Archive of SID

تنش‌های محیطی در علوم زراعی
Environmental Stresses in Crop Sciences
جلد نهم، شماره دوم، تابستان ۱۳۹۵
۱۷۲-۱۶۳

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

سید علی علوی اصل[۱]، سیروس منصوری‌فر[۲]، سید علی‌محمد 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 هیئت‌علمی مرکز تحقیقات کشاورزی و منبع طبیعی یزد.
۶. دانشجوی کارشناسی ارشد دانشگاه پیام نور.

تاریخ دریافت: ۹۳/۰۸/۲۷؛ تاریخ پذیرش: ۹۴/۰۹/۲۳

چکیده

به‌منظور ارزیابی اثر زئولیت و محلول‌پاشی کیتوزان در گیاه کنجد تحت شرایط مختلف آبیاری، آزمایشی به‌صورت 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 قابل‌دسترس گیاه از خاک، به ترتیب به‌عنوان شاهد، تنش متوسط و تنش شدید)، محلول‌پاشی 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 محلول‌پاشی 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 (*Sesamum indicum* L.) گیاهی یک‌ساله، خودگرده‌افشان 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., 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

* نگارنده پاسخگو: سید علی محمد مدرس ثانوی. پست الکترونیک: modaresa@modares.ac.ir

www.SID.ir

Archive of SID

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 مورداستفاده قرار می‌گیرد (Pospieszny et al., 1991).

زئولیت‌ها 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). زئولیت‌ها 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 زئولیت 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 کنجد پرداخته و امکان جلوگیری از بروز خسارات ناشی از تنش را در شرایط محلول‌پاشی کیتوزان و کاربرد زئولیت، در این گیاه زراعی مورد ارزیابی قرار داد.

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=۷/۶۷ و ۰/۱۱۲ 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 زئولیت 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 روی‌هم 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 به‌وسیله دستگاه TDR و محاسبه میزان

www.SID.ir

Archive of SID

پتانسیل آب خاک به‌وسیله‌ی دستگاه صفحات فشاری برای پتانسیل‌های مختلف اعمال گردید. عملیات برداشت هنگامی‌که رنگ بوته‌ها متمایل به زرد شد ولی هنوز کپسول‌ها شکاف برنداشته 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 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.

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

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 کپسول از زمین، طول کپسول اثر معنی‌داری نداشته و دیگر صفات را تحت تأثیر قرار می‌دهد. اثر محلول‌پاشی نیز تعداد بذر در کپسول، عملکرد دانه، درصد و عملکرد روغن را به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر قرار داد. اثر متقابل تنش کم‌آبی×زئولیت طول کپسول را تحت تأثیر قرار نداد. اثر متقابل تنش کم-آبی×محلول‌پاشی تعداد کپسول در بوته، طول کپسول، وزن خشک کل و درصد روغن را تحت تأثیر قرار نداد و اثر متقابل زئولیت×محلول‌پاشی بر ارتفاع اولین کپسول از زمین، تعداد بذر در کپسول، عملکرد دانه، درصد و عملکرد روغن اثر معنی‌داری داشت. درنهایت اثرات متقابل سه‌گانه‌ی تیمارهای آزمایشی تعداد کپسول در بوته، طول کپسول، عملکرد و درصد روغن دانه را تحت تأثیر قرار داد.

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 کپسول را نشان داد (جدول ۳). با افزایش سطوح تنش از ارتفاع اولین کپسول از زمین و تعداد بذر در کپسول 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. (Safaee et al., 2008) در شرایط تنش شدید کاربرد کیتوزان و زئولیت بیشترین ارتفاع اولین کپسول از زمین را نسبت به دیگر تیمارها در این سطح داشتند (جدول ۳). محققین دیگری نیز کاهش ارتفاع اولین کپسول از زمین و تعداد بذر در کپسول را در شرایط تنش کم‌آبی گزارش کردند (Rezvani Moghaddam 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 کپسول نسبت به شاهد آب مقطر و عدم کاربرد زئولیت شد.

www.SID.ir

Archive of SID

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 یافته-های 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 (جدول۴). با توجه به جدول ۲ هیچ‌یک از 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. (Safaee et al., 2008) تنش متوسط نیز باعث کاهش مقادیر این صفت به ۲/۹ سانتی‌متر شد.

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

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

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

www.SID.ir

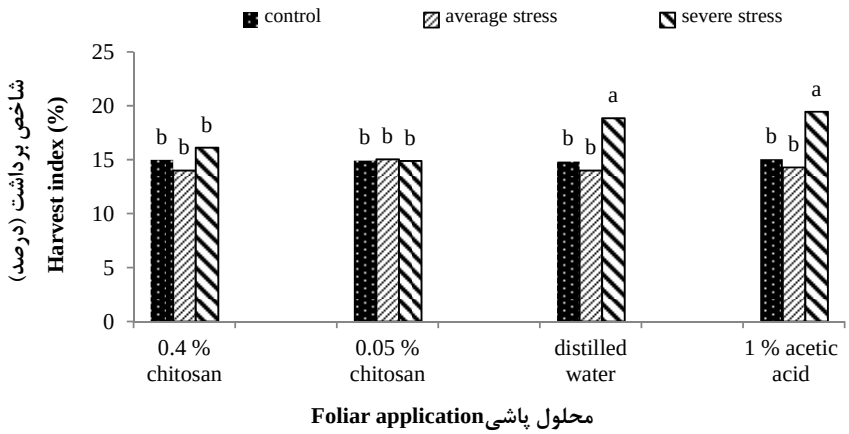
Archive of SID

Table 2. continued **ادامه‌ی جدول ۲.**

منابع تغییر S.O.V	درجه آزادی 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 ($kg.ha^{-1}$)
تکرار Replication (R)	2	12040ns	1384369ns	6.566ns	0.0782ns	4022ns
تنش کم‌آبی Water deficit stress (I)	2	2430308**	14165336**	60.131*	260.44**	1153088**
تکرار × تنش کم‌آبی R*I	4	513.74	960659	5.071	0.207	281
زئولیت Zeolite (Z)	1	740747**	13287012**	60.529**	63.769**	310600**
محلول‌پاشی Foliar application (F)	3	60859**	774261ns	7.5219ns	1.8026**	21621**
تنش کم‌آبی × زئولیت I*Z	2	191676**	2611879**	26.243**	15.849**	66685**
تنش کم‌آبی × محلول‌پاشی I*F	6	21306**	159665ns	11.215*	0.2686ns	6022**
زئولیت × محلول‌پاشی Z*F	3	4243**	395012ns	1.4133ns	1.2047**	2108**
تنش کم‌آبی × زئولیت × محلول‌پاشی I*Z*F	6	12297**	228812ns	4.5729ns	0.2673ns	4514**
خطا Error	42	14.696	457054	3.8955	0.1282	14.817
ضریب تغییرات (٪) CV (%)		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 کم‌آبی و محلول‌پاشی بر شاخص برداشت 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 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.

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۳. مقایسه میانگین برخی صفات کنجد (*Sesamum indicum* L.) در شرایط اثر متقابل تنش کم‌آبی، زئولیت و محلول‌پاشی

Table 3. Mean comparison of some sesame (*Sesamum indicum* L.) characteristics in interaction effect of water deficit stress, zeolite and foliar applications.

تنش کم‌آبی Water deficit stress	زئولیت Zeolite	محلول‌پاشی Foliar application	ارتفاع اولین کپسول از زمین Height of first pod (cm)	تعداد بذر در کپسول Seeds per pod	عملکرد دانه Seed yield (kg)	عملکرد روغن Oil yield (kg/ha)
شاهد Control	عدم کاربرد None	کیتوزان ۰/۴ Chitosan 0.4	43bc	64.6bc	1124e	699.11f
		کیتوزان ۰/۰۵ Chitosan 0.05	42cd	64.6bc	1138d	710.83e
		آب مقطر Distilled water	44ab	68a	1209c	454.4d
		اسید استیک Acetic acid	43bc	63cd	1256b	800.16b
	۴/۵ تن در هکتار 4.5 t.ha^{-1}	کیتوزان ۰/۴ Chitosan 0.4	45a	61d	1302a	826.35a
		کیتوزان ۰/۰۵ Chitosan 0.05	41de	62cd	1297a	825.44a
		آب مقطر Distilled water	40e	64bc	1253b	793.32c
		اسید استیک Acetic acid	41de	66ab	1254b	794.22bc
تنش متوسط Moderate stress	عدم کاربرد None	کیتوزان ۰/۴ Chitosan 0.4	35gh	46hi	94kl	486.58ml
		کیتوزان ۰/۰۵ Chitosan 0.05	36fg	48gh	802k	470.99l
		آب مقطر Distilled water	34h	44i	782m	462.9m
		اسید استیک Acetic acid	34h	50g	792l	473.9l
	۴/۵ تن در هکتار 4.5 t.ha^{-1}	کیتوزان ۰/۴ Chitosan 0.4	35gh	54f	832j	501.04k
		کیتوزان ۰/۰۵ Chitosan 0.05	36fg	51g	842i	509.59j
		آب مقطر Distilled water	34fg	57ef	964f	580.87g
		اسید استیک Acetic acid	37f	85e	953g	574.05h
تنش شدید Severe stress	عدم کاربرد None	کیتوزان ۰/۴ Chitosan 0.4	19j	20l	251r	136.03r
		کیتوزان ۰/۰۵ Chitosan 0.05	23i	22kl	256r	139.74r
		آب مقطر Distilled water	20j	22kl	507r	276.07q
		اسید استیک Acetic acid	20j	24k	558q	307.69p
	۴/۵ تن در هکتار 4.5 t.ha^{-1}	کیتوزان ۰/۴ Chitosan 0.4	19j	21l	712p	415.38o
		کیتوزان ۰/۰۵ Chitosan 0.05	22i	28j	737j	433.46n
		آب مقطر Distilled water	23i	24k	877h	503.4jk
		اسید استیک Acetic acid	23i	28j	822h	519.59i

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.

www.SID.ir

Archive of SID

کاربرد کیتوزان به همراه زئولیت در سطوح شاهد و تنش متوسط عملکرد دانه و روغن را افزایش داد. مصرف کیتوزان به‌صورت محلول‌پاشی، 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 محلول‌پاشی، کاربرد زئولیت عملکرد دانه و روغن را به ترتیب ۵۰ و ۵۴ درصد افزایش داد. زئولیت عملکرد را در گیاه لوپین 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 به‌طور 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 (Bouchereau et al., 1996). کاربرد زئولیت در شرایط تنش شدید باعث افزایش ۴۰ و ۲۲ درصدی وزن خشک کل و شاخص برداشت نسبت به عدم کاربرد این ماده‌ی معدنی شد. تولید ماده‌ی خشک در گیاه *Citrus limonia* به‌طور معنی‌داری با کاربرد زئولیت غنی‌شده با NPK افزایش می‌یابد (Bernardi et al., 2008). افزایش این دو صفت در سطوح دیگر تنش معنی‌دار نبود. در تحقیقی مشخص شد وقوع تنش کم‌آبی در مرحله‌ی گرده‌افشانی و رسیدگی فیزیولوژیکی تأثیر معنی‌داری روی شاخص برداشت دارد (Chimenti et al., 2002). به نظر می‌رسد زئولیت بر جذب آب و مواد غذایی و کاهش آبشویی عناصر نیتروژن و فسفر از خاک‌ها و بهبود کیفیت خاک مؤثر است، بنابراین دسترسی به مواد غذایی را بهبود می‌دهد (Mehrab and Chorom, 2005). کیتوزان ۰/۴ و ۰/۰۵ درصد در سطح تنش شدید ۲۳ درصد شاخص برداشت را نسبت به دیگر سطوح این تیمار افزایش داد (شکل ۱).

جدول۴. 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

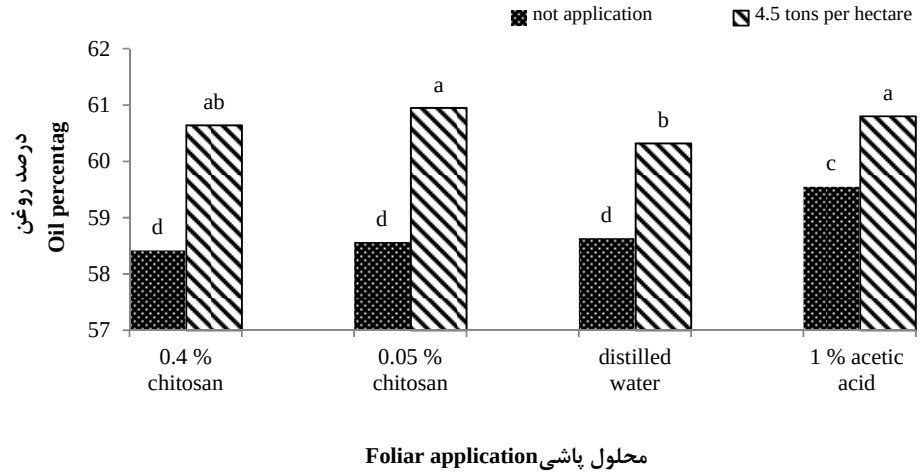
تنش کم‌آبی	زئولیت	تعداد کپسول در بوته	وزن خشک کل	شاخص برداشت	درصد روغن
Water stress	Zeolite	Number of pods	Total dry weigh ($kg.ha^{-1}$)	Harvest index	Oil percentage (%)
شاهد Control	عدم کاربرد None	89a	7925.08a	14.68b	59.11b
	۴/۵۵ تن در هکتار 4.5 $t.ha^{-1}$	89a	8143.75a	15.22b	60.27a
تنش متوسط Moderate stress	عدم کاربرد None	34c	5610b	13.98b	62.68d
	۴/۵۵ تن در هکتار 4.5 $t.ha^{-1}$	48b	6153.33b	14.69b	63.43c
تنش شدید Severe stress	عدم کاربرد None	20e	2470d	15.21b	54.6f
	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.

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۲. اثر متقابل محلول‌پاشی 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.

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). محلول‌پاشی کیتوزان ۰/۴ درصد در شرایط کاربرد زئولیت با اختلاف ۴ درصد، باعث افزایش درصد روغن نسبت به شرایط عدم کاربرد زئولیت و محلول‌پاشی آب مقطر شد. در شرایط عدم کاربرد زئولیت کیتوزان ۰/۴ درصد نسبت به دیگر سطوح تیمار محلو-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 قیمت۵۰ 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.

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.

www.SID.ir

Archive of SID

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., Chandrkrachang, 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.

www.SID.ir

Archive of SID

Pospieszny, H., Chirkov, S., Atabekov, J., 1991. Induction of antiviral resistance inplants 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.

www.SID.ir