبق، تعداد دانه در طبق و عملکرد دانه در مقایسه با شرایط بدون تنش می‌شود (Rahimizadeh *et al.*, 2011). کاهش معنی‌دار قطر طبق، تعداد دانه در طبق، وزن هزار دانه، عملکرد بیولوژیکی و عملکرد دانه با افزایش فواصل آبیاری در آفتابگردان توسط امنیان و همکاران (Amaniyan *et al.*, 2012) نیز گزارش شده است. کاهش ارتفاع، دانه در طبق، وزن هزار دانه، عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیکی و افزایش درصد دانه‌های پوک با افزایش دور آبیاری در مطالعات استیری و همکاران (Istiri *et al.*, 2014) نیز گزارش شده است. کاهش تعداد دانه در طبق، عملکرد دانه در هکتار، درصد روغن، شاخص برداشت، قطر طبق و وزن هزار دانه و افزایش درصد پوکی دانه در آفتابگردان را با افزایش دور آبیاری گزارش شده است (Karimzade Asl *et al.*, 2003). در مطالعه‌ای مشابه گزارش شد که افزایش تنش خشکی از ۱۰۰ به ۲۵ درصد ظرفیت زراعی مزرعه کاهش معنی‌داری را در قطر طبق، تعداد دانه در طبق، وزن صد دانه و عملکرد اقتصادی آفتابگردان موجب می‌شود (Khan *et al.*, 2003). اگرچه تنش تا حد متوسط سبب واکنش درصد روغن شد اما افزایش شدت تنش از متوسط به شدید اثری بر درصد روغن در آفتابگردان نداشت. در مطالعه انجام شده توسط دانشیان و همکاران (Daneshian *et al.*, 2005) گزارش شده است که در شرایط نرمال (آبیاری بعد از ۶۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر کلاس A) عملکرد اقتصادی، تعداد دانه در طبق، وزن دانه نسبت به شرایط تنش شدید (آبیاری بعد از ۱۲۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر کلاس A) بیشتر است درحالی‌که در شرایط تنش شدید درصد روغن بیشتر از شرایط نرمال بود.

امروزه استفاده از پلیمرهای سوپرچاذب به‌عنوان یک راهکار کم‌هزینه و کارآمد برای افزایش راندمان آبیاری در مناطق خشک و نیمه‌خشک موردتوجه قرار گرفته است. پلیمرهای سوپرچاذب، ژل‌های پلیمری آب‌دوست یا هیدروژل‌هایی هستند که می‌توانند مقادیر زیادی آب،

مواد و روش‌ها

در زمین مورد کشت سال قبل جو کشت شده بود. عملیات آماده‌سازی زمین در تاریخ ۲۴ خردادماه ۱۳۹۲ با شخم سطحی با کولتیواتور انجام شد تا کاه و کلش حاصل از برداشت محصول قبلی، مانع انجام سایر عملیات خاک‌ورزی نشود. قبل از کاشت، میزان ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار کود سوپر فسفات تریپل، ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار سولفات پتاسیم و ۶۰ کیلوگرم در هکتار کود اوره در کلیه تیمارها در سطح مزرعه افزوده شد و توسط کولتیواتور اختلاط کود و خاک بلافاصله انجام گردید. قبل از کاشت بذرها، ابتدا سوپر جاذب‌ها به میزان مورد نظر در هر کرت، به خاک اضافه و با خاک مزرعه مخلوط شد، به گونه‌ای که پلیمرها در عمق حداقل ۱۰ cm زیر خاک قرار گیرند. پلیمر سوپر جاذب مورد استفاده نیز از نوع پایه پتاسیمی مربوط به شرکت اکوازورب^۱ فرانسه بود. خصوصیات پلیمر سوپر جاذب در جدول ۱ نمایش داده شده است.

این پژوهش در سال زراعی ۹۳-۱۳۹۲، در مزرعه‌ای واقع در ۲۰ کیلومتری شرق شهر سبزوار، با طول جغرافیایی ۵۷ درجه و ۵۵ دقیقه شرقی و عرض جغرافیایی ۳۶ درجه و ۱۱ دقیقه شمالی با میانگین بارندگی ۱۸۰ میلی‌متر (منطقه‌ای گرم و نیمه‌خشک) انجام شد. آزمایش، به صورت اسپلیت پلات در قالب بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار انجام شد. تیمار دور آبیاری به عنوان فاکتور اصلی (فواصل ۱۲ و ۲۴ روز) و مقادیر مختلف مصرف پلیمر سوپر جاذب، به عنوان فاکتور فرعی (صفر، ۳۰، ۶۰، ۹۰ و ۱۲۰ کیلوگرم در هکتار) در نظر گرفته شد. فواصل ۱۲ روزه آبیاری عرف منطقه برای آبیاری آفتابگردان می‌باشد. تیمارهای دور آبیاری بعد از استقرار گیاه تا آخر فصل رشد انجام شد.

جدول ۱- خصوصیات پلیمر سوپر جاذب مورد استفاده

Table 1. Properties of used super absorbent polymer

نوع ماده Type of Material	چگالی ظاهری Bulk density (g l ⁻¹)	وزن مخصوص Specific weight (g l ⁻¹)	اسیدیته pH	ظرفیت تبادل کاتیونی Cationic Exchange Capacity (CEC) (mEq g ⁻¹)	دوام در خاک Durability in the soil (Yr)	حداکثر میزان جذب آب Maximum water absorption	
						در آب مقطر In deionized water	در خاک In soil
Aquasorb 3005	40	650	8.1	4.6	5	150 fold	400 fold

آب مورد مصرفی در دور آبیاری ۱۲ روزه در حدود ۷۰۰۰ مترمکعب و در دور آبیاری ۲۴ روزه ۵۰۰۰ مترمکعب بود. سایر عملیات داشت، نظیر وجین علف‌های هرز و مبارزه با آفات و بیماری‌ها طبق عرف منطقه انجام شد. ۲۰ کیلوگرم بر هکتار کود اوره نیز به صورت سرک در اوایل پر شدن دانه (اواخر مرداد ماه) استفاده شد. برای بررسی عملکرد، در پایان فصل رشد و هنگام رسیدگی فیزیولوژیکی پس از حذف اثر حاشیه‌ای (دو ردیف کناری و نیم متر از بالا و پایین هر کرت فرعی)، تعداد ۵ بوته به صورت تصادفی انتخاب و در آن ارتفاع بوته، قطر طبق، وزن طبق، تعداد ردیف دانه در طبق و تعداد برگ در بوته اندازه‌گیری شد.

بذر آفتابگردان مورد استفاده، رقم پروگرس (گواهی شده) بود. این رقم جزو ارقام آزادگرده‌افشان، دیررس و مقاوم به بیماری سفیدک سطحی می‌باشد بذرها به صورت دستی در ردیف‌هایی به طول ۵ متر با فاصله‌ی ردیف ۵۰ cm و فاصله‌ی بوته‌ی ۲۵ cm (هر کرت فرعی، ۵ ردیف) به صورت ردیفی در تاریخ ۲۵ خردادماه ۱۳۹۲ کشت شد. بلافاصله پس از کاشت، آبیاری انجام و پس از گاو رو شدن زمین، عملیات سله‌شکنی (طبق عرف منطقه) صورت گرفت. پس از کاشت بذور و در اولین آبیاری، کرت‌ها کاملاً غرقاب شد تا سوپر جاذب‌ها حداکثر آب دریاقتی را ذخیره نمایند. پس از ۴-۳ برگی شدن بوته‌ها در سطح ۶۰ درصد مزرعه، جهت دستیابی به تراکم مورد نظر و فاصله روی ردیف مطلوب، عملیات واکاری و تنک کردن انجام پذیرفت. آبیاری به صورت غرقابی انجام شد.

1. Aquasorb 3005

که اثر دور آبیاری و مقادیر سوپرجاذب تأثیر معنی‌داری بر ارتفاع بوته داشت ($P \leq 0/01$) درحالی‌که اثر متقابل دور آبیاری و مقادیر سوپرجاذب تأثیر معنی‌داری بر ارتفاع بوته نداشت ($P \leq 0/05$). جدول ۲).

آبیاری با فواصل هر ۱۲ روز یک‌بار، ارتفاع (۱۲۵ cm) بیشتری نسبت به آبیاری با فواصل هر ۲۴ روز یک‌بار (۱۱۴ cm) را به دنبال داشت. مطابق این نتایج گزارش شده است که آماس، رشد و تقسیم سلولی با افزایش تنش خشکی کاهش پیدا می‌کند که این امر سبب کاهش ارتفاع گیاه می‌گردد (Rahimizadeh et al., 2011). کاهش ۲۳/۸۸ درصدی ارتفاع در آفتابگردان با افزایش دور آبیاری از ۶ به ۱۸ روز گزارش شد (Istiri et al., 2014). همچنین گزارش شده است با افزایش تنش خشکی در آفتاب‌گردان از ارتفاع گیاه کاسته شد (Göksoy et al., 2004).

برداشت نهایی جهت تعیین عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیکی ۲ خط از طرفین و نیم متر از بالا و پایین هر کرت به‌عنوان اثر حاشیه‌ای حذف و در مساحت باقیمانده، کل بوته‌ها برداشت و بعد از تعیین عملکرد بیولوژیکی طبق‌های هر بوته جدا و به مدت یک هفته جهت رسیدن به رطوبت ۱۴ درصد در انبار سرپوشیده نگهداری و بعد از جداکردن دانه‌ها از هر طبق عملکرد اقتصادی تعیین شد. پس از جمع‌آوری کلیه داده‌ها، تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SAS نسخه ۹/۱ انجام شد. مقایسه میانگین داده‌ها با روش حداقل اختلاف معنی‌دار (LSD) در سطح آماری ۵ درصد صورت گرفت.

نتایج و بحث ارتفاع بوته

نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌های آزمایش، نشان داد

جدول ۲- منابع تغییر، درجه آزادی و میانگین مربعات ارتفاع بوته، قطر طبق، تعداد دانه در طبق، وزن صد دانه، عملکرد بیولوژیکی و عملکرد اقتصادی
Table 2. Source of variation, degree of freedom and mean of squares for plant height, head diameter, number of seeds per head, 100 seed weight, biological yield and achene yield

منابع تغییر S.O.V	درجه آزادی df	میانگین مربعات Means of square					
		ارتفاع بوته Plant height	قطر طبق Head diameter	تعداد دانه در طبق Seed per head	وزن صد دانه 100-Seed weight	عملکرد بیولوژیکی Biological yield	عملکرد اقتصادی Achene yield
تکرار Replication	2	462.80 ^{ns}	8.09 ^{ns}	0.52 ^{ns}	6.70 ^{ns}	4179.29 ^{ns}	1014 ^{ns}
دور آبیاری (A) Irrigation interval (A)	1	1478.41 ^{**}	62.44 [*]	155.40 ^{**}	160.38 ^{**}	3364847 ^{**}	227.4 ^{**}
خطای a Ea	2	208.89	1.62	3.07	31.66	5278	66.73
سوپرجاذب (B) Super absorbent polymer (B)	4	796.93 ^{**}	9.42 ^{**}	46.42 ^{**}	126.65 ^{**}	68061 ^{**}	12063 ^{**}
A×B	4	46.42 ^{ns}	0.48 ^{ns}	2.81 ^{ns}	14.79 ^{ns}	13567 [*]	1880.9 [*]
خطای b Eb	16	56.06	0.52	2.73	17.07	4370	482
CV (%)		6.32	5.13	7.60	9.48	13.75	14.96

ns و ** به ترتیب معنی‌دار در سطح ۵٪، ۱٪ و غیر معنی‌دار

* and ** are significant at 5% and 1% probability levels, respectively.

رطوبت برای ریشه‌ها سبب افزایش جذب آب می‌شود که افزایش جذب آب از طریق افزایش تقسیم سلولی، افزایش ارتفاع را سبب خواهد شد.

مصرف ۱۲۰ کیلوگرم در هکتار سوپرجاذب، بیشترین ارتفاع (۱۳۲ cm) را در گیاه موجب شد که اختلاف آماری معنی‌داری با مصرف ۹۰ کیلوگرم در هکتار نداشت. کمترین ارتفاع گیاه در تیمار شاهد مشاهده شد (جدول ۳). فراهمی مواد غذایی و

قطر طبق

۱۴ درصدی قطر طبق در اثر تنش شدید در مقایسه با شاهد در آفتابگردان گزارش شده است (Rahimizadeh *et al.*, 2011). رابطه خطی بین مصرف مقادیر مختلف پلیمر سوپر جاذب و قطر طبق مشاهده شد و با افزایش مقادیر مختلف پلیمر سوپر جاذب قطر طبق افزایش پیدا کرد. بیشترین قطر طبق (cm ۱۵/۵) با مصرف ۱۲۰ کیلوگرم در هکتار سوپر جاذب به دست آمد که اختلاف آماری معنی داری با مصرف ۹۰ کیلوگرم در هکتار نداشت. مصرف ۱۲۰ کیلوگرم در هکتار سوپر جاذب در مقایسه با شاهد سبب افزایش ۱۷/۲ درصدی قطر طبق شد (جدول ۳). افزایش اندازه‌ی قطر طبق در اثر کاربرد سوپر جاذب را می‌توان به دلیل افزایش ظرفیت نگهداری آب و مواد غذایی برای مدت طولانی در خاک، کاهش شستشوی مواد غذایی و هوادهی بهتر در خاک دانست. باتوجه به اینکه ماده‌ی سوپر جاذب نقش تغذیه‌ای ندارد، افزایش رشد و عملکرد بهتر، در اثر بهبود شرایط فیزیکی خاک است (Khochek Zadeh *et al.*, 2000).

قطر طبق تحت تأثیر دور آبیاری ($P \leq 0.05$) و مقادیر مختلف پلیمر سوپر جاذب ($P \leq 0.01$) قرار گرفت (جدول ۲). آبیاری با فواصل هر ۱۲ روز یکبار (cm ۱۵/۲)، ۱۳/۷۱ درصد قطر طبق بیشتری نسبت به آبیاری با فواصل هر ۲۴ روز یکبار (cm ۱۳/۱) داشت. دلیل کاهش قطر طبق در اثر تنش خشکی ناشی از اثرات منفی کمبود آب بر گسترش سطح برگ است که باعث کاهش مواد فتوسنتزی برای انتقال به قسمت‌های زایشی و رشد طبق می‌شود. مشابه نتایج فوق گزارش شده است که تنش خشکی در مرحله گلدهی روی قطر طبق تأثیر شدیدی دارد (Kalhori *et al.*, 2005). تحقیقات رشدی و همکاران (Roshdi *et al.*, 2006) نیز حاکی از آن بود که با افزایش فواصل آبیاری و اعمال تنش کم‌آبی، قطر طبق کاهش یافت. نتایج تحقیقات دیگری نیز نشان داد که با افزایش تنش، اندازه قطر طبق کاهش می‌یابد (Daneshian *et al.*, 2005). کاهش

جدول ۳- اثر مقادیر مختلف پلیمر سوپر جاذب بر ارتفاع بوته، قطر طبق، تعداد دانه در طبق، وزن صد دانه، عملکرد بیولوژیکی و عملکرد اقتصادی
Table 3- Effect of different amounts of super absorbent polymer on plant height, head diameter, number of seeds per head, 100-seed weight, biological yield and economic yield

پلیمر سوپر جاذب Super absorbent polymer (kg ha ⁻¹)	ارتفاع Plant height (cm)	قطر طبق Head diameter (cm)	تعداد دانه در		عملکرد بیولوژیکی Biological yield (kg ha ⁻¹)	عملکرد اقتصادی Achene yield (kg ha ⁻¹)
			طبق Seed per head	وزن صد دانه 100-seed weight (g)		
0	104	13.2	1720	5.09	6395	1560
30	109	13.1	2135	5.33	6909	1692
60	120	14.1	2230	5.41	7124	1479
90	126	14.8	2391	6.03	7227	1803
120	132	15.5	2400	6	7544	2048
LSD	9.16	0.884	202	0.395	80.9	107

میانگین‌های دارای حروف مشابه در مورد هر صفت در هر ستون اختلاف آماری معنی داری با هم ندارند (آزمون محافظت شده FLSD، $\alpha=0.05$).
Mean values with similar letters in each column have not statistically significant (FLSD, $\alpha=0.05$).

تعداد دانه در طبق

کمترین آن را در تنش شدید گزارش شده است (Istiri *et al.*, 2014). تنش خشکی باعث خشک شدن دانه گرده و کلاله و مادگی شده و از تعداد جنین‌های بارور در سطح طبق می‌کاهد و این امر کاهش تعداد دانه در طبق را تشدید می‌کند. این نتیجه با نتایج سایر محققین در مورد اثر تنش خشکی بر تعداد دانه در طبق آفتابگردان مطابقت دارد (Chimenti *et al.*, 2002; Göksoy *et al.*, 2004).

اثر دور آبیاری، مقادیر مختلف پلیمر سوپر جاذب بر تعداد دانه در طبق معنی دار بود در حالی که اثر متقابل دور آبیاری و مقادیر مختلف پلیمر سوپر جاذب اثر معنی داری بر تعداد دانه در طبق نداشت ($P \leq 0.05$). آبیاری با فواصل هر ۲۴ روز (۲۴۰۲ عدد)، ۱۹ درصد تعداد دانه در طبق کمتری در مقایسه با آبیاری با فواصل هر ۱۲ روز یکبار (۱۹۴۶ عدد)، داشت (جدول ۳). بیشترین تعداد دانه در طبق در شرایط بدون تنش و

می‌گیرد که با نتایج این تحقیق هماهنگی دارد (Göksoy *et al.*, 2004).

استفاده از سوپرچاذب به صورت خطی سبب افزایش وزن صد دانه آفتابگردان شد. بیشترین وزن صد دانه با مصرف ۹۰ کیلوگرم در هکتار سوپرچاذب به دست آمد اگرچه اختلاف آماری معنی‌داری بین مصرف ۹۰ و ۱۲۰ کیلوگرم در هکتار سوپرچاذب از نظر وزن صد دانه مشاهده نشد. مصرف ۱۲۰ کیلوگرم در هکتار سوپرچاذب ۱۷/۸ درصد وزن صد دانه را در مقایسه با تیمار شاهد افزایش داد (جدول ۳). در بررسی دیگری به منظور بررسی اثرات محیط بر دانه‌بندی آفتابگردان روغنی بیان شد که در آفتابگردان حالت جبرانی بین اجزای عملکرد وجود دارد و کاهش تعداد دانه در طبق ممکن است افزایش وزن دانه را به دنبال داشته باشد (Vega *et al.*, 2001). افزایش وزن دانه با مصرف پلیمرهای سوپرچاذب در آفتابگردان (Nazarli *et al.*, 2010)، نخود (Allahyari *et al.*, 2013) و ذرت (Islam *et al.*, 2013) نیز گزارش شده است.

عملکرد بیولوژیکی

نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌های آزمایش، نشان داد که اثر دور آبیاری، مقدار سوپرچاذب و اثر متقابل دور آبیاری و مقدار سوپرچاذب تأثیر معنی‌داری بر عملکرد بیولوژیکی گیاه آفتابگردان در سطح آماری ۱ درصد داشت ($P \leq 0.05$ ، جدول ۲). افزایش ۱۲ روزه در دور آبیاری سبب کاهش ۳۱/۹۸ درصدی عملکرد بیولوژیکی شد (۸۳۷۵ کیلوگرم در هکتار در دور آبیاری ۱۲ روزه در مقایسه با ۵۶۹۶ کیلوگرم در هکتار در دور آبیاری ۲۴ روز در میان). افزایش دور آبیاری با کاهش محتوی نسبی آب برگ، باعث کاهش هدایت روزنه‌ای و کاهش دی‌اکسید کربن در دسترس گیاه شده و میزان فتوسنتز کاهش می‌یابد. پایین آمدن میزان فتوسنتز، باعث عدم توسعه مطلوب سطح برگ و کاهش تجمع ماده خشک در واحد سطح برگ می‌گردد (Shao *et al.*, 2008). مشابه نتایج فوق گزارش شده است که عملکرد بیولوژیکی با افزایش تنش خشکی در گیاه آفتابگردان کاهش می‌یابد. دلیل افزایش تولید ماده خشک در گیاهان تحت تیمار آبیاری مطلوب گسترش بیشتر و دوام بهتر سطح برگ بود که موجب ایجاد منبع فیزیولوژیکی کافی جهت استفاده هرچه بیشتر از نور دریافتی و تولید ماده خشک گردید (Holinezhad *et al.*, 2009).

مقایسه‌ی میانگین داده‌ها نشان داد که مصرف ۹۰ و ۱۲۰ کیلوگرم در هکتار سوپرچاذب، نسبت به تیمار شاهد، تعداد دانه در طبق‌های آفتابگردان را به طور چشمگیری افزایش داد (جدول ۳). اعتقاد بر این است که تعداد دانه در طبق همبستگی مثبت و بالایی با قطر طبق دارد و از آنجاکه مصرف سوپرچاذب با فراهمی رطوبت موردنیاز برای رشد و نمو طبق سبب افزایش قطر طبق می‌شوند لذا تعداد دانه در طبق نیز افزایش پیدا می‌کند (Nazarli *et al.*, 2011). علاوه بر این در شرایط تنش خشکی، کاهش طول دوره گلدهی و عدم باروری گل سبب کاهش تعداد دانه در طبق می‌گردد که در تیمارهایی که از پلیمرهای سوپرچاذب آب استفاده می‌شود، گیاه از دوره گلدهی طولانی‌تری برخوردار بوده و تولید گل در محدوده زمانی بیشتری صورت می‌گیرد. مطابق با نتایج فوق افزایش تعداد دانه در طبق در بررسی مرادی قهدریجانی و همکاران (Moradi *et al.*, 2015) نیز گزارش شده است. برخلاف نتایج فوق رشدی (Roshdi, 2014) عدم واکنش تعداد دانه در طبق را به مصرف سوپرچاذب‌ها گزارش کرد. عدم وجود اختلاف معنی‌دار بین مقادیر مختلف سوپرچاذب ناشی از تأثیر مشابه مصرف و عدم مصرف این ماده بر تعداد دانه در طبق بود.

وزن صد دانه

نتایج تجزیه واریانس نشان داد دور آبیاری و مصرف سوپرچاذب در سطح ۱ درصد اثر معنی‌داری بر وزن صد دانه داشت (جدول ۲). تیمار آبیاری ۲۴ روز (۵/۱۱ گرم)، وزن صد دانه را نسبت به آبیاری ۱۲ روز (۶/۰۳ گرم)، ۱۵ درصد کاهش داد. کاهش وزن صد دانه در تنش خشکی را می‌توان به کمتر بودن کربوهیدرات‌های ذخیره‌ای قبل از مرحله گرده‌افشانی در اندام‌های رویشی و کاهش دوام سطح برگ در گیاهان تحت تیمار که در نتیجه دوره پرشدن دانه‌ها را کوتاه نمود نسبت داد. برخی محققین معتقدند که تنش خشکی اثر منفی بر فتوسنتز جاری و تحرک مجدد مواد غذایی دارد و کاهش فتوسنتز و انتقال مجدد مواد ذخیره‌ای سبب کاهش وزن دانه می‌گردد (Nazarli *et al.*, 2010). علاوه بر این کاهش وزن دانه به دلیل ریزش برگ‌های آفتابگردان در مرحله گلدهی است که ممکن است به دلیل کمبود آب حادث شود. برخی محققین نیز گزارش کردند که وزن هزار دانه آفتابگردان تحت تأثیر دور آبیاری قرار

اثر متقابل دور آبیاری و مقدار سوپر جاذب نشان داد که در کلیه سطوح مصرف سوپر جاذب عملکرد بیولوژیکی در دور آبیاری ۲۴ روزه نسبت به دور آبیاری ۱۲ روزه کمتر بود. واکنش عملکرد بیولوژیکی به مقدار مصرف سوپر جاذب در دور آبیاری ۱۲ روزه نسبت به ۲۴ روزه بیشتر بود. به نحوی که در دور آبیاری ۲۴ روزه اختلاف آماری معنی داری بین سطوح مختلف سوپر جاذب مشاهده نشد اما در دور آبیاری ۱۲ روزه مصرف ۱۲۰ کیلوگرم در هکتار بیشترین عملکرد بیولوژیکی را تولید کرد که اختلاف آماری معنی داری با کلیه تیمارها داشت (جدول ۴). کاهش عملکرد بیولوژیکی در کلیه تراکمها در شرایط تنش شدید خشکی، ناشی از افت عملکرد دانه و وزن خشک بخشهای رویشی به واسطه افزایش رقابت بود.

بیشترین مقدار مصرف سوپر جاذب (۱۲۰ کیلوگرم در هکتار)، بیشترین عملکرد بیولوژیکی را تولید کرد که اختلاف آماری معنی داری با مصرف ۹۰ کیلوگرم در هکتار نداشت. کمترین عملکرد بیولوژیکی نیز در شرایط عدم مصرف سوپر جاذب مشاهده شد که در مقایسه با بالاترین مقدار مصرف پلیمر سوپر جاذب ۱۵/۳ درصد کاهش نشان داد (جدول ۳). در مطالعه‌ای تأثیر کاربرد سطوح مختلف نوعی ماده‌ی سوپر جاذب بر رشد و عملکرد سویا و آفتابگردان در سه نوع خاک، مورد بررسی قرار گرفت و گزارش شد که با افزایش کاربرد ماده‌ی سوپر جاذب، عملکرد ماده‌ی خشک گیاه نیز افزایش می‌یابد که با نتایج به دست آمده در این پژوهش هم‌مانگی دارد (Karimi, 2004).

جدول ۴- اثر متقابل مقادیر پلیمر سوپر جاذب و دور آبیاری بر عملکرد بیولوژیکی و عملکرد اقتصادی

Table 4- Interaction of super absorbent polymer and irrigation intervals on biological and achene yield

پلیمر سوپر جاذب Super absorbent polymer (kg ha ⁻¹)	عملکرد بیولوژیکی Biological yield (kg ha ⁻¹)		عملکرد اقتصادی Achene yield (kg ha ⁻¹)	
	دور آبیاری ۱۲ روزه 12-day irrigation interval	دور آبیاری ۲۴ روزه 24-day irrigation interval	دور آبیاری ۱۲ روزه 12-day irrigation interval	دور آبیاری ۲۴ روزه 24-day irrigation interval
	0	7479	5311	1638
30	8163	5654	1727	1658
60	5808	5597	1764	1733
90	5851	5872	1812	1795
120	9144	5944	2184	1912
LSD	114.0		38.3	

(*al.*, 1998). مطابق با این نتایج در مطالعه‌ای اعلام شد اعمال تنش خشکی در مرحله دانه‌بندی با ایجاد اختلال در مکانیسم پرشدن دانه، سبب کاهش عملکرد می‌شود (Jafar Zadeh, 1997). گزارش تحقیقی حاکی از آن است که سطوح آبیاری تأثیر معنی داری در مقدار عملکرد دانه آفتاب‌گردان دارد (Mazahery-Laghab *et al.*, 2003). ایشان علل کاهش عملکرد را بر اثر استرس خشکی چنین توجیه نمودند که رژیم آبیاری نامطلوب، ضمن کاهش سطح برگ‌ها، پیری آن‌ها را سرعت بخشیده و میزان تولید را کاهش می‌دهد. رابطه خطی بین عملکرد اقتصادی و مقدار مصرف سوپر جاذب وجود داشت. مصرف ۱۲۰ کیلوگرم در هکتار سوپر جاذب در مقایسه با تیمار شاهد سبب افزایش ۳۵ درصدی عملکرد اقتصادی شد. اختلاف

عملکرد اقتصادی

عملکرد اقتصادی تحت تأثیر دور آبیاری، مقدار سوپر جاذب و اثر متقابل دور آبیاری و مقدار سوپر جاذب قرار گرفت ($P \leq 0.05$). جدول ۲). افزایش دور آبیاری از ۱۲ (۱۸۰۶ کیلوگرم در هکتار) به ۲۴ روز (۱۷۳۶ کیلوگرم در هکتار) کاهش ۳/۹۱ درصدی در عملکرد اقتصادی موجب شد؛ که دلیل اصلی این کاهش اثرات منفی تنش خشکی بر تعداد دانه در طبق و وزن دانه می‌باشد. در مطالعات انجام شده توسط برخی محققین گزارش شده است که تنش آبی در مراحل رشد رویشی منجر به کاهش سطح برگ و میزان فتوسنتز می‌گردد که ممکن است به کاهش عملکرد دانه منجر شود و در این صورت، کاهش عملکرد نتیجه کاهش معنی دار در تعداد دانه و وزن آن‌ها است (Gomez-Sanchez *et al.*

ارتفاع ($r=0/70$)، تعداد دانه در طبق ($r=0/68$) و وزن صد دانه ($r=0/62$) داشت. تعداد دانه در طبق و وزن صد دانه که از اجزای عملکرد مهم در آفتابگردان محسوب می‌شوند نیز همبستگی بالایی با ارتفاع داشت (به ترتیب $r=0/72$ و $r=0/77$). همبستگی زیاد عملکرد دانه با ارتفاع و همچنین تعداد دانه در طبق و وزن صد دانه با ارتفاع بیانگر این مطلب است که در آفتابگردان استفاده از مواد فتوسنتزی جاری و یا مواد فتوسنتزی ذخیره شده می‌تواند نقش مهمی در افزایش عملکرد داشته باشد. به این دلیل که هرچه ارتفاع گیاه بیشتر باشد تعداد برگ بیشتری در گیاه تولید می‌شود که در نتیجه مواد فتوسنتزی بیشتری نیز تولید خواهد شد و از طرف دیگر افزایش ارتفاع با ذخیره بیشتر مواد فتوسنتزی همراه خواهد بود که در مواقع مورد نیاز می‌تواند صرف رشد و توسعه دانه و در نتیجه افزایش عملکرد شود. در بررسی مرادی قهدریجانی و همکاران (Moradi et al., 2017) نیز عملکرد دانه بیشترین همبستگی را با وزن هزار دانه و تعداد دانه در بوته داشت که با نتایج این تحقیق همخوانی دارد. وجود همبستگی مثبت و زیاد بین ارتفاع و قطر طبق را نشانه‌ای از نقش مواد ذخیره‌ای در افزایش عملکرد گزارش شده است (Nazarli et al., 2010). این محققان معتقدند برای تحمل طبق‌های بزرگ‌تر وجود ساقه‌های قطور مورد نیاز است که ذخایر ساقه نقش مهمی در پر شدن دانه دارد. همبستگی مثبت و معنی‌دار قطر طبق و تعداد دانه در طبق نیز بیانگر این مطلب است که افزایش قطر طبق با بارور شدن بیشتر گلچه‌ها و تولید بیشتر تعداد دانه در طبق همراه بوده است. در مطالعه‌ای گزارش شد که هر چه طبق بزرگ‌تر باشد هم تعداد دانه در طبق بیشتری تولید می‌شود و هم دانه‌ها درشت‌تری در هر طبق وجود دارد در حالی که طبق‌های کوچک دانه‌های ریزتری داشتند (Nazarli et al., 2010). در بررسی ضرایب همبستگی مشاهده شده که رابطه مثبت و معنی‌داری بین قطر طبق، ارتفاع گیاه، وزن هزار دانه و عملکرد روغن با عملکرد اقتصادی در شرایط نرمال و شرایط استرس خشکی وجود دارد. عملکرد اقتصادی هم در شرایط نرمال و هم در شرایط استرس خشکی بیشترین همبستگی را با وزن دانه نشان داد که با نتایج حاصله از این آزمایش مطابقت می‌کند (Allahyari et al., 2013).

آماری معنی‌داری بین سطوح ۳۰، ۶۰ و ۹۰ کیلوگرم در هکتار سوپر جاذب از نظر عملکرد اقتصادی مشاهده نشد (جدول ۳). در هر دو شرایط تنش و نرمال افزایش عملکرد دانه ذرت توسط پلیمر سوپر جاذب نیز گزارش شده است (Moslemi et al., 2011). اعتقاد بر این است که هیدروژل با جذب آب و با در دسترس قرار دادن آن برای گیاه، از اثرات منفی تنش خشکی کاسته که نتیجه آن افزایش عملکرد خواهد بود (Allahyari et al., 2013). نتایج مشابهی در مورد افزایش عملکرد ذرت با مصرف پلیمر سوپر جاذب توسط ترابی و همکاران (Torabi et al., 2014) نیز گزارش شده است. گزارشی حاکی از آن است که سطوح آبیاری تأثیر معنی‌داری در مقدار عملکرد دانه آفتابگردان داشتند (Mazahery-Laghab et al., 2003). آن‌ها علت کاهش عملکرد دانه را بر اثر استرس خشکی در که رژیم آبیاری نامطلوب را کاهش سطح برگ‌ها و پیری آن‌ها عنوان کردند. گومز و همکاران (Gomez-Sanchez et al., 1998) نیز از آزمایش‌های در مورد آفتابگردان خود نتیجه گرفتند که تنش آبی در مراحل رشد رویشی منجر به کاهش سطح برگ و میزان فتوسنتز می‌گردد که ممکن است به کاهش عملکرد دانه منجر شود. در این صورت، کاهش عملکرد نتیجه کاهش معنی‌دار در تعداد دانه و وزن آن‌ها است.

بیشترین عملکرد اقتصادی در دور آبیاری ۱۲ روزه و مصرف ۱۲۰ کیلوگرم در هکتار سوپر جاذب به دست آمد که اختلاف آمار معنی‌داری با سایر تیمارها داشت. عملکرد دانه در دور آبیاری ۲۴ روز و مصرف ۱۲۰ کیلوگرم در هکتار سوپر جاذب بیشتر از دوره آبیاری ۱۲ روز و مصرف ۹۰ کیلوگرم در هکتار سوپر جاذب بود که بیانگر این مطلب است که استفاده از مقادیر مناسب سوپر جاذب می‌تواند سبب کاهش اثرات تنش خشکی در آفتابگردان شود (جدول ۴). مطابق با نتایج فوق (Nazarli et al., 2010) گزارش کردند که بالاترین عملکرد دانه در آفتابگردان با مصرف ۳۰۰ کیلوگرم در هکتار سوپر جاذب و در دور آبیاری ۶ روزه (در شرایط ارومیه با متوسط بارندگی سالانه ۱۸۰ میلی‌متر) حاصل می‌شود. افزایش دور آبیاری از ۶ به ۱۴ روز در این شرایط سبب کاهش ۸۶/۰۳ درصدی عملکرد دانه شد.

همبستگی بین صفات

ضرایب همبستگی ساده میان صفات مورد ارزیابی در جدول ۵ نمایش داده شده است. عملکرد دانه بیشترین همبستگی را با

جدول ۵- ضرایب همبستگی بین صفات مورد مطالعه

Table 5- Correlation coefficients between studied traits

عملکرد اقتصادی Achene yield	عملکرد بیولوژیکی Biological yield	وزن صد دانه 100-seed weight	تعداد دانه در طبق Seed per head	قطر طبق Head diameter	ارتفاع بوته Plant height
					1
				1	0.82**
			1	0.73**	0.72**
		1	-0.74**	0.69**	0.77**
	1	0.75**	0.76**	0.68**	0.61**
1	0.38**	0.62**	0.68**	0.54**	0.70**

** معنی‌دار در سطح ۱٪، N=30

** significant at %1 probability levels, N=30.

نتیجه‌گیری کلی

سوپر جاذب به‌خصوص در مقادیر ۹۰ یا ۱۲۰ کیلوگرم در هکتار سبب کاهش اثرات تنش خشکی ناشی از افزایش دور آبیاری شد. در دور آبیاری ۱۲ روزه افزایش مصرف سوپر جاذب درآمد اقتصادی بیشتری را تولید کرد در حالی‌که در دور آبیاری ۲۴ روزه افزایش مقدار مصرف سوپر جاذب سبب کاهش درآمد خالص شد. براین اساس می‌توان گفت در دور آبیاری ۱۲ روزه مصرف ۱۲۰ کیلوگرم در هکتار و در دور آبیاری ۲۴ روزه مصرف ۳۰ کیلوگرم در هکتار سبب تولید حداکثر درآمد خالص شد.

در مجموع نتایج این آزمایش نشان داد که در شرایط اقلیمی مشابه با شهرستان سبزوار استفاده از پلیمر سوپر جاذب به مقدار ۱۲۰ کیلوگرم در هکتار سبب افزایش معنی‌داری عملکرد و اجزای عملکرد در آفتابگردان می‌گردد. اگرچه افزایش دور آبیاری از ۱۲ به ۲۴ روز در زمان عدم مصرف و یا مصرف مقادیر کم سوپر جاذب سبب کاهش عملکرد و اجزای عملکرد به‌خصوص وزن صد دانه و تعداد دانه در طبق شد اما مصرف پلیمر

References

- Allahdadi, I., Moazzen-Ghamsari, B., Akbari, G.A., and Zohorianfar, M.J. 2005. Investigating the effect of different rates of superabsorbent polymer (Superab A200) and irrigation on the growth and yield of *Zea may*. Paper presented at the 3rd Specialized training course and seminar on the application of superabsorbent hydrogels in agriculture, Iran. (In Persian).
- Allahyari, S., Golchin, A., and Vaezi, A.R. 2013. Study on effect of super absorbent polymer application on yield and yield components of two chickpea cultivars under rainfed conditions. *Journal of Plant Production*, 20(10), 125-141. (In Persian).
- Amaniyan, A.A., Armin, M., and Filekesh, E. 2012. The effect of different amount of zinc on yield and yield components of sunflower under drought stress. *Agronomic Research Journal*, 5(3), 287-299. (In Persian).
- Anonymous. 2014. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Retrieved august 2014, 2014, from <http://faostat3.fao.org/faostat-gateway/go/to/download/Q/QC/E>.
- Arribas, J. I. 2014. *Sunflowers: Growth and Development, Environmental Influences and Pests/Diseases*: Nova Science Pub Inc.

- Chimenti, C., Pearson, J., and Hall, A.** 2002. Osmotic adjustment and yield maintenance under drought in sunflower. *Field Crops Research*, 75, 235-246.
- Daneshian, J., Farrokhi, E., Khani, M., and Rad, A.H.S.** 2005. Evaluation of sunflower hybrids, CMS and restorer lines to drought stress. Interdrought-II, the second International Conference on integrated approaches to sustain and improve plant production under drought stress. Paper presented at the the second International Conference on integrated approaches to sustain and improve plant production under drought stress., Rome, Italy,.
- Ghahderijani, M.M., Asilan, K.S., and Modarres Sanavy, S.A.M.** 2015. Effect of improvers application on seed yield and irrigation water use efficiency of sunflower (*Helianthus annuus* L.) under water deficit stress conditions. *Iranian Journal of Crop Sciences*, 17(2).115-127. (In Persian).
- Gholinezhad, E., Aynaband, A., Ghorthapeh, A.H., Noormohamadi, G., and Bernousi, I.** 2009. Study of the effect of drought stress on yield, yield components and harvest index of sunflower hybrid Iroflor at different levels of nitrogen and plant population. *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca*, 37, 85-94.
- Göksoy, A., Demir, A., Turan, Z., and Dağüstü, N.** 2004. Responses of sunflower (*Helianthus annuus* L.) to full and limited irrigation at different growth stages. *Field Crops Research*, 87, 167-178.
- Gomez-Sanchez, D., Vannozzi, G., Baldini, M., Tahmasebi, S., and Delle, G.** 1998. Effect of soil water availability in sunflower lines derived from interspecific crosses. *Italian Journal of Agronomy*, 2(2), 101-110.
- Hussain, M., Malik, M., Farooq, M., Ashraf, M., and Cheema, M.** 2008. Improving drought tolerance by exogenous application of glycinebetaine and salicylic acid in sunflower. *Journal of Agronomy and Crop Science*, 194(3), 193-199.
- Islam, M.R., Xue, X., Mao, S., Zhao, X., Eneji, A. E., and Hu, Y.** 2013. 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.
- Istiri, H., Armin, M., and Filekesh, E.** 2014. The effect of zinc sulfate foliar application on yield and yield components of sunflower under drought stress. *Journal of Oli Plant Production*, 1(1), 65-77. (In Persian).
- Jafar Zadeh Kenarsare, M., and Poostini, K.** 1997. Study of drought stress effect in different growth stage on some of morphological characters and sunflower yield components (Var. Record). *Iranian Journal of Agricultural Sciences*, 29(2), 353-361. (In Persian).
- Kalhari, J., Mazaheri, D., and Hossein Alizadeh, A.** 2005. Effect of irrigation stop at different growth stages on some agronomic traits of sunflower. (M. Se.), Tehran University. (In Persian).
- Karimi, A.** 2004. Effects of Super Absorbent amendments on water use and growth of sunflower. *Desert*, 6(1), 19-34.
- Karimzade Asl, K., Mazaheri, D., and Peighambari, S.A.** 2003. Effect of four irrigation intervals on the seed yield and quantitative characteristics of three sunflower cultivars. *Iranian. J. Agric. Sci.*, 34(2), 293-301. (In Persian).
- Khan, M.S., Swati, M.S., Khalil, I.H., and Iqbal, A.** 2003. Heterotic studies for various characters in sunflower (*Helianthus annuus* L.). *Asian Journal of Plant Sciences*, 2, 1010-1014.
- Khocheh Zadeh, M., Sabaghfarshi, M., and Ganjeimoghadam, N.** 2000. Effects of super absorbent polymers on some soil physical properties. *Journal of Soil and Water*, 14(2), 176-186. (In Persian).
- Lentz, R., Sojka, R., and Robbins, C.** 1999. Reducing phosphorus losses from surface-irrigated fields: Emerging polyacrylamide technology. *Journal of environmental quality*, 27(2), 305-312.

- Mazahery-Laghab, H., Nouri, F., and Zare Abianeh, H.** 2003. Effects of the reduction of drought stress using supplementary Irrigation for Sunflower (*Helianthus annuus*) in dry farming conditions. *Pajouhesh And Sazandegi*, 3(3), 31-41. (In Persian).
- Moradi-Ghahderijani, M., Jafarian, S., and Keshavarz, H.** 2017. Alleviation of water stress effects and improved oil yield in sunflower by application of soil and foliar amendments. *Rhizosphere*, 4, 54-61.
- Moslemi, Z., Habibi, D., Asgharzadeh, A., Ardakani, M. R., Mohammadi, A., and Sakari, A.** 2011. Effects of super absorbent polymer and plant growth promoting rhizobacteria on yield and yield components of maize under drought stress and normal conditions. *African Journal of Agricultural Research*, 6(19), 4471-4476.
- Najafi Alishah, F., Golchin, A., and Mohebi, M.** 2013. The effects of Aquasorb water-absorbing polymer and irrigation frequency on yield, water use efficiency and growth indices of greenhouse cucumber. *Journal of Science and Technology of Greenhouse Culture-Isfahan University of Technology*, 4(15), 1-14. (In Persian).
- Nazarli, H., Zardashti, M.R., Darvishzadeh, R., and Najafi, S.** 2010. The effect of water stress and polymer on water use efficiency, yield and several morphological traits of sunflower under greenhouse condition. *Notulae Scientia Biologicae*, 2(4), 53-58.
- Pessarakli, M.** 2014. *Handbook of plant and crop physiology*: CRC Press.
- Rahimizadeh, M., Kashani, A. Zare Fizabady, A., Madani, H., and Soltani, E.** 2011. Effect of micronutrient fertilizers on sunflower growth and yield in drought stress condition. *Electronic journal of crop production*, 3(1), 57-72. (In Persian).
- Roshdi, M., Sharifabad, H.H., Karimi, M., Mohammadi, G.N., and Darvish, F.** 2006. A survey on the impact of water deficiency over the yield of sunflower seed cultivar and its components. *Journal of Agricultural Sciences*, 12(1), 109-122.
- Roshdi, M.**, 2014. Study on generative traits and yield of sunflower under different levels of irrigation and superabsorbent polymer. *Journal of Crop Prodction Research*, 5, 373-385. (In Persian).
- Rostampour, M.F., Yarnia, M., and Khoei, F.R.** 2012. Effect of polymer and irrigation regimes on dry matter yield and several physiological traits of forage sorghum. *African Journal of Biotechnology*, 11(48), 10834-10840.
- Setter, T.L., Flannigan, B. A., and Melkonian, J.** 2001. Loss of kernel set due to water deficit and shade in maize. *Crop Science*, 41(5), 1530-1540.
- Shao, H.B., Chu, L.Y., Jaleel, C.A., and Zhao, C. X.** 2008. Water-deficit stress-induced anatomical changes in higher plants. *Comptes rendus biologies*, 331(3), 215-225.
- Torabi, A.R., Farahbakhsh, H., and Khajoienejad, G.R.** 2014. Effect of different irrigation regimes and zeolit super absorbent on the yield and yield components of forage sorghum (*Sorghum bicolor* L.). *Journal of Crops Improvement*, 15(3), 1-14. (In Persian).
- Vega, C.R., Andrade, F.H., Sadras, V.O., Uhart, S.A., and Valentinuz, O.R.** 2001. Seed number as a function of growth. A comparative study in soybean, sunflower, and maize. *Crop Science*, 41(3), 748-754.
- Yazdani, F., Allahdadi, I., and Akbari, G.A.** 2007. Impact of superabsorbent polymer on yield and growth analysis of soybean (*Glycine max* L.) under drought stress condition. *Pakistan Journal of Biological Sciences*, 10(23), 4190-4196.

The effect of super absorbent polymer on yield and yield components of sunflower (*Helianthus annuus* L.) under drought stress conditions

Abbas Yaghob zadeh¹, Mohammad Armin^{2*}, Matin Jamimoeini²

¹MSc graduate of Agronomy and Plant Breeding, Sabzevar Branch, Islamic Azad University, Sabzevar, Iran

²Department of Agronomy and Plant Breeding, Sabzevar Branch, Islamic Azad University, Sabzevar, Iran

*Corresponding Author: Armin@iaus.ac.ir

Received: 07 December 2020

Accepted: 25 January 2021

DOI: 10.22034/csrar.2021.260939.1070

Abstract

The application of superabsorbent polymeric materials may prevent yield reduction of some crops under drought stress conditions. To investigate the effect of adsorbent polymer consumption on yield and yield components of sunflower under drought stress conditions, an experiment was conducted as a split plot in a randomized complete block design with 3 replications in a farm located 20 km away from Sabzevar during 2013-2014. Factors were irrigation regimes (12-day and 24-day intervals) as main plot and different amount of super absorbent polymer (0, 30, 60, 90 and 120 kg ha⁻¹) as subplot. The results showed that plant height, number of seeds per head, percentage of empty seeds, 100-seed weight, economic yield and biological yield were significantly affected by irrigation intervals. Increasing the irrigation interval reduced plant height by 26.3%, number of seeds per head by 39.5%, 100-seed weight by 17.9%, economic yield by 31.2% and biological yield by 17.9%. The highest yield and yield components were obtained at application of 120 kg ha⁻¹ superabsorbent polymer and the lowest at control treatment. Although the yield response to the use of superabsorbent polymer was higher in the 12-day irrigation interval, use of superabsorbent polymer reduced the negative effects of drought stress. In 12-day irrigation interval, consumption of 120 kg ha⁻¹ absorbent polymer and in the 24-day irrigation interval, consumption of 30 kg ha⁻¹ absorbent polymer produced the maximum net income. In total, the highest grain yield and economic income were obtained at application of 120 kg ha⁻¹ superabsorbent and 12-day irrigation interval.

Keywords: Drought stress, Irrigation regime, Oil plants, Super absorbent polymer