



به زراعی کشاورزی

دوره ۱۷ ■ شماره ۳ ■ پاییز ۱۳۹۴
صفحه‌های ۶۴۷-۶۳۵

تأثیر کاربرد زئولیت و محلول پاشی سلنیم در رژیم‌های مختلف رطوبتی بر برخی صفات فیزیولوژیک و عملکرد دانه کدوی پوست کاغذی

معصومه نعیمی^{۱*}، غلام‌علی اکبری^۲، امیرحسین شیرانی‌راد^۳، طاهره حسنلو^۴، غلام‌عباس اکبری^۵ و مهدیه امیری‌نژاد^۵

۱. استادیار، گروه تولیدات گیاهی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه گنبد کاووس، ایران
۲. دانشیار، گروه علوم زراعی و اصلاح نباتات، پردیس ابوریحان، دانشگاه تهران، ایران
۳. استاد پژوهش، بخش دانه‌های روغنی، مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر، کرج، ایران
۴. استادیار پژوهش، بخش فیزیولوژی، پژوهشکده بیوتکنولوژی کشاورزی، کرج، ایران
۵. استادیار، گروه علوم گیاهی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه جیرفت، ایران

تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۴/۰۵/۱۱

تاریخ وصول مقاله: ۱۳۹۳/۰۵/۲۳

چکیده

به منظور بررسی تأثیر کاربرد زئولیت و محلول پاشی سلنیم در رژیم‌های مختلف رطوبتی بر برخی صفات فیزیولوژیک و عملکرد دانه گیاه دارویی کدوی پوست کاغذی (*Cucurbita pepo* L.)، آزمایشی به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار، در منطقه تاکستان واقع در استان قزوین طی سال ۱۳۸۹ به اجرا درآمد. عامل آبیاری در سه سطح شامل آبیاری معمول براساس ۶۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر کلاس A (شاهد)، قطع آبیاری در مرحله گلدهی و قطع آبیاری در مرحله میوه‌دهی، زئولیت در دو سطح (عدم کاربرد و کاربرد به مقدار ۱۰ تن در هکتار) و سلنیم نیز در دو سطح (عدم مصرف و مصرف ۳۰ گرم در هکتار از منبع سلنات سدیم) بود. تنش کم‌آبی به کاهش صفات هدایت روزنه‌ای، مقدار کاروتنوئید، محتوای کلروفیل a، عملکرد دانه و افزایش غلظت پرولین و محتوای کلروفیل b منجر شد. کاربرد زئولیت به مقدار ۱۰ تن در هکتار در شرایط تنش کم‌آبی، ضمن تأثیر مطلوب بر محتوای کلروفیل a و b و عملکرد دانه، موجب بهبود صفت هدایت روزنه‌ای و کاهش غلظت پرولین شد. بیشترین عملکرد دانه از کاربرد همزمان زئولیت و سلنیم در شرایط آبیاری معمول (۱۳۲۹ کیلوگرم در هکتار) به دست آمد. با توجه به نتایج، کاربرد زئولیت و سلنیم در مناطقی که در معرض تنش کم‌آبی هستند، از طریق بهبود شرایط فیزیولوژیک گیاه می‌تواند موجب بهبود شرایط رشد گیاه و حصول عملکرد دانه بیشتر شود.

کلیدواژه‌ها: پرولین، تنش کم‌آبی، سلنیم، کاروتنوئید، کلروفیل.

۱. مقدمه

خشکسالی و تنش ناشی از آن، مهم‌ترین و رایج‌ترین تنش محیطی در ایران محسوب می‌شود که تولیدات کشاورزی را محدود می‌کند و بازده استفاده از مناطق نیمه‌خشک و دیم را کاهش می‌دهد. تولید گونه‌های فعال اکسیژن^۱ (ROS) در شرایط تنش رطوبتی موجب افزایش تجزیه کلروفیل و در نهایت، کاهش محتوای کلروفیل می‌شود [۱۹]. گیاهان سطوح مختلفی از سازگاری را در واکنش به شرایط تنش کم‌آبی نشان می‌دهند و از میان آنها، می‌توان به تغییر در میزان باز و بسته بودن روزنه‌ها اشاره کرد که توسط هورمون گیاهی اسید آبسزیک کنترل می‌شود. طی بررسی اثر تنش خشکی در مرحله گلدهی گیاه کلزا، هدایت روزنه‌ای در تیمار تنش خشکی به میزان معناداری در مقایسه با شرایط بدون تنش (شاهد) کاهش یافت که این امر را وابسته به مقدار تجمع اسید آبسزیک در شرایط تنش خشکی دانسته‌اند [۲۶].

تنظیم اسمزی بخشی از سازوکارهای اجتناب از خشکی به منظور مقابله با کاهش آماز و یکی از مهم‌ترین سازوکارهای سازگاری به تنش شناخته می‌شود [۸]. مزیت مسلم تنظیم اسمزی در گیاه آن است که پتانسیل آب در سلول‌ها و بافت‌ها ثابت می‌ماند و بنابراین از هر گونه کاهش آماز جلوگیری می‌شود [۱۵، ۶]. تولید و تجمع اسیدهای آمینه آزاد به‌ویژه پرولین توسط بافت گیاه در طی شوری و تنش رطوبتی رایج‌ترین و معمول‌ترین واکنش سازگاری است و نوعی ماده سازگار که پتانسیل اسمزی را در سیتوپلاسم تنظیم می‌کند، شناخته شده است و به‌عنوان یک مارکر متابولیکی در ارتباط با تنش استفاده می‌شود [۱۵، ۶]. اگرچه پرولین در همه اندام‌های گیاه در طی تنش تجمع می‌یابد، سریع‌ترین انباشت را در برگ‌ها دارد [۲]. به‌نظر می‌رسد افزودن ژنولیت به خاک، یکی از

راهکارهای امکان‌پذیر برای کاهش تأثیرات کمبود آب بر تولید گیاهان زراعی باشد. ژنولیت‌ها گروهی از کانی‌های طبیعی آلومینوسیلیکاته آب‌دار با فرمول کلی $\text{AlO}_2\text{SiO}_2\text{H}_2\text{O}$ با ساختمانی بلوری ویژه‌ای هستند که کاربردهای متعددی در کشاورزی و باغبانی دارند. قابلیت فراوان آنها در جذب و ذخیره‌سازی آب سبب می‌شود که ۱. آب مصرفی گیاه ذخیره شود تا در هنگام لزوم از آن در ژنولیت استفاده شود؛ ۲. به دلیل ظرفیت زیاد تبادل کاتیونی و قرار گرفتن بعضی کاتیون‌ها از جمله آمونیوم در شبکه خود، افزون بر نقش اصلاح‌کنندگی در خاک، می‌تواند تأثیر تغذیه‌ای داشته باشند و سبب بهبود رشد گیاه به‌خصوص در اراضی‌ای با قابلیت تبادل کاتیونی ضعیف شوند [۹].

سلنیم موجب حفظ و بهبود سیستم‌های دفاعی آنتی‌اکسیدانی و تجمع قند و نشاسته می‌شود [۷]. سلنیم دارای خاصیت آنتی‌اکسیدانی است و تحت شرایط تنش‌های محیطی، به‌ویژه تنش خشکی می‌تواند زداینده اکسیژن فعال باشد [۲۷]. سلنیم همچنین از کاهش کلروفیل تحت شرایط تنش خشکی جلوگیری می‌کند [۲۰]. کدوی پوست‌کاغذی^۲ یکی از گیاهان دارویی شناخته‌شده در دنیا محسوب می‌شود. ترکیبات موجود در روغن دانه گیاهان جنس کدو به‌طور مؤثری در درمان کرم‌های روده‌ای، تومورهای خوش‌خیم پروستات، مشکلات مجاری ادراری، التهابات معده و تصلب شرایین نقش دارد [۲۲].

با توجه به اینکه در اکثر مناطق ایران، کمبود آب همواره از مهم‌ترین عوامل محدودکننده تولید در بخش کشاورزی است، هر گونه تحقیق در زمینه رژیم‌های مختلف آبیاری، ارزیابی شیوه‌های افزایش تحمل به تنش‌های محیطی به‌ویژه خشکی در گیاهان زراعی با هدف بهره‌وری بیشتر از منابع آبی و خاکی ضروری به‌نظر می‌رسد. براساس شواهد موجود تا کنون تأثیر تنش کم‌آبی

تأثیر کاربرد زئولیت و محلول پاشی سلنیم در رژیم‌های مختلف رطوبتی بر برخی صفات فیزیولوژیک و عملکرد دانه کدوی پوست‌کاغذی

به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در منطقه تاکستان استان قزوین در سال ۱۳۸۹ به اجرا درآمد. شرایط اقلیمی این استان با روش‌های رایج دنیا، همچون روش طبقه‌بندی دومارتن و ترنت وایت نشان می‌دهد که منطقه تاکستان جزو مناطق نیمه‌خشک است، یعنی پنج ماه از سال (آبان تا فروردین) دوره مرطوب و هفت ماه از سال دوره خشک (اردیبهشت تا آبان) در منطقه حکمفرماست. براساس میانگین داده‌های سی‌ساله اخیر اداره هواشناسی قزوین، متوسط بارندگی سالیانه منطقه ۲۳۸/۵ میلی‌متر است و بارندگی‌ها اغلب در اواخر پاییز و اوایل بهار روی می‌دهد. شایان ذکر است که مقدار کل بارندگی در طول فصل رشد مورد نظر (تیر تا آبان) در سال آزمایش ۲۰/۴ میلی‌متر بود. در این آزمایش، از نقاط مختلف خاک مزرعه در دو عمق ۰-۳۰ و ۳۰-۶۰ سانتی‌متری نمونه‌برداری به صورت مرکب صورت گرفت و نمونه‌ها برای تعیین خواص فیزیکی و شیمیایی به آزمایشگاه منتقل شدند. مشخصات فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش در جدول ۱ ارائه شده است.

بر گیاه کدوی پوست‌کاغذی بررسی نشده است. از آنجا که این گیاه به تازگی وارد فلور گیاهی ایران شده و کشت آن در مناطق مختلف در حال توسعه است، توسعه سطح زیر کشت به همراه افزایش عملکرد در واحد سطح، زمانی تحقق می‌یابد که بتوان برای افزایش سطح زیرکشت آن به ویژه در مناطق خشک و نیمه‌خشک کشور گام‌های اساسی برداشت.

هدف پژوهش حاضر، مطالعه تأثیر کاربرد زئولیت و سلنیم در رژیم‌های مختلف رطوبتی بر برخی صفات فیزیولوژیک و عملکرد دانه گیاه دارویی کدوی پوست‌کاغذی از جمله محتوای کلروفیل a، b، کلروفیل کل، مقدار کاروتنوئید، محتوای پرولین و هدایت روزنه‌ای است.

۲. مواد و روش‌ها

به منظور بررسی تأثیر کاربرد زئولیت و محلول پاشی سلنیم در رژیم‌های مختلف رطوبتی بر برخی صفات فیزیولوژیک و عملکرد دانه گیاه دارویی کدوی پوست‌کاغذی، آزمایشی

جدول ۱. مشخصات فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش

عمق خاک (cm)	بافت خاک	اسیدیته	نیترژن کل	هدایت الکتریکی (ds/m)	پتاسیم قابل جذب	فسفر قابل جذب	آهن	روی	مس	منگنز
		اشباع	(%)		جذب	جذب	(mg/kg)			
۰-۳۰	لومی رسی	۷/۱	۰/۰۵	۰/۸۵	۳۲۹	۲۰/۱۰	۶/۶۰	۳/۷۰	۱/۸۰	۲۴/۳
۳۰-۶۰	لومی	۷/۲	۰/۰۷	۰/۸۱	۲۶۴	۷/۸	۶/۲۰	۱/۹۰	۱/۰۵	۱۳/۱۵

نیترژن از کود اوره استفاده شد. یک سوم از کود نیترژنه به صورت پیش‌کاشت، در زمان تهیه زمین و بقیه کود نیترژنه به صورت سرک (یک سوم در زمان ساقه‌دهی و

پس از آماده‌سازی زمین برای کاشت با توجه به نتایج آزمایش خاک و توصیه‌های کودی مشخص شد که خاک نیازی به کود فسفره و پتاس ندارد و برای تأمین کود

به منظور ارزیابی محتوای پرولین برگ، ۰/۵ گرم از نمونه برگ منجمد شده توزین و ضمن ساییدن به تدریج ۱۰ میلی لیتر اسید سولفوسالسیلیک ۳ درصد، به آن اضافه شد. محلول به دست آمده به لوله آزمایش دردار منتقل شد و به مدت ۱۵ دقیقه سانتریفیوژ (۳۰۰۰ دور در دقیقه) شد (مدل Sigma 3-18k-آلمن). ۱ میلی لیتر از عصاره حاصل به لوله آزمایش منتقل شد و سپس ۱ میلی لیتر معرف ناین هیدرین و ۱ میلی لیتر اسید استیک گلاسیال به آن افزوده شد و یک ساعت در حمام آب گرم ۱۰۰ درجه قرار گرفت تا رنگ صورتی گلی تولید شد؛ سپس به منظور توقف واکنش ها در آب یخ قرار گرفت و بعد از سرد شدن، به هر لوله آزمایش ۴ میلی لیتر محلول تولوئن اضافه شد. بدین ترتیب در هر لوله، دو فاز مایع تشکیل شد. فاز بالایی حاوی کمپلکس رنگی (قرمز، بسته به غلظت پرولین متغیر است و از قرمز تا گلی رنگ تغییر می کند)، برای اندازه گیری مقدار پرولین استفاده شد و میزان جذب نور آن در طول موج ۵۲۰ نانومتر با دستگاه اسپکتروفتومتر اندازه گیری شد. غلظت پرولین برحسب میکرومول بر گرم بافت تازه برگ با استفاده از منحنی استاندارد تعیین شد [۵].

برای سنجش مقدار کلروفیل، ۰/۵ گرم بافت تازه برگ در ۱۰ میلی لیتر دی متیل سولفوکسید^۱ (DMSO) هموژنیزه شد و به مدت چهار ساعت در حمام آب گرم و در دمای ۶۵ درجه سانتی گراد قرار گرفت. سپس میزان جذب در طول موج های ۶۴۵، ۶۶۵ و ۴۷۰ نانومتر قرائت شد [۱۱]. مقدار کلروفیل a، b و کلروفیل کل براساس روش استاندارد محاسبه شد و برحسب میلی گرم در گرم وزن تازه ارائه شد [۱۴]:

$$\text{Chl}_a \text{ (mg/FW)} = 12.25 A_{663} - 2.79 A_{645} \quad (1)$$

$$\text{Chl}_b \text{ (mg/ FW)} = 21.5 A_{645} - 5.1 A_{663} \quad (2)$$

$$\text{Totla Chl (mg/ FW)} = \text{Chl}_a + \text{Chl}_b \quad (3)$$

یک سوم در زمان غنچه دهی) به طور یکنواخت در زمین پخش شد. در این بررسی، عامل آبیاری در سه سطح، شامل آبیاری معمول براساس ۶۰ میلی متر تبخیر از تشتک تبخیر کلاس A (شاهد)، قطع آبیاری در مرحله گلدهی و قطع آبیاری در مرحله میوه دهی و عامل زئولیت در دو سطح عدم کاربرد و کاربرد ۱۰ تن در هکتار بود که زئولیت مصرفی هر کرت محاسبه و توزین شد و به صورت نواری در قسمت داغ آب پشته ها و در عمق ۳۰ سانتی متری زیر خاک شد [۲۹، ۱]. عامل محلول پاشی سلنیم نیز در دو سطح صفر و ۳۰ گرم در لیتر در هکتار از منبع سلنات سدیم (Na₂O₄Se) بود [۲۹]. بذر کدوی پوست کاغذی از شرکت پاکان بذر و زئولیت مصرفی از شرکت افرازند تهیه شد. کاشت در تاریخ ۱۴ تیر به عنوان کشت دوم پس از برداشت گیاه جو و به صورت جوی و پشته انجام گرفت. هر کرت آزمایشی شامل چهار خط کاشت به طول ۱۰ متر، فاصله بوته روی ردیف ۵۰ سانتی متر و تراکم ۱/۳۳ بوته در متر مربع بود. بین بلوک ها برای جلوگیری از اختلاط تیمارهای مختلف موجود، ۶ متر فاصله در نظر گرفته شد و برای هر بلوک سرآب و فازآب جداگانه طراحی شد. همچنین بین کرت های اصلی در هر بلوک ۲/۵ متر فاصله منظور شد. کل عملیات داشت، به جز آبیاری به صورت یکسان انجام گرفت.

دو هفته پس از اعمال تنش کم آبی، ارزیابی هدایت روزنه ای روی برگ های بالغ (سومین برگ از رأس بوته ها) بین ساعت ۱۱-۱۳ توسط دستگاه پرومتر (مدل Delta-T-انگلستان) انجام گرفت [۱۷]. به منظور بررسی صفات فیزیولوژیک و بیوشیمیایی، نمونه های ۱ گرمی از برگ های بالغ و سالم هر بوته برداشت و بلافاصله بعد از قرار دادن در ورقه های آلومینیومی در نیتروژن مایع منجمد شدند. در پایان نمونه ها تا زمان اجرای آزمایش های مربوط در فریزر ۸۰- درجه سانتی گراد نگهداری شدند.

1. Dimethylsulfoxide

تأثیر کاربرد زئولیت و محلول پاشی سلنیم در رژیم‌های مختلف رطوبتی بر برخی صفات فیزیولوژیک و عملکرد دانه کدوی پوست کاغذی

(۹) تجزیه واریانس شدند و میانگین داده‌ها به روش آزمون چنددامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵ درصد مقایسه شدند.

۳. نتایج و بحث

۳.۱. هدایت روزنه‌ای برگ

اعمال تیمارهای قطع آبیاری طی مراحل گلدهی و میوه‌دهی به ترتیب به کاهش ۲۰ و ۱۷ درصدی هدایت روزنه‌ای برگ در مقایسه با تیمار آبیاری معمول منجر شد (جدول ۲). تأثیر منفی تنش کم‌آبی بر هدایت روزنه‌ای را محققان دیگر نیز گزارش کرده‌اند [۱۷، ۱۲]. تحت شرایط تنش رطوبتی، هدایت روزنه‌ای، پتانسیل آب برگ، محتوای نسبی آب برگ و پایداری دمای گیاه، کاهش؛ و وزن ویژه برگ و دمای برگ در کلزا افزایش یافت [۱۷].

$$\text{Car (mg/FW)} = (1000 A_{470} - 1.8 C_a - 85.02 C_b)/198$$

عملیات برداشت به ترتیب رسیدگی میوه‌ها از مهر تا اواخر آبان ادامه داشت. پس از هر بار برداشت میوه در طول فصل رشد، میوه‌های مربوط به چهار بوته از هر کرت، جداگانه توزین شدند؛ سپس دانه‌ها از میوه استخراج و در سایه خشک شدند. در پایان، میانگین عملکرد دانه خشک برای هر تیمار تعیین و براساس کیلوگرم در هکتار محاسبه شد. درصد روغن دانه نیز به روش سوکسله با استفاده از حلال پترولیوم اتر و در مدت شش ساعت استخراج و اندازه‌گیری شد.

همه داده‌های حاصل از آزمایش پس از اطمینان از یکنواختی داده‌ها، با استفاده از نرم‌افزار آماری SAS (نسخه

جدول ۲. مقایسه میانگین تأثیرات اصلی تیمارهای آبیاری، زئولیت و سلنیم بر صفات مورد مطالعه در گیاه دارویی کدوی پوست کاغذی

میانگین								تیمار
مقدار روغن دانه (%)	عملکرد دانه (kg/ha)	کاروتنوئید (mg/g fw)	کلروفیل کل (mg/g fw)	کلروفیل b (mg/g fw)	کلروفیل a (mg/g fw)	پرویلین (μmol/g fw)	هدایت روزنه‌ای (mmol/m/s)	
								آبیاری معمول (شاهد)
۴۳/۹ ^a	۱۲۷۲ ^a	۱/۴ ^a	۴/۱۳ ^a	۰/۷۹ ^c	۳/۳۳ ^a	۲/۲۷ ^b	۱۲۳/۳۱ ^a	آبیاری معمول (شاهد)
۴۳/۱ ^{ab}	۱۱۳۸ ^b	۱/۰۳ ^c	۳/۶۵ ^b	۱/۰۸ ^b	۲/۵۶ ^b	۵/۲۰ ^a	۹۹/۰۶ ^b	قطع آبیاری در مرحله گلدهی
۴۲/۳ ^b	۸۷۶ ^c	۱/۲۶ ^b	۳/۹۹ ^a	۱/۵۷ ^a	۲/۴۲ ^c	۵/۱۳ ^a	۱۰۲/۱۳ ^b	قطع آبیاری در مرحله میوه‌دهی
								زئولیت (ton/ha)
۴۳/۲ ^a	۱۰۳۰ ^b	۱/۲۰ ^b	۳/۶۷ ^b	۱/۰۸ ^b	۲/۵۹ ^b	۴/۷۴ ^a	۱۰۰/۳۴ ^b	۰
۴۳/۱ ^a	۱۱۶۱ ^a	۱/۳۱ ^a	۴/۱۷ ^a	۱/۲۱ ^a	۲/۹۶ ^a	۳/۶۶ ^b	۱۱۵/۹۹ ^a	۱۰
								سلنیم (g/lit/ha)
۴۳/۴ ^a	۱۰۵۶ ^b	۱/۲۴ ^a	۳/۹۳ ^a	۱/۱۴ ^a	۲/۷۹ ^a	۴/۲۶ ^a	۱۰۷/۵۶ ^a	۰
۴۲/۸ ^a	۱۱۳۴ ^a	۱/۲۸ ^a	۳/۹۱ ^a	۱/۱۵ ^a	۲/۷۶ ^a	۴/۱۳ ^b	۱۰۸/۷۸ ^a	۳۰

اعدادی که در هر ستون دست‌کم دارای یک حرف مشترک‌اند، اختلاف معنادار با آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد ندارند.

تنش قطع آبیاری در مراحل میوه‌دهی و گلدهی تعلق داشت که اختلاف معناداری نداشتند و در گروه آخر آماری جدول مقایسه میانگین از نظر صفت مذکور قرار گرفتند (جدول ۳). در این پژوهش به نظر می‌رسد کاربرد زئولیت با حفظ رطوبت بیشتر و جذب بیشتر آب از خاک مرتبط است و همین امر به بهبود وضعیت آبی در گیاه و افزایش هدایت روزنه‌ای منجر شده است.

کاربرد ۱۰ تن زئولیت در هکتار تحت شرایط اعمال تنش کم آبی در مراحل گلدهی و میوه‌دهی تأثیر مثبت و معناداری بر میزان هدایت روزنه‌ای داشت و موجب افزایش آن شد (جدول ۳). بیشترین میزان صفت مذکور مربوط به تیمارهای عدم کاربرد و کاربرد زئولیت تحت شرایط آبیاری معمول بود که اختلاف معناداری نداشتند و در گروه آماري مشابه قرار گرفتند. کمترین میزان هدایت روزنه‌ای نیز به تیمارهای عدم کاربرد زئولیت تحت شرایط

جدول ۳. مقایسه میانگین تأثیرات دوگانه آبیاری × زئولیت بر صفات مورد مطالعه در کدوی پوست کاغذی

تیمار	هدایت روزنه‌ای (mmol/m/s)	پرویلین (μmol/g fw)	کلروفیل a (mg/g fw)	کلروفیل b (mg/g fw)	کلروفیل کل (mg/g fw)	عملکرد دانه (kg/ha)	مقدار روغن دانه (%)
آبیاری معمول (شاهد)	۱۲۴/۷۵ ^a	۲/۳۱ ^c	۳/۳۹ ^a	۰/۸۳ ^c	۴/۲۲ ^{ab}	۱۲۵۳ ^a	۴۳/۹۳ ^a
قطع آبیاری در مرحله گلدهی	۱۲۱/۸۷ ^a	۲/۲۴ ^c	۳/۲۸ ^a	۰/۷۵ ^c	۴/۰۳ ^b	۱۲۹۲ ^a	۴۳/۹۲ ^a
قطع آبیاری در مرحله میوه‌دهی	۸۸/۹۶ ^d	۶/۰۱ ^a	۲/۳۱ ^c	۰/۸۳ ^c	۳/۱۵ ^d	۱۰۷۴ ^c	۴۲/۴۷ ^{ab}
آبیاری معمول (شاهد)	۱۰۹/۱۷ ^c	۴/۳۸ ^b	۲/۸۲ ^b	۱/۳۳ ^b	۴/۱۴ ^{ab}	۱۲۰۱ ^b	۴۳/۷۷ ^a
قطع آبیاری در مرحله میوه‌دهی	۸۷/۳۲ ^d	۵/۸۹ ^a	۲/۰۸ ^d	۱/۵۸ ^a	۳/۶۶ ^c	۷۶۲ ^e	۴۳/۱۰ ^{ab}
آبیاری معمول (شاهد)	۱۱۶/۹۳ ^b	۴/۳۷ ^b	۲/۷۷ ^b	۱/۵۶ ^a	۴/۳۳ ^a	۹۸۹ ^d	۴۱/۵۶ ^b

اعدادی که در هر ستون دست‌کم دارای یک حرف مشترک‌اند، اختلاف معنادار با آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد ندارند.

تا حد چشمگیری (۵۶ درصد) نسبت به شاهد (آبیاری معمول) افزایش داد، ولی بین تیمارهای قطع آبیاری در مراحل گلدهی و میوه‌دهی اختلاف معناداری وجود نداشت (جدول ۲). نتایج به دست آمده مبنی بر افزایش مقدار پرویلین در شرایط تنش خشکی در دیگر تحقیقات ارائه شده است [۱۵]. همچنین افزایش تجمع پرویلین و قندهای محلول و کاهش محتوای رطوبت نسبی برگ در گیاه دارویی بادرنجبویه در شرایط تنش خشکی گزارش شد که اظهارات مذکور مؤید نتایج پژوهش حاضر است [۳].

در این بررسی، هدایت روزنه‌ای در شرایط تنش کم آبی تحت تأثیر محلول‌پاشی سلنیم قرار نگرفت، ولی در برخی منابع به تأثیر مثبت و معنادار هدایت روزنه‌ای از مصرف سلنیم تحت تنش خشکی در گیاه گندم سیاه اشاره شده است [۲۳].

۲.۳. مقدار پرویلین برگ

مقدار پرویلین تحت تأثیر عامل آبیاری قرار گرفت و بروز تنش کم آبی در مراحل گلدهی و میوه‌دهی صفت مذکور را

تنش خشکی از طریق افزایش میزان فراهمی رطوبت، موجب تخفیف تأثیرات تنش و در نتیجه کاهش تجمع پرولین شود. محلول‌پاشی سلنیم در شرایط تنش قطع آبیاری طی مراحل گلدهی و میوه‌دهی نیز به کاهش معنادار تجمع پرولین منجر شد (جدول ۴). بیشترین مقدار پرولین به تیمار عدم مصرف سلنیم تحت شرایط تنش کم‌آبی در مرحله گلدهی تعلق داشت و کمترین مقدار آن نیز مربوط به تیمارهای عدم مصرف و مصرف سلنیم تحت شرایط رطوبتی نرمال بود که به اتفاق رتبه آخر مقایسه میانگین تأثیرات متقابل دوگانه آبیاری و سلنیم را به خود اختصاص دادند (جدول ۴). در بررسی تأثیر محلول‌پاشی سلنیم در شرایط تنش رطوبتی بر گیاه برنج، سلنیم موجب افزایش تجمع پرولین در شرایط تنش شد [۲۸].

۳.۳. محتوای کلروفیل a، b و کلروفیل کل

همان‌گونه که از جدول مقایسه میانگین استنباط می‌شود، اعمال تیمارهای قطع آبیاری در هر دو مرحله گلدهی و میوه‌دهی موجب کاهش محتوای کلروفیل a (به ترتیب ۲۳ و ۲۷ درصد) و تنش در مرحله گلدهی، به کاهش کلروفیل کل (۱۲ درصد) منجر شد، درحالی که بروز تنش کم‌آبی در مرحله میوه‌دهی تأثیر معناداری بر مقدار کلروفیل کل نداشت (جدول ۲). بروز تنش در مراحل گلدهی و میوه‌دهی کدوی پوست‌کاغذی، سبب افزایش محتوای مقدار کلروفیل b شد (جدول ۲). گزارش‌هایی در زمینه کاهش محتوای کلروفیل b در شرایط تنش رطوبتی ارائه شده است [۲۴]، با این‌حال، در تحقیق دیگری تنش خشکی، به کاهش شدید محتوای کلروفیل a در گیاه دارویی بادرنجبویه شد، ولی مقدار کلروفیل b تا حدودی افزایش پیدا کرد [۳]. تولید گونه‌های فعال اکسیژن در شرایط تنش رطوبتی، موجب افزایش تجزیه کلروفیل و در نهایت کاهش محتوای کلروفیل می‌شود [۱۹].

کاهش تورژسانس، عامل اولیه تجمع پرولین در تنش‌های شوری و خشکی است. تولید و تجمع اسیدهای آمینه آزاد به‌ویژه پرولین توسط بافت گیاه در طی شوری و تنش رطوبتی رایج‌ترین و معمول‌ترین واکنش سازگاری است. تجمع پرولین به تنظیم اسمزی برگ کمک می‌کند که ممکن است با مقادیر بیشتر محتوای نسبی آب هم همراه باشد [۱۵]. پرولین نقش محافظت‌کنندگی آنزیم‌های سیتوزولی (حفاظت از آنزیم کربوکسیلاز) و ساختار سلولی را بر عهده دارد و انباشت آن در تنش خشکی ناشی از اکسیداسیون آن، اتصال و ترکیب ناقص آن در داخل مجموعه پروتئینی است. از این‌رو پرولین در شرایط تنش، در سلول انباشت می‌شود. پرولین محلول، می‌تواند حلالیت پروتئین‌های مختلف را تحت تأثیر قرار دهد و جلو غیرطبیعی شدن آلبومین را بگیرد. آنزیم‌ها نیز به دلیل ساختمان پروتئینی خود تحت تأثیر این سازوکار پرولین قرار می‌گیرند و محافظت می‌شوند که احتمالاً گیاهان به دلایل یادشده پرولین خود را افزایش می‌دهند [۲].

اثر برهم‌کنش آبیاری و زئولیت بر غلظت پرولین در سطح آماری ۱ درصد معنادار بود ($P < 0.01$) و کاربرد ۱۰ تن زئولیت در هکتار در شرایط تنش کم‌آبی در مراحل گلدهی و میوه‌دهی، موجب کاهش (به ترتیب ۲۷ و ۲۶ درصد) تجمع این اسمولیت شد (جدول ۳). جدول مقایسه میانگین تأثیرات متقابل آبیاری و زئولیت از لحاظ صفت مذکور مشخص کرد که بیشترین میزان آن مربوط به تیمار عدم کاربرد زئولیت تحت شرایط قطع آبیاری در مرحله گلدهی بود. کمترین مقدار اسمولیت مذکور نیز به تیمارهای کاربرد و عدم کاربرد زئولیت در شرایط آبیاری معمول تعلق داشت که اختلاف معناداری با هم نداشتند و در رتبه آخر جدول مقایسه میانگین قرار گرفتند (جدول ۳). به نظر می‌رسد زئولیت به دلیل دارا بودن خاصیت جذب و دفع آب به‌صورت برگشت‌پذیر، قادر است در شرایط

جدول ۴. مقایسه میانگین تأثیرات دوگانه آبیاری × سلنیم بر مقدار پرولین و عملکرد دانه در کدوی پوست کاغذی

تیمار	پرولین ($\mu\text{mol/g fw}$)	عملکرد دانه (kg/ha)
آبیاری	سلنیم (g/lit/ha)	
آبیاری معمول (شاهد)	۰	۱۲۴۸ ^a
قطع آبیاری در مرحله گلدهی	۳۰	۱۲۹۶ ^a
قطع آبیاری در مرحله میوه‌دهی	۰	۱۱۱۰ ^c
	۳۰	۱۱۶۶ ^b
	۰	۸۱۰ ^c
	۳۰	۹۴۱ ^d

اعدادی که در هر ستون دست‌کم دارای یک حرف مشترک‌اند، اختلاف معنادار با آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد ندارند.

زئولیت و سلنیم در شرایط قطع آبیاری در مرحله میوه‌دهی بود و کمترین مقدار آن نیز به محلول‌پاشی سلنیم در شرایط قطع آبیاری در مرحله گلدهی و عدم کاربرد زئولیت تعلق داشت (جدول ۵).

۴.۳. محتوای کاروتنوئید

اعمال تیمارهای تنش قطع آبیاری در مراحل گلدهی و میوه‌دهی به ترتیب به کاهش معنادار محتوای کاروتنوئید به مقدار ۳۰/۴ و ۱۴/۹ درصد نسبت به تیمار آبیاری معمول منجر شد (جدول ۲). تنش خشکی در آفتابگردان سبب کاهش معنادار محتوای کلروفیل، کاروتنوئید و شاخص پایداری کلروفیل شد و مشخص شد که کاهش مقدار رنگیزه‌ها می‌تواند در اثر کاهش محتوای رطوبت نسبی برگ در گیاهان تحت تنش ایجاد شده باشد [۲۵].

نتایج مقایسه میانگین اثر زئولیت مشخص کرد که کاربرد زئولیت به مقدار ۱۰ تن در هکتار موجب افزایش ۹ درصدی صفت مذکور در مقایسه با شرایط عدم کاربرد زئولیت شد (جدول ۲). اگرچه گزارش‌هایی مبنی بر تأثیر مثبت سلنیم بر محتوای کلروفیل‌ها و کاروتنوئید در شرایط

تحت تأثیر خشکی، کاهش در رنگدانه‌های فتوسنتزی از قبیل کلروفیل a ممکن است ناشی از کاهش سنتز کمپلکس اصلی رنگدانه کلروفیل II که توسط گروه ژنی Cab کدگذاری می‌شوند یا تخریب نوری کمپلکس پروتئینی رنگدانه‌های a و b که محافظت‌کننده دستگاه فتوسنتزی است، یا به واسطه صدمه اکسیداتیو لیبیدهای کلروپلاست، رنگدانه‌ها و پروتئین‌ها یا افزایش فعالیت آنزیم کلروفیلاز باشد [۲۱]. از دست رفتن کلروفیل در شرایط تنش خشکی می‌تواند یک جنبه سازگاری و مفید داشته باشد، زیرا با کاهش مقدار کلروفیل انرژی خورشید جذب شده کاهش یافته و به دنبال آن، خسارت‌های ناشی از تشکیل رادیکال‌های آزاد اکسیژن کاهش می‌یابد [۲۸]. در پژوهش حاضر، محتوای کلروفیل تحت تأثیر مصرف سلنیم تحت شرایط تنش قرار نگرفت؛ با این حال گزارش‌هایی مبنی بر تأثیر مثبت محلول‌پاشی سلنیم در شرایط تنش خشکی بر مقدار کلروفیل گیاهچه‌های برنج موجود است [۲۸].

بیشترین مقدار کلروفیل کل مربوط به تیمار کاربرد توأم

تأثیر کاربرد زئولیت و محلول پاشی سلنیم در رژیم‌های مختلف رطوبتی بر برخی صفات فیزیولوژیک و عملکرد دانه کدوی پوست‌کاغذی

جذب انتخابی و آزادسازی کنترل‌شده عناصر غذایی از زئولیت سبب می‌شود در صورت انتخاب نوع صحیح زئولیت مصرفی، هنگامی که این مواد به‌عنوان اصلاح‌کننده به خاک اضافه می‌شوند، از طریق افزایش فراهمی طولانی‌مدت آب و عناصر غذایی به بهبود رشد گیاه کمک کنند. همچنین زئولیت می‌تواند تنظیم‌کننده آب باشد، زیرا یکی از خصوصیات مهم آن توانایی آب‌گیری و پسابیدگی است که می‌توان از آن برای بهبود تعادل آب در خاک در شرایط کمبود رطوبت، به‌ویژه طی مراحل رشدی حساس به کاهش رطوبت استفاده کرد [۹].

تنش خشکی در دست است، در این آزمایش شواهدی در این زمینه مشاهده نشد [۲۸].

۵.۳. عملکرد دانه

تیمارهای قطع آبیاری در مراحل گلدهی و میوه‌دهی موجب کاهش (به ترتیب ۱۰ و ۳۱ درصد) معنادار صفت عملکرد دانه شدند (جدول ۲). عامل زئولیت و همچنین محلول پاشی سلنیم تأثیر معنادار و فزاینده‌ای بر عملکرد دانه داشتند (جدول ۲). کاربرد زئولیت در شرایط قطع آبیاری در هر دو مرحله گلدهی و میوه‌دهی موجب افزایش (به ترتیب ۱۰ و ۲۳ درصد) عملکرد دانه شد (جدول ۳).

جدول ۵. مقایسه میانگین تأثیرات سه‌گانه آبیاری × زئولیت × سلنیم بر مقدار کلروفیل b، کلروفیل کل و عملکرد دانه گیاه کدوی پوست‌کاغذی

تیمار آبیاری	سلنیم (g/lit/ha)	کلروفیل b (mg/g fw)	کلروفیل کل (mg/g fw)	عملکرد دانه (kg/ha)
آبیاری معمول (شاهد)	۰	۰/۸۸ ^{bc}	۴/۲۷ ^{abc}	۱۲۴۲ ^b
	۳۰	۰/۷۹ ^c	۴/۱۷ ^{abc}	۱۲۶۲ ^b
	۰	۰/۷۵ ^c	۴/۰۸ ^{abc}	۱۲۵۵ ^b
قطع آبیاری در مرحله گلدهی	۱۰	۰/۷۵ ^c	۳/۹۹ ^{bc}	۱۳۲۹ ^a
	۳۰	۰/۹۴ ^{bc}	۳/۳۴ ^e	۱۰۴۲ ^d
	۰	۰/۷۳ ^c	۲/۹۶ ^f	۱۱۰۶ ^d
قطع آبیاری در مرحله میوه‌دهی	۱۰	۱/۱۴ ^b	۳/۹۷ ^c	۱۱۷۷ ^c
	۳۰	۱/۵۱ ^a	۴/۳۲ ^{ab}	۱۲۲۵ ^{bc}
	۰	۱/۵۶ ^a	۳/۶۵ ^d	۷۳۳ ^f
آبیاری معمول (شاهد)	۳۰	۱/۵۹ ^a	۳/۶۷ ^d	۷۹۱ ^f
	۰	۱/۵۸ ^a	۴/۲۸ ^{abc}	۸۸۸ ^e
	۱۰	۱/۵۴ ^a	۴/۳۸ ^a	۱۰۹۰ ^d

اعدادی که در هر ستون دست‌کم دارای یک حرف مشترک‌اند، اختلاف معنادار با آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد ندارند.

زئولیت و سلنیم به دست آمد. کمترین عملکرد دانه نیز متعلق به تیمار کم آبی در مرحله میوه‌دهی بدون کاربرد زئولیت و محلول‌پاشی سلنیم (۷۳۳ کیلوگرم در هکتار) بود (جدول ۵). بررسی تأثیر کاربرد زئولیت و محلول‌پاشی سلنیم در شرایط تنش کم آبی بر ارقام کلزا نشان داد کاربرد زئولیت و سلنیم در مناطق در معرض تنش خشکی موجب حفظ رطوبت خاک و بهبود رشد و عملکرد گیاه کلزا می‌شود [۲۹].

۳.۶. مقدار روغن دانه

مهم‌ترین قسمت مورد استفاده گیاه کدوی پوست‌کاغذی، دانه آن است. دانه کدو منبع غنی از پروتئین‌ها، اسیدهای چرب غیراشباع مورد نیاز بدن به‌ویژه اسید اولئیک و اسید لینولئیک به‌خصوص اسید آلفالینولئیک، فیتواسترول‌ها، اسیدهای چرب امگا ۳، ویتامین E و توکوفرول‌ها (به‌ویژه مقادیر زیاد گاماتوکوفرول) است [۱۵].

مقدار روغن دانه به‌طور معناداری در سطح آماری ۵ درصد تحت تأثیر آبیاری قرار گرفت (جدول ۲). بیشترین مقدار روغن دانه (۴۳/۹ درصد) مربوط به تیمار آبیاری معمول بود و کمترین مقدار به تیمار قطع آبیاری در مرحله میوه‌دهی (۴۲/۳ درصد) تعلق داشت که با تیمار تنش در مرحله گلدهی اختلاف معناداری نداشت (جدول ۲). اعمال تنش کم آبی در مرحله ساقه‌دهی کلزا به کاهش ۱۴ درصدی روغن دانه منجر شد [۱]. شایان ذکر است صفت مذکور تحت تأثیر عوامل کاربرد زئولیت و محلول‌پاشی سلنیم قرار نگرفت.

نتایج همبستگی بین صفات مورد مطالعه مشخص کرد که بین صفات هدایت روزنه‌ای، کلروفیل کل و محتوای کاروتنوئید همبستگی مثبت و معناداری وجود داشت (جدول ۶). کلروفیل کل همبستگی مثبت و معناداری با مقدار کلروفیل a ($r = 0/62$) داشت؛ از این رو به نظر می‌رسد

عملکرد دانه به‌طور معناداری تحت تأثیر برهم‌کنش آبیاری و سلنیم قرار گرفت و کاربرد سلنیم موجب افزایش عملکرد دانه در تمام سطوح آبیاری شد (جدول ۴). بیشترین میزان صفت مذکور از تیمار آبیاری معمول همراه با محلول‌پاشی سلنیم (۱۲۹۶ کیلوگرم در هکتار) به دست آمد و کمترین میزان به تیمار عدم مصرف سلنیم تحت شرایط تنش کم آبی در مرحله میوه‌دهی (۹۴۱ کیلوگرم در هکتار) تعلق داشت (جدول ۴). سلنیم دارای خاصیت آنتی‌اکسیدانی است و تحت شرایط تنش‌های محیطی، به‌ویژه تنش خشکی، می‌تواند زاینده اکسیژن فعال باشد [۲۷]. سلنیم همچنین از کاهش سبزی‌نگی تحت شرایط تنش خشکی جلوگیری می‌کند و می‌تواند موجب بهبود فتوسنتز گیاه در شرایط تنش شود [۲۰]. در بررسی گیاه ذرت در شرایط تنش رطوبتی، محلول‌پاشی سلنیم در شرایط تنش، صفات عملکرد دانه، شاخص برداشت و کارایی مصرف آب را بهبود بخشید [۱۶]. به نظر می‌رسد سلنیم از طریق بهبود فتوسنتز و کاهش پیری برگ، افزایش تولید و انتقال آسیمیلات‌ها به دانه‌ها در افزایش عملکرد دانه نقش داشته است [۲۷]. همچنین سلنیم دارای قابلیت تنظیم وضعیت آب گیاه تحت شرایط تنش خشکی است و تأثیرات محافظتی سلنیم در شرایط تنش از طریق افزایش ظرفیت جذب آب توسط سیستم ریشه حادث می‌شود [۱۳]. تأثیر کاربرد زئولیت و محلول‌پاشی سلنیم در شرایط خشکی بر کلزا بررسی شد و محلول‌پاشی سلنیم به مقدار ۳۰ گرم در هکتار، به افزایش تعداد خورجین در گیاه، تعداد دانه در خورجین، وزن هزاردانه، عملکرد دانه و عملکرد روغن در کلزا منجر شد، ولی تأثیری بر درصد روغن دانه نداشت [۲۹].

تأثیرات متقابل سه‌گانه آبیاری، زئولیت و سلنیم بر عملکرد دانه معنادار بود و بیشترین عملکرد دانه (۱۳۲۹ کیلوگرم در هکتار) از تیمار آبیاری معمول همراه با کاربرد

تأثیر کاربرد زئولیت و محلول پاشی سلنیم در رژیم‌های مختلف رطوبتی بر برخی صفات فیزیولوژیک و عملکرد دانه کدوی پوست‌کاغذی

($r = 0/81$) همبستگی مثبت و با مقدار پرولین همبستگی منفی و بسیار معناداری ($r = -0/75$) داشت. به نظر می‌رسد این امر نشان‌دهنده اهمیت زیاد نقش کلروفیل a در فرایند فتوسنتز و در نتیجه حصول عملکرد بیشتر است. بین صفت درصد روغن دانه و هیچ یک از صفات مورد بررسی، همبستگی مثبت و معناداری وجود نداشت (جدول ۶).

بر اساس نتایج پژوهش، کلروفیل a بخش اعظم محتوای کلروفیل برگ را تشکیل داده بود (جدول ۵). همچنین بین صفات مقدار کاروتنوئید و محتوای کلروفیل a ($r = 0/65$) و کلروفیل کل ($r = 0/63$) همبستگی مثبت و معناداری مشاهده شد. عملکرد دانه با صفات هدایت روزنه‌ای ($r = 0/69$) و محتوای کلروفیل a

جدول ۶. میزان ضرایب همبستگی میان صفات مورد مطالعه در کدوی پوست‌کاغذی

مقدار روغن دانه	عملکرد دانه	کاروتنوئید	کلروفیل کل	کلروفیل b	کلروفیل a	پرولین	هدایت روزنه‌ای
							۱
						۱	$-0/91^{**}$
					۱	$-0/95^{**}$	$0/92^{**}$
				۱	$-0/45^{**}$	$0/41^*$	$-0/27$
			۱	$0/42^{**}$	$0/62^{**}$	$-0/60^{**}$	$0/69^{**}$
		۱	$0/63^{**}$	$-0/03$	$0/65^{**}$	$-0/72^{**}$	$0/68^{**}$
	۱	$0/32$	$0/27$	$-0/62^{**}$	$0/81^{**}$	$-0/75^{**}$	$0/69^{**}$
۱	$0/29$	$0/15$	$0/05$	$-0/35^*$	$0/26$	$-0/28$	$0/13$

* و **: به ترتیب معنادار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد.

گیاه دارویی کدوی پوست‌کاغذی منجر می‌شود. با توجه به نتایج، به نظر می‌رسد کاربرد زئولیت و محلول پاشی سلنیم در مناطقی از کشور که طی ماه‌هایی از سال با تنش کمبود آب مواجه‌اند، می‌تواند در بهبود رشد و تداوم تولید گیاه مفید واقع شود. در پایان پیشنهاد می‌شود این پژوهش در مناطق مختلف کشور و تحت اقلیم‌های متفاوت و رژیم‌های مختلف رطوبتی و مقادیر متفاوت زئولیت و سلنیم نیز صورت پذیرد.

کاربرد زئولیت به مقدار ۱۰ تن در هکتار به دلیل خاصیت جذب، نگهداری و افزایش دسترسی به رطوبت در شرایط تنش خشکی، موجب تخفیف شدت و تأثیرات تنش در گیاه دارویی کدوی پوست‌کاغذی شد. همچنین محلول پاشی سلنیم موجبات کاهش اسید آمینه پرولین را فراهم آورد که به نظر می‌رسد به نوعی نشان‌دهنده تأثیر آن در کاهش آثار تنش خشکی است. افزون‌بر این، مشخص شد که کاربرد زئولیت و سلنیم از طریق حفظ تعادل آبی گیاه و بهبود هدایت روزنه‌ای و کاهش تخریب رنگیزه‌های فتوسنتزی در شرایط تنش خشکی، به بهبود رشد و تولید

منابع

9. Harb EMZ and Mahmoud MA (2009) Enhancing of growth, essential oil yield and components of yarrow plant (*Achillea millefolium* L.) growth under safe agriculture conditions using zeolite and compost. 4rd Conference on Recent Technologies in Agriculture. Giza. Egypt.
10. Hassanzadeh M, Ebadi A, Panahyan-e-Kivi M, Eshghi AG, Jamaati-e-Somarin SH, Saeidi M and Zabihi-e-Mahmoodabad R (2009) Evaluation of drought stress on relative water content and chlorophyll content of sesame (*Sesamum indicum* L.) genotypes at early flowering stage. Research Environmental Science. 3(3): 345-350.
11. Hiscox JD and Israelstam GF (1979) A method for extraction of chloroplast from leaf tissue without maceration. Canadian Botany. 57: 1332-1334.
12. Kauseri RH, Athar UR and Ashraf M (2006) Chlorophyll fluoresce: A Potential indicator for rapid assessment of water stress tolerance in Canola. Pakistan Botany. 38(5): 1501-1509.
13. Kuznetsov VV, Kholodova VP and Yagodin BA (2003) Selenium regulates the water status of plants exposed to drought. Dokl. Biology Science. 390: 266-268.
14. Lichtenthaler HK and Wellburn AR (1983) Determinations of total carotenoids and chlorophylls a and b of leaf extracts in different solvents. Biochemistry Society Transactions. 11: 591-592.
15. Ma QS, Niknam HR and Turner DW (2006) Response of osmotic adjustment and seed yield of *Brassica napus* and *Brassica.juncea* to soil water deficit at different growth stages. Australian Agricultural Research. 57: 221-226.
1. غیاثوند غیاثی، اکبری غ، شیرانی راد ا ح، الهدادی ا و نعیمی م (۱۳۹۳) تأثیر کاربرد زئولیت و کود نیتروژن در شرایط تنش کم آبی بر خصوصیات زراعی و فیزیولوژیک کلزا. تولید و فرآوری محصولات زراعی و باغی. ۴(۱۲): ۷۳-۸۵.
۲. حیدری شریف آباد ح (۱۳۷۹) گیاه، خشکی و خشکسالی. چاپ اول، انتشارات مؤسسه تحقیقات جنگل ها و مراتع کشور، تهران. ۱۶۳ ص.
۳. عباس زاده ب، شریفی عاشورآبادی ا، لباس چی م ح، نادری حاجی باقر کندی م و مقدمی ف (۱۳۸۶) اثر تنش خشکی بر مقدار پرولین، قندهای محلول، کلروفیل و آب نسبی (RWC) بادرنجبویه (*Mellissa officinalis* L.) ایران. ۲۳(۴): ۵۱۳-۵۰۴.
4. Arnon DI (1949) Copper enzymes in isolated chloroplasts. Polyphenoloxidase in Beta vulgaris. Plant Physiology. 24: 1-15.
5. Bates LS, Waldren RP and Teare ID (1973) Rapid determination of free proline for water stress studies. Plant and Soil. 39: 205-208.
6. Caballero JI, Verduzco CV, Galan J and Jimenez ESD (2005) Proline accumulation as a symptom of drought stress in maize: A tissue differentiation requirement. Experimental Botany. 39(7): 889-897.
7. Cakmak I and Horst W (1991) Effect of aluminium on lipid peroxidation, superoxide dismutase, catalase and peroxidase activities in root tip of soybean (*Glysin max* L.). Plant Physiology. 83: 463-468.
8. Cushman JC (2001) Osmoregulation in plants: implications for agriculture. American Zoologist. 41: 758-769.

16. Nejat F, Dadniya M, Shirzadi MH and Lak S (2009) Effects of drought stress and Selenium application on yield and yield components of two maize cultivars. *Plant Ecophysiology*. 2: 95-102.
17. Pasebaneslam B, Shakiba M, Neyshabouri MR and Ahmadi MR (2000) Evaluation of physiological indices as a screening technique for drought resistant in oilseed rape. *Proceeding Pakistan Academy Science*. 37: 143-152.
18. Ryan E, Galvin K, O'Connor TP, Maguire AR and O'Brien NM (2007) Phytosterol, squalene, tocopherol content and fatty acid profile of selected seeds, grains, and legumes. *Plant Foods for Human Nutrition*. 62: 85-91.
19. Sairam RK, Rao KV and Srivastava GC (2002) Differential response of wheat genotypes to long-term salinity stress in relation to oxidative stress. Antioxidant active and osmolyte concentration. *Plant Science*. 163: 1037-1046.
20. Seppanen M, Turakianen M and Hartikainen H (2003) The effect of selenium on photooxidative stress tolerance in potato. *Plant Science*. 165: 311-319.
21. Shao H, Liang Z and Shao M (2006) Osmotic regulation of 10 wheat (*Triticum aestivum* L.) genotypes at soil water deficits. *Colloids and surfaces B: Bio Interfaces*. 47: 132-139.
22. Stevenson DG, Eller FJ, Wang L, Jane JL, Wang T and Inglett GE (2007) Oil and tocopherol content and composition of pumpkin seed oil in 12 cultivars. *Agricultural and Food Chemistry*. 55(10): 4005-4013.
23. Tadina N, Germ M, Kreft I, Breznik B and Gaberščik A (2007) Effects of water deficit and selenium on common buckwheat (*Fagopyrum esculentum Moench.*) plants. *Photosynthetica*. 45: 472-476.
24. Tavakoli A, Ahmadi A and Alizade H (2009) Some aspects of physiological performance of sensitive and tolerant cultivars of wheat under drought stress conditions after pollination. *Iranian Crop Science*. 40(1): 197-211.
25. Terzi R and Kadioglu A (2006) Drought stress tolerance and the antioxidant enzyme system in *Ctenanthe setosa*. *Acta Biologica cracoviensia. Series Botanica*. 48(2): 89-96.
26. Wang C, Yang A, Yin H and Zhang J (2008) Influence of water stress on endogenous hormone contents and cell damage of maize seedlings. *Integrative Plant Biology*. 50(4): 427-434.
27. Xue TL, Hartikainen H and Piironen V (2001) Antioxidative and growth-promoting effects of selenium on senescing lettuce. *Plant and Soil*. 273: 55-61.
28. Yao X, Chu J and Wang G (2009) Effects of selenium on wheat seedlings under drought stress. *Biological Trace Element Research*. 130: 283-290.
29. Zahedi H, Noor-Mohamadi GH, Shirani Rad AH, Habibi D and Mashhadi Akbar Boojar M (2009) The effects of zeolite and foliar applications of selenium on growth, yield and yield components of three canola cultivars under drought stress. *World Applied Sciences*. 7: 255-262.

