



به زراعی کشاورزی

دوره ۱۹ ■ شماره ۱ ■ بهار ۱۳۹۶

صفحه‌های ۳۱-۴۲

اثر کمپوست زباله شهری بر عملکرد، درصد اسانس و برخی ویژگی‌های فیزیولوژیکی سیاه‌دانه تحت شرایط تنش خشکی

سیاوش آریافر^{۱*}، علیرضا سیروس‌مهر^۲

۱. کارشناسی ارشد، پژوهشگاه دانشگاه زابل، دانشگاه زابل، ایران
۲. دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه مهندسی علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید باهنر، کرمان، ایران

تاریخ پذیرش مقاله: ۹۴/۰۱/۱۹

تاریخ وصول مقاله: ۹۴/۱۰/۰۶

چکیده

به منظور بررسی اثرات تنش خشکی و کمپوست زباله شهری بر خصوصیات کمی و کیفی گیاه دارویی سیاه‌دانه آزمایشی به صورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار، در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه زابل (سد سیستان) در سال ۱۳۹۱ اجرا شد. تیمارها شامل آبیاری به عنوان عامل اصلی در سه سطح: شاهد (عدم تنش) با دور آبیاری هر شش روز، تنش ملایم خشکی با دور آبیاری هر نه روز و تنش شدید خشکی با دور آبیاری هر ۱۲ روز یک‌بار و عامل فرعی سطوح کمپوست زباله شهری شامل: عدم کاربرد کمپوست (شاهد)، کاربرد کمپوست به میزان ۱۰، ۲۰ و ۳۰ تن در هکتار بود. تنش خشکی تأثیر معنی‌داری بر عملکرد بیولوژیک، عملکرد دانه، میزان پرولین و کلروفیل a گیاه سیاه‌دانه داشت. به‌طوری‌که عملکرد بیولوژیک، عملکرد دانه و کلروفیل a با افزایش تنش کاسته شد، ولی با افزایش تنش بر میزان پرولین برگ سیاه‌دانه افزوده شد. سطوح کمپوست باعث افزایش در صفات عملکرد بیولوژیک، عملکرد دانه، درصد اسانس، پرولین، کلروفیل a، کلروفیل b، کلروفیل کل و کارتنوئید شد. برهمکنش تیمارها در صفات کلروفیل a، کلروفیل b، کلروفیل کل و کارتنوئید معنی‌دار گردید. براساس نتایج حاصل، کاربرد ۳۰ تن در هکتار کمپوست زباله شهری و آبیاری هر ۶ روز یک‌بار، به دلیل تولید عملکرد دانه و درصد اسانس بیشتر در شرایط آب و هوایی زابل مناسب به نظر می‌رسد.

کلیدواژه‌ها: اسانس، پرولین، تغذیه گیاهی، رنگدانه های فتوسنتزی، کم آبی.

۱. مقدمه

می‌شود که کمبود عناصر غذایی در گیاه ایجاد گردد. این کمبود عناصر باعث ایجاد اختلال در فعالیت‌های فیزیولوژیکی از جمله فتوسنتز، تنفس و سنتز ترکیبات آلی سنگین‌تر، بی‌نظمی در تولید و فعالیت آنزیم‌ها و به‌طور کلی برهم زدن فعالیت‌های بیوشیمیایی و فیزیولوژیکی شده و در نتیجه تغییراتی در کمیت و کیفیت مواد مؤثره می‌گردد [۲۹ و ۳۳]. بنابراین مدیریت تغذیه گیاهی در شرایط تنش یکی از مسایل مهم در تولید محصولات زراعی و باغی است [۳۰].

کاربرد کمپوست در خاک به طور عام به منظور حفظ و افزایش ثبات و پایداری خاکدانه‌ها، حاصلخیزی و باروری خاک‌های زراعی و باغی، در دهه‌های گذشته از اهمیت ویژه‌ای برخوردار بوده است [۲۷]. نتایج حاصل از تحقیقات مختلف برخی تأثیرات مثبت این ماده آلی را بر رشد و بهبود خصوصیات کیفی گیاه نشان داده است [۶]. اثر کودهای شیمیایی، کمپوست، میکروارگانیزم و مخلوطی از کمپوست و میکروارگانیزم بر روی گیاه رزماری (*L. Rosmarinus officinalis*) طی دو فصل متوالی، گیاهان تیمار شده با مخلوط کمپوست و میکروارگانیزم افزایش معنی‌داری در ارتفاع، تعداد شاخه، وزن تر و خشک و تعداد گل‌ها در مقایسه با کود شیمیایی نشان دادند. همچنین، بیشترین محتوی نیتروژن، فسفر و کربوهیدرات‌ها و اسانس نیز از این تیمار حاصل شد. علت این امر می‌تواند به دلیل قابلیت میکروارگانیزم و کمپوست در بهبود خواص فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی خاک باشد. از طرف دیگر، تیمار کود شیمیایی دارای مقادیر بیشتری از مواد شیمیایی نسبت به هر یک از تیمارهای کمپوست و میکروارگانیزم به تنهایی بود [۱۲].

اگرچه تاکنون تحقیقات گسترده‌ای در زمینه اثر تنش خشکی بر محصولات زراعی انجام شد اما رفتار سیاه‌دانه تحت شرایط کمبود آب و سطوح کود آلی کمتر مورد

سیاه‌دانه (*Nigella sativa* L.) از قدیمی‌ترین گیاهان دارویی می‌باشد و گیاهان در محیط رشد خود، پیوسته با تنش‌های متعددی مواجه‌اند که شانسن نمو و بقای آنها را به نوعی محدود می‌سازد. خشکی یکی از مهمترین عوامل تنش‌زا بوده که تولید محصولات را در سطح جهانی کاهش می‌دهد. کشور ایران دارای اقلیم خشک و نیمه‌خشک است و میانگین بارندگی آن در حد یک سوم میانگین جهانی می‌باشد، بنابراین با تنش‌های خشکی و خشکسالی‌های متناوب درگیر است. خشکی یکی از مهمترین بازدارنده‌های تولید گیاهان در بسیاری از مناطق خشک و نیمه‌خشک دنیا به شمار می‌رود [۳۴]. پیوستن متابولیت‌های ثانویه اگرچه توسط عوامل ژنتیکی کنترل می‌شود ولی شرایط محیطی تأثیر بسیاری برای تولید آنها دارد، مشاهده گردید که تحت تأثیر شرایط محیطی مختلف غلظت و مقدار تولید این مواد از جمله روغن‌های فرار (اسانس) تغییر کرده است [۱۱].

تأثیر کم‌آبی در مراحل مختلف رویشی و زایشی بر عملکرد و کیفیت دانه اسفرزه (*Plantago psyllium* L.) و سیاه‌دانه مورد بررسی قرار گرفت. کم‌آبی عملکرد اسفرزه را کاهش می‌دهد، درحالی‌که سیاه‌دانه تحمل مناسبی نسبت به قطع آب به‌جز در مرحله دانه‌بندی نشان داد. تیمارهای قطع آب، کاهش قابل توجهی در غلظت روغن سیاه‌دانه و درصد موسیلاژ اسفرزه ایجاد نکرد [۱۶]. بیشترین عملکرد اندام هوایی، ارتفاع، طول برگ و عرض برگ در گیاه بادرنجبویه از تیمار بدون تنش حاصل شد ولی بیشترین عملکرد اسانس از تیمار ۶۰ درصد ظرفیت زراعی و بیشترین درصد اسانس از تیمار ۲۰ درصد ظرفیت زراعی به‌دست آمد [۳]. یکی از مهمترین تأثیرات منفی تنش خشکی، کاهش دسترسی و جذب عناصر غذایی مختلف برای گیاه می‌باشد و این عدم دسترسی به عناصر سبب

اثر کمپوست زباله شهری بر عملکرد، درصد اسانس و برخی ویژگی‌های فیزیولوژیکی سیاه‌دانه تحت شرایط تنش خشکی

اواخر شهریور ماه، زمین شخم و دیسک زده شد، سپس کرت‌ها تهیه و مشخص شدند. سطوح کمپوست براساس نقشه کاشت در داخل کرت‌ها اعمال و با خاک مخلوط شد. بذرکاری در اول آذر ماه به صورت ردیفی انجام و بالافاصله آبیاری اعمال گردید. مراقبت‌های پس از کاشت شامل تنک، وجین، آبیاری و سله‌شکنی به‌طور منظم انجام شد. جهت نمونه‌برداری از هر کرت تعداد پنج بوته به صورت تصادفی انتخاب و صفات مورد نظر شامل: پرولین به روش بیتس و همکاران [۱۷]، کارتنوئید، کلروفیل a، کلروفیل b از روش آرنون [۱۳] و کلروفیل کل برگ گیاه سیاه‌دانه اندازه‌گیری شد.

برداشت جهت جلوگیری از ریزش بذرها زمانی انجام شد که بوته‌ها زرد شده و حداقل ۸۰ درصد کپسول‌ها رسیده بودند، برای سطوح تیمارهای تنش A₃ (تنش شدید)، A₂ (تنش ملایم) و A₁ (شاهد) به ترتیب در ۱۴، ۲۳ و ۳۰ اردیبهشت ماه انجام شد. اسانس‌گیری از بذور با روش تقطیر با بخار آب به مدت سه ساعت و با دستگاه کیلونجر انجام شد.

تجزیه‌های آماری و رسم نمودارها به ترتیب با استفاده از نرم‌افزارهای MSTATC 2.1 و EXCEL 2010 صورت پذیرفت. مقایسات میانگین به روش حداقل تفاوت معنی‌دار (LSD) انجام شد.

توجه بوده است. هدف از انجام پژوهش حاضر، بررسی اثرات تنش خشکی و کود آلی (کمپوست) بر برخی خصوصیات کمی و کیفی گیاه سیاه‌دانه بوده است.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه زابل در سد سیستان واقع در ۱۵ کیلومتری غرب زابل، در سال زراعی ۹۲-۱۳۹۱ اجرا گردید. شهرستان زابل در موقعیت جغرافیایی ۶۱ درجه و ۲۹ دقیقه طول شرقی و عرض جغرافیایی ۳۰ درجه و ۱۳ دقیقه شمالی و در ارتفاع ۴۹۸/۲ متر از سطح دریا قرار دارد.

آزمایش به صورت اسپیلت‌پلات در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار به اجرا درآمد. تنش خشکی به عنوان فاکتور اصلی در سه سطح شامل: شاهد (عدم تنش) با دور آبیاری هر شش روز، تنش ملایم خشکی با دور آبیاری هر نه روز و تنش شدید خشکی با دور آبیاری ۱۲ روز یک‌بار و عامل فرعی سطوح کمپوست زباله شهری شامل عدم کاربرد کمپوست (شاهد)، کمپوست به میزان ۱۰، ۲۰ و ۳۰ تن در هکتار اعمال شد (جدول ۱). هر کرت فرعی شامل پنج ردیف کاشت به طول سه متر بود. فاصله بین ردیف‌ها ۳۰ سانتی‌متر فاصله بین دو بوته روی هر ردیف ۸/۳ سانتی‌متر (معادل ۴۰۱۶۰۶ بوته در هکتار). فاصله بین کرت‌های اصلی و بلوک‌ها ۱/۵ و فاصله بین کرت‌های فرعی ۰/۵ متر در نظر گرفته شد. در

جدول ۱. برخی از مشخصات کمپوست مورد استفاده (منبع کاتالوگ شهرداری مشهد)

ماده آلی (%)	نیترژن (%)	فسفر (%)	پتاسیم (%)	pH	EC (ds/m)	رطوبت (%)
۲۲/۷	۱/۳	۰/۵۰	۱/۴۲	۷/۳	۷/۲	۳۰

نتایج و بحث

عملکرد بیولوژیک

باتوجه به آزمون مقایسه میانگین داده‌ها با افزایش تنش خشکی بیوماس گیاه دارویی سیاه‌دانه کاهش معنی‌دار پیدا کرد. بیشترین عملکرد بیولوژیک (۱۴۹۸/۶۵) کیلوگرم در هکتار) مربوط به تیمار شاهد (بدون تنش) و کمترین (۱۱۰۰/۱۲) کیلوگرم در هکتار) مربوط به تیمار تنش شدید بود، به طوری که عملکرد در سطح تنش شدید به میزان ۳۶/۲۳ درصد نسبت به تیمار شاهد (بدون تنش) کاهش داشت (جدول ۲). سیاهدانه گیاهی محدود رشد است، لذا افزایش تنش خشکی سبب افزایش سرعت گذر از مرحله رویشی به زایشی می‌شود که این امر کمتر شدن تعداد شاخه فرعی و وزن هزاردانه را به همراه خواهد داشت [۵ و ۳۲]. تنش آب از طریق تأثیر بر طویل شدن و حجیم شدن سلول‌ها (رشد) و کاهش مواد فتوسنتزی ساخته شده در گیاه، تولید بیوماس را کاهش می‌دهد [۹].

با کاربرد سطوح بیشتر کمپوست بیوماس افزایش پیدا کرده که بیشترین عملکرد بیولوژیک (۱۴۲۷/۱۴) کیلوگرم در هکتار) با کاربرد کمپوست به میزان ۳۰ تن در هکتار و کمترین آن (۱۰۵۰/۶۰) کیلوگرم در هکتار) مربوط به تیمار شاهد (بدون کاربرد کمپوست) بود، به طوری که به میزان ۳۵/۸۴ درصد عملکرد بیولوژیک نسبت به شاهد افزایش یافت و دلیل آن افزایش عناصر غذایی مورد نیاز گیاه توسط کمپوست است [۱۴] (جدول ۳). کودهای آلی در کشت گیاهان دارویی تولید بیوماس و ترکیب‌های استخراج شده از آنها را افزایش می‌دهد [۳۵]. در آزمایشی با کاربرد ۱۵ تن در هکتار کمپوست سبب افزایش معنی‌دار عملکرد بیولوژیک گیاه زیره (*Cuminum cyminum* L.) گردید [۲۱].

جدول ۲. مقایسه میانگین اثر تنش خشکی بر عملکرد و میزان پرولین گیاه سیاه‌دانه

تیمار	عملکرد بیولوژیک (kg ⁻¹ ha)	عملکرد دانه (kg ⁻¹ ha)	پرولین (mg.g ⁻¹ fw)
بدون تنش	۱۴۹۸/۶۵ ^a	۵۲۳/۴۹ ^a	۴/۸۵ ^b
تنش ملایم	۱۳۴۵/۴۵ ^{ab}	۴۸۲/۶۱ ^b	۵/۶۵ ^b
تنش شدید	۱۱۰۰/۱۲ ^b	۴۱۲/۵۹ ^b	۷/۱۲ ^a

جدول ۳. مقایسه میانگین اثر سطوح مختلف کمپوست بر برخی از صفات کیفی و کمی گیاه سیاه‌دانه

کمپوست	عملکرد بیولوژیک (kg ⁻¹ ha)	عملکرد دانه (kg ⁻¹ ha)	درصد اسانس (%)	پرولین (mg.g ⁻¹ fw)
تن در هکتار (۰)	۱۰۵۰/۶ ^b	۳۴۵/۳ ^c	۱/۴۸ ^b	۶/۵۱ ^a
تن در هکتار (۱۰)	۱۲۸۵/۳۵ ^a	۴۱۳/۶ ^b	۱/۶۹ ^{ab}	۶/۲۱ ^{ab}
تن در هکتار (۲۰)	۱۳۴۹/۳۶ ^a	۴۶۸/۸۹ ^b	۱/۸ ^{ab}	۵/۸۶ ^{ab}
تن در هکتار (۳۰)	۱۴۲۷/۱۴ ^a	۵۵۳/۶۱ ^a	۲/۰۸ ^a	۵/۳۸ ^b

عملکرد دانه

بر طبق مقایسه میانگین داده‌ها با افزایش شدت تنش خشکی عملکرد دانه به‌طور بسیار معنی‌داری کاهش یافت، به‌طوری‌که بیشترین عملکرد دانه (۵۲۳/۴۹ کیلوگرم در هکتار) از تیمار بدون تنش (هر شش روز یک‌بار) و کمترین آن (۴۱۲/۵۹ کیلوگرم در هکتار) مربوط به تیمار تنش شدید (هر ۱۲ روز یک‌بار) بود (جدول ۲). بر اثر تنش، عملکرد دانه به میزان ۲۶/۸۸ درصد کاهش یافت. به‌طورکلی با افزایش شدت تنش از میزان عملکرد دانه کاسته شد. یکی از علل کاهش عملکرد در اثر افزایش تنش خشکی می‌تواند مربوط به افزایش اختصاص مواد فتوسنتزی به ریشه نسبت به بخش هوایی گیاه باشد [۳۷]. از اولین نشانه‌های کمبود آب، کاهش تورژسانس و در نتیجه کاهش رشد و توسعه سلول‌ها خصوصاً در ساقه و برگ‌هاست که با کاهش رشد سلول، اندازه اندام محدود می‌شود. به همین دلیل، اولین اثر محسوس کم‌آبی بر روی گیاهان را می‌توان از روی اندازه کوچکتر برگ‌ها یا ارتفاع گیاهان تشخیص داد [۲۵]. به علاوه در شرایط کم‌آبی، جذب مواد و عناصر غذایی نیز کاهش یافته و بنابراین رشد و توسعه برگ‌ها محدود می‌گردد [۲۶]. متعاقب کاهش سطح برگ، جذب نور نیز کاهش یافته و ظرفیت کل فتوسنتزی گیاه کاهش می‌یابد [۲۵].

در مقایسه اثر کمپوست بر عملکرد دانه، با افزایش میزان کمپوست کاربردی بر مقدار عملکرد دانه به‌طور بسیار معنی‌داری افزایش یافت، به‌طوری‌که بیشترین آن (۵۵۳/۶۱ کیلوگرم در هکتار) از تیمار کمپوست به میزان (۳۰ تن در هکتار) و کمترین عملکرد دانه (۳۴۵/۲۰ کیلوگرم در هکتار) مربوط به تیمار شاهد (بدون کمپوست) بود، به‌طوری‌که حدود ۳۳/۳۰ درصد عملکرد دانه با کاربرد کمپوست نسبت به عدم کاربرد کمپوست افزایش داشت (جدول ۲). به‌طورکلی با افزایش سطوح کمپوست در هر سطح بر میزان عملکرد دانه افزوده شد. بیشترین عملکرد

دانه در گیاه دارویی زیره سبز از کاربرد ۱۵ تن در هکتار کمپوست زباله شهری حاصل شد [۲۱]. در آزمایشی که با استفاده از تیمارهای کاربرد کمپوست و سطوح مختلف تنش خشکی در گیاه دارویی نعناع فلفلی انجام گرفت، مشخص شد که افزایش عملکرد خشک این گیاه در شرایط تنش شدید خشکی، به دلیل استفاده از کمپوست زباله شهری ایجاد شده است. این تأثیر به دلیل اثر کمپوست زباله شهری در افزایش عناصر غذایی خاک و فراهم آوردن قابلیت جذب آن‌ها توسط گیاه بوده است. علاوه بر آن، کمپوست زباله شهری سبب افزایش تعادل نیتروژن و کارایی جذب فسفر می‌شود. همچنین کمپوست زباله شهری در بهبود خلل و فرج خاک و افزایش تحمل گیاه به فلزات سنگین مؤثر است [۱۸].

میزان پرولین

با افزایش تنش خشکی میزان تجمع پرولین در بافت سبز برگ سیاه‌دانه به‌طور معنی‌داری افزایش یافت (جدول ۲). بیشترین مقدار پرولین با میانگین (۷/۱۲ میلی‌گرم در گرم وزن تر برگ) از تیمار آبیاری تنش شدید (هر ۱۲ روز یک‌بار) و کمترین مقادیر (۴/۸۵ میلی‌گرم در گرم وزن تر برگ) آن‌ها از تیمار شاهد (هر شش روز یک‌بار) به دست آمد. با افزایش تنش خشکی مقدار پرولین موجود در برگ سیاه‌دانه به میزان ۴۶/۸ درصد افزایش یافتند. با اعمال تیمارهای ۱۰۰، ۶۰ و ۴۰ درصد ظرفیت زراعی بر روی گیاه دارویی بادرشبو، بیشترین پرولین مربوط به تیمار ۴۰ درصد ظرفیت زراعی بود و با افزایش تنش از مقدار کلروفیل a کم شده و بر مقدار کلروفیل b افزوده شد [۸]. کاهش میزان پرولین در بایونه آلمانی در طی تنش خشکی نیز گزارش شده است [۱].

طی بروز خشکی، بر میزان تجمع ترکیب‌های آلی مانند پرولین در تمام اندام‌های گیاهان افزوده می‌شود، پرولین

درصد اسانس دانه

مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد با افزایش میزان کمپوست کاربردی به‌طور معنی‌داری افزایش یافت که تفاوت قابل توجهی در بین تیمارها مشاهده نشد و فقط بین عدم کاربرد و بیشترین کاربرد کمپوست اختلاف معنی‌دار بود. بیشترین درصد اسانس به میزان ۲/۰۸ با کاربرد کمپوست به میزان ۳۰ تن در هکتار و کمترین درصد اسانس ۱/۴۸ از تیمار شاهد (بدون کمپوست) حاصل گردید (جدول ۳)، به‌طوری‌که به میزان ۴۰/۵ درصد در اثر کاربرد کمپوست، درصد اسانس دانه افزایش یافت. بالاترین درصد اسانس در زیره سبز از کاربرد ۱۵ تن در هکتار کمپوست زباله شهری به‌دست آمد [۲۱]. استفاده از کودهای آلی باعث افزایش درصد اسانس در گیاهان دارویی می‌شوند [۱۴]. در آزمایشی، استفاده از کمپوست بر روی افزایش میزان اسانس گیاه رازیانه مؤثرتر از کود شیمیایی بوده و با افزایش مقدار کمپوست اعمالی درصد اسانس افزایش یافت [۳۱]. از آنجا که اسانس‌ها ترکیب‌های ترپنوئیدی بوده و واحدهای سازنده آنها (ایزوپرنوئیدها) نیازمند آدنوزین تری‌فسفات و نیکوتین آمید آدنین دی‌نوکلئوتید فسفات هستند و با توجه به این مطلب که حضور عناصری نظیر نیتروژن و فسفر برای تشکیل ترکیب‌های اخیر ضروری می‌باشد. بنابراین مصرف کودهای مختلف از جمله کمپوست موجب افزایش اسانس گیاه می‌شود [۱۲]. به‌طورکلی، با مصرف مقدار کافی کمپوست زباله‌شهری می‌توان به درصد اسانس بیشتری در گیاه سیاه‌دانه دست یافت.

کلروفیل a

برهمکنش تنش خشکی و تیمار کمپوست تأثیر معنی‌داری بر این صفت داشت، به‌طوری‌که در سطوح تنش با کاهش مقدار آب دریافتی از میزان کلروفیل a کاسته شد، ولی با افزایش میزان کمپوست بر میزان کلروفیل a در کلیه سطوح تنش افزوده شد. در سطح عدم تنش (تیمار شاهد) و کاربرد ۳۰ تن

اسیدآمیننه ذخیره شده در سیتوپلاسم سلول بوده و مولکول‌های آن شامل قسمت‌های آب‌دوست و آب‌گریزند، تجمع پرولین در بافت‌های گیاهان تحت تنش می‌تواند تا حدی شرایط لازم برای ادامه جذب آب از محیط ریشه را فراهم سازد [۲۴]. اغلب آمینواسیدها نظیر پرولین ممکن است نقش محافظت‌کننده برای تیلکوئیدهای کلروپلاست و دیگر سیستم‌های غشایی تحت شرایط تنش داشته باشند [۲۳]. در بررسی اثر سطوح تنش خشکی روی گیاه آویشن، با افزایش تنش خشکی میزان پرولین افزایش یافت [۴]. افزایش پرولین در گیاه هنگام تنش، نوعی مکانیسم دفاعی است پرولین از طریق تنظیم اسمزی، جلوگیری از تخریب آنزیم‌ها و پاک کردن رادیکال‌های هیدروکسیل، بردباری و تحمل گیاه در برابر تنش‌ها را افزایش می‌دهد [۲۶].

با افزایش کمپوست کاربردی بر میزان پرولین به‌طور معنی‌داری افزوده شد، به‌طوری‌که بیشترین میانگین پرولین به میزان ۶/۵۱ میلی‌گرم در گرم وزن تر برگ در تیمار شاهد (بدون کمپوست) و کمترین آن به میزان ۵/۳۸ میلی‌گرم در گرم وزن تر برگ با کاربرد کمپوست به میزان ۳۰ تن در هکتار حاصل شد (جدول ۳). به‌طورکلی، مقدار پرولین در برگ‌ها از تیمار کمپوست در سطح ۳۰ تن در هکتار تا تیمار شاهد به میزان ۲۱/۱۹ درصد افزایش داشت. کاربرد کمپوست اختلاف معنی‌داری با عدم کاربرد کمپوست داشته و میزان پرولین تولیدی، کمتر از عدم کاربرد کمپوست بود و این امر احتمالاً به دلیل اثرات مفید کودهای آلی بر برخی ویژگی‌های خاک و همین‌طور حفظ رطوبت بیشتر خاک در چنین شرایطی مربوط می‌شود و باعث کاهش اثرات نامناسب تنش خشکی گردیده و گیاه نسبت به عدم کاربرد کمپوست، پرولین کمتری تولید کرده است [۱۴]. همچنین نتایج تحقیقات بر روی گیاه بابونه آلمانی با استفاده از کودهای آلی کمپوست و دامی در شرایط آب و هوایی زهک مشابه نتایج حاصل از تحقیق حاضر است [۲].

اثر کمپوست زباله شهری بر عملکرد، درصد اسانس و برخی ویژگی‌های فیزیولوژیکی سیاه‌دانه تحت شرایط تنش خشکی

همچنین در شرایط تنش، رادیکال‌های اکسیژن و دیگر ترکیبات مضر تولید می‌شوند که این رادیکال‌های آزاد باعث پراکسیداسیون [۳۸] و در نتیجه تجزیه این رنگیزه می‌گردند [۳۶]. در شرایط تنش، نیتروژن کمتری در اختیار گیاه قرار می‌گیرد که خود سبب کاهش کلروفیل سازی می‌گردد [۳۹].

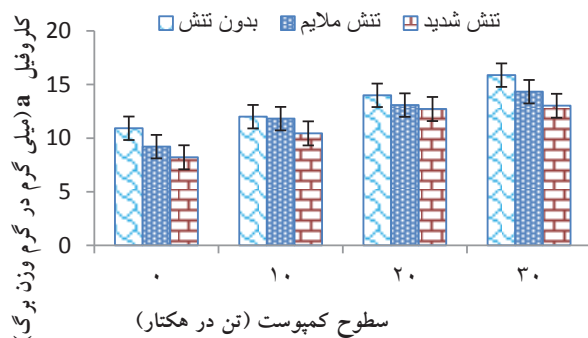
کلروفیل b

با افزایش کمپوست کاربردی، میزان کلروفیل b به‌طور معنی‌داری افزایش یافت. در بررسی اثر تنش خشکی و سطوح مختلف کمپوست بر مقدار کلروفیل b مشخص شد که با افزایش شدت تنش خشکی از میزان کلروفیل b کاسته شد، ولی در سطوح کودی با افزایش میزان کمپوست بر میزان کلروفیل b افزوده شد. بیشترین میزان کلروفیل b (۵/۲۹ میلی‌گرم در گرم وزن تر برگ) در تیمار بدون تنش و کاربرد ۳۰ تن در هکتار کمپوست به‌دست آمد که البته اختلاف معنی‌داری با دیگر سطوح کودی در شرایط عدم تنش نداشت (شکل ۲). با افزایش کاربرد کمپوست زباله شهری میزان کلروفیل b در گیاه نعنای فلفلی افزایش یافت [۷]. کاربرد کمپوست پسماند شهری سبب افزایش معنی‌دار میزان کلروفیل b در گیاه نعنای فلفلی (*Mentha piperita* L.) نسبت به تیمار شاهد و مصرف کود شیمیایی گردید [۱۵].

در هکتار کمپوست، بیشترین مقادیر کلروفیل a (۱۵/۸۷ میلی‌گرم در گرم وزن تر برگ) دیده شد و کمترین میزان کلروفیل a (۸/۲۱ میلی‌گرم در گرم وزن تر برگ) مربوط به تیمار تنش شدید و بدون کاربرد کمپوست بود (شکل ۱).

در آزمایشی، با افزایش کاربرد کمپوست از میزان کلروفیل a در گیاه دارویی نعنای فلفلی افزوده شد. شاید یکی از دلایل کاهش عملکرد تولیدی در نعنای فلفلی در طی بالا رفتن سطح تنش خشکی تا ۶۰ درصد ظرفیت مزرعه‌ای می‌تواند مرتبط با تأثیر منفی تنش بر مقدار کلروفیل a باشد [۷]. کاربرد کمپوست در خاک سبب حفظ و افزایش ثبات و پایداری خاکدانه‌ها، حاصلخیزی و باروری خاک‌ها و افزایش فراهمی عناصر کلسیم، پتاسیم، منیزیم و فسفر قابل استفاده گیاهان و توانایی نگه‌داری آب در قشر خاک زراعی می‌شود زیرا همانند اسفنج، آب را در خود نگه داشته و به عنوان یک منبع برای ریشه گیاه عمل می‌کند. این ویژگی به‌خصوص در خاک‌های سنی بارزش بوده و از تشنگی زودرس گیاه جلوگیری می‌کند. کودهای آلی به واسطه داشتن عناصر ریزمغذی نظیر آهن و منگنز و تأمین آب در دسترس گیاه باعث افزایش میزان کلروفیل a می‌شوند [۲۲].

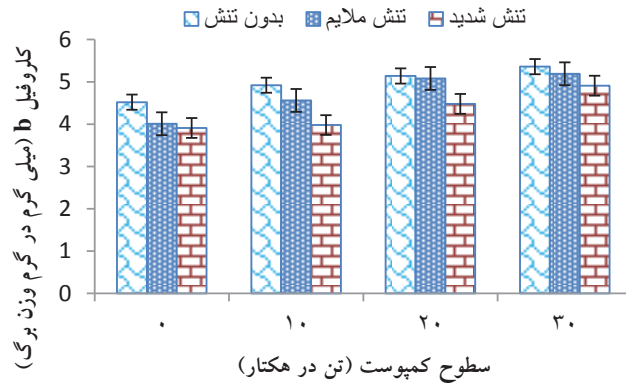
در زمینه اثر کمبود آب بر تولید کلروفیل می‌توان اشاره کرد که در شرایط تنش، تجزیه کلروفیل بیشتر رخ می‌دهد.



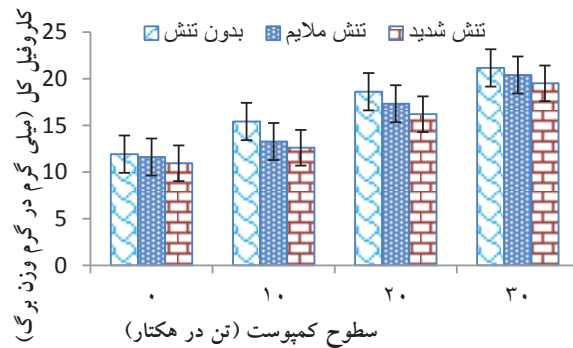
شکل ۱. برهمکنش تنش خشکی و سطوح کمپوست بر میزان کلروفیل a برگ در گیاه سیاه‌دانه

به‌زراعی کشاورزی

دوره ۱۹ ■ شماره ۱ ■ بهار ۱۳۹۶



شکل ۲. برهمکنش تنش خشکی و سطوح کمپوست بر میزان کلروفیل b برگ در گیاه سیاه‌دانه



شکل ۳. برهمکنش تنش خشکی و سطوح کمپوست بر میزان کلروفیل کل برگ در گیاه سیاه‌دانه

هکتار کمپوست به‌دست آمد و نیز کمترین میزان (۱۰/۹۵ میلی‌گرم درگرم وزن تر برگ) از تیمار تنش شدید و بدون کاربرد کمپوست مشاهده گردید (شکل ۳). برهمکنش تنش در کمپوست بر میانگین کلروفیل کل تقریباً مشابه دیگر رنگدانه‌ها به‌دست آمد، لذا سطوح تنش با افزایش شدت

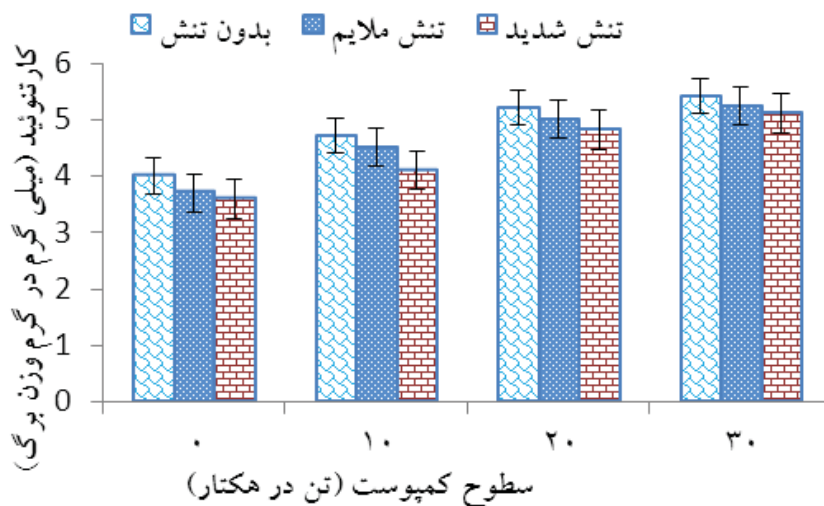
کلروفیل کل

تأثیر برهمکنش تنش خشکی و سطوح مختلف کمپوست بر کلروفیل برگ گیاه سیاه‌دانه معنی‌دار بود، به‌طوری‌که بیشترین میزان کلروفیل کل (۲۱/۱۶ میلی‌گرم در گرم وزن تر برگ) از تیمار شاهد (بدون تنش) و کاربرد ۳۰ تن در

میزان کارتنوئید

باتوجه به اثر متقابل تیمارها، مشخص گردید که تأثیر معنی‌داری بر میزان کارتنوئید داشت، به طوری که در سطح عدم تنش (هر شش روز یک‌بار) و کاربرد کمپوست (۳۰ تن در هکتار) بالاترین مقادیر کارتنوئید (۵/۴۱۸ میلی‌گرم در گرم وزن تر برگ) در گیاه سیاه‌دانه وجود داشت (شکل ۴). به‌طورکلی، با افزایش تنش از میزان کارتنوئید کاسته می‌شود ولی در سطوح کودی با افزایش میزان کمپوست بر میزان کارتنوئید افزوده شد. در آزمایش حاضر، با افزایش تنش از میزان کارتنوئید کاسته شد و کمبود آب، سبب آسیب به رنگیزه‌ها و پلاستیدها، کاهش کلروفیل‌ها و کاروتنوئیدها و کاهش ضخامت تیلاکوئیدها در اغلب گیاهان می‌گردد [۲۰]. با این حال، طبق دیگر گزارشات با افزایش تنش خشکی از میزان کلروفیل‌های a و b کاسته می‌شود، درحالی‌که بر میزان کاروتنوئیدها افزوده می‌شود [۱۰].

تنش از میزان کلروفیل کل کاسته شد، ولی با افزایش میزان کمپوست بر میزان کلروفیل کل افزوده شد. می‌توان اظهار داشت کمپوست با فراهم کردن عناصر غذایی از جمله نیتروژن موجب تولید رنگدانه‌ها و کلروفیل بیشتری شده است [۳۶]. در زمینه کاهش میزان کلروفیل با افزایش تنش نیز می‌توان به اثرات مضر تنش کمبود آب بر میزان کلروفیل اشاره کرد. به‌طورکلی، هر قدر شرایط تغذیه‌ای و محیطی، از جمله عناصر غذایی، نور و رطوبت برای رشد گیاه مناسب‌تر باشد، توان گیاه در تولید کلروفیل و تثبیت CO₂ بیشتر می‌شود. میزان کلروفیل برگ گیاهان به ویژگی‌های ژنتیکی و ذاتی هر گیاه نیز بستگی دارد [۱۹]. بالاترین میزان کلروفیل مربوط به تیمارهای مصرف کمپوست پسماند شهری و باکتری محرک رشد در گیاه زوفا بود [۱۰].



شکل ۴. برهمکنش تنش خشکی و سطوح کمپوست بر میزان کارتنوئید برگ در گیاه سیاه‌دانه

نتیجه گیری

باتوجه به بررسی نتایج حاصل می توان گفت که استفاده از کمپوست می تواند اثرات مثبتی بر عملکرد و اسانس سیاه دانه داشته باشد. همچنین به دلیل اثرات کمپوست بر ویژگی های خاک، در شرایط تنش کمبود آب، استفاده از کمپوست می تواند منجر به کاهش اثرات تنش شود. در مجموع استفاده از ۳۰ تن کمپوست پسماند شهری در هکتار و آبیاری شش روز یکبار برای تولید سیاه دانه در شرایط آب و هوایی زابل مناسب می باشد.

منابع

۱. آرمجو، ا، حیدری، م، قنبری، ا، سیاه سر ب و احمدیان ا (۱۳۸۹) تأثیر سه نوع کود بر درصد اسانس، رنگدانه های فتوستتزی و تنظیم کننده های اسمزی در بابونه تحت تنش خشکی. تنش های محیطی در علوم زراعی. ۳(۱): ۲۳-۳۳.
۲. احمدیان، ا، قنبری، ا، سیاه سر ب، حیدری، م، رمرودی، م و موسوی نیک م (۱۳۸۹) اثر بقایای کود شیمیایی، دامی و کمپوست بر عملکرد، اجزای عملکرد، برخی خصوصیات فیزیولوژیک و میزان اسانس بابونه تحت شرایط تنش خشکی. پژوهش های زراعی ایران. ۸(۴): ۶۷۶-۶۶۸.
۳. اردکانی، م، عباس زاده، ا، شریفی عاشورآبادی، م، لباسچی ح و پاک نژاد ف (۱۳۸۶) بررسی اثر کمبود آب بر کمیت و کیفیت گیاه بادرنجبویه (*Melissa officinalis L.*). تحقیقات گیاهان دارویی و معطر ایران. ۲۳(۲): ۲۶۱-۲۵۱.
۴. بابایی ک، امینی، م، مدرس ثانوی ع و جباری ر (۱۳۸۹) اثر تنش خشکی بر صفات مورفولوژیک، میزان پرولین و درصد تیمول در آویشن (*Thymus vulgaris L.*). تحقیقات گیاهان دارویی و معطر ایران. ۲۶(۲): ۲۵۱-۲۳۹.
۵. 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 سیاه دانه (*Nigella sativa L.*). تنش های محیطی در علوم زراعی. ۵(۱): ۴۰-۳۳.
۶. رضوی طوسی ا و کریمیان ن (۱۳۸۲) تأثیر کمپوست شهری و شیرابه آن بر رشد و ترکیب شیمیایی گوجه فرنگی و غلظت عناصر غذایی، شوری و فلزات سنگین در خاک. مجموعه مقالات سومین همایش ملی توسعه کاربرد مواد بیولوژیک و استفاده بهینه از سم و کود در کشاورزی. صفحه ۶۳.
۷. سیروس مهر ع و فروزنده م (۱۳۹۳) تأثیر سطوح مختلف کمپوست زباله شهری بر مقادیر کلروفیل و میزان عناصر سدیم و پتاسیم در نعنای فلفلی تحت تنش خشکی. سیزدهمین کنگره ملی علوم زراعت و اصلاح نباتات. شهریور ماه ۱۳۹۳.
۸. صفی خانی ف (۱۳۸۵) بررسی جنبه های فیزیولوژیک مقاومت به خشکی در گیاه دارویی بادرشبو (*L. moldavica Dracocephalum*) پایان نامه دکتری، دانشگاه شهید چمران. مجتمع آموزشی عالی کشاورزی و منابع طبیعی رامین.
۹. کوچکی ع، حسینی م و نصیری محلاتی م (۱۳۷۲) رابطه آب و خاک در گیاهان زراعی. انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد. صفحه ۱۵۲.
۱۰. گروسی ح، هستی خ و حبیبی د (۱۳۹۲) تأثیر باکتری محرک رشد، ورمی کمپوست، کمپوست زباله شهری بر شاخص های رشد، میزان کلروفیل، اسانس و برخی ترکیبات ثانویه گیاه دارویی زوفا (*Hygopus officinalis*). پژوهش های اکوفیزیولوژی گیاهی ایران. ۸(۲): ۶۶-۵۸.
۱۱. نجفی ش (۱۳۹۰) گیاهان دارویی (شناسایی و کاربرد). انتشارات دانشگاه زابل. صفحه ۵۸.

12. Abdalla MM and El-Khoshiban NH (2007) The influence of water stress on growth, relative water content, photosynthetic pigments, some metabolic and hormonal contents of two (*Triticum aestivum*) cultivars. Journal of Applied Science Research. 3(12): 2062-2074.
13. Arnon AN (1967) Method of extraction of chlorophyll in the plants. Agronomy Journal. 23:112-121.
14. Atiyeh RM, Subler S, Edwards CA, Bachman G, Metzger JD and Shuster W (2000) Effects of vermicomposts and compost on plant growth in horticultural. Container Media and Soil Pedobiologia. 44: 579-590.
15. Ayyobi H, Olfati JA and Peyvast GA (2014) The effect of cow manure Vermicompost and municipal solid waste compost on pepper mint (*Mentha perita* L.) in torbacte jam and Rasht regions of iran. International Journal of Recycling of Organic Waste in Agriculture. 3(4): 147-153.
16. Bannayan M, Nadjafi F, Azizi M, Tabrizi M and Rastgoo M (2008) Yield and seed quality of (*Plantago psyllium*) and (*Nigella sativa*) under deficit irrigation treatments. Elsevier Journal. 27: 11-18.
17. Bates IS, Waldern RP and Tear ID (1973) Rapid determination of free proline for water stress. Studies Plant and Soil. 39: 205-207.
18. Brussard L and Ferrera-Cenato R (1997) Soil ecology in sustainable agricultural systems. New York: Lewis Publishers, USA, Pp 168.
19. Demir S (2004) Influence of Arbuscular mycorrhiza on some physiological growth parameters of pepper. Turkish Journal of Biology. 28: 85-90.
20. Follows RJ and Boyer JS (1996) Structure and activity of chloroplasts of sunflower. Leaves having various water potentials. Planta. 132: 229-239.
21. Forouzandeh M, Karimian M and Mohkami Z (2014) Effect of Water stress and different type of organic fertilizers on essential oil content and Yield components of *Cuminum cyminum*. Indian Journal of Fundamental and Applied Life Science. 4(3): 523-536.
22. Ghollarata M and Raiesi F (2007) The adverse effects of soil salinization on the growth of (*Trifolium alexandrinum* L.) and associated microbial and biochemical properties. Soil Biology and Biochemistry. 39: 1699-1702.
23. Heber U, Tyankova L and Santarius KA (1971) Stabilization and inactivation of biological membranes during freezing in the presence of amino acids. Biochim Biophys Acta. 241(2): 578-592.
24. Heuer B (1994) Osmoregulatory role of proline in water stress and salt-stressed plants: 363-381. In: Pessaraki. M., (Ed.). Handbook of Plant and Crop Stress. Marcel Dekker Publisher. New York. P. 697.
25. Hsiao T (1973) Plant responses to water stress. Plant Physiology. 24: 519-570.
26. Kuznetsov W and Shevyankova NL (1997) Stress responses of tobacco cells to high temperature and salinity. Proline accumulation and phosphorylation of polypeptides. Physiologia Plantarum. 100: 320-326.
27. Lalande R, Gagnon B, Simard RR and Cote D (2000) Soil microbial biomass and enzyme activity following liquid hog manure in a long term field trial. Canadian Journal of Soil Science. 80: 263-269.
28. Mandal BK, Ray PK and Dasgupta S (1986) Water use by Wheat, Chickpea and Mustard grown as sole crops and intercrops. Indian Journal of Agriculture Science. 56: 187-193.
29. Misra A and Srivastava NK (2000) Influence of water stress on 41 apanese Mint. Journal of Herbs, Spices and Medicinal Plants. 7(1): 51-58.

30. Mohammadkhani N and Heidari R (2007) Effects of water stress on respiration, photosynthetic pigments and water content in tow Maize cultivar. Pakistan Journal of Biological Science. 10(22): 4022-4028.
31. Mona Y, Kandil AM and Swaefy Hend MF (2008) Effect of three different compost levels on fennel and salvia growth character and their essential oils. Journal of Biological Sciences. 4: 34-39.
32. Mozzafari F, Ghorbanli S, Babai M and Farzami A (2000) The effect of water stress on the seed oil of *Nigella sativa* L. Essential Oil Research. 12: 36-38.
33. Pirzad A, Alyari H Shakiba MR Zehtab-Salmasi S and Mohammadi A (2006) Essential oil content and composition of german Chamomile (*Matricaria chamomilla* L.) at different irrigation regimes. Journal of Agronomy. 5(3): 451-455.
34. Reddy AR, Chaitanya KV and Vivekanandan M (2004) Drought-induced responses of photosynthesis and antioxidant metabolism in higher plants. Journal of Plant Physiology. 161(11): 1189-1202.
35. Scheffer MC, Ronzelli PJ and Koehler HS (1993) Influence of organic fertilization on the biomass, yield and yield composition of the essential oil of *Achilles millefolium*. Acta Horticulture. 331: 109-114.
36. Schutz M and Fangmeier A (2001) Growth and yield responses of spring wheat (*Triticum aestivum* L. cv. Minaret) to elevated CO₂ and water limitation. Environmental Pollution. 114: 187-194.
37. Sreevalli Y, Baskaran K Chandrashekhara R and Kuikkarni R (2001) Preliminary observations on the effect of irrigation frequency and genotypes on yield and alkaloid concentration in petriwinkle. Journal of Medicinal and Aromatic Plant Science. 22: 356-358.
38. Wise RR and Naylor AW (1989) Chilling enhanced photo-oxidation the peoxidative destruction of lipids during injury to photosynthesis and ultrastructure. Plant Physiology. 83: 278-282.
39. Zarco-Tejada PJ, Miller JR, Mohammad GH, Noland TL and Sampson PH (2000) Chlorophyll fluorescence effects on vegetation apparent reflectance. Remote Sensing of Environment. 74: 596-608.