"مجله علوم زراعی ایران"
جلد هفدهم، شماره ۲، تابستان ۱۳۹٤

اثر مصرف مواد بهبود دهنده خاکی و برگی بر عملکرد دانه و کارآیی مصرف آب آبیاری آفتابگردان (*Helianthus annuus* L.) در شرایط تنش کم‌آبی

Effect of improvers application on seed yield and irrigation water use efficiency of sunflower (*Helianthus annuus* L.) under water deficit stress conditions

مهرداد مرادی قهدریجانی[۱]،کمال سادات اسیلان[۲] وسیدعلی محمد مدرس ثانوی[۳]

چکیده

مرادی قهدریجانی، م.، ک. سادات اسیلان و س. ع. م. مدرس ثانوی. ۱۳۹٤. اثر مصرف مواد بهبود دهنده خاکی و برگی بر عملکرد دانه و کارآیی مصرف آب آبیاری آفتابگردان (*Helianthus annuus* L.) در شرایط تنش کم‌آبی. **مجله علوم زراعی ایران. ۱۷(۲): ۱۳۸ -۱۲۸.**

به منظور ارزیابی اثر تنش‌کم‌آبی بر صفات زراعی و کارآیی مصرف آب آبیاری گیاه آفتابگردان رقم هیبرید سینگل کراس آذرگل، آزمایشی در دو منطقه اصفهان و تهران در بهار سال ۱۳۹۱ اجرا شد. تیمارهای آزمایشی به صورت کرت‌های خرد شده فاکتوریل با سه تکرار شامل ۱- تنش کم‌آبی در سه سطح ٦۰، ۱۲۰ و ۱۸۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر کلاس A (در کرت اصلی) ۲- مصرف مواد بهبود دهنده خاک در سطوح شاهد (عدم مصرف)، زئولیت (٤/٥ تن در هکتار) و پلیمر سوپر جاذب (۱۰۰ کیلوگرم در هکتار) و ۳- محلول‌پاشی مواد بهبود دهنده‌گیاه در سطوح شاهد (عدم مصرف)، سیلیکات کلسیم (٤۰۰ میلی‌گرم در لیتر) و هگزاکونازول (دو گرم در لیتر) (بصورت فاکتوریل در کرت فرعی) بودند. نتایج نشان داد که تنش کم‌آبی به طور معنی‌داری موجب کاهش عملکرد دانه (٤٥ درصد) و روغن (۲۰ درصد)، عملکرد زیستی (۲۲ درصد)، تعداد دانه در طبق (۳۲ درصد) و وزن هزار دانه (۲۹ درصد) شد. تنش کم آبی در سطح ۱۸۰ میلی‌متر تبخیر موجب کاهش عملکرد روغن دانه آفتابگردان به میزان ٥۸ درصدشد، درصورتی که مصرف توأم پلیمر سوپر جاذب و سیلیکات کلسیم این کاهش را به ۱۹ درصدتقلیل داد. مصرف توأم هر دو ماده‌زئولیت و هگزاکونازول باعث بیشترین افزایش در کارآیی مصرف آب آبیاری گردید (۰/۰٥ کیلوگرم بر متر مکعب). نتایج این آزمایش نشان داد که هرچند هریک از تیمارهای بهبود دهنده به تنهایی به طورمعنی‌داری نسبت به شاهد (عدم مصرف مواد بهبود دهنده) از کاهش کارآیی مصرف آب آبیاری در شرایط تنش شدید جلوگیری کردند، ولی مصرف توأم این مواد در بهبود کارآیی مصرف آب آبیاری برتر بوده و باعث افزایش کارآیی مصرف آب به میزان ۲٥ تا ٥۹ درصد نسبت به شاهد شدند.

واژه‌های کلیدی: آفتابگردان، پلیمر سوپر جاذب، زئولیت، سیلیکات کلسیم و هگزاکونازول.

تاریخ دریافت:۱۳۹۳/۷/۲۰ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۴/۴/۳۱ این مقاله مستخرج از پایان نامه کارشناسی ارشد نگارنده اول می‌باشد

۱- دانش‌آموخته گروه زراعت، دانشگاه پیام نور، تهران، ایران
۲- استادیار گروه زراعت، دانشگاه پیام نور، صندوق پستی ۳٦۹۷-۱۹۳۹٥، تهران، ایران. عضو انجمن علوم زراعت و اصلاح نباتات ایران (مکاتبه کننده)
(پست الکترونیک : kamal.asilan@gmail.com)
۳- استاد دانشکده کشاورزی دانشگاه تربیت مدرس

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2025-12-29]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1394.17.2.3.7]

مقدمه

آفتابگردان (*Helianthus annuus* L.) یکی از مهم‌ترین گیاهان روغنی در ایران و جهان محسوب می‌شود. با توجه به نیاز کشور به تولید دانه‌های روغنی، تحقیق روی این گیاه و سایر گیاهان روغنی ضرورت دارد. آفتابگردان در مقایسه با سایر گیاهان روغنی سازگاری بهتری به شرایط کم‌آبی داشته که علت آن سیستم ریشه‌ای کارآمد و توسعه یافته (Vrânceanu, 2000)، تحمل بالای برگ‌ها به کم‌آبی و کرک‌های ساقه و برگ می‌باشد (Stefan*et al.*, 2008). آب مهم‌ترین عامل محدود کننده رشد گیاهان زراعی است (Farzad *et al.*, 2013; Tabatabaei *et al.*, 2012). تنش کم‌آبی یکی از تأثیرگذارترین عوامل محدود کننده رشد در گیاه آفتابگردان می‌باشد. نتایج سایر پژوهش‌ها نیزنشان داده است که عملکرد و اجزای عملکرد آفتابگردان با افزایش کم‌آبی کاهش می‌یابند (Gholinezhad *et al.*, 2009).

یکی از راه‌های مقابله و تطابق گیاه با تنش‌های محیطی ،استفاده از تنظیم‌کننده‌های رشدگیاهی است. یک گروه مهم از این ترکیبات تریازول‌ها هستند (Zhang *et al.*, 2006). این ترکیبات در دهه ۱۹۶۰ برای کنترل بیماری‌های قارچی در گیاهان و جانوران مورد استفاده قرار می‌گرفتند. تریازول‌ها به دلیل اثرات متنوع با عنوان محافظت‌کنندگان چندگانه‌نیز نامیده می‌شوند. هگزاکونازول، پروپیکونازول، تریادیمفون، پاکلوبوترازول و... از ترکیبات تریازول‌ها می‌باشند. این مواد با اثر بر صفات فیزیولوژیک و مورفولوژیک گیاهان، باعث القای مقاومت به انواع تنش‌های غیرزیستی می‌شوند. از تغییرات مورفولوژیک و آناتومیک گیاهی می‌توان به کاهش ارتفاع بوته، افزایش کوتیکول مومی، توسعه کلروپلاست و افزایش رشد ریشه اشاره کرد (Fletcher *et al.*, 2000). استفاده از عنصر سیلیس نیز برای افزایش تحمل گیاهان به تنش‌های محیطی توصیه شده است. سیلیس دومین عنصر فراوان در پوسته زمین است. فرم غالب سیلیس در خاک سیلیسیک اسید است که غلظت آن در محلول خاک در حدود ۰/۱ تا ۰/۶ میلی مولار است. اگر چه سیلیس به‌عنوان یک عنصر ضروری برای گیاهان محسوب نمی‌شود، اما مفید بودن آن برای رشد و تکامل گیاهان متعددی از جمله جو، برنج و نیشکر از خانوده غلات و جگنیان اثبات شده‌است (Epstein, 1994). مهم‌ترین اثر سیلیس افزایش تحمل گیاه به تنش‌های زیستی و غیر زیستی است. پژوهشگران با تحقیق روی ارقام مختلف آفتابگردان بیان داشتند که مصرف سیلیس باعث افزایش جذب عناصر پتاسیم، گوگرد، آهن و منیزیم شده و از کاهش جذب این عناصر در شرایط تنش کم‌آبی جلوگیری می‌کند (Gunes *et al.*, 2008). گزارش شده است که هیدروژل‌های پلیمری سوپرجاذب می‌توانند مقادیر متفاوتی از آب را در خود ذخیره نموده و قابلیّت نگهداری و ذخیره‌سازی آب (خصوصاً در شرایط دیم و تنش آبی) را در خاک افزایش دهند. آب ذخیره‌شده در مواقع کم‌آبی در خاک آزاد شده و مورد استفاده ریشه گیاه قرار می‌گیرد. این مواد می‌توانند ۱۰۰ تا ۳۵۰ برابر وزن خود آب جذب کنند (Rao *et al.*, 2012). نتایج تحقیقات نشان داده است که این مواد توانایی کاهش مقاومت خاک را در مقابل نفوذ آب سطحی داشته (Li *et al.*, 2011; Iino *et al.*, 2011) و باعث افزایش ظرفیت نگهداری آب خاک و حفاظت از مواد آلی می‌شوند (Goebel *et al.*, 2005). استفاده از زئولیت یکی دیگر از راه‌های جلوگیری از کاهش رطوبت خاک است. زئولیت، آلومینوسیلیکاتی با ساختار داربستی است که یون‌های بزرگ و مولکول‌های آب حفرات آن را اشغال کرده و در ساختار آن متحرک می‌باشند، به طوری که واکنش‌های تعویض یون و آبگیری آن‌ها، به صورت برگشت پذیر انجام می‌شود (Franz, 1983). زئولیت به‌عنوان یک افزودنی مفید

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2025-12-29]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1394.17.2.3.7]

خاک در حفظ مواد غذایی خاک، ذخیره آب و افزودن مواد غذایی میکرو به خاک نقش دارد (Ayan *et al*., 2005). افزودن زئولیت به خاک باعث افزایش نفوذپذیری از ۷ تا ۳۰ درصد در شیب‌های آرام و بیش از ۵۰ درصد در شیب‌های تند شده و باعث افزایش رطوبت از ۰/۴ تا ۱/۸ درصد در شرایط خشک و ۵ تا ۱۵ درصد در شرایط معمولی می‌گردد (Xiubin and Zhanbin, 2001).

برای تحمل تنش کم‌آبی، سازوکارهای تحمل مختلفی برای گیاهان زراعی پیشنهاد شده که مقایسه این روش‌ها و میزان اثرگذاری آن‌ها می‌تواند باعث جلوگیری از کاهش عملکرد گیاه در شرایط تنش در مناطق خشک و نیمه خشک کشور شود. محیط‌های متفاوت نیز تأثیرهای گوناگونی بر میزان خسارت تنش‌های محیطی بر عملکرد و اجزای عملکرد گیاه می‌گذارند،بنابراین به منظور شناخت بهتر و مقایسه این عوامل و ارزیابی استفاده همزمان این مواد در کاهش خسارات تنش کم‌آبی بر آفتابگردان، تحقیق حاضر به اجرا گذاشته شد.

مواد و روش‌ها

این پژوهش طی سال زراعی ۱۳۹۱ در دو مکان (تهران و اصفهان) اجرا گردید. مکان اول در دانشکده کشاورزی دانشگاه تربیت مدرس تهران و مکان دوم در زمین‌های کشاورزی، واقع در ۲۵ کیلومتری غرب اصفهان بود. مشخصات جغرافیایی وخاک هریک از مکان‌های آزمایش به تفکیک در جدول یک ارائه شده است. آزمایش به صورت کرت‌های خرد شده فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در دو منطقه به اجرا گذاشته شد. تیمارهای آزمایشی شامل ۱- تنش کم‌آبی در سه سطح؛ بدون تنش (S_1)، تنش متوسط (S_2) و تنش شدید (S_3) (به ترتیب ۶۰، ۱۲۰ و ۱۸۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر کلاس A) به عنوان فاکتور اصلی، ۲- مواد بهبود دهنده خاک در سطوح عدم مصرف (شاهد) (A_1)، زئولیت (۴/۵ تن در هکتار) (A_2) و پلیمر سوپر جاذب (۱۰۰ کیلوگرم در هکتار) (A_3) و ۳- مواد بهبود دهنده گیاه در سطوح عدم مصرف (شاهد) (F_1)، سیلیکات کلسیم (۴۰۰ میلی‌گرم در لیتر) (F_2) و هگزاکونازول (دو گرم در لیتر) (F_3) به عنوان فاکتور فرعی در دو مکان تهران (L_1) و اصفهان (L_2) بودند. عملیات تهیه زمین هر دو مکان از ابتدای بهار شروع گردید. طول هر کرت آزمایشی سه متر و عرض هرکرت ۱/۸ متر، فاصله خطوط کاشت ۶۰ و فاصله بوته‌ها روی خط کاشت ۲۰ سانتی‌متر در نظر گرفته شد. فواصل بین کرت‌های فرعی، بین کرت‌های اصلی و تکرارها به ترتیب یک، دو و سه متر درنظر گرفته شدند.

جدول ۱- مشخصات جغرافیایی و ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک و آب محل اجرای آزمایش

Table 1. Geographical and physicochemical characteristics of the soil and water in experiment locations

مکان Location	SR	pH_{water}	pH_{soil}	EC_{water} (dS.m^{-1})	EC_{soil} (dS.m^{-1})	Clay (%)	Silt (%)	Sand (%)
Tehran	7.6	6.6	6.7	1.44	1.68	9	20	71
Isfahan	9.6	6.9	6.8	2.56	2.79	38	46	16

	Cu (mg.kg^{-1})	Zn (mg.kg^{-1})	Fe (mg.kg^{-1})	K (mg.kg^{-1})	P (mg.kg^{-1})	OM (%)	N (%)
Tehran	0.72	0.9	7.1	360	41.6	1.28	0.102
Isfahan	0.41	0.5	4.1	271	19	0.81	0.145

	Temperature (°C) Min	Temperature (°C) Max	Rainfall (mm)	مختصات جغرافیایی Geographical coordinates		Height (m)
Tehran	11.2	22.7	213	35°44'29.48"N	51° 9'53.11"E	1276
Isfahan	5.7	26	140	32°34'46.49"N	51°24'33.50"E	1628

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2025-12-29]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1394.17.2.3.7]

جهت اعمال تیمارهای خاکی، پس از کرت‌بندی مقدار مورد نیاز از زئولیت و پلیمر سوپر جاذب برای هر کرت آزمایشی محاسبه و به صورت دستی با خاک مزرعه مخلوط گردید. زئولیت مورد استفاده از نوع پودری کلینوپتیلولیت بود. ویژگی‌های زئولیت مورد استفاده در جدول دو ارائه شده است. پلیمر سوپر جاذب نوع کلوفونی از شرکت تجاری مهرپادکیان تهیه شد. رقم آفتابگردان مورد استفاده هیبرید سینگل کراس آذرگل با طول دوره رشد رویشی ۹۷ روز، روغن ۴۸ درصد، قطر طبق ۱۵ تا ۲۰ سانتی‌متر و ارتفاع بوته ۱/۷ متر بود. کاشت به صورت کپه‌ا ی و در عمق ۴- ۳سانتی‌متری روی هر خط کاشت صورت گرفت. پس از کاشت بذر، آبیاری اولیه در هر دو منطقه انجام شد. از اولین آبیاری، میزان آب مصرفی برای هر کرت اصلی با استفاده از کنتور ثبت شد. پیش از شروع تنش کم‌آبی، آبیاری بر اساس تبخیر ۶۰ میلی‌متر از تشتک تبخیر در هر دو مکان انجام شد. ایجاد تنش رطوبتی پس ازشروع گلدهی تا رسیدگی فیزیولوژیک (از R5 تا R9) بر اساس کدبندی اشنایدر و میلر (Schniter and Miller., 1981) بر اساس افزایش فاصله آبیاری تا تبخیر از تشتک تبخیر کلاس A تا رسیدن به سطوح از قبل تعیین شده، اعمال گردید.

جدول ۲- میزان ترکیبات شیمیائی موجود در زئولیت (کلینوپتیلولیت) (درصد)

Table 2.Chemical composition of the zeolite (Clinoptilolite) (%)

CaO	MgO	Na_2O	K_2O	AL_2O_3	SiO_2
2.3	0.1	1.08	3	12.02	65
Cl	SO_3	P_2O_5	TiO_2	MnO	Fe_2O_3
-	-	0.01	0.03	0.04	1.5

CEC = 200 meq.100g^{-1}

در هریک از مراحل R1 و R2 تیمارهای محلول‌پاشی به‌طور کامل اجرا شد. محلول‌پاشی مواد بهبود دهنده‌پس از هر آبیاری در ابتدای صبح جهت تأثیر بهتر و اجتناب از تبخیر سریع انجام شد. جهت اندازه‌گیری عملکرد و اجزای عملکرد در هر کرت از دو ردیف میانی پس از حذف اثرات حاشیه‌ای (از طرفین یک ردیف و نیم متر از ابتدا وانتهای ردیف‌ها حذف شد)، تعداد ۱۰ بوته برداشت و تعداد دانه در طبق، وزن هزار دانه و عملکرد زیستی اندازه‌گیری شدند. عملکرد دانه پس از بوجاری و توزین، بر حسب کیلوگرم در هکتار بر اساس ۱۰ درصد رطوبت تعیین گردید. اندازه‌گیری میزان روغن دانه با استفاده از دستگاه سوکسله انجام شد. با تقسیم عملکرد دانه بر میزان آب مصرفی، کارایی مصرف آب آبیاری محاسبه شد.

تجزیه وتحلیل داده‌ها، با استفاده از نرم‌افزار SAS انجام شد. جهت ارزیابی یکنواختی واریانس‌های خطا در دو مکان، از آزمون بارتلت استفاده‌شد. برای مقایسه میانگین تیمارها از آزمونT به روشLS Means برای اثرات متقابل و آزمون چند دامنه‌ای دانکن برای اثرات ساده در سطح احتمال پنج درصد استفاده‌شد. نمودارها با استفاده از نرم‌افزار Excel رسم شدند.

نتایج و بحث

بر اساس نتایج آزمون بارتلت، کلیه صفات به غیر ازتعداد دانه در بوته و کارایی مصرف آب، دارای واریانس خطای همگون نبودند، بنابراین تجزیه واریانس و مقایسه میانگین‌ها به تفکیک مکان انجام شد. دو صفت ذکر شده دارای واریانس خطای همگون بودند، بنابراین تجزیه واریانس آن‌ها به صورت مرکب و مقایسه میانگین‌ها براساس میانگین دو مکان انجام شد.

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که در تهران تنها اثر

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2025-12-29]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1394.17.2.3.7]

محلول‌پاشی مواد بهبود دهنده بر وزن هزار دانه معنی‌دار بود، ولی در اصفهان اثر متقابل تنش کم‌آبی و مواد بهبود دهنده خاک و گیاه بر وزن هزار دانه معنی‌دار بودند. نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر متقابل تنش کم‌آبی، تیمارهای بهبوددهنده خاک و گیاه و مکان‌های آزمایشی بر تعداد دانه در بوته معنی‌دار بود.

محلول‌پاشی گیاه آفتابگردان با مواد بهبود دهنده موجب افزایش معنی‌دار وزن هزار دانه شد. در بین مواد بهبود دهنده اختلاف معنی‌داری وجود نداشت واین مواد در مجموع وزن هزار دانه را پنج تا شش گرم افزایش دادند (شکل ۱). در مکان دوم (اصفهان)، بیشترین وزن هزار دانه در تیمارهای $S_1A_1F_2$، $S_1A_2F_{2-3}$، $S_1A_3F_{1-2-3}$، $S_2A_1F_1$، $S_2A_2F_3$ و $S_3A_3F_2$ (بدون اختلاف معنی‌دار) مشاهده شد. استفاده از زئولیت در شرایط تنش متوسط و محلول‌پاشی سیلیکات کلسیم در شرایط تنش شدید، کارآمدترین تیمار در بین تیمارهای با کاربرد یک ماده بهبود دهنده جهت افزایش این صفت بودند (جدول۶). در این مکان در شرایط عدم تنش تیمارهای هگزاکونازول و پلیمر سوپر جاذب، نسبت به تیمار سوپر جاذب و سیلیکات کلسیم در شرایط تنش شدید، با اختلاف ۴۸۷ عدد، به ترتیب بیشترین و کمترین مقادیر وزن هزار دانه را داشتند. استفاده از مواد بهبود دهنده رشد در شرایط عدم تنش نیز باعث افزایش تعداد دانه در گیاه گردید، اگرچه با افزایش سطوح تنش از مقادیر این صفت کاسته شد (جدول ۴). تعداد دانه در گیاه و به ویژه وزن هزار دانه وابسته به طول دوره پر شدن دانه و سرعت فتوسنتز در مرحله پر شدن دانه است. کاهش رطوبت خاک در این مرحله می‌تواند سرعت فتوسنتز را کاهش داده و باعث کوتاه‌تر شدن طول دوره پر شدن دانه شود. محققان دیگری نیز گزارش کرده‌اند که قطع آبیاری حتی در اواخر مرحله گلدهی باعث کاهش ۳۰ تا ۴۰ درصدی وزن هزار دانه و تعداد دانه در طبق می‌شود (Tabatabaei *et al*., 2012). نتایج پژوهش‌ها نشان داد که استفاده از پلیمر سوپر جاذب با در اختیار گذاشتن رطوبت بیشتر برای گیاه می‌تواند باعث جلوگیری از کاهش طول دوره رشد گیاه شود (Nazarli *et al*., 2010).

بر اساس نتایج تجزیه واریانس، اثر متقابل تیمارهای تنش کم‌آبی، مواد بهبود دهنده خاک و گیاه (اثر متقابل سه جانبه) بر عملکرد زیستی و عملکرد دانه در هر دو منطقه معنی‌دار بود. همچنین اثر متقابل تمامی تیمارهای آزمایشی بر شاخص برداشت معنی‌دار گردید. بالاترین عملکرد زیستی در تهران، در شرایط بدون تنش، استفاده ازپلیمر سوپر جاذب و هگزاکونازول به دست آمد. بر خلاف تهران، در اصفهان بالاترین عملکرد زیستی در شرایط استفاده از زئولیت و محلول‌پاشی سیلیکات کلسیم در شرایط بدون تنش (S_1) به دست آمد. استفاده از زئولیت به عنوان تنها ماده بهبود دهنده، عملکرد زیستی بالاتری را نسبت به تیمار پلیمر سوپر جاذب درشرایط بدون تنش و تنش متوسط داشت. در شرایط تنش شدید، پلیمر سوپر جاذب باعث جلوگیری بیشتری از کاهش عملکرد زیستی نسبت به زئولیت در اصفهان گردید (جدول ۳). بالاترین عملکرد دانه در تهران در تیمارهای زئولیت و هگزاکونازول در شرایط آبیاری کامل به دست آمد. تنش کم‌آبی در سطوح متوسط و شدید به ترتیب باعث کاهش ۲۸ و ۴۰ درصدی عملکرد دانه در شرایط عدم استفاده از مواد بهبوددهنده شدند. در شرایط تنش متوسط، تیمار زئولیت و سیلیکات کلسیم بالاترین عملکرد را نسبت به سایر تیمارها در تهران دارا بودند. به نظر می‌رسد که این تیمار جهت جلوگیری از کاهش عملکرد در شرایط تنش کم‌آبی، مؤثرتر بود. بالاترین عملکرد دانه در اصفهان نیز در شرایط مصرف زئولیت و هگزاکونازول در شرایط آبیاری کامل به دست آمد. به نظر می‌رسد که استفاده از این تیمارها جهت افزایش عملکرد در شرایط آبیاری کامل مفید باشند. عملکرد دانه در تیمارهای پلیمرسوپر جاذب و سیلیکات کلسیم، در شرایط تنش شدید، کمترین خسارت را از تنش

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2025-12-29]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1394.17.2.3.7]

کم‌آبی دید.

تنش کم‌آبی در هر دو مکان، در شرایطی که هیچ ماده بهبوددهنده‌ای استفاده نشد، باعث کاهش ۱۷ تا ۳۴ درصدی شاخص برداشت گردید. بر اساس نتایج مقایسه میانگین‌ها، برخی از مواد بهبوددهنده باعث جلوگیری از کاهش شاخص برداشت در شرایط تنش شدید شدند (جدول ۵). مواد بهبوددهنده‌ی گیاه که در شرایط بدون تنش و تنش متوسط اثر معنی‌داری بر شاخص برداشت نداشتند، در شرایط تنش شدید موجب افت کمتر عملکرد دانه نسبت به عملکرد زیستی شدند که این موضوع باعث افزایش شاخص برداشت گردید. امینی‌فر و همکاران (Aminifar *et al.*, 2012) گزارش نمودند که تنش کم‌آبی باعث کاهش عملکرد زیستی ارقام سویا گردید. پژوهشگران دیگری نشان دادند که تنش شدید رطوبتی در مرحله گلدهی آفتابگردان باعث کاهش ۵۵ درصدی عملکرد زیستی می‌شود (Tabatabaei *et al.*, 2012). کمبود آب در دوره گلدهی و گرده افشانی، به علت اثرات سوء آن بر اعضای زایشی و افزایش تعداد دانه‌های پوک در طبق، باعث کاهش عملکرد دانه می‌شود (Khomri *et al.*, 2008). نتایج پژوهش‌ها نشان‌داده است که پلیمر سوپر جاذب با ذخیره آب می‌تواند موجب افزایش رطوبت در دسترس گیاه و کاهش خسارات تنش کم‌آبی شود (Nazarli *et al.*, 2011).

نتایج این آزمایش نشان داد که آفتابگردان در شرایط اقلیمی اصفهان بدون استفاده از مواد بهبود دهنده، عملکرد دانه بالاتری نسبت تهران داشت. به‌نظر می‌رسد که این تفاوت بیشتر به علت تفاوت بافت خاک دو منطقه بوده باشد (جدول۱)، ولی زمانی که از مواد بهبود دهنده خاک استفاده شد، عملکرد آفتابگردان در تهران بهبود بیشتری یافت.

بر اساس نتایج تجزیه واریانس هیچ کدام از تیمارهای آزمایشی اثر معنی‌داری بر میزان روغن دانه در تهران نداشتند، اگرچه تأثیر متقابل تیمارهای بهبوددهنده خاک و گیاه و اثر ساده تنش کم‌آبی بر عملکرد روغن در تهران معنی‌دار بود. اثر متقابل تیمارهای تنش کم‌آبی، مواد بهبود دهنده خاک و گیاه بر میزان روغن دانه و اثر متقابل سه جانبه تنش، مواد بهبود دهنده خاک و گیاه بر عملکرد روغن اصفهان معنی‌دار بودند. مقایسه‌ی میانگین‌ها نشان داد که میزان روغن دانه در اصفهان در تیمارهای $S_2A_2F_2$، $S_1A_2F_1$ و $S_1A_3F_2$، بدون اختلاف معنی‌دار با یکدیگر، بیشترین مقدار بود. میزان روغن دانه در تیمارهایی که زئولیت در آنها حضور داشت، بیش از پلیمر سوپر جاذب و شاهد بود. همچنین در بسیاری موارد سیلیکات کلسیم میزان روغن را بیشتر از هگزاکونازول نسبت به شاهد افزایش داد.

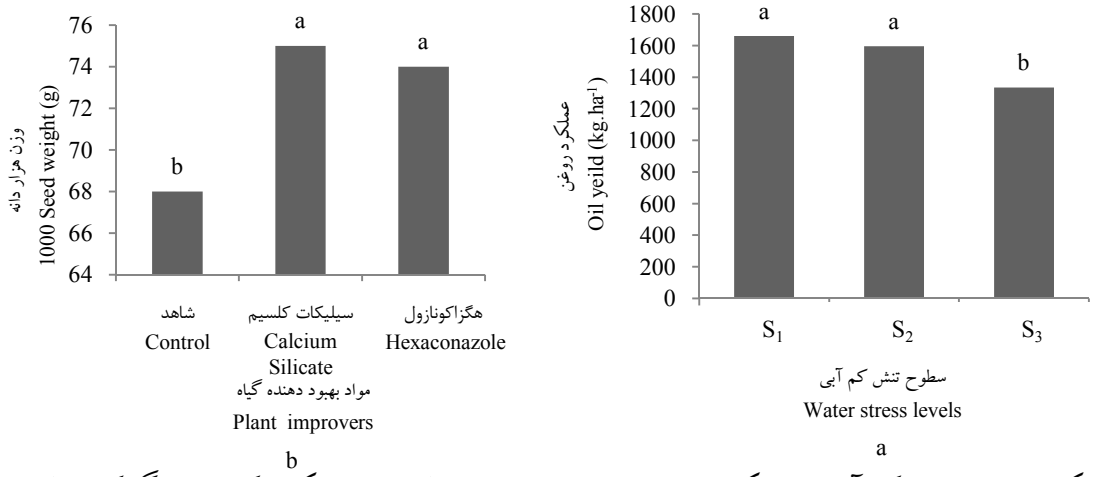
تیمارهای زئولیت و سیلیکات کلسیم بالاترین عملکرد روغن (۱۷۳۲ کیلوگرم درهکتار با اختلاف ۴۶۴ کیلوگرم نسبت به شاهد) و بدون اختلاف معنی‌داری با سایر مواد بهود دهنده به جز تیمار A_2F_3 دارا بود (شکل۲). تنش کم‌آبی باعث کاهش عملکرد روغن در تهران شد، ولی تنها تنش شدید موجب اختلاف معنی‌دار بین سطوح شد. تنش شدید باعث افت ۱۹ درصدی عملکرد روغن نسبت شرایط آبیاری کامل در تهران گردید (شکل ۱). استفاده از زئولیت در شرایط آبیاری کامل بیشترین عملکرد روغن را در مقایسه با سایر تیمارها داشت (جدول ۳). تیمار تبخیر ۱۸۰ میلی‌متر آب از تشتک تبخیر، بدون استفاده از مواد بهبود دهنده، باعث کمترین عملکرد روغن در اصفهان شد (۸۵۸ کیلوگرم در هکتار). کاربرد هریک از مواد بهبوددهنده موجب جلوگیری از کاهش عملکرد روغن در شرایط تنش شدید شد، البته تاثیر پلیمر سوپر جاذب در مقایسه با سایر مواد کمتر بود. در شرایط تنش متوسط، مصرف زئولیت بدون مواد بهبود دهنده گیاه و در شرایط تنش شدید، مصرف همزمان سیلیکات کلسیم به همراه پلیمر سوپر جاذب، بالاترین عملکرد روغن را در هر یک از شرایط آبیاری

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2025-12-29]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1394.17.2.3.7]

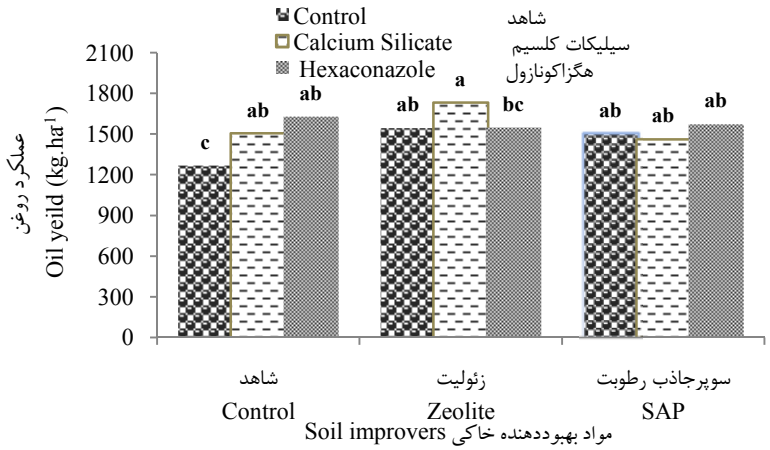
دارا بودند.

نتایج پژوهش‌ها نشان‌داده است که آبسزیک اسید تولید شده در برگ‌های گیاهان در شرایط تنش به بذور در حال تکوین منتقل شده و باعث کاهش میزان و عمکرد روغن می‌شود (Connor and Sadras, 1992). نتایج آزمایش طباطبایی و همکاران (Tabatabaei *et al*., 2012) نیز نشان داد که تنش کم‌آبی متوسط و شدید، موجب کاهش ۱۵ تا ۶۰ درصدی عملکرد روغن آفتابگردان گردید.



شکل ۱- a: اثر تنش کم آبی بر عملکرد روغن در تهران و b: اثر محلول پاشی سیلیکات کلسیم و هگزاکونازول بر وزن هزار دانه در تهران ($P\leq 0.05$). S_1، S_2 و S_3: سطوح تنش کم‌آبی به ترتیب ۶۰، ۱۲۰ و ۱۸۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر

Fig. 1. a: Effect of water deficit stress on oil yield in Tehran b: Effect of plant improvers on 1000 seed weight in Tehran ($P\leq 0.05$).S_1, S_2, S_3: water deficit stress at 60, 120, 180 mm evaporation form evaporation pan, respectively



شکل ۲- اثر متقابل تیمارهای بهبوددهنده خاک و گیاه بر عملکرد روغن در تهران

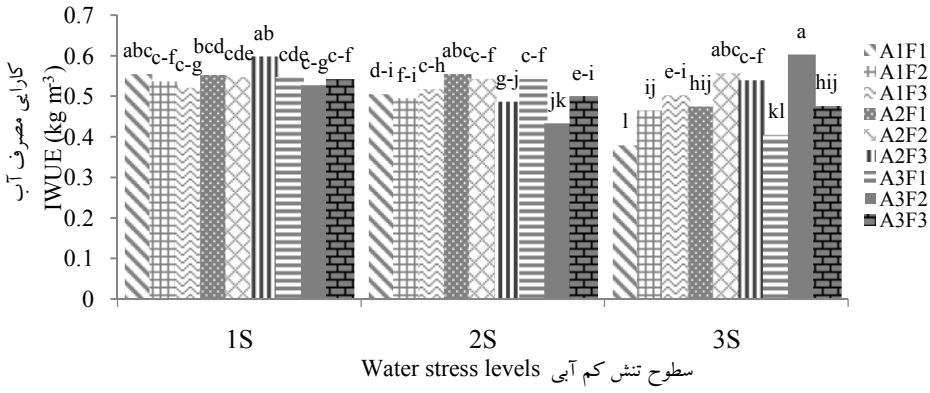
Fig. 2. Interaction effect of soil and plant improvers on oil yield in Tehran ($P\leq 0.05$).

تنش کم‌آبی اثر معنی‌داری بر کارایی مصرف آب آبیاری (IWUE) داشت (جدول ۵). شرایط تنش شدید کم‌آبی بدون استفاده از هیچ ماده بهبوددهنده باعث کاهش ۳۲ درصدی کارایی مصرف آب

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2025-12-29]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1394.17.2.3.7]

نسبت به آبیاری کامل گردید. تیمار آفتابگردان با سوپر جاذب رطوبت و سیلیکات کلسیم از کاهش کارایی مصرف آب در شرایط تنش شدید به طور کامل جلوگیری کرد. مصرف هگزاکونازول، بیشتر از سایر مواد بهبوددهنده بر کارایی مصرف آب تاثیر داشت. در شرایط تنش شدید، افزایش کارایی مصرف آب، زمانی که هردو ماده پلیمر سوپر جاذب و سیلیکات کلسیم مصرف شدند، بسیار بیشتر از زمانی بود که هریک از مواد جداگانه مصرف شدند (شکل ۳). پژوهشگران گزارش کردند که سیلیس با افزایش کرک‌های سطحی گیاه، دمای برگ را در روزهای گرم پایین‌تر نگاه داشته و علاوه بر کاهش مصرف آبی که برای خنک شدن برگ مصرف می‌شود، موجب کاهش خسارت گرما به سیستم‌های فتوسنتزی در شرایط تنش خواهد شد (Liang *et al*., 2006). نتایج پژوهش‌ها نشان داده است که کاربرد پلیمر سوپر جاذب از طریق آزاد کردن تدریجی آب باعث افزایش کارایی مصرف آب در آفتابگردان تا زمان آبیاری بعدی می‌گردد (Nazarli *et al*., 2010). بر اساس نتایج پژوهش‌های انجام شده، استفاده از ترکیب اپوکسیکونازول در شرایط عدم تنش باعث کاهش (غیر معنی‌دار) کارایی مصرف آب فتوسنتزی شده، ولی در شرایط تنش شدید کم‌آبی، باعث حفظ کارایی مصرف آب فتوسنتزی (بالاتر از شاهد) تا هفت روز می‌شود (Nason *et al*., 2007).



شکل ۳–اثر تیمارهای بهبوددهنده بر کارایی مصرف آب آبیاری آفتابگردان در شرایط کم‌آبی

S_1، S_2 و S_3: سطوح تنش کم‌آبی به ترتیب ۶۰، ۱۲۰ و ۱۸۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر. A_1، A_2و A_3: مواد بهبود دهنده خاک به ترتیب: شاهد، زئولیت و پلیمر سوپر جاذب. F_1، F_2 و F_3: مواد بهبود دهنده گیاه به ترتیب: شاهد، سیلیکات کلسیم و هگزاکونازول

Fig. 3. Effect of improver treatments on Irrigation Water Use Efficiency (IWUE) in sunflower in water deficit conditions. S_1, S_2, S_3: Water deficit stress at 60, 120, 180 mm evaporation form evaporation pan, respectively. A_1, A_2, A_3: Soil improvers application at Control, zeolite and super absorbant. F_1, F_2, F_3: Foliar application of plant improvers at Control, Calcium silicate and Hexaconazole

نتیجه‌گیری

نتایج این آزمایش نشان داد که تنش کم‌آبی بر تمامی صفات گیاهی مورد مطالعه اثر منفی داشت. تنش شدید کم آبی باعث کاهش ۵۸ درصد عملکرد روغن آفتابگردان شد، درصورتی که در تیمارهای پلیمر سوپر جاذب و سیلیکات کلسیم این مقدار به ۱۹ رسید. تیمار

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2025-12-29]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1394.17.2.3.7]

جدول ۳- مقایسه میانگین صفات گیاهی آفتابگردان در اثر متقابل تیمارهای تنش کم‌آبی و مواد بهبود دهنده خاک و گیاه

Table 3. Mean comparison ofplant characteristics of sunflower in water deficit, soil and plant improver treatments

S	A	F	عملکرد زیستی Biological yield ($kg.ha^{-1}$)		عملکرد دانه Seed yield ($kg.ha^{-1}$)		میزان روغن Oil content (%)	عملکرد روغن Oil yield ($kg.ha^{-1}$)	وزن ۱۰۰۰ دانه 1000 Seed weight (g)
			تهران Tehran	اصفهان Isfahan	تهران Tehran	اصفهان Isfahan	اصفهان Isfahan	اصفهان Isfahan	اصفهان Isfahan
		F_1	11710 h	12.20 d	4298 cde	4735 ab	32.7 kj	1551 def	58.2 e-h
	A_1	F_2	11840 g	12.37 c	4521 abc	4265 cde	40.9 b-f	1750 bcd	71.0 abc
		F_3	11690 i	12.28 cd	4273 cde	4277 cde	38.3 d-i	1638 cde	65.5 b-g
		F_1	12680 c	12.80 b	4389 abc	4608 abc	43.9 ab	2023 a	65.2 b-g
S_1	A_2	F_2	12690 b	12.91 a	4516 abc	4442 a-d	41.1 b-f	1826 abc	68.6 a-e
		F_3	12170 e	12.76 b	4950 a	4838 a	39.3 c-h	1904 ab	75.8 ab
		F_1	12570 d	12.25 d	4606 ab	4126 de	38.5 d-h	1590 def	69.6 a-d
	A_3	F_2	11950 f	12.78 b	4222 cde	4355 b-e	43.9 ab	1911 ab	74.0 ab
		F_3	12870 a	12.83 ab	4549 abc	4333 b-e	35.9 hij	1552 def	70.2 a-d
		F_1	10330 r	11.94 e	3176 ijk	3014 jkl	38.5 d-h	1614 def	73.4 ab
	A_1	F_2	10900 n	11.38 h	4033 c-g	3282 g-j	35.4 h-k	1176 ijk	51.4 ij
		F_3	10760 q	11.84 f	3913 d-h	3686 fg	40.2 b-g	1483 efg	57.8 hij
		F_1	11200 k	11.67 g	4169 cde	3993 ef	43.2 abc	1725 bcd	61.2 e-h
S_2	A_2	F_2	11330 j	11.83 f	4530 abc	3481 ghi	46.4 a	1616 def	57.0 c-h
		F_3	11180 l	11.75 fg	3476 f-j	3524 gh	40.2 b-g	1416 fgh	79.4 a
		F_1	10870 o	11.32 h	4324 cd	3638 fg	36.6 g-j	1332 ghi	59.5 e-h
	A_3	F_2	10990 m	11.22 i	3363 hij	4197 cde	34 ijk	1029 j-n	66.8 b-g
		F_3	10850 p	11.40 h	4142 c-f	3330 g-j	36.9 hij	1223 hij	66.9 b-g
		F_1	9140 a_2	9.38 n	2567 l	2372 m	36.2 g-j	858 m	41.4 jk
	A_1	F_2	9800 x	9.39 n	2976 jkl	3071 ijk	32.7 jk	1004 klm	57.4 e-h
		F_3	10220 s	9.42 n	3182 ijk	3390 g-j	31.4 k	1059 j-m	37.8 k
		F_1	10080 u	9.57 m	3454 hij	2737 klm	37.3 d-i	1018 j-m	45.3 ijk
S_3	A_2	F_2	10040 w	9.58 m	3716 e-i	3510 gh	41.4 b-d	1451 efg	56.6 ghi
		F_3	10070 v	9.64 ml	3449 hij	3566 g	39.5 c-h	1407 fgh	55.8 ghi
		F_1	9550 y	9.69 m	2661 kl	2605 lm	36 g-j	937 lm	52.3 hij
	A_3	F_2	10090 t	9.81 k	3811 d-h	4014 ef	41.2 b-e	1655 cde	78.7 a-f
		F_3	9510 z	9.94 j	3076 jkl	3117 ijk	37 f-j	1147 i-l	61.9 c-h

در هر ستون میانگین‌هایی که دارای حروف مشترک هستند، بر اساس آزمون T در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌داری ندارند

Means in each column followed by similar letter(s) are not significantly different at 5% probability level, using T test

S_1، S_2 و S_3: سطوح تنش کم‌آبی به ترتیب: ۶۰، ۱۲۰ و ۱۸۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر. A_1، A_2 و A_3: مواد بهبود دهنده خاک به ترتیب: شاهد، زئولیت و پلیمر سوپر جاذب. F_1 ، F_2 و F_3: مواد بهبود دهنده گیاه به ترتیب: شاهد، سیلیکات کلسیم و هگزاکونازول

S_1, S_2, S_3: water deficit stress at 60, 120, 180 mm evaporation form pot, respectively. F_1, F_2, F_3: Foliar application at control, Calcium silicate, Hexaconazole. A_1, A_2, A_3: Soil improves application at control, zeolite, super absorbance

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2025-12-29]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1394.17.2.3.7]

جدول ۴ - اثر تیمارهای بهبوددهنده خاک و گیاه در شرایط تنش کم‌آبی بر تعداد دانه در بوته آفتابگردان

Table 4. Effect of soil and plant improver treatments in water deficit condition on number of grain per plant in sunflower

			Tehran			Isfahan		
			شاهد Control	سیلیکات کلسیم Calcium silicate	هگزاکونازول Hexaconazole	شاهد Control	سیلیکات کلسیم Calcium silicate	هگزاکونازول Hexaconazole
S_1	Control	شاهد	1128 a-e	1185 ab	1124 a-e	1141 a-d	1142 abc	985 e-n
	Zeolite	زئولیت	857k-t	907 i-r	987 e-o	909 i-r	953 g-q	964 f-p
	SAP	پلی مر	1009 c-k	951 g-q	996 c-l	813 p-t	871 j-s	1202 a
S_2	Contro	شاهد	782 r-t	807 q-t	1007 c-l	835 m-t	866 j-t	962 f-q
	Zeolite	زئولیت	989 c-m	1080 a-g	848 l-t	857 k-t	1111 a-f	961 f-q
	SAP	پلی مر	1032 b-i	892 i-s	958 f-q	961 f-q	868 j-t	1016 c-j
S_3	Control	شاهد	756 r-t	748 st	867 j-t	785 r-t	870 j-s	987 d-n
	Zeolite	زئولیت	1018 c-j	1065 a-h	911 h-r	998 c-l	963 f-p	910 i-r
	SAP	پلی مر	833 n-t	1027 c-i	827 o-t	828 o-t	715 t	813 p-t

در جدول میانگین‌هایی که دارای حروف مشترک هستند، بر اساس آزمونTدر سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌داری ندارند

Means in table followed by similar letter(s) are not significantly different at 5% probability level, using T test

S_1، S_2 و S_3: سطوح تنش کم‌آبی به ترتیب ۶۰، ۱۲۰ و ۱۸۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر

S_1, S_2, S_3: water deficit stress at 60, 120, 180 evaporation form evaporation pan, respectively

جدول ۵- اثر تیمارهای بهبوددهنده خاک و گیاه در شرایط تنش کم‌آبی برشاخص برداشت آفتابگردان

Table 5. Effect of soil and plant improver treatments in water deficit condition on harvest index in sunflower

			Tehran			Isfahan		
			شاهد Control	سیلیکات کلسیم Calcium silicate	هگزاکونازول Hexaconazole	شاهد Control	سیلیکات کلسیم Calcium silicate	هگزاکونازول Hexaconazole
S_1	Control	شاهد	37 a-f	38 a-d	36.7 a-g	38.7 abc	34.3 c-l	35 c-k
	Zeolite	زئولیت	34.3 c-l	35.6 b-i	41 a	36 b-h	34.3 c-l	38 a-d
	SAP	پلی مر	38.7 abc	35.3 b-j	35.3 b-j	33.7 d-n	34 c-m	33.7 d-n
S_2	Control	شاهد	30.7 j-p	36.7 a-g	36.7 a-g	25.3 q	29 n-q	31.3 h-p
	Zeolite	زئولیت	37.3 a-e	40 ab	31 i-p	34 c-m	29.3 m-q	30l-q
	SAP	پلی مر	40 ab	30.7 j-p	37.7 a-d	32 g-o	37.4 a-e	29.3 m-q
S3	Control	شاهد	28 opq	30.3 k-p	31 i-p	25.3 q	32.6 e-o	36 b-h
	Zeolite	زئولیت	34 c-m	37 a-f	34.3 c-l	28.7 opq	36.7 a-g	37 a-f
	SAP	پلی مر	28 opq	37.7 a-d	32.3 f-o	27 pq	41 a	31.3 h-p

در جدول میانگین‌هایی که دارای حروف مشترک هستند، بر اساس آزمونTدر سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌داری ندارند

Means in table followed by similar letter(s) are not significantly different at 5% probability level, using T test

S_1، S_2 و S_3: سطوح تنش کم‌آبی به ترتیب ۶۰، ۱۲۰ و ۱۸۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر

S_1, S_2, S_3: water deficit stress at 60, 120, 180 evaporation form evaporation pan, respectively

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2025-12-29]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1394.17.2.3.7]

زئولیت در تمامی شرایط موجب افزایش میزان روغن دانه آفتابگردان شد.مصرف زئولیت و هگزاکونازول موجب افزایش بیشتری (۸ درصد) در کارایی مصرف آب آفتابگردان نسبت به عدم کاربرد مواد بهبوددهنده در شرایط آبیاری کامل گردید، البته در شرایط تنش شدید تیمار پلیمر سوپر جاذب و سیلیکات کلسیم با افزایش ۵۹ درصدی کارآیی مصرف آب برتر بودند. باتوجه به اینکه زمان مصرف مواد بهبود دهنده خاک قبل کاشت می باشد، به‌نظر می‌رسد که در صورت احتمال وقوع تنش کم‌آبی در اواخر فصل رشد، کاربرد این مواد می‌تواند خسارت را کاهش داده و در صورت وقوع تنش، ضمن وجود این مواد در خاک، محلول‌پاشی مواد بهبود دهنده گیاه می‌تواند خسارت را به حداقل برساند.

References منابع مورد استفاده

Aminifar, J., Gh. Mohsenabadi,Mh. Biglouei and H. Samiezadeh. 2012. Effect of deficit irrigation on yield, yield components and phenology of soybean cultivars in Rasht region. Int. J. Agric. Sci. 2(2): 185-191.

Ayan, S., Z. Yahyaoglu,V. Gercek and A. Sahin. 2008. Utilization of zeolite as asubstrate for containerised oriental spruce (*Picea orientalis* L.) seedlingspropagation. Acta.Hort. (ISHS). 779: 583-590.

Connor, D. J. and V.O. Sadras. 1992. Physiology of yield expression in sunflower. FieldCrops Res. 30: 333–389.

Epstein, E. 1994. The anomaly of silicon in plant biology. Proc. Natl. Acad. Sci. USA. 91(1): 11-17.

Schniter, A. A. and J.F. Miller. 1981. Description of sunflower growth stage. Crop Sci.21: 901-903

Farzad, B.A., T. Mahmoud, N. Majid andS. Mohamad-Reza. 2013. Effect of drought stress on yield and yield components of some sunflower recombinant inbred lines. Int. J. Biosci.3(3): 50-56.

Fletcher, R.A., G.N. Sankhla and T. Davis. 2000. Triazoles as plant growth regulators and stressprotectants. Hort. Rev. 24:55-122.

Franz, C. H. 1983. Nutrient and water management for medicinal and aromatic plants.Acta. Hort. 132: 203–215.

Gholinezhad E., A. Aynaband and A. Hassanzade. 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. Not. Bot. Hort. Agrobot. Cluj. 37 (2): 85-94.

Goebel. M.O., J. Bachmann,SK. Woche andW.R. Fischer. 2005. Soil wettability, aggregate stability, and the decomposition of soil organic matter. Geoderma. 128:80–93.

Gunes.A., Y.K. Kadioglu, D.J. Pilbeam, A. Inal, S. Coban and A. Aksu. 2008. Influence of silicon on sunflower cultivars under drought stress, II: Essential and nonessential element uptake determined by polarized energy dispersive X-ray fluorescence. Commun.Soil. Sci. Plan. 39: 1904-1927.

Iino.K., L. Lozonschiand A. Metzner. 2011. Tricuspid valved stent implantation: novel stent with a self-expandable super-absorbent polymer. Eur. J. Cardio.Thorac. 40(2):503–507.

Khomri.S.,K. Ghasemi Golezani, H. Aliari, S. Zehtab Salmasi and A. Dabbagh Mohammadi Nasab. 2008. Effect of irrigation disruption on phenology and grain yield of three sunflower *(Helianthus annuss* L.)

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2025-12-29]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1394.17.2.3.7]

cultivar in Tabriz. J. Agric. Sci. Natur. Resour. 14(6): 72-80. (In Persian with English abstract).

Li. Z.P., B.H. Liu andF.F. Liu. 2011. A composite of borohydride and superabsorbent polymer for hydrogen generation. J. Power. Sour. 196(8):3863–3867.

Liang, Y.C., W.H. Zhang, Q. Chen, Y.L. Liu and R.X. Ding. 2006. Effect of exogenous silicon (Si) on Hþ-ATPase activity, phospholipids and fluidity of plasma membrane in leaves of salt-stressed barley (*Hordeum vulgare* L.).Environ. Exp. Bot. 57: 212-219.

Nazarli, H., M.R. Zardoshti,R. Darvishzadeh andM. Mohamadi. 2011. Change in activity of antioxidative enzymes in young leaves of sunflower *(Helianthus annuus* L.) by application of super absorbent synthetic polymers under drought stress condition. Aust. J.Crop.Sci. 5(11):1334-1338.

Nazarli, H., M.R. Zardoshti, R. Darvishzadeh andS. Najafi.2010. The effect of water stress and polymer on water use efficiency, yield and several morphological traits of sunflower under greenhouse condition. Not. Sci. Biol. 2(4):1-6.

Nason, M., A., J. Farrar and D. Bartlett. 2007. Strobilurin fungicides induce changes in photosynthetic gas exchange that do not improve water use efficiency of plants grown under conditions of water stress.Pest.Manag. Sci. 63:1191–1200.

Rao, K., Venkata, S. Mohapatra and T.K. Maji. 2012. Guest-responsive reversible swelling and enhanced fluorescence in a super-absorbent, dynamic microporous polymer. Chem-Eur. J. 18(15):4505–4509.

Stefan, V., V. Ion, N. Ion, M. Dumbravă andV. Vlad. 2008. Floarea-soarelui (Sunflower). 3th Ed. ALPHA MDN, Buzău.(Spanish with English summary).

Tabatabaei, S.A., V. Rafiee, E. Shakeri and M. Salmani.2012. Responses of sunflower (*Helianthus annuus* L) to deficit irrigation at different growth stages. Int. J. Agric. 2(5): 624-629.

Vrânceanu, A.V. 2000. Floarea-soarelui hibridă (Hybrid Sunflower).2nd Ed. Ceres, Bucharest.(Spanish with English summary).

Xiubin, H. and H. Zhanbin. 2001. Zeolite application for enhancing water infiltration and retention in loess soil.Resourc.Conserv.Recy.34: 45-52.

Zhang, M., l. Duan, X. Tian, Z.He, J. Li, B. Wangand Z. Li. 2006. Uniconazole-induced tolerance of soybean to water deficit stress in relation to changes in photosynthesis, hormones and antioxidant system. J. Plan. Physiol. 164: 709-717.

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2025-12-29]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1394.17.2.3.7]

Effect of improvers application on seed yield and irrigation water use efficiency of sunflower (*Helianthus annuus* L.) under water deficit stress conditions

Moradi Ghahderijani, M.[1], K. Sadat Asilan[2] and S.A.M. Modarres Sanavy[3]

ABSTRACT

Moradi Ghahderijani, M., K. Sadat Asilan and S.A.M. Modarres Sanavy. 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).**

To evaluate the effect of improvers and water deficit on seed yield and irrigation water use efficiency of sunflower (*Helianthus annuus* L.), a field experiment was conducted as split-factorial in randomized complete block design with three replications in Isfahan and Tehran, Iran, during the 2012 growing season. Experimental treatments were 1- water stress at three levels; 60, 120 and 180 mm evaporation form class A pan were assigned to main plots, 2- soil improvers at three levels; control (no application), zeolite (4.5 $t.ha^{-1}$) and super absorbent polymer (100 $kg.ha^{-1}$) and 3- plant improvers at theree levels; control (zero), calcium silicate (400 $mg.l^{-1}$) and Hexaconazole (2 $g.l^{-1}$) as factorial were randomized in sub-plots. Water deficit significantly decreased seed yield (45%) and oil yield (20%), biological yield (22%), seed number per plant (32%) and 1000 seed weight (29%). Application of zeolite and hexaconazole led to higher seed yield. Water deficit at 180 mm level reduced the oil yield by 58%. Application of super absorbent polymer and calcium silicate reduced the effect of water deficit stress by 19%. Application of zeolites and hexaconazole had the highest irrigation water use efficiency (IWUE). IWUE increased with application of combination of soil and plant improverby 25% to 59%.

Key words: Calcium Silicate, Hexaconazole, Sunflower, Super absorbent polymer and Zeolite.

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2025-12-29]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1394.17.2.3.7]

Received: October, 2014 Accepted: July, 2015

1- Graduted MSc, Department of Agronomy, Payame-Noor University, Tehran, Iran
2- Assitant Prof, Department of Agronomy, Payame Noor University, Tehran, Iran
(Corresponding author) (Email: kamal.asilan@gmail.com)
3- Professor, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran