

تأثیر کیتوزان و زئولیت بر رشد و عملکرد کنجد (*Sesamum indicum* L.) تحت شرایط مختلف آبیاری در یزد

سید علی علوی اصل^۱، سیروس منصوری فر^۲، سید علی محمد مدرس ثانوی^۳، کمال سادات اسیلان^۴، سید علی طباطبایی^۵، مهرداد مرادی قهدریجانی^۶

۱. دانشجوی کارشناسی ارشد دانشگاه پیام نور. ۲. استادیار دانشگاه پیام نور.

۳. استاد فیزیولوژی گیاهان زراعی گروه زراعت دانشکده کشاورزی دانشگاه تربیت مدرس.

۴. استادیار دانشگاه پیام نور. ۵. استادیار و عضو هیئت علمی مرکز تحقیقات کشاورزی و منبع طبیعی یزد.

۶. دانشجوی کارشناسی ارشد دانشگاه پیام نور.

تاریخ دریافت: ۹۳/۰۸/۲۷؛ تاریخ پذیرش: ۹۴/۰۹/۲۲

چکیده

به منظور ارزیابی اثر زئولیت و محلول پاشی کیتوزان در گیاه کنجد تحت شرایط مختلف آبیاری، آزمایشی به صورت اسپلیت پلات فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار در مزرعه‌ی تحقیقاتی مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان یزد انجام شد. تیمارهای آزمایشی شامل رژیم‌های آبیاری در سه سطح (آبیاری در ۵۰، ۶۵ و ۸۰ درصد تخلیه‌ی آب قابل دسترس گیاه از خاک، به ترتیب به عنوان شاهد، تنش متوسط و تنش شدید)، محلول پاشی در چهار سطح (کیتوزان با غلظت‌های ۰/۴ و ۰/۰۵ درصد، آب مقطر (شاهد) و اسید استیک یک درصد) و کاربرد زئولیت در دو سطح (عدم کاربرد و کاربرد ۴/۵ تن در هکتار) در کرت‌های فرعی قرار گرفتند. نتایج نشان داد اثرات متقابل هر سه تیمار بر عملکرد روغن و دانه، تعداد بذر در کپسول و ارتفاع اولین کپسول از زمین معنی‌دار است. عدم کاربرد زئولیت در سطح تنش متوسط عملکرد روغن و دانه را به ترتیب ۴ برابر و ۶۷ درصد نسبت به کاربرد زئولیت در شرایط شاهد آبیاری به‌طور میانگین در تمامی سطوح محلول پاشی کاهش داد. همچنین مشخص شد عدم کاربرد زئولیت در شرایط تنش شدید وزن خشک کل، درصد روغن و تعداد کپسول در بوته را به ترتیب ۷۰، ۱۰ درصد و ۴ برابر نسبت به کاربرد این ماده‌ی معدنی در شرایط بدون تنش کاهش می‌دهد. با توجه به این نتایج، زئولیت و کیتوزان می‌توانند آسیب‌های ناشی از تنش کم‌آبی را در برخی صفات تعدیل کرده و به بالا بردن توانایی این گیاه در راستای افزایش عملکرد و اجزای آن کمک کنند.

واژه‌های کلیدی: درصد روغن، شاخص برداشت، عملکرد روغن، وزن خشک کل.

مقدمه

کنجد (2010) و غنی از مواد معدنی نظیر کلسیم، فسفر و ویتامین E (Khazaei and Mohammadi, 2009) می‌باشد. دانه، روغن و کنجاله‌ی کنجد دارای موارد استفاده‌ی متعدد تغذیه‌ای و صنعتی می‌باشند که از آن جمله می‌توان به کاربرد در صنایع دارویی، آرایشی و بهداشتی، رنگرزی، شیرینی‌پزی و استفاده در ترکیب حشره‌کش‌ها اشاره کرد (Uzun et al., 2008).

از مهم‌ترین اثرات تنش کم‌آبی در گیاهان می‌توان به کاهش میزان فتوسنتز به علت بسته شدن روزنه‌ها، کاهش

کنجد (*Sesamum indicum* L.) گیاهی یک‌ساله، خودگردانه‌افشان و متعلق به خانواده‌ی پدالیاسه^۱ است (Uzun et al., 2008). این گیاه یکی از مهم‌ترین دانه‌های روغنی ایران بوده که سطح زیر کشت آن در ایران و جهان به ترتیب در حدود ۶۵۰۰ و ۴۲ هزار هکتار می‌باشد. (Golestani and Pakniyat, 2007) هند، سودان، میانمار و چین از مهم‌ترین مراکز تولیدکننده‌ی کنجد به شمار می‌روند (Rajeswari et al., 2010). دانه‌ی کنجد دارای بیش از ۵۰ درصد روغن، ۲۵ درصد پروتئین (Rajeswari et al.,

مواد و روش‌ها

آزمایش در سال زراعی ۱۳۹۱ - ۱۳۹۰ در مزرعه‌ی تحقیقاتی مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان یزد با عرض جغرافیایی ۳۱ درجه شمالی و طول جغرافیایی ۵۴ درجه شرقی و ارتفاع ۱۲۲۰ متر از سطح دریا و با بافت خاک شنی لومی، $pH=7.67$ و 0.112 درصد ماده‌ی آلی به اجرا درآمد. آب‌وهوای منطقه گرمسیری و نیمه گرمسیری بوده (McKnight and Darrel, 2000) که اطلاعات هواشناسی به‌دست‌آمده از ایستگاه هواشناسی موجود در محل آزمایش در جدول ۱ آمده است. آزمایش به‌صورت اسپلیت‌پلات فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار انجام شد. به‌طوری‌که در کرت‌های اصلی رژیم‌های آبیاری در سه سطح (آبیاری در ۵۰، ۶۵ و ۸۰ درصد تخلیه‌ی آب قابل‌دسترس گیاه از خاک، به ترتیب به‌عنوان شاهد، تنش متوسط و تنش شدید) و تیمارهای محلول‌پاشی در چهار سطح (کیتوزان با غلظت‌های ۰/۴ و ۰/۰۵ درصد، شاهد آب مقطر و اسید استیک یک درصد (این ماده حلال کیتوزان می‌باشد و ممکن است جداگانه بر صفات موردبررسی اثرگذار باشد) و کاربرد ژئولیت در دو سطح (عدم کاربرد و کاربرد ۴/۵ تن در هکتار (به‌صورت خاک کاربرد پیش از اجرای عملیات کاشت) در کرت‌های فرعی قرار گرفتند. طول هر کرت اصلی شش متر، عرض آن نیز شش متر، فاصله‌ی بین ردیف‌ها ۵۰ سانتی‌متر و فاصله‌ی بین بوته‌ها روی ردیف پنج سانتی‌متر در نظر گرفته شد تا تراکم بوته در واحد سطح به ۴۰ بوته در مترمربع برسد. همچنین در یک بلوک فاصله‌ی کرت‌های اصلی ۱/۵ متر و فاصله‌ی بین دو بلوک ۲/۵ متر در نظر گرفته شد تا رطوبت کرت‌های مجاور روی هم اثر نداشته باشد. تاریخ کاشت ۱۸ تیرماه بود و در هر نقطه چهار بذر کاشته شد. قبل از کاشت ۲۵۰ کیلوگرم در هکتار کود فسفات آمونیوم به زمین اضافه شد. کود اوره (۴۶ درصد نیتروژن) در دو نوبت (قبل از کاشت و بعد از تنک کردن) و در هر نوبت ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار استفاده شد. با رسیدن گیاهچه‌ها به مرحله‌ی هشت برگی در تاریخ شش مردادماه عملیات تنک کردن جهت رسیدن به تراکم موردنظر انجام شد. گیاهان در طول دوره‌ی گلدهی دومرتبه و به فاصله‌ی ۱۵ روز با تیمارهای مختلف محلول‌پاشی شدند. تنش کم‌آبی در مرحله‌ی گل‌دهی به‌وسیله‌ی افزایش فاصله‌ی دور آبیاری و انجام آن بر اساس ثبت رطوبت خاک به‌وسیله‌ی دستگاه TDR و محاسبه میزان

رشد گیاه، کمبود مواد فتوسنتزی لازم برای پر کردن دانه و کاهش طول دوره‌ی پر شدن دانه‌ها اشاره کرد (Reddy et al., 2004). تنش کم‌آبی، مهم‌ترین عامل محدودکننده‌ی تولید موفقیت‌آمیز محصولات زراعی در سراسر جهان به‌حساب می‌آید و تأثیرات زیان‌باری روی رشد رویشی و زایشی گیاهان دارد (Talwar et al., 2002). عملکرد گیاهان زراعی مختلف با توجه به مقدار و فواصل آب دریافتی و مرحله‌ی رشدی متفاوت است و معمولاً با افزایش تنش خشکی، کاهش می‌یابد (Kumar et al., 1996).

کیتین یکی از فراوان‌ترین پلی‌ساکاریدهای موجود در طبیعت بوده و کاربردهای متعدد صنعتی، دارویی و کشاورزی برای آن گزارش شده است (Wang et al., 2003). کیتوزان یک پلی‌ساکارید گلوکوزامین است که از کیتین مشتق شده و به کیتینی که بیش از ۵۰٪ گروه‌های استیل آن حذف شده باشد اطلاق می‌گردد (No et al., 1989). در کشاورزی کیتوزان به‌صورت پوشش بذر، برگ و میوه (Devlieghere et al., 2004) و همچنین به‌عنوان کود و در کنترل آزادسازی مواد آگروکمیکال (Sukwattanasinitt et al., 2001)، برای محافظت گیاهان در مقابل میکروارگانیسم‌ها و برای تحریک جوانه‌زنی و رشد گیاه مورد استفاده قرار می‌گیرد (Pospieszny et al., 1991).

ژئولیت‌ها گروهی از کانی‌های متخلخل طبیعی هستند که با ساختمان کریستالی خود مانند غربال مولکولی عمل کرده و به دلیل داشتن کانال‌های باز در شبکه‌ی خود، اجازه عبور برخی از یون‌ها را داده و مسیر عبور بعضی یون‌های دیگر را مسدود می‌کنند (Mumpton, 1999). ژئولیت‌ها قادرند تا ۷۰ درصد حجم خود آب جذب کنند که این توانایی ناشی از تخلخل بالای آن‌ها بوده و از ساختمان بلوری آن‌ها نشأت می‌گیرد (Moran et al., 1994). 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 ۰/۴ تا ۱/۸ درصد در شرایط خشک و ۵ تا ۱۵ درصد در شرایط معمولی می‌گردد (Xiubin and Zhanbin, 2001).

آزمایش حاضر به بررسی اثر تنش کم‌آبی بر گیاه زراعی کچند پرداخته و امکان جلوگیری از بروز خسارات ناشی از تنش را در شرایط محلول‌پاشی کیتوزان و کاربرد ژئولیت، در این گیاه زراعی مورد ارزیابی قرار داد.

تعیین عملکرد برداشت گردید و پس از خشک شدن در هوای آزاد دانه‌ها از کاه و کلش جدا و وزن دانه‌ها با ترازویی با دقت ۰/۰۱ گرم اندازه‌گیری شد. درصد روغن به روش سوکسله اندازه‌گیری شد (AOAC, 1984). تجزیه‌ی واریانس و مقایسات میانگین به روش آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح پنج درصد و با استفاده از نرم‌افزار SAS انجام شد.

پتانسیل آب خاک به‌وسیله‌ی دستگاه صفحات فشاری برای پتانسیل‌های مختلف اعمال گردید. عملیات برداشت هنگامی که رنگ بوته‌ها متمایل به زرد شد ولی هنوز کیسول‌ها شکاف بر نداشته بودند در تاریخ ۱۵ آبان انجام شد. در ابتدا از هر کرت ده بوته جهت اندازه‌گیری خصوصیات مرفولوژیک و اجزای عملکرد به‌طور تصادفی انتخاب شدند و پس از حذف حاشیه‌ها سطح باقی‌مانده برای

جدول ۱. اطلاعات هواشناسی مکان آزمایش در طول رشد کنجد (*sesamum indicum* L)

Table 1. Meteorological data for the field site during sesame (*sesamum indicum* L.) growth.

Months	ماه	میانگین دما Mean Temperature (°C)	دمای کمینه Minimum Temperature (°C)	دمای بیشینه Maximum temperature (°C)	رطوبت نسبی Relative Humidity (%)
July	تیر	35	32.5	37.5	12.38
August	مرداد	30.5	25	36	14.09
September	شهریور	28.25	21.5	35	16.9
October	مهر	25	21.5	28.5	19.9
November	آبان	16.75	11.5	22	34.13

نتایج و بحث

محلول‌پاشی کیتوزان ۰/۴ درصد در شرایط شاهد تنش و کاربرد زئولیت با اختلاف ۲۵ عدد نسبت به عدم کاربرد زئولیت در شرایط تنش شدید و محلول‌پاشی آب مقطر، بیشترین مقادیر ارتفاع اولین کیسول را نشان داد (جدول ۳). با افزایش سطوح تنش از ارتفاع اولین کیسول از زمین و تعداد بذر در کیسول نسبت به شاهد کاسته شد و کاربرد زئولیت باعث تعدیل تأثیر تنش کم‌آبی بر مقادیر این صفات شد که با نتایج دیگر محققین مطابقت داشت. (Safae et al., 2008). در شرایط تنش شدید کاربرد کیتوزان و زئولیت بیشترین ارتفاع اولین کیسول از زمین را نسبت به دیگر تیمارها در این سطح داشتند (جدول ۳). محققین دیگری نیز کاهش ارتفاع اولین کیسول از زمین و تعداد بذر در کیسول را در شرایط تنش کم‌آبی گزارش کردند (Rezvani et al., 2005). در سطوح تنش متوسط و شدید، استفاده از اسید استیک و کیتوزان ۰/۴ درصد در شرایط کاربرد زئولیت باعث افزایش ۲۵ و ۲۶ درصدی تعداد بذر در کیسول نسبت به شاهد آب مقطر و عدم کاربرد زئولیت شد.

بر اساس نتایج حاصل از این تحقیق تنش کم‌آبی بر وزن هزار دانه اثر معنی‌داری نداشت و دیگر صفات موردبررسی را به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر قرار داد. همچنین مشخص شد کاربرد زئولیت بر صفات ارتفاع اولین کیسول از زمین، طول کیسول اثر معنی‌داری نداشته و دیگر صفات را تحت تأثیر قرار می‌دهد. اثر محلول‌پاشی نیز تعداد بذر در کیسول، عملکرد دانه، درصد و عملکرد روغن را به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر قرار داد. اثر متقابل تنش کم‌آبی/زئولیت طول کیسول را تحت تأثیر قرار نداد. اثر متقابل تنش کم-آبی/محلول‌پاشی تعداد کیسول در بوته، طول کیسول، وزن خشک کل و درصد روغن را تحت تأثیر قرار نداد و اثر متقابل زئولیت/محلول‌پاشی بر ارتفاع اولین کیسول از زمین، تعداد بذر در کیسول، عملکرد دانه، درصد و عملکرد روغن اثر معنی‌داری نداشت. در نهایت اثرات متقابل سه‌گانه‌ی تیمارهای آزمایشی تعداد کیسول در بوته، طول کیسول، عملکرد و درصد روغن دانه را تحت تأثیر قرار داد.

تیمارهای آزمایشی تأثیری بر وزن هزار دانه نداشتند. محققین دیگری نیز عدم معنی‌داری اثر تنش کم‌آبی بر وزن هزار دانه را گزارش نموده‌اند (Rezvani Moghaddam et al., 2005).

بیشترین وزن هزار دانه در شرایط شاهد مشاهده شد که ۰/۲ گرم بیشتر از تنش شدید بود. بیشترین طول کپسول در شرایط بدون تنش با مقادیر ۳/۲ سانتی‌متر مشاهده شد که نسبت به تنش شدید (۲/۲ سانتی‌متر) ۳۰ درصد بیشتر بود (شکل ۱). محققین دیگری نیز نتایج مشابهی را به دست آوردند. (Safaei et al., 2008) تنش متوسط نیز باعث کاهش مقادیر این صفت به ۲/۹ سانتی‌متر شد.

در شرایط بدون تنش کاربرد زئولیت تأثیری بر تعداد کپسول در بوته نداشت. با افزایش سطوح تنش تعداد کپسول در بوته کاهش یافت. یافته‌های این تحقیق با یافته‌های دیگر محققین مطابقت داشت (Rezvani Moghaddam et al., 2005; Kumar et al., 1996). کمبود آب ریزش گل‌های باقلا (*Vicia faba* L.) را تا بیش از ۹۲/۸ درصد افزایش داد (Graman, 1972). وی افزایش ریزش غلاف‌ها را تحت شرایط نامساعد، به‌ویژه در طی دوره-ی گلدهی مشاهده کرد. در دو سطح تنش متوسط و شدید کاربرد زئولیت باعث افزایش ۲۹ درصدی تعداد کپسول در بوته شد (جدول ۴). با توجه به جدول ۲ هیچ‌یک از

جدول ۲. تجزیه واریانس صفات مختلف کنگد (*Sesamum indicum* L.) در شرایط تنش کم‌آبی، زئولیت و محلول پاشی.

Table 2. Analysis of variance for different characteristics of sesame (*Sesamum indicum* L.) in water deficit stress, zeolite and foliar application.

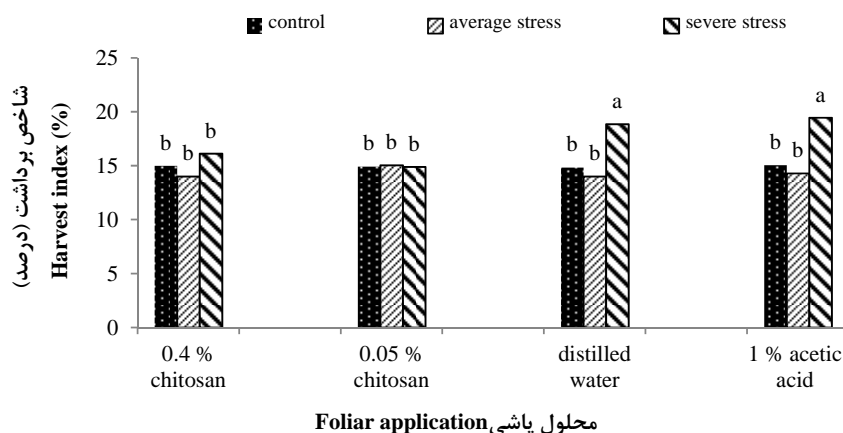
S.O.V	منابع تغییر	df	ارتفاع اولین کپسول از زمین	تعداد بذر در کپسول	تعداد کپسول در بوته	طول کپسول	وزن ۱۰۰۰ دانه
			Height of first pod	Seeds per pod	Pods per plant	Length of pod	100 seeds weigh
Replication (R)	تکرار	2	24.541ns	23.722ns	93.722*	2.0279*	0.2543ns
Water deficit stress (I)	تنش کم‌آبی	2	2814**	10215**	27135**	5.5662**	0.1355ns
R*I	تکرار × تنش کم‌آبی	4	6.541	4.388	7.388	0.1241	0.0013
Zeolite (Z)	زئولیت	1	3.125ns	174.22**	1073.388**	0.03901ns	0.0034ns
Foliar application (F)	محلول پاشی	3	7.458ns	45.814**	2.777ns	0.0305ns	0.0123ns
I*Z	تنش کم‌آبی × زئولیت	2	12.5**	128.347**	303.763**	0.659ns	0.0438ns
I*F	تنش کم‌آبی × محلول پاشی	6	10.333**	14.134**	3.236ns	0.0477ns	0.0077ns
Z*F	زئولیت × محلول پاشی	3	3.125*	10.259*	5.944ns	0.0219ns	0.0179ns
I*Z*F	تنش کم‌آبی × زئولیت × محلول پاشی	6	8**	16.773**	2.652ns	0.0322ns	0.0083ns
Error	خطا	42	0.875	3.039	2.293	0.2217	0.1879
CV (%)	ضریب تغییرات (%)		2.809	3.727	2.934	16.743	13.4127

ادامه‌ی جدول ۲. Table 2. continued

S.O.V	منابع تغییر	df	عملکرد دانه Seed yield (kg)	وزن خشک کل Total dry weigh (kg.ha ⁻¹)	شاخص برداشت Harvest index	درصد روغن Oil percentage (%)	عملکرد روغن Oil yield (kg.ha ⁻¹)
Replication (R)	تکرار	2	12040ns	1384369ns	6.566ns	0.0782ns	4022ns
Water deficit stress (I)	تنش کم آبی	2	2430308**	14165336**	60.131*	260.44**	1153088**
R*I	تکرار × تنش کم آبی	4	513.74	960659	5.071	0.207	281
Zeolite (Z)	ژئولیت	1	740747**	13287012**	60.529**	63.769**	310600**
Foliar application (F)	محلول پاشی	3	60859**	774261ns	7.5219ns	1.8026**	21621**
I*Z	تنش کم آبی × ژئولیت	2	191676**	2611879**	26.243**	15.849**	66685**
I*F	تنش کم آبی × محلول پاشی	6	21306**	159665ns	11.215*	0.2686ns	6022**
Z*F	ژئولیت × محلول پاشی	3	4243**	395012ns	1.4133ns	1.2047**	2108**
I*Z*F	تنش کم آبی × ژئولیت × محلول پاشی	6	12297**	228812ns	4.5729ns	0.2673ns	4514**
Error	خطا	42	14.696	457054	3.8955	0.1282	14.817
CV (%)	ضریب تغییرات (%)		0.4302	11.727	12.7014	0.5994	0.7118

ns, * و ** : غیر معنی‌دار، معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد

Ns, * and **: Non-significant, significant at 5 and 1% probability level.



شکل ۱. اثر متقابل سطوح مختلف تنش کم آبی و محلول پاشی بر شاخص برداشت کنگد (*Sesamum indicum* L.). اعداد با

حروف مشابه در هر ستون از هر بخش بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن ($P < 0.05$) اختلاف معنی‌داری ندارد.

Fig 1. Interaction of different water deficit stress levels and foliar application on sesame (*Sesamum indicum* L.) harvest index. Means within each column of each section followed by the same letter are not significantly different at $P < 0.05$ by Duncan's multiple range test.

جدول ۳. مقایسه میانگین برخی صفات کنگد (*Sesamum indicum* L.) در شرایط اثر متقابل تنش کم آبی، زئولیت و محلول پاشی
 Table 3. Mean comparison of some sesame (*Sesamum indicum* L.) characteristics in interaction effect of water deficit stress, zeolite and foliar applications.

تنش کم آبی	زئولیت	محلول پاشی	ارتفاع اولین کپسول از زمین	تعداد بذر در کپسول	عملکرد دانه	عملکرد روغن
Water deficit stress	Zeolite	Foliar application	Height of first pod (cm)	Seeds per pod	Seed yield (kg)	Oil yield (kg/ha)
Control	شاهد	کیتوزان ۰/۴	43bc	64.6bc	1124e	699.11f
		Chitosan 0.4				
		کیتوزان ۰/۰۵	42cd	64.6bc	1138d	710.83e
		Chitosan 0.05				
	عدم کاربرد	آب مقطر	44ab	68a	1209c	454.4d
		Distilled water				
		اسید استیک	43bc	63cd	1256b	800.16b
		Acetic acid				
	۴/۵ تن در هکتار	کیتوزان ۰/۴	45a	61d	1302a	826.35a
		Chitosan 0.4				
		کیتوزان ۰/۰۵	41de	62cd	1297a	825.44a
		Chitosan 0.05				
۴.۵ t.ha ⁻¹	آب مقطر	40e	64bc	1253b	793.32c	
	Distilled water					
	اسید استیک	41de	66ab	1254b	794.22bc	
	Acetic acid					
تنش متوسط	عدم کاربرد	کیتوزان ۰/۴	35gh	46hi	94kl	486.58ml
		Chitosan 0.4				
		کیتوزان ۰/۰۵	36fg	48gh	802k	470.99l
		Chitosan 0.05				
	آب مقطر	آب مقطر	34h	44i	782m	462.9m
		Distilled water				
		اسید استیک	34h	50g	792l	473.9l
		Acetic acid				
	۴/۵ تن در هکتار	کیتوزان ۰/۴	35gh	54f	832j	501.04k
		Chitosan 0.4				
		کیتوزان ۰/۰۵	36fg	51g	842i	509.59j
		Chitosan 0.05				
۴.۵ t.ha ⁻¹	آب مقطر	34fg	57ef	964f	580.87g	
	Distilled water					
	اسید استیک	37f	85e	953g	574.05h	
	Acetic acid					
تنش شدید	عدم کاربرد	کیتوزان ۰/۴	19j	20l	251r	136.03r
		Chitosan 0.4				
		کیتوزان ۰/۰۵	23i	22kl	256r	139.74r
		Chitosan 0.05				
	آب مقطر	آب مقطر	20j	22kl	507r	276.07q
		Distilled water				
		اسید استیک	20j	24k	558q	307.69p
		Acetic acid				
	۴/۵ تن در هکتار	کیتوزان ۰/۴	19j	21l	712p	415.38o
		Chitosan 0.4				
		کیتوزان ۰/۰۵	22i	28j	737j	433.46n
		Chitosan 0.05				
۴.۵ t.ha ⁻¹	آب مقطر	23i	24k	877h	503.4jk	
	Distilled water					
	اسید استیک	23i	28j	822h	519.59i	
	Acetic acid					

اعداد با حروف مشابه در هر ستون از هر بخش بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن ($P < 0.05$) اختلاف معنی‌داری ندارد.

Means within each column of each section followed by the same letter are not significantly different at $P < 0.05$ by duncan's multiple range test.

کاربرد کیتوزان به همراه زئولیت در سطوح شاهد و تنش متوسط عملکرد دانه و روغن را افزایش داد. مصرف کیتوزان به صورت محلول پاشی، در گیاهان پنبه (Dzung, 2007)، سویا (Luan et al., 2006) و برنج (Nitar et al., 2004) سبب افزایش عملکرد می‌گردد. در شرایط تنش شدید و محلول پاشی، کاربرد زئولیت عملکرد دانه و روغن را به ترتیب ۵۰ و ۵۴ درصد افزایش داد. زئولیت عملکرد را در گیاه لوبین سفید (Castaldi et al., 2005) و فلفل شیرین (Markovic et al., 2000) افزایش می‌دهد. در شرایط تنش متوسط و شدید کاربرد زئولیت و کیتوزان عملکرد دانه را به طور میانگین به ترتیب ۱۳ و ۱۸ درصد و عملکرد روغن را به ترتیب ۱۷ و ۱۲ درصد نسبت به عدم کاربرد کیتوزان بهبود بخشیدند که این افزایش بیش از تأثیر این دو ماده در شرایط بدون تنش بود (جدول ۳). کاهش درصد روغن در اثر تنش کم‌آبی می‌تواند به علت اختلال در فرآیندهای متابولیک بذر و خسارت به انتقال آسیمیلات‌ها به دانه باشد

کاربرد کیتوزان به همراه زئولیت در سطوح شاهد و تنش متوسط عملکرد دانه و روغن را افزایش داد. مصرف کیتوزان به صورت محلول پاشی، در گیاهان پنبه (Dzung, 2007)، سویا (Luan et al., 2006) و برنج (Nitar et al., 2004) سبب افزایش عملکرد می‌گردد. در شرایط تنش شدید و محلول پاشی، کاربرد زئولیت عملکرد دانه و روغن را به ترتیب ۵۰ و ۵۴ درصد افزایش داد. زئولیت عملکرد را در گیاه لوبین سفید (Castaldi et al., 2005) و فلفل شیرین (Markovic et al., 2000) افزایش می‌دهد. در شرایط تنش متوسط و شدید کاربرد زئولیت و کیتوزان عملکرد دانه را به طور میانگین به ترتیب ۱۳ و ۱۸ درصد و عملکرد روغن را به ترتیب ۱۷ و ۱۲ درصد نسبت به عدم کاربرد کیتوزان بهبود بخشیدند که این افزایش بیش از تأثیر این دو ماده در شرایط بدون تنش بود (جدول ۳). کاهش درصد روغن در اثر تنش کم‌آبی می‌تواند به علت اختلال در فرآیندهای متابولیک بذر و خسارت به انتقال آسیمیلات‌ها به دانه باشد

کاربرد کیتوزان به همراه زئولیت در سطوح شاهد و تنش متوسط عملکرد دانه و روغن را افزایش داد. مصرف کیتوزان به صورت محلول پاشی، در گیاهان پنبه (Dzung, 2007)، سویا (Luan et al., 2006) و برنج (Nitar et al., 2004) سبب افزایش عملکرد می‌گردد. در شرایط تنش شدید و محلول پاشی، کاربرد زئولیت عملکرد دانه و روغن را به ترتیب ۵۰ و ۵۴ درصد افزایش داد. زئولیت عملکرد را در گیاه لوبین سفید (Castaldi et al., 2005) و فلفل شیرین (Markovic et al., 2000) افزایش می‌دهد. در شرایط تنش متوسط و شدید کاربرد زئولیت و کیتوزان عملکرد دانه را به طور میانگین به ترتیب ۱۳ و ۱۸ درصد و عملکرد روغن را به ترتیب ۱۷ و ۱۲ درصد نسبت به عدم کاربرد کیتوزان بهبود بخشیدند که این افزایش بیش از تأثیر این دو ماده در شرایط بدون تنش بود (جدول ۳). کاهش درصد روغن در اثر تنش کم‌آبی می‌تواند به علت اختلال در فرآیندهای متابولیک بذر و خسارت به انتقال آسیمیلات‌ها به دانه باشد

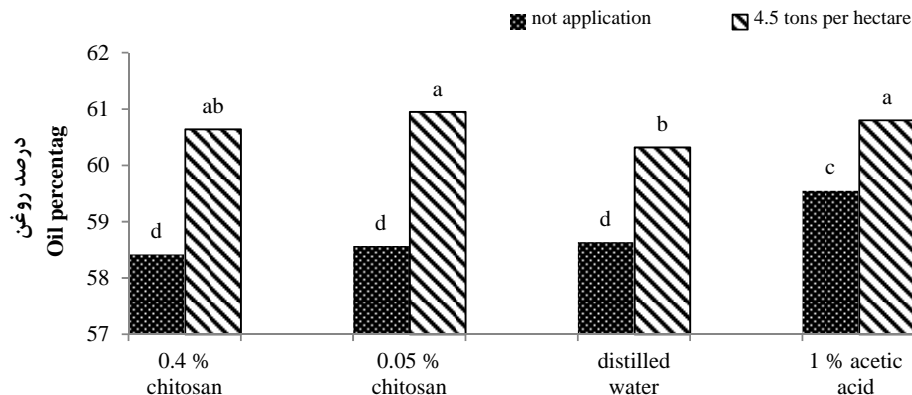
جدول ۴. مقایسه میانگین برخی صفات کنجد (*Sesamum indicum* L.) در شرایط اثر متقابل تنش کم‌آبی و زئولیت.

Table 4. Mean comparison of some sesame (*Sesamum indicum* L.) characteristics in interaction effect of water deficit stress and zeolite

تنش کم‌آبی	زئولیت	تعداد کپسول	وزن خشک کل	شاخص برداشت	درصد روغن
		در بوته	Total dry weigh (kg.ha ⁻¹)	Harvest index	Oil percentage (%)
Water stress	Zeolite	Number of pods			
شاهد	عدم کاربرد	89a	7925.08a	14.68b	59.11b
Control	None				
	۴/۵۵ تن در هکتار 4.5 t.ha ⁻¹	89a	8143.75a	15.22b	60.27a
تنش متوسط	عدم کاربرد	34c	5610b	13.98b	62.68d
	None				
Moderate stress	۴/۵۵ تن در هکتار 4.5 t.ha ⁻¹	48b	6153.33b	14.69b	63.43c
	تنش شدید	عدم کاربرد	20e	2470d	15.21b
Severe stress	None				
	۴/۵۵ تن در هکتار 4.5 t.ha ⁻¹	28d	4087.5c	19.45a	58.34e

اعداد با حروف مشابه در هر ستون از هر بخش بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن ($P < 0.05$) اختلاف معنی‌داری ندارد.

Means within each column of each section followed by the same letter are not significantly different at $P < 0.05$ by duncan's multiple range test.



محلول پاشی Foliar application

شکل ۲. اثر متقابل محلول پاشی و زئولیت بر درصد روغن کنجد (*Sesamum indicum L.*). اعداد با حروف مشابه در هر ستون از هر بخش بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن ($P < 0.05$) اختلاف معنی‌داری ندارد.

Fig 2. Interaction of foliar application and zeolite on sesame (*Sesamum indicum L.*) oil percentage. Means within each column of each section followed by the same letter are not significantly different at $P < 0.05$ by duncan's multiple range test.

ل‌پاشی با اختلاف معنی‌دار ۲ درصد، بیشترین مقادیر درصد روغن را دارا بود (شکل ۲).

نتیجه‌گیری

کیتوزان و زئولیت به‌عنوان دو ماده‌ی بهبوددهنده‌ی رشد باعث افزایش عملکرد کنجد تحت شرایط تنش کم‌آبی شدند. همچنین مشخص شد تنش کم‌آبی باعث کاهش عملکرد روغن، ارتفاع اولین کپسول از زمین و تعداد بذر در کپسول می‌شود که از طریق تأثیر بر اجزای عملکرد کاهش عملکرد دانه را در پی دارد. لذا با توجه به توجیه اقتصادی (زئولیت با قیمت ۵۰ تومان به ازای هر کیلوگرم و کیتوزان با قیمت ۱۵۰۰ تومان به ازای هر گرم) در مناطقی که با مشکل تنش کم‌آبی مواجه‌اند می‌توان از این دو ماده جهت کنترل تنش و جلوگیری از کاهش عملکرد محصول زراعی کنجد استفاده نمود.

شرایط بدون تنش و کاربرد زئولیت نسبت به تنش شدید و عدم کاربرد زئولیت با اختلاف ۹ درصد به ترتیب بیشترین و کمترین درصد روغن را دارا بودند. طی یک بررسی مشخص شد افزایش فواصل آبیاری باعث کاهش درصد روغن می‌گردد (Rezvani Moghaddam et al., 2005). کاربرد زئولیت در شرایط تنش شدید نسبت به دیگر سطوح تنش کم‌آبی تأثیر بیشتری بر درصد روغن داشت (کاربرد زئولیت در سطوح شاهد و تنش متوسط نسبت به عدم کاربرد این ماده‌ی معدنی به ترتیب درصد روغن را ۲ و ۱ درصد افزایش داد). محلول پاشی کیتوزان ۰/۴ درصد در شرایط کاربرد زئولیت با اختلاف ۴ درصد، باعث افزایش درصد روغن نسبت به شرایط عدم کاربرد زئولیت و محلول پاشی آب مقطر شد. در شرایط عدم کاربرد زئولیت کیتوزان ۰/۴ درصد نسبت به دیگر سطوح تیمار محلو-

منابع

- AOAC., 1984. Official Methods of Analysis: Association of Official Analytical Chemists. Virginia Inc, USA.
Bernardi, A.C.D.C., Werneck, C.G., Haim, P.G., Rezende, N.G.D.A.D.M., Paiva, P.R.P.,

- Monte, M.B.D.M., 2008. Growth and mineral nutrition of rangpur lime rootstock cultivated in substrate with zeolite enriched with NPK. Revista Brasilia de Fruticultura. 30, 794-800.

- Bouchereau, A., Clossais, B.N., Bensaoud, A., Beport, L., Renard, M., 1996. Water stress effects on rapeseed quality. *European Journal of Agronomy*. 5, 19-30.
- Castaldi, P., Santona, L., Melis, P., 2005. Trace immobilization by chemical amendments in a polluted soil and influence on white lupin growth. *Chemosphere*. 60, 365-371.
- Chimenti, C., Pearson, A., Hall, J., 2002. Osmotic adjustment and yield maintenance under drought in sunflower. *Field Crops Research*. 75, 235-246.
- Devlieghere, F., Vermeulen, A., Debevere, J., 2004. Chitosan: anti-microbial activity, interactions with food components and applicability as a coating on fruit and vegetables. *Food Microbiology*. 6, 703-714.
- DZUNG, N. A. 2007. Chitosan and their derivatives as prospective bio substances for developing sustainable eco-agriculture. In: Senel, S., Varum, K.M., Sumnu, M.M., Hincal, A.A. (eds.), *Advances in Chitin Science*, CRC Taylors and Francis, USA, pp. 453-459.
- Graman, J.T., 1972. Studies on the formation of reproduction organs and flower biology in the broad bean conel. MSc dissertation, Faculty of Education, University of PEF Caske Budejovice, Czech Republic.
- Golestani, M., Pakniat, H., 2007. Evaluation the drought tolerance indexes in Sesame. *Journal of Science and Technology of Agriculture and Natural Resources*. 11, 141-149. [In Persian].
- Hamidou, F., Zombre, G., Guinko, S., Diouf, O., Diop, N.N., Braconnier, S., 2007. Physiological, biochemical and agro morphological responses of five cowpea genotypes (*Vigna unguiculata* L.) to water deficit under glasshouse conditions. *Biotechnology, Agronomy, Society and Environment*. 11, 225-234.
- Kalefetoglu Macar, T., Ekmekci, Y., 2009. Alterations in photochemical and physiological activities of chickpea (*Cicer arietinum* L.) cultivars under drought stress. *Journal Agronomy Crop Science*. 195, 335-346.
- Khajehpor, M., 2005. *Industrial Crops*. Isfahan Industrial University Publication. Iran. [In Persian].
- Khan, H., Khan, A.Z., Khan, R., Matsue, N., Henmi, T., 2008. Soybean leaf area, plant height and reproductive development as influenced by zeolite application and allophonic soil. *Journal of Plant Science*. 3, 277-286.
- Khazaei, J., Mohammadi, N., 2009. Effect of temperature on hydration kinetics of sesame seeds (*Sesamum indicum* L.). *Journal of Food Engineering*. 91, 542-552.
- Kumar, A.S., Prasad, T.N., Prasad, U.K., 1996. Effect of irrigation and nitrogen on growth, yield-oil content, nitrogen uptake and water-use of summer sesame (*Sesamum indicum* L.). *Indian Journal Agronomy*. 41, 111-115.
- Luan, L.Q., Nagasawa, N., Tamada, M., 2006. Enhancement of plant growth activity of irradiated chitosan by molecular weight fractionation. *Radioisotopes*. 55, 21-27.
- Markovic, V., Djurovka, M., Ilin, Z., Lazic, B., 2000. Effect of seedling quality on yield and characters of plant and fruits of sweet pepper. *Acta Horticulture*. 533, 113-120.
- McKnight, T., Darrel, L.H., 2000. *Climate Zones and Types: The Köppen System. Physical Geography: A Landscape Appreciation*. Prentice Hall., New Jersey.
- Mehrab, N., Chorom, M., 2014. Leaching of Nitrogen in the Presence of Zeolite Enriched with Ammonium in Two Soil Textures under Wheat Cultivation. *Water and Soil Science Journal*. 24 (2), 159-170.
- Moran, J.F., Becana, M., Frechilla, S., 1994. Drought induces oxidative stress in pea plants. *Planta*. 194, 346-352.
- Mumpton, F.A., 1999. Uses of natural zeolites in agriculture and industry. *Proceedings of the National Academy of Sciences USA*. 96, 3463-3470.
- Nitar, N., Chandkrachang, S., Stevens, W.F., 2004. Application of chitosan in Myanmar's agricultural sector. p. 102-109. In Khor, E., Hutmacher, D., Yong, L.L., (eds.), *Proceedings of the 6th Asia-Pacific Chitin and Chitosan Symposium*. 23-26 May. 2004. Singapore, Republic of Singapore.
- No, H.K., Meyers, S.P., Lee, K.S., 1989. Isolation and characterization of chitin from crawfish shell waste. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 37, 575-579.

- Pospieszny, H., Chirkov, S., Atabekov, J., 1991. Induction of antiviral resistance in plants by chitosan. *Plant Science*. 79, 63–68.
- Rajeswari, S., Thiruvengadam, V., Ramaswamy, N.M., 2010. Production of interspecific hybrids between *Sesamum alatum* L. Thorn and *Sesamum indicum* L. through ovule culture and screening for philology disease resistance. *South African Journal of Botany*. 76, 252-258.
- Reddy, A.R., Chaitanya, K.V., Vivekanandan, M., 2004. Drought induced responses of photosynthesis and antioxidant metabolism in higher plants. *Plant Physiology*. 161, 1189-1202.
- Rezvani Moghaddam, P., Norozpoor, G., Nabati, J., Mohammad Abadi, A.A., 2005. Effects of different irrigation intervals and plant density on morphological characteristics, grain and oil yields of sesame. *Iranian Journal of Field Crop Researches*. 3(1), 57-68. [In Persian with English Summary].
- Roy, R., Purty, R.S., Agarwal, V., Gupta, S.C., 2006. Transformation of tomato cultivars 'Pusa Ruby' with bspA gene from *Populustremula* for drought tolerance. *Plant Cell Tissue and Organ Culture*. 84, 55-67.
- Safaei, R., Shiranirad, A.H., Mirhadi, M.J., Delkhosh, B., 2008. Effect of zeolite on agronomic traits of two rape seed cultivars on drought stress. *Journal of Plant and Environment*. 15, 63-79. [In Persian with English Summary].
- Sukwattanasinitt, M., Klaikherd, A., Skulnee, K., Aiba, S., 2001. Chitosan as releasing device for 2,4-D herbicide. In: Uragami, T., Kurita, K., Fukamizo, T., (eds.), *Chitin and Chitosan in Life Science*, Yamaguchi, Japan, pp. 142–143.
- Talwar, H.S., Chandra Sekhar, A., Nageswara Rao, R.C., 2002. Genotypic variability in membrane thermo stability in groundnut. *Indian Journal of Plant Physiology*. 7, 97–102.
- Uzun, B., Arslan, C., Furat, S., 2008. Variation in fatty acid compositions, oil content and oil yield in a germplasm collection of sesame (*Sesamum indicum* L.). *Journal of the American Oil Chemists' Society*. 85, 1135-1142.
- Wang, X.H., Li, D.P., Wang, W.J., Feng, Q.L., Cui, F.Z., Xu, Y.X., Song, X.H., Van der Werf, M., 2003. Crosslinked collagen/chitosan matrix for artificial livers. *Biomaterials*. 24, 3213–3220.
- Xiubin, H., Zhanbin, H., 2001. Zeolite application for enhancing water infiltration and retention in loess soil. *Resources, Conservation and Recycling*. 34, 45-52.