



به زراعی کشاورزی

دوره ۱۷ ■ شماره ۳ ■ پاییز ۱۳۹۴
صفحه‌های ۸۱۵-۸۲۶

اثر کاربرد ورمی کمپوست بر غلظت عناصر ریزمغذی در خاک و گیاه کاهو (*Lactuca sativa* L.)

رحیمه حسین پور^{۱*}، مهدی قاجار سپانلو^۲، و سروش سالک گیلانی^۳

۱. کارشناس ارشد علوم خاک، گروه علوم خاک، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ساری، ایران
۲. دانشیار گروه علوم خاک، دانشکده علوم زراعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ساری، ایران
۳. دانشجوی دکتری علوم خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهرکرد، شهرکرد، ایران

تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۴/۰۱/۲۹

تاریخ وصول مقاله: ۱۳۹۳/۱۰/۰۳

چکیده

به منظور بررسی کاربرد ورمی کمپوست به صورت تلفیقی و جداگانه بر قابلیت جذب عناصر ریزمغذی در خاک و کاهو (*Lactuca sativa* L.) آزمایشی سه ساله به صورت طرح کرت‌های خردشده در قالب بلوک‌های کامل تصادفی با دو عامل در سه تکرار، در مزرعه پژوهشی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری در سال ۱۳۸۷ انجام گرفت. عامل اصلی شش تیمار کودی شامل T_۱ (شاهد)، T_۲ (کود شیمیایی سولفات پتاسیم، سوپر فسفات تریپل هر یک به مقدار ۷۵ و اوره ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار)، T_۳ (ورمی کمپوست ۲۰ تن در هکتار + ۵۰ درصد کود شیمیایی)، T_۴ (ورمی کمپوست ۲۰ تن در هکتار)، T_۵ (ورمی کمپوست ۴۰ تن در هکتار + ۵۰ درصد کود شیمیایی) و T_۶ (ورمی کمپوست ۴۰ تن در هکتار) و عامل فرعی نیز تفاوت کاربرد یکساله (۱۳۸۵)، دوساله (۸۶-۱۳۸۵) و سه ساله (۸۷-۱۳۸۵) تیمارهای کودی بودند. تیمارهای کودی بر غلظت عناصر آهن و روی قابل جذب خاک، آهن و روی ریشه و اندام هوایی کاهو و نیز بر عناصر مس و منگنز ریشه کاهو اثر معناداری داشت. اثر فاکتور فرعی نیز بر غلظت تمام عناصر ریزمغذی قابل جذب در خاک و اندام‌های گیاهی معنادار بود. همچنین برهمکنش بین نوع کود و مدت کوددهی بر غلظت آهن و روی قابل جذب خاک و غلظت آهن و روی اندام هوایی و نیز غلظت روی در ریشه کاهو اثر معناداری نشان داد. در مجموع، ورمی کمپوست ۴۰ تن در هکتار در تلفیق با کود شیمیایی و نیز به صورت جداگانه، بیشترین افزایش غلظت عناصر ریزمغذی خاک و گیاه را به خود اختصاص داد.

کلیدواژه‌ها: آهن، روی، کودهای آلی، مس، منگنز.

۱. مقدمه

و ریزمغذی برای محصولات زراعی است، اگر در مقادیر مناسبی با کودهای معدنی به کار برده شود [۲۵، ۱۱]. مطالعات زیادی مبنی بر افزایش عملکرد محصولات گوجه‌فرنگی^۱، سیب‌زمینی^۲، بادام‌زمینی^۳، نخود سیاه^۴، شالی^۵، توت^۶ و جعفری^۷ به دنبال کاربرد تلفیقی ورمی‌کمپوست با کودهای شیمیایی انجام گرفته است [۱۶]. با توجه به مصرف گسترده گیاه کاهو و اهمیت عناصر میکرو، این تحقیق در راستای اهداف کشاورزی پایدار با هدف غنی‌سازی بیولوژیکی عناصر ریزمغذی (آهن، روی، مس و منگنز) در گیاه کاهو همگام با کاهش مصرف کودهای شیمیایی انجام گرفت که طی آن، تأثیر مصرف سه‌ساله ورمی‌کمپوست و کودهای N-P-K به صورت جداگانه و تلفیق شده بر مقدار جذب عناصر ریزمغذی در خاک و اندام‌های مختلف کاهو ارزیابی شد.

۲. مواد و روش‌ها

این تحقیق با هدف بررسی تأثیر ورمی‌کمپوست و کود شیمیایی بر مقدار جذب عناصر ریزمغذی (آهن، روی، مس و منگنز) در خاک و اندام‌های گیاهی کاهو به صورت طرح کرت‌های خردشده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با دو عامل در سه تکرار، در مزرعه پژوهشی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری با طول جغرافیایی ۵۲ درجه و ۶ دقیقه و عرض جغرافیایی ۳۴ درجه و ۳۳ دقیقه و ارتفاع ۱۶ متر از سطح دریا در سال زراعی ۱۳۸۷-۸۸ به اجرا درآمد. عامل اصلی شش تیمار کودی شامل، T_۱ (شاهد)، T_۲ (کود شیمیایی سولفات پتاسیم، سوپرفسفات

استفاده طولانی مدت از کودهای شیمیایی بدون مکمل‌های آلی خصوصیات فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی خاک را تخریب می‌کند و سبب آلودگی محیط زیست می‌شود. تغییرات اسیدیته و مقادیر کم اسید هومیک خاک، از مسائل ناشی از کاربرد بی‌رویه کودهای شیمیایی است [۲۵].

کودهای آلی نه تنها منبع عناصر غذایی و مواد آلی‌اند، بلکه مقدار، تنوع زیستی و فعالیت میکروبی خاک را افزایش می‌دهند و بر ساختمان، تغییر و تبدیل عناصر غذایی و بسیاری دیگر از پارامترهای فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی خاک تأثیر می‌گذارند [۵]. انسان، احشام و محصولات کشاورزی، هر ساله در حدود ۳۸ میلیون تن زباله آلی در جهان تولید می‌کنند که می‌توان آنها را به کودهای زیستی غنی از عناصر غذایی تبدیل کرد [۲۵]. ۳۵-۳۰ درصد نیتروژن و فسفر و ۸۰-۷۰ درصد پتاسیم مصرفی در بقایای محصولات باقی می‌ماند. این مقادیر زیاد عناصر غذایی در بقایای محصولات قبل از اینکه به عنوان کود به کار روند، باید تغییر داده شوند و کرم‌های خاکی انتخاب مناسبی برای این کارند [۲۴]. ورمی‌کمپوست، کمپوست کردن میکروبی زباله‌های آلی در اثر فعالیت کرم‌های خاکی و تبدیل آنها به کودهای آلی است که شامل سطوح بالایی از مواد آلی، کربن آلی، نیتروژن، فسفر، پتاسیم و عناصر ریزمغذی کل و قابل جذب، فعالیت میکروبی و آنزیمی است [۲۳، ۱۸، ۱۷].

کامبود مواد آلی ظرفیت ذخیره‌سازی عناصر غذایی و حاصلخیزی خاک را کاهش می‌دهد [۱۲]. تلفیق انواع کمپوست غنی شده، بقایای محصولات کشاورزی و ورمی‌کمپوست سبب افزایش مقدار مواد آلی در خاک می‌شود [۲۶، ۲۲]. از آنجا که بخش آلی ورمی‌کمپوست بیشتر از ۵۰ درصد وزن کل آن است می‌توان گفت ورمی‌کمپوست منبع غنی و بالقوه‌ای از عناصر غذایی ماکرو

1. *Solanum lycopersicum*
2. *Solanum tuberosum*
3. *Arachis hypogaea*
4. *Cicer arietinum*
5. *Oryza sativa japonica*
6. *Morus alba*
7. *Petroselinum sativum*

اثر کاربرد ورمی کمپوست بر غلظت عناصر ریزمغذی در خاک و گیاه کاهو (*Lactuca sativa L.*)

مصرف ورمی کمپوست و کود شیمیایی زیر کشت قرار گرفت. در سال ۱۳۸۷، مساحت ۳ × ۸ متری که در سال ۱۳۸۶ تیمار کودی در آن اجرا شده بود به دو قسمت مساوی تقسیم شد و در نیمی از آن (ابعاد ۳ × ۴ متری) به مدت سه سال به طور مستمر تیمار کودی اجرا شد. قبل از کشت کاهو نمونه‌های خاک از عمق صفر تا ۳۰ سانتی متری خاک در چند نقطه از مزرعه نمونه برداری شده و نمونه‌های خاک هوا خشک شده پس از عبور از الک ۲ میلی متری برای تعیین برخی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک آزمایش شد. آنالیز شیمیایی ورمی کمپوست و خاک به ترتیب در جدول‌های ۱ و ۲ ارائه شده است.

تریپل هر یک به مقدار ۷۵ و اوره به مقدار ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار، T_۳ (ورمی کمپوست ۲۰ تن در هکتار + ۵۰ درصد کود شیمیایی)، T_۴ (ورمی کمپوست ۲۰ تن در هکتار)، T_۵ (ورمی کمپوست ۴۰ تن در هکتار + ۵۰ درصد کود شیمیایی) و T_۶ (ورمی کمپوست ۴۰ تن در هکتار) و عامل فرعی نیز تفاوت کاربرد یکساله (۱۳۸۵)، دوساله (۸۶-۱۳۸۵) و سه ساله (۸۷-۱۳۸۵) تیمارهای کودی بودند. بدین ترتیب که کرت اصلی (در ابعاد ۳ × ۱۲ متری) در سال ۱۳۸۵ مشخص و تیمار کودی در آن اعمال شد و در سال ۱۳۸۶ در سطح دوسوم (ابعاد ۳ × ۸ متری) از نو تیمارهای کودی اعمال شد و یک سوم باقی مانده بدون

جدول ۱. خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مورد آزمایش

واکنش خاک	هدایت الکتریکی dSm-1	کربن (%)	ازت (%)	فسفر (ppm)	پتاسیم (ppm)	آهن (ppm)	منگنز (ppm)	روی (ppm)	مس (ppm)	کلاس بافت خاک
۷/۵۵	۱/۱۷	۲/۴۱	۰/۲۳	۱۴/۵۶	۲۶۴/۸۴	۳۵/۹۳	۷/۳۲	۱/۰۲	۲/۲۱	سیلتی رسی

جدول ۲. خصوصیات فیزیکی و شیمیایی ورمی کمپوست مورد استفاده

واکنش خاک	هدایت الکتریکی (dSm ⁻¹)	کربن (%)	ازت (%)	فسفر (ppm)	پتاسیم (ppm)	آهن (ppm)	منگنز (ppm)	روی (ppm)	مس (ppm)
۷/۴	۳/۲	۹/۶۳	۱/۹۴	۴۳۰۰	۱۱۷۰	۵۵/۵۶	۲۶/۶۶	۹/۲۳	۳/۲۶

پس از نمونه برداری، نمونه‌های گیاهی چندین بار با آب مقطر شست و شو و سپس اندام‌های هوایی و ریشه به طور جداگانه در آون تهویه دار در دمای ۶۵ درجه سانتی گراد به مدت ۴۸ ساعت خشک، و سپس آسیاب شدند. برای تعیین غلظت عناصر ریزمغذی (آهن، روی، مس و منگنز)، عصاره گیری به روش سوزاندن خشک و

کشت کاهو به صورت بذریاشی در اسفند ۱۳۸۷ و برداشت گیاه در فروردین (۴۵ روز بعد از کاشت) انجام گرفت. در طول دوره رشد کاهو، عملیات وجین علف‌های هرز به طور مرتب به صورت دستی و در هنگام لزوم انجام گرفت. در طول دوره رشد گیاه از هیچ گونه سم شیمیایی در تیمارها استفاده نشد.

معنادار بود، اما در مورد مس و منگنز قابل جذب خاک تنها اثر ساده مدت کوددهی معنادار شد.

۲.۳. آهن قابل جذب خاک

تیمارهای کودی بر مقدار غلظت آهن قابل جذب خاک تأثیر معناداری داشت. همه تیمارها با شاهد (عدم مصرف کود) تفاوت معناداری نشان دادند؛ این در صورتی بود که بین تیمارهای کودی از نظر آماری اختلاف معناداری مشاهده نشد. اثر دفعات کاربرد کود و برهمکنش بین نوع کود و مدت کاربرد آن نیز بر مقدار آهن قابل جذب خاک اثر معناداری نشان داد ($P < 0/01$) و با افزایش تعداد دفعات کاربرد کود، مقدار آهن قابل جذب خاک به طور معناداری افزایش یافت (جدول ۳). مقایسه میانگین تأثیرات متقابل بین نوع کود و مدت کوددهی نشان داد که استفاده از ورمی کمپوست ۴۰ تن در هکتار همراه با ۵۰ درصد کود شیمیایی (T_5) به مدت سه سال متوالی بیشترین مقدار آهن قابل جذب را در خاک دارا بود (شکل ۱).

هضم با اسید کلریدریک انجام گرفت [۲۷]. شکل قابل جذب فلزات آهن، روی، مس و منگنز در نمونه‌های خاک نیز به وسیله محلول DTPA یا دارای $CaCl_2$ ۰/۰۱ نرمال عصاره‌گیری شد [۲۷]. غلظت عناصر مذکور در عصاره‌های حاصل به وسیله دستگاه جذب اتمی در طول موج خاص هر عنصر (آهن: ۲۴۸/۳، روی: ۲۱۳/۹، مس: ۳۲۴/۸ و منگنز: ۲۷۹/۵ نانومتر) اندازه‌گیری شد. داده‌های این مطالعه با استفاده از نرم‌افزارهای آماری SPSS و MSTATC تجزیه شد و مقایسه میانگین‌ها به روش آزمون چنددامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵ درصد صورت گرفت.

۳. نتایج

۱.۳. تأثیر تیمارها بر غلظت عناصر ریزمغذی قابل جذب خاک

نتایج تجزیه واریانس داده‌های آزمایش حاکی از آن است که اثر ساده تیمار کودی و مدت کوددهی و همچنین اثر متقابل این دو بر مقدار آهن و روی قابل جذب خاک

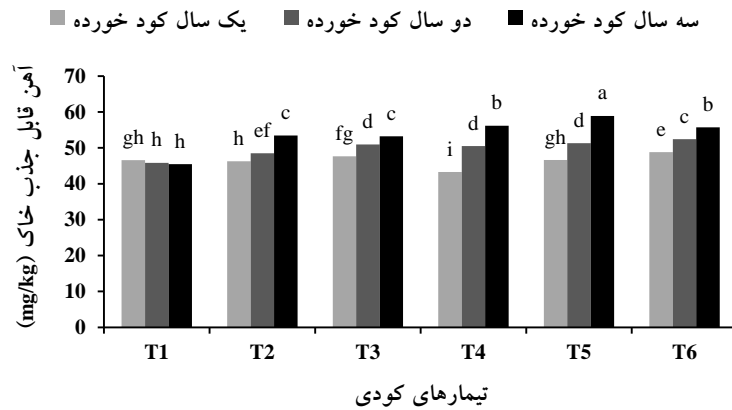
جدول ۳. مقایسه میانگین غلظت عناصر ریزمغذی قابل جذب خاک تحت تیمارهای کودی و مدت کوددهی

تیمار	آهن قابل جذب	روی قابل جذب	مس قابل جذب	منگنز قابل جذب
	(mg/kg)			
T ₁	۴۰/۹ ^b	۱/۰ ^c	۲/۸ ^a	۹/۶ ^b
T ₂	۴۹/۴ ^a	۱/۹ ^b	۳/۰۴ ^a	۱۱/۲ ^{ab}
T ₃	۵۰/۶ ^a	۲/۵ ^a	۳/۷ ^a	۱۶/۴۹ ^{ab}
T ₄	۵۰ ^a	۲/۷ ^a	۳/۰۵ ^a	۱۵/۵ ^{ab}
T ₅	۵۲/۳ ^a	۲/۴ ^a	۳/۳۶ ^a	۱۹/۲ ^{ab}
T ₆	۵۲/۳ ^a	۲/۶ ^a	۳/۳۱ ^a	۲۳/۱ ^a
مدت کوددهی				
یک بار کوددهی	۴۶/۵ ^c	۱/۷ ^c	۳/۲ ^b	۱۲/۴ ^b
دو بار کوددهی	۴۹/۹ ^b	۲/۲ ^b	۳/۵ ^b	۱۵/۷ ^b
سه بار کوددهی	۵۳/۸ ^a	۲/۸ ^a	۴/۰ ^a	۲۳/۱ ^a

* : میانگین‌هایی که در هر ستون دارای حروف مشترک‌اند، در سطح احتمال ۵ درصد آزمون دانکن اختلاف معنادار ندارند.

T₁: شاهد، T₂: کود شیمیایی، T₃: ورمی کمپوست ۲۰ تن در هکتار همراه با ۵۰ درصد کود شیمیایی، T₄: ورمی کمپوست ۲۰ تن در هکتار، T₅: ورمی کمپوست ۴۰ تن در هکتار همراه با ۵۰ درصد کود شیمیایی و T₆: ورمی کمپوست ۴۰ تن در هکتار.

اثر کاربرد ورمی کمپوست بر غلظت عناصر ریزمغذی در خاک و گیاه کاهو (*Lactuca sativa L.*)



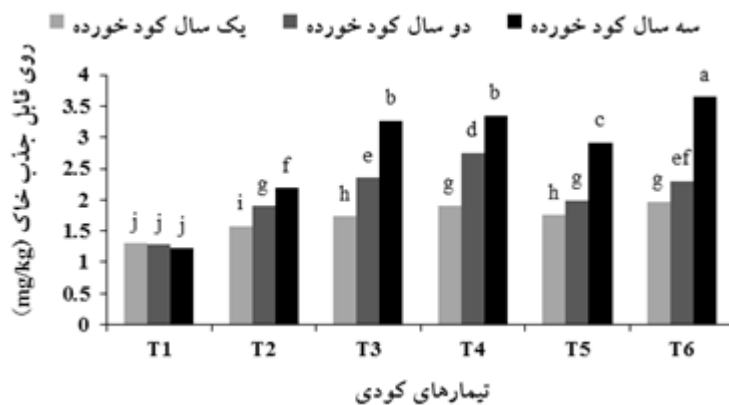
شکل ۱. مقایسه میانگین تأثیرات متقابل انواع کود و کاربرد سالانه کود بر مقدار آهن قابل جذب خاک

T₁: شاهد، T₂: کود شیمیایی، T₃: ورمی کمپوست ۲۰ تن در هکتار همراه با ۵۰ درصد کود شیمیایی، T₄: ورمی کمپوست ۲۰ تن در هکتار، T₅: ورمی کمپوست ۴۰ تن در هکتار همراه با ۵۰ درصد کود شیمیایی و T₆: ورمی کمپوست ۴۰ تن در هکتار. میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر شکل اختلاف معناداری براساس آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد ندارند.

اثر معناداری بر مقدار روی قابل جذب خاک داشت (۰/۰۱ < P) و با افزایش دفعات کاربرد کود، مقدار روی قابل جذب خاک نیز به‌طور معناداری افزایش یافت (جدول ۳). مقایسه میانگین تأثیرات متقابل بین کود و مدت کوددهی نشان می‌دهد که استفاده از ورمی کمپوست ۴۰ تن در هکتار به‌مدت سه سال متوالی بیشترین مقدار روی قابل جذب در خاک را سبب شد (شکل ۲).

۳.۳. روی قابل جذب خاک

مقدار غلظت روی قابل جذب خاک از نظر آماری به‌طور معناداری تحت تأثیر تیمارهای کودی قرار گرفت (۰/۰۱ < P)، به‌طوری که کمترین مقدار عنصر روی در تیمار شاهد و بیشترین مقدار روی قابل جذب خاک در تیمارهای مشاهده شد که ورمی کمپوست را به‌عنوان کود آلی دریافت کرده بودند و بین تیمارهای کودی آلی از نظر آماری تفاوت معناداری وجود نداشت. مدت کاربرد کود



شکل ۲. مقایسه میانگین تأثیرات متقابل انواع کود و کاربرد سالانه کود بر مقدار روی قابل جذب خاک

T₁: شاهد، T₂: کود شیمیایی، T₃: ورمی کمپوست ۲۰ تن در هکتار همراه با ۵۰ درصد کود شیمیایی، T₄: ورمی کمپوست ۲۰ تن در هکتار، T₅: ورمی کمپوست ۴۰ تن در هکتار همراه با ۵۰ درصد کود شیمیایی و T₆: ورمی کمپوست ۴۰ تن در هکتار. میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر شکل اختلاف معناداری براساس آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد ندارند.

به‌زراعی کشاورزی

۴.۳. مس قابل جذب خاک

اثر تیمارهای کودی و برهمکنش بین نوع کود و مدت مصرف کود بر مقدار مس قابل جذب خاک معنادار نبود، اما اثر سال بر مقدار مس قابل جذب خاک معنادار شد، به طوری که با افزایش دفعات کاربرد کود، مقدار مس قابل جذب خاک نیز تا ۲۵ درصد افزایش یافت. بیشترین افزایش مس قابل جذب خاک مربوط به کاربرد سه سال متوالی تیمارهای کودی بود (جدول ۳).

تیمارهای کودی اعمال شده بر مقدار آهن، روی، مس و منگنز ریشه و همچنین آهن و روی اندام هوایی کاهو اثری معنادار داشت، اما بر مقدار مس و منگنز اندام هوایی اثری نداشت. مدت کوددهی نیز بر مقدار همه عناصر ریزمغذی در ریشه و نیز در اندام هوایی کاهو مؤثر بود. اثر متقابل تیمارهای کودی و مدت کوددهی برای مقدار آهن در اندام هوایی و مقدار روی در ریشه و اندام هوایی کاهو معنادار بود.

۷.۳. مقدار آهن

تیمارهای کودی بر مقدار آهن در ریشه کاهو تأثیر معناداری داشت ($P < 0.01$). بیشترین مقدار آهن در ریشه کاهو از تیمار ورمی کمپوست ۴۰ تن در هکتار (T_6) و کمترین مقدار آن از شاهد به دست آمد. مدت کاربرد کود بر غلظت آهن در ریشه کاهو تأثیر معناداری داشت ($P < 0.01$)، به طوری که بیشترین غلظت آهن در ریشه کاهو در کاربرد سه ساله تیمارهای کودی مشاهده شد که با کاربرد یکساله و دوساله تیمارهای کودی تفاوت معناداری از نظر آماری نشان داد (جدول ۴).

۵.۳. منگنز قابل جذب خاک

مصرف کود شیمیایی و آلی بر مقدار منگنز قابل جذب خاک تأثیر معناداری نداشت. مدت کوددهی بر غلظت منگنز قابل جذب خاک اثر معناداری را در سطح ۱ درصد نشان داد. بیشترین غلظت منگنز قابل جذب خاک در کاربرد سه ساله تیمارهای کودی به دست آمد (جدول ۳).

۶.۳. تأثیر تیمارها بر غلظت عناصر ریزمغذی در کاهو

نتایج تجزیه واریانس داده‌های آزمایش‌ها نشان داد که

جدول ۴. غلظت عناصر ریزمغذی در ریشه و اندام هوایی کاهو تحت تأثیر تیمارهای کودی و مدت کوددهی

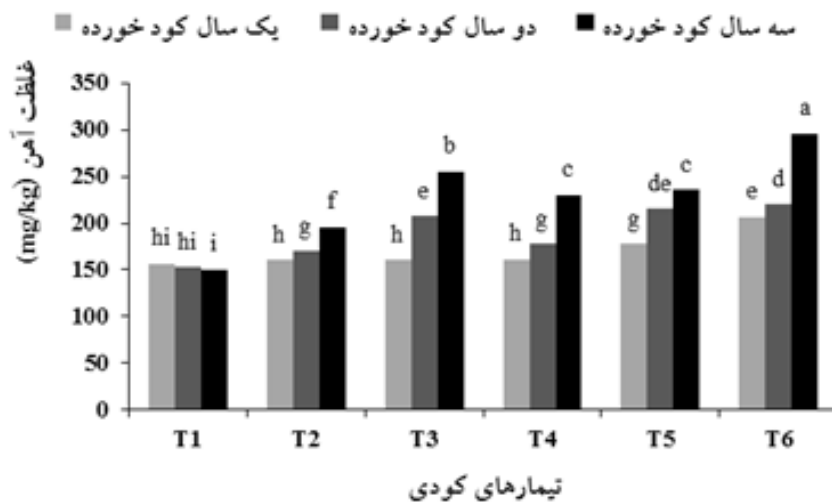
تیمار	آهن		روی		مس		منگنز	
	ریشه	اندام هوایی	ریشه	اندام هوایی	ریشه	اندام هوایی	ریشه	اندام هوایی
	(mg/kg)							
T_1	۷۸۳/۶ ^d	۱۵۳/۳ ^d	۵۰/۷ ^d	۱۲۴/۸ ^e	۲۵/۲ ^c	۴۵/۴ ^a	۳۰/۳ ^b	۵۱/۲ ^b
T_2	۸۲۰/۹ ^{cd}	۱۷۵/۴ ^d	۶۴/۰ ^c	۱۳۷/۳ ^d	۳۶/۰ ^{bc}	۴۹/۶ ^a	۳۲/۴ ^b	۵۱/۸ ^b
T_3	۸۶۱/۶ ^{bc}	۲۱۶/۴ ^b	۷۱/۴ ^c	۱۵۲/۶ ^c	۳۹/۸ ^{bc}	۵۹/۹ ^a	۴۱/۹ ^a	۵۵/۴ ^{ab}
T_4	۸۵۱/۵ ^{bc}	۱۸۹/۸ ^{bc}	۶۶/۹ ^c	۱۶۲/۴ ^b	۳۹/۵ ^{bc}	۵۷/۲ ^a	۳۳/۵ ^b	۵۵/۹ ^{ab}
T_5	۸۸۶/۰ ^b	۲۰۹/۷ ^b	۱۱۹/۴ ^a	۱۸۳/۷ ^a	۵۸/۷ ^a	۶۷/۷ ^a	۴۶/۴ ^a	۵۶/۲ ^{ab}
T_6	۹۵۶/۵ ^a	۲۴۰/۹ ^a	۸۵/۴ ^b	۱۵۸/۹ ^{bc}	۴۱/۰ ^b	۵۰/۷ ^a	۴۲/۲ ^a	۵۸/۴ ^a
	مدت کوددهی							
یک بار کوددهی	۸۳۱/۷ ^b	۱۷۰/۵ ^c	۶۰/۷ ^c	۱۳۳/۹ ^c	۲۸/۶ ^c	۴۰/۳ ^b	۳۲/۷ ^c	۴۹/۴ ^b
دو بار کوددهی	۸۳۸/۷ ^b	۱۹۰/۶ ^b	۷۷/۷ ^b	۱۵۵/۳ ^b	۴۰/۴ ^b	۵۱/۶ ^b	۳۷/۸ ^b	۵۵/۷ ^b
سه بار کوددهی	۹۰۹/۷ ^a	۲۲۷/۳ ^a	۹۰/۵ ^a	۱۷۰/۳ ^a	۵۰/۹ ^a	۷۳/۲ ^a	۴۲/۹ ^a	۵۹/۳ ^a

* : میانگین‌هایی که در هر ستون دارای حروف مشترک‌اند، در سطح ۵ درصد آزمون دانکن اختلاف معنادار ندارند.

اثر کاربرد ورمی کمپوست بر غلظت عناصر ریزمغذی در خاک و گیاه کاهو (*Lactuca sativa L.*)

کودی بیشترین غلظت آهن در اندام هوایی کاهو مشاهده شد و نسبت به کاربرد یکساله آن در حدود ۳۳ درصد افزایش نشان داد (جدول ۴). اثر متقابل بین کود و مدت کوددهی بر غلظت آهن در اندام هوایی کاهو نشان می‌دهد که کاربرد سه‌ساله ورمی کمپوست ۴۰ تن در هکتار بیشترین مقدار آهن در اندام هوایی کاهو را به خود اختصاص داد (شکل ۳).

نوع کود مصرفی و مدت کاربرد کود بر غلظت آهن در اندام هوایی کاهو تأثیر معناداری داشت ($P < 0/01$). بیشترین افزایش غلظت آهن در اندام هوایی کاهو در تیمار ورمی کمپوست ۴۰ تن در هکتار (T_6) و کمترین مقدار آن در تیمار شاهد (T_1) حاصل شد. با افزایش در تعداد دفعات کاربرد کود برداشت آهن توسط اندام هوایی کاهو نیز افزایش یافت، به طوری که در کاربرد سه‌ساله تیمارهای



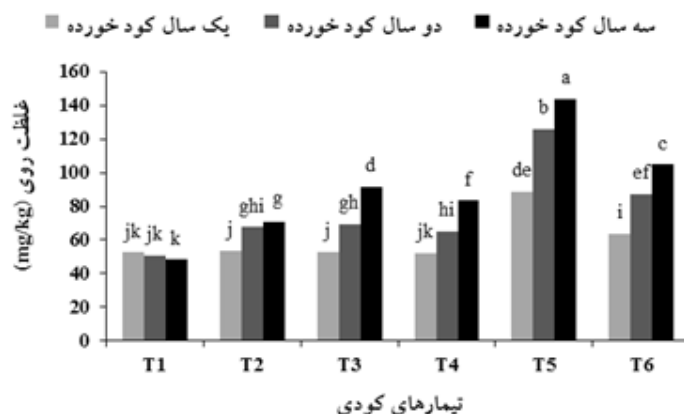
شکل ۳. مقایسه میانگین تأثیرات متقابل انواع کود و کاربرد سالانه کود بر غلظت آهن در اندام هوایی کاهو

T_1 : شاهد، T_2 : کود شیمیایی، T_3 : ورمی کمپوست ۲۰ تن در هکتار همراه با ۵۰ درصد کود شیمیایی، T_4 : ورمی کمپوست ۲۰ تن در هکتار، T_5 : ورمی کمپوست ۴۰ تن در هکتار همراه با ۵۰ درصد کود شیمیایی و T_6 : ورمی کمپوست ۴۰ تن در هکتار. میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر شکل اختلاف معناداری بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد ندارند.

افزایش در غلظت روی ریشه کاهو را به خود اختصاص داد (جدول ۴). میانگین تأثیرات متقابل انواع کود و کاربرد سالانه کود نشان داد که بیشترین مقدار برداشت روی توسط ریشه کاهو، با مصرف سه‌ساله ورمی کمپوست ۴۰ تن در هکتار همراه با ۵۰ درصد کود شیمیایی به دست آمد (شکل ۴).

۸.۳ مقدار روی

اثر تیمارهای ورمی کمپوست بر غلظت روی در گیاه کاهو نشان می‌دهد که غلظت روی در ریشه کاهو متناسب با افزایش سطوح ورمی کمپوست افزایش یافت، به طوری که مقدار روی موجود در ریشه کاهو در تیمار ۴۰ تن در هکتار ورمی کمپوست در حدود ۱/۵ برابر تیمار شاهد بود. مدت کوددهی نیز بر غلظت روی ریشه کاهو اثر معناداری داشت، به طوری که کاربرد سه‌ساله تیمارهای کودی بیشترین

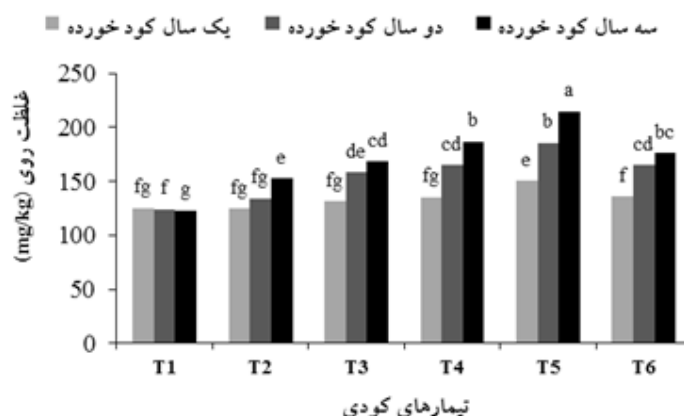


شکل ۴. مقایسه میانگین تأثیرات متقابل انواع کود و کاربرد سالانه کود بر غلظت روی در ریشه کاهو

T₁: شاهد، T₂: کود شیمیایی، T₃: ورمی کمپوست ۲۰ تن در هکتار همراه با ۵۰ درصد کود شیمیایی، T₄: ورمی کمپوست ۲۰ تن در هکتار، T₅: ورمی کمپوست ۴۰ تن در هکتار همراه با ۵۰ درصد کود شیمیایی و T₆: ورمی کمپوست ۴۰ تن در هکتار. میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر شکل اختلاف معناداری بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد ندارند.

سه‌ساله تیمارهای کودی به‌دست آمد. با توجه به نتایج مقایسه میانگین تأثیرات متقابل انواع کود و کاربرد سالانه آن، کاربرد سه سال متوالی ورمی کمپوست ۴۰ تن در هکتار همراه با ۵۰ درصد کود شیمیایی (T₅) بیشترین مقدار برداشت روی توسط اندام هوایی کاهو را به خود اختصاص داد (شکل ۵).

غلظت روی در اندام هوایی کاهو نیز با افزایش سطح ورمی کمپوست افزایش یافت. بیشترین غلظت روی در اندام هوایی کاهو در تیمار ورمی کمپوست ۴۰ تن در هکتار همراه با ۵۰ درصد کود شیمیایی (T₅) و کمترین مقدار روی در تیمار شاهد (T₁) مشاهده شد. همچنین این افزایش متناسب با افزایش دفعات کاربرد تیمارهای کودی بود که بیشترین غلظت روی در اندام هوایی کاهو از کاربرد



شکل ۵. مقایسه میانگین تأثیرات متقابل انواع کود و کاربرد سالانه کود بر غلظت روی در اندام هوایی کاهو

T₁: شاهد، T₂: کود شیمیایی، T₃: ورمی کمپوست ۲۰ تن در هکتار همراه با ۵۰ درصد کود شیمیایی، T₄: ورمی کمپوست ۲۰ تن در هکتار، T₅: ورمی کمپوست ۴۰ تن در هکتار همراه با ۵۰ درصد کود شیمیایی و T₆: ورمی کمپوست ۴۰ تن در هکتار. میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر شکل اختلاف معناداری بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد ندارند.

۹.۳. مقدار مس

اثر تیمارهای کودی بر غلظت مس در کاهو نشان می‌دهد که غلظت مس در ریشه کاهو متناسب با افزایش سطوح ورمی کمپوست افزایش یافت (جدول ۴). این افزایش در تیمار ورمی کمپوست ۴۰ تن در هکتار همراه با ۵۰ درصد کود شیمیایی (T_5) بیشترین و در تیمار شاهد (T_1) کمترین مقدار را داشت. روند افزایشی غلظت مس در اندام هوایی کاهو نیز مشاهده شد، اما هیچ‌کدام از تیمارهای کودی تفاوت معناداری با شاهد نشان نداد. غلظت مس در ریشه و اندام هوایی کاهو به طور معناداری تحت تأثیر دفعات کوددهی قرار گرفت. با افزایش دفعات کوددهی، غلظت مس در ریشه و اندام هوایی کاهو افزایش یافت، به طوری که کاربرد سه‌ساله تیمارهای کودی بیشترین اثر را در افزایش غلظت مس ریشه و اندام هوایی کاهو به خود اختصاص دادند و به ترتیب ۷۷/۹۷ و ۸۱/۶۴ درصد نسبت به کاربرد یکساله آن مس بیشتری جذب کردند (جدول ۴).

۱۰.۳. مقدار منگنز

اثر تیمارهای ورمی کمپوست بر غلظت منگنز در گیاه کاهو نشان می‌دهد که غلظت منگنز در ریشه کاهو متناسب با افزایش سطوح ورمی کمپوست افزایش یافت (جدول ۴)، به طوری که این افزایش در تیمارهای ورمی کمپوست ۲۰ تن همراه با ۵۰ درصد کود شیمیایی (T_3)، ورمی کمپوست ۴۰ تن همراه با ۵۰ درصد کود شیمیایی (T_5) و ورمی کمپوست ۴۰ تن در هکتار (T_6) نسبت به شاهد (T_1) معنادار شد. اما از نظر آماری تفاوت معناداری بین تیمار ورمی کمپوست ۲۰ تن در هکتار (T_4) با شاهد (T_1) و کود شیمیایی (T_2) مشاهده نشد. بیشترین غلظت منگنز در ریشه کاهو در تیمار ورمی کمپوست ۴۰ تن همراه با ۵۰ درصد کود شیمیایی (T_5) به دست آمد که در حدود ۱/۵ برابر مقدار آن در تیمار شاهد بود. اثر تیمارهای کودی بر غلظت

منگنز در اندام هوایی کاهو از نظر آماری معنادار نبود. غلظت منگنز در ریشه و اندام هوایی کاهو به طور معناداری تحت تأثیر مدت کاربرد تیمارهای کودی قرار گرفت، به طوری که افزایش غلظت منگنز در ریشه و اندام هوایی متناسب با افزایش دفعات کاربرد تیمارهای کودی بود. بیشترین غلظت منگنز در کاربرد سه‌ساله تیمارهای کودی در مقایسه با کاربرد یکساله و دوساله آنها مشاهده شد که مقدار آن در ریشه و اندام هوایی به ترتیب در حدود ۳۱/۱۹ و ۲۰/۰۴ درصد نسبت مصرف یکساله آن افزایش نشان داد (جدول ۴).

۴. بحث

کاربرد ورمی کمپوست چه به صورت جداگانه و چه به صورت تلفیقی با کودهای شیمیایی، موجب افزایش غلظت آهن، روی، مس و منگنز در خاک شد و این افزایش متناسب با افزایش دفعات و مقادیر کاربرد تیمارهای کودی بود. این مسئله را می‌توان به افزایش فعالیت میکروبی و معدنی شدن عناصر غذایی در تیمارهای ورمی کمپوست نسبت داد که موجب افزایش عناصر ریزمغذی قابل جذب خاک نیز شد [۱۳]. علاوه بر این به نظر می‌رسد که اسیدهای آلی تولیدشده در طول تجزیه اصلاح‌کننده‌های آلی و در نتیجه کاهش اسیدیته خاک به دنبال کاربرد ورمی کمپوست در آن یا افزایش نفوذپذیری و آبشویی نمک‌ها می‌توانند از دلایل افزایش عناصر غذایی نظیر آهن، روی، مس و منگنز در خاک تحت تیمارهای ورمی کمپوست یا ورمی کمپوست تلفیق شده با کود شیمیایی باشند [۲۲]. افزایش عناصر ریزمغذی (آهن، روی، مس و منگنز) به دنبال کاربرد ورمی کمپوست به تنهایی یا همراه با ۵۰ درصد کودهای شیمیایی N-P-K در خاک در مقایسه با تیمار کودی N-P-K به تنهایی و شاهد نیز مشاهده شده است [۱۳، ۱۵]. مقدار عناصر روی و مس خاک نیز با

شیمیایی، افزایش عملکرد و رشد گیاه دارویی ریحان نسبت به تیمار شاهد گزارش شد که علت آن را تأثیر مطلوب ورمی کمپوست در تأمین عناصر مورد نیاز گیاه به صورت جذب شدنی دانستند؛ به این صورت که این کود به دلیل سطح ویژه بالا و دارا بودن ترکیبات مختلف آلی در سطح خود، با عناصر غذایی خاک، به ویژه عناصر فلزی، کمپلکس‌هایی را تشکیل می‌دهند که به راحتی برای گیاه جذب شدنی اند [۶].

افزایش وزن تر و خشک و جذب عناصر غذایی از جمله آهن، روی، منگنز و مس در گیاه آفتابگردان، در طی کاربرد ۲/۵ درصدی ورمی کمپوست نسبت به شاهد (سطوح بدون کاربرد آن) گزارش شد [۲]. همچنین با کاربرد ورمی کمپوست در خاک تحت کشت گیاه گل گاوزبان، مقدار عناصر ریزمغذی جذب شدنی در خاک و اندام‌های گیاهی گاوزبان نسبت به شاهد افزایش یافت و با افزایش مقادیر مصرف ورمی کمپوست، مقادیر این عناصر در خاک و گیاه نیز افزایش پیدا کرد که مشابه این تحقیق، بیشترین مقدار غلظت این عناصر ریزمغذی (آهن، روی، منگنز و مس) در تیمار ۴۰ تن در هکتار ورمی کمپوست و به مدت سه سال مشاهده شد [۱].

۵. نتیجه گیری

کاربرد ورمی کمپوست به صورت جداگانه یا در ترکیب با کودهای شیمیایی در خاک تحت کشت کاهو در افزایش قابلیت جذب برخی از عناصر ریزمغذی (آهن، روی، مس و منگنز) در خاک و اندام‌های کاهو تأثیر معناداری نشان داد. با افزایش دفعات و مقادیر کاربرد تیمارهای کودی، جذب این عناصر نیز افزایش یافت. کاربرد توأم کودهای N-P-K همراه با ورمی کمپوست در محصولات زراعی، نه تنها تولید و رشد گیاهان را تحت تأثیر قرار می‌دهد، بلکه با کاهش بودجه تولید و تأثیرات مخرب زیست محیطی، و

کاربرد ورمی کمپوست افزایش یافت [۱۴]. با کاربرد دو نوع ورمی کمپوست در خاک، با افزایش مصرف ورمی کمپوست، غلظت آهن، روی، مس و منگنز قابل جذب خاک در گیاه فیکوس بنجامین ابلق^۱ نسبت به شاهد افزایش یافت [۳]. به طور کلی، ورمی کمپوست‌ها، عناصر غذایی جذب شدنی و در دسترس گیاهان را دارند و کاربرد آنها در خاک سبب افزایش مقدار این عناصر در خاک می‌شود [۸].

همچنین نتایج تحقیق حاضر نشان داد که در پی افزایش مقدار عناصر ریزمغذی قابل جذب خاک (آهن، روی، مس و منگنز) غلظت این عناصر در ریشه و اندام هوایی کاهو نیز افزایش یافت. افزایش جذب عناصر غذایی ماکرو و ریزمغذی توسط نخود، در تیمارهای ورمی کمپوست گزارش شد [۱۹]. افزایش زیست توده نخود ممکن است به علت افزایش جذب عناصر ماکرو و ریزمغذی (نظیر نیتروژن، فسفر، پتاسیم، گوگرد، منگنز و آهن) توسط جوانه‌های نخود در تیمارهای ورمی کمپوست باشد، به طوری که با افزایش ورمی کمپوست به مقدار کافی به خاک، وضعیت عناصر مغذی خاک افزایش یافت که این سبب رشد بهتر محصول و رسیدن به عملکردهای بیشتر شد. این می‌تواند به طور مستقیم با فراهمی زیاد عناصر مغذی در مخلوط‌های گلدانی با افزایش نسبت ورمی کمپوست همبستگی داشته باشد [۲۱].

کاربرد ورمی کمپوست در گیاه شبدر قرمز سبب بهبود وضعیت گلدهی و شاخص‌های رشدی این گیاه شد که این امر به دلیل افزایش غلظت عناصر غذایی بود [۲۰]. همچنین کاربرد ورمی کمپوست در خاک گیاه ذرت، تأثیر بسزایی بر مقدار جذب عناصر غذایی در این گیاه داشت و مقدار آهن، روی، منگنز و مس نیز در آن نسبت به شاهد افزایش یافت [۴]. مشابه نتایج تحقیق حاضر، طی آزمایشی با مصرف ۵ تن ورمی کمپوست در هکتار به همراه کود

1. *Ficus benjamina*

- enzymatic activities after the application of organic amendments to a horticultural soil. *Bioresource Technology*. 75: 43-48.
- Anwar MD, Patra D, Chand S, Alpesh K, Naqvi A and Khanuja S (2005) Effect of organic manure and inorganic fertilizer on growth, herb, oil yield, nutrient accumulation and oil quality of French basil. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*. 36: 1737-1746.
 - Arancon NQ, Edwards CA and Bierman P (2006) Influence of vermicompost on field strawberries: Part 2. Effects on soil microbiological and chemical properties. *Bioresource Technology*. 97: 831-840.
 - Atiyeh RM, Subler S, Edwards CA, Bachman G, Metzger JD and Shuster W (2000) Effects of vermicompost and composts on plant growth horticultural container media and soil. *Pedobiologi*. 44(5): 579-590.
 - Edwards CA and Bohlen PJ (1996) *Biology and Ecology of Earthworms*. 3rd Ed. Chapman and Hall, London, 426 p.
 - Hervas L, Mazueles C, Senesi N and Saiz-Jimenez C (1989) Chemical and physico-chemical characterization of vermicomposts and their humic acid fraction. *Science of the Total Environment*. 82: 543-550.
 - Kale RD, Bano K, Sreenivasa MN and Bagyaraj DJ (1987) Influence of worm cast on the growth and mycorrhizal colonization of two ornamental plants. *South Indian Horticulture*. 35(5): 433-437.
 - Kale Rd, Mallesh BC Bano K and Bagyaraj DJ (1992) Influence of vermicompost application on the available macronutrients and selected microbial population in a paddy field. *Soil Biology and Biochemistry*. 24: 1317-1320.
- افزایش سلامت خاک از طریق کاهش مصرف کودهای شیمیایی و افزایش مواد آلی آن می‌تواند گامی مهم در دستیابی به اهداف کشاورزی پایدار باشد. با توجه به این نکته که کاهو از سبزی‌هایی است که بیشترین مصرف سرانه را در سبزی‌های برگی داراست، ورمی کمپوست می‌تواند محیط رشد مؤثری به منظور غنی‌سازی عناصر ریزمغذی در کاهو و تولید پایدار باشد، به‌ویژه اگر به‌همراه مقادیری از کودهای N-P-K به‌کار برده شود.
- ### منابع
- احمدآبادی ز، قاجار سپانلو م و بهمنیار م ع (۱۳۹۰) تأثیر کاربرد ورمی کمپوست بر میزان عناصر غذایی کم‌مصرف در خاک و غلظت آنها در گیاه گاوزبان (*Borago officinalis*). به‌زراعی کشاورزی. ۱۳(۲): ۱-۱۲.
 - حیدریان پور م ب، ثامن‌ع م، شیخی ج، کریمیان ن ع و زارعی م (۱۳۹۳) اثر ورمی کمپوست و نیتروژن بر رشد رویشی، غلظت و جذب عناصر غذایی آفتابگردان. علوم فنون کشاورزی و منابع طبیعی، علوم آب و خاک. ۱۸(۶۷): ۲۱۷-۲۲۷.
 - محبوب خماسی ع (۱۳۸۷) اثر نوع و مقدار ورمی کمپوست در بستر کشت گلدانی بر رشد فیکوس بنجامین ابلق (*Ficus bengamina*). نهال و بذر. ۲۴(۲): ۳۳۳-۳۴۶.
 - یقطين ش، اردلان م، شرفا م و علیخانی ح (۱۳۸۸) اثر کمپوست زباله شهری و ورمی کمپوست بر رشد و جذب عناصر غذایی در گیاه ذرت. دانش آب و خاک. ۱۹(۲): ۳۵-۴۳.
 - Albiach R, Canet R, Pomares F and Ingelmo F (2000) Microbial biomass content and

13. Manivannan S, Balamurugan M, Parthasarathi K, Gunasekaran G and Ranganathan LS (2009) Effect of vermicompost on soil fertility and crop productivity-beans (*Phaseolus vulgaris*). *Environmental Biology*. 30(2): 275-281.
14. Matos GD and Arrunda MAZ (2003) Vermicompost as natural adsorbent for removing metal ions from laboratory effluents. *Environmental Quality*. 39: 81-88.
15. Nethra NN, Jayaprasad KV and Kale RD (1999) China aster (*Callistephus chinensis* (L.) Ness) cultivation using vermicompost as organic amendment. *Crop Research*. 17(2): 209-215.
16. Parthasarathi K, Ranganathan LS, Anandi V and Zeyer J (2007) Diversity of microflora in the gut and casts of tropical composting earthworms reared on different substrates. *Environmental Biology*. 28: 87-97.
17. Perucci P (1992) Enzymes activity and microbial biomass in field soil amended with municipal refuse. *Biology and Fertility of Soils*. 14: 54-60.
18. Ranganathan LS (2006) Vermibiotechnology-From Soil Health to Human Health. Agrobios, India.
19. Sahni S, Sarma BK, Singh DP, Singh HB and Singh KP (2007) Vermicompost enhances performance of plant growth-promoting rhizobacteria in *Cicer arietinum* rhizosphere against *Sclerotium rolfsii*. *Crop Protection*. 27: 369-376.
20. Sains J, Tboada-Castro MT and Vilarino A (1998) Growth, Mineral nutrition and Mycorrhizal colonization of red clover and cucumber plant grows in a soil amended with vermicompost and composted urban wastes. *Plant and Soil*. 205: 85-92.
21. Srikanth K, Srinivasamurthy CA, Siddaramappa R and Ramakrishnaparama VR (2000) Direct and residual effect of enriched compost, FYM, vermicompost and fertilizers on properties of an Alfisol. *Indian Society of Soil Science*. 48: 496-499.
22. Suthar S (2006) Effect of vermicompost and inorganic fertilizer on wheat (*Triticum aestivum*) production. *Nature, Environment and Pollution Technology*. 5(2): 197-201.
23. Suthar S (2007) Nutrient changes and biodynamics of epigeic earthworm *Perionyx excavatus* (Perrier) during recycling of some agricultural wastes. *Bioresource Technology*. 98: 1608-1614.
24. Suthar S (2008a) Earthworm communities a bioindicator of arable land management practices: A case study in semi arid region of India. *Ecological Indicators*. Dio: 10.1016/j.ecolind. 2008.08.002.
25. Suthar S (2008b) Bioremediation of aerobically treated distillery sludge mixed with cow dung by using an epigeic earthworm *Eisenia fetida*. *Environmentalist*. 28: 76-84.
26. Vasanthi D and Kumaraswamy K (1999) Efficacy of vermicompost to improve soil fertility and rice yield. *Indian Society of Soil Science*. 47: 268-272.
27. Westerman RL (1990) Soil Testing and Plant Analysis. 3rd Ed. Soil Science Society of America. Madison, Wisconsin, USA.



به زراعی کشاورزی

دوره ۱۷ ■ شماره ۳ ■ پاییز ۱۳۹۴
صفحه‌های ۸۴۰-۸۲۷

اثر تنش خشکی و محلول پاشی با اسید سالیسیلیک بر عملکرد کمی و کیفی سیاهدانه در شرایط آب‌وهوایی کرمان

نجمه جامی*^۱، سید محسن موسوی نیک^۲ و مهدی نقی‌زاده^۳

۱. دانشجوی دکتری فیزیولوژی، گیاهان زراعی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ولی عصر (عج) رفسنجان، رفسنجان، ایران
۲. دانشیار، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زابل، زابل، ایران
۳. استادیار، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی بردسیر، دانشگاه شهید باهنر کرمان، کرمان، ایران

تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۴/۰۱/۱۴

تاریخ وصول مقاله: ۱۳۹۳/۱۰/۱۰

چکیده

به منظور بررسی تأثیرات تنش خشکی و محلول پاشی با اسید سالیسیلیک بر عملکرد، اجزای عملکرد و مقدار اسانس گیاه دارویی سیاهدانه، آزمایشی به صورت کرت‌های خردشده در قالب بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار، در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه شهید باهنر کرمان در سال زراعی ۹۳-۱۳۹۲ انجام گرفت. فاکتور اول خشکی (d) شامل شاهد (۹۰ درصد ظرفیت زراعی)، تنش متوسط (۷۰ درصد ظرفیت زراعی) و تنش شدید (۵۰ درصد ظرفیت زراعی) و فاکتور دیگر چهار غلظت اسید سالیسیلیک (s) شامل صفر میکرومولار (شاهد)، ۵، ۱۰ و ۱۵ میکرومولار بود. تفاوت معناداری در صفات تعداد دانه در بوته، وزن هزاردانه، شاخص برداشت و عملکرد اسانس و دانه با اعمال تنش خشکی و اسید سالیسیلیک وجود داشت، به طوری که محلول پاشی با ۱۰ میکرومولار اسید سالیسیلیک سبب افزایش ۷۹/۰۵ درصدی عملکرد دانه شد. اثر متقابل اسید سالیسیلیک و تنش خشکی نیز بر درصد اسانس، عملکرد بیولوژیک و تعداد دانه در فولیکول معنادار بود. اثر متقابل سطح دوم تنش خشکی و غلظت ۱۰ میکرومولار اسید سالیسیلیک سبب افزایش ۱۵۰ درصدی مقدار اسانس شد. از این رو، برای دستیابی به حداکثر عملکرد بیولوژیک، تعداد دانه در فولیکول و درصد اسانس در تنش خشکی می‌توان از غلظت متوسط اسید سالیسیلیک (۱۰ میکرومولار) با آبیاری متوسط (۷۰ درصد ظرفیت زراعی) در سیاهدانه استفاده کرد که در مناطق خشک از لحاظ اقتصادی نیز مقرون به صرفه است.

کلیدواژه‌ها: تنظیم‌کننده‌های رشد، درصد اسانس، کمبود آب، گیاهان دارویی، محلول پاشی.

۱. مقدمه

سیاهدانه، ماده‌ای به نام نیژلون^۲ استخراج می‌شود که می‌تواند اثر قاعده‌آور، کرم‌کش، مسهل و افزایش‌دهنده ترشحات شیر داشته باشد. دانه‌های سیاهدانه حاوی ۳۰ تا ۴۰ درصد روغن ثابت، ساپونینی^۳ به نام ملانتین^۴ و حدود ۱/۴ درصد اسانس وجود دارد که دارای نیژلون است [۳].

اسید سالیسیلیک ماده‌ای است که از دیرباز برای افزایش مقاومت به خشکی در گیاهان استفاده می‌شود و به‌عنوان نوعی هورمون گیاهی بالقوه به‌دلیل نقش‌های تنظیمی متفاوتی که در متابولیسم گیاه دارد، شناخته شده است. وجود اسید سالیسیلیک در بسیاری از گیاهان گزارش شده است و بیشترین مقدار آن در زمان حمله پاتوژن‌های ایجادکننده نکروز و تولید دما در گیاهان بود [۲۴]. ساختار آن شامل ترکیب فنولی با حلقه آروماتیک و یک گروه هیدروکسیل است. در حالت معمولی، به‌صورت پودر کریستالی با نقطه ذوب ۱۵۷ تا ۱۵۹ درجه سانتی‌گراد و اسیدیته ۲/۴ است [۲۵].

تأثیر اسید سالیسیلیک در جوانه‌زنی سریع‌تر دانه‌ها، افزایش عملکرد میوه و گلدهی در گیاهان واضح است [۲۱]. کاربرد اسید سالیسیلیک در مقادیر زیاد سبب آسیب‌دیدگی گیاه و در مقادیر کم موجب افزایش قدرت ساخت مواد آنتی‌اکسیدانی و افزایش قدرت سیستم ایمنی گیاه سیاهدانه در برابر رادیکال‌های آزاد ناشی از تنش خشکی و در نتیجه، افزایش عملکرد می‌شود [۱۵]. کاربرد اسید سالیسیلیک بعد از پرولین موجب بهبود صفاتی از قبیل طول برگ، عرض برگ، علوفه‌تر، علوفه خشک، ارتفاع، قطر ساقه، تعداد برگ، کلروفیل، وزن تر و خشک ریشه در گیاه سورگوم شد، اما هورمون‌ها در افزایش بیش از حد شدت تنش خشکی، قادر به کاستن تأثیرات تنش به

رویکرد به توسعه تولید و کشت و کار گیاهان دارویی در چند سال اخیر به علت شناخت مردم از عوارض داروهای شیمیایی رو به افزایش است. درک پاسخ گیاهان دارویی به تنش‌های محیطی، به‌منظور تولید و اصلاح ارقام متحمل به تنش کاملاً ضروری است. در واقع تنش خشکی با اختلال در عمل روزنه‌ها و سیستم فتوسنتزی، تخریب پروتئین‌ها و آنزیم‌ها، کاهش سطح برگ، ریزش گل و میوه موجب کاهش عملکرد در گیاهان می‌شود [۱۴]. کاهش سطح برگ، ریشه‌های عمیق و نسبت زیاد ریشه به ساقه به‌عنوان اجتناب از خشکی در بسیاری از گونه‌ها محسوب می‌شود [۱۹]. عملکرد دانه سیاهدانه در تیمار آبیاری بعد از ۱۵۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر در مقایسه با ۵۰ میلی‌متر، کاهش یافت که علت آن را کاهش اجزای عملکرد در اثر تنش خشکی بیان کردند [۵]. رطوبت مناسب سبب افزایش ارتفاع بوته و شاخ و برگ بیشتر و در نتیجه تعداد کپسول بیشتر در بوته سیاهدانه شد که به افزایش عملکرد دانه می‌انجامد [۱۸].

سیاهدانه^۱ نوعی گیاه دارویی دولپه، یکساله از تیره آللاه، علفی، گل‌دار و بومی منطقه جنوب غرب آسیاست. گسترش این گیاه در نواحی مختلف شمال آفریقا، جنوب اروپا و مناطق مدیترانه‌ای تا هندوستان و جنوب شرق آسیا و استرالیا است. در ایران در برخی مناطق به‌صورت خودرو می‌روید و در شهرهای اراک و اصفهان به فراوانی کشت می‌شود [۱۳، ۱۸]. این گیاه تا حدی به تنش خشکی مقاوم است و از دانه‌های آن به‌عنوان ادویه استفاده می‌شود [۵]. سیاهدانه به‌دلیل داشتن ماده‌ای موسوم به تیموکینون دارای تأثیرات ضدتشنجی است و در دانه‌های آن اثر ضدتوموری و ضدباکتریایی مشاهده شده است. از اسانس گیاه

2 . Nigellon
3 . Saponin
4 . Melantin

1 . *Nigella sativa* L.

۲. مواد و روش‌ها

این آزمایش به صورت کرت خرد شده بر پایه بلوک کامل تصادفی در سه تکرار، در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه شهید باهنر کرمان در سال زراعی ۹۳-۱۳۹۲ انجام گرفت. شهر کرمان بین ۵۴ درجه و ۲۱ دقیقه تا ۵۹ درجه و ۳۴ دقیقه طول شرقی و ۲۶ درجه و ۳۹ دقیقه تا ۳۱ درجه و ۵۸ دقیقه عرض شمالی در ارتفاع ۱۷۵۴ متر از سطح دریا قرار گرفته است. آب و هوای کرمان بر اساس فرمول آمبرژه گرم و خشک است. بیشینه دمای هوا در هنگام کاشت (اردیبهشت ۱۳۹۳) ۳۲/۴ و کمینه دما ۷/۲ درجه سانتی‌گراد بود. میانگین رطوبت نسبی ۶/۳ درصد و مقدار بارندگی در فروردین ۴۴/۵ و در اردیبهشت ۰/۲ میلی‌متر بوده است. خاک مزرعه دارای بافت لومی شنی، اسیدیته ۶/۸۱ و هدایت الکتریکی ۱/۸۹ میلی-زیمنس بر متر است (جدول ۱).

نحو کارآمد نبودند [۸]. در تحقیقی به منظور بررسی تأثیر غلظت‌های اسید سالیسیلیک (صفر، ۵، ۱۰، ۱۵ و ۲۰ میکرومولار) بر برخی واکنش‌های فیزیولوژیکی گیاه شنبلیله تحت تنش شوری مشخص شد که کاربرد اسید سالیسیلیک در غلظت‌های ۱۰ و ۱۵ میکرومولار در شرایط تنش شوری توانست با افزایش فعالیت آن‌تی‌اکسیدان‌های کاتالاز و پراکسیداز در گیاه شنبلیله، به کاهش پراکسیداسیون لیپیدهای غشا و افزایش رنگیزه‌های فتوسنتزی نسبت به گیاهان شاهد منجر شود [۱].

هدف پژوهش حاضر، بررسی اثر متقابل تنش خشکی و محلول پاشی با اسید سالیسیلیک در غلظت‌های مختلف (برحسب میکرومولار) بر عملکرد، اجزای عملکرد و مقدار اسانس در گیاه دارویی سیاهدانه در شهر کرمان بود.

جدول ۱. اسیدیته و هدایت الکتریکی (برحسب میلی‌زیمنس بر متر) و عناصر موجود در خاک مزرعه (برحسب میلی‌گرم بر ۱۰۰ گرم خاک نمونه برداری شده (از عمق ۳۰ سانتی متری قبل از کاشت) براساس آزمون خاک

اسیدیته	فسفر	گوگرد	تیتانیوم	کروم	مس	سرب	روی	لیتیوم	ازت
۶/۸۱	۱۲۰	۵۰	۵۲۰	۱۰	۱۰	۱۰	۱۰	۹۰۰۰	۹۰
هدایت الکتریکی	سیلیسیم	آلومینیوم	باریوم	کلسیم	آهن	پتاسیم	منیزیوم	منگنز	سدیم
۱/۸۹	۵۵۷۹۰	۱۲۴۵۰	۵۰	۱۰۲۷۰	۴۵۴۰	۲۲۱۰	۲۳۲۰	۸۰	۲۴۰۰

و مقاومت الکتریکی برای هر کرت انجام گرفت [۱۰]. همچنین ارتفاع آب آبیاری با تقسیم حجم آب آبیاری وارد شده به هر کرت بر مساحت آن کرت با ساخت سرریز اندازه‌گیری شد و در کرت‌های ۹۰ درصد ظرفیت زراعی از هر تکرار با اندازه‌گیری مقاومت الکتریکی دو سر سیم

عامل اصلی شامل سه سطح خشکی، شاهد (۹۰ درصد ظرفیت زراعی مزرعه)، تنش متوسط (۷۰ درصد ظرفیت زراعی مزرعه) و تنش شدید (۵۰ درصد ظرفیت زراعی مزرعه) [۱۸] بود که توسط بلوک‌های گچی و رسم منحنی‌های کالیبراسیون و اندازه‌گیری مقدار رطوبت وزنی

روز یکبار آبیاری انجام گرفت که در حدود ۱۵ تا ۲۰ روز به طول انجامید. وجین علف‌های هرز در شش مرحله صورت گرفت. این علف‌های هرز شامل خارشتر، تاج‌خروس وحشی، قیاق، خرفه، پیچک صحرایی و سلمه‌تره بود. همچنین واکاری بذوری که سبز نشده بودند و تنک بوته‌های سیاهدانه برای رسیدن به تراکم مورد نظر در تاریخ ۹۳/۳/۲۸ انجام گرفت.

برای تهیه بلوک‌های گچی از قطعاتی به طول ۱ متر سیم، توری‌های فلزی بسیار ظریف، قوطی‌های پلاستیکی استوانه‌ای و گچ استفاده می‌شود، بدین صورت که توری‌های فلزی به ابعاد ۱ در ۱ سانتی‌متر در آورده شده و با استفاده از دستگاه هویه به انتهای هر رشته سیم به صورت موازی و رودررو، هر یک از قطعات چسبانده می‌شوند. سپس با احتیاط سیم‌ها درون قوطی‌های پلاستیکی قرار داده شده و اطراف آنها با گچ دندانپزشکی که حالت خود را در خاک حفظ کند، کاملاً پوشانده می‌شوند و بعد از این که سیم درون قوطی کاملاً محکم شد با احتیاط از درون قوطی جدا شده و بدین شکل بلوک‌ها ساخته می‌شوند [۱۰].

در تاریخ ۹۳/۳/۳۱ کود اوره به زمین داده شد و آبیاری غرقابی نیز صورت گرفت. در طول رشد هیچ آفتی مشاهده نشد. در مرحله چهار تا شش‌برگی در هنگام غروب خورشید در تاریخ‌های ۹۳/۳/۲۲، ۹۳/۳/۲۴ و ۹۳/۳/۲۶ در سه مرحله (به صورت یک روز در میان) محلول‌پاشی با غلظت‌های صفر، ۵، ۱۰ و ۱۵ میکرومولار اسید سالیسیلیک صورت گرفت، تا حدی که قطره‌های محلول از دو طرف برگ بوته‌های سیاهدانه چکه کردند و کاملاً اشباع شدند.

در حین عملیات زراعی در مزرعه، کالیبراسیون بلوک‌های گچی نیز صورت گرفت. بلوک‌های گچی به مزرعه منتقل شدند و در عمق توسعه ریشه که در گیاه سیاهدانه ۳۰ سانتی‌متر بود، قرار گرفتند و دو سر سیم

بلوک‌های گچی کاشته‌شده در هر کرت در قبل و بعد از آبیاری و با استفاده از منحنی‌های کالیبراسیون تا جایی که $fc = 21$ (که fc خاک‌های لومی-شنی است) برسد، آبیاری انجام گرفت. برای کرت‌های ۷۰ و ۵۰ درصد ظرفیت زراعی آبیاری به ترتیب تا جایی صورت گرفت تا به $fc = 17$ و $fc = 15$ برسد و این اعمال تنش تا ۱/۵ ماه به طول انجامید [۱۰]. عامل فرعی شامل محلول‌پاشی در تاریخ‌های ۹۳/۳/۲۲، ۹۳/۳/۲۴ و ۹۳/۳/۲۶ با چهار غلظت متفاوت اسید سالیسیلیک صفر (به عنوان شاهد و به صورت محلول‌پاشی با آب مقطر)، ۵، ۱۰ و ۱۵ میکرومولار اسید سالیسیلیک بود.

ابتدا در بهمن ۱۳۹۲ شخمی زده شد و در اسفند ماه همین سال کود دامی پوسیده (گاو) با درصد ازت زیاد به زمین مورد نظر داده شد و بعد از بارندگی‌های بهاره، دیسکی به عمق ۲۵ سانتی‌متر زده شد [۷]. نقشه زمین براساس طرح کرت خردشده بر پایه بلوک کامل تصادفی، پیاده شد. پس از آن در تاریخ ۹۳/۲/۱۰، کاشت بذور سیاهدانه (که به مدت دو هفته قبل از کاشت از توده‌های محلی استان کرمان تکثیر و از مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان کرمان تهیه شد و تا زمان کاشت در جای خشک و خنک نگهداری شد)، در عمق ۱ تا ۱/۵ سانتی‌متری خاک به فاصله ۵ سانتی‌متر روی ردیف و ۲۰ سانتی‌متر بین ردیف با تراکم بوته ۱۰۰ تا ۱۵۰ بوته در هکتار صورت گرفت [۷].

مقدار بذور مصرفی حدود ۱/۵ گرم بر متر مربع بود. عرض هر تکرار ۳ متر، فاصله بین کرت‌های اصلی ۱/۵ و فاصله بین کرت‌های فرعی حدود ۴۰ سانتی‌متر به صورت یک پشته نکاشت در نظر گرفته شد. همچنین فاصله بین هر تکرار ۲ متر برای حرکت آب آبیاری و پیاده‌روی در نظر گرفته شد. بلافاصله پس از کشت، آبیاری فارو (شیاری) صورت گرفت و تا زمان جوانه‌زنی و رویش بذور هر سه

بلوک گچی برای اندازه گیری مقاومت الکتریکی از خاک بیرون قرار گرفت. تنش با اندازه گیری مقاومت الکتریکی دو سر سیم بلوک های گچی که در کرت های نه گانه کار گذاشته شده بودند، قبل و بعد از آبیاری اعمال شد و درصد رطوبت وزنی با استفاده از منحنی کالیبراسیون محاسبه شد. برداشت در تاریخ ۹۳/۰۵/۲۸ قبل از باز شدن کپسول ها و ریزش بذور انجام گرفت. هنگام برداشت در هر کرت پشته های اول و آخر و از دو پشته وسطی ۰/۵ متر از ابتدا و انتها حذف شد و از مساحت باقی مانده که ۲ متر مربع بود، برداشت صورت گرفت. زمان برداشت هنگامی در نظر گرفته شد که بوته ها شروع به زرد شدن کرده و دست کم ۸۰ درصد کپسول ها رسیده بودند. برای برداشت محصول بوته های هر کرت از سطح زمین با دست کف بر شده و بعد از سه روز کپسول ها از بوته ها جدا شدند.

برای محاسبه عملکرد دانه، ابتدا ردیف های کناری هر کرت فرعی و ۱ متر از دو طرف ردیف های میانی (تأثیرات حاشیه ای) حذف شد و از مساحت باقی مانده که به طور تقریبی ۲ متر مربع بود، عملکرد دانه برحسب گرم بر متر مربع محاسبه شد [۵]. عملکرد بیولوژیک نیز از مجموع وزن دانه و کاه و کلش برحسب گرم به دست آمد. شاخص برداشت (برحسب درصد) نیز از نسبت وزن دانه بر مجموع وزن کاه و کلش و دانه محاسبه شد. وزن هزاردانه (با اندازه گیری وزن صد دانه توسط ترازوی دیجیتال مدل LIBROR با دقت ۰/۰۰۰۰۱ و تناسب بستن وزن هزاردانه حاصل شد)، تعداد دانه در هر فولیکول و تعداد دانه در بوته نیز بعد از حذف اثر حاشیه ای به طور تصادفی در ۱۰ بوته از هر کرت اندازه گیری شد [۵، ۹].

برای اندازه گیری درصد اسانس از روش تقطیر آب و با استفاده از دستگاه کلونجر Scientific Thermo مدل Electro CAT.NO.EM2000/CE thermal انجام گرفت. بدین منظور از هر کرت یک نمونه ۵۰ گرمی از دانه ها که

کاملاً پودر شده بودند، همراه با ۵۰۰ میلی لیتر آب مقطر درون بالن ۱۰۰۰ سی سی قرار داده شده و سه ساعت در شرایط یکسانی حرارت داده شدند. در اثر حرارت و فشار بخار آب وارد مبرد شد. در مبرد عمل میعان صورت می گیرد و قطره های اسانس درون آب به صورت دو فاز مشخص به طرف لوله مدرج حرکت می کند که به دلیل سبک تر بودن اسانس نسبت به آب، اسانس زرد رنگ روی آب جمع می شود و آب اضافی از طریق لوله رابط به بالن باز می شود. سپس وزن اسانس با استفاده از ترازوی دیجیتال با دقت ۰/۰۰۰۱ اندازه گیری شد. پس از محاسبه درصد وزنی اسانس در دانه ها، عملکرد آن در واحد سطح (برحسب گرم بر متر مربع) تعیین شد [۹، ۵]. در نهایت تعداد دانه در فولیکول، تعداد دانه در بوته، وزن هزاردانه، عملکرد بیولوژیک، عملکرد دانه، شاخص برداشت، درصد و عملکرد اسانس اندازه گیری و داده های مربوطه ثبت شد. اطلاعات به دست آمده با استفاده از نرم افزار آماری SAS (نسخه ۹/۹) تجزیه و تحلیل آماری شد و میانگین ها با استفاده از LSD در سطح ۵ درصد با هم مقایسه شدند.

۳. نتایج و بحث

۳.۱. تعداد دانه در فولیکول

اثر متقابل تنش خشکی و اسید سالیسیلیک بر صفت تعداد دانه در هر فولیکول در سطح احتمال ۱ درصد معنادار بود (جدول ۲). بیشترین مقدار عملکرد از اثر متقابل سطح اول تنش خشکی و سطح سوم اسید سالیسیلیک و به میزان ۶۶/۳۳ و کمترین آن از اثر متقابل سطح سوم تنش و سطح چهارم اسید سالیسیلیک و به میزان ۳۰/۶۶ حاصل شد. اثر متقابل اسید سالیسیلیک در سطح سوم و تنش خشکی در سطح اول این صفت را ۵۷/۹۲ درصد افزایش، و اثر متقابل سطوح دوم و چهارم اسید سالیسیلیک و سطح اول تنش، تعداد دانه در فولیکول را ۴/۷۶ و ۸/۷۳ درصد نسبت به شاهد کاهش داد.

جدول ۲. تجزیه واریانس تعداد دانه در فولیکول، تعداد دانه در بوته، عملکرد دانه، شاخص برداشت، درصد اسانس، عملکرد بیولوژیک و وزن هزاردانه در سیاهدانه

میانگین مربعات									
وزن هزاردانه (gr)	عملکرد بیولوژیک (gr/m ²)	عملکرد اسانس (gr/m ²)	درصد اسانس (%)	شاخص برداشت (%)	عملکرد دانه (gr/m ²)	تعداد دانه در بوته	تعداد دانه در فولیکول	درجه آزادی	منابع تغییرات
۱/۵۲	۲۹۹۲/۱۱	۹۱/۹۷	۰/۰۰۰۰۱	۶۴/۴۴	۱۷۳۹/۳۳	۱۲۴۶۸/۱۱	۲۹۱۰/۸۶	۲	تکرار
۲/۴۶**	۴۳۵۶۱/۱۹**	۸۵۲۸۳۰/۰۰۶*	۰/۰۰۰۲۸*	۶۵۷/۱۵**	۹۴۸۸/۵۸**	۲۲۲۶۱/۸۶**	۵۷۴/۵۲**	۲	تنش خشکی (D)
۰/۴۷۹۶	۴۴۴۲/۰۲	۴/۹۳	۰/۰۰۰۰۱	۴۸/۲۳	۲۸۵/۶۶	۱۰۰۳/۵۲	۶۹/۹۴	۴	خطای a
۵/۳۹**	۲۵۴۱۲/۱۰**	۳۵۱۹۳۷/۱۵۹*	۰/۰۰۱۵۷**	۲۰۱/۵۷**	۸۶۴۳/۵۸**	۳۷۷۱۴/۲۵**	۲۵۶/۵۱*	۳	معلول پاشی (S)
۰/۶۷۶۵**	۶۲۹۳/۶۰**	۲۰۴۶۱۶/۵۵**	۰/۰۰۰۲۲۳**	۴/۵۲**	۱۳۶۱/۹۱**	۴۰۹۹/۶۳**	۲۳۳/۲۶**	۶	تنش خشکی × معلول - پاشی (D × S)
۰/۹۶۸۷	۲۱۱۰/۸۵	۱۰/۳۷۸	۰/۰۰۰۰۱۴	۱۳/۵۰	۹۴۴	۲۱۴۰/۵۵	۱۸۱/۱۵	۱۸	خطای b
۱۴/۶۷	۱۴/۳۵	۴۷/۰۶۳	۵/۸۵	۱۲/۳۸	۲۸/۹۰	۲۷/۶۵	۲۱/۹		CV

* و **: بهترین معیار در سطح ۱ و ۵ درصد.

NS: غیر معنادار

اثر تنش خشکی و محلول پاشی با اسید سالیسیلیک بر عملکرد کمی و کیفی سیاهدانه در شرایط آب و هوایی کرمان

اثر متقابل سطح دوم تنش و سطوح اول، سوم و چهارم اسید سالیسیلیک، این صفت را به ترتیب ۱۹/۸۵، ۲/۳۸ و ۱۳/۵ درصد کاهش، و اثر متقابل سطح دوم اسید سالیسیلیک و سطح دوم تنش خشکی این صفت را ۳۹/۶۶ درصد افزایش داد. سطح سوم تنش و سطوح اول، دوم، سوم و چهارم اسید سالیسیلیک به ترتیب ۲۳/۸۰، ۱۹/۰۴، ۲۷ و ۱۹/۸۵ درصد این صفت را کاهش داد. بیشترین تعداد دانه در بوته از سطح اول تنش خشکی و سطح سوم سالیسیلیک و به مقدار ۶۶/۳۳ و کمترین آن از اثر متقابل اسید سالیسیلیک در سطح چهارم و سطح سوم تنش و به مقدار ۳۰/۶۶ به دست آمد (جدول ۳).

جدول ۳. مقایسه میانگین‌های عوامل اصلی و تأثیرات متقابل در صفات تعداد دانه در فولیکول، تعداد دانه در بوته، عملکرد دانه، شاخص برداشت، درصد اسانس، عملکرد اسانس، عملکرد بیولوژیک و وزن هزار دانه در سیاهدانه

تیمارها	تعداد دانه در بوته	عملکرد دانه (gr/m ²)	شاخص برداشت (%)	عملکرد اسانس (gr/m ²)	وزن هزار دانه (gr)
تنش خشکی D					
d1 = ٪۹۰ ظرفیت زراعی مزرعه	۱۶۵/۵۸ ^a	۱۱۳/۱۶ ^b	۳۰/۱۹ ^b	۴/۵۰ ^{ab}	۲/۵۵ ^a
d2 = ٪۷۰ ظرفیت زراعی مزرعه	۱۸۵/۳۳ ^a	۱۲۰/۸۳ ^a	۳۶/۸۵ ^a	۸/۱۵ ^a	۲/۲۵ ^{ab}
d3 = ٪۵۰ ظرفیت زراعی مزرعه	۱۰۲/۵۰ ^b	۶۸/۷۵ ^b	۲۲/۰۷ ^c	۶/۳۰ ^{ab}	۱/۹۱ ^b
محلول پاشی با اسید سالیسیلیک S					
s1 = ۰ میکرومولار	۹۱/۵۶ ^c	۸۲/۲۲ ^b	۲۸/۵۸ ^b	۳/۸۲ ^b	۱/۶۶ ^c
s2 = ۵ میکرومولار	۱۷۵/۱۱ ^b	۸۵/۳۳ ^b	۲۶/۶۵ ^b	۶/۷۶ ^{ab}	۲/۲۷ ^b
s3 = ۱۰ میکرومولار	۲۳۱/۴۴ ^a	۱۴۷/۲۲ ^a	۳۶/۶۹ ^a	۸/۷ ^a	۲/۷۵ ^a
s4 = ۱۵ میکرومولار	۱۰۶/۴۴ ^c	۸۸/۸۹ ^b	۲۶/۹۰ ^b	۵/۹ ^{ab}	۲/۲۶ ^b
تأثیرات متقابل (D × S)	تعداد دانه در فولیکول	درصد اسانس (%)	عملکرد بیولوژیک (gr/m ²)		
D1S1	۴۲ ^b	۰/۰۳۶ ^e	۱۹۶/۶ ^{de}		
D1S2	۴۰ ^b	۰/۰۵ ^a	۲۵۴ ^{bc}		
D1S3	۶۶/۳۳ ^a	۰/۰۵۶ ^c	۲۶۵ ^b		
D1S4	۳۸/۳۳ ^b	۰/۰۵ ^a	۲۲۵ ^{bcd}		
D2S1	۳۳/۶۶ ^b	۰/۰۴ ^e	۲۰۰ ^{cd}		
D2S2	۵۸/۶۶ ^a	۰/۰۵ ^a	۲۶۱/۶۶ ^b		
D2S3	۴۱ ^b	۰/۰۹ ^a	۴۲۰ ^a		
D2S4	۳۶/۳۳ ^b	۰/۰۵ ^a	۲۰۰ ^{cd}		
D3S1	۳۲ ^b	۰/۰۴۰ ^e	۱۳۱/۶۶ ^f		
D3S2	۳۴ ^b	۰/۰۵ ^a	۱۴۲ ^{ef}		
D3S3	۳۳/۶۶ ^{ab}	۰/۰۶۳ ^b	۱۹۸/۳۳ ^{cd}		
D3S4	۳۰/۶۶ ^b	۰/۰۴۶ ^a	۱۴۰ ^f		

میانگین‌های دارای حروف مشابه مربوط به هر تیمار در هر ستون، در آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد تفاوت معناداری ندارند.

از سطح اول اسید سالیسیلیک به مقدار ۸۲/۲۲ گرم بر مترمربع واحد به دست آمد (جدول ۳). در تحقیق حاضر، تنش خشکی شدید ۳۹/۲۴ درصد عملکرد دانه را کاهش داد. محلول پاشی با سطح سوم اسید سالیسیلیک ۷۹/۰۵ درصد عملکرد دانه را افزایش داد.

تنش خشکی شدید در کشت گیاه بادرنجبویه^۱ موجب کاهش سه مگاپاسکالی پتانسیل آب گیاه، کاهش ۳۴ درصدی محتوای نسبی آب برگ، بسته شدن روزنه‌ها و در نتیجه، کاهش جذب دی‌اکسید کربن و کاهش عملکرد شد [۲۲]. به طور کلی، تنش خشکی شدید سبب کوچک شدن اندازه برگ و کاهش تعداد آن، کاهش تولیدات فتوسنتزی و تجمع ماده خشک، کاهش تعداد گل، کم شدن ابعاد و تعداد دانه و در نتیجه کاهش وزن هزاردانه، و در نهایت کاهش عملکرد و اجزای عملکرد در اکثر گیاهان از جمله گیاهان دارویی می‌شود. تنش خشکی، در گیاه بابونه، کاهش عملکرد و اجزای عملکرد را در پی دارد [۱۷]. تنش خشکی شدید سبب کاهش تعداد دانه در چتر، وزن هزاردانه و شاخص برداشت شد [۱۶].

در اسفرزه، با افزایش دفعات آبیاری تا پنج نوبت، عملکرد کاه و کلش؛ و تا چهار نوبت، عملکرد بذر افزایش یافت [۲۰]. عملکرد دانه سیاهدانه در تیمار آبیاری بعد از ۱۵۰ میلی‌متر در مقایسه با تیمار ۵۰ میلی‌متر تبخیر از سطح تشتک ۲۲/۸ درصد کاهش یافت، به طوری که تنش خشکی تأثیر معناداری بر همه اجزای عملکرد دانه شامل بیوماس، تعداد کپسول در بوته و تعداد دانه در کپسول داشت و سبب کاهش آنها شد [۵]. رطوبت مناسب سبب افزایش ارتفاع بوته و شاخ و برگ بیشتر و در نتیجه تعداد کپسول بیشتر در بوته سیاهدانه شد که به افزایش عملکرد دانه منجر می‌شود [۱۵]. اثر اسید سالیسیلیک بر بهبود رشد و افزایش عملکرد در هر دو شرایط تنش و غیرتنش

در این صفت، کاربرد اسید سالیسیلیک به صورت محلول پاشی در سطوح دوم و سوم تنش نتوانست اثر کم‌آبی بر دانه‌بندی را تعدیل کند. در سطح اول (بدون تنش) و اسید سالیسیلیک در سطح سوم توانست تعداد دانه در فولیکول را افزایش دهد که نشانه اثر مهم رطوبت خاک در مرحله دانه‌بندی در گیاه داروی سیاهدانه است، اما در سطوح دوم و چهارم این صفت را کاهش داد که نشان از اهمیت اسید سالیسیلیک در سطح سوم (متوسط) در افزایش این صفت دارد. رطوبت کافی سبب افزایش ارتفاع بوته، شاخ و برگ بیشتر و در نتیجه تعداد کپسول در بوته سیاهدانه شد که به افزایش عملکرد دانه منجر می‌شود [۱۸].

تأثیر دور آبیاری بر ارتفاع بوته، تعداد شاخه‌های فرعی، تعداد کپسول در بوته، تعداد دانه در بوته و گل، وزن هزاردانه، عملکرد بیولوژیک و شاخص برداشت معنادار بود و با افزایش فواصل آبیاری ویژگی‌های مطالعه شده کاهش یافتند. بیشترین عملکرد دانه از دور آبیاری هفت روز (آبیاری متوسط) به دست آمد [۹]. عملکرد دانه سیاهدانه در تیمار آبیاری بعد از ۱۵۰ میلی‌متر در مقایسه با تیمار ۵۰ میلی‌متر تبخیر از سطح تشتک ۲۲/۸ درصد کاهش یافت، به طوری که تنش خشکی تأثیر معناداری بر همه اجزای عملکرد دانه شامل بیوماس، تعداد کپسول در بوته و تعداد دانه در کپسول داشت و سبب کاهش آنها شد [۵].

۲.۳. عملکرد دانه

تنش خشکی و اسید سالیسیلیک بر صفت عملکرد دانه در سطح احتمال ۱ درصد معنادار بود (جدول ۲). بیشترین عملکرد دانه از آبیاری با تنش متوسط به مقدار ۱۲۰/۸۳ و کمترین آن از آبیاری با اعمال تنش شدید به مقدار ۶۸/۷۵ گرم بر متر مربع حاصل شد. بیشترین عملکرد دانه از سطح سوم اسید سالیسیلیک (۱۰ میکرومولار) با میانگین ۱۴۷/۲۲ گرم بر متر مربع واحد حاصل شد. کمترین عملکرد دانه نیز

1. *Melissa officinalis* L.

یافت [۱۸، ۶]. اثر اسید سالیسیلیک بر بهبود رشد و افزایش عملکرد در هر دو شرایط تنش و غیرتنش محسوس بود و به‌طور معناداری سبب افزایش عملکرد دانه در گیاه ذرت شد [۱۲].

۴.۳. عملکرد بیولوژیک

اثر متقابل این دو بر عملکرد بیولوژیک گیاه سیاهدانه در سطح احتمال ۱ درصد معنادار بود (جدول ۲). بیشترین عملکرد بیولوژیک از اثر متقابل سطح اول تنش خشکی و سطح سوم اسید سالیسیلیک ۲۶۵ گرم بر متر مربع و کمترین آن از اثر متقابل سطح سوم تنش خشکی و سطح چهارم اسید سالیسیلیک ۱۴۰ به‌دست آمد (جدول ۳). اثر متقابل سطح اول تنش خشکی و سطوح اول، دوم، سوم و چهارم سالیسیلیک توانست به‌ترتیب ۲۹/۱۹، ۳۴/۷۹ و ۱۴/۴۵ درصد عملکرد بیولوژیک را نسبت به شاهد افزایش دهد (جدول ۳). برهمکنش سطح دوم تنش خشکی با سطوح اول، دوم، سوم و چهارم اسید سالیسیلیک به‌ترتیب موجب افزایش ۱/۷۲، ۱۱۳/۶۳، ۳۳/۰۹، ۱/۷۲ درصدی این صفت در گیاه سیاهدانه در این آزمایش شد. همچنین اثر متقابل سطح سوم تنش و سطوح اول، دوم و چهارم اسید سالیسیلیک به‌ترتیب ۲۷/۷۲، ۲۸/۷۸ و ۳۳/۰۳ درصد عملکرد بیولوژیک را نسبت به شاهد کاهش داد (جدول ۳). بیشترین عملکرد بیولوژیک از اثر متقابل سطح دوم تنش و سطح سوم سالیسیلیک ۴۲۰ و کمترین آن از اثر متقابل سطح سوم تنش و سطح اول اسید سالیسیلیک ۱۳۱/۶۶ بود.

اثر متقابل سطح سوم تنش با سطح سوم اسید سالیسیلیک توانست ۰/۸۷ درصد عملکرد بیولوژیک را افزایش دهد. تنش خشکی شدید که بسیار کمتر از نیاز آبی گیاه است، عملکرد بیولوژیک را کاهش داد و خسارت ناشی از کم‌آبی تا حدی بود که محلول‌پاشی با اسید

محسوس بود و به‌طور معناداری سبب افزایش عملکرد دانه در گیاه ذرت شد [۱۲]. تنش خشکی (به‌جز درصد اسانس) صفات عملکرد دانه، وزن هزاردانه، زیست‌توده، تعداد چتر در دانه، تعداد چترک در چتر، تعداد دانه در چترک و شاخص برداشت در گیاه انیسون را کاهش داد، اما درصد اسانس افزایش داشت [۵].

۳.۳. تعداد دانه در بوته

اثر تنش خشکی و اسید سالیسیلیک بر صفت تعداد دانه در بوته در سطح احتمال ۱ درصد معنادار بود (جدول ۲). بیشترین تعداد دانه در بوته در سطح دوم تنش خشکی (۷۰ درصد ظرفیت زراعی) با ۱۸۵/۳۳ دانه؛ و کمترین تعداد دانه در بوته در سطح سوم تنش خشکی (۵۰ درصد ظرفیت زراعی) با ۱۰۲/۵۰ دانه بود (جدول ۳). بیشترین تعداد دانه در سطح سوم اسید سالیسیلیک (۱۰ میکرومولار) با ۲۳۱/۴۴ دانه، و کمترین تعداد آن در سطح چهارم اسید سالیسیلیک (۱۵ میکرومولار) با ۱۰۶/۴۴ دانه بود (جدول ۳).

در پژوهش حاضر، تنش خشکی متوسط ۱۱/۹۲ درصد صفت تعداد دانه در بوته را افزایش و سطح سوم تنش خشکی ۳۸/۳۹ درصد تعداد دانه در بوته را کاهش داد. سطوح دوم، سوم و چهارم به‌ترتیب ۹۱/۲۵، ۱۵۱/۶۸ و ۱۶/۲۵ درصد این صفت را افزایش دادند. سطح سوم اسید سالیسیلیک بیشترین تأثیر را بر افزایش تعداد دانه در بوته داشت. تأثیر دور آبیاری بر ارتفاع بوته، تعداد شاخه فرعی، تعداد کپسول در بوته، تعداد دانه در بوته و گل، وزن هزاردانه، عملکرد بیولوژیک و شاخص برداشت معنادار بود و با افزایش فواصل آبیاری ویژگی‌های مطالعه‌شده کاهش یافتند. بیشترین عملکرد دانه از دور آبیاری هفت روز (آبیاری متوسط) به‌دست آمد [۹]. عملکرد دانه، وزن هزاردانه، تعداد دانه در هر فولیکول، تعداد دانه در بوته و تعداد فولیکول سیاهدانه، تحت تأثیر کمی آبیاری کاهش

از این ماده با خشی کردن ترکیبات اکسیداتیو ناشی از تنش خشکی از گیاه محافظت می‌کند [۱۵].

۵.۳. وزن هزاردانه

تنش خشکی و محلول‌پاشی با غلظت‌های متفاوت اسید سالیسیلیک بر وزن هزاردانه در سطح احتمال ۱ درصد معنادار بود (جدول ۲). بیشترین وزن هزاردانه از سطح اول تنش ۲/۵۵ و کمترین آن از سطح سوم تنش ۱/۹ گرم حاصل شد (جدول ۳). در تحقیق حاضر، تنش خشکی شدید ۹۲/۵۴ درصد وزن هزاردانه را کاهش داد که با نتایج دیگر تحقیقات نیز تطابق دارد. تنش خشکی شدید سبب کاهش تعداد دانه در چتر، وزن هزاردانه و شاخص برداشت می‌شود [۱۶].

بیشترین وزن هزاردانه از محلول‌پاشی با سطح سوم اسید سالیسیلیک (۱۰ میکرومولار) به مقدار ۲/۷۵ گرم و کمترین آن در سطح اول اسید سالیسیلیک با ۱/۶۶ گرم به دست آمد (جدول ۳). محلول‌پاشی با سطح سوم اسید سالیسیلیک ۶۵/۶۶ درصد وزن هزاردانه را افزایش داد. کاربرد سطوح دوم و چهارم اسید سالیسیلیک به ترتیب سبب افزایش ۳۶/۷۴ و ۳۶/۱۴ درصدی وزن هزاردانه شد که نتیجه تأثیر اسید سالیسیلیک بر افزایش وزن هزاردانه در سیاهدانه به ویژه در سطح سوم اسید سالیسیلیک، بود (جدول ۳). تأثیر دور آبیاری بر ارتفاع بوته، تعداد شاخه‌های فرعی، تعداد کپسول در بوته، تعداد گل، وزن هزاردانه، عملکرد بیولوژیک و شاخص برداشت در گیاه سیاهدانه معنادار بود و با افزایش فواصل آبیاری ویژگی‌های مطالعه شده کاهش یافتند. بیشترین عملکرد دانه از دور آبیاری هفت روز (آبیاری متوسط) به دست آمد [۹].

سالیسیلیک در سطوح دوم و سوم نیز نتوانست خسارت تنش خشکی را جبران کند، اما مقدار متوسط اسید سالیسیلیک (۱۰ میکرومولار) به میزان ۰/۸۷ درصد توانست این صفت را نسبت به شاهد افزایش دهد و تا حدی خسارت را جبران کند. از آنجا که اسید سالیسیلیک از تنظیم‌کننده‌های رشد گیاهی است، در غلظت‌های زیاد و کم، به طور معمول تأثیر مناسبی بر افزایش عملکرد در بسیاری از صفات ندارد و تنها حد متوسطی از این ماده می‌تواند با تقویت سیستم ایمنی تأثیرات مطلوبی بر افزایش عملکرد در بسیاری از صفات در گیاه دارویی سیاهدانه داشته باشد [۱۵].

بیشترین عملکرد بیولوژیک از اثر متقابل سطح دوم تنش و سطح سوم اسید سالیسیلیک با افزایش ۱۱۳/۶۳ درصد حاصل شد که گویای مناسب بودن آبیاری متوسط (۷۰ درصد ظرفیت زراعی) و محلول‌پاشی با سطح متوسطی از (۱۰ میکرومولار) اسید سالیسیلیک برای افزایش این صفت در سیاهدانه بود (جدول ۳). تأثیر دور آبیاری بر ارتفاع بوته، تعداد شاخه‌های فرعی، تعداد کپسول در بوته، تعداد دانه در بوته و گل، وزن هزاردانه، عملکرد بیولوژیک و شاخص برداشت معنادار بود و با افزایش فواصل آبیاری ویژگی‌های مطالعه شده کاهش یافتند. بیشترین عملکرد دانه از دور آبیاری هفت روز (آبیاری متوسط) به دست آمد [۹]. سطح دوم آبیاری در سطح ۷۰ درصد ظرفیت زراعی با فراهم کردن نیازهای آبی گیاه سیاهدانه با توجه به مقاومت نسبی این گیاه به خشکی، سبب افزایش این صفت در سیاهدانه شد. در واقع فراهم کردن نیاز آبی گیاه بیشتر از این مقدار را می‌توان هدرروی آب تلقی کرد. به نظر می‌رسد سطح متوسطی از اسید سالیسیلیک نیز تا حدی تأثیرات ناشی از تنش خشکی را تعدیل می‌کند و با خاصیت آنتی‌اکسیدانی خود سبب افزایش سیستم ایمنی گیاه می‌شود. در واقع مقدار متوسطی

۶.۳. شاخص برداشت

اثر تنش خشکی بر شاخص برداشت در سطح احتمال ۱ درصد معنادار بود (جدول ۲). بیشترین مقدار شاخص برداشت در سطح دوم تنش خشکی (۷۰ درصد ظرفیت زراعی) ۳۶/۸۵ و کمترین مقدار شاخص برداشت در سطح سوم تنش خشکی (۵۰ درصد ظرفیت زراعی) ۲۲/۰۷ درصد بود (جدول ۳).

بیشترین شاخص برداشت در سطح سوم اسید سالیسیلیک با ۳۶/۶۹ و کمترین آن، در سطح دوم اسید سالیسیلیک با ۲۶/۶۵ درصد بود (جدول ۳). سطح سوم تنش خشکی ۲۴/۸۰ درصد شاخص برداشت را کاهش داد. آبیاری متوسط در سطح دوم تنش شاخص برداشت را ۲۲/۰۶ درصد افزایش داد. سطح سوم اسید سالیسیلیک ۲۸/۳۷ درصد شاخص برداشت را افزایش داد، در حالی که سطح دوم و چهارم اسید سالیسیلیک شاخص برداشت را ۶/۷۵ و ۵/۸۷ درصد کاهش داد. اسید سالیسیلیک چون از تنظیم کننده های رشد است در غلظت های زیاد و کم تأثیر معکوس بر برخی از خصوصیات عملکردی در گیاهان مختلف می گذارد. در تحقیقی اثر اسید سالیسیلیک بر بهبود رشد و افزایش عملکرد در هر دو شرایط تنش و غیرتنش محسوس بود و به طور معناداری سبب افزایش عملکرد دانه در گیاه ذرت شد [۱۲]. تأثیر دور آبیاری بر ارتفاع بوته، تعداد شاخه های فرعی، تعداد کپسول در بوته، تعداد دانه در بوته و گل، وزن هزاردانه، عملکرد بیولوژیک و شاخص برداشت معنادار بود و با افزایش فواصل آبیاری ویژگی های مطالعه شده کاهش یافتند. بیشترین عملکرد دانه از دور آبیاری هفت روز (آبیاری متوسط) به دست آمد [۹].

۷.۳. درصد اسانس

بر اساس نتایج جدول تجزیه واریانس، اثر متقابل تنش خشکی و اسید سالیسیلیک، بر صفت درصد اسانس در

سطح احتمال ۱ درصد معنادار بود (جدول ۲). بیشترین درصد اسانس از اثر متقابل سطح دوم تنش خشکی و سطح سوم اسید سالیسیلیک با ۰/۰۹ و کمترین آن از اثر متقابل سطح اول تنش خشکی و سطح اول اسید سالیسیلیک با ۰/۰۳۶ درصد حاصل شد (جدول ۳). اثر متقابل سطح اول تنش با سطوح دوم، سوم و چهارم اسید سالیسیلیک به ترتیب ۳۸/۸۸، ۵۵/۵۵ و ۳۸/۸۸ درصد مقدار اسانس را افزایش داد. همچنین اثر متقابل سطح دوم تنش با سطوح اول، دوم، سوم و چهارم اسید سالیسیلیک به ترتیب ۱۱/۱۱، ۳۸/۸۸ و ۱۵۰، ۳۸/۸۸ درصد مقدار اسانس را افزایش داد. برهمکنش سطح سوم تنش با سطوح اول، دوم، سوم و چهارم اسید سالیسیلیک به ترتیب ۱۱/۱۱، ۳۸/۸۸ و ۹۲/۵ و ۲۷/۷۷ درصد بر مقدار اسانس این گیاه افزود (جدول ۳). در این آزمایش، اسید سالیسیلیک توانست تأثیرات ناشی از تنش خشکی، حتی تنش شدید خشکی را تعدیل کند، به طوری که اثر متقابل سطح سوم تنش و مقدار متوسط اسید سالیسیلیک (۱۰ میکرومولار) سبب افزایش ۹۲/۵ درصدی این صفت نسبت به شاهد شد که این مقدار بعد از مقدار اسانس حاصل از اثر متقابل سطح دوم تنش و سطح سوم اسید سالیسیلیک بیشترین مقدار یعنی ۰/۰۶۳ بود که حاکی از تأثیر مهم اسید سالیسیلیک در افزایش صفات کیفی از جمله مقدار اسانس در گیاه دارویی سیاهدانه است که با نتایج دیگر تحقیقات تطابق دارد [۱۱]. کاهش رطوبت خاک، عملکرد اسانس (به علت کاهش مقدار عملکرد دانه) را در گیاه ریحان کاهش داد، اما درصد اسانس آن را افزایش داد [۲]. آبیاری در حد متوسط (۷۵ درصد ظرفیت زراعی)، در اغلب موارد سبب افزایش مواد مؤثره گیاهی از جمله اسانس کامازولن در برخی ارقام گیاه بابونه شد [۱۱]. به نظر می رسد که خشکی متوسط موجب افزایش متابولیت های ثانویه (اسانس) که تأثیر حفاظتی نسبت به تنش ها از جمله تنش خشکی در گیاه دارند،

در این تحقیق ۱۰ میکرومولار است)، سبب افزایش اغلب صفات از جمله عملکرد اسانس در گیاه دارویی سیاهدانه شد که با نتایج تحقیقات دیگر نیز تطابق دارد [۱۵]. تنش خشکی سبب کاهش بیوماس گیاه جعفری شد، اما کیفیت و عملکرد اسانس این گیاه را افزایش داد [۲۳]. عملکرد اسانس ارقام 'پرسو' و 'بودگلد' و توده محلی بابونه شیراز تحت تنش خشکی متوسط (۷۵ درصد ظرفیت زراعی مزرعه) در مقایسه با شاهد نه تنها کاهش نیافت، بلکه درصد ماده مؤثره کامازولن نیز افزایش یافت [۱۱].

تنش خشکی شدید به علت کاهش تجمع ماده خشک، تعداد دانه در بوته و فولیکول، اندازه دانه، شاخص برداشت، عملکرد بیولوژیک و وزن هزاردانه سبب کاهش عملکرد و اجزای عملکرد در اغلب گیاهان دارویی از جمله سیاهدانه شد، اما تنش خشکی متوسط با آبیاری در حد ۷۰ درصد ظرفیت زراعی تعداد دانه در بوته، شاخص برداشت، وزن هزاردانه، عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک درصد و عملکرد اسانس را افزایش داد. این امر به علت سازگاری و مقاومت نسبی این گیاه به شرایط خشکی متوسط است. این نتیجه حاکی از آن است که آبیاری بسیار در برخی موارد، تأثیر معکوس بر صفات عملکردی گیاهان به ویژه گیاهان دارویی که با مناطق خشک و نیمه خشک سازگاری یافته اند، دارد. اسید سالیسیلیک نیز در غلظت متوسط عملکرد را افزایش می دهد، این ماده از تنظیم کننده های رشد است؛ از این رو در غلظت های زیاد و کم ممکن است عملکرد را کاهش دهد. در این تحقیق، اثر مقابل تنش خشکی متوسط (۷۰ درصد ظرفیت زراعی) و اسید سالیسیلیک (۱۰ میکرومولار) سبب افزایش درصد اسانس، عملکرد بیولوژیک و تعداد دانه در فولیکول شد. افزایش درصد اسانس در شرایط تنش خشکی ممکن است

می شود و مقدار مناسب اسید سالیسیلیک نیز با خنثی کردن رادیکال های آزاد و فرم های فعال اکسیژن تولید شده در اثر تنش خشکی در گیاهان، سبب افزایش مقدار اسانس در گیاه دارویی سیاهدانه می شود [۱۵]. صفات عملکرد دانه، وزن هزاردانه، زیست توده، تعداد چتر در دانه، تعداد چترک در چتر، تعداد دانه در چترک و شاخص برداشت (به جز درصد اسانس) در گیاه انیسون، تحت تأثیر تنش خشکی شدید کاهش یافتند، اما درصد اسانس افزایش یافت [۴].

۸.۳. عملکرد اسانس

اثر تنش خشکی و محلول پاشی با اسید سالیسیلیک هر کدام به تنهایی بر عملکرد اسانس در سطح احتمال ۵ درصد معنادار بود (جدول ۲). داده های جدول تجزیه واریانس نشان می دهد که بیشترین عملکرد اسانس از سطح دوم تنش و با مقدار ۸/۱۵ گرم بر متر مربع بود و کمترین آن از سطح اول تنش با مقدار ۴/۵ گرم بر متر مربع حاصل شد که علت، تأثیر معنادار تنش خشکی متوسط بر افزایش عملکرد دانه و درصد اسانس در گیاه سیاهدانه بود، به طوری که تنش خشکی متوسط و شدید به ترتیب سبب افزایش ۸۱/۱۱ و ۴۰ درصدی عملکرد اسانس شد (جدول ۳).

بیشترین عملکرد اسانس در سطح سوم اسید سالیسیلیک به مقدار ۸/۷ گرم بر مترمربع و کمترین آن در سطح اول اسید سالیسیلیک به مقدار ۳/۸ حاصل شد. محلول پاشی در سطوح دوم، سوم و چهارم اسید سالیسیلیک به ترتیب سبب ۷۶/۹۶، ۱۲۷/۷۴ و ۵۴/۴۵ درصد افزایش نسبت به شاهد در این صفت شد.

برخی از گیاهان دارویی از جمله سیاهدانه که تا اندازه ای مقاوم به خشکی اند، با مناطق نیمه خشک و آبیاری متوسط سازگاری یافته اند. تنش خشکی متوسط، سبب افزایش عملکرد و برخی از اجزای عملکرد در این گیاه شد. همچنین اسید سالیسیلیک در غلظت های متوسط (که

1 . Purso
2 . Bood gold

عملکرد و اجزای عملکرد دانه و تنظیم کننده های اسمزی در گیاه دارویی سیاهدانه. تحقیقات گیاهان دارویی و معطر ایران. ۲۷(۳): ۳۹۶-۳۸۴.

۶. رضوانی دخت ش، دشتیان آ، زنجانی س و انوردخت س (۱۳۹۰) تأثیرات کمی آبیاری و تراکم گیاهی بر عملکرد و اجزای عملکرد گیاه دارویی سیاهدانه در شرایط دامغان. اولین کنفرانس بین المللی تنش های محیطی و علوم زراعی: ۲۹-۲۸.

۷. رضوانی مقدم پ و احمدزاده مطلق م (۱۳۸۶) بررسی اثر تاریخ کاشت و تراکم گیاهی بر عملکرد و اجزای عملکرد سیاهدانه در شرایط شهرستان قائنات. پژوهش و سازندگی در منابع طبیعی. ۷۶: ۶۸-۶۳.

۸. ریاحی ن، فرح بخش ح و پسندی پور م (۱۳۹۰) اثر استعمال خارجی پرولین، گلاسیسین بتائین، اسید سالیسیلیک و آسکوربیک اسید بر کاهش اثرات تنش خشکی در گیاه سورگوم. مجموعه مقالات یازدهمین سمینار سراسری آبیاری و کاهش تبخیر: ۳۵-۳۲.

۹. شعبانزاده ش و گلوی م (۱۳۹۰) تأثیر محلول پاشی عناصر ریزمغذی و دور آبیاری بر ویژگی های زراعی و عملکرد سیاهدانه. تنش های محیطی در علوم زراعی. ۴(۱): ۹-۱.

۱۰. غضنفری م (۱۳۹۲) بررسی اثرات تنش خشکی و شوری بر برخی خصوصیات مورفولوژیکی و فیزیولوژیکی ارقام مختلف جو. دانشکده کشاورزی. دانشگاه شهید باهنر کرمان. پایان نامه کارشناسی ارشد زراعت.

۱۱. فرهودی ر و مکی زاده تفتی م (۱۳۹۱) ارزیابی تأثیر تنش خشکی بر رشد و نمو، عملکرد، میزان اسانس و درصد کامازولن گیاه دارویی سه رقم بابونه (*Matrica*

به علت افزایش تجمع متابولیت های ثانویه برای محافظت از گیاه در شرایط تنش باشد. با توجه به شرایط آب و هوایی خشک در کشور و کمبود بارش با آبیاری متوسط، می توان به عملکرد بهتری از این گیاه دارویی دست یافت و از هدررفت آب نیز جلوگیری کرد. همچنین براساس نتایج تحقیق حاضر، محلول پاشی با غلظت ۱۰ میکرومولار اسید سالیسیلیک (که ماده ای ارزان با دسترسی آسان است) در مناطق خشک و نیمه خشک برای افزایش عملکرد به کشاورزان توصیه می شود.

منابع

۱. پسندی پور ا، فرح بخش ح، صفاری م و کرامت ب (۱۳۹۲) اثر اسید سالیسیلیک بر برخی واکنش های فیزیولوژیک گیاه شنبلیله (*Trigonella foenum graecum L.*) تحت تنش شوری. اکوفیزیولوژی گیاهان زراعی. ۲(۲۶): ۲۲۸-۲۱۵.
۲. حسنی ع و امیدبگی ر (۱۳۸۱) اثرات تنش آبی بر برخی خصوصیات مورفولوژیکی، فیزیولوژیکی و متابولیکی گیاه ریحان. دانش کشاورزی. ۱۲(۳): ۵۹-۴۷.
۳. حیدری م و جهان تیغی ح (۱۳۹۱) تأثیر تنش خشکی و مقادیر کود نیتروژن بر عملکرد و اجزای عملکرد دانه، درصد اسانس و میزان تیموکینون گیاه دارویی سیاهدانه (*Nigella sativa L.*). تنش های محیطی در علوم زراعی. ۵: ۴۰-۳۳.
۴. حیدری ن، پوریوسف م، توکلی ا و صباح (۱۳۹۱) تأثیر تنش خشکی و زمان برداشت بر عملکرد دانه و تولید اسانس انیسون (*Pimpinella anisum L.*). تحقیقات گیاهان دارویی و معطر ایران. ۲۸(۱): ۱۳۰-۱۲۱.
۵. رضاپور ع، حیدری م، گلوی م و رمودی م (۱۳۹۰) تأثیر تنش خشکی و مقادیر مختلف کود گوگرد بر

- Influence of irrigation regime on yield and agronomic traits of black cumin (*Nigella sativa* L.). *Medical Aromatic Plants*. 21: 65-73.
19. Batlang U (2006) Studies with triazoles to alleviate drought stress in green house grown maize (*Zea mays* L.) seedlings. Department of crop and environmental Sciences. Blacksburg Virginia. M.Sc. thesis.
20. Ganpat S, Ishwar S and Bahati DS (1992) Response of blond Psyllium (*Plantago ovate* L.) to irrigation and split application of nitrogen. *Indian Journal of Agronomy*. 37: 880-881.
21. Klessing DF and Malamy J (1994) Salicylic acid signal in plants. *Plant Biology*. 26: 1439-1498.
22. Munne S and Alegre L (2000) Significance of beta carotene, alpha, tocopherol and the xanthophyll cycle and drought stress in (*Melissa officinalis* L.) plant. *Plant Physiology*. 27(2): 139-146.
23. Petropoulos SA, Dimitra D, Polissiou MG and Passam HC (2008) The effect of water deficit stress on the growth, yield and composition of essential oil of parsley. *Scientia Horticulture*. 115: 393-397.
24. Popova L, Panchera T and Uzonova A (1997) Salicylic acid Properties biosynthesis and physiological role. *Plant Physiology*. 23: 85-93.
25. Raskin I (1992) Role of salicylic acid in plants. *Annual Review. Plant Physiology*. 43: 439-463.
- riarecutita* L. در شرایط خوزستان. پژوهش‌های زراعی ایران. ۱۰(۴): ۷۴۱-۷۳۵.
۱۲. مهربان مقدم ن، آروین مج، خواجه‌ی نژاد غ و مقصودی ک (۱۳۹۰) اثر اسید سالیسیلیک بر رشد و عملکرد علوفه و دانه ذرت در شرایط تنش خشکی در مزرعه. به‌زراعی نهال و بذر. ۲۷(۱): ۴۵-۵۵.
۱۳. نوروزپور ق و رضوانی مقدم و (۱۳۸۴) اثر دوره‌های مختلف آبیاری و تراکم بر عملکرد و اجزای عملکرد گیاه دارویی سیاهدانه (*Nigella sativa* L.). پژوهش‌های زراعی ایران. ۳(۲): ۳۱۵-۳۰۶.
۱۴. نوری آزاد ح و حاجی باقری م ر (۱۳۷۸) بررسی تأثیر تنش خشکی بر رشد و عملکرد ارقام جو. پژوهش‌های علوم گیاهی. ۱(۱۲): ۲۷-۱۹.
۱۵. کبیری ر (۱۳۹۰) بررسی اثر پیش‌تیمار اسید سالیسیلیک بر کاهش تنش اکسیداتیو ناشی از خشکی در کشت هیدروپونیک گیاه سیاهدانه. کارشناسی ارشد. دانشکده کشاورزی دانشگاه شهید باهنر کرمان. پایان‌نامه کارشناسی ارشد.
۱۶. تاتاری م (۱۳۸۴) اثرات سطوح مختلف شوری و دفعات آبیاری بر رشد و عملکرد سیاهدانه در شرایط آب و هوایی مشهد. کارشناسی ارشد. دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد. پایان‌نامه کارشناسی ارشد.
17. Ahmadian A, Ghanbari A, Siah SAR BA, Heydari M, Ramroodi M and MousaviNik M (2011) Study of chamomiles yield and its components under drought stress and organic and inorganic fertilizers usages and thirresidue. *Microbiology and Antimicrobials*. 3(2): 23-28.
18. Akbarinia A, Khosravifard M, Sharifi Ashoorabadi E and Babakhanloo P (2005)