به‌زراعی کشاورزی
دوره ۱۹ ■ شماره ۲ ■ تابستان ۱۳۹۶
صفحه‌های ۵۴۲-۵۳۱

برهمکنش کیتوزان و زئولیت بر عملکرد و اجزای عملکرد گلرنگ تحت تنش کم‌آبی

قدرت‌علی طلایی[۱]، یونس شرقی[۲]، حسین زاهدی[۲]، سید علی محمد مدرس ثانوی[۳]*، سید علی علوی اصل[۴]

۱. ۱. دانش‌آموخته کارشناسی ارشد، گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد اسلامشهر، اسلامشهر، ایران
۲. استادیار، گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد اسلامشهر، اسلامشهر، ایران
۳. استاد، گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران
۴. دانش‌آموخته کارشناسی ارشد، گروه علوم کشاورزی، دانشگاه پیام نور البرز، کرج، ایران

تاریخ وصول مقاله: ۱۳۹۴/۰۹/۰۹ تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۴/۱۰/۲۹

چکیده

جهت کنترل خسارت‌های تنش کم‌آبی بر گیاه زراعی گلرنگ به وسیله‌ی زئولیت و کیتوزان آزمایشی در مزرعه‌ی تحقیقاتی دانشکده‌ی کشاورزی دانشگاه تربیت مدرس در سال ۹۲ به‌صورت اسپلیت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار اجرا شد. تیمارها شامل تنش کم‌آبی {بدون تنش (آبیاری پس از ۵۰ درصد)، تنش متوسط (آبیاری پس از ۶۵ درصد) و تنش شدید (آبیاری پس از ۸۰ درصد) تخلیه‌ی رطوبت قابل دسترس}، زئولیت (عدم مصرف و ۴/۵ تن در هکتار) و محلول‌پاشی (بدون محلول‌پاشی، آب‌مقطر، اسید استیک ۱ درصد،کیتوزان ۰/۰۵ درصد و کیتوزان ۰/۵ درصد) بودند.نتایج نشان داد تنش شدید عملکرد دانه را به‌نصف مقدار حداکثر نسبت به شاهد کاهش داد ولی با کاربرد زئولیت و کیتوزان ۰/۰۵ این مقداربه ۱۹ درصد تقلیل یافت. در شرایط عدم کاربرد زئولیت و تنش شدید، محلول‌پاشی کیتوزان ۰/۵ درصد، عملکرد روغن را حدود ۶۳ درصد نسبت به‌شاهد افزایش داد. عدم کاربرد زئولیت و کیتوزان ۰/۵، بیشترین تعداد طبق در مترمربع را نشان داد که نسبت به‌کاربرد زئولیت و عدم محلول‌پاشی، ۲۶ درصد بیشتر بود. لذا در شرایط کاربرد زئولیت و کیتوزان خسارات ناشی از تنش کم‌آبی بر گلرنگ کاهش یافته و رشد و عملکرد این گیاه افزایش خواهد یافت.

کلیدواژه‌ها: بذر، روغن، سطح برگ، عملکرد زیستی، وزن برگ.

* نویسنده مسئول
Email: modaresa@modares.ac.ir

Archive of SID
www.SID.ir

۱. مقدمه

گلرنگ یکی از مهم‌ترین گیاهان روغنی در سامانه‌های کشاورزی نواحی خشک و نیمه‌خشک است و ایران به‌عنوان یکی از مراکز اصلی گونه‌های زراعی از جمله گلرنگ شناخته شده است[۱]. بدیهی است گلرنگ با خصوصیات و ویژگی‌های مطلوب زراعی مانند مقاوت نسبی به‌شوری خاک و خشکی هوا، مقاومت بالا به سرمای زمستانه (تیپ پاییزه)، دارا بودن روغن مطلوب با بیش از ۹۰ درصد اسیدهای چرب غیر اشباع به‌ویژه اسید لینولئیک، همواره به‌عنوان یک دانه‌ی روغنی با ارزش مطرح بوده است [۲۱]. کشت این گیاه روغنی اخیراً در کشور افزایش یافته و در راستای آن انجام تحقیقات روی این گیاه روغنی برای دستیابی به‌تولید بالا با کیفیت مطلوب حائز اهمیت است [۱]. بخش اعظم اراضی کشور ایران جزء مناطق خشک و نیمه‌خشک طبقه‌بندی می‌شوند و با توجه به این- که تنش خشکی شایع‌ترین تنش غیرزنده می‌باشد، بررسی راهکارهایی مناسب جهت برخورد با این موضوع برای کشاورزان اهمیتی اساسی دارد. یکی از این روش‌ها که اخیراً توجه محققان به‌آن جلب شده است استفاده از بیوپلیمر کیتوزان برای بهبود رشد گیاهان زراعی و افزایش تولید آن‌ها می‌باشد.

کیتین که یکی از فراوانترین پلی‌ساکاریدهای موجود در طبیعت می‌باشد، زنجیره‌ای پلیمری[۱] است که کاربردهای متعدد صنعتی، دارویی و کشاورزی برای آن گزارش شده است [۹]. کیتوزان یک پلی‌ساکارید گلوکوزامین است که از مشتقات کیتین می‌باشد. معمولاً کیتوزان به‌کیتینی که بیش از ۵۰ درصد گروه‌های استیل آن حذف شده باشد اطلاق می‌گردد [۱۶]. در گیاه ژربرا (*Gerbera jamesonii*) کیتوزان به‌طور معنی‌داری مقدار متوسط ارتفاع ساقه‌ی گل‌دهنده، تعداد برگ‌ها، طول و سطح برگ و تعداد گل در بوته را افزایش داد [۲۰]. این ماده همچنین رشد گیاهان مختلف از قبیل جوانه‌های سویا را تحریک می‌نماید [۱۴]. محلول‌پاشی گیاهان برنج با کیتوزان قبل از تنش کم‌آبی خسارت تنش خشکی در این گیاه را کاهش داد که علت آن می‌تواند تولید متابولیت‌های ثانویه توسط گیاه برنج باشد که سبب بسته شدن روزنه‌های گیاه و کاهش تعرق آن می‌شود [۱۰].

استفاده از زئولیت یکی 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؛ به‌طوری‌که واکنش‌های تعویض یون و آب‌گیری آن‌ها، به‌صورت برگشت‌پذیر انجام می‌شود [۸]. افزودن زئولیت به‌خاک باعث افزایش نفوذپذیری از ۷ تا ۳۰ درصد در شیب‌های آرام و بیش از ۵۰ درصد در شیب‌های تند می‌شود و باعث افزایش رطوبت از ۴/. تا ۱/۸ درصد در شرایط خشک و ۵ تا ۱۵ درصد در شرایط معمولی می‌گردد [۲۲]. کاربرد زئولیت باعث کاهش تبخیر آب در خاک‌های شنی و افزایش وزن خاک می‌شود [۱۵]. گزارش شده است قرار دادن جو (*Hordeum vulgare* L.) در بستر شن و ماسه به‌همراه زئولیت باعث بهبود رشد و استقرار گیاه و افزایش قدرت نگهداری آب در بستر می‌شود [۷].

با توجه به بحران کمبود و افزایش تنش کم‌آبی آخر فصل و نیاز کشور به تولید گیاهان روغنی برای کاهش واردات روغن نباتی از خارج و اهمیت بالای گیاه زراعی گلرنگ که بومی کشور بوده و در بیشتر مناطق سازگاری

۱. N– استیل گلوکوزامین

Archive of SID
www.SID.ir

خوبی با محیط نشان می‌دهد، بررسی اثر متقابل موادی که به کنترل شرایط تنش و افزایش جذب عناصر غذایی از خاک کمک می‌کنند، در افزایش عملکرد روغن گیاهان روغنی بخصوص گلرنگ ضروری به‌نظر می‌رسد. با توجه به اینکه پیش از این اثر متقابل کیتوزان و زئولیت با مقادیر مختلف بر صفات مورد بررسی در این آزمایش بررسی نشده‌اند، هدف از انجام پژوهش حاضر، افزایش عملکرد و اجزای عملکرد این گیاه زراعی در شرایط تنش کم‌آبی می‌باشد.

مواد و روش‌ها

آزمایش در مزرعه‌ی تحقیقاتی دانشکده‌ی کشاورزی دانشگاه تربیت مدرس واقع در کیلومتر ۱۷ آزادراه تهران کرج با طول جغرافیایی ۵۱ درجه و۴۳ دقیقه‌ی شرقی و عرض جغرافیایی ۳۵ درجه و ۸ دقیقه‌ی شمالی اجرا شد. ارتفاع منطقه از سطح دریا ۱۲۱۵ متر و رژیم آب و هوایی نیمه‌خشک و معتدل و آزمایش به‌صورت اسپلیت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار در سال ۱۳۹۲ به‌انجام رسید. تیمارهای آزمایش شامل تنش کم‌آبی در سه سطح {بدون تنش (آبیاری پس از ۵۰ درصد تخلیه‌ی رطوبتی قابل دسترس)، تنش متوسط (آبیاری پس از ۶۵ درصد تخلیه‌ی رطوبتی قابل دسترس) و تنش شدید (آبیاری پس از ۸۵ درصد تخلیه‌ی رطوبتی قابل دسترس)}، کاربرد زئولیت {عدم کاربرد و کاربرد ۴/۵ تن در هکتار} و محلول‌پاشی {عدم محلول‌پاشی، آب‌مقطر، اسید استیک ۱ درصد، کیتوزان ۰/۰۵ درصد و کیتوزان ۰/۵ درصد} بود.

برای تعیین خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه، نمونه‌برداری از عمق ۳۰ سانتی‌متر صورت گرفت (جدول ۱). با توجه به نتیجه‌ی آزمایش خاک مزرعه و غنی بودن از فسفر و پتاسیم، نیازی به کودپاشی این دو عنصر در زمان تهیه‌ی بستر نبود اما معادل ۶۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن خالص به‌فرم اوره در زمین پاشیده شد.

جدول ۱. مشخصات فیزیکی و شیمیائی خاک مورد استفاده در آزمایش

عمق (cm)	شن (٪)	لیمون (٪)	رس (٪)	بافت	هدایت‌الکتریکی (dS/m)	واکنش گل‌اشباع
۰-۳۰	۷۵	۲۰	۵	لوم شنی	۱/۶۸	۷/۶
نیتروژن‌کل (٪)	فسفرقابل‌جذب (ppm)	پتاسیم‌قابل جذب (ppm)	آهن (mg/kg)	روی (mg/kg)	مس (mg/kg)	کربن آلی (٪)
۰/۱۰۲	۴۱/۶	۳۶۰	۷/۱	۰/۹	۰/۷۲	۱/۲۸

جدول ۲. درصد ترکیبات شیمیائی موجود در زئولیت مورد استفاده

SiO_2	AL_2O_3	K_2O	Na_2O	MgO	CaO
۶۵	۱۲/۰۲	۳	۱/۰۸	۰/۱	۲/۳
Fe_2O_3	MnO	TiO_2	P_2O_5	SO_3	Cl
۱/۵	۰/۰۴	۰/۰۳	۰/۰۱	–	–

CEC = ۲۰۰ meq/۱۰۰g

Archive of SID
www.SID.ir

کیتوزان[1] مورد استفاده در این تحقیق محصول شرکت آکروس [2]بود که به‌دلیل غیر قابل حل بودن، در اسید استیک ۱ درصد حل گردید و لذا تیمار شاهد اسید استیک و آب-مقطر نیز در آزمایش لحاظ شد. زئولیت مصرفی از نوع کلینوپتیلولیت [3]بود (جدول ۲). تیمارهایی که دارای زئولیت بودند، قبل از کاشت با خاک هر کرت به‌طور کامل مخلوط شدند. پس از انجام تهیه‌ی بستر (در سوم اردیبهشت ماه ۱۳۹۲) شامل شخم، تسطیح و تهیه فارو، کرت‌های چهار ردیفه به‌طول سه متر و با فاصله‌ی ۵۰ سانتی‌متر ایجاد گردید. فاصله‌ی بین هر دو کرت ۲ متردر نظر گرفته شد. کاشت بذور گلرنگ بهاره رقم گلدشت (تهیه شده از موسسه‌ی تهیه‌ی نهال و بذر کرج) به‌صورت کپه‌ای و در عمق ۴-۳ سانتی‌متری صورت گرفت. تنش کم‌آبی در مرحله‌ی گل‌دهی (مرحله R3) [۱۹] اعمال شد. مقدار آب خاک با استفاده از دستگاه انعکاس سنجی زمانی[4] در عمق‌های مشخص تعیین شد. بدین منظور در هر کرت آزمایشی، یک لوله‌ی دسترسی قرار گرفت. قبل از شروع آزمایش از منحنی‌های کالیبراسیون برای تعیین رابطه‌ی بین مقدار عددی ارائه شده توسط دستگاه ذکر شده و مقدار حجمی رطوبت خاک استفاده شد. در تیمار بدون تنش در حد ظرفیت زراعی[5] آبیاری شد. گیاهان در طول دوره‌ی آزمایش هر ۱۵ روز یک‌بار با تیمارهای مختلف محلول‌پاشی شدند.

در طول دوره‌ی رشد مراقبت‌های زراعی لازم شامل وجین علف هرز در ۳ مرحله به‌روش دستی توسط کارگر انجام شد و با توجه به عدم بروز آفت، نیازی به سم‌پاشی نبود. برای محاسبه‌ی عملکرد کل در هنگام برداشت (مرحله رسیدگی فیزیولوژیک – ۳۰ شهریور ماه) ردیف‌های کناری هر کرت و نیم متر از دو انتهای هر ردیف به‌عنوان اثر حاشیه‌ای حذف گردید و ۱۰ بوته از سطح باقی‌مانده هر کرت برداشت شده و پس از خردکردن و اختلاط ریزنمونه‌ها جهت تعیین وزن خشک (عملکرد زیستی) در دمای ۷۵ درجه‌ی سانتی‌گراد به مدت ۷۲ ساعت قرار داده شد. عملکرد کل نیز از توزین بذور موجود در یک مترمربع و برمبنای کیلوگرم در هکتار بر اساس ۱۰ درصد رطوبت گزارش شد. درنهایت شاخص برداشت از تقسیم عملکرد دانه به عملکرد زیستی به‌دست آمد. داده‌های آزمایش از نظر نرمال بودن مورد بررسی قرار گرفت و با استفاده از نرم‌افزار آماری SAS(9.4) آنالیز شد. مقایسه‌ی میانگین آن‌ها به‌روش آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵ درصد صورت پذیرفت. نمودارهای مربوطه با کمک نرم افزار Excel ترسیم گردید.

نتایج و بحث

نتایج نشان داد تیمار تنش بر تمام صفات به‌جز ارتفاع بوته، سطح و وزن برگ اثر معنی‌داری داشت. تیمار زئولیت بر هیچ‌یک از صفات اثر معنی‌داری نداشت. تیمار محلول-پاشی بر ارتفاع بوته، عملکرد زیستی و شاخص برداشت اثر معنی‌داری نداشت اما دیگر صفات را تحت تأثیر قرار داد و اثر متقابل تنش × زئولیت به‌جز تعداد طبق در مترمربع، وزن هزار دانه و شاخص برداشت، بر دیگر صفات اثر معنی‌داری داشت. همچنین مشخص شد تنش × محلول‌پاشی بر ارتفاع بوته، تعداد طبق در مترمربع، وزن هزار دانه و وزن برگ اثر معنی‌داری ندارد. زئولیت × محلول‌پاشی تمام صفات به‌جز ارتفاع بوته و وزن هزاردانه را تحت تأثیر قرار داد. در نهایت اثر متقابل سه‌گانه ارتفاع بوته، تعداد طبق در مترمربع و وزن هزاردانه را تحت تأثیر قرار نداد و بر دیگر صفات اثر معنی‌داری داشت (جدول ۳).

۱- ChitosanPoly(beta-(1,4)-D-glucosamine) و Poly(beta-(1,4)-2-amino-2-deoxy-D-glucose) با وزن مولکولی: ۳۰۰۰۰۰-۱۰۰۰۰۰ و فرمول شیمیایی: $(C_6H_{11}NO_4)n$

1- Acros.
2- Clinoptilolite.
3- Time Domain Reflectometry (TDR).
4- Field capacity

Archive of SID
www.SID.ir

جدول ۳. نتایج تجزیه‌ی واریانس صفات مورد بررسی گلرنگ رقم گلدشت

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات							
		ارتفاع بوته	عملکرد دانه	عملکرد زودرس	تعداد طبق در مترمربع	تعداد بذر در بوته	وزن هزاردانه	شاخص برداشت	عملکرد زیستی	سطح برگ	وزن برگ
تکرار(R)	۲	۰/۱۱	۱۳۲۵۱/۵	۱۲۸۷/۵	۶۰	۳/۱۶۹۹۴۲	۰/۴۷	۷۲/۰	۱/۱۰۰۴۱	۷/۰	۱/۰
تنش (S)	۲	۶/۳۰	۲۹۵۸۷۹۰/۲**	۱۹۲۲۷۳**	۲۰۷۹**	۴۷۲۳۸۲۶**	۴۱۲**	۲۵۵۲**	**۳۲۱۰۸۸۴	۳/۱۴۱	۸/۰
R*S	۴	۶۵	۹۲۲۰/۲	۸۱۵/۰	۳۱۲	۵/۴۷۴۱۷	۱/۲۷	۶۶/۵	۲/۸۲۸۰۸	۹۷۱	۴/۰
زئولیت(Z)	۱	۷/۰	۶۷۶۰	۶/۱	۵/۴	۲/۴۲۱	۰/۶	۱۶	۴/۹۳۴	۴/۶	۲/۰
محلول پاشی (F)	۴	۵/۳۰	۲۲۴۲۲۲/۴**	۱۵۶۶۵**	۶۰۳**	۶۰۴۹۰۷/۲**	۴۵/۳*	۴۱/۱	۵/۹۰۹۶۱۳	**۹۸۳۹	/**۲
S*Z	۲	۸۵/۵*	۷۷۲۰۲/۶**	۶۹۷۳/۰**	۳۸۹	۳۳۰۲۷۳/۱**	۵/۱۱	۱۳۸/۰	۵۶۲۴۱۷**	**۶۳۹۲	*۱/۰
S*F	۸	۱/۱۴	۸۲۶۱۷/۳**	۵۶۱۰/۲**	۱۵۳	۲۸۱۲۷۱/۰**	۳/۲۰	۳۷۶/۶**	۳۸۳۵۴۲**	**۲۷۶۹	۶/۰
Z*F	۴	۳/۴۲	۲۰۱۳۰۷/۰**	۲۰۵۲۴**	۴۲۲/۵*	۵۵۰۷۶۸۳**	۰/۱۱	۲۱۲/۰**	۶۸۴۹۲۰**	*۲۳۳۵	۱/۱**
S*Z*F	۸	۲/۲۵	۹۷۲۰۰/۴**	۶۲۰۴/۳**	۲۲۶	۳۱۱۹۷۳/۰**	۲/۱۳	۲۶۴/۳**	۲۶۳۴۹۳**	۴۷۵۲**	۲/۰**
خطا (E)	۵۴	۴/۲۴	۱۴۵۱۰/۲	۱۳۱۴	۱۳۵	۰/۵۵۱۶۵	۰/۱۴	۴۷/۲	۰/۷۲۵۱۶	۰/۹۱۷	۳/۰
CV		۱/۱۰	۱۹	۱۷/۶	۱۴/۳	۰/۱۶	۰/۱۴	۱۶/۱	۰/۱۵	۰/۱۶	

*و **: به ترتیب نشان دهنده‌ی وجود اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد.

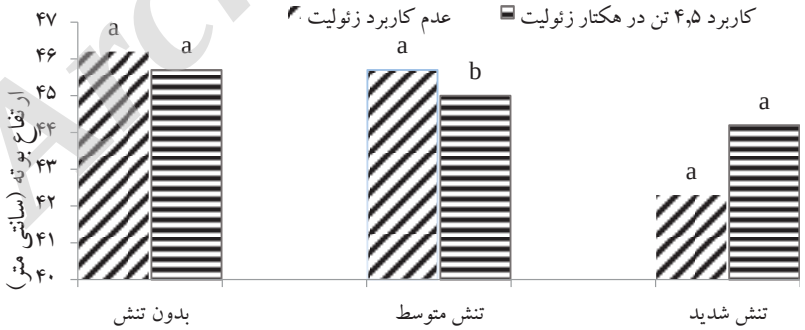
Archive of SID
www.SID.ir

ارتفاع بوته

در شرایط بدون تنش و تنش متوسط مصرف زئولیت تأثیر معنی‌داری بر مقادیر این صفت نداشت اما در شرایط تنش شدید کاربرد زئولیت توانست مقادیر این صفت را بیش از ۴ درصد نسبت به شاهد زئولیت افزایش دهد (شکل ۱).گزارش شده است مصرف ۸ تن در هکتار زئولیت در شرایط ۷۵ درصد ظرفیت زراعی (FC) می‌تواند ارتفاع بوته‌ی آفتابگردان را ۱۳/۷۳ درصد افزایش دهد [۵]. احتمالاً افزایش رطوبت قابل دسترس گیاه در سطح ریشه توسط زئولیت [۸] دلیل اصلی جلوگیری از کاهش شدید ارتفاع بوته در شرایط تنش شدید در این تحقیق باشد. یکی از اثرات سوء تنش کم‌آبی کاهش رشد سلولی و در نهایت کاهش ارتفاع گیاه است و هرچه دوره‌ی بروز تنش طولانی‌تر باشد، این اثرات مشهودتر خواهد بود [۸].

عملکرد دانه

تنش متوسط و شدید باعث کاهش ۲۸ و ۵۶ درصدی عملکرد دانه نسبت به شاهد شد. در شرایط تنش شدید کاربرد زئولیت و کیتوزان ۰/۰۵ درصد مقادیر عملکرد را نسبت به شرایط شاهد زئولیت و کیتوزان در همین سطح از تنش افزایش داد (جدول ۴). گزارش شده است در شرایط تنش شدید (۷۵ درصد ظرفیت زراعی) کاربرد هشت تن در هکتار زئولیت می‌تواند عملکرد را ۲۳/۳۴ درصد نسبت به شاهد افزایش دهد [۵]. محققان طی تحقیق روی گیاه زراعی سویا اعلام کردند کاربرد چهار و پنج درصد کیتوزان می‌تواند مقادیر عملکرد را به‌طور معنی‌داری نسبت به عدم کاربرد افزایش دهد [۲۳]. محلول‌پاشی کیتوزان از طریق کاهش قطر روزنه به جلوگیری از هدر روی آب سلول کمک کرده و در نهایت باعث افزایش زیست توده و عملکرد نهایی می‌شود [۶]. در عین حال کیتوزان از طریق افزایش میزان کلروفیل بذر [۵] به افزایش فتوسنتز کمک کرده و در نهایت می‌تواند یکی از دلایل افزایش عملکرد دانه در تحقیق حاضر باشد. زئولیت به دلیل جذب و حفظ رطوبت در زمان‌های تنش می‌تواند آب مورد نیاز گیاه را تا حدودی تأمین نموده و موجب ثبات عملکرد گردد [۵].



شکل ۱. اثر متقابل تیمارهای تنش کم‌آبی و کاربرد زئولیت بر ارتفاع بوته‌ی گلرنگ رقم گلدشت.

Archive of SID
www.SID.ir

جدول ۴. مقایسه میانگین اثر متقابل زئولیت و محلول‌پاشی بر صفات زراعی گلرنگ رقم گلدشت تحت تنش کم‌آبی

تنش کم‌آبی	زئولیت (ton hec^{-1})	محلول‌پاشی (٪)	شاخص برداشت (٪)	عملکرد (kg hec^{-1})	عملکرد روغن (kg hec^{-1})	تعداد بذر در بوته	عملکرد زیستی (kg hec^{-1})	شاخص سطح برگ	وزن برگ (gr plant^{-1})
بدون تنش	۰	شاهد	۴۰/۱۳d	۱۲۸۲/۷bc	۳۶۴/۰a	۲۱۷۲/۳ abc	۳۲۴۰/۰a	۳/۵۵ a	۳/۶۱abc
		آب مقطر	۵۳/۰ab	۹۳۳/۳f	۲۳۲/۲b	۱۷۱۵/۰c	۱۷۸۵/۰f	۳/۱۵ bc	۳/۲۲abc
		اسید استیک ۱	۵۱/۰abc	۱۲۱۳/۳cd	۲۶۹/۷b	۱۷۹۸/۷bc	۲۳۸۳/۳bcd	۲/۴۶ cd	۲/۹۲bc
	۴/۵	کیتوزان۰/۰۵	۴۸/۴bc	۱۰۷۱/۳dfe	۲۶۱/۴b	۱۶۳۵/۰c	۲۲۳۸/۳cde	۳/۲۱ bc	۴/۳a
		کیتوزان۰/۵	۵۶/۳ab	۱۴۳۸/۰ba	۳۶۲/۴a	۲۳۸۴/۰ba	۲۵۷۰/۰bc	۳/۲۵ bc	۳/۷abc
		شاهد	۵۵/۵ab	۱۱۴۷/۳cde	۲۷۹/۱b	۱۹۱۱/۷bac	۲۰۷۰/۰def	۳/۱۷ bc	۳/۹ab
		آب مقطر	۴۴/۰cd	۹۶۳/۳ef	۲۲۱/۶b	۱۵۸۶/۳c	۲۱۹۱/۷cde	۱/۹۵ d	۲/۵۷c
	۰	اسید استیک ۱	۵۸/۱a	۱۵۴۸/۰a	۳۵۹/۰a	۲۴۹۸/۷a	۲۶۶۰/۰b	۲/۸۷ cb	۴/۱۳ab
تنش متوسط	۴/۵	کیتوزان۰/۰۵	۵۳/۰ab	۱۲۹۶/۰bc	۳۴۶/۵a	۲۰۰۱/۳bac	۲۴۶۳/۳bcd	۴/۳۷a	۲/۹۲bc
		کیتوزان۰/۵	۵۶/۰ab	۱۰۲۲/۰ef	۲۶۰/۲b	۱۷۷۵/۷bc	۱۸۳۶/۷ef	۳/۰۳bc	۲/۹۵bc
		شاهد	۴۸/۰abc	۹۳۲/۰ab	۲۲۷/۴ab	۱۶۳۴/۳ab	۱۹۷۵/۰a	۳/۱۸ab	۳/۸ab
		آب مقطر	۵۷/۰a	۷۲۷/۰bc	۱۸۵/۰bcd	۱۳۱۱/۷bcd	۱۲۸۵/۰b	۳/۸۴b	۲/۲c
	۰	اسید استیک ۱	۳۵/۴de	۷۰۹/۰bc	۱۶۱/۰bcd	۱۳۰۹/۰bcd	۱۹۸۲/۰a	۳/۸۳a	۴/۰a
تنش شدید	۴/۵	کیتوزان۰/۰۵	۴۹/۰ab	۹۶۳/۳ab	۲۲۱/۲abc	۱۶۸۰/۰ab	۱۹۶۳/۳a	۳/۷۶a	۳/۱b
		کیتوزان۰/۵	۴۱/۰bcd	۷۵۹/۳bc	۱۹۲/۷abc	۱۳۳۵/۳abc	۱۸۵۸/۳a	۳/۱۹ab	۳/۳ab
		شاهد	۳۷/۰cde	۴۹۸/۰c	۱۰۸/۴d	۹۵۵/۰d	۱۲۷۸/۳b	۲/۲۲b	۲/۱c
		آب مقطر	۵۳/۱a	۶۲۳/۳c	۱۵۱/۰bcd	۱۰۷۴/۰cd	۱۱۷۷/۰b	۲/۳۶b	۲/۰c
	۰	اسید استیک ۱	۵۳/۳a	۱۱۴۸/۰a	۲۹۲/۰a	۲۲۵۵/۳a	۱۹۷۷/۰a	۳/۲۱ab	۳/۱b
	۴/۵	کیتوزان۰/۰۵	۳۴/۳de	۷۳۳/۰bc	۱۷۲/۰bcd	۱۳۶۰/۰abc	۲۱۲۳/۳a	۲/۹۹ab	۳/۷ab
		کیتوزان۰/۵	۲۷/۰e	۵۵۲/۰c	۱۴۴/۳cd	۱۱۰۸/۳cd	۲۰۱۳/۳a	۳/۵۳a	۳/۴ab
		شاهد	۳۸/۷bc	۵۶۷/۳bcd	۱۲۶/۳cd	۱۰۹۰/۳cd	۱۴۸۷/۰bc	۳/۱bcd	۳/۶abc
		آب مقطر	۲۳/۷cd	۳۰۰/۰e	۶۴/۴e	۵۲۴/۰e	۱۳۰۰/۰c	۲/۱۳e	۲/۰d
	۰	اسید استیک ۱	۳۳/۳bcd	۶۰۴/۷bc	۱۲۴/۶cd	۱۲۰۷/۳cd	۱۸۵۵/۰bc	۳/۱۲bcd	۳/۴abc
	۴/۵	کیتوزان۰/۰۵	۳۰/۷bcd	۵۴۸/۷bcd	۱۱۶/۰cd	۱۱۰۳/۳cd	۱۷۵۶/۰bc	۳/۴۸abc	۳/۵abc
		کیتوزان۰/۵	۴۲/۰ab	۷۱۹/۳b	۱۹۰/۰b	۱۵۵۷/۰b	۱۷۷۰/۰bc	۲/۶۴de	۲/۸cd
		شاهد	۳۵/۶bcd	۴۳۴/۰cde	۱۰۷/۰de	۱۰۵۲/۳cd	۱۳۳۳/۳c	۳/۰۹bcd	۲/۵d
		آب مقطر	۲۰/۲d	۳۷۷/۰de	۹۲/۴de	۹۶۶/۰d	۱۸۶۳/۳cb	۳/۵۶ab	۳/۸ab
	۰	اسید استیک ۱	۲۶/۶bcd	۴۸۱/۳cde	۱۲۴/۶cd	۹۶۹/۳d	۱۸۱۶/۷cb	۲/۸۱cd	۲/۹bcd
	۴/۵	کیتوزان۰/۰۵	۵۵/۱a	۱۰۳۹ a	۲۶۸ a	۱۷۰۰a	۲۰۸۵/۰b	۳/۴۱abc	۳/۷abc
		کیتوزان۰/۵	۲۵/۳bcd	۶۴۷/۰bc	۱۶۴/۴bc	۱۲۶۱/۰c	۲۶۵۷/۰a	۳/۹۴a	۴/۰a

میانگین‌های هر ستون که با حروف مشابه نشان داده شده است از نظر آماری تفاوت معنی داری ندارد (P≤۰/۰۵).

Archive of SID
www.SID.ir

عملکرد روغن

در شرایط بدون تنش و کاربرد ۴/۵ تن در هکتار زئولیت، محلول‌پاشی کیتوزان ۰/۰۵ درصد عملکرد روغن را نسبت به شرایط شاهد محلول‌پاشی، ۶۳ درصد افزود (جدول ۴). همچنین مشخص شد در شرایط بدون تنش و محلول‌پاشی اسید استیک ۱ درصد، کاربرد زئولیت می‌تواند عملکرد روغن را حدود ۷۴ درصد نسبت به شرایط عدم کاربرد زئولیت افزایش دهد. گزارش شده است مصرف زئولیت در شرایط تنش کم‌آبی، عملکرد روغن را افزایش می‌دهد [۱۱]. گزارش شده است کیتوزان با افزایش شاخص سطح برگ و طول ریشه های لوبیا (*Phaseolus vulgaris* L.) باعث افزایش سطح جذب آب و در نهایت افزایش میزان عملکرد می‌شود [۶]. در تحقیق حاضر احتمالاً کیتوزان از طریق کنترل مسیرهای هدر رفت آب و افزایش سطح ریشه به افزایش فعالیت‌های زیستی سلول و در نهایت افزایش عملکرد روغن کمک نموده است.

تعداد طبق

شرایط شاهد و تنش شدید (بدون اختلاف معنی‌دار با تنش متوسط) با اختلاف ۲۲ درصد بیشترین و کمترین تعداد طبق در مترمربع را نشان دادند (جدول ۵). تنش کم‌آبی می‌تواند تعداد غوزه در بوته‌ی گیاه زراعی گلرنگ را کاهش دهد [۲]. گیاهان زراعی تحت شرایط تنش کم‌آبی از طریق کاهش قطر روزنه‌ها، کاهش گسترش سلولی و در نهایت کاهش اجزای عملکرد از مرگ سلولی جلوگیری می کنند [۶]. احتمالاً کاهش تعداد طبق در مترمربع در آزمایش حاضر یکی از راهکارهای گیاه جهت کاهش خسارات ناشی از تنش کم‌آب باشد.

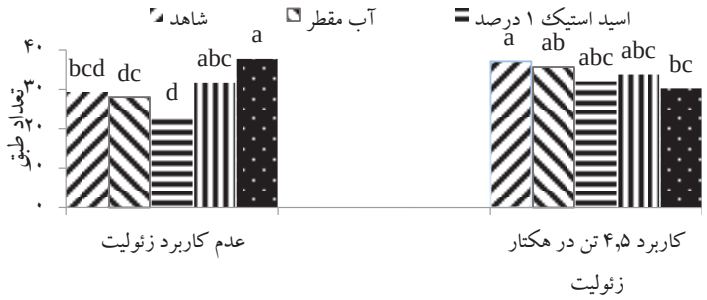
در شرایط شاهد محلول‌پاشی، کاربرد زئولیت نسبت به‌شاهد تعداد طبق در مترمربع را ۲۲ درصد افزایش داد. همچنین در شرایط شاهد زئولیت، محلول‌پاشی کیتوزان ۰/۵ درصد، تعداد طبق در مترمربع را به‌طور معنی‌داری نسبت به آب‌مقطر افزود (شکل ۲). مشخص شد کاربرد زئولیت تعداد غوزه در بوته‌ی گلرنگ بهاره را به‌طور معنی‌داری افزایش می‌دهد [۲]. محلول‌پاشی با کیتوزان، تعداد خوشه در گیاه ارزن مرواریدی را به میزان ۵۰ درصد می‌افزاید [۱۸]. زئولیت با استفاده از ساختار شبکه‌ای خود جذب آب در محدوده‌ی ریشه را افزایش داده [۸] و از این طریق بروز اختلال در فرایندهای زیستی گیاه را کاهش می‌دهد. لذا در تحقیق حاضر این ماده‌ی معدنی باعث افزایش فرایندهای زیستی گیاه شده و توانسته است اختلاف معنی‌داری را نسبت به شرایط شاهد به‌وجود بیاورد.

جدول ۵. مقایسات میانگین تنش کم‌آبی بر تعداد طبق در مترمربع و وزن هزاردانه‌ی گلرنگ رقم گلدشت

تنش کم‌آبی	تعداد طبق در متر مربع	وزن هزاردانه (gr)
S_1	۷۱a	۳۰/۱a
S_2	۵۷b	۲۷/۴a
S_3	۵۶b	۲۲/۸b

میانگین‌های هر ستون که با حروف مشابه نشان داده شده است از نظر آماری تفاوت معنی داری ندارد ($P\leq ۰/۰۵$).

Archive of SID
www.SID.ir



شکل ۲. اثر متقابل کاربرد زئولیت و محلول‌پاشی بر تعداد طبق در مترمربع گلرنگ رقم گلدشت

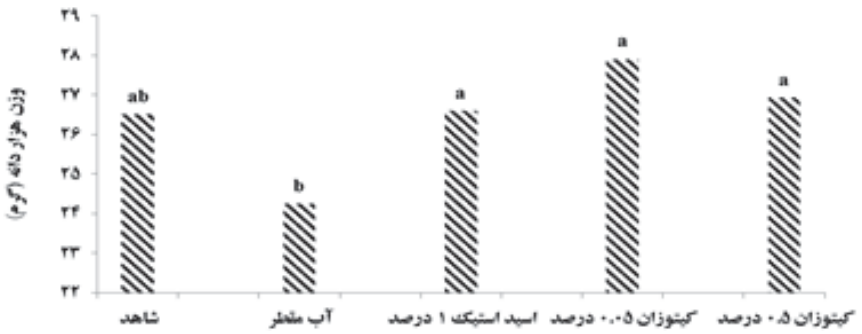
تعداد بذر در بوته

عدم تنش، کاربرد زئولیت و محلول‌پاشی اسید استیک یک درصد نسبت به تنش شدید و عدم کاربرد زئولیت و محلول‌پاشی آب مقطر با اختلاف حدود ۸۰ درصد بیشترین و کمترین تعداد بذر در بوته را نشان دادند. در شرایط تنش شدید محلول‌پاشی گیاهان با کیتوزان ۰/۰۵ درصد و کاربرد زئولیت باعث افزایش ۷۰ درصدی مقادیر این صفت نسبت به عدم کاربرد زئولیت و آب مقطر در همین سطح از تنش شد (جدول ۴). در آزمایشی مشخص شد کاربرد زئولیت می‌تواند تعداد بذر در غوزه را نسبت به شرایط شاهد ۲۵ درصد افزایش دهد [۲]. یکی از دلایل کاهش عملکرد، کمبود انتقال کربن و سرعت فتوسنتز و در نتیجه کاهش زیست توده در شرایط تنش است که حاصل این روند کاهشی، کم شدن فرایند انتقال به سمت مخزن (میوه‌ی در حال رشد) و کاهش تعداد بذر در بوته می‌باشد [۱۳]. از آنجایی که گزارش شده است کیتوزان در تحریک فرایندهای فیزیولوژیک، بهبود رشد رویشی و انتقال مواد فتوسنتزی از منبع به مخزن تأثیر مستقیم دارد [۶]، لذا تعداد بذر در بوته افزایش یافته و در نتیجه عملکرد در شرایط کاربرد کیتوزان افزایش خواهد یافت. مصرف هشت تن در هکتار زئولیت در شرایط تنش شدید می‌تواند تعداد بذر در طبق آفتابگردان را ۱۶/۲۶ درصد نسبت به عدم کاربرد زئولیت افزایش دهد [۵].

وزن هزاردانه

عدم تنش (بدون اختلاف معنی‌داری نسبت به تنش متوسط) و تنش شدید با اختلاف ۲۴ درصد بیشترین و کمترین وزن هزاردانه را نشان دادند (جدول ۵). دیگر محققان نیز اعلام کردند تنش کم‌آبی باعث کاهش وزن هزاردانه‌ی گلرنگ [۳] و آفتابگردان [۵] می‌شود. از آنجایی که تنش کم‌آبی یکی از عمده دلایل بروز تغییرات در فرایندهای بیوشیمیایی و فیزیولوِیکی بوده و با تاثیر بر واکئول سلولی از رشد و توسعه‌ی سلول جلوگیری می‌کند [۶] احتمالاً کاهش وزن هزاردانه گیاه زراعی گلرنگ در تحقیق حاضر نیز در اثر این فرایند بازدارنده باشد. استفاده از کیتوزان ۰/۵ درصد توانست وزن هزاردانه را نسبت به آب مقطر افزایش دهد (شکل ۳). شکل مورد اشاره نشان می‌دهد کاربرد کیتوزان بر مقادیر این صفت تاثیر گذار است. به نحوی‌که با محلول‌پاشی آب مقطر اختلاف معنی‌دار از بین می‌رود. در تحقیق دیگری روی نهال‌های سویا مشخص شد تأثیر مثبت کیتوزان به طور مستقیم با مقادیر و وزن ملکولی این ماده‌ی آلی رابطه دارد [۱۴]. نویسندگان مذکور اظهار داشتند کیتوزان تأثیر بارزتر و شاخص تری نسبت به شرایط شاهد بر گیاهچه‌های سویا داشت. همچنین مشخص شده است کاربرد پنج درصد کیتوزان می‌تواند وزن صددانه‌ی سویا را بیش از ۲۰ درصد نسبت به شاهد افزایش دهد [۲۳].

Archive of SID
www.SID.ir



شکل ۳. اثر تیمار محلول‌پاشی بر وزن هزاردانه‌ی گلرنگ رقم گلدشت

شاخص برداشت

در شرایط تنش شدید و محلول‌پاشی کیتوزان ۰/۰۵ درصد، کاربرد زئولیت موجب افزایش ۲۴/۴ درصدی شاخص برداشت نسبت به عدم کاربرد زئولیت شد. بالا بودن شاخص برداشت می‌تواند به‌علت بالا بودن عملکرد دانه در حضور زئولیت باشد که صورت کسر بزرگ می‌شود و در نتیجه میزان شاخص برداشت افزایش می‌یابد. در پژوهشی مشخص شد مصرف ۹ تن در هکتار زئولیت، شاخص برداشت را نسبت به شاهد، ۵/۰۷ افزایش می‌دهد که نشان دهنده‌ی نقش مثبت آن در کاهش صدمات ناشی از تنش کمبود آب می‌باشد [۴]. در آزمایش حاضر تنش متوسط در شرایط عدم کاربرد زئولیت و محلول‌پاشی آب مقطر و محلول‌پاشی آب مقطر در شرایط کاربرد زئولیت و تنش شدید با اختلاف ۳۶/۸ درصد بیشترین و کمترین مقادیر این صفت را نشان دادند (جدول ۴).

عملکرد زیستی

عملکرد زیستی شامل کل وزن خشک اندام هوایی گیاه است. در شرایط بدون تنش شاهد زئولیت و محلول‌پاشی بیشترین مقادیر را نشان دادند و در شرایط تنش متوسط، کاربرد زئولیت و محلول‌پاشی آب مقطر (کمترین مقدار) عملکرد زیستی ۹۴ درصد کاهش یافت (جدول ۴). در شرایط عدم تنش و محلول پاشی کیتوزان ۰/۰۵، کاربرد زئولیت عملکرد زیستی را نسبت به‌همین شرایط تیماری و عدم کاربرد زئولیت، حدود ۱۰ درصد افزایش داد (جدول۴). کاربرد زئولیت در شرایط تنش خشکی به افزایش عملکرد زیستی و بهبود شرایط خاک گیاه زراعی کمک می‌کند [۱۷]. کیتوزان از طریق تنظیم فشار اسمزی، آب و مواد غذایی ضروری سلول را افزایش داده و با افزایش آنتی اکسیدان‌ها و آنزیم‌های درون سلولی به کاهش تجمع رادیکال‌های مضر کمک می‌کند که این فرایند در نهایت به تحریک رشد سلول در شرایط تنش می‌انجامد [۱۲].

شاخص سطح برگ و وزن برگ

کاربرد زئولیت و محلول‌پاشی کیتوزان ۰/۰۵ درصد در شرایط عدم تنش یشترین شاخص سطح برگ را نشان داد که نسبت به عدم کاربرد زئولیت به‌طور معنی‌داری بیشتر بود. همچنین در شرایط تنش شدید کاربرد زئولیت و کیتوزان ۰/۵ نسبت به شاهد ۲۱ درصد شاخص سطح برگ را افزایش داد. به نظر می‌رسد کیتوزان با افزایش شاخص سطح برگ در شرایط تنش، توانسته نقش مؤثری در کاهش خسارت ایفا کند. گزارش شده است مصرف هشت تن زئولیت در هکتار می‌تواند تعداد برگ در بوته‌ی آفتابگردان

Archive of SID
www.SID.ir

را به‌طور معنی‌داری افزایش دهد [۵]. عدم کاربرد زئولیت و محلول‌پاشی آب مقطر در شرایط S_1 و S_2 اختلاف معنی‌داری نداشتند اما در شرایط تنش شدید به‌طور معنی‌داری وزن برگ کاهش یافت. توسعه‌ی برگ برای فتوسنتز و عملکرد ماده‌ی خشک مهم بوده و تنش کم‌آبی رشد برگ و وزن برگ را درگیاه سویا کاهش می‌دهد [۲۴]. احتمالاً کیتوزان با تأثیر بر افزایش جذب مواد غذایی در گیاه، غلظت عناصر مغذی را در سطح سلول بهبود بخشیده و از این طریق به رشد رویشی گیاه کمک می‌کند [۶].

نتیجه‌گیری نهایی

می‌توان نتیجه گرفت کیتوزان و زئولیت اثرات مضر حاصل از تنش کمبود آب را در گیاه گلرنگ کاهش داده و سبب بهبود رشد گیاه در شرایط تنش می‌شود. این مواد با افزایش تعداد بذر و تعداد طبق در مترمربع در شرایط تنش، از کاهش شدید عملکرد جلوگیری کردند که این موضوع سبب جلوگیری از افت شدید شاخص برداشت شد. از این رو می‌توان اظهار نمود که مصرف کیتوزان می‌تواند باعث کاهش اثرات سوء تنش شده و به افزایش سطح برگ و عملکرد منجر شود.

منابع

۱. خواجه‌پور م ر (۱۳۸۳) گیاهان صنعتی چاپ اول، انتشارات جهاد دانشگاهی دانشگاه صنعتی اصفهان، اصفهان، ۵۶۴ صفحه.

۲. سیبی م، میرزاخانی م و گماریان م (۱۳۹۰) اثر تنش کم‌آبی، مصرف زئولیت و سالیسیلیک اسید بر عملکرد و اجزای عملکرد گلرنگ بهاره. یافته‌های نوین کشاورزی. ۵ (۳): ۲۷۵-۲۹۰.

۳. موسوی‌فر ب، بهدانی م و احمدی م (۱۳۸۷) پاسخ ارقام گلرنگ بهاره به فواصل مختلف آبیاری در بیرجند، مجموعه مقالات همایش منطقه‌ای در بحران آب و خشکسالی. ۶۷۰ - ۶۷۵.

۴. میرزاخانی م و سیبی م (۱۳۸۹) پاسخ صفات فیزیولوژیکی گلرنگ به تنش آبی و مصرف زئولیت، دومین همایش ملی کشاورزی و توسعه‌ی پایدار، فرصت‌ها و چالش‌ها پیش‌رو. ۲۱.

۵. یوسفوند پ، ساجدی ن و میرزاخانی م (۱۳۹۰) تاثیر تنش خشکی، مصرف زئولیت و سلنیوم بر عملکرد و اجزای عملکرد آفتابگردان. یافته‌های نوین کشاورزی. ۵ (۳): ۳۲۵-۳۳۹.

6. Abu-Muriefah S (2013) Effect of chitosan on common bean (Phaseolus vulgaris L.) plants grown under water stress conditions. International Research Journal of Agricultural Science and Soil Science. 3: 192-199.

7. Al-Busaidi A, Yamamoto T, Inoue M, Eneji AE, Mori Y and Irshad M (2008) Effects of zeolite on soil nutrients and growth of barley following irrigation with saline water. Journal of Plant Nutrients, 31: 1159-1173.

8. Ayan S, Yahyaoglu Z, Gercek V and Şahin A (2005) Utilization of zeolite as a substrate for containerized oriental spruce (Picea orientalis L.) seedlings Concentration (mg / kg) 3 dS m-116 dS m-110 propagation.International Symposium on Growing Media.4-10.

9. Babel S and Kurniawan TA (2003) Low-cost adsorbents for heavy metals uptake from contaminated water: a review. Hazardous Materials. 97: 219–243.

10. Boonlertnirun S, Sarobol ED, Meechoui S and Sooksathan I (2007) Drought recovery and grain yield potential of rice after chitosan application. Kasetsart. 41: 1-6.

Archive of SID
www.SID.ir

11. Gholam Hosseini M, Aqaalikhani M and Malakooti MJ (2008) Effect of different rates of nitrogen and zeolite on forage quantitative and qualitative yield of autumn canola. Agriculture and Natural Resources Sciences and Techniques. 45: (B) 537-548.

12. Guan YJ, Hu J, Wang XJ and Shao CX (2009) Seed priming with chitosan improves maize germination and seedling growth in relation to physiological changes under low temperature stress. Zhejiang University Science. 10:427-433.

13. Kumar A, Singh D, Pand Singh P (1994) Influence of water stress on photosynthesis, transpiration, water use efficiency and yield of Brassica juncea L. Field Crops Research. 37:95 101.

14. Lee YS, Kim YH and Kim SB (2005) Changes in the respiration, growth, and vitamin C content of soybean sprouts in response to chitosan of different molecular weights. Horticulture Science. 40: 1333-1335.

15. Miller GL (2000) Physiological response of Bermuda grass grown in soil amendments during drought stress. Horticulture Science. 35:213-216.

16. No HK, Meyers SP and Lee KS (1989) Isolation and characterization of chitin from crawfish shell waste. Agricultural and Food Chemistry. 37: 575-579.

17. Polat E, Karaca M, Demir H and Naci Onus A (2004) Use of Natural Zeolite (Clinoptilolite) in Agriculture. Fruit and Ornamental Plant Research.12:183-189.

18. Sarathchandra, RG and Jaj, SN(2004) A chitosan formulation Alexa induce Downy Mildew disease resistance and growth promotion in pearl millet, Crop Protection. 23: 881–888.

19. Tanaka DL, Riveland NR, Bergman JW and Schneiter AA(1997) Safflower plant development stages.IVth International Safflower Conference. 179-180.

20. Wanichpongpan P, Suriyachan K and Chandrkrachang S(2001) Effect of Chitosan on the growth of Gerbera flower plant (Gerbera jamesonii L.). Proceeding Chitin and Chitosan in Life Science. 198-201.

21. Weiss EA (2000) Oilseed Crops. 2th Ed. Blackwell Science, Oxford. 288 p.

22. Xiubin H and Zhanbin H (2001) Zeolite application for enhancing water infiltration and retention in loess soil. Resources Conservation and Recycling. 34: 45-52.

23. Zeng D, Luo X and Tu R (2012) Application of bioactive coatings based on chitosan for soybean seed protection. Carbohydrate Chemistry.12: 1-5.

24. Zhang M, Duan L, Zhai Z, Li J, Tian X, Wang B, He Z and Li Z (2004) Effects of plant growth regulators on water deficit-induced yield loss in soybean. 4th International Crop Science Congress. Brisbane. 26.

Archive of SID
www.SID.ir