



به‌زرای 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^۳، سید علی محمد مدرس ثانوی^{۳*}، سید علی علوی اصل^۴

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^۱، 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 مقدار به ۱۹ درصد تقلیل یافت. در شرایط عدم کاربرد زئولیت و تنش شدید، محلول‌پاشی کیتوزان ۰/۵ درصد، عملکرد روغن را حدود ۶۳ درصد نسبت به شاهد افزایش داد. عدم کاربرد زئولیت و کیتوزان ۰/۵، بیشترین تعداد طبق در مترمربع را نشان داد که نسبت به کاربرد زئولیت و عدم محلول‌پاشی، ۲۶ درصد بیشتر بود. لذا در شرایط کاربرد زئولیت و کیتوزان خسارت 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.

۱. مقدمه

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 ژئولیت یکی از راه‌های جلوگیری از کاهش رطوبت خاک است. ژئولیت 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 ژئولیت به خاک 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 ژئولیت 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 ژئولیت 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

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 به شوری خاک و خشکی هوا، مقاوت بالا به سرما 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 به تولید 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 به آن 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 به کیتینی که بیش از ۵۰ درصد گروه‌های استیل آن حذف شده باشد اطلاق

۱. N- استیل گلوکوزامین

برهمکنش کیتوزان و زئولیت بر عملکرد و اجزای عملکرد گلرنگ تحت تنش کم آبی

در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار در سال ۱۳۹۲ به انجام رسید. تیمارهای آزمایش شامل تنش کم آبی 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 محلول پاشی (عدم محلول پاشی، آب مقطر، اسید استیک ۱ درصد، کیتوزان ۰/۰۵ درصد و کیتوزان ۰/۵ درصد) بود.

برای تعیین خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه، نمونه برداری از عمق ۳۰ سانتی متر 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 به فرم اوره در زمین پاشیده شد.

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 به نظر 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 کم آبی 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 و ۴۳ 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 نیمه خشک و معتدل و آزمایش به صورت اسپلینت فاکتوریل

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

عمق (cm)	شن (%)	لیمون (%)	رس (%)	بافت	هدایت الکتریکی (dS/m)	واکنش گل اشباع
۰-۳۰	۷۵	۲۰	۵	لوم شنی	۱/۶۸	۷/۶
نیتروژن کل (%)	فسفر قابل جذب (ppm)	پتاسیم قابل 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 شیمیایی موجود در زئولیت مورد استفاده

CaO	MgO	Na ₂ O	K ₂ O	Al ₂ O ₃	SiO ₂
۲/۳	۰/۱	۱/۰۸	۳	۱۲/۰۲	۶۵
Cl	SO ₃	P ₂ O ₅	TiO ₂	MnO	Fe ₂ O ₃
-	-	۰/۰۱	۰/۰۳	۰/۰۴	۱/۵

CEC = ۲۰۰ meq/۱۰۰g

(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 بر مبنای کیلوگرم در هکتار بر اساس ۱۰ درصد رطوبت گزارش شد. در نهایت 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).

کیتوزان^۱ مورد استفاده در این تحقیق محصول شرکت آکروس^۲ 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^۳ 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 متر در نظر گرفته شد. کاشت بذور گلرنگ به‌ار 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^۴ 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^۵ 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

۱- ChitosanPoly(beta-(1,4)-D-glucosamine) و

Poly(beta-(1,4)-2-amino-2-deoxy-D-glucose) با وزن

مولکولی: ۳۰۰۰۰۰-۱۰۰۰۰۰۰ و فرمول شیمیایی: $(C_6H_{11}NO_4)_n$

1- Acros.

2- Clinoptilolite.

3- Time Domain Reflectometry (TDR).

4- Field capacity

برهمکنش کیتوزان و زئولیت بر عملکرد و اجزای عملکرد گلرنگ تحت تنش کم آبی

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

وزن برگ	سطح برگ	عملکرد زیستی	شاخص برداشت	وزن هزاردانه	تعداد بذر در بوته	تعداد طبق در مترمربع	عملکرد روض	عملکرد دانه	ارتفاع بوته	درجه آزادی	منابع تغییرات	میانگین مربعات	
												CV	CV
۱/۰	۷/۰	۱/۱۰۰۴۱	۷۲/۰	۰/۴۷	۳/۱۶۹۹۴۲	۶۰	۱۲۸۷/۵	۱۳۲۵۱/۵	۰/۱۱	۲	تکرار (R)		
۸/۰	۳/۱۴۱	**۳۳۱۰۸۸۴	۲۵۵۲**	۴۱۴**	۴۷۳۳۸۲۶**	۲۰۷۹**	۱۹۳۲۷۳**	۲۹۵۸۷۹۰/۱**	۶۳۰	۲	تنش (S)		
۴/۰	۹۷۱	۲/۸۲۸۰۸	۶۶/۵	۱/۲۷	۵/۴۷۴۲۷	۳۱۲	۸۱۵/۰	۹۲۲۰/۲	۶۵	۴	R*S		
۲/۰	۴/۶	۴/۹۳۴	۱۶	۰/۶	۲/۳۱	۵/۴	۶/۱	۶۷۶۰	۷/۰	۱	زئولیت (Z)		
*/**۲	**۹۸۲۹	۵/۹۰۹۶۱۳	۴/۱/۱	۲۵/۳*	۶۰۴۹۰۷/۲**	۶۰۳**	۱۵۶۶۵**	۲۴۴۲۴۲/۴**	۵۳۰	۴	محلول پاشی (F)		
*۱/۰	**۶۳۹۲	۵۶۲۴۱۷**	۱۳۸/۰	۵/۱۱	۳۳۰۲۷۳/۱**	۳۸۹	۶۹۷۲/۱**	۷۷۲۰۲/۶**	۸۵/۵*	۲	S*Z		
۶/۰	**۳۷۶۹	۳۸۳۵۴۲**	۳۷۶/۶**	۳/۲۰	۲۸۱۲۷۱/۰**	۱۵۳	۵۶۱۰/۱**	۸۲۶۱۷/۳**	۱/۱۴	۸	S*F		
۱/۱**	*۲۳۳۵	۶۸۴۹۲۰**	۲۱۷/۰**	۰/۱۱	۵۵۰۷۶۸/۳**	۴۲۷/۵*	۲۰۵۲۴**	۲۰۱۳۰۷/۰**	۳/۴۲	۴	Z*F		
۲/۸**	۴۱۷۵۲**	۲۶۳۴۳**	۲۶۴/۳**	۲/۱۳	۳۱۱۹۷۳/۰**	۲۳۶	۶۲۰۴/۳**	۹۷۲۰۰/۴**	۷/۲۵	۸	S*Z*F		
۳/۰	۰/۹۱۷	۰/۸۲۵۱۶	۴۷/۲	۰/۱۴	۰/۵۵۱۶۵	۱۳۵	۱۳۱۴	۱۲۵۱۰/۲	۴/۲۴	۵۴	خطا (E)		
۰/۱۶	۰/۸۵	۱/۶۱	۰/۱۴	۰/۱۴	۰/۱۶	۱۴/۳	۱۷/۶	۱۹	۱/۱۰		CV		

* و ** به ترتیب نشان دهنده وجود اختلاف معنی دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد.

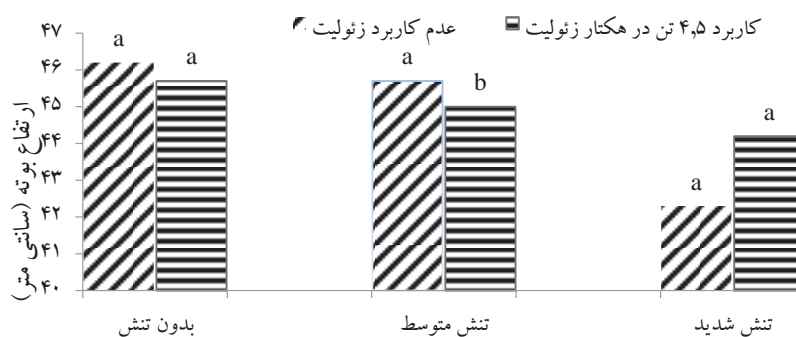
ارتفاع بوته

در شرایط بدون تنش و تنش متوسط مصرف زئولیت تأثیر معنی داری 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) می تواند 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 کم آبی کاهش رشد سلولی و در نهایت کاهش ارتفاع گیاه است و هرچه دوره‌ی بروز تنش طولانی تر 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 می تواند 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 می تواند مقادیر عملکرد را به طور معنی داری نسبت به عدم کاربرد افزایش دهد [۲۳]. محلول پاشی 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 می شود [۶]. در عین حال کیتوزان از طریق افزایش میزان کلروفیل بذر [۵] به افزایش فتوسنتز کمک کرده و در نهایت می تواند یکی از دلایل افزایش عملکرد دانه در تحقیق حاضر باشد. زئولیت به دلیل جذب و حفظ رطوبت در زمان های تنش می تواند آب مورد نیاز گیاه را تا حدودی تأمین نموده و موجب ثبات عملکرد گردد [۵].



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

برهمکنش کیتوزان و زئولیت بر عملکرد و اجزای عملکرد گلرنگ تحت تنش کم آبی

جدول ۴. مقایسه میانگین اثر متقابل زئولیت و محلول پاشی بر صفات زراعی گلرنگ رقم گلدشت تحت تنش کم آبی

تنش کم آبی	زئولیت (ton hec ⁻¹)	محلول پاشی (%)	شاخص برداشت (%)	عملکرد عملکرد (kg hec ⁻¹)	عملکرد روغن (kg hec ⁻¹)	تعداد بذر در بوته	عملکرد زیستی (kg hec ⁻¹)	شاخص سطح برگ (gr plant ⁻¹)	وزن برگ
		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
بدون تنش	۰	اسید استیک ۱	۵۱/۰abc	۱۲۱۳/۳cd	۲۶۹/۷b	۱۷۹۸/۷bc	۲۳۸۳/۳bcd	۲/۴۶ cd	۲/۹۲bc
	۰/۰۵	کیتوزان	۴۸/۴bc	۱۰۷۱/۳dfe	۲۶۱/۴b	۱۶۳۵/۰c	۲۲۳۸/۳cde	۳/۲۱ bc	۴/۳a
	۰/۵	کیتوزان	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
	۴/۵	اسید استیک ۱	۵۸/۱a	۱۵۴۸/۰a	۳۵۹/۰a	۲۴۹۸/۷a	۲۶۶۰/۰b	۲/۸۷ cb	۴/۱۳ab
	۰/۰۵	کیتوزان	۵۳/۰ab	۱۲۹۶/۰bc	۳۴۶/۵a	۲۰۰۱/۳bac	۲۴۶۳/۳bcd	۴/۳۷a	۲/۹۲bc
	۰/۵	کیتوزان	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
تنش متوسط	۰	اسید استیک ۱	۳۵/۴de	۷۰۹/۰bc	۱۶۱/۰bcd	۱۳۰۹/۰bcd	۱۹۸۲/۰a	۳/۸۳a	۴/۰a
	۰/۰۵	کیتوزان	۴۹/۰ab	۹۶۳/۳ab	۲۲۱/۲abc	۱۶۸۰/۰ab	۱۹۶۳/۳a	۳/۷۶a	۳/۱b
	۰/۵	کیتوزان	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
	۴/۵	اسید استیک ۱	۵۳/۳a	۱۱۴۸/۰a	۲۹۲/۰a	۲۲۵۵/۳a	۱۹۷۷/۰a	۳/۲۱ab	۳/۱b
	۰/۰۵	کیتوزان	۳۴/۳de	۷۳۳/۰bc	۱۷۲/۰bcd	۱۳۶۰/۰abc	۲۱۲۳/۳a	۲/۹۹ab	۳/۷ab
	۰/۵	کیتوزان	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
تنش شدید	۰	اسید استیک ۱	۳۳/۳bcd	۶۰۴/۷bc	۱۲۴/۶cd	۱۲۰۷/۳cd	۱۸۵۵/۰bc	۳/۱۲bcd	۳/۴abc
	۰/۰۵	کیتوزان	۳۰/۷bcd	۵۴۸/۷bcd	۱۱۶/۰cd	۱۱۰۳/۳cd	۱۷۵۶/۰bc	۳/۴۸abc	۳/۵abc
	۰/۵	کیتوزان	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
	۴/۵	اسید استیک ۱	۲۶/۶bcd	۴۸۱/۳cde	۱۲۴/۶cd	۹۶۹/۳d	۱۸۱۶/۷cb	۲/۸۱cd	۲/۹bcd
	۰/۰۵	کیتوزان	۵۵/۱a	۱۰۳۹ a	۲۶۸ a	۱۷۰۰a	۲۰۸۵/۰b	۳/۴۱abc	۳/۷abc
	۰/۵	کیتوزان	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).

عملکرد روغن

در شرایط بدون تنش و کاربرد ۴/۵ تن در هکتار زئولیت، محلول پاشی کیتوزان ۰/۰۵ درصد عملکرد روغن را نسبت به شرایط شاهد محلول پاشی، ۶۳ درصد افزود (جدول ۴). همچنین مشخص شد در شرایط بدون تنش و محلول پاشی اسید استیک ۱ درصد، کاربرد زئولیت می تواند عملکرد روغن را حدود ۷۴ درصد نسبت به شرایط عدم کاربرد زئولیت افزایش دهد. گزارش شده است مصرف زئولیت در شرایط تنش کم آبی، عملکرد روغن را افزایش می دهد [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 می شود [۶]. در تحقیق حاضر احتمالاً کیتوزان از طریق کنترل مسیرهای هدر رفت آب و افزایش سطح ریشه به افزایش فعالیت های زیستی سلول و در نهایت افزایش عملکرد روغن کمک نموده است.

تعداد طبق

شرایط شاهد و تنش شدید (بدون اختلاف معنی دار با تنش متوسط) با اختلاف ۲۲ درصد بیشترین و کمترین تعداد طبق در مترمربع را نشان دادند (جدول ۵). تنش

کم آبی می تواند تعداد غوزه در بوته ی گیاه زراعی گلرنگ را کاهش دهد [۲]. گیاهان زراعی تحت شرایط تنش کم آبی از طریق کاهش قطر روزنه ها، 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 کم آب باشد.

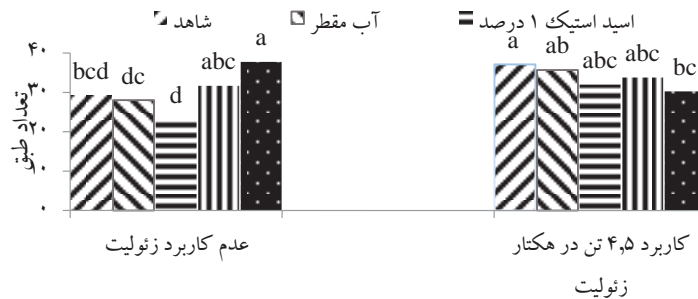
در شرایط شاهد محلول پاشی، کاربرد زئولیت نسبت به شاهد تعداد طبق در مترمربع را ۲۲ درصد افزایش داد. همچنین در شرایط شاهد زئولیت، محلول پاشی کیتوزان ۰/۵ درصد، تعداد طبق در مترمربع را به طور معنی داری نسبت به آب مقطر افزود (شکل ۲). مشخص شد کاربرد زئولیت تعداد غوزه در بوته ی گلرنگ بهاره را به طور معنی داری افزایش می دهد [۲]. محلول پاشی با کیتوزان، تعداد خوشه در گیاه ارزن مرواریدی را به میزان ۵۰ درصد می افزاید [۱۸]. زئولیت با استفاده از ساختار شبکه ای خود جذب آب در محدوده ی ریشه را افزایش داده [۸] و از این طریق بروز اختلال در فرایندهای زیستی گیاه را کاهش می دهد. لذا در تحقیق حاضر این ماده ی معدنی باعث افزایش فرایندهای زیستی گیاه شده و توانسته است اختلاف معنی داری را نسبت به شرایط شاهد به وجود بیاورد.

جدول ۵. مقایسات میانگین تنش کم آبی بر تعداد طبق در مترمربع و وزن هزاردانه ی گلرنگ رقم گلدشت

تنش کم آبی	تعداد طبق در متر مربع	وزن هزاردانه (gr)
S ₁	۷۱a	۳۰/۱a
S ₂	۵۷b	۲۷/۴a
S ₃	۵۶b	۲۲/۸b

میانگین های هر ستون که با حروف مشابه نشان داده شده است از نظر آماری تفاوت معنی داری ندارد ($P \leq 0/05$).

برهمکنش کیتوزان و ژئولیت بر عملکرد گلرنگ و اجزای عملکرد گلرنگ تحت تنش کم آبی



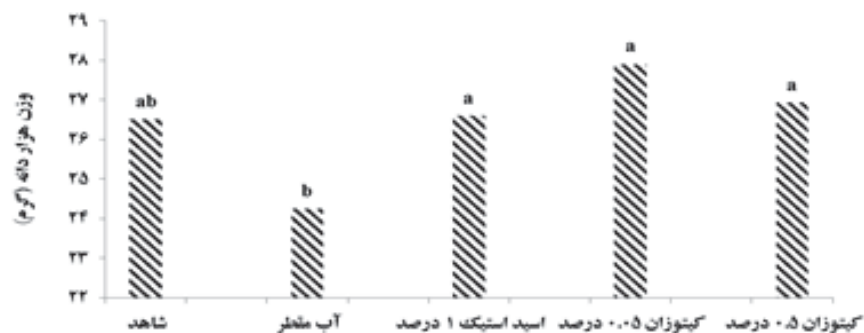
شکل ۲. اثر متقابل کاربرد ژئولیت و محلول پاشی بر تعداد طبق در مترمربع گلرنگ رقم گلدشت

تعداد بذر در بوته

عدم تنش، کاربرد ژئولیت و محلول پاشی اسید استیک یک درصد نسبت به تنش شدید و عدم کاربرد ژئولیت و محلول پاشی آب مقطر با اختلاف حدود ۸۰ درصد بیشترین و کمترین تعداد بذر در بوته را نشان دادند. در شرایط تنش شدید محلول پاشی گیاهان با کیتوزان ۰/۵ درصد و کاربرد ژئولیت باعث افزایش ۷۰ درصدی مقادیر این صفت نسبت به عدم کاربرد ژئولیت و آب مقطر در همین سطح از تنش شد (جدول ۴). در آزمایشی مشخص شد کاربرد ژئولیت می تواند 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 کاهش، کم شدن فرایند انتقال به سمت مخزن (میوهی در حال رشد) و کاهش تعداد بذر در بوته می باشد [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 ژئولیت در شرایط تنش شدید می تواند تعداد بذر در طبق آفتابگردان را ۱۶/۲۶ درصد نسبت به عدم کاربرد ژئولیت افزایش دهد [۵].

وزن هزاردانه

عدم تنش (بدون اختلاف معنی داری 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 کم آبی باعث کاهش وزن هزاردانهی گلرنگ [۳] و آفتابگردان [۵] می شود. از آنجایی که تنش کم آبی یکی از عمده دلایل بروز تغییرات در فرایندهای بیوشیمیایی و فیزیولوژیکی بوده و با تأثیر بر واکتول سلولی از رشد و توسعهی سلول جلوگیری می کند [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 می دهد کاربرد کیتوزان بر مقادیر این صفت تأثیر گذار است. به نحوی که با محلول پاشی آب مقطر اختلاف معنی دار از بین می رود. در تحقیق دیگری روی نهال های 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 گیاهچه های سویا داشت. همچنین مشخص شده است کاربرد پنج درصد کیتوزان می تواند وزن صد دانهی سویا را بیش از ۲۰ درصد نسبت به شاهد افزایش دهد [۲۳].



شکل ۳. اثر تیمار محلول پاشی بر وزن هزاردانه‌ی گلرنگ رقم گل‌دشت

شاخص برداشت

در شرایط تنش شدید و محلول پاشی کیتوزان ۰/۰۵ درصد، کاربرد ژئولیت موجب افزایش ۲۴/۴ درصدی شاخص برداشت نسبت به عدم کاربرد ژئولیت شد. بالا بودن شاخص برداشت می‌تواند به علت بالا بودن عملکرد دانه در حضور ژئولیت باشد که صورت کسر بزرگ می‌شود و در نتیجه میزان شاخص برداشت افزایش می‌یابد. در پژوهشی مشخص شد مصرف ۹ تن در هکتار ژئولیت، 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 ژئولیت و محلول پاشی آب مقطر و محلول پاشی آب مقطر در شرایط کاربرد ژئولیت 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 ژئولیت و محلول پاشی بیشترین مقادیر را نشان دادند و در شرایط تنش متوسط، کاربرد ژئولیت و محلول پاشی آب مقطر (کمترین مقدار) عملکرد زیستی ۹۴ درصد کاهش یافت (جدول ۴). در

شرایط عدم تنش و محلول پاشی کیتوزان ۰/۰۵، کاربرد ژئولیت عملکرد زیستی را نسبت به همین شرایط تیماری و عدم کاربرد ژئولیت، حدود ۱۰ درصد افزایش داد (جدول ۴). کاربرد ژئولیت 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 ژئولیت و محلول پاشی کیتوزان ۰/۰۵ درصد در شرایط عدم تنش بیشترین شاخص سطح برگ را نشان داد که نسبت به عدم کاربرد ژئولیت به‌طور معنی‌داری بیشتر بود. همچنین در شرایط تنش شدید کاربرد ژئولیت 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 ژئولیت در هکتار می‌تواند تعداد برگ در بوته‌ی آفتابگردان

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 توسعه 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. ۳۲۵-۳۳۹: (۳) ۵

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⁻¹ 116 dS m⁻¹ 110 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.

را به‌طور معنی‌داری افزایش دهد [۵]. عدم کاربرد زئولیت و محلول‌پاشی آب مقطر در شرایط S₁ و S₂ 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 در گیاه 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. ۲۷۵-۲۹۰: (۳) ۵.
۳. موسوی‌فر ب، بهدانی م و احمدی م (۱۳۸۷) پاسخ ارقام گلرنگ بهاره به فواصل مختلف آبیاری در

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 Chandkrachang 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.