بررسی اثر زئولیت و سوپرجاذب بر برخی خصوصیات کمی و بیوشیمیایی کلزا در شرایط قطع آبیاری در منطقه شیراز.

Investigation of the effect of zeolite and superabsorbent on some quantitative and biochemical properties of rapeseed under irrigation cut-off conditions in Shiraz region.

عاطفه قراچه[۱]، شهلا روانگرد[۲]

۱- گروه زراعت، جهاد کشاورزی اهرم، اهرم - بوشهر، ایران.
۲- گروه شناسایی و مبارزه با علف های هرز، مرکز ترویج جهاد کشاورزی گچساران. گچساران- یاسوج، ایران.

نویسنده مسوول مکاتبات: atefehgharache@yahoo.com

تاریخ دریافت: ۹۷/۳/۱۸ تاریخ پذیرش: ۹۷/۸/۱۱

چکیده

این پژوهش جهت بررسی اثر قطع آبیاری و کاربرد زئولیت (۱۰تن در هکتار) و سوپرجاذب (یک کیلوگرم در هکتار) در مراحل رشدی حساس کلزا، در قالب طرح بلوک کامل تصادفی به‌صورت کرت‌های خرد شده (اسپیلت پلات) در سه تکرار و در شهرستان شیراز اجرا شد. عامل اصلی در سه سطح قطع آبیاری (A) شامل:۱ - قطع آبیاری در مرحله‌ی ساقه‌دهی ۲- قطع آبیاری درمرحله‌ی گلدهی ۳- قطع آبیاری در مرحله‌ی خورجین دهی و عامل فرعی در چهار سطح زئولیت و سوپرجاذب (B) شامل: ۱- عدم مصرف زئولیت و سوپرجاذب ۲- مصرف زئولیت (۱۰ تن در هکتار) ۳- مصرف سوپرجاذب (یک کیلوگرم) ۴- مصرف زئولیت (۱۰ تن در هکتار) و سوپرجاذب (یک کیلوگرم در هکتار) بود. نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثرات ساده قطع آبیاری کاربرد زئولیت و سوپرجاذب سبب اختلاف معنی‌داری بر صفات عملکرد دانه، عملکرد روغن و میزان کلروفیل برگ در سطح یک و پنج درصد بود. اثر متقابل قطع آبیاری و کاربرد زئولیت و سوپرجاذب بر تمامی صفات معنی‌دار بود. حداکثر عملکرد دانه به‌عنوان مهم‌ترین صفت مورد بررسی از تیمار قطع آبیاری در مرحله ساقه‌دهی و کاربرد ۱۰ تن در هکتار زئولیت + یک کیلوگرم در هکتار سوپرجاذب به‌میزان ۳۵۲۸/۴ کیلوگرم در هکتار به‌دست آمد و کمترین عملکرد دانه متعلق به تیمار قطع آبیاری در مرحله گل‌دهی و عدم مصرف زئولیت و یا سوپرجاذب به‌میزان ۱۶۷۸/۲ بود. قطع آبیاری موجب افزایش میزان آنزیم‌های آنتی اکسیدانت گشت، ولی کاربرد زئولیت و سوپرجاذب تاثیر معکوس داشت و صفات کاهش معنی‌داری نشان دادند. می‌توان گفت که مرحله گل‌دهی و خورجین‌دهی، از مراحل حساس در گیاه کلزا بوده و کاربرد زئولیت (۱۰ تن در هکتار) و سوپرجاذب (یک کیلوگرم در هکتار) برای کاهش اثرات خشکی به عنوان بهترین تیمار مورد بررسی مشخص شد.

واژگان کلیدی: کلزا، قطع آبیاری، زئولیت، سوپرجاذب، عملکرد دانه.

مقدمه

کلزا با نام علمی (*Brassica napus* L.) یکی از گیاهان دانه روغنی مهم دنیا به شمار می‌رود (Zhou *et al*., 2016). طبق آخرین گزارش سازمان خوار و بار جهانی (FAO)سطح زیر کشت این محصول در دنیا بیش از ۳۱ میلیون هکتار است (FAO, 2018) در ایران سطح زیر کشت کلزا در سال زراعی ۹۵- ۱۳۹۴ معادل ۱۴ هزار هکتار بود که در مقایسه با سال‌های قبل کاهش چشمگیری داشت (Ministry of Agriculture-Jahad, 2017). گیاهان به صور مختلف تحت تاثیر تنش‌های محیطی قرار می‌گیرند که عمده این تنش‌ها اثرات مشابهی بر وضعیت آبی گیاه دارند. دستیابی به آب به‌واسطه‌ی نقش بیولوژیک آن به عنوان یک حلاّل و نیز نقش آن در انتقال مواد، حائز اهمیت است (Lawson, 2005). کمبود آب می‌تواند اثر سویی بر عملکرد کلزا بگذارد ولی این اثر به ژنوتیپ مرحله نمو و سازش یافتگی گیاه به خشکی (اگر قبلا در معرض خشکی قرار گرفته باشد) بستگی دارد (Ongom *et al*., 2016). وقوع تنش در مراحل رشد زایشی آثار منفی متعددی بر گیاه داشته و در نهایت عملکرد دانه را کاهش می‌دهد (Zirgoli and Kahrizi, 2015). مراحل گلدهی و خورجین‌دهی در کلزا نسبت به سایر مراحل رشدی بیش‌ترین حساسیت را در برابر تنش خشکی دارند (Kasraie *et al*., 2013). در شرایط تنش کمبود آب به دلیل افزایش میزان فعالیت رادیکال آزاد اکسیژن، پراکسید هیدروژن (H_2O_2) به‌عنوان یک مادهٔ اکسیدکننده تولید می‌شود و خسارت شدید به غشاهای سلولی وارد می‌کند. یکی از واکنش‌های گیاه برای کاهش خسارت ناشی از تجمع این رادیکال، افزایش مقدار و فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانت است، به‌طوری‌که افزایش مقدار و فعالیت این آنزیم‌ها به عنوان شاخصی برای ارزیابی تحمل به شرایط مذکور در نظر گرفته می‌شود (Foyer and Noctor, 2003). کاهش عملکرد دانه در اثر کمبود آب در کلزا گزارش شده است (Shabani *et al*., 2013). پژوهشگران گزارش دادند افزایش میزان مصرف به‌ترتیب از ۶۰- ۹۰ به ۹۰ - ۱۲۰ کیلوگرم در هکتار موجب افزایش معنی‌دار مادهٔ خشک کل و عملکرد دانه شد. این محققان بیان داشتند افزایش عملکرد دانه، اغلب به تعداد دانهٔ بیشتر در هر خورجین بستگی داشت (Girma *et al*., 2008).

افزودن مواد اصلاحی به خاک برای افزایش کارآیی مصرف آب یکی از مهم‌ترین راه‌کارهای مقابله با کمبود آب می باشد. کاربرد سوپرجاذب‌ها برای به تأخیر انداختن شرایط کمبود آب به منظور کاهش خسارت ناشی ازتنش کمبود آب، از جمله روش‌های مدیریت آب و خاک است (Harb and Mahmoud, 2009). زئولیت‌ها گروهی از آلومینوسیلیکات‌های هیدراته متبلور با خلل و فرج‌های ریز هستند که حاوی کاتیون‌های قابل تعادلی از گروه فلزات قلیایی و قلیایی خاکی می‌باشند که به طور برگشت پذیری آب را جذب و آزاد می‌کنند (Polat *et al*., 2004). محققان گزارش دادند که کاربرد سوپرجاذب در کلزا، اثر معنی‌دار در افزایش تعداد خورجین، وزن هزاردانه، تعداد دانه در هر خورجین و عملکرد دانه داشت(Mullen *et al*., 2008) . پژوهشگران نتیجه گرفتند که که با افزایش کاربرد سوپر-جاذب در کلزا تعداد خورجین در بوته، تعداد دانه در خورجین و وزن هزاردانه به‌صورت خطی افزایش یافتند (Challinor *et al*., 2008). ماندال و همکاران (Mandal *et al*., 2006) کاهش عملکرد محصول را در شرایط محدودیت آبیاری را در ارتباط با بسته بودن روزنه‌ها و کاهش مقدار و سرعت فتوسنتز و در پی آن کاهش وزن هزار دانه و عملکرد دانه دانستند. تعداد خورجین در بوته مهم‌ترین صفت مؤثر بر عملکرد بیولوژیکی بود و به تنهایی ۹۹ درصد تغییرات عملکرد بیولوژیکی را به‌خود اختصاص داد (Tusar *et al*., 2012). بنابراین افزایش عملکرد دانه در کلزا از طریق افزایش تعداد خورجین در بوته امکان پذیر است. محققان دیگر نیز اثر معنی‌دار تعداد خورجین در بوته در تغییرات عملکرد دانه در کلزا را گزارش کردند (Akbar *et al*., 2007; Khayat *et al*., 2012).

تاثیر مثبت زئولیت بر رطوبت خاک و نگهداری موادغذایی را می‌توان مهم‌ترین عامل تاثیرگزار زئولیت بر عملکرد دانست. جذب انتخابی و آزادسازی کنترل شده عناصر غذایی از زئولیت باعث می‌شود در صورت انتخاب نوع صحیح زئولیت مصرفی، هنگامی که این مواد به‌عنوان اصلاح کننده به خاک اضافه گردد از طریق افزایش فراهمی آب و عناصر معدنی به بهبود رشد گیاه کمک می کند (El-Harris *et al*., 2007). طی تحقیقی میانگین مقدار آنزیم‌های سوپراکسید دیسموتاز و گلوتاتیون پراکسیداز، در شرایط آبیاری کامل به‌ترتیب ۶۸۶، ۸/۲۴ واحد در گرم پروتئین و در شرایط قطع آبیاری پایان فصل

به‌ترتیب ۷/۵۵۳،۴۰ واحد در گرم پروتئین بود؛ مقدار هر دو آنزیم در تیمار قطع آبیاری پایان فصل نسبت به شرایط آبیاری کامل، کاهش داشت، اما با افزایش کاربرد سوپر-جاذب در هر دو شرایط آبیاری کامل و قطع آبیاری پایان فصل، میانگین صفات فیزیولوژیکی مورد بررسی شامل گلوتاتیون پراکسیداز، سوپراکسیددیسموتاز کاهش نشان داد، مقادیر هر دو آنزیم اثر تنش کمبود آب ناشی از عدم آبیاری در پایان فصل فقط از طریق کاربرد سوپرجاذب جبران نشد (وزیری و نادری، ۱۳۹۳).

این تحقیق با هدف مقابله با خشکی با کاربرد زئولیت و سوپرجاذب بر برخی صفات کلزا در شرایط قطع آبیاری خشکی در منطقه شیراز صورت پذیرفت.

مواد و روش‌ها

این آزمایش به منظور بررسی اثرات کاربرد زئولیت و سوپرجاذب در شرایط قطع آبیاری به‌صورت کرت-های یک بار خرد شده (اسپلیت پلات) در قالب طرح آماری بلوک کامل تصادفی در سه تکرار، در منطقه سیاخ دارنگون در ۳۰ کیلومتری شیراز در ارتفاع ۱۵۰۰ متری از سطح دریا اجرا شد. عامل اصلی در سه سطح قطع آبیاری (A) شامل:۱ - قطع آبیاری در مرحله‌ی ساقه‌دهی ۲- قطع آبیاری درمرحله‌ی گلدهی ۳- قطع آبیاری در مرحله‌ی خورجین دهی و عامل فرعی در چهار سطح زئولیت و سوپرجاذب (B) شامل: ۱- عدم مصرف زئولیت و سوپرجاذب ۲- مصرف زئولیت (۱۰ تن در هکتار) ۳- مصرف سوپرجاذب (یک کیلوگرم) ۴- مصرف زئولیت (۱۰ تن در هکتار) و سوپرجاذب (یک کیلوگرم در هکتار) بود. میانگین بارندگی منطقه ۳۳۷/۸ میلی‌متر است. به‌منظور تعیین نیازهای کودی قبل از اجرا از عمق صفر تا ۳۰ سانتی‌متری مزرعه از چند نقطه به طور تصادفی، اقدام به نمونه‌برداری گردید، نمونه‌ها با هم مخلوط و جهت تعیین ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی، به آزمایشگاه خاکشناسی ارسال گردید. نتایج آزمایش خاک در جدول یک آمده است.

جدول ۱- خواص شیمیایی خاک مزرعه محل ازمایش قبل از کاشت.

Table1: Soil Chemical Characteristics before Planting.

Depth Cm	Mo (mg/L)	P (mg/L)	K (mg/L)	N total (mg/L)	O.C (%)	TNV	EC ds/m	PH
0-30	7.65	9.98	200	0.43	1.30	21.18	0.92	7.4

در اوایل فروردین ماه آماده سازی زمین با دوبار شخم توسط گاوآهن برگرداندار و دوبار دیسک آغاز شد. کشت در نیمه اول فروردین صورت گرفت. در هر تکرار ۱۲ کرت و تعداد خطوط در هر کرت نه عدد به‌طول پنج متر و همچنین فلصله بین ردیف کاشت ۶۰ سانتی‌متر و فاصله بین بوته روی ردیف پنج سانتی‌متر بود. بذور به صورت دستی و کپه‌ای (در هر نقطه سه تا چهار بذر) در عمق حدود سه سانتی‌متر کشت شد.خطوط نه و یک به‌عنوان حاشیه، خطوط دو و سه برای سطح نمونه‌برداری، خط چهار به‌عنوان حاشیه عملکرد و خطوط پنج تا هشت به مساحت چهار متر مربع برای سطح برداشت در نظر گرفته شد. اعمال تیمارها با توجه به نقشه طرح بوده است به این صورت که در ردیف های مشخص فقط از زئولیت استفاده شد و در ردیف هایی از کشت فقط سوپرجاذب به کاربرده شد ویا در برخی از ردیفها هر دو مصرف شد (زئولیت + سوپرجاذب) و در ردیف‌هایی به‌عنوان شاهد از هیچ یک از زئولیت یا سوپرجاذب استفاده نشد. هر دو عامل قبل از کشت به کار برده شد و همچنین اعمال قطع آبیاری خشکی به‌صورت دقیق در ردیف‌ها در زمان معین صورت گرفت به این صورت که مثلا در زمان ساقه‌دهی در ردیف‌های خاصی آبیاری صورت نگرفت. در مرحله رسیدگی فیزیولوژیک برداشت انجام شد و یادداشت برداری و اندازه‌گیری صفات انجام گردید. برای محاسبه تعداد خورجین در بوته و دانه در خورجین ۱۰ بوته در هر تیمار انتخاب شد تعداد کل خورجین‌های هر بوته و تعداد دانه

خورجین محاسبه و میانگین هر تیمار به دست آمد. برای تعیین وزن هزار دانه پس از برداشت، از دانه-های برداشت شده سپس در آزمایشگاه از هر کرت آزمایشی، پنج نمونه صد تایی، انتخاب و وزن آنها با ترازوی دقیق آزمایشگاهی تعیین و حاصل ضرب میانگین وزن آنها، در عدد ۱۰، وزن هزار دانه محاسبه شد. برای تعیین عملکرد دانه، بوته‌های موجود در سطحی معادل چهار مترمربع از هر کرت آزمایشی برداشت و جهت خشک شدن نهایی و رسیدن رطوبت آنها به ۱۴ درصد به‌مدت یک هفته در هوای آزاد قرارگرفتند و بعد از یک هفته به روش دستی دانه‌ها از خورجین جدا شدند. دانه‌های برداشت شده هر تیمار مورد نظر، به‌طور جداگانه با ترازوی دقیق دیجیتالی توزین گشت و با تبدیل مترمربع به هکتار، عملکرد دانه بر حسب کیلوگرم در هکتار محاسبه شد. جهت تعیین روغن دانه، از دانه‌های برداشت شده از هر کرت که درون پاکت‌های مجزا ریخته و شماره‌گذاری شده بود، استفاده گردید و درصد روغن دانه در آزمایشگاه از روش NMR، کلروفیل کل برگ از روش سستاک و کاتاسکی (Sestak and Catasky, 1966) و چولوادوا و همکاران (Cholvadova *et al*., 1999) و میزان تغییرات آنزیم سوپراکسید دیسموتاز (SOD) از روش میسرا و فردریش (Misra and Fridovich, 1972) و میزان فعالیت آنزیم کاتالاز و گلوتاتیون پراکسیداز از روش پاگیلیا (Paglia, 1997) محاسبه شد. محاسبات آماری با استفاده از نرم‌افزار SAS، مقایسه میانگین‌ها با آزمون دانکن و رسم نمودارها از نرم‌افزار Excel اجرا شد.

نتایج و بحث

نتایج جدول تجزیه واریانس(جدول دو) نشان داد صفات خورجین در بوته و دانه در خورجین تحت تاثیر اثرات ساده قطع آبیاری و زئولیت و سوپرجاذب و اثرات متقابل تیمارها قرارگرفت و اختلافات از نظر آماری در سطح یک و پنج درصد معنی‌دار بود. وزن هزار دانه تحت تاثیر تیمارهای قطع آبیاری قرار-نگرفت؛ اما تیمار زئولیت و سوپرجاذب و اثرات متقابل قطع آبیاری و زئولیت و سوپرجاذب در سطح یک و پنج درصد معنی‌دار بود.

تعداد خورجین دربوته: نتایج جدول مقایسه میانگین اثرات متقابل نشان داد بالاترین تعداد خورجین در بوته از تیمار قطع آبیاری در مرحله‌ی خورجین‌دهی و کاربرد زئولیت و سوپرجاذب با متوسط ۱۱۶/۷ عدد به‌دست آمد و کم‌ترین میزان خورجین در بوته متعلق به تیمار قطع آبیاری در مرحله‌ی گلدهی و تیمار شاهد (بدون کاربرد زئولیت و یا سوپرجاذب) با میانگین ۶۷/۸ عدد بود. قطع آبیاری خشکی در همه مراحل رشد و نمو کلزا و به-خصوص در مراحل رشد زایشی سبب کاهش چشمگیر عملکرد می‌شود و طبق یافته‌های محققان از حساس‌ترین مراحل رشدی کلزا به قطع آبیاری خشکی مرحله گلدهی است؛ زیرا در این مرحله تعداد خورجین‌ها مشخص می‌شود و از آنجا که تعداد خورجین از اجزای عملکرد است بنابراین عملکرد گیاه کلزا کاهش می‌یابد (Khayat *et al*., 2012). به نظر می‌رسد در این تحقیق تیمارهایی حاوی زئولیت و سوپرجاذب مانع از کاهش تعداد خورجین به میزان قابل توجهی گردید که دلیل آن قابلیت فراوان این مواد در جذب و ذخیره آب و تزریق آن به گیاه در هنگام لزوم می‌باشد، که البته بیشترین کاهش تعداد خورجین بر روی شاخه‌های پایین بوته است، زیرا این شاخه‌ها در زمان نزدیک به گلدهی ایجاد شده اندکه بانتایج کسرایی و همکاران (Kasreai *et al*., 2012) مطابقت دارد.

جدول۲- تجزیه واریانس اجزای عملکرد تحت تاثیر قطع آبیاری و زئولیت و سوپرجاذب.

Table 6- Analysis of variance of yield components under the influence of cut irrigation and zeolite and superabsorbent.

S.O.V	منابع تغییرات	M.S درجـــــــه آزادی df	مربعات خورجین در بوته pods per plant	میانگین دانه در خورجین seeds per plant	وزن هزار دانه T.S.W
Replication	تکرار	2	1728.229 ^{ns}	1596.28 ^{ns}	0.007 ^{ns}
Cut irrigation (A)	قطع آبیاری	2	26439.128 *	232643.11 *	0.009 ^{ns}
Error a	خطای a	4	226.091	289.046	0.012
Zeolit & Super absorbent (B)	زئولیت و سوپرجاذب	3	85379.622*	91655.179 **	0.134 *
Cut irr Zeolit& Super absorbent * (A×B)	زئولیت و سوپرجاذب * قطع آبیاری	6	16591.211**	17962.117**	0.18 **
Error b	خطای b	18	236.65	285.1	0.014
C.V	ضریب تغییرات		10.22	8.96	3.97

*، ** و ns به ترتیب معنی‌دار در سطح آماری پنج درصد، یک درصد و عدم معنی داری

*, ** and ns, significant at 5%, 1% and non significant, respectively

تعداد دانه در خورجین: در بررسی اثرات متقابل این عوامل مشاهده شد که بالاترین تعداد دانه در خورجین متعلق به تیمار قطع آبیاری در مرحله ساقه دهی و کاربرد زئولیت + سوپرجاذب با ۲۲/۶ عدد و کمترین تعداد دانه در خورجین از تیمار قطع آبیاری در مرحله خورجین دهی و عدم کاربرد زئولیت و سوپرجاذب با ۱۰/۸ عدد به دست آمد (جدول سه). که با نتایج تحقیقات رحیمی(۱۳۸۵) و کیلر و مورگان (Keiller and Morgan, 2002) مطابقت دارد. تعداد دانه در خورجین یکی از صفات تعیین کننده عملکرد محسوب می شود. هرچه تعداد دانه در خورجین بیشتر باشد، مخزن بزرگ‌تری برای مواد فتوسنتزی تولید شده توسط گیاه ایجاد می شود که در نهایت منجر به افزایش عملکرد می گردد. در کلزا در مرحله رشدی که فتوسنتز غلاف و ساقه، جایگزین سطح برگ که مدام رو به کاهش است، می شود و دیواره غلاف به حداکثر خود رسیده و رشد دانه آغاز می گردد. قطع آبیاری در این مراحل، باعث سقط دانه در غلاف و کاهش وزن دانه های تشکیل یافته می شود. کمبود آب در طول دوره تشکیل، رشد و توسعه خورجین ها در کلزا می تواند با ایجاد محدودیت در فتوسنتز و ارسال مواد فتوسنتزی موجب کاهش تعداد دانه در خورجین گردد. همچنین می‌توان علت کاهش تعداد دانه‌ها، پسابیدگی دانه‌های گرده و عدم لقاح مناسب دانست (Seyed Ahmadi *et al.*, 2015). زئولیت و سوپرجاذب در زمان نیاز ریشه به رطوبت، آب مورد نیاز گیاه را در اختیار آن قرار داده و در همین راستا سبب جذب بیشتر عناصرغذایی توسط گیاه گردید و به سبب رشد بهتر گیاه و همچنین افزایش تعداد دانه در خورجین و بالطبع آن عملکرد افزایش یافت (رحیمی، ۱۳۸۵). در این تحقیق که وقوع قطع آبیاری در مرحله خورجین‌دهی که توام با مرحله پایانی گلدهی بود، سبب کاهش جذب آب و املاح و در نتیجه کاهش فتوسنتز برگ و تولید شیره پرورده گردید، که این وضعیت باعث از بین رفتن اندام‌های زایشی و در نتیجه افزایش آسیب‌پذیری تشکیل دانه‌های خورجین و در نهایت کاهش ۱۲ درصدی تعداد دانه در خورجین شد.

جدول ۳- مقایسه میانگین اثرات متقابل قطع آبیاری و کاربرد زئولیت و سوپرجاذب بر اجزای عملکرد.

Table 5 - Comparison of average interaction effects of cut irrigation and application of zeolite and superabsorbent on yield components.

Treatment	تیمار	خورجین در بوته pods per plant	دانه در خورجین seeds per plant	وزن هزار دانه T.S.W
A_1*B_1	شاهد × قطع آبیاری در مرحله ساقه دهی	82.4 ^{c}	16.2 ^{c}	3.02 ^{bc}
A_1*B_2	زئولیت × قطع آبیاری در مرحله ساقه دهی	99.4 ^{b}	18.3 ^{bc}	3.11 ^{bc}
A_1*B_3	سوپرجاذب × قطع آبیاری در مرحله ساقه دهی	99.3 ^{b}	18.7 ^{b}	3.09 ^{bc}
A_1*B_4	سوپرجاذب و زئولیت × قطع آبیاری در مرحله ساقه دهی	112.6 ^{abc}	22.6 ^{a}	3.57 ^{a}
A_2*B_1	شاهد × قطع آبیاری در مرحله گلدهی	67.8 ^{d}	12.7 ^{de}	2.98 ^{bc}
A_2*B_2	زئولیت × قطع آبیاری در مرحله گلدهی	86.2 ^{c}	15.4 ^{cd}	3.11 ^{bc}
A_2*B_3	سوپرجاذب × قطع آبیاری در مرحله گلدهی	84.7 ^{c}	14.2 ^{cde}	3.13 ^{bc}
A_2*B_4	سوپرجاذب و زئولیت × قطع آبیاری در مرحله گلدهی	92.3 ^{bcd}	17.3 ^{bcd}	3.48 ^{a}
A_3*B_1	شاهد × قطع آبیاری در مرحله خورجین دهی	86.8 ^{c}	10.8 ^{e}	2.84 ^{c}
A_3*B_2	زئولیت × قطع آبیاری در مرحله خورجین دهی	103.4 ^{b}	13.8 ^{d}	2.96 ^{bc}
A_3*B_3	سوپرجاذب × قطع آبیاری در مرحله خورجین دهی	106.5 ^{b}	12.9 ^{de}	2.93 ^{bc}
A_3*B_4	سوپرجاذب و زئولیت× قطع آبیاری در مرحله خورجین دهی	116.7 ^{a}	15.4 ^{cde}	3.15 ^{b}

؛ قطع آبیاری در مرحله ساقه دهی (A_1)، قطع آبیاری در مرحله گلدهی (A_2)، قطع آبیاری در مرحله خورجین دهی (A_3). شاهد (B_1)، زئولیت(B_2)، سوپرجاذب (B_3)، زئولیت+ سوپرجاذب(B_4)

Cut Irrigation at stem elongation stage (A_1), Cut Irrigation at flowering stage (A_2), Cut Irrigation at poding stage (A_3), Control (B_1), Zeolite (B_2), Superabsorbent (B_3), Zeolite + superabsorbent (B_4).

وزن هزاردانه تحت تاثیر اثرات قطع آبیاری قرارنگرفت و اختلافات به‌وجود آمده از نظر آماری معنی‌دار نبود (جدول دو).

طبق نتایج جدول مقایسه میانگین اثرات متقابل (جدول سه) مشاهده شد که بالاترین وزن هزار دانه از تیمار قطع آبیاری در مرحله ساقه‌دهی و کاربرد زئولیت و سوپرجازب با ۳/۵۷ گرم به دست آمد که با تیمار قطع آبیاری در مرحله‌ی گلدهی و کاربرد زئولیت و سوپرجاذب تفاوت آماری نداشت و هر دو تیمار در کلاس a قرارگرفتند. کمترین وزن هزار دانه متعلق به تیمار قطع آبیاری در مرحله خورجین‌دهی و بدون استفاده از زئولیت و سوپر-جاذب به میزان ۲/۸۴ گرم بود.

طبق بررسی جدول اثرات متقابل می‌توان گفت که حساس ترین مرحله به قطع آبیاری خشکی جهت کاهش وزن هزاردانه، مرحله خورجین دهی بود. نتایج به دست آمده با نتایج کوآنچنگ و چن (Quanchang and Cheng, 2008) مطابقت داشت.

وزن دانه در کلزا یکی از اجزای عملکرد هست که قطع آبیاری در مرحله زایشی موجب کاهش آن نسبت به مرحله رویشی گردید به طور کلی وزن دانه به سرعت و طول دوره پر شدن دانه وابسته بوده و از دو منبع فتوسنتز جاری و انتقال مجدد مواد ذخیره‌ای تامین میشود. با توجه به کاهش وزن دانه در تیمارهای قطع آبیاری میتوان کاهش سرعت و دوره پر شدن دانه را دلیل این کاهش وزن دانه بیان کرد (نصری و خلعتبری، ۱۳۸۵). طبق بررسی جدول مقایسه میانگین، در تیمارهایی که قطع آبیاری اعمال گردید و از سوپرجاذب و یا زئولیت استفاده نشد، وزن هزار دانه کاهش داشت، لازم به ذکر است تغییرات وزن دانه نسبت به تعداد دانه در خورجین و تعداد خورجین در بوته در شرایط قطع آبیاری کمتر تحت تاثیر واقع شد و فاصله بین کلاس‌های آماری متفاوت از نظر وزن هزاردانه به هم نزدیکتر بود.

جدول ۴- تجزیه واریانس عملکرد دانه، کلروفیل برگ، عملکرد روغن تحت تاثیر قطع آبیاری و زئولیت و سوپرجاذب.
Table 6- Analysis of variance of seed yield, oil percentage and leaf chlorophyll under the influence of cut irrigation and zeolite and superabsorbent.

S.O.V	منابع تغییرات	M.S درجه آزادی df	مربعات میانگین عملکرد دانه Seed yield	درصد روغن Oil percentage	کلروفیل برگ Chlorophyll
Replication	تکرار	2	45689.65 ^{ns}	0.059 ^{ns}	4.897 ^{ns}
Cut irrigation(A)	قطع آبیاری	2	8659267.61 *	5.167 **	124.008 *
Error a	خطای a	4	199853.26	0.067	1.869
Zeolit& Super absorbent (B)	زئولیت و سوپرجاذب	3	7698997.60*	2.0036**	159.174**
Cut irr Zeolit& Super absorbent * (A×B)	زئولیت و سوپرجاذب * قطع آبیاری	6	25142.41**	0.242**	7.986**
Error b	خطای b	18	5436.10	0.043	2.128
C.V	ضریب تغییرات		16.29	4.36	3.47

*، ** و ns به ترتیب معنی‌دار در سطح آماری پنج درصد، یک درصد و عدم معنی داری

*, ** and ns, significant at 5%, 1% and non significant, respectively.

عملکرد دانه: نتایج جدول تجزیه واریانس نشان داد که اثرات ساده تیمار قطع آبیاری و کاربرد سوپرجاذب و زئولیت و اثرات متقابل تیمارها دارای اختلافات معنی‌دار در سطح پنج و یک درصد بود (جدول چهار). براساس نتایج جدول مقایسه میانگین اثرات متقابل، بیشترین عملکرد دانه زمانی مشاهده گردید که سوپرجاذب همراه با زئولیت در تیمار قطع آبیاری در مرحله ساقه‌دهی (۳۵۲۸/۴ Kg.ha) اعمال شد و کم‌ترین عملکرد دانه از تیمار شاهد و قطع آبیاری در مرحله خورجین‌دهی و به‌دست آمد (جدول پنج).

نتایج به دست آمده با یافته‌های رایت و همکاران (Wright *et al*., 2006)مطابقت داشت؛ این محققان بیان داشتند دیواره خورجین‌ها به‌عنوان انبار موقت با ذخیره فتوسنتزی و سپس انتقال به دانه‌ها تا حدودی در عملکرد دانه‌ی گیاه مشارکت دارد. به هر حال محدودیت عرضه مواد فتوسنتزی با کاهش میزان رشد دانه‌ها و دیواره خورجین‌ها، باعث کم شدن رشد و در نتیجه کاهش وزن خورجین‌ها و نهایتا افت عملکرد دانه کلزا گردید. به‌نظر می‌رسد مرحله خورجین‌دهی و سپس گلدهی بیش‌ترین تاثیر را در عملکرد دانه کلزا داشت، زیرا در این مراحل تعداد دانه در خورجین و تعداد خورجین در بوته و همچنین وزن هزاردانه معین می‌شود. البته قطع آبیاری در مرحله رویشی نیز تا حدودی باعث کاهش عملکرد گیاه گردید که علت آن کاهش سطح برگ و میزان ماده خشک تولید شده، در این مرحله است، کاهش سطح برگ در مراحل ابتدایی گلدهی باعث کاهش میزان فتوسنتز جاری و کاهش عملکرد شد. سوپرجاذب باعث افزایش روند رساندن آب به گیاه در مراحل رشد رویشی و زایشی در شرایط قطع آبیاری گردید. کمبود آب در مرحله گرده‌افشانی را برطرف کرد و سبب افزایش آب قابل دسترس گیاه و در نهایت سبب افزایش عملکرد گردید (Quanchang and Cheng, 2008).

جدول ۵- مقایسه میانگین اثرات متقابل قطع آبیاری و کاربرد زئولیت و سوپرجاذب بر عملکرد دانه، درصد روغن و کلروفیل برگ.

Table 5 - Comparison of average interaction effects of cut irrigation and application of zeolite and superabsorbent on seed yield, oil percentage and leaf chlorophyll.

Treatment	تیمار	عملکرد دانه Seed yield (Kg.ha)	درصد روغن Oil percentage (%)	کلروفیل برگ Chlorophyll (mg.gr)
A_1*B_1	شاهد × قطع آبیاری در مرحله ساقه دهی	2578.2 ^{c}	39.70 ^{cde}	31.28 ^{d}
A_1*B_2	زئولیت × قطع آبیاری در مرحله ساقه دهی	3099.3 ^{b}	42.90 ^{b}	38.61 ^{c}
A_1*B_3	سوپرجاذب × قطع آبیاری در مرحله ساقه دهی	2927.3 ^{b}	41.70 ^{bc}	37.45 ^{c}
A_1*B_4	سوپرجاذب و زئولیت × قطع آبیاری در مرحله ساقه دهی	3528.4 ^{a}	44.70 ^{a}	39.97^{bcd}
A_2*B_1	شاهد × قطع آبیاری در مرحله گلدهی	1678.2 ^{e}	36.80 ^{e}	33.39 ^{d}
A_2*B_2	زئولیت × قطع آبیاری در مرحله گلدهی	2267.6 ^{cd}	39.40 ^{d}	39.67 ^{bcd}
A_2*B_3	سوپرجاذب × قطع آبیاری در مرحله گلدهی	2036.2 ^{d}	38.70 ^{d}	39.10 ^{bcd}
A_2*B_4	سوپرجاذب و زئولیت × قطع آبیاری در مرحله گلدهی	2418.6 ^{cd}	41.20 ^{c}	42.56 ^{abc}
A_3*B_1	شاهد × قطع آبیاری در مرحله خورجین دهی	1525.2 ^{e}	35.20^{f}	34.15 ^{d}
A_3*B_2	زئولیت × قطع آبیاری در مرحله خورجین دهی	2078.3 ^{d}	38.90 ^{d}	42.11 ^{b}
A_3*B_3	سوپرجاذب × قطع آبیاری در مرحله خورجین دهی	1809.3 ^{de}	37.80 ^{def}	40.20 ^{bcd}
A_3*B_4	سوپرجاذب و زئولیت× قطع آبیاری در مرحله خورجین دهی	2269.4 ^{cd}	40.10 ^{cd}	45.36 ^{a}

؛ قطع آبیاری در مرحله ساقه دهی (A_1)، قطع آبیاری در مرحله گلدهی (A_2)، قطع آبیاری در مرحله خورجین دهی (A_3). شاهد (B_1)، زئولیت(B_2)، سوپرجاذب (B_3)، زئولیت+ سوپرجاذب(B_4)

Cut Irrigation at stem elongation stage (A_1), Cut Irrigation at flowering stage (A_2), Cut Irrigation at poding stage (A_3), Control (B_1), Zeolite (B_2), Superabsorbent (B_3), Zeolite + superabsorbent (B_4).

درصد روغن: تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد درصد روغن تحت تاثیر اثرات ساده تیمار قطع آبیاری و کاربرد زئولیت و سوپرجاذب و اثر متقابل تیمارها قرارگرفت و اختلافات به‌وجود آمده در سطح آماری یک درصد معنی-دار بود (جدول چهار). در بررسی اثرات متقابل عوامل مورد بررسی مشخص شد که تیمار قطع آبیاری در مرحله ساقه-دهی و کاربرد زئولیت + سوپرجاذب، بیش‌ترین میزان درصد روغن را با ۴۴/۷ درصد به خود اختصاص داد و تیمار تنش در مرحله خورجین‌دهی و شاهد با ۳۵/۲ درصد کمترین میزان روغن را داشت. بیشترین کاهش درصد روغن در تیمارهای تنش در مرحله خورجین دهی و سپس گلدهی مشاهده شد، زیرا در این مراحل تعداد دانه در خورجین و تعداد خورجین در بوته تعیین می شود و همچنین تنش در مرحله خورجین دهی سبب کاهش وزن نسبی دانه که محتوی روغن است؛ گردید. به نظر می‌رسد با کاهش دوره پر شدن دانه و تولید و انتقال مواد فتوسنتزی به سمت دانه‌ها، از درصد روغن کم می‌شود، از این رو تنش خشکی وارده بر گیاه از مهم‌ترین عوامل کاهش درصد روغن در گیاه کلزا می باشد. طبق نتایج آزمایش مشخص شده است که کاربرد زئولیت و سوپرجاذب تا حد بسیار زیادی توانسته است از کاهش درصد روغن جلوگیری کند و دلیل آن ذخیره آب کافی و در اختیار گیاه قرار دادن آن در مواقع کم آبی است. بنابر-این در چنین شرایطی به دلیل افزایش انتقال مواد فتوسنتزی به دانه، درصد روغن دانه افزایش داشت. البته در این مورد زئولیت نسبت به سوپرجاذب دارای برتری کمی بود که با توجه به نقش زئولیت که می‌تواند عناصر غذایی مورد نیاز گیاه را فراهم نموده و از شستشوی عناصر در خاک جلوگیری به عمل آورد، دور از ذهن به نظر نمی-رسد(Chegeni *et al*., 2016).

کلروفیل برگ(a+b): براساس نتایج جدول تجزیه واریانس، کلروفیل برگ تحت تاثیر اثرات ساده قطع آبیاری و کاربرد زئولیت و سوپرجاذب و اثرات متقابل تیمارها قرارگرفت و اختلافات به‌وجود آمده از نظر آماری در سطح پنج و یک درصد بود (جدول چهار). نتایج جدول مقایسه میانگین اثرات متقابل نشان داد که بیش‌ترین میزان کلروفیل برگ از تیمار قطع آبیاری در مرحله خورجین دهی و کاربرد زئولیت و سوپرجاذب با متوسط (mg.gr) ۴۵/۳۶ و کمترین مقدار کلروفیل برگ متعلق به تیمار قطع آبیاری در مرحله ساقه دهی (mg.gr) ۳۱/۲۸ بود (جدول پنج)

قطع آبیاری موجب خشک شدن برگ‌ها و مانع ساخته شدن کلروفیل می‌شود و حتی باعث گردید کلروفیل موجود در برگ تخریب شود که از عوارض آن قهوه‌ای شدن گیاه در طی دوره خشکی است. قطع آبیاری با کاهش کلروفیل بر روی فتوسنتز تاثیر داشت و سبب کاهش فتوسنتز شد. همچنین گلوتامات که پیش‌ماده کلروفیل و پرولین است، در اثر قطع آبیاری به پرولین تبدیل شد، در نتیجه از محتوی کلروفیل کاسته شد. از آنجا که میزان کلروفیل در برگ به‌طور مستقیم با فراهمی نیتروژن در ارتباط است و همچنین زئولیت یک جاذب انتخابی مناسب برای کاتیون آمونیم است و سبب کاهش شستشوی نیتروژن از محیط ریشه می‌شود همچنین به‌دلیل داشتن خاصیت تبادل کاتیونی بالا، سبب انتقال گیاه از تمامی عناصر موجود در خاک گشت، بنابراین می‌توان با استفاده از زئولیت از کاهش کلروفیل تا حد زیادی پیشگیری کرد. سوپرجاذب به‌دلیل خاصیت بالای جذب و نگهداری آب و اینکه در مواقع کمبود آب خاک و نیاز ریشه به رطوبت می‌تواند رطوبت ذخیره شده را در اختیار گیاه قراردهد و از صدمات قطع آبیاری بر میزان کلروفیل بکاهد. طی آزمایشاتی که محققان مختلف انجام دادند، به‌طورکلی در شرایط قطع آبیاری کاربرد پلیمر سوپرجاذب و دسترسی بیشتر گیاه به آب توانست به‌طور میانگین در کلزا میزان کلروفیل a+b را در حدود ۳۲ درصد افزایش دهد. نتایج به‌دست آمده با تحقیقات بابائیان و همکاران (۱۳۸۸)، نظری و همکاران (۱۳۸۶) مطابقت داشت.

جدول۶- تجزیه واریانس آنزیم آنتی اکسیدانت سوپراکسیددیسموتاز کاتالاز وگلوتاتیون پراکسیداز تحت تاثیر قطع آبیاری و زئولیت و سوپرجاذب.

Table 6- Analysis of variance of antioxidant enzyme superoxide dismutase catalase and glutathione peroxidase under the influence of cut irrigation and zeolite and superabsorbent.

S.O.V	منابع تغییرات	M.S درجه آزادیdf	مربعات سوپراکسیددیسموتاز SOD	میانگین کاتالاز CAT	گلوتاتیون پراکسیداز GPX
Replication	تکرار	2	1.695 ^{ns}	0.981 ^{ns}	0.111 ^{ns}
Cut irrigation(A)	قطع آبیاری	2	169.136 **	649.174 **	143.344 *
Error a	خطای a	4	0.398	0.611	21.480
Zeolit&Superabsorbent(B)	زئولیت و سوپرجاذب	3	112.927**	397.192**	340.197**
Cut irr *Zeolit& Super absorbent (A×B)	زئولیت و سوپرجاذب * قطع آبیاری	6	18.65**	32.65**	308.129**
Error b	خطای b	18	0.168	0.349	19.517
C.V	ضریب تغییرات		2.68	3.22	2.36

*، ** و ns به ترتیب معنی‌دار در سطح آماری پنج درصد، یک درصد و عدم معنی داری

*, ** and ns, significant at 5%, 1% and non significant, respectively

براساس نتایج جدول تجزیه واریانس اثرات ساده قطع آبیاری و کاربرد زئولیت و سوپرجاذب و اثرات متقابل تیمارها بر آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانت سوپراکسیددیسموتاز کاتالاز وگلوتاتیون پراکسیدازتاثیر معنی‌داری داشت و اختلافات به‌وجود آمده در سطح پنج و یک درصد بود (جدول شش).

جدول ۷- مقایسه میانگین اثرات متقابل قطع آبیاری و کاربرد زئولیت و سوپرجاذب بر آنزیم آنتی اکسیدانت سوپراکسیددیسموتاز، کاتالاز وگلوتاتیون پراکسیداز.

Table 5 - Comparison of average interaction effects of cut irrigation and application of zeolite and superabsorbent on Antioxidant enzyme superoxide dismutase, Catalase and Glutathione peroxidase.

Treatment	تیمار	سوپراکسیددیسموتاز SOD (u.mgprotien)	کاتالاز CAT (u.mgprotien)	گلوتاتیون پراکسیداز GPX (u.mgprotien)
A_1*B_1	شاهد × قطع آبیاری در مرحله ساقه دهی	15.27 cd	27.65 bc	19.11 b
A_1*B_2	زئولیت × قطع آبیاری در مرحله ساقه دهی	11.71 bcd	18.96 ef	13.28 d
A_1*B_3	سوپرجاذب × قطع آبیاری در مرحله ساقه دهی	12.32 cd	19.22 ef	15.19 cd
A_1*B_4	سوپرجاذب و زئولیت × قطع آبیاری در مرحله ساقه دهی	10.21 d	15.47 f	11.76d
A_2*B_1	شاهد × قطع آبیاری در مرحله گلدهی	25.56 a	43.28 a	23.18 a
A_2*B_2	زئولیت × قطع آبیاری در مرحله گلدهی	15.28 cd	31.65 c	16.87 c
A_2*B_3	سوپرجاذب × قطع آبیاری در مرحله گلدهی	17.11 bcd	35.26 bc	17.28 bcd
A_2*B_4	سوپرجاذب و زئولیت × قطع آبیاری در مرحله گلدهی	12.21 cd	24.98 def	14.36 cd
A_3*B_1	شاهد × قطع آبیاری در مرحله خورجین دهی	19.78 b	36.81b	22.65 a
A_3*B_2	زئولیت × قطع آبیاری در مرحله خورجین دهی	13.28 cd	22.27 def	13.67 d
A_3*B_3	سوپرجاذب × قطع آبیاری در مرحله خورجین دهی	14.39 cd	24.18 def	16.26 c
A_3*B_4	سوپرجاذب و زئولیت× قطع آبیاری در مرحله خورجین دهی	11.27 d	20.11 e	12.78 d

؛ قطع آبیاری در مرحله ساقه دهی (A_1)، قطع آبیاری در مرحله گلدهی (A_2)، قطع آبیاری در مرحله خورجین دهی (A_3). شاهد (B_1)، زئولیت(B_2)، سوپرجاذب (B_3)، زئولیت+ سوپرجاذب(B_4)

Cut Irrigation at stem elongation stage (A_1), Cut Irrigation at flowering stage (A_2), Cut Irrigation at poding stage (A_3), Control (B_1), Zeolite (B_2), Superabsorbent (B_3), Zeolite + superabsorbent (B_4).

آنزیم سوپر اکسید دیسموتاز (SOD): نتایج مقایسه میانگین اثرات متقابل نشان داد که بالاترین میزان آنزیم سوپر اکسید دیسموتاز را تیمار قطع آبیاری در مرحله گلدهی و شاهد (۲۵/۵۶ u.mgprotien) دارا بود و کمترین میزان آنزیم به تیمار قطع آبیاری در مرحله ساقه دهی با کاربرد زئولیت + سوپرجاذب (۱۱/۷۶ u.mgprotien) تعلق داشت (جدول هفت). آنزیم در تیمار قطع آبیاری خشکی پایان فصل نسبت به شرایط آبیاری کامل، کاهش داشت، اما با افزایش کاربرد سوپرجاذب در هر دو شرایط آبیاری کامل و قطع آبیاری خشکی پایان فصل، میانگین صفات فیزیولوژیکی مورد بررسی شامل گلوتاتیون پراکسیداز، سوپراکسیددیسموتاز کاهش نشان داد، مقادیر هر دو آنزیم اثر قطع آبیاری کمبود آب ناشی از عدم آبیاری در پایان فصل فقط از طریق کاربرد سوپرجاذب جبران نشد (وزیری و نادری، ۱۳۹۳)؛ که با نتایج تحقیقات به دست آمده مطابقت دارد.

آنزیم کاتالاز (CAT): جدول مقایسه میانگین اثرات متقابل نشان داد که بیش‌ترین میزان آنزیم کاتالاز تولید شده زمانی مشاهده شد که قطع آبیاری در مرحله گلدهی (۴۳/۲۸ u.mgprotien) اعمال شده است و کمترین میزان آن نیز را در تیمار قطع آبیاری در مرحله ساقه دهی با کاربرد زئولیت + سوپرجاذب (۱۵/۴۷ u.mgprotien) مشاهده گردید (جدول هفت).

فعالیت آنزیم‌های آنتی اکسیدانت تحت قطع آبیاری برای مبارزه با تنش اکسیداتیو و مقابله با رادیکال‌های آزاد افزایش می‌یابد. میزان تولید این آنزیم‌ها نشان دهنده میزان مقاومت گیاه به قطع آبیاری است. بیشتر تنش‌های محیطی در نهایت به غشای سیتوپلاسمی سلول آسیب می‌رسانند. مطالعات روی زئولیت و سوپرجاذب حاکی از این است که مصرف این مواد با کاهش قطع آبیاری، میزان فعالیت این آنزیم را کاهش می‌دهد؛ گیاه در هنگام قطع آبیاری سعی دارد با افزایش فعالیت آنزیم‌های آنتی اکسیدانت به‌عنوان یک وسیله دفاعی عمل کند و تخریب ناشی از قطع آبیاری را کاهش دهد، پس از آنجا که این مواد باعث کاهش اثرات منفی قطع آبیاری می‌شوند بنابراین میزان فعالیت آنزیم‌ها کاهش می‌یابد.

آنزیم گلوتاتیون پراکسیداز (GPX): مقایسه میانگین اثرات متقابل نشان داد که بیشترین میزان تولید گلوتاتیون

پراکسیداز در تیمار قطع آبیاری در مرحله خورجین-دهی(۲۲/۶۵ u.mgprotien) ملاحظه شد که با تیمار قطع آبیاری در مرحله گلدهی تفاوت معنی‌داری نداشت و هر دو تیمار در گروه آماری a قرارگرفتند و کمترین مقدار آنزیم گلوتاتیون پراکسیداز از تیمار قطع آبیاری در مرحله ساقه‌دهی با کاربرد زئولیت + سوپرجاذب (۱۰/۲۱ u.mgprotien) به‌دست آمد (جدول هفت).

مطالعات نصری و خلعتبری (۱۳۹۵) نشان داده است که فعالیت گلوتاتیون پراکسیداز در گیاهانی که در معرض قطع آبیاری قرار گرفتند، افزایش می‌یابد و همزمان با خارج شدن H_2O_2، این افزایش ممکن است NADP را که می‌تواند الکترون‌های حاصل از فرودوکسین را به شکل قابل دسترس تبدیل کند، در نتیجه میزان تولید سوپراکسید کاهش می یابد. گلوتاتیون پراکسیداز با کاهش پراکسید هیدروژن و با استفاده از گلوتاتیون احیا شده، سلول‌ها را در برابر آسیب‌های ناشی از اکسایش حفظ می-کند. در واقع سوخت و ساز گلوتاتیون یکی از سازوکارهای دفاعی و ضروری بود. در واقع قطع آبیاری با تاثیر بر غشای سیتوپلاسمی و ایجاد آسیب به آن و خروج محتویات سلول منجر به مرگ سلول می‌شود. افزایش فعالیت آنزیم-های آنتی اکسیدانت در شرایط قطع آبیاری به‌دلیل حیاتی بودن این آنزیم برای زنده‌ماندن سلول و ادامه یافتن سازمان‌های حیاتی ضروری است. مصرف زئولیت و سوپر-جاذب سبب تامین آب مورد نیاز گیاه شده و از شدت و میزان قطع آبیاری می‌کاهند، اما زئولیت دارای اثرات مثبت بیشتری بر گیاه کلزا بود ممکن است زئولیت باعث کاهش تولید رادیکال‌های آزاد موجب کاهش فعالیت این آنزیم گردید (El-Harris *et al*., 2007).

نتیجه گیری کلی

نتایج حاصل از این تحقیق نشان داد که بسیاری از خصوصیات کمی و کیفی رشد کلزا تحت قطع آبیاری قرارگرفت و بروز خشکی به‌ویژه در طی دوره رشد زایشی موجب کاهش معنی‌دار عملکرد دانه از طریق اثرگذاری بر اجزای مهم عملکرد دانه کلزا از قبیل تعداد خورجین در بوته، تعداد دانه در خورجین و وزن هزاردانه گردید. وزن دانه به عنوان یکی از اجزای عملکرد دانه تحت تاثیر سرعت و دوره پر شدن دانه قراردارد. نتایج این تحقیق نشان داد که در شرایط قطع آبیاری محدودیت شدید اندازه مخزن و تا حدی محدودیت قدرت منبع وجود داشت. با این که در قطع آبیاری انتظار می‌رود از طریق کاهش تولید ماده خشک باعث کاهش کارآیی تسهیم آن شود، ولی کاربرد سوپرجاذب و زئولیت (در شرایط قطع آبیاری) به‌دلیل ویژگی‌های منحصر به فرد خود باعث کاهش اثرات قطع آبیاری و در نهایت افزایش کارایی گیاه شدند. همچنین برای به دست‌آوردن حداکثر عملکرد نیاز به شاخص سطح برگ مطلوب بود که این مهم باید در زمان گلدهی صورت گیرد تا گیاه بتواند فتوسنتز جاری خود را افزایش دهد، مواد پرورده بیشتری سنتز کند و مازاد آن را در سایر بخش‌ها ذخیره نماید تا در مواقع ضروری (قطع آبیاری) که سرعت فتوسنتز جاری کمتر می‌شود بتواند از این ذخایر جهت پر کردن مخزن (دانه‌ها) استفاده کند که کانی زئولیت و پلیمر سوپرجاذب موجب شدند تا از خسارت‌های قطع آبیاری به اجزای عملکرد گیاه کاسته شده و در نهایت عملکرد کاهش زیادی متحمل نشود.

منابع مورد استفاده References

بابائیان، م.، حیدری، م. و قنبری. ا. ۱۳۸۹. اثر تنش خشکی و محلول‌پاشی عناصر کم مصرف بر ویژگی‌های فیزیولوژیک و جذب عناصر غذایی در آفتابگردان. (*Helianthus annus* L.). مجله علوم زراعی ایران. جلد دوازدهم، شماره۴. زمستان۱۳۸۹.

رحیمی، م. ۱۳۸۵. بررسی اثر کاربرد زئولیت بر مصرف بهینه نیتروژن در زراعت ارقام کلزا. پایان نامه کارشناسی ارشد. دانشگاه آزاد اسلامی واحد میانه.

نصری، م. و خلعتبری، م. ۱۳۸۵. بررسی تاثیر تنش خشکی بر روند تغییرات عناصر پر مصرف (N,P,K) در برگ ژنوتیپ‌های کلزا. مجله علمی – پژوهشی دانش کشاورزی ایران. ۳(۳).

نصری، م. و خلعتبری، م. ۱۳۹۵. اثر باکتری تیوباسیلوس و گوگرد بر عملکرد و ویژگی‌های بیوشیمیایی ذرت دانه‌ای (هیبرید ماکسیما) در شرایط کم‌آبیاری در منطقه ورامین. فصلنامه علمی پژوهشی فیزیولوژی گیاهان زراعی- دانشگاه آزاد اسلامی واحد اهواز- سال هشتم، شماره بیست و نهم، بهار۱۳۹۵.

نظری، ف.، خوشخوی، م. و عشقی، س. ۱۳۸۶. اثرات زئولیت طبیعی بر ویژگی‌های فیزیولوژیکی گل جعفری. خلاصه مقالات پنجمین کنگره علوم باغبانی ایران. دانشگاه شیراز.

وزیری، س. و نادری، ا. ۱۳۹۳. اثر کاربرد سوپرجاذب بر عملکرد دانه و برخی خصوصیات فیزیولوژیکی هیبریدهای کلزا در شرایط تنش کمبود آب پایان فصل. علوم گیاهان زراعی ایران. دورهٔ ۴۵، شمارهٔ۳، پاییز ۱۳۹۳. ص ۴۰۹- ۴۱۷.

Akbar, M., Saleem, U.T., Yaqub, M., and Iqbal, N. 2007. Utilization of genetic variability, correlation and path analysis for seed yield improvement in Brassica juncea L. Journal of Agricultural Research, 45(1), 25-31.

Challinor, A.J., Wheeler, T.R., Craufurd, P.Q., and Slingo, J.M. 2008. Absorbent polymers influence to root uptake in oil crops. Agricultural and Forest Meteorology, 481, 394-401.

Chegeni, H., Goldani, M., Shirani Rad, A.H., and Kafi, M. 2016. Effects of terminal drought stress on some biochemical and agronomic characteristics in some rapeseed lines (*Brassica napus* L.). Plant Ecophysiology,27: 20-31.

Cholvadova, B., Erdelsky, K., and Masar avicova, E. 1999. Praktikum Fyziologie rastin Bratislave. Univerzita komenskeho.

El-Harris, M.K., Cochran, V.L., Elliott, L.F., and Bezdicek, D.F. 2007. Effect of polymers, and water deficit on biochemical cellular situation. `Plant Physiololgical Journal,558, 261-270.

Foyer, C.H., and Noctor, G. 2003. Redox sensing and signalling associated with reactive oxygen in chloroplasts, peroxisomes and mitochondria. Physiol. Plant., 119, 355-364.

Girma, K., Teal, R.K., Freeman, K.W., Tubana, B., Holtz, S., Boman, R.K. and Raun, W.R. 2008. Yield accumulation with absorbent polymers in rapeseed (*Brassica napus* L.). Plant Science,64, 543-550.

Harb, E.M.Z., and Mahmoud, M.A. 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.

Kasraie, P., Shirani Rad, A.H., Daneshiyan, J., Nasri, M., Valad Abadi, A.R., and Khalatbari M. 2013. Effect of interaction between manure and super absorbent on the yield and yield components and some physiological traits in Rapeseed (*Brassica napus cvs Zarfam*) under water deficit. Annals of Biological Research 2013 Vol.4 No.2 pp.261-266 ref. 30.

Khayat, M., Lack, S., and Karami, H. 2012. Correlation and path analysis of traits affecting grain yield of canola (*Brassica napus* L.) Varieties. Journal of Basic and Applied Scientific Research, 2(6), 5555-5562.

Lawson, A.N. 2005. Emergence timing of volunteer canola in spring wheat fields in Manitoba. M.Sc. thesis. Univ. of Manitoba, Winnipeg, MB.

Mandal, K.G., Hati., K.M., Misra, A.K., and Bandyopadhyay, K.K. 2006. Assessment of irrigation and nutrient effects on growth, yield and water use efficiency of Indian mustard (*Brassica juncea*) in central India. J. Agric. water manage. 85: 279-286.

Ministry of Agriculture-Jahad. 2017. Agricultural statistics, 2013-2014, volume 1. Available at: http://www.maj.ir/Portal/Home/.pdf.

Misra, H.P., and Fridovich, I. 1972. The Generation of super oxide radical during oxidation. J. B. Chem.

Mullen, R.W. Freeman, K.W., Raun, W.R. and Solie, J.B. 2008. The prevention of water deficit stress for yield protective in rapeseed (*Brassica napus* L.).Agronomy Jornal,44, 781-780.

Ongom, P.O., Volenec, J.J., and Ejeta, G. 2016. Selection for drought tolerance in sorghum using desiccants to simulate post-anthesis drought stress. Field Crops Research,198, 213-321.

Paglia, D. 1997. Studies on the quantitative and qualitative characterization of glutathione peroxidase. Journal of Medical Lab Technology. 70:158-165.

Polat, E., Karaca, M., Demir, H., and Naci Onus, A. 2004. Use of natural zeolite (Clinoptilolite) in agriculture. J. Fruit Ornamental Plant Res. 12: 183 -189.

Quanchang ,H.Y., and Cheng, H. 2008. Cation –exchange properties of natural zeolites and their applications. Science Press .Beijing.228-232.

Sestak, Z., and Catasky, J. 1966. Method study photo synteticke produkee rostlin. Praha. Academia. 1966. 396.s.

Seyed Ahmadi, A., Bakhshandeh, A., and Garineh, M.H. 2015. Evaluation physiological characteristics and grain yield canola cultivars under end seasonal drought stress in weather condition of Ahvaz. Iranian Journal of Field Crops Research,13 (1): 71-80.

Tusar, P., Maiti, S. and Mitra, B. 2006. Variability correlation and path analysis of the yield attributing characters of Brassica spp. Research on Crops,7(1), 191-193.

Wright, P.R., Morgan, J.M., Jessop, R.S., and Gass, A. 2006. Comparative adaption of canola (*Brassica napus* L.) and Indian mustard (*Brassica juncea*) to soil water deficits: yield and yield components. Field Crops Res. 42:1-13.

Zhou, L, Wang, H., Chen, X., Li, Y., Hussain, N., Cui, L., Wu, D., and Jiang,. L, 2016. Identification of candidate genes involved in fatty acids degradation at the late maturity stage in *Brassica napus* based on transcriptomic analysis. Plan Growth Regulation, 83: 385-396.

Zirgoli, M.H., and Kahrizi, D. 2015. Effects of end-season drought stress on yield and yield components of rapeseed (*Brassica napus* L.) in warm regions of Kermanshah Province. Biharean Biologist,9(2): 133-140.