نشریه علمی ـ پژوهشی اکوفیزیولوژی گیاهان زراعی، جلد یازدهم، شماره ۳(۴۳)، پاییز ۱۳۹۶، صفحه ۵۶۴-۵۴۷

# پاسخ فیزیولوژیک گیاه رازیانه (*Foeniculum vulgare* Mill.) به کود دامی و پلیمر سوپرجاذب در شرایط تنش خشکی

زهرا رضایی[۱] و محمد رفیعی الحسینی[۲*]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۸/۷ تاریخ بازنگری: ۱۳۹۶/۷/۱۸ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۸/۱۰

## چکیده

به منظور بررسی اثر کود دامی و پلیمر سوپرجاذب بر برخی صفات فیزیولوژیکی رازیانه در شرایط تنش خشکی، آزمایشی به‌صورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح بلوک کامل تصادفی با سه تکرار در سال ۱۳۹۴ در دانشگاه شهرکرد انجام شد. سطوح مختلف تیمار تنش خشکی شامل: سه سطح ۵۰ (شاهد)، ۱۰۰ و ۱۵۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر کلاس A به‌عنوان فاکتور اصلی و نسبت‌های مختلف کود دامی (گاوی) و پلیمر سوپرجاذب در شش سطح شامل: $D_1$: عدم مصرف کود دامی و پلیمر سوپرجاذب، $D_2$: ۱۰ تن در هکتار کود دامی + ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار پلیمر سوپرجاذب، $D_3$: ۲۰ تن در هکتار کود دامی + ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار پلیمر سوپرجاذب، $D_4$: ۳۰ تن در هکتار کود دامی+ ۵۰ کیلوگرم در هکتار پلیمر سوپرجاذب، $D_5$: ۴۰ تن در هکتار کود دامی و $D_6$: ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار پلیمر سوپرجاذب به‌عنوان فاکتور فرعی بودند. نتایج نشان داد که تنش خشکی و کود دامی و پلیمر سوپرجاذب و اثر متقابل آنها بر محتوای پرولین، کلروفیل b، کارتنوئید، عملکرد دانه و عملکرد اسانس این گیاه تاثیر معنی‌داری داشتند. همچنین، بیشترین عملکرد دانه (۱۴۶/۶۶ گرم بر مترمربع)، عملکرد اسانس (۲/۹۹ گرم بر مترمربع) و کارتنوئید از تیمار ۵۰ میلی‌متر تبخیر با کاربرد $D_6$ حاصل شد. بیشترین مقدار پرولین از تیمار ۱۵۰ میلی‌متر تبخیر با کاربرد $D_4$ به‌دست آمد. بیشترین کلروفیل b از تیمار ۵۰ میلی‌متر تبخیر و کاربرد $D_3$ تولید شد. بیشترین محتوای آب نسبی برگ و کلروفیل کل از تیمار ۵۰ میلی‌متر تبخیر و $D_6$ و بیشترین کلروفیل a از تیمار ۵۰ میلی‌متر و $D_4$ حاصل شد. به‌طورکلی، در شرایط ۵۰ میلی‌متر تبخیر و ۲۰۰ کیلوگرم سوپرجاذب در هکتار حداکثر عملکرد دانه و عملکرد اسانس به‌دست آمدند. از طرف دیگر در شرایط ۱۰۰ میلی متر تبخیر و با کاربرد ۴۰ تن کود دامی در هکتار اثرات سوء تنش خشکی بر صفات عملکرد دانه و عملکرد اسانس کاهش یافت. همچنین، در تیمار ۱۵۰ میلی متر تبخیر و کاربرد کود دامی و پلیمر سوپرجاذب (به‌ترتیب ۳۰ تن و ۵۰ کیلوگرم در هکتار) اثرات تنش خشکی بر صفات عملکرد دانه و عملکرد اسانس نسبت به سایر تیمارها کاهش یافت.

**واژگان کلیدی**: پرولین، عملکرد اسانس، کارتنوئید، کلروفیل، محتوای آب نسبی برگ.

۱- کارشناسی ارشد آگرواکولوژی گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهرکرد، شهرکرد، ایران.

۲- استادیار گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهرکرد، شهرکرد، ایران. (* نگارنده‌ی مسئول) m_rafiee_1999@yahoo.com

Archive of SID

www.SID.ir

## مقدمه

رازیانه (*Foeniculum vulgare* Mill.) گیاهی است چند ساله متعلق به تیره چتریان (Apiaceae) که از مهم‌ترین و پرمصرف‌ترین گیاهان دارویی این تیره به شمار می‌آید و عمدتاً به‌منظور استفاده از اسانس حاصل از آن در صنایع مختلف دارویی، غذایی، آرایشی و بهداشتی مورد کشت قرار می‌گیرد (Rezai Chiane *et al*., 2013). هم اکنون در بیش‌تر نقاط جهان، مانند کشورهای آسیایی (هند، ژاپن و چین)، جنوب و مرکز اروپا، کشورهای آفریقایی و آمریکای جنوبی (آرژانتین و برزیل) زمین‌های زراعی وسیعی زیر کشت رازیانه قرار می‌گیرند (Pouryousef, 2015).

کشور ایران جزو مناطق خشک و نیمه خشک جهان محسوب می‌شود و خشک‌سالی‌های اخیر باعث بروز مشکل کم آبی در اکثر مناطق کشور گردیده است. بالا بودن میزان تبخیر و تعرق و محدودیت منابع آبی سبب بروز تنش خشکی در طول دوره رشد گیاهان زراعی می‌شود و برای مقابله با آن شناخت ویژگی‌های فیزیولوژیک گیاه، ذخیره و مصرف کارآمد آب را طلب می‌کند (Rezai Chiane *et al*., 2013). کاهش عملکرد دانه تحت شرایط تنش خشکی در گیاهان زراعی مختلف (رازیانه، گل راعی، انیسون، شوید و زیره سبز) گزارش شده است (Pouryousef, 2015). کاهش میزان فتوسنتز خالص در شرایط تنش خشکی بیانگر کاهش میزان ماده خشک در واحد سطح و در نتیجه کاهش عملکرد می‌باشد. طی تنش خشکی، فعالیت آنزیم‌های کلروفیلاز و پراکسیداز، افزایش یافته و در فعالیت آنزیم‌های مسئول سنتز کلروفیل اختلال ایجاد می‌شود و باعث کاهش کلروفیل و به دنبال آن سبب تقلیل فتوسنتز می‌شود (Rezai Chiane *et al*., 2013). بنابراین، تنش خشکی می‌تواند بر کمّیت و کیفیت اسانس‌های گیاهی تاثیرگذار باشد که از دلایل افزایش اسانس در این شرایط، تجمع بیشتر مواد آروماتیک در گیاه جهت افزایش غلظت شیره سلولی و جذب آب است (Amiri *et al*., 2015).

بین محتوای آب نسبی برگ و مقاومت به تنش خشکی رابطه مستقیم وجود دارد که می‌توان نتیجه گرفت، محتوای آب نسبی بالا یک مکانیزم مقاومت به خشکی است. بنابراین، تنظیم اسمزی به گسترش و توسعه سلول و رشد گیاه در شرایط تنش خشکی کمک می‌کند (Keshavars *et al*., 2012). کاهش محتوای نسبی آب برگ و غلظت کلروفیل a و افزایش پرولین در گیاه بادرنجبویه (*Melissa officinalis* L.) در شرایط تنش خشکی گزارش شده است. با افزایش سطح تنش از ۵۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر به ۱۵۰ میلی‌متر، مقدار پرولین ۲۵/۷ درصد در گیاه سیاهدانه (*Nigella sativa* L.) افزایش نشان داد (Rezai Chiane *et al*., 2013).

کاهش تلفات آب همواره مورد نظر متخصصین کشاورزی بوده است، یکی از راه‌های مورد نظر استفاده از مواد اصلاح کننده و افزودنی به خاک است (Keshavars *et al*., 2012). مزایای کاربرد پلیمرهای سوپرجاذب در کشاورزی عبارت است از: استفاده بهینه از آب و کود، جلوگیری از تنش‌های ناشی از نوسان رطوبتی، هوادهی بهتر خاک، بالا بردن ظرفیت تبادل کاتیونی خاک، جلوگیری از شست و شوی مواد غذایی خاک، فعالیت میکروارگانیسم‌ها در خاک، افزایش قوه نامیه، طیف وسیع کاربرد در خاک برای گیاهان مختلف و افزایش بازده محصول است (Moslemi *et al*., 2011). این مواد بی‌خطر، غیر سمّی و در

Archive of SID

www.SID.ir

اثر تجزیه میکروبی و یا تاثیر نور خورشید به تدریج به آب، دی‌اکسیدکربن، آمونیوم و پتاسیم تجزیه می‌شوند (Fazeli Rostampour *et al*., 2013).

افزایش درصد پلیمر سوپرجاذب در شرایط تنش در فلفل (*Capsicum annuum* L.) با فراهم آوری آب قابل دسترس برای گیاه باعث افزایش در میزان محتوای آب نسبی برگ و کاهش تجمع پرولین شد (Sayyari and Ghanbari, 2012). کاربرد پلیمر سوپرجاذب در شرایط تنش خشکی موجب افزایش عملکرد و برخی اجزای عملکرد در سویا شد. همچنین، اعمال آبیاری کافی همراه با کاربرد ۲۲۵ کیلوگرم پلیمر سوپرجاذب در هکتار در مقایسه با آبیاری کافی بدون کاربرد پلیمر سوپرجاذب موجب افزایش عملکرد دانه سویا به میزان ۱۹۰۰ کیلوگرم در هکتار شد (Tohidi Moghaddam and Mazaheri, 2012).

کودهای دامی یکی از منابع کود آلی است که استفاده از آن در سیستم مدیریت پایدار خاک مرسوم می باشد. کود دامی علاوه بر اثرات مثبت بیولوژیک و اصلاح خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک به علت این که عناصر غذایی آن به آهستگی آزاد شده و در اختیار گیاه قرار می‌گیرد آلودگی کمتری در محیط زیست ایجاد می‌کند (Taghi Darzi, 2012). با افزایش کود دامی، بیشترین محتوای رطوبت برگ با مصرف ۴۵ تن در هکتار کود دامی به‌دست آمد (Pourmusavi *et al*., 2007). کود دامی سبب افزایش مقدار کلروفیل a و b در گیاه بابونه در شرایط تنش خشکی شد (Ahmadian *et al*., 2010). بررسی‌ها روی گیاهان دارویی زنیان و زیره سبز نشان داد که کود دامی علاوه بر بهبود عملکرد دانه در افزایش درصد اسانس دانه نیز مؤثر است، به‌طوری‌که، مصرف ۳۰ تن در هکتار کود دامی در مقایسه با شاهد چهار درصد اسانس بیشتری تولید نمود. کود دامی با توجه به داشتن مزایای زیاد نظیر نگهداری آب در خاک و داشتن مواد معدنی می‌تواند درصد اسانس گیاه را افزایش دهد (Yunesian *et al*., 2013). برهمکنش کود دامی و دفعات آبیاری به‌طور معنی‌داری بر درصد اسانس و میزان شاخص‌های شیمیایی زیره سبز (*Cuminum cyminum* L.) مؤثر بود (Ahmadian *et al*., 2009). نتایج تحقیقات امیدبیگی و همکاران (Omidbiagi *et al*., 2003) در گیاه ریحان (*Ocimum basilicum*) نشان داد که با کاهش رطوبت خاک، عملکرد اسانس کاهش ولی درصد آن افزایش پیدا کرد.

هدف از این تحقیق شناخت دقیق‌تر برخی مکانیزم‌های فیزیولوژیکی گیاه رازیانه در مقابله با اثرات سوء تنش خشکی و تعدیل این اثرات با کاربرد کود دامی و پلیمر سوپرجاذب بود.

## مواد و روش‌ها

به‌منظور بررسی اثر کود دامی و پلیمر سوپرجاذب بر برخی صفات فیزیولوژیکی، عملکرد دانه و اسانس رازیانه تحت شرایط تنش خشکی، آزمایشی به‌صورت کرت‌های یک بار خرد شده در قالب طرح بلوک کامل تصادفی با سه تکرار در سال ۱۳۹۴ در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه شهرکرد (طول جغرافیایی محل ۵۰ درجه و ۴۹ دقیقه و ۲۸/۹ ثانیه شرقی و عرض جغرافیایی آن ۳۲ درجه و ۲۱ دقیقه و ۱۰/۷ ثانیه شمالی، ارتفاع محل از سطح دریا ۲۱۱۵ متر و در بخش مرکزی رشته کوه‌های زاگرس واقع شده است) انجام شد.

فاکتور اصلی سطوح مختلف تیمار تنش خشکی شامل سه سطح: ۵۰ میلی‌متر (شاهد)، ۱۰۰ میلی‌متر و ۱۵۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک

Archive of SID

www.SID.ir

تبخیر کلاس A، فاکتور فرعی نسبت‌های مختلف کود دامی و پلیمر سوپرجاذب در شش سطح شامل: ($D_1$: عدم مصرف کود دامی و پلیمر سوپرجاذب، $D_2$: کود دامی ۲۵ درصد (معادل ۱۰ تن در هکتار) + پلیمر سوپرجاذب ۷۵ درصد (معادل ۱۵۰ تن در هکتار)، $D_3$: کود دامی ۵۰ درصد (معادل ۲۰ تن در هکتار) + پلیمر سوپرجاذب ۵۰ درصد (معادل ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار)، $D_4$: کود دامی ۷۵ درصد (معادل ۳۰ تن در هکتار) + پلیمر سوپرجاذب ۲۵ درصد (معادل ۵۰ کیلوگرم در هکتار)، $D_5$: کود دامی ۱۰۰ درصد (معادل ۴۰ تن در هکتار) و $D_6$: پلیمر سوپرجاذب ۱۰۰ درصد (معادل ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار) بودند.

بذرها از شرکت پاکان بذر اصفهان (توده بومی اصفهان) تهیه و کشت بذر درون سینی‌های نشا در بستر کوکوپیت در گلخانه انجام و در مرحله سه برگی نشاها به مزرعه (۱۳۹۵/۰۲/۲۴) منتقل شد. قبل از انتقال نشاها، زمین شخم، دیسک، فارو، تراس‌بندی و کرت‌بندی شد. کود نیتروژن و فسفر براساس نیاز گیاه و نتایج آزمون خاک و کود دامی (از نوع گاوی) پس از محاسبه به کرت‌های مربوط اضافه شد (جدول ۱). کود دامی به‌صورت نواری در عمق صفر تا ۱۵ سانتی‌متری خاک و پلیمر سوپرجاذب به روش کپه‌ای در عمق پنج سانتی‌متری خاک به کار برده شد. در این آزمایش از پلیمر سوپرجاذب نوع A200 محصول شرکت رهاب رزین (تحت لیسانس پژوهشگاه پلیمر و پتروشیمی ایران) استفاده شد. برخی خصوصیات پلیمر سوپر جاذب در جدول ۲ ارایه شده است (Fazeli Rostampour, 2015).

هر کرت آزمایشی شامل پنج ردیف کاشت به طول سه متر فاصله ردیف‌ها ۵۰ سانتی‌متر و فاصله بوته‌ها روی ردیف ۳۰ سانتی‌متر (تراکم ۶/۷ بوته در متر مربع) بود. زمان آبیاری برای تیمارهای مختلف بر اساس تبخیر از تشت کلاس A تعیین شد.

نیاز آبی به کمک روش FAO با استفاده از آمار تبخیر از تشتک کلاس A و با استفاده از رابطه های ۱ و ۲ تعیین گردید. سپس با در نظر گرفتن راندمان ۸۰ درصد برای پخش آب در مزرعه آبیاری انجام شد. در این روش برای محاسبه مقدار آب مورد نیاز گیاه، ابتدا تبخیر از تشتک روزانه از اداره هواشناسی اخذ و سپس در ضریب تشتک ضرب شد. حاصل ضرب این دو مقدار تبخیر و تعرق گیاه مرجع بود.

$$ET_0 = K_{pan} \times E_p$$ رابطه ۱

$E_p$، $K_{pan}$ و $ET_0$ به‌ترتیب تبخیر از تشتک، ضریب تشتک (۰/۶۶) و تبخیر و تعرق گیاه مرجع بود. سپس با اعمال ضریب گیاهی ($K_c$) در تبخیر و تعرق گیاه مرجع پتانسیل نیاز آبی گیاه تعیین گردید (Hllen *et al*., 1998).

$$ET_c = K_c \times ET_0$$ (رابطه ۲)

مقدار $K_c$ نیز با استفاده از روش اشنایدر و همکاران (Snyder *et al*., 1989) و با توجه به مرحله رشد گیاه تعیین شد.

برای جلوگیری از نشت آب بین کرت‌های اصلی و کرت‌های فرعی به‌ترتیب دو و یک متر فاصله در نظر گرفته شد. آبیاری به روش غرقابی و تا مرحله به ساقه رفتن به‌طور یکسان انجام و بعد از این مرحله تیمارهای تنش خشکی اعمال شدند. برای اندازه‌گیری صفات مورد بررسی پس از حذف اثر حاشیه‌ای ۱۰ بوته از هر کرت انتخاب شد.

استخراج اسانس از دانه‌ها به روش تقطیر با آب و توسط دستگاه کلونجر انجام شد

Archive of SID

www.SID.ir

(Omidbaigi *et al.*, 2003). برای اندازه‌گیری پرولین ۰/۵ گرم از برگ تازه گیاه با ۱۰ میلی‌لیتر محلول سه درصد از اسید سولفوسالیسیلیک ساییده شد. مخلوط همگن حاصل پس از صاف کردن دو میلی‌لیتر برداشته و پس از افزودن دو میلی‌لیتر معرف اسید نین‌هیدرین و دو میلی‌لیتر اسید استیک خالص در بن ماری با دمای ۱۰۰ درجه سلسیوس به مدت یک ساعت قرار داده شد. سپس آنها را در حمام آب یخ گذاشته و پس از اضافه کردن چهار میلی‌لیتر تولوئن، مقدار جذب در طول موج ۵۲۰ نانومتر خوانده توسط اسپکتروفتومتر (مدل JENWAY- 6320- D، ساخت انگلستان) قرائت و مقدار پرولین با استفاده از منحنی استاندارد آن به‌دست آمد (Sayyari and Ghanbari, 2012). جهت اندازه‌گیری محتوی آب نسبی برگ از هر کرت پنج برگ انتخاب و پس از اتیکت‌گذاری به آزمایشگاه منتقل و توزین شد (Wf). در مرحله بعد نمونه‌ها به مدت ۲۴ ساعت در آب مقطر قرار گرفتند (Wt). پس از آن نمونه‌ها با استفاده از کاغذ خشک کن آب سطحی خشک و دوباره وزن شدند. در مرحله آخر نیز نمونه‌ها در آون به مدت ۲۴ ساعت در دمای ۷۰ درجه سلسیوس قرار داده و وزن خشک (Wd) نمونه ها یادداشت شد (Rezai Chiane *et al.*, 2013).

$$RWC= \frac{Wf-Wd}{Wt-Wd} \times 100 (\%)$$

برای اندازه‌گیری کلروفیل a، b، کل و کارتنوئید، ۰/۵ گرم از بافت تازه برگ را با استفاده از نیتروژن مایع خرد و با استون ۸۰ درصد کاملاً ساییده و حجم آن به ۲۰ میلی‌لیتر رسانده شد. سپس محلول حاصل به مدت ۱۰ دقیقه با سرعت ۶۰۰۰ دور در دقیقه سانتریفیوژ و عصاره جدا شده فوقانی حاصل از سانتریفیوژ را با دستگاه اسپکتروفتومتر در طول موج‌های ۶۴۵، ۶۶۳ و ۴۷۰ نانومتر قرائت و با استفاده از روابط زیر محاسبه شد (Sayyari and Ghanbari, 2012).

$$Chl_a = [12.7 (OD\ 663) - 2.69 (OD\ 645)]. [V/(1000.W)]$$
$$Chl_b = [22.9 (OD\ 645) - 4.68 (OD\ 663)]. [V/ (1000.W)]$$
$$Chl_T = [20.2 (OD\ 645) + 8.02 (OD\ 663)]. [V/ (1000.W]$$
$$C_{x+c} = \frac{(1000\ OD\ 470 - 1.8 Chla - 85.02 Chlb)}{198}$$

در روابط فوق $Chl_a$ (کلروفیل a)، $Chl_b$ (کلروفیل b)، $Chl_T$ (کلروفیل کل)، $C_{x+c}$ (کارتنوئید)، OD (اپتیکال دانسیته عصاره)، V (حجم نهایی عصاره در استون ۸۰ درصد) و W (وزن نمونه بر حسب گرم) می‌باشد. غلظت کلروفیل‌ها بر حسب میلی‌گرم بر گرم وزن تازه برگ (mg/gFW) بیان شد.

پس از آزمون نرمالیته داده‌ها و اطمینان از همگن بودن واریانس‌ها، تجزیه آماری اطلاعات جمع‌آوری شده با استفاده از نرم افزار آماری SAS نسخه ۹ انجام شد. برای انجام مقایسه میانگین‌ها از آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد استفاده شد.

## نتایج و بحث

**محتوای آب نسبی برگ:** اثر تیمار تنش خشکی در سطح یک درصد و سطوح مختلف کود دامی و پلیمر سوپرجاذب در سطح پنج درصد بر محتوای آب نسبی برگ معنی‌دار شد، ولی اثر متقابل این دو تیمار معنی‌دار نشد (جدول ۳). مقایسه میانگین تنش خشکی نشان داد که بیشترین میزان محتوای آب نسبی برگ در تیمار ۵۰ میلی‌متر (شاهد) و کمترین میزان محتوای آب نسبی برگ در تیمار ۱۵۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر حاصل شد، که کاهش ۱۴/۵۸ درصدی در تیمار ۱۵۰ میلی‌متر نسبت به تیمار ۵۰ میلی‌متر (شاهد) تبخیر از تشتک تبخیر

Archive of SID

www.SID.ir

مشاهده شد (جدول ۴). در بررسی مقایسه میانگین اثر سطوح کود دامی و پلیمر سوپرجاذب مشاهده شد که بیشترین و کمترین درصد محتوای آب نسبی برگ را به ترتیب تیمار پلیمر سوپرجاذب ۱۰۰ درصد و تیمار عدم کاربرد کود دامی و پلیمر سوپرجاذب به خود اختصاص دادند (جدول ۴).

کاهش محتوای رطوبت نسبی برگ در اثر تنش خشکی، دارای همبستگی مثبت و بالایی با محتوای رطوبت خاک می‌باشد. کاهش رشد و فعالیت ریشه و افزایش میزان تبخیر و تعرق از جامعه گیاهی از عوامل دخیل در کاهش محتوای آب نسبی برگ است، استفاده از کود دامی در بهبود عملکرد گیاهان زراعی و پایداری تولید آنها موثر می‌باشد (Purmosavi *et al*., 2007). محتوای آب نسبی برگ، یک شاخص مناسب برای تنش آبی گیاه است، از نتایج به‌دست آمده می‌توان دریافت که تنش آبی بر متابولیسم گیاه رازیانه مؤثر بوده است. با کاهش آب آبیاری محتوای آب نسبی برگ به‌طور معنی‌داری در گیاه گوجه فرنگی کاهش یافت به‌طوری‌که، کمترین میزان محتوی آب نسبی بافت در تیمار ۲۵ درصد ظرفیت زراعی مشاهده شد. با کاربرد پلیمر سوپرجاذب ۱۰ درصد حجمی محتوای آب نسبی بافت در گیاه ریحان، لوبیا و گوجه‌فرنگی (*Lycopersicum esculentum* L.) افزایش یافت (Puresmaeel *et al*., 2007). با افزایش کود دامی، بیشترین محتوای رطوبت برگ با مصرف ۴۵ تن در هکتار کود دامی به‌دست آمد. کود دامی و پلیمر سوپرجاذب با کاهش سرعت از دست دادن آماس و تنظیم اسمزی توانسته پلاسمولیز را به تاخیر بیندازد (Purmusavi *et al*., 2007).

**پرولین:** اثر تیمار تنش خشکی در سطح یک درصد، سطوح مختلف کود دامی و پلیمر سوپرجاذب و اثر متقابل آنها بر میزان پرولین در سطح پنج درصد معنی‌دار شد (جدول ۳). مقایسه میانگین اثرات متقابل تنش خشکی و کود دامی و پلیمر سوپرجاذب بر میزان پرولین نشان داد که بیشترین میزان پرولین در تیمار ۱۵۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر و کاربرد کود دامی ۷۵ درصد + پلیمر سوپرجاذب ۲۵ درصد مشاهده شد و کمترین میزان پرولین در تیمار ۵۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر و کاربرد کود دامی ۱۰۰ درصد و پلیمر سوپرجاذب ۱۰۰ درصد حاصل شد (جدول ۵). تنش خشکی باعث افزایش میزان پرولین در گیاه دارویی بومادران (*Achillea tenuifolia* Lam.) شد (Gharibi *et al*., 2012). گیاهان پرولین آزاد را در واکنش به تنش‌های غیرزنده از قبیل خشکی در خود افزایش می‌دهند. تجمع پرولین تحت تنش، با تحمل گیاهان به تنش ارتباط دارد. با افزایش سطح تنش آب محتویات پرولین و کربوهیدارت به‌طور قابل توجهی افزایش می‌یابد (Ghorbanali *et al*., 2013). استفاده از پلیمر سوپرجاذب در شرایط تنش خشکی سبب کاهش پرولین در آفتابگردان (*Helianthus annuus* L.) و گوجه‌فرنگی شده است (Seydi *et al*., 2014). در این پژوهش نیز با کاربرد پلیمر سوپرجاذب و کود دامی تجمع پرولین کاهش یافت. این مواد با در اختیار گذاشتن تدریجی آب برای گیاه و جلوگیری از وقوع نوسانات رطوبتی از بروز تنش خشکی در گیاه جلوگیری کرده و زمینه را برای کاهش تجمع پرولین در گیاهان تحت تنش مهیا می‌کنند.

**کلروفیل a:** اثر تیمار تنش خشکی و سطوح مختلف کود دامی و پلیمر سوپرجاذب در

Archive of SID

www.SID.ir

سطح یک درصد بر کلروفیل a معنی‌دار ولی اثر متقابل آنها معنی‌دار نشد (جدول ۳). نتایج مقایسه میانگین تیمارهای تنش خشکی نشان داد که بیشترین و کمترین میزان کلروفیل a به‌ترتیب در تیمار ۵۰ میلی‌متر تبخیر و ۱۵۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر به‌دست آمد. میزان کلروفیل a در تیمار ۱۵۰ میلی‌متر تبخیر و ۱۰۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر به‌ترتیب به مقدار ۳۰/۹ و ۲۰ درصد نسبت به تیمار ۵۰ میلی‌متر تبخیر از تشت تبخیر کاهش نشان داد (جدول ۴).

در بررسی مقایسه میانگین اثرات کاربرد سطوح مختلف کود دامی و پلیمر سوپرجاذب مشاهده شد که بیشترین و کمترین میزان کلروفیل a به‌ترتیب در تیمارهای کود دامی ۷۵ درصد + پلیمر سوپرجاذب ۲۵ درصد و عدم کاربرد کود دامی و پلیمر سوپرجاذب بود (جدول ۴). کمبود رطوبت خاک در مرحله گل‌دهی سبب کاهش ۱۳ تا ۴۵ درصدی میزان کلروفیل a و b در ارقام مختلف کلزا در مقایسه با تیمار آبیاری مطلوب شد. کاهش میزان کلروفیل می‌تواند به واسطه کاهش سنتز کمپلکس پروتئین محافظت کننده دستگاه فتوسنتزی و صدمه اکسیداتیو لیپیدها، رنگ دانه و پروتئین‌های کلروپلاست به همراه افزایش فعالیت آنزیم کلروفیلاز در شرایط تنش خشکی باشد (Din *et al*., 2011). سوپرجاذب در شرایط تنش خشکی سبب افزایش محتوای کلروفیل و پایداری غشای سیتوپلاسمی در گیاه ذرت، ریحان و آفتابگردان شد (Seydi *et al*., 2014). کود دامی سبب افزایش مقدار کلروفیل a و b در گیاه بابونه در شرایط تنش خشکی شد (Ahmadian *et al*., 2010). سوپرجاذب به‌عنوان یک ماده جذب کننده آب و سایر محلول‌ها عمل کرده در نتیجه باعث افزایش مقدار کلروفیل شده است (Dehbashi *et al*., 2014).

**کلروفیل b**: اثر تیمار تنش خشکی، سطوح مختلف کود دامی و پلیمر سوپرجاذب و اثر متقابل این دو تیمار در سطح یک درصد بر کلروفیل b معنی‌دار شد (جدول ۳). مقایسه میانگین اثرات متقابل تنش خشکی و کود دامی و پلیمر سوپرجاذب بر کلروفیل b نشان داد که بیشترین و کمترین میزان کلروفیل b به‌ترتیب، از تیمار ۵۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر همراه با کاربرد کود دامی ۵۰ درصد + پلیمر سوپرجاذب ۵۰ درصد و تیمار ۱۵۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر و عدم کاربرد کود دامی و پلیمر سوپرجاذب حاصل شد (جدول ۵). تنش خشکی باعث کاهش کلروفیل در گندم، آفتابگردان و گوجه‌فرنگی شد. کاهش محتوای کلروفیل در هنگام مواجه گیاه با تنش خشکی، تولید گونه‌های واکنش‌گر اکسیژن، پراکسیداسیون لیپیدها و تخریب کلروفیل است (Ghorbanali *et al*., 2013). کاهش کلروفیل به علت تجزیه کلروپلاست و ناپدید شدن ساختارهای تیلاکوئید است (Ghorbanali *et al*., 2013). استفاده از پلیمر سوپرجاذب در گیاهان ریحان، آفتابگردان و گوجه‌فرنگی در شرایط تنش خشکی سبب افزایش کلروفیل a و b شده است (Seydi *et al*., 2014). طبق گزارش‌ها، پلیمر سوپرجاذب سبب افزایش کلروفیل می‌شود. میزان کلروفیل در گیاهان زنده از فاکتورهای مهم حفظ ظرفیت فتوسنتزی، به شمار می‌رود (Seydi *et al*., 2014).

**کلروفیل کل:** تیمار تنش خشکی و سطوح مختلف کود دامی و پلیمر سوپرجاذب در سطح یک درصد بر کلروفیل کل معنی‌دار ولی اثر متقابل این دو تیمار معنی‌دار نبود (جدول ۳). نتایج مقایسه میانگین تیمارهای تنش خشکی نشان داد

Archive of SID

www.SID.ir

که بیشترین کلروفیل کل از تیمار ۵۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر و کمترین مقدار از تیمار ۱۵۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر به‌دست آمد (جدول ۴). در بررسی مقایسه میانگین کاربرد سطوح مختلف کود دامی و پلیمر سوپرجاذب مشاهده شد که بیشترین میزان کلروفیل کل را تیمار کود دامی ۷۵ درصد + پلیمر سوپرجاذب ۲۵ درصد و کمترین میزان کلروفیل کل در تیمار عدم کاربرد کود دامی و پلیمر سوپرجاذب حاصل شد (جدول ۴). مطالعات انجام شده نشان داد که تنش خشکی تاثیر معنی‌داری بر میزان کلروفیل a، b و کل داشت که حاکی از کاهش میزان هر سه نوع کلروفیل با کاهش پتانسیل آب است. کاهش کلروفیل در شرایط تنش خشکی همراه با کاهش کارآیی استفاده از کربن، افزایش تولید اتانول و لاکتات، تولید گونه‌های واکنش‌گر اکسیژن و متعاقب آن پراکسیداسیون لیپیدها و تخریب کلروفیل می‌باشد (Setayeshmehr and Gangali, 2013). تنش خشکی باعث کوچک شدن برگ‌ها و کاهش تعداد پلاستیدهای رنگی می‌شود که با طولانی‌تر شدن تنش برگ‌ها زرد می شوند و تعداد برگ‌های موجود در بوته کاهش می‌یابد. به‌طورکلی، تاثیر تنش آب بر کلروفیل بستگی به شرایط محیطی و ژنوتیپی گیاه دارد. از بین رفتن کلروفیل باعث کاهش تولید شیره پرورده که ارتباط مستقیم با میزان کلروفیل دارد می‌گردد (Delkhosh *et al*., 2006). اطلاعات به‌دست آمده از گیاه کلزا نشان داد که استفاده از ۳۰ تن در هکتار کود دامی سبب افزایش کلروفیل کل شد (Tohidi Moghaddam and Mazaheri, 2012). با توجه به این که میزان کلروفیل در برگ به‌طور مستقیم با فراهمی نیتروژن در ارتباط است و سوپرجاذب یک جاذب انتخابی مناسب برای آمونیوم بوده که باعث کاهش شست و شوی نیتروژن از محل ریشه می‌شود، لذا به دلیل خاصیت تبادل کاتیونی بالا موجب استفاده گیاه از تمامی عناصر موجود در خاک می‌شود. با استفاده از پلیمر سوپرجاذب می‌توان از کاهش کلروفیل تا حدی جلوگیری کرد (Lashkari sayad *et al*., 2013).

**کارتنوئید:** تنش خشکی، سطوح مختلف کود دامی و پلیمر سوپرجاذب و اثر متقابل این دو در سطح یک درصد بر میزان کارتنوئید معنی‌دار بود (جدول ۳). مقایسه میانگین اثرات متقابل تنش خشکی و سطوح مختلف کود دامی و پلیمر سوپرجاذب بر میزان کارتنوئید رازیانه نشان داد که بیشترین میزان کارتنوئید از تیمار ۵۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر با کاربرد پلیمر سوپرجاذب ۱۰۰ درصد و کمترین میزان کارتنوئید تیمار ۱۵۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر و عدم کاربرد کود دامی و پلیمر سوپرجاذب حاصل شد (جدول ۵). کاهش کارتنوئید با افزایش تنش خشکی در سیاه دانه، لوبیا، شوید و نیشکر گزارش شده است (Setayeshmehr and Gangali, 2013؛ Kabiri *et al*., 2014). کاهش مقدار کارتنوئید در شرایط تنش احتمالاً به علت تجزیه بتاکاروتن و تشکیل زآانتین در چرخه زانتوفیل می‌باشد (Kabiri *et al*., 2014). استفاده از پلیمر سوپرجاذب باعث افزایش کارتنوئید در گیاه گل جعفری (*Tagetes marigoid*) شد (Dehbashi *et al*., 2014).

**عملکرد دانه:** تیمار تنش خشکی، سطوح مختلف کود دامی و پلیمر سوپرجاذب و اثر متقابل این دو تیمار بر عملکرد دانه در سطح یک درصد تاثیر معنی‌دار داشت (جدول ۶). مقایسه میانگین اثرات متقابل تنش خشکی و سطوح مختلف کود دامی و پلیمر سوپرجاذب نشان داد که بیشترین عملکرد دانه در تیمار ۵۰ میلی‌متر تبخیر از

Archive of SID

www.SID.ir

تشتک تبخیر (شاهد) همراه با کاربرد ۱۰۰ درصد پلیمر سوپرجاذب و کمترین آن مربوط به تیمار ۱۵۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر و عدم کاربرد کود دامی و پلیمر سوپرجاذب بود. در تیمار ۵۰ میلی‌متر (شاهد) بین تیمارهای ۲۵ درصد کود دامی + ۷۵ درصد پلیمر، ۵۰ درصد کود دامی + ۵۰ درصد پلیمر سوپرجاذب، ۷۵ درصد کود دامی + ۲۵ درصد پلیمر سوپرجاذب تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد. در تیمار ۱۰۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر بیشترین عملکرد دانه در تیمار ۱۰۰ درصد کود دامی مشاهده شد که با تیمارهای ۲۵ درصد کود دامی + ۷۵ درصد پلیمر سوپرجاذب، ۵۰ درصد کود دامی + ۵۰ درصد پلیمر سوپرجاذب و ۷۵ درصد کود دامی + ۲۵ درصد پلیمر سوپرجاذب تفاوت معنی‌داری نداشتند. هم‌چنین، در تیمار ۱۵۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر نیز بیشترین عملکرد دانه در تیمار ۷۵ درصد کود دامی + ۲۵ درصد پلیمر سوپرجاذب مشاهده شد که تفاوت معنی‌داری با تیمارهای ۲۵ درصد کود دامی + ۷۵ درصد پلیمر سوپرجاذب، ۵۰ درصد کود دامی + ۵۰ درصد پلیمر سوپرجاذب، ۱۰۰ درصد کود دامی و ۱۰۰ درصد پلیمر سوپرجاذب نداشتند (جدول ۵).

گل‌دهی مرحله حساس به تنش آب است که احتمالاً به علت حساسیت توسعه گرده افشانی و لقاح منجر به عدم تلقیح مناسب گل‌ها و کاهش تعداد دانه رازیانه در چتر و چترک می‌شود (Pouryousef, 2015). بروز تنش طی مراحل مختلف نموی به‌ویژه در مرحله زایشی باعث کاهش طول دوره فتوسنتزی، انتقال مواد حاصل از فتوسنتز جاری به دانه، کاهش سهم انتقال مجدد مواد ذخیره شده در ساقه به دانه و کاهش عملکرد دانه می‌شود. هم‌چنین، تنش خشکی در مراحل اولیه پر شدن دانه از طریق کاهش تعداد سلول‌های آندوسپرم بر روی پر شدن دانه و در نتیجه عملکرد تاثیر می‌گذارد (Tohidi Moghaddam and Mazaheri, 2012). نتایج تحقیقات نشان داد در زمانی که آبیاری به صورت معمول انجام شد و کود دامی مصرف نشده یا ۱۵ تن در هکتار استفاده شده بود، استفاده از پلیمر سوپرجاذب باعث افزایش عملکرد دانه در ذرت و لوبیا (*Phaseolus vulgaris*) شد (Tohidi Moghaddam and Mazaheri, 2012). مطالعات هاتی و همکاران (Hati *et al*., 2006) نشان داد که افزایش ۱۰ تن در هکتار کود دامی در هکتار در مزرعه سویا باعث افزایش عملکرد دانه و کارآیی مصرف آب شد. فراهم بودن عناصر غذایی و افزایش میزان رطوبت قابل دسترس خاک، باعث افزایش عملکرد دانه می‌شود.

**عملکرد اسانس:** اثر تیمار تنش خشکی، سطوح مختلف کود دامی و پلیمر سوپرجاذب و اثر متقابل آنها بر عملکرد اسانس رازیانه در سطح یک درصد معنی‌دار شد (جدول ۶). مقایسه میانگین اثرات متقابل تنش خشکی و کود دامی و پلیمر سوپرجاذب نشان داد که بیشترین و کمترین عملکرد اسانس را به‌ترتیب، تیمار ۵۰ میلی‌متر (شاهد) خشکی با کاربرد پلیمر سوپرجاذب ۱۰۰ درصد و تیمار ۱۵۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر و عدم کاربرد کود دامی و پلیمر سوپرجاذب را داشتند (جدول ۵). اثر متقابل تنش خشکی و کود دامی بر خصوصیات کمّی و کیفی زیره سبز نشان داد که مصرف ۲۰ تن در هکتار کود دامی ضمن کاهش اثرات تنش خشکی، باعث افزایش میزان اسانس و جایگزین آبیاری بیشتر در مرحله پر شدن دانه شد (Ahmadian *et al*., 2009). اثرات نامناسب تنش خشکی در کاهش عملکرد

Archive of SID

www.SID.ir

اسانس روی گیاه ریحان، آویشن (*Thymus kotschyanus*) و کرفس (*Apium graveolens*) گزارش شده است به‌طوری‌که، با کاهش دفعات آبیاری درصد اسانس افزایش نشان داد اما عملکرد دانه و عملکرد اسانس کاهش داشته است. از آن‌جا که عملکرد اسانس حاصل‌ضرب عملکرد دانه در درصد اسانس است در شرایط تنش خشکی کاهش عملکرد دانه سبب کاهش عملکرد اسانس می‌شود (Ahmadian *et al*., 2010). با افزایش شدت خشکی، درصد اسانس نمی‌تواند افزایش یابد چرا که در تنش‌های شدید گیاه بیشتر مواد فتوسنتزی خود را صرف تولید مواد تنظیم کننده اسمزی و ترکیبات قندی می‌کند که بتواند غلظت شیره سلولی را افزایش دهد. این ترکیبات برای گیاه هزینه بر بوده و گیاه این هزینه را از کاهش عملکرد کل جبران می‌کند. کاربرد کودهای آلی در تولیـد رازیانه سبب افزایش عملکرد اسانس می‌شود. بیشترین عملکرد اسانس به مقدار ۲۴/۶۴ (لیتر در هکتار) با کاربرد کود گاوی به دست آمد (Mona *et al*., 2008). تیمار کودی عناصر غذایی لازم را در مراحل مختلف رشد در اختیار گیاه رازیانه قرار داده و منجر به افزایش اسانس گردید (Yunesian *et al*., 2013). بیشترین عملکرد اسانس بابونه (*Matricaria chamomilla* L.) با کاربرد ۱۸۰ کیلوگرم پلیمر سوپرجاذب در هکتار به‌دست آمد (Pirzad *et al*., 2012).

## نتیجه‌گیری کلی

در این آزمایش تنش خشکی اثر معنی‌داری بر عملکرد دانه، عملکرد اسانس، محتوای آب نسبی برگ، کلروفیل (a، b و کل) و کارتنوئید داشت. گیاهان در موقع کم آبی و وقوع تنش خشکی با تغییراتی که در برخی از خصوصیات فیزیولوژیکی خود ایجاد می‌کنند به تنش پاسخ می‌دهند. عملکرد دانه و اسانس مهم‌ترین صفت تولیدی در گیاه رازیانه است. مقایسه میانگین اثرات متقابل تنش خشکی و کود دامی و پلیمر سوپرجاذب نشان داد که بیشترین عملکرد دانه (۱۴۶/۶۶ گرم بر متر مربع) و عملکرد اسانس (۲/۹۹ گرم بر مترمربع) از تیمار ۵۰ میلی‌متر (شاهد) همراه با مصرف پلیمر سوپرجاذب ۱۰۰ درصد به دست آمد، می‌توان این تیمار را در شرایط مشابه آزمایش برای کسب حداکثر عملکرد دانه و اسانس پیشنهاد کرد. سطوح مختلف کود دامی و پلیمر سوپرجاذب باعث افزایش عملکرد دانه و عملکرد اسانس رازیانه در شرایط تنش خشکی گردید. نتایج این پژوهش نشان داد که تیمارهای کود دامی و پلیمر سوپرجاذب با توجه به توانایی جذب آب، کاهش وزن مخصوص ظاهری خاک، نگهداری عناصر غذایی، کاهش تبخیر سطحی و افزایش بازده محصول موجب کاهش اثرات سوء تنش خشکی در گیاه رازیانه شده است. به‌طورکلی، برای کسب حداکثر عملکرد اسانس رازیانه (به‌عنوان مهم‌ترین شاخص تولید) در شرایط عدم تنش خشکی می‌توان از پلیمرهای سوپر جاذب به تنهایی استفاده نمود. در شرایط تنش خشکی می‌توان با کاربرد کود دامی اثرات سوء تنش خشکی را کاهش داد و با افزایش شدت تنش بهتر است مخلوطی از کاربرد کود دامی و پلیمر سوپرجاذب برای کاهش اثرات سوء تنش خشکی به‌کار برده شود.

Archive of SID

www.SID.ir

**جدول ۱**- برخی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه آزمایشی از عمق صفر تا ۳۰ سانتی‌متری خاک و کود دامی

**Table 1**- Some physical and chemical properties of the experimental soil from zero to 30 cm soil depth and animal manure

| ویژگی‌ها (Characteristics) | بافت (Texture) | Ec (ds.m-1) | pH | N (%) | P (ppm) | K (ppm) | OC (%) | Moisture (% weight) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| خاک (Soil) | رسی‌سیلت (Clay silt) | 0.7 | 8.11 | 0.014 | 16.7 | 246 | 0.612 | - |
| کود دامی (Animal manure) | - | 5.69 | 8.21 | 1.124 | 7130 | 9050 | 34.09 | 11.28 |

**جدول ۲**- خصوصیات پلیمر سوپرجاذب A200

**Table 2**- The properties of A200 super absorbent polymer

| | |
|---|---|
| ظاهر Appearance | گرانول سفید White granule |
| اندازه ذرات (میلی‌متر) Grain size (mm) | 0.5-1.5 |
| محتوای آب (٪) Water content (%) | 3-5 |
| چگالی (گرم بر سانتی‌متر مربع) Density (g $cm^{-3}$) | 1.4-1.5 |
| اسیدیته pH | 6-7 |
| ظرفیت واقعی جذب از محلول نمک طعام ۰/۹ درصد The actual capacity of absorbing the solution of 0.9 % NaCl | 45 |
| ظرفیت واقعی جذب The actual capacity of absorbing tap water | 190 |
| ظرفیت واقعی جذب آب مقطر The actual capacity of absorbing distilled water | 220 |
| بالاترین دوام و ماندگاری (سال) Maximum durability (year) | 7 |

**جدول ۳**- نتایج تجزیه واریانس کاربرد سطوح مختلف کود دامی و پلیمر سوپرجاذب بر برخی صفات فیزیولوژیکی رازیانه تحت شرایط تنش خشکی

**Table 3**- Results of variance analysis of different levels of animal manure and super absorbent polymer on some physiological characteristics of fennel under drought stress conditions

| منابع تغییرات S.O.V | درجه آزادی df | محتوای آب نسبی برگ Leaf relative water content | پرولین Proline | کلروفیل a Chlorophyll a | کلروفیل b Chlorophyll b | کلروفیل کل Total Chlorophyll | کارتنوئید Carotenoids |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| تکرار(Replication) | 2 | $15.01^{ns}$ | $18^{*}$ | $0.009^{ns}$ | $0.001^{ns}$ | $0.002^{ns}$ | $0.037^{ns}$ |
| تنش خشکی (Drought stress) | 2 | $544.9^{**}$ | $1047.1^{**}$ | $0.126^{**}$ | $0.082^{**}$ | $0.716^{**}$ | $0.568^{**}$ |
| خطای اصلی (Main error) | 4 | 77.7 | 0.37 | 0.001 | 0.00069 | 0.005 | 0.065 |
| کود دامی + پلیمر سوپرجاذب (Animal manure + super absorbent) | 5 | $147.2^{*}$ | $11.66^{*}$ | $0.062^{**}$ | $0.011^{**}$ | $0.089^{**}$ | $0.271^{**}$ |
| تنش خشکی × کود دامی + پلیمر سوپرجاذب (Drought stress × animal manure + super absorbent) | 10 | $81.6^{ns}$ | $10.54^{*}$ | $0.01^{ns}$ | $0.007^{**}$ | $0.008^{ns}$ | $0.057^{**}$ |
| خطای آزمایش (Experimental error) | 30 | 48.4 | 4.45 | 0.005 | 0.0006 | 0.01 | 0.015 |
| ضریب تغییرات(%) C.V. | | 10.35 | 7.59 | 16.3 | 14.5 | 15.15 | 17.2 |

**ns، ** و *** به‌ترتیب بیانگر غیرمعنی‌دار بودن و معنی‌دار بودن در سطح احتمال یک و پنج درصد می‌باشند

ns, ** and *, non-significant and significant at 1% and 5% probability level, respectively

Archive of SID

www.SID.ir

**جدول ۴**- مقایسه میانگین اثرات سطوح مختلف تنش خشکی و تیمار کود دامی و پلیمر سوپرجاذب بر برخی صفات فیزیولوژیکی رازیانه تحت شرایط تنش خشکی

**Table 4-** Mean comparison of different levels of animal manure and super absorbent polymer on some physiological characteristics of fennel under drought stress conditions

| تیمارها Treatments | محتوای آب نسبی برگ Leaf Relative Water Content (%) | کلروفیل a Chlorophyll a (mg/g FW) | کلروفیل کل Total Chlorophyll (mg/g FW) |
|---|---|---|---|
| ۵۰ میلی‌متر (شاهد) 50 mm (Control) | 73.29 a | 0.55 a | 0.88 a |
| ۱۰۰ میلی‌متر 100 mm | 65.6 ab | 0.44 b | 0.64 b |
| ۱۵۰ میلی‌متر 150 mm | 62.6 b | 0.38 c | 0.49 c |
| $D_1$ | 61.9 c | 0.31 c | 0.52 c |
| $D_2$ | 63.5 bc | 0.42 b | 0.62 bc |
| $D_3$ | 65.5 abc | 0.47 ab | 0.72 ab |
| $D_4$ | 70.6 ab | 0.54 a | 0.8 a |
| $D_5$ | 70 ab | 0.48 ab | 0.63 b |
| $D_6$ | 71.5 a | 0.53 a | 0.74 a |

حروف مشابه در هر ستون و برای هر تیمار به منزله عدم وجود اختلاف معنی‌دار در سطح آماری ۵ درصد بر اساس آزمون دانکن می‌باشد.
($D_1$: عدم مصرف کود دامی و پلیمر سوپرجاذب، $D_2$: کود دامی ۲۵ درصد + پلیمر سوپرجاذب ۷۵ درصد، $D_3$: کود دامی ۵۰ درصد + پلیمر سوپرجاذب ۵۰ درصد، $D_4$: کود دامی ۷۵ درصد + پلیمر سوپرجاذب ۲۵ درصد، $D_5$: کود دامی ۱۰۰ درصد و $D_6$: پلیمر سوپرجاذب ۱۰۰ درصد) می‌باشند.

Similar letters in each column and for each treatment denotes no significant differences at 5% level of probability based on Duncans test.
($D_1$: lack of manure and super absorbent polymer, $D_2$: 25 percent manure + 75 percent super absorbent polymer, $D_3$: 50 percent manure + 50 percent super absorbent polymer, $D_4$: 75 percent manure + 25 percent super absorbent polymer, $D_5$: 100 percent manure and $D_6$: 100 percent super absorbent polymer).

Archive of SID

www.SID.ir

**جدول ۵**- مقایسه میانگین اثرات متقابل سطوح مختلف کود دامی و پلیمر سوپرجاذب و تنش خشکی بر برخی صفات فیزیولوژیکی رازیانه، عملکرد و تولید اسانس

**Table 5-** Mean comparison of the interaction effects of different levels of animal manure and super absorbent polymer and drought stress on some physiological characteristics of fennel, yield and essential oil production

| تنش خشکی Drought stress | کود دامی و پلیمر سوپرجاذب Animal manure and super absorbent polymer | صفات Characteristics | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | پرولین Proline (mg/g FW) | کلروفیل b Chlorophyll b (mg/g FW) | کارتنوئید Carotenoids (mg/g FW) | عملکرد دانه Grain yield ($g/m^2$) | عملکرد اسانس Essential oil yield ($g/m^2$) |
| ۵۰ میلی‌متر (شاهد) 50 mm (Control) | $D_1$ | 24 cd | 0.137 cde | 0.620 cd | 82 c | 1.51 fg |
| | $D_2$ | 20 e | 0.169 cd | 0.859 bc | 97.33 b | 2.13 bcd |
| | $D_3$ | 23.5 d | 0.385 a | 0.807 bcd | 97.33 b | 1.93 cde |
| | $D_4$ | 19 e | 0.275 b | 0.818 bcd | 99.57 b | 2.28 bc |
| | $D_5$ | 17.5 e | 0.242 b | 0.882 bc | 107.06 b | 2.37 b |
| | $D_6$ | 17.5 e | 0.260 b | 1.385 a | 146.66 a | 2.99 a |
| ۱۰۰ میلی‌متر 100 mm | $D_1$ | 29.5 b | 0.122 def | 0.619 cd | 45.06 i | 0.90 h |
| | $D_2$ | 27 bcd | 0.142 cde | 0.808 bcd | 65.33 def | 1.51 fg |
| | $D_3$ | 27.5 bc | 0.122 def | 0.602 cd | 66.66 def | 1.57 efg |
| | $D_4$ | 26 bcd | 0.182 c | 0.702 bcd | 72.66 cde | 1.74 def |
| | $D_5$ | 28.5 b | 0.146 cde | 0.857 bc | 78.66 cd | 1.98 cd |
| | $D_6$ | 27 bcd | 0.173 c | 0.934 b | 64 efg | 1.26 gh |
| ۱۵۰ میلی‌متر 150 mm | $D_1$ | 35.5 a | 0.066 g | 0.271 f | 20.99 i | 0.51 i |
| | $D_2$ | 35.5 a | 0.114 ef | 0.315 ef | 50.83 gh | 1.26 gh |
| | $D_3$ | 34.5 a | 0.087 fg | 0.550 de | 46.66 h | 1.36 fg |
| | $D_4$ | 37.5 a | 0.139 cde | 0.618 cd | 57.33 fgh | 1.48 fg |
| | $D_5$ | 35 a | 0.142 cde | 0.810 bcd | 44 h | 1.36 fg |
| | $D_6$ | 35 a | 0.136 cde | 0.687 bcd | 45.33 h | 1.25 gh |

($D_1$: عدم مصرف کود دامی و پلیمر سوپرجاذب، $D_2$: کود دامی ۲۵ درصد + پلیمر سوپرجاذب ۷۵ درصد، $D_3$: کود دامی ۵۰ درصد + پلیمر سوپرجاذب ۵۰ درصد، $D_4$: کود دامی ۷۵ درصد + پلیمر سوپرجاذب ۲۵ درصد، $D_5$: کود دامی ۱۰۰ درصد و $D_6$: پلیمر سوپرجاذب ۱۰۰ درصد) می‌باشند. در هر ستون حروف مشابه در هر ستون بیان‌گر عدم وجود تفاوت معنی‌دار بین تیمارها (آزمون دانکن) در سطح آماری ۵ درصد می‌باشد.

Treatments of drought stress: no stress (50 mm), mild stress (100 mm) and high tension (150 mm), respectively.

($D_1$: lack of manure and super absorbent polymer, $D_2$: 25 percent manure + 75 percent super absorbent polymer, $D_3$: 50 percent manure + 50 percent super absorbent polymer, $D_4$: 75 percent manure + 25 percent super absorbent polymer, $D_5$: 100 percent manure and $D_6$: 100 percent super absorbent polymer).

Same letters in each column denote no significant difference between treatments (Duncans test) at 5% level of probability.

Archive of SID

www.SID.ir

**جدول ۶**- نتایج تجزیه واریانس کاربرد سطوح مختلف کود دامی و پلیمر سوپرجاذب بر عملکرد دانه و تولید اسانس رازیانه تحت شرایط تنش خشکی

**Table 6-** Results of variance analysis of different levels of animal manure and super absorbent polymer on grain yield and essential oil production of fennel under drought stress conditions

| منابع تغییرات S.O.V | درجه آزادی df | عملکرد دانه Grain yield | عملکرد اسانس Essential oil yield |
|---|---|---|---|
| تکرار (Replication) | 2 | $91.2^{ns}$ | $0.11^{ns}$ |
| تنش خشکی (Drought stress) | 2 | $17142.8^{**}$ | $4.76^{**}$ |
| خطای اصلی (Main error) | 4 | 125.8 | 0.07 |
| کود دامی + پلیمر سوپرجاذب (Animal manure + super absorbent) | 5 | $1322.1^{**}$ | $1.06^{**}$ |
| تنش خشکی × کود دامی + پلیمر سوپرجاذب (Drought stress × animal manure + super absorbent) | 10 | $486.2^{**}$ | $0.22^{**}$ |
| خطای آزمایش (Experimental error) | 30 | 49.2 | 0.04 |
| ضریب تغییرات C.V. (%) | - | 9.8 | 13.2 |

**ns، ** و *** به ترتیب بیانگر غیر معنی‌دار بودن و معنی‌دار بودن در سطح احتمال یک و پنج درصد می‌باشند

ns, ** and * , non-significant and significant at 1% and 5% probability level, respectively

Archive of SID

www.SID.ir

## References منابع مورد استفاده


- Ahmadian, A., A. Ghanbari, and V.M. Galuy. 2009. The interaction effect of water stress and animal manure on yield component, essential oil chemical composition of cumin (*Cuminum cyminum* L.). *Iranian Journal of Field Crop Science*. 40 (1): 173-180. (In Persian).
- Ahmadian, A., A. Ghanbari, B.A. Syasr, M. Heydari, M. Ramroudi, and S.M. Mousavi Nick. 2010. Residual effects of chemical and animal fertilizers and compost on yield, yield components physiological characteristics and essential oil content of *matricaria chamommilla* L. under drought stress conditions. *Iranian Journal of Field Crop Research*. 8 (4): 668-676. (In Persian).
- Amiri, H., GH.A. Imame, and S.F. Abdollahi. 2015. Effect of drought stress on the essential oil content and composition of dill (*Anethum graveolens* L.). *Journal of Plant Processes and Functions*. 3 (10): 143-149. (In Persian).
- Dehbashi, S., A.R. Ladanmoghadam, and A. Ghafourian. 2014. The effect of superabsorbent in reducing drought stress on some physiological traits of marigold (*Tagetes marigoid*). *Journal of Plant Environmental Physiology*. 3: 72-81. (In Persian).
- Delkhosh, B., A.H. Shyranyerad, G.H. Noormohammadi, and F. Darvish. 2006. Effect of drought stress on grain yield and chlorophyll in rapessed cultivars. *Journal of Agricultural Science*. 2: 359-369. (In Persian).
- Din, J., S.U. Khan, I. Ali, and A.R. Gurmani. 2011. Physiological and agronomic response of canola varieties to drought stress. *Journal of Animal and Plant Sciences*. 1: 78-82.
- Fazeli Rostampour, M. 2015. Relationship between some growth indexes and tillering of forage sorghum under irrigation regimes and polymer. *Journal of Biotechnology Research*. 1: 1-7.
- Fazeli Rostampour, M., M. Yarnia, F. Rahimzadeh Khoee, M.J. Seghatoleslami, and G.R. Moosavi. 2013. Physiological response of forage sorghum to polymer under water deficit conditions. *Agronomy Journal*. 105(4): 951-959.
- Gharibi, Sh., B.A.S. Tabatabai, Gh.A. Saeadi, S.A.H. Goli, and M. Talebi. 2012. Effect of drought stress on some physiological properties and antioxidan activity of *Achillea tenuifolia* Lam. *Journal of Herbal Drugs*. 3: 181-190. (In Persian).
- Ghorbanli, M., M. Gafarabad, T. Amirkian, and B. Allahverdi. 2013. Investigation of proline, total protein, chlorophyll, ascorbate and dehydroascorbate changes under drought stress in akria and mobil tomato cultivars. *Journal of Plant Physiology*. 3: 651-658.
- Hati, K.M., K.G. Mandal, A.K. Misra, P.K. Ghosh, and K.K. Bandyopadhyay. 2006. Effect of inorganic fertilizer and farmyard manure on soil physical properties, root distribution, and water use efficiency of soybean in vertisols of central India. *Bioresource Technology*. 97: 2182–2188.


Archive of SID

www.SID.ir

- Hllen, R.G., L.S. Pereira, D. Raes, and M. Smith. 1998. Crop evapotranspiration (guidelines for computing crop water requirements). FAO Irrigation and Drainage. Paper No. 56 Rome. pp: 174.
- Kabiri, R., H. Farahbakhsh, and N. Nasib. 2014. Effect of drought stress on physiological and biochemical characteristics of *Nigella sativa* L. *Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants*. 4: 600-609. (In Persian).
- Keshavars, L., H. Farahbakhsh, and P. Golkar. 2012. The effects of drought stress and super absorbent polymer on morph physiological traits of pear millet (*Pennisetum glaucum*). *International Research Journal of Applied and Basic Sciences*. 3:148-154.
- Lashkari sayad, F., M. Gloy, and M. Moradi. 2013. Effect of super absorbent polymer, animal manure and potassium on the fluorescence of chlorophyll, chlorophyll a, b and total and relative humidity (RWC) of bitter cucumber (*Momordica charantia*) in different irrigation regimes. The First National Conference of Agricultural Sciences, PNU, Naghadeh, Iran.
- Mona, Y., A.M. Kandil, and M.F. Swaefy Hend. 2008. Effect of three different compost levels on fennel and salvia growth character and their essential oils. *Research Journal of Agriculture and Biological Sciences*. 4: 34-39.
- Moslemi, Z., D. Habibi, A. Asgharzadeh, M.R. Ardakani, A. Mohammadi, and A. Sakari. 2011. Effects of super absorbent polymer and plant growth promoting rhizobacteria on yield and yield components of maize under drought stress and normal conditions. *African Journal of Agricultural Research*. 6: 4471-4476.
- Omidbiaigi, R., A. Hassani, and F. Sefidkon. 2003. Essential oil conten and composition of sweet basil (*Ocimum basilicum*) at different irrigation regimes. *Journal of Essential oil Bearing Plants*. 6: 104-108.
- Pirzad, A.R., A. Fayyazmoghaddam, M. Razban, and Y. Raie. 2012. The evaluation of dried flower and essential oil yield and harvest index of (*Matricaia chamomilla* L.) under varying irrigation regimes and amounts of super absorbent polymer A200. *Journal of Agricultural Science and Sustainable Production*. 3: 85-99. (In Persian).
- Pouresmaeel, P., D. Habibi, A. Tavasoli, M. Mashhadi Akbarbojar, B. Roshan, H. Rafiee, and M. Shokravi. 2007. The effect of water super absorbent polymer on increased yield and yield components of red bean varieties under drought stress. *Iranian Journal of Agricultural Knowledge*. 4 (3): 305-316. (In Persian).
- Pourmusavi, S.M., M. Glooy, J. Daneshian, A. Ghanbari, and N. Basirani. 2007. Effect of drought stress and manure on leaf relative water content, cell membrane stabillity and leaf chlorophyll content in soybean. *Journal of Agricultural Sciences and Natural Resources*. 14 (4): 1-10. (In Persian).
- Pouryousef, M. 2015. Effects of terminal drought stress and harvesting time on seed yield and essential oil content of fennel (*Foeniculum vulgare* Mill.). *Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants*. 30(6): 889-897. (In Persian).


Archive of SID

www.SID.ir

- Rezai Chiane, A., S. Zehtab Salmasi, K. Ghasemi Golozani, and A. Delazar. 2013. Physiological reactions of fennel (*Foeniculum vulgare* Mill) to water limtation. *Journal of Agroecology*. 4: 347-355. (In Persian).
- Sayyari, M., and F. Ghanbari. 2012. Effects of super absorbent polymer A200 on the growth, yield and some physiological responses in sweet pepper *(Capsicum annuum* L.*)* under various irrigation regimes. *International Journal of Agricultural and Food Research*. 1(1): 1-11.
- Setayeshmehr, Z., and A. Ganjali. 2013. Effects of drought stress on growth and physiological characteristics of dill (*Anethum graveolens* L.*). Journal of Horticultural Sciences (Agricultural Industries and Sciences).* 27(1): 27-35. (In Persian).
- Seydi, M., H. Safarinya, F. Ghanbari, and M. Sayari. 2014. Evaluation of physiological indices of tomato plant under different irrigation intervals and super absorbent polymer A200. *Journal of Crop Production and Processing*. 12: 335-346. (In Persian).
- Snyder, R.L., B.J. Lanini, D.A. Shaw, and W.O. Pruitt. 1989. Using reference evapotranspiration ($ET_0$) and crop coefficients to estimate crop evapotranspiration (ETc) for agronomic crops, Grasses, and vegetable crops. Cooperative Extension, University of California, Berkeley, CA, Leaflet No 21427. PP: 12.
- Taghi Darzi, M. 2012. Effects of organic manure and biofertilizer application on flowering and some yield traits of coriander (*Coriandrum sativum*). *International Journal of Agriculture and Crop Sciences*. 4: 1.3-107.
- Tohidi Moghaddam, H., and A.H. Mazaheri. 2012. Effect of manuring fertilizer and super absorbent polymers on qualitative and quantitative characteristics of soybean under water deficit stress conditions. *Journal of Crop Production Research.* 3: 375-398. (In Persian).
- Yunesian, A., P. Rezvani Moghaddam, and A. Gholami. 2013. The effect of organic biological and chemical fertilizers application on the quantity and quality of fennel essential oil. *Plant Production Technology*. 13 (2): 63-72. (In Persian).


Archive of SID

www.SID.ir

# The Physiological Response of Fennel (*Foeniculum vulgare* Mill.) to Manure and Super Absorbent Polymer under Drought Stress Conditions

**Zahra Rezai[1], and Mohammad Rafieolhossaini[2*]**

*Received: October 2016 , Revised: 10 October 2017, Accepted: 1 November 2017*

## Abstract

To evaluate the effect of different ratios of animal manure and super absorbent polymer on some physiological characteristics of fennel under drought stress conditions, an experiment was conducted as spilt-plot based on a randomized complete block design with three replications in 2015 at the University of Shahrekord. Different levels of drought stress consisted of three levels of: control (50 mm), 100 mm and 150 mm evaporation from class A pan assigned to the main factor and different ratios of animal manure and super absorbent polymer in six levels including: $D_1$: lack of manure and super absorbent polymer, $D_2$: 10 $t.ha^{-1}$ manure + 150 $kg.ha^{-1}$ super absorbent polymer, $D_3$: 20 $t.ha^{-1}$ manure + 100 $kg.ha^{-1}$ super absorbent polymer, $D_4$: 30 $t.ha^{-1}$ manure + 50 $kg.ha^{-1}$super absorbent polymer, $D_5$: 40 $t.ha^{-1}$ manure and $D_6$: 200 $kg.ha^{-1}$ super absorbent polymer to the sub-factor. The results showed that the drought stress and animal manure and super absorbent polymer and their interactions had a significant effect on proline, chlorophyll b, and carotenoid contents, seed and essential oil yields. Also, the highest seed yield (146.66 $g.m^{-2}$), essential oil yield (2.99 $g.m^{-2}$) and carotenoid were obtained from control with $D_6$. The highest proline content was obtained from 150 mm with the use of $D_4$. The highest chlorophyll b was obtained from control and $D_3$. The highest relative water content and total chlorophyll were obtained from control and $D_6$, while the highest chlorophyll a was achieved from control and $D_4$ treatment. In general, the highest seed and essential oil yields were obtained from 50 mm evaporation and 200 kg/ha superabsorbent polymer treatments. On the other hand, the effects of drought stress on seed and essential oil yields decreased by application of 40 t/ha manure at 100 mm evaporation conditions. Also, at 150 mm evaporation and use of manure and superabsorbent polymer (30 $t.ha^{-1}$ and 50 kg/ha, respectively), the effects of drought stress on seed and essential oil yields decreased as compared to the other treatments.

**Key words**: Carotenoids, Chlorophyll, Essential oil yield, Leaf relative water content, Proline.

1- M.Sc. of Agroecology, Faculty of Agriculture, Shahrekord University, Shahrekord, Iran.
2- Assistant Professor of Agronomy, Faculty of Agriculture, Shahrekord University, Shahrekord, Iran.
* *Corresponding Author: m_rafiee_1999@yahoo.com*

Archive of SID

www.SID.ir