مقاله پژوهشی

اثر کاربرد کودهای آلی بر برخی ویژگی‌های بیوشیمیایی، کمی و کیفی ترب سفید (*Rhaphanus sativus*) رقم لانگیپیناتوس در شرایط تنش خشکی

فرزین عبدالهی*[1]، لیلا جعفری[1] و افسانه رحیمی[2]

[1] گروه باغبانی و عضو هسته پژوهشی آگرواکولوژی در مناطق خشک، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه هرمزگان

[2] گروه باغبانی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه هرمزگان

(تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۱۰/۰۵، تاریخ پذیرش نهایی: ۱۴۰۱/۰۱/۱۶)

چکیده

بهبود حاصلخیزی خاک باعث افزایش تحمل گیاهان در شرایط تنش‌های محیطی از جمله تنش خشکی می‌شود. به‌منظور بررسی تأثیر کودهای مختلف بر ویژگی‌های بیوشیمیایی، کمی و کیفی ترب سفید در شرایط تنش خشکی، آزمایش اسپلیت پلات در قالب طرح بلوک کاملاً تصادفی در سال زراعی ۱۴۰۰-۱۳۹۹ در دانشگاه هرمزگان انجام شد. فاکتورهای آزمایش شامل سطوح تنش خشکی به‌عنوان فاکتور اصلی در سه سطح شاهد، متوسط و شدید به‌ترتیب براساس تأمین ۱۰۰، ۷۵ و ۵۰ درصد تخلیه رطوبت سهل الوصول و پنج سطح کود شامل شاهد (بدون کاربرد کود) و ۱۰۰ کیلوگرم نیتروژن خالص در هکتار از منابع کود اوره، کود دامی، بیوچار و ورمی‌کمپوست بودند. نتایج این مطالعه نشان داد که تنش خشکی باعث کاهش معنی‌دار کلروفیل a و b برگ، تعداد برگ و قطر ریشه شد. بطوری‌که تنش خشکی شدید باعث کاهش میزان کلروفیل a، کلروفیل b، تعداد برگ و قطر ریشه به‌ترتیب به میزان ۲۹/۴، ۲۴/۲، ۲۷/۴، ۳۶/۲ درصد در مقایسه با شاهد شد. از طرف دیگر تنش خشکی شدید باعث افزایش معنی‌دار نیترات ریشه در مقایسه با شاهد به میزان ۴۱/۸ درصد شد. کاربرد کود باعث بهبود ویژگی‌های بیوشیمیایی و کمی ترب سفید شد و بیشترین میزان رنگیزه‌های گیاهی، فعالیت آنزیم‌های کاتالاز و پراکسیداز و شاخص Fv/Fm و کمترین میزان تولید مالون دی‌آلدئید با کاربرد ورمی‌کمپوست بدست آمد. نتایج این پژوهش نشان داد اگر چه در شرایط تنش خشکی شدید بیشترین عملکرد ریشه با کاربرد کود اوره بدست آمد اما تفاوت معنی‌داری با سایر کودها نداشت. از طرف دیگر در این شرایط کاربرد کودهای آلی باعث حفظ ویژگی‌های کیفی ریشه ترب شدند.

واژه‌های کلیدی: ترب سفید، تنش خشکی، کاتالاز، نیترات ریشه، ورمی کمپوست

مقدمه

ترب سفید گیاهی یکساله از خانواده شب‌بو که دارای ریشه ذخیره‌ای گوشتی است. این گیاه به‌دلیل ارزش غذایی فراوان و دارابودن ترکیباتی چون کاروتن، ویتامین ث، پروتئین و هیدرات کربن از گذشته دور توسط بشر در نقاط مختلف جهان از جمله ایران کشت می‌شده است (Akram *et al.*, 2016). در سال‌های اخیر به‌دلیل ارزش غذایی بالای ترب سفید، کشت این گیاه در استان هرمزگان افزایش یافته است.

تنش‌های محیطی از عوامل اصلی کاهش تولید محصولات زراعی و باغی از جمله سبزی‌ها هستند. کمبود آب از مهمترین

*نویسنده مسؤل، نشانی پست الکترونیکی: fabdollahi@hormozgan.ac.ir

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2025-07-02]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1401.11.48.1.2]

عوامل محدودکننده تولید محصولات کشاورزی در مناطق خشک و نیمه‌خشک است. این عامل از طریق کاهش میزان آب، باعث محدودشدن رشد و تغییر در ویژگی‌های رویشی، فیزیولوژیکی، بیوشیمیایی و عملکرد گیاهان می‌گردد (Mumivand *et al*., 2021). شرایط کمبود آب از طریق اثر مخرب بر واکنش‌های نوری فتوسنتز گیاه موجب کاهش حداکثر کارایی کوانتومی فتوسیستم II (Fv/Fm)، کاهش میزان کلروفیل برگ، کاهش عملکرد کوانتومی و در مجموع کاهش ظرفیت فتوسنتزی می‌شود (Dalal and Tripathy, 2018). از طرف دیگر ثابت شده است که کاهش رطوبت خاک باعث محدودشدن فراهمی و جذب عناصر غذایی مورد نیاز رشد گیاهان می‌شود. گزارش شده است که تنش خشکی از طریق کاهش فتوسنتز و محدودکردن توزیع مواد پرورده به سمت ریشه باعث کاهش حجم، طول و درنتیجه عملکرد ترب می‌شود (Stagnari *et al*., 2017). از طرف دیگر برخی صفات کیفی سبزی‌ها مانند میزان فلاونوئید، نیترات و ویتامین ث، تحت تأثیر تنش خشکی قرار می‌گیرند (Schlering *et al*., 2019; Bian *et al*., 2020).

گیاهانی که در خاک حاصلخیز و بدون محدودیت عناصر غذایی رشد کرده باشند به تنش‌های محیطی مقاومت بیشتری خواهند داشت و لذا مدیریت صحیح تغذیه در مناطق خشک و نیمه‌خشک یکی از راهکارهای اصلی مقابله با تنش‌های محیطی از جمله تنش خشکی است (Yang *et al*., 2021). کاربرد کودهای شیمیایی به‌عنوان یک روش متداول برای بهبود حاصلخیزی خاک در شرایط تنش‌های محیطی از جمله تنش خشکی مطرح است (Berenguer *et al*., 2009). این موضوع در نظام‌های کشاورزی فشرده باعث افزایش آلودگی زیست محیطی و آسیب به بوم نظام‌های کشاورزی شده است (Sradnick *et al*., 2013). بطوری‌که استفاده مداوم از کودهای شیمیایی سبب تخریب ساختار خاک و کاهش پتانسیل تولید محصولات کشاورزی علیرغم استفاده از ارقام پر محصول شده است (Musyoka, 2017). امروزه کشاورزی زیستی و استفاده از کودهای آلی به‌عنوان مناسب‌ترین نظام های تولیدی جایگزین نظام‌های کشاورزی رایج مورد توجه متخصصین علوم مختلف در سطح جهان قرار گرفته و پژوهش‌های گسترده‌ای در زمینه مختلف این نوع نظام تولیدی پایدار در حال گسترش هستند (Sradnick *et al*., 2013).

مطالعات مختلف حاکی از تأثیر مثبت کودهای آلی بر ویژگی‌های رویشی، کیفی و عملکرد گیاهان مختلف از جمله ترب در شرایط بدون تنش و تنش‌های محیطی است. در مطالعه‌ای که توسط Khatri و همکاران (۲۰۱۹) انجام شد کاربرد تمام کودهای دامی باعث افزایش معنی‌دار ارتفاع گیاه، تعداد برگ، طول ریشه، قطر ریشه و عملکرد زیستی ترب شد. همچنین گزارش شده است که کودهای دامی شامل ورمی‌کمپوست، کود مرغی و کود گاوی باعث بهبود ویژگی‌های رویشی و ویژگی‌های کیفی ترب می‌گردد (Khede *et al*., 2019; Ghimire *et al*., 2020). برخی مطالعات نشان داده است که به‌دلیل افزایش تحرک‌پذیری عناصر غذایی در حضور کودهای آلی به‌ویژه ورمی کمپوست و بهبود ویژگی‌های خاک، ارتفاع گیاه، وزن غده و قطر ساقه و برگ ترب در مقایسه با کود اوره و تیمار شاهد افزایش می‌یابد (Ghimire *et al*., 2020; Kiran *et al*., 2019; Kumara and Gupta, 2018). مطالعات نشان داده است تغذیه گیاهی و فراهمی عناصر غذایی علاوه بر ویژگی‌های کمی، ویژگی‌های کیفی سبزی‌ها از جمله تجمع نیترات در بافت‌های گیاهی، ویتامین ث و فلاونوئید برگ و ریشه را تحت‌تأثیر قرار می‌دهد بطوری‌که کودهای شیمیایی از طریق افزایش نیترات در بافت سبزی‌ها باعث کاهش ویتامین ث و فلاونوئید می‌شوند (Deng *et al*., 2019; Cintya *et al*., 2018).

تنش خشکی باعث کاهش جذب عناصر غذایی و درنتیجه کاهش عملکرد و صفات کیفی سبزی‌ها می‌شود. با توجه به اینکه در رابطه با تأثیر تغذیه بر ویژگی‌های کمی و کیفی ترب سفید پژوهشی در ایران انجام نشده است، لذا پژوهش حاضر برای بررسی تأثیر منابع مختلف کود آلی و کود اوره بر ویژگی‌های بیوشیمیایی، کمی و کیفی ترب سفید در شرایط تنش خشکی در استان هرمزگان انجام شد.

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2025-07-02]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1401.11.48.1.2]

جدول ۱- برخی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه در عمق صفر تا ۳۰ سانتی‌متر

کربن آلی	نیتروژن کل	فسفر قابل‌دسترس	پتاسیم قابل‌دسترس	روی	آهن	منگنز	مس	pH	هدایت الکتریکی	بافت
درصد		میلی‌گرم بر کیلوگرم							دسی‌زیمنس بر متر	سیلتی-لوم
۰/۲۹	۰/۰۳	۵/۷۸	۶۰۸/۱۵	۰/۷۵	۸/۵	۵/۹	۰/۹	۷/۵۹	۱/۶۵	

مواد و روش‌ها

طرح آزمایشی: به‌منظور بررسی تأثیر کودهای آلی بر برخی ویژگی‌های بیوشیمیایی، کمی و کیفی ترب سفید در شرایط تنش خشکی، آزمایش اسپلیت پلات در قالب طرح بلوک کاملاً تصادفی در سال زراعی ۱۴۰۰-۱۳۹۹ در مزرعه پژوهشی دانشکده کشاورزی دانشگاه هرمزگان واقع در کیلومتر ۱۰ جاده بندرعباس- میناب انجام شد. قبل از انجام آزمایش نمونه‌برداری خاک از عمق صفر تا ۳۰ سانتی‌متر صورت گرفت و برای ارزیابی ویژگی‌های آن به آزمایشگاه خاک منتقل شد که نتایج آزمون خاک در جدول ۱ ارائه شده است.

فاکتورهای آزمایش شامل سطوح تنش خشکی به‌عنوان فاکتور اصلی در سه سطح شاهد، متوسط و شدید به‌ترتیب براساس تأمین ۱۰۰، ۷۵ و ۵۰ درصد تخلیه رطوبت سهل‌الوصول و سطوح کود به‌عنوان فاکتور فرعی در پنج سطح شاهد (بدون کاربرد کود) و ۱۰۰ کیلوگرم نیتروژن خالص در هکتار از منابع کود اوره، کود دامی پوسیده (کود گاوی)، بیوچار نخل و ورمی‌کمپوست (شرکت گلباران سبز) بودند. برای تهیه بیوچار نخل از روش موسوی و همکاران (۱۳۹۷) استفاده شد. برای این منظور بقایای برگ نخل باغات شهرستان بندرعباس جمع‌آوری و پس از خرد و آسیاب‌کردن و عبور از الک ۲ میلیمتری در ورقه‌های آلومنیومی بسته‌بندی و به‌مدت ۴ ساعت در دمای۴۰۰ درجه سلسیوس در داخل کوره الکتریکی قرار داده شدند. تأمین ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن خالص به‌صورت پیش کاشت آمیخته با خاک براساس درصد نیتروژن خالص موجود در کود اوره و کودهای آلی بدست آمد (جدول ۲). در تاریخ ۱۵ آبان ۱۳۹۹ بذر ترب سفید (*Rhaphanus sativus* L.) رقم لانگیپیناتوس (شرکت پاکان بذر اصفهان) در واحدهای آزمایشی با ابعاد ۰/۷۵ × ۱ متر کاشته شدند. کشت بذرها با فاصله ردیف ۲۰ سانتی‌متر و فاصله بوته روی ردیف ۲۵ سانتی‌متر انجام شد.

اعمال تیمارهای تنش خشکی: جهت آبیاری ترب سفید از روش آبیاری قطره‌ای نواری (تی تیپ)، استفاده شد. گیاهان تا دو هفته پس از کشت به‌منظور استقرار بهتر هر روز آبیاری شدند. برای اعمال تیمارهای آبیاری، حجم آب آبیاری تیمار شاهد، تیمارهای تنش خشکی متوسط و شدید به‌ترتیب براساس تأمین ۱۰۰، ۷۵ و ۵۰ درصد تخلیه رطوبت سهل‌الوصول، با اندازه‌گیری رطوبت خاک با دستگاه رطوبت سنج TDR 3500 Prob (Spectrum Technologies Inc) و با توجه به عمق توسعه ریشه ترب سفید محاسبه گردید (شامخ و همکاران، ۱۴۰۰). رطوبت خاک در حالت ظرفیت زراعی و نقطه پژمردگی دائم با استفاده از دستگاه صفحات فشاری به‌ترتیب به میزان ۱۹ و ۷ درصد وزنی تعیین گردید. درصد رطوبت حجمی خاک از حاصل‌ضرب درصد رطوبت وزنی در وزن مخصوص ظاهری خاک بدست آمد. عمق توسعه ریشه و حداکثر تخلیه مجاز رطوبتی ترب سفید براساس دستورالعمل فائو ۵۶ به‌ترتیب اعداد ۰/۵ و ۰/۳ در نظر گرفته شد (Allen *et al.*, 1998). برای بررسی صفات، سه بوته میانی هر واحد آزمایشی برداشت شد.

ارزیابی صفات بیوشیمیایی: در پایان آزمایش و قبل از برداشت ریشه، برای اندازه‌گیری کلروفیل‌های a، b و کاروتنوئید، یک گرم از برگ تازه با ۲۰ میلی‌لیتر استون ۸۰ درصد ساییده شد. عصاره حاصل برای ۱۰ دقیقه در دستگاه سانتریفوژ با دور ۶۰۰۰ دور در دقیقه قرار داده شد. از محلول رویی مقدار سه میلی‌لیتر به داخل کووت اسپکتروفتومتر ریخته شد و مقدار جذب در طول‌موج‌های ۴۷۰، ۶۴۵ و ۶۶۳ به‌وسیله دستگاه اسپکتروفتومتر مدل CE 2501, Cecil خوانده شد.

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2025-07-02]
[DOR: 20.1001.1.23222727.1401.11.48.1.2]

جدول ۲- محاسبات تعیین مقدار کود مصرفی براساس درصد نیتروژن هر منبع

نوع کود	درصد نیتروژن خالص	کیلوگرم کود مصرفی در هکتار بر مبنای ۱۰۰ کیلوگرم نیتروژن خالص	گرم کود مصرفی در هر واحد آزمایشی (۰/۷۵ متر مربع)
اوره	۴۶	۲۱۷/۳۹	۱۶/۳۰
دامی (گاو)	۰/۹۵	۱۰۵۲۶/۳۲	۷۸۹/۴۷
بیوچار نخل	۰/۴	۲۵۰۰۰	۱۸۷۵
ورمی‌کمپوست	۱/۵۳	۶۵۳۵/۹۵	۴۹۰/۲۰

مقدار کلروفیل a، b و کل برحسب میلی‌گرم در گرم وزن تر برگ به روش آرنون انجام شد (Arnon, 1949).

جهت ارزیابی فعالیت آنزیم‌ها، در اواخر فصل رشد و قبل از برداشت محصول ریشه، بطور تصادفی از هر واحد آزمایشی ۱۵ برگ جوان توسعه‌یافته جهت اندازه‌گیری فعالیت آنزیم‌های کاتالاز و پراکسیداز و پراکسیداسیون لیپید براساس تولید مالون دی‌آلدئید برداشت شد. ابتدا ۰/۵ گرم برگ برای هر تیمار در هاون با نیتروژن مایع بخوبی ساییده شد و سپس با ۱۰ میلی‌لیتر بافر فسفات پتاسیم ۱۰۰ میلی‌مولار (pH =۷) همگن شد. در ادامه نمونه‌ها به‌مدت ۲۰ دقیقه در سانتریفیوژ با ۱۳۰۰۰ دور در دقیقه و دمای ۴ درجه سانتی‌گراد قرار گرفتند (Wang *et al.*, 2018). پس از سانتریفیوژ نمونه‌ها، از محلول شفاف رویی برای اندازه‌گیری فعالیت آنزیم‌ها استفاده شد. فعالیت آنزیم کاتالاز براساس میزان کاهش جذب نور ناشی از تجزیه ملکول پراکسید هیدروژن در طول‌موج ۲۴۰ نانومتر توسط دستگاه اسپکتروفتومتر مدل CE 2501, Cecilj, ارزیابی شد (Wang *et al.*, 2018). فعالیت پراکسیداز براساس میزان افزایش جذب نور ۴۷۰ نانومتر ناشی از اکسیداسیون گایاکول توسط اسپکتروفتومتر و با روش Wang و همکاران (۲۰۱۸) ارزیابی شد. سنجش میزان پراکسیداسیون لیپیدهای غشا با براساس تشکیل مالون دی‌آلدئید حاصل از پراکسیداسیون لیپیدهای غشا با تیوباربیتوریک اسید (TBA) انجام شد (Jambunathan, 2010). حداکثر کارایی فتوسیستم II (Fv/Fm) حدود دو هفته پس از اعمال تنش با دستگاه کلروفیل فلوریمتر مدل Hansatech, UK اندازه‌گیری شد.

ارزیابی صفات رویشی و عملکرد: در پایان آزمایش سه بوته میانی با رعایت اثر حاشیه‌ای از هر واحد آزمایشی برداشت و برگ و ریشه از هم جدا شدند. تعداد برگ در هر بوته شمارش و طول ریشه توسط خط‌کش و قطر آن به‌وسیله کولیس به‌طور تصادفی اندازه‌گیری شد. تمام ریشه‌های موجود در هر واحد آزمایشی وزن و عملکرد ریشه برحسب تن در هکتار محاسبه شد.

ارزیابی صفات کیفی ریشه: برای ارزیابی صفات کیفی، تعداد ۵ عدد ریشه به‌طور تصادفی از هر واحد آزمایشی انتخاب و عصاره ریشه تر و خشک بدست آمد. به‌منظور عصاره‌گیری خشک از روش Chen و همکاران (۲۰۰۷) استفاده شد. برای این منظور ابتدا ریشه‌ها را به‌مدت ۷۲ ساعت در آون و در دمای ۵۰ درجه سانتیگراد قرار داده شدند. ۱۰۰ میلی‌گرم پودر ریشه خشک شده در ۱۰ میلی‌لیتر متانول ۸۰٪ به‌مدت ۲۰ دقیقه در دمای ۴۰ درجه عصاره‌گیری شد.

جهت سنجش میزان تجمع نیترات (برحسب پی‌پی‌ام) از دستگاه نیترات‌سنج پرتابل دیجیتال مدل LAQUATWIN NO_3 کمپانی Horiba ژاپن استفاده شد. به این صورت که مقداری از عصاره ریشه تر را بر روی حسگر دستگاه ریخته و مقدار نمایش داده شده توسط دستگاه، ثبت گردید. میزان ویتامین ث (میلی‌گرم آسکوربیک اسید در ۱۰۰ گرم نمونه تر) ریشه‌ها، به روش تیتراسیون با ۲،۶ دی‌کلروفنل ایندوفنل اندازه‌گیری شد (Nielsen, 2017).

جهت ارزیابی میزان فلاونوئید کل ریشه عصاره با سرعت ۳۰۰ دور در دقیقه سانتریفیوژ و روشناور استفاده شد. میزان فلاونوئید کل به روش رنگ‌سنجی آلومینیوم کلراید و خواندن میزان جذب نوری در طول‌موج ۴۱۴ نانومتر و با کوئرستین

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2025-07-02]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1401.11.48.1.2]

به‌عنوان استاندارد اندازه‌گیری شد (Beketov *et al*., 2005).

در پایان آزمایش، تجزیه و تحلیل اطلاعات بدست‌آمده، توسط نرم‌افزار آماری SAS نسخه ۹/۱ انجام شد. میانگین‌های صفات ارزیابی‌شده با آزمون LSD در سطح آماری پنج درصد مقایسه شدند.

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس اثر تنش خشکی و کود بر برخی ویژگی‌های بیوشیمیایی، کمی و کیفی ترب سفید: نتایج جدول ۳ نشان داد که اثر تنش خشکی بر تمامی ویژگی‌های بیوشیمیایی در سطح آماری یک درصد معنی‌دار گردید، درحالی‌که اثر کود بر صفات کلروفیل a و b، کاروتنوئید و کاتالاز در سطح یک درصد و بر سایر صفات در سطح پنج درصد معنی‌دار بود. اگر چه برهم‌کنش کود و آبیاری بر صفات کلروفیل a و b معنی‌دار نشد ولی بر کلروفیل کل، کاروتنوئید، پراکسیداز و شاخص Fv/Fm در سطح پنج درصد و بر سایر صفات در سطح یک درصد اثر معنی‌دار داشت (جدول ۳).

براساس نتایج جدول ۴، اثر تنش خشکی بر فلاونوئید و نیترات ریشه در سطح پنج درصد و بر سایر ویژگی‌های کمی و کیفی ترب در سطح یک درصد معنی‌دار شد. اثر کود بر قطر ریشه در سطح پنج درصد و بر سایر صفات در سطح یک درصد معنی‌دار شد. برهمکنش تنش خشکی و کود بر تعداد برگ، قطر و نیترات ریشه اثر معنی‌دار نداشت و بر سایر صفات در سطح آماری پنج درصد معنی‌دار بود (جدول ۴).

اثر اصلی تنش خشکی و کود بر برخی ویژگی‌های بیوشیمیایی، کمی و کیفی ترب: تنش خشکی باعث کاهش معنی‌دار کلروفیل a و b برگ، تعداد برگ و قطر ریشه گردید (جدول ۵). بطوری‌که تنش خشکی شدید باعث کاهش میزان کلروفیل a، کلروفیل b، تعداد برگ و قطر ریشه به میزان ۲۹/۴، ۲۴/۲، ۲۷/۴، ۳۶/۲ درصد در مقایسه با شاهد شد. مشابه این نتایج، تأثیر منفی تنش خشکی بر میزان کلروفیل، تعداد برگ و رشد ریشه ترب توسط پژوهش‌گران دیگری (Stagnari *et al*., 2017; Akram *et al*., 2016) گزارش شده است. می‌توان گفت در شرایط کمبود آب در اثر فعالیت آنزیم‌های مسئول تجزیه کلروفیل مانند کلروفیلاز و پراکسیداز میزان رنگدانه‌های فتوسنتزی کاهش می‌یابد (Arbona *et al*., 2017). از طرف دیگر در شرایط تنش خشکی در اثر تجمع رادیکال آزاد اکسیژن کلروفیل تخریب می‌شود (Ajithkumar and Panneerselvam, 2014) که این موضوع باعث کاهش میزان فتوسنتز می‌گردد.

با افزایش شدت تنش خشکی تجمع نیترات در ریشه افزایش یافت اما این افزایش در تنش متوسط در مقایسه با شاهد معنی‌دار نبود. درحالی‌که تنش خشکی شدید باعث افزایش معنی‌دار نیترات ریشه در مقایسه با شاهد و تنش خشکی متوسط به‌ترتیب به میزان ۴۱/۸ و ۳۳/۶ درصد شد (جدول ۵). در تأیید نتایج این پژوهش گزارش شده است که تنش خشکی از طریق کاهش فعالیت آنزیم نیترات ردوکتاز باعث تجمع نیترات در بافت گیاه موشک وحشی (*Diplotaxis tenuifolia*) می‌شود (Schiattone *et al*., 2018). نتایج برخی مطالعات نیز نشان داده است که در شرایط تنش خشکی به‌دلیل کاهش بیوسنتز پروتئین، سنتز آنزیم نیترات ردوکتاز کاهش می‌یابد و این امر موجب تجمع نیترات در بافت گیاه می‌شود (Juby *et al*., 2021). همچنین ممکن است تنش خشکی از طریق تأثر منفی بر نسخه‌برداری ژن‌های دخیل در سنتز ناقل‌های نیترات در ریشه، موجب توقف انتقال نیترات و در نتیجه تجمع آن در ریشه گردد (Goel and Singh, 2015). برخلاف این نتایج تنش خشکی باعث کاهش تجمع نیترات در کاهو (*Lactuca sativa* L.) می‌شود (Koyama *et al*., 2012). مطالعات نشان داده است که تنش خشکی اثرات متفاوتی بر تجمع نیترات در بافت سبزی‌ها می‌گذارد و با توجه به گونه گیاهی، مرحله رشد و مدیریت تغذیه و آبیاری که همگی بر جذب و متابولیسم نیترات تأثیرگذار است باعث افزایش یا کاهش تجمع نیترات در بافت گیاهی سبزی‌ها می‌شوند (Bian *et al*., 2020).

با کاربرد تمام کودها میزان کلروفیل a و b، تعداد برگ، قطر ریشه و نیترات ریشه در مقایسه با شاهد افزایش یافت که

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2025-07-02]
[DOR: 20.1001.1.23222727.1401.11.48.1.2]

جدول ۳- نتایج تجزیه واریانس (میانگین مربعات) اثر تنش خشکی و کود بر برخی ویژگی‌های بیوشیمیایی برگ ترب سفید

منابع تغییر	درجه آزادی	کلروفیل a	کلروفیل b	کلروفیل کل	کاروتنوئید	کاتالاز	پراکسیداز	مالون دی‌آلدئید	Fv/Fm
تکرار	۲	۰/۰۰۰۲۳	۰/۰۰۰۰۱۷	۰/۰۰۳	۰/۰۰۰۷۶	۵۱۵۵	۰/۰۰۱۸	۰/۰۰۰۰۰۲۱۱	۰/۰۰۰۰۲۷
تنش خشکی	۲	۰/۱۱۳**	۰/۰۰۴۵۳**	۰/۱۶۳**	۰/۰۴۱**	۳۱۹۲۴**	۲/۶۵**	۰/۰۲۰۹۰۳**	۰/۰۵۴۰۸**
خطای فرعی	۴	۰/۰۰۰۳۴	۰/۰۰۰۰۳۰	۰/۰۰۰۵	۰/۰۰۰۱۳	۵۲۷۴	۰/۰۰۴۱	۰/۰۰۰۰۰۱۵۸	۰/۰۰۰۰۸۷
کود	۴	۰/۴۹۶**	۰/۰۰۳۵۱**	۰/۰۷۹*	۰/۰۲۰**	۳۰۱۲۴**	۰/۱۰۳۸*	۰/۰۰۳۰۶۴۹*	۰/۰۰۲۴۴۲*
تنش خشکی × کود	۸	۰/۰۰۱۰۴	۰/۰۰۰۰۵۴	۰/۰۱۵*	۰/۰۰۴*	۱۳۰۳۷**	۰/۰۸۶۵*	۰/۰۱۰۸۹۳**	۰/۰۰۱۴۶۸*
خطای اصلی	۲۴	۰/۰۰۰۸۰	۰/۰۰۰۰۶۸	۰/۰۰۱۲	۰/۰۰۰۳۱	۲۳۱۶	۰/۰۰۲۴	۰/۰۰۰۰۰۱۴۷	۰/۰۰۰۱۴۶
ضریب تغیرات		۵/۹	۷/۲	۱۱/۲	۵/۸	۱۰/۹	۸/۴	۵/۱۷	۸/۷

***، ** به‌ترتیب نشان‌دهنده وجود اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد است.**

جدول ۴- نتایج تجزیه واریانس (میانگین مربعات) اثر تنش خشکی و کود بر برخی ویژگی‌های کمی و کیفی ترب سفید

منابع تغییر	درجه آزادی	تعداد برگ	قطر ریشه	طول ریشه	عملکرد ریشه	نیترات ریشه	ویتامین ث ریشه	فلاونوئید ریشه
تکرار	۲	۳/۸	۰/۱۹۸	۰/۵۸۸	۰/۰۸۷	۰/۰۰۱۴	۰/۶۰	۰/۳۱
تنش خشکی	۲	۸۰/۶**	۱/۳۹۴**	۱۳/۰۳۰**	۳۸/۳۱**	۰/۰۱۳۸*	۳۵۴/۴**	۱/۱۹ *
خطای فرعی	۴	۰/۴۰	۰/۰۳۶	۰/۰۶۶	۰/۰۶۰	۰/۰۰۰۶	۰/۹۵	۰/۲۲
کود	۴	۳۵/۲۸**	۰/۲۲۰*	۱۴/۵۴**	۷۲/۸۰**	۰/۶۱۸**	۵۵/۵۵**	۵/۱۴ **
تنش خشکی × کود	۸	۰/۲۹	۰/۰۳۱	۱/۳۹۴*	۱/۹۶*	۰/۰۰۳۲	۴/۲۹*	۱/۳۸ *
خطای اصلی	۲۴	۱/۳۴	۰/۰۱۶	۰/۱۸۵	۰/۱۲۲	۰/۰۰۲۲	۰/۶۲۵	۰/۱۵
ضریب تغیرات		۷/۸۹	۱۳/۹۱	۱۲/۱۹	۱۱/۷۶	۹/۵۹	۱۲/۲۲	۱۴/۸۲

***، ** به‌ترتیب نشان‌دهنده وجود اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد است.**

جدول ۵- اثر اصلی تنش خشکی و کود بر برخی ویژگی‌های بیوشیمیایی، کمی و کیفی ترب

عامل	سطح	کلروفیل a (میلی‌گرم بر گرم وزن تر)	کلروفیل b (میلی‌گرم بر گرم وزن تر)	تعداد برگ	قطر ریشه (سانتی‌متر)	نیترات ریشه (درصد)
تنش خشکی	شاهد	۰/۵۵۴a	۰/۱۸۶a	۱۶/۸a	۳/۸۷a	۰/۰۰۹۴۷b
	متوسط	۰/۴۶۱b	۰/۱۵۷b	۱۵/۱b	۳/۰۵b	۰/۰۱۰۲۵b
	شدید	۰/۳۹۱c	۰/۱۴۱c	۱۲/۲c	۲/۴۷c	۰/۰۱۳۴۳a
کود	بدون کود	۰/۳۲۸c	۰/۱۵۰c	۱۱/۳۳c	۳/۱۳c	۰/۰۰۹۴۳d
	اوره	۰/۴۸۶b	۰/۱۶۹ab	۱۶/۲۲a	۳/۳۲b	۰/۰۱۸۷۱a
	کوددامی	۰/۵۱۹a	۰/۱۶۰b	۱۶/۱۱a	۳/۴۱ab	۰/۰۱۵۹۸ab
	بیوچار	۰/۴۶۴b	۰/۱۶۵ab	۱۴/۷۸b	۳/۱۸c	۰/۰۱۱۹۳cd
	ورمی‌کمپوست	۰/۵۳۵a	۰/۱۷۳a	۱۵/۸۹a	۳/۵۲a	۰/۰۱۳۸۶bc

در هر ستون میانگین‌های دارای حرف مشترک هر عامل از نظر آماری در سطح ۵ درصد با هم تفاوت معنی‌دار ندارند.

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2025-07-02]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1401.11.48.1.2]

در اغلب موارد این افزایش معنی‌دار بود. در تمام صفات مزبور به استثناء تعداد برگ، بیشترین افزایش مربوط به ورمی-کمپوست بود (جدول ۵). در بین کودهای مورد مطالعه، کمترین میزان کلروفیل a به بیوچار و کود اوره، کمترین میزان کلروفیل b به کود دامی و کمترین تعداد برگ، قطر و نیترات ریشه به بیوچار تعلق داشت. از طرف دیگر کاربرد کود توانست میزان کلروفیل a را در مقایسه با کلروفیل b به میزان بیشتری افزایش دهد (جدول ۵). در مجموع کاربرد کود اوره، کود دامی، بیوچار و ورمی کمپوست به‌ترتیب باعث افزایش کلروفیل a به میزان ۴۸/۲، ۵۸/۲، ۴۱/۵ و ۴۸/۲ درصد، کلروفیل b به میزان ۱۲/۷، ۶/۷، ۱۰/۰۳ و ۱۵/۳ درصد، تعداد برگ به میزان ۴۳/۲، ۴۲/۲، ۳۰/۴ و ۴۰/۲ درصد، قطر ریشه به میزان ۶/۱، ۸/۹، ۱/۶ و ۱۲/۵ درصد و میزان نیترات ریشه به میزان ۸۴/۹، ۶۹/۵، ۲۶/۵ و ۴۷/۰ درصد در مقایسه با شاهد بدون کود شد (جدول ۵). مشابه این نتایج گزارش شده است که کاربرد کودهای شیمیایی و آلی باعث بهبود ویژگی‌های رویشی و افزایش میزان کلروفیل برگ ترب می‌گردد (Kushwah *et al*., 2020) و تأثیر کودهای دامی بر این صفات مشابه با کودهای شیمیایی از جمله اوره است (Khatri *et al*., 2019; Khede *et al*., 2019). هر چند برخی مطالعات نشان داده‌اند که حضور بیوچار نخل در خاک باعث افزایش نگهداری رطوبت خاک در مناطق خشک می‌شود (Alkhasha *et al*., 2020) ولی در این مطالعه کارایی کود بیوچار در بهبود ویژگی‌های رویشی و کلروفیل برگ ترب در مقایسه با سایر کودهای مورد مطالعه کمتر بود. این موضوع احتمالاً به‌دلیل اثرات منفی مقادیر بالای بیوچار بر ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک و کاهش جذب عناصر غذایی در مقایسه با سایر کودها باشد (Brtnicky *et al*., 2021).

اثر متقابل تنش خشکی و کود بر برخی ویژگی‌های بیوشیمیایی ترب سفید، کلروفیل و کارتنوئید: نتایج جدول ۶ نشان داد که تنش خشکی باعث کاهش معنی‌دار کلروفیل کل و کارتنوئید در هر سطح کودی شد. مشابه این نتایج، گزارش شده است که تنش خشکی باعث کاهش بیوسنتز رنگیزه‌های گیاهی از جمله کلروفیل و کارتنوئید در گیاهان مختلف می‌شود (Ahanger *et al*., 2021).

در هر سطح تنش خشکی با کاربرد هر نوع کود این صفات بطور معنی‌دار افزایش یافتند. در اغلب موارد بیشترین میزان کلروفیل کل و کارتنوئید با کاربرد ورمی کمپوست بدست آمد. بطوری‌که بیشترین میزان کلروفیل کل (۰/۸۲۴ میلی‌گرم بر گرم وزن تر) و کارتنوئید (۰/۴۲۷ میلی‌گرم بر گرم وزن تر) با کاربرد ورمی‌کمپوست در شرایط بدون تنش (شاهد) بدست آمد هر چند در این شرایط با کاربرد کود دامی تفاوت معنی‌دار نداشتند (جدول ۶). کمترین (۰/۳۵۸ میلی‌گرم بر گرم وزن تر) میزان کلروفیل کل در تنش خشکی شدید و بدون کاربرد کود بدست آمد درحالی‌که کمترین میزان کارتنوئید (۰/۲۹۱ میلی‌گرم بر گرم وزن تر) در تنش خشکی شدید و کاربرد کود اوره مشاهده شد. در شرایط تنش خشکی شدید کاربرد کودهای اوره، دامی، بیوچار و ورمی‌کمپوست باعث افزایش معنی‌دار کلروفیل کل به‌ترتیب به میزان ۵۴/۲، ۶۰/۱، ۶۴/۸ و ۶۶/۲ درصد و کارتنوئید برگ به‌ترتیب به میزان ۵۰/۰، ۵۵/۷، ۶۱/۳ و ۷۱/۶ درصد در مقایسه با شاهد بدون کود شد که این موضوع بیانگر تأثیر کمتر کود اوره در بهبود این صفات در شرایط تنش خشکی شدید در مقایسه با سایر کودها است هر چند کارایی این کود در شرایط تنش خشکی متوسط و بدون تنش (شاهد) در مقایسه با بیوچار بهتر بود (جدول ۶). در تأیید این نتایج، گزارش شده است که ورمی‌کمپوست در مقایسه با کودهای دامی و شیمیایی توانایی بیشتری در بهبود میزان کلروفیل و کارتنوئید در گیاه زنیان (*Trachyspermum ammi* L.) دارد (Fathi and Najafian, 2020). مطالعات نشان داده است که ورمی‌کمپوست حاوی میکروارگانیسم‌هایی است که اسیدهای آلی مانند اسید اگزالیک و آنزیم‌هایی همچون فسفاتاز و پروتئاز آزاد می‌کنند که منجر به افزایش حلالیت مواد مغذی مانند نیتروژن، پتاسیم و فسفر می‌شود. بنابراین به‌نظر می‌رسد در حضور ورمی‌کمپوست توانایی ترب در جذب عناصر افزایش یافته و درنتیجه سنتز رنگیزه‌های گیاهی در شرایط تنش خشکی بهبود می‌یابد (Adak *et al*., 2014). همچنین مشابه این

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2025-07-02]
[DOR: 20.1001.1.23222727.1401.11.48.1.2]

جدول ۶- اثر تنش خشکی بر برخی ویژگی‌های بیوشیمیایی ترب سفید در سطوح مختلف کود

تنش خشکی	کود	کلروفیل کل	کارتنوئید	کاتالاز	پراکسیداز	مالون‌دی‌آلدئید	Fv/Fm
		(میلی‌گرم بر گرم وزن تر)		(واحد بر گرم وزن تر)			
شاهد	بدون کود	۰/۶۱۹^{ef}	۰/۳۲۴^{efg}	۳۰۷/۲^{hi}	۱/۵۴^{i}	۰/۲۴۶^{def}	۰/۸۰۰^{bc}
	اوره	۰/۷۴۶^{b}	۰/۳۹۷^{b}	۳۹۲/۵^{fg}	۱/۸۵^{hi}	۰/۲۴۵^{def}	۰/۸۳۴^{a}
	کود دامی	۰/۷۸۸^{ab}	۰/۴۰۹^{ab}	۴۴۴/۰^{def}	۱/۷۱^{hi}	۰/۲۳۶^{ef}	۰/۸۳۳^{a}
	بیوچار	۰/۷۰۶^{c}	۰/۳۹۳^{bc}	۳۶۴/۳^{gh}	۱/۶۳^{i}	۰/۲۳۰^{f}	۰/۸۲۰^{ab}
	ورمی‌کمپوست	۰/۸۲۴^{a}	۰/۴۲۷^{a}	۴۳۶/۷^{def}	۱/۹۳^{gh}	۰/۲۲۹^{ef}	۰/۸۲۵^{ab}
متوسط	بدون کود	۰/۴۵۶^{h}	۰/۲۴۳^{i}	۴۶۷/۴^{cde}	۲/۱۲^{fg}	۰/۳۱۵^{ab}	۰/۷۵۳^{d}
	اوره	۰/۶۵۰^{de}	۰/۳۴۰^{def}	۴۲۲/۳^{efg}	۲/۲۹^{def}	۰/۲۸۵^{bc}	۰/۷۷۵^{cd}
	کود دامی	۰/۶۷۵^{cd}	۰/۳۴۲^{def}	۴۸۰/۶$^{b-e}$	۲/۳۲$^{c-f}$	۰/۱۹۴^{g}	۰/۷۸۲^{c}
	بیوچار	۰/۶۰۴^{ef}	۰/۳۵۳^{de}	۴۸۲/۵$^{b-e}$	۲/۲۱^{ef}	۰/۲۲۵^{f}	۰/۷۷۱^{cd}
	ورمی‌کمپوست	۰/۷۰۴^{c}	۰/۳۶۷^{cd}	۵۴۳/۴^{ab}	۲/۳۹^{cde}	۰/۲۲۰^{fg}	۰/۷۸۰^{c}
شدید	بدون کود	۰/۳۵۸^{i}	۰/۱۹۴^{j}	۲۴۹/۱^{i}	۲/۳۱^{def}	۰/۳۳۶^{a}	۰/۶۷۵^{f}
	اوره	۰/۵۵۲^{g}	۰/۲۹۱^{h}	۴۸۳/۳^{bcd}	۲/۴۸^{cd}	۰/۲۶۴^{cde}	۰/۶۷۶^{f}
	کود دامی	۰/۵۷۳^{fg}	۰/۳۰۲^{gh}	۵۱۱/۱^{abc}	۲/۷۹^{a}	۰/۲۳۳^{f}	۰/۷۰۷^{e}
	بیوچار	۰/۵۹۰^{fg}	۰/۳۱۳^{fgh}	۴۶۱/۶^{cde}	۲/۵۵^{bc}	۰/۲۶۷^{cd}	۰/۶۸۰^{f}
	ورمی‌کمپوست	۰/۵۹۵^{fg}	۰/۳۳۳^{ef}	۵۴۷/۴^{a}	۲/۷۵^{ab}	۰/۲۳۵^{ef}	۰/۷۱۵^{e}

در هر ستون میانگین‌های دارای حرف مشترک از نظر آماری در سطح ۵ درصد با هم تفاوت معنی‌دار ندارند.

نتایج گزارش شده است که بیوچار نخل توانایی بالایی در بهبود میزان رنگیزه‌های گیاهی از طریق تفزایش جذب عناصر غذایی در شرایط تنش خشکی دارد (Abdullah *et al*., 2021).

کاتالاز و پراکسیداز: در هر سطح کودی به استثناء ورمی‌کمپوست، با افزایش شدت تنش خشکی فعالیت آنزیم کاتالاز و پراکسیداز در مقایسه با شاهد (شرایط بدون تنش) بطور معنی‌دار افزایش یافت. مشابه این نتایج گزارش شده است که در شرایط تنش‌های محیطی از جمله تنش خشکی فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان از جمله کاتالاز و پراکسیداز به‌عنوان یک راهکار جهت افزایش تحمل گیاهان افزایش می‌یابد (Rao *et al*., 2016).

در هر سطح تنش خشکی، کودهای بکاررفته باعث افزایش فعالیت این دو آنزیم در مقایسه با شرایط بدون کاربرد کود شد (جدول ۶). در شرایط بدون تنش (شاهد) دو کود ورمی‌کمپوست و دامی باعث افزایش معنی‌دار فعالیت کاتالاز شدند اما در این شرایط فقط ورمی‌کمپوست توانست فعالیت پراکسیداز را در مقایسه با شاهد بطور معنی‌دار افزایش دهد. در تنش متوسط اغلب کودهای بکاررفته نتوانستند فعالیت این دو آنزیم را بطور معنی‌دار در مقایسه با شرایط بدون کود افزایش دهند و تنها در این شرایط کاربرد ورمی‌کمپوست باعث افزایش معنی‌دار فعالیت آنزیم‌های کاتالاز (۱۶/۳ درصد) و پراکسیداز (۱۲/۷ درصد) در مقایسه با شرایط بدون کود شدند. درحالی‌که در شرایط تنش شدید تمام کودهای بکاررفته باعث افزایش معنی‌دار فعالیت کاتالاز و پراکسیداز (به استثناء کود اوره) شدند (جدول ۶). مشابه این نتایج گزارش شده است که کاربرد کودهای آلی و شیمیایی باعث افزایش ظرفیت آنتی‌اکسیدانی و درنتیجه بهبود تحمل گیاهان در شرایط تنش خشکی می‌شود (کشاورز و همکاران، ۱۳۹۸؛ Mirjalili *et al*., 2021). تأثیر بیشتر کودهای آلی در افزایش فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان از جمله کاتالاز و پراکسیداز در شرایط تنش‌های

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2025-07-02]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1401.11.48.1.2]

محیطی در مقایسه با سایر کودها به‌دلیل تحریک جذب عناصر غذایی، توسط سایر محققین نیز اعلام شده است (Kiran, 2019; Wang *et al*., 2017; Rahimi *et al*., 2019) به‌نظر می‌رسد که ورمی‌کمپوست از طریق افزایش جذب کلسیم که عامل تحریک‌کننده سنتز آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان است باعث افزایش سنتز کاتالاز و پراکسیداز در شرایط تنش خشکی در گیاه ترب شده است (Pant *et al*., 2009).

مالون دی‌آلدئید: با افزایش شدت تنش، میزان مالون دی‌آلدئید برگ در هر سطح کودی افزایش یافت که این افزایش در اغلب موارد معنی‌دار بود (جدول ۶). پراکسیداسیون چربی و تولید مالون دی‌آلدئید به‌عنوان محصول این پدیده، یکی از راه‌های تشخیص میزان خسارت ناشی از تنش‌های محیطی در گیاهان است. مطالعات نشان داده است که در شرایط تنش خشکی، در اثر ایجاد گونه‌های فعال اکسیژن، پراکسیداسیون چربی‌های غشاء افزایش می‌یابد که این موضوع منجر به افزایش میزان مالون دی‌آلدهید می‌شود (Zhou *et al*., 2019; Rao *et al*., 2016).

هر چند کاربرد کود در شرایط بدون تنش خشکی باعث کاهش جزئی و غیرمعنی‌دار مالون دی‌آلدئید ترکیب شد، اما در اغلب موارد کودهای مورد مطالعه در شرایط تنش خشکی متوسط و شدید باعث کاهش معنی‌دار مالون دی‌آلدئید در مقایسه با شرایط بدون کود شد و بیشترین کاهش‌ها مربوط به کودهای ورمی‌کمپوست و کود دامی بود. بطوری‌که در شرایط تنش خشکی شدید به‌ترتیب موجب کاهش مالون دی‌آلدئید به ترتیب به میزان ۳۰/۱ و ۳۰/۷ درصد در مقایسه با شاهد بدون کود شدند (جدول ۶). در تأیید این نتایج، ثابت شده است که کاربرد کود از طریق بهبود ظرفیت فتوسنتزی، کاهش تولید رادیکال‌های آزاد اکسیژن و درنتیجه گونه‌های فعال اکسیژن باعث کاهش پراکسیداسون چربی غشاء و درنتیجه کاهش تولید مالون دی‌آلدئید در شرایط تنش‌های محیطی می‌گردد (Illes *et al*., 2021). از طرف دیگر کاربرد کود، به‌ویژه کودهای آلی باعث افزایش فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان مانند کاتالاز و پراکسیداز و درنتیجه کاهش رادیکال‌های آزاد اکسیژن می‌شود که می‌تواند منجر به کاهش پراکسیداسیون چربی و تولید مالون دی‌آلدئید در برگ ترب شود (Kiran, 2019; Wang *et al*., 2017; Rahimi *et al*., 2019) که با نتایج تحقیق حاضر مطابقت دارد.

حداکثر کارایی فتوسیستم II (Fv/Fm): برهمکنش کود و تنش خشکی نشان داد که شاخص Fv/Fm با افزایش شدت تنش خشکی بطور معنی‌دار کاهش یافت (جدول ۶). شاخص Fv/Fm یکی از معیارهای تعیین‌کننده ظرفیت فتوسنتز گیاه در شرایط تنش‌های محیطی است. شرایط کمبود آب از طریق اثر مخرب بر واکنش‌های نوری فتوسنتز گیاه موجب کاهش Fv/Fm، کاهش عملکرد کوانتومی و درنتیجه کاهش ظرفیت فتوسنتزی می‌شود (Dalal and Tripathy, 2018). همچنین در این شرایط به‌دلیل محدودشدن جذب عناصر غذایی به‌ویژه آهن سنتز کلروفیل کاهش می‌یابد و درنتیجه با محدودشدن دریافت نور خورشید، Fv/Fm کاهش می‌یابد (Babaeian *et al*., 2011).

کاربرد کود باعث افزایش Fv/Fm شد. بطوری‌که بیشترین میزان این شاخص در شرایط بدون تنش خشکی و کاربرد هر چهار نوع کود بدست آمد هر چند در شرایط بدون تنش و تنش خشکی متوسط بین کودهای بکاررفته تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد. در شرایط بدون تنش خشکی، تنش متوسط و شدید بیشترین افزایش این شاخص به‌ترتیب در حضور کود اوره، کود دامی و ورمی‌کمپوست بدست آمد. در مجموع کمترین میزان این شاخص (۰/۶۷۵) در شرایط تنش خشکی شدید و بدون کاربرد کود بدست آمد، هر چند در این شرایط با دو کود بیوچار (۰/۶۸۰) و کود اوره (۰/۶۷۶) تفاوت معنی‌دار نداشت (جدول ۶). از آنجا که در شرایط تنش خشکی به‌دلیل کاهش قدرت جذب عناصر ریزمغذی مورد نیاز سنتز کلروفیل از جمله آهن، توسط ریشه گیاهان محدود می‌شود (Babaeian *et al*., 2011) لذا در این شرایط افزایش حاصلخیزی خاک از طریق افزایش سنتز کلروفیل، حفظ ساختار غشای تیلاکوئید و بهبود زنجیره انتقال الکترون نقش به سزایی در حفظ ساختار فتوسنتزی گیاه از جمله کاهش

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2025-07-02]
[DOR: 20.1001.1.23222727.1401.11.48.1.2]

فلورسانس کلروفیل دارد (Yang *et al*., 2021). نتایج پژوهش حاضر نشان داد که در شرایط تنش خشکی شدید، کاربرد کودهای آلی به‌ویژه ورمی‌کمپوست در افزایش شاخص Fv/Fm مؤثرتر است (جدول ۶). مطالعات نشان داده است که از طرفی این کود قادر است جذب ریزمغذی‌های خاک مانند آهن، روی و مس توسط ریشه را افزایش دهد (Rahimi *et al*., 2019) و از طرف دیگر فعالیت میکروارگانیزم‌های خاک را که تولیدکننده اسیدهای آلی مانند اسید اگزالیک هستند را تحریک کند که این اسید آلی باعث افزایش فراهمی عناصر غذایی خاک و درنتیجه بهبود جذب آن توسط ریشه در شرایط تنش خشکی از طریق افزایش سنتز کلروفیل می‌شود (Adak *et al*., 2014).

اثر متقابل تنش خشکی و کود بر برخی ویژگی‌های کمی و کیفی ترب سفید، طول ریشه: نتایج برهمکنش تنش خشکی و کود نشان داد که در اغلب موارد با افزایش شدت تنش خشکی، طول ریشه بطور معنی‌دار افزایش می‌یابد. مشابه این نتایج Stagnari و همکاران (۲۰۱۴) نیز گزارش کردند تنش خشکی باعث افزایش رشد ریشه چغندر لبویی (*Beta vulgaris* L. var. conditiva Alef) می‌شود که این موضوع موجب افزایش توانایی گیاه در جذب آب می‌شود. از طرف دیگر در هر سه سطح تنش خشکی، کاربرد کود باعث افزایش معنی‌دار طول ریشه ترب در مقایسه با شاهد شد (جدول ۷). مشابه این نتایج گزارش شده است که کاربرد کودهای آلی و شیمیایی در شرایط محدودیت منابع آبی باعث بهبود رشد رویشی گیاه از جمله ریشه می‌شود (Guo *et al*., 2021; Liu *et al*., 2017). مطالعات نشان داده است که در شرایط تنش خشکی، کارایی جذب عناصر غذایی و درنتیجه رشد اندام‌های مختلف گیاه محدود می‌شود و در این شرایط کاربرد کود می‌تواند این محدودیت را جبران کند (Guo *et al*., 2021). در بین کودهای کاربردی، اوره بیشترین تأثیر را در افزایش طول ریشه داشت بطوری‌که در اغلب موارد (به استثناء بیوچار در تنش متوسط) با کودهای آلی و شاهد تفاوت معنی‌دار داشت. بطور کلی بیشترین (۲۳/۳ سانتی‌متر) و کمترین (۱۷/۳ سانتی‌متر) طول ریشه به‌ترتیب با کاربرد کود اوره در شرایط تنش خشکی شدید و بدون کاربرد کود در شرایط آبیاری کامل (شاهد) بدست آمد (جدول ۷). گزارش شده است که در شرایط تنش خشکی جذب عناصر از جمله نیتروژن معدنی محدود می‌شود بنابراین کودهای شیمیایی از جمله کود اوره که عناصر را به فرم معدنی و سریع‌تر در اختیار گیاه قرار می‌دهند منجر به رشد بیشتر گیاه می‌شود و بنابراین برای جبران محدودیت جذب نیتروژن در شرایط تنش خشکی مناسب‌تر هستند (Plett *et al*., 2020).

عملکرد ریشه: تنش خشکی باعث کاهش معنی‌دار عملکرد ریشه در اغلب کودهای بکار رفته شد. بطوری‌که تنش خشکی شدید باعث کاهش عملکرد ریشه در شرایط بدون کود، کود اوره، کود دامی، بیوچار و ورمی‌کمپوست به‌ترتیب به میزان ۳۱/۹، ۳۷/۵، ۳۱/۴، ۲۷/۸ و ۳۱/۳ درصد در مقایسه با شاهد شد. از طرف دیگر به‌نظر می‌رسد که تنش خشکی از طریق کاهش میزان کلروفیل و کارتنوئید (جداول ۵ و ۶) و تعداد برگ (جدول ۵)، افزایش پراکسیداسون چربی و کاهش شاخص Fv/Fm (جدول ۶) باعث کاهش کارایی فتوسنتز و درنتیجه کاهش طول و عملکرد ریشه می‌شود (جدول ۷). در تأیید این نتایج Stagnari و همکاران (۲۰۱۷) نیز گزارش کردند که در اثر تنش خشکی عملکرد ریشه ترب بطور معنی‌دار کاهش می‌یابد. در شرایط تنش خشکی توزیع مواد پرورده در گیاه ترب به‌نفع اندام هوایی تغییر کرده و سهم ریشه (به‌عنوان مخزن) از هیدرات کربن کاهش می‌یابد که این موضوع منجر به کاهش عملکرد ریشه در این گیاه می‌گردد (Stagnari *et al*., 2017).

در هر سه سطح تنش خشکی، کاربرد کود باعث افزایش معنی‌دار عملکرد ریشه در مقایسه با شاهد شد. مشابه این نتایج سایر محققین نیز تأثیر مثبت کاربرد کود در بهبود ویژگی‌های رویشی و درنتیجه عملکرد ریشه ترب را نیز گزارش کرده‌اند (Ghimire *et al*., 2020; Kushwah *et al*., 2020; Khatri *et al*., 2019; Kumara and Gupta, 2018).

در شرایط بدون تنش و تنش خشکی متوسط، بیشترین افزایش عملکرد ریشه با کاربرد کود اوره و به‌ترتیب به میزان

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2025-07-02]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1401.11.48.1.2]

جدول ۷ – اثر برهمکنش تنش خشکی و نوع کود بر ویژگی‌های کمی و کیفی ترب سفید

تنش خشکی	کود	طول ریشه cm	عملکرد ریشه (تن در هکتار)	ویتامین ث ریشه (میلی‌گرم بر ۱۰۰ گرم وزن تر)	فلاونوئید ریشه (میلی‌گرم بر گرم)
شاهد	بدون کود	۱۷/۳^{j}	۱۸/۲^{efg}	۳۷/۷^{bc}	۵/۵۸^{de}
	اوره	۱۹/۹^{de}	۲۷/۷^{a}	۳۲/۰^{efg}	۴/۶۲^{i}
	کوددامی	۱۸/۴^{hi}	۲۶/۱^{ab}	۳۴/۵^{def}	۵/۱۵^{fgh}
	بیوچار	۱۹/۲$^{f-h}$	۲۴/۸^{bc}	۳۸/۰^{bc}	۵/۰۰$^{f-i}$
	ورمی‌کمپوست	۱۸/۵^{ghi}	۲۳/۰^{cd}	۳۹/۱^{b}	۵/۳۶^{efg}
متوسط	بدون کود	۱۸/۰^{ij}	۱۴/۶^{ij}	۴۲/۷^{a}	۶/۰۳^{bc}
	اوره	۲۰/۶^{c}	۲۲/۴^{d}	۳۵/۴^{cd}	۴/۹۱^{ghi}
	کود دامی	۱۸/۹^{fgh}	۲۲/۱^{d}	۳۹/۶^{ab}	۵/۶۵^{cde}
	بیوچار	۲۰/۴^{cd}	۱۹/۳^{e}	۴۲/۰^{a}	۵/۹۹^{bcd}
	ورمی‌کمپوست	۱۹/۲^{efg}	۱۸/۴^{efg}	۴۱/۴^{a}	۵/۶۸^{cde}
شدید	بدون کود	۱۸/۴^{hi}	۱۲/۴^{j}	۳۱/۶^{fg}	۶/۵۲^{a}
	اوره	۲۳/۳^{a}	۱۷/۳^{fgh}	۲۷/۳^{h}	۴/۸۹^{hi}
	کود دامی	۱۹/۴^{ef}	۱۷/۹^{fgh}	۳۳/۳$^{d-g}$	۶/۰۵^{bc}
	بیوچار	۲۱/۷^{b}	۱۶/۷^{ghi}	۲۹/۷^{gh}	۶/۲۵^{ab}
	ورمی‌کمپوست	۱۹/۸^{de}	۱۵/۸^{hi}	۳۳/۴$^{d-g}$	۶/۱۸^{ab}

در هر ستون میانگین‌های دارای حرف مشترک از نظر آماری در سطح ۵ درصد با هم تفاوت معنی‌دار ندارند.

۵۲/۲ و ۶۷/۱۲ درصد بدست آمد، هر چند این مقادیر با کود دامی تفاوت معنی‌دار نداشتند. اگر چه تمام کودها در تنش خشکی شدید باعث افزایش معنی‌دار عملکرد ریشه در مقایسه با شاهد شد ولی بین آنها تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد (جدول ۷). کاربرد کود در شرایط تنش خشکی باعث افزایش میزان رنگیزه‌های گیاهی (جداول ۵ و ۶) و افزایش شاخص Fv/Fm، افزایش سنتز آنزیم‌های کاتالاز و پراکسیداز (جدول ۶) و درنتیجه افزایش تعداد برگ (جدول ۵) و ظرفیت فتوسنتزی ترب و درنتیجه بهبود رشد و عملکرد ریشه شد (جدول ۷). در تأیید این نتایج گزارش شده است که در شرایط محدودیت رطوبت خاک، به‌دلیل کاهش فراهمی عناصر غذایی، کاهش فتوسنتز و درنتیجه محدودشدن تولید مواد پرورده، رشد اندام‌های مختلف گیاهان از جمله ریشه کاهش می‌یابد (Arbon, 2017). از طرف دیگر در شرایط تنش خشکی، در گیاهانی از جمله ترب برای حفظ تعادل منبع- مقصد، توزیع مواد پرورده به نفع اندام هوایی تغییر می‌یابد (Stagnari *et al.*, 2017)، لذا با کاربرد کودهای شیمیایی و آلی محدودیت رشد ریشه در شرایط تنش خشکی در این گیاهان جبران می‌شود (Stagnari *et al.*, 2014).

ویتامین ث: برهمکنش سطوح مختلف کود و تنش خشکی نشان داد که در شرایط تنش خشکی متوسط، میزان ویتامین ث ریشه بطور معنی‌دار در مقایسه با شاهد افزایش یافت بطوری‌که بیشترین مقادیر ویتامین ث در این شرایط اندازه‌گیری شد (جدول ۷). مشابه این نتایج افزایش میزان ویتامین ث در اندام سبزی‌های مختلف از جمله ریشه ترب در شرایط تنش خشکی متوسط گزارش شده است (Koyama *et al.*, 2012; Schlering *et al.*, 2019). از طرف دیگر نتایج جدول ۷ نشان داد که تنش خشکی شدید باعث کاهش معنی‌دار ویتامین ث ریشه در مقایسه با شاهد و تنش خشکی متوسط شده است. بطوری‌که تنش خشکی شدید در سطوح کودی شاهد (بدون کاربرد

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2025-07-02]
[DOR: 20.1001.1.23222727.1401.11.48.1.2]

کود)، اوره، دامی، بیوچار و ورمی‌کمپوست باعث کاهش میزان ویتامین ث ریشه به‌ترتیب به میزان ۳۰/۴، ۲۲/۹، ۱۵/۹، ۲۰/۵ و ۲۳/۷ درصد در مقایسه با تنش خشکی متوسط شد. در تأیید این نتایج، در پژوهشی Schlering و همکاران (۲۰۱۹) نشان دادند که تنش خشکی شدید از طریق محدودکردن فتوسنتز و کاهش تولید گلوکز به‌عنوان پیش‌نیاز بیوسنتز ویتامین ث، باعث کاهش این ترکیب در ریشه ترب می‌شود.

کاربرد کود نتوانست باعث افزایش معنی‌دار میزان ویتامین ث در مقایسه با شاهد بدون کاربرد کود شود. اگر چه در شرایط تنش خشکی متوسط و شدید کودهای آلی باعث حفظ میزان ویتامین ث در مقایسه با شاهد شدند اما کاربرد کود اوره باعث کاهش معنی‌دار ویتامین ث ریشه شد (جدول ۷). در مطالعه حاضر از آنجا که کاربرد کود اوره و تنش خشکی باعث افزایش نیترات ریشه ترب شد (جدول ۵). به‌نظر می‌رسد این موضوع اثر منفی بر میزان ویتامین ث ریشه داشته است. در تأیید این نتایج برخی مطالعات نشان داده است که کودهای شیمیایی از طریق افزایش تجمع نیترات در اندام مختلف سبزی‌ها باعث کاهش ویتامین ث می‌شوند (Cintya *et al.*, 2018). همچنین گزارش شده است که کاربرد کودهای آلی به‌دلیل کاهش تجمع نیترات در گیاهان موجب افزایش بیشتر ویتامین ث در مقایسه با کودهای شیمیایی می‌شود (Hassan *et al.*, 2012).

فلاونوئید: در هر سطح کودی به استثناء کود اوره، تنش خشکی باعث افزایش معنی‌دار میزان فلاونوئید ریشه ترب شد. تنش خشکی شدید باعث افزایش میزان فلاونوئید در شرایط بدون کاربرد کود، کود اوره، کود دامی، بیوچار و ورمی‌کمپوست به‌ترتیب به میزان ۱۶/۸، ۵/۸، ۱۷/۵، ۲۵/۰ و ۱۵/۳درصد در مقایسه با شاهد بدون تنش شد. در تأیید این نتایج گزارش شده است که در شرایط تنش‌های محیطی از جمله تنش خشکی، سنتز فلاونوئید به‌عنوان یکی از ترکیبات کیفی گیاه که خاصیت آنتی‌اکسیدانی دارد، تحریک شده و از طریق دفع گونه‌های فعال اکسیژن نقش کلیدی در افزایش تحمل گیاهان ایفا می‌کند (Mumivand *et al.*, 2021). همچنین ثابت شده است که تنش خشکی از طریق تحریک بیوسنتز هورمون اکسین موجب افزایش سنتز فلاونوئید و تجمع آن در ریشه برخی گیاهان می‌شود (Yuan *et al.*, 2012).

کاربرد کود در هر سه سطح تنش باعث کاهش فلاونوئید در مقایسه با شرایط بدون کود شدند و بیشترین کاهش مربوط به کود اوره بود. در شرایط تنش خشکی شدید کودهای آلی بیوچار و ورمی‌کمپوست باعث حفظ میزان فلاونوئید ریشه ترب شدند و تفاوت معنی‌دار با شاهد بدون کود نداشتند. در مجموع در شرایط تنش خشکی شدید کاربرد کود اوره، کود دامی، بیوچار و ورمی-کمپوست باعث کاهش فلاونوئید ریشه ترب به‌ترتیب به میزان ۲۵/۰، ۷/۲، ۱/۴ و ۵/۲ در مقایسه با شرایط بدون کود گردید (جدول ۷). فلاونوئیدها دارای خواص آنتی‌اکسیدانی بوده که در تنظیم فعالیت‌های آنزیمی و سنتز متابولیت‌های اولیه گیاه نقش دارند. محققین گزارش کرده‌اند که میزان فلاونوئید گیاه با کاربرد کود همبستگی دارد (Kalinova and Vrchotova, 2011). از طرف دیگر افزایش نیتروژن معدنی خاک باعث تشدید رشد گیاه شده و بخش بیشتری از هیدرات کربن تولیدی صرف ایجاد متابولیت‌های اولیه می‌شود و تولید متابولیت‌های ثانویه مانند فلاونوئید اندام‌های مختلف از جمله ریشه کاهش می‌یابد (Deng *et al.*, 2019).

نتیجه‌گیری

تغذیه مناسب گیاهی از طریق افزایش حاصلخیزی خاک، باعث بهبود ویژگی‌های کیفی و کمی گیاهان در شرایط تنش‌های محیطی از جمله تنش خشکی می‌شود. نتایج این پژوهش نشان داد که تنش خشکی قادر است ویژگی‌های بیوشیمیایی، کمی و کیفی گیاه ترب را تحت‌تأثیر قرار دهد. بطوری‌که در این شرایط با محدودشدن فعالیت‌های بیوشیمیایی مانند تولید رنگیزه‌های گیاهی و شاخص Fv/Fm ویژگی‌های کمی گیاه محدود شود. از طرف دیگر تنش خشکی از طریق افزایش نیترات، کاهش ویتامین ث و فلاونوئید باعث کاهش ویژگی‌های کیفی ریشه ترب سفید شد. در پژوهش حاضر

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2025-07-02]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1401.11.48.1.2]

کاربرد کود به ویژه کود اوره و ورمی کمپوست در شرایط تنش خشکی باعث بهبود ویژگی‌های بیوشیمیایی ترب شد که این موضوع منجر به افزایش صفات کمی ریشه شد. در مجموع پژوهش حاضر نشان داد که با کاربرد کودهای آلی اگر چه نمی‌توان عملکرد ریشه ترب مشابه با کود اوره بدست آورد ولی این امر باعث بهبود ویژگی‌های کیفی ریشه ترب می‌شود که از نظر سلامت انسان حائز اهمیت است.

تشکر و قدردانی

بودجه مورد نیاز جهت انجام این طرح توسط معاونت پژوهش و فناوری دانشگاه هرمزگان و در قالب طرح تحقیقاتی مصوب با شماره ۹۹/۹۳۴۴ مورخ ۱۳۹۹/۱۰/۱۵ تأمین شده است که بدین وسیله از حمایت‌های مالی دانشگاه هرمزگان تشکر و قدردانی می‌گردد.

منابع

شامخ، م. ر.، جعفری، ل. و عبدالهی، ف. (۱۴۰۰) اثر تعدیل‌کنندگی پرولین، کیتوزان و مشتقات آن بر رنگیزه‌های فتوسنتزی، شاخص‌های کلروفیل فلورسانس، ویژگی‌های کیفی و عملکرد گوجه‌فرنگی گلخانه‌ای (*Lycopersicon esculentum* Mill.) در شرایط کم آبیاری. مجله فرآیند و کارکرد گیاهی ۴۱: ۹۶-۷۷.

کشاورز، ح.، مدرس ثانوی، س. ع. م.، سفیدکن، ف. و مختصی بیدگلی، ع. (۱۳۹۸) تأثیر حاصلخیزکننده‌های خاک بر ترکیبات فنلی، فعالیت آنتی‌اکسیدانتی و عملکرد اندام‌های رویشی گیاه نعناع فلفلی (*Mentha piperita* L.) تحت تنش کم‌آبی. نشریه پژوهش‌های زراعی ایران ۱۷: ۶۷۲-۶۶۱.

موسوی، ع. ا.، گویلی، ا. و مسعودی، ف. (۱۳۹۷) اثر بیوچارهای کودگاوی و بقایای نخل تهیه‌شده در دماهای مختلف بر هدایت هیدرولیکی اشباع و ضرایب انتقال یون کلر در یک خاک لوم شنی. نشریه پژوهش‌های خاک (علوم خاک و آب) ۳۲: ۵۶۷-۵۵۳.

Abdullah, R., Osman, N., Yusoff, S., Mohd Yusof, H., Abdulhalim, N. S. and Mohd Rosli, N. S. (2021) Effects of palm kernel biochar and food waste compost on the growth of palm lily (*Cordyline fruticosa*), coleus (*Coleus* sp.), and boat lily (*Rhoeo discolor*). Applied Ecology and Environmental Research 19: 205-2018.

Adak, T., Singha, A., Kumar, K., Shukla, S. K., Singh, A. and Kumar Singh, V. (2014) Soil organic carbon, dehydrogenase activity, nutrient availability and leaf nutrient content as affected by organic and inorganic source of nutrient in mango orchard soil. Journal of Soil Science and Plant Nutrition 2: 394-406.

Ahanger, M. A., Qi, M., Huang, Z., Xu, X., Begum, N., Qin, C., Zhang, C., Ahmad, N., Mustafa, N. S., Ashraf, M. and Zhang, L. (2021) Improving growth and photosynthetic performance of drought stressed tomato by application of nano-organic fertilizer involves up-regulation of nitrogen, antioxidant and osmolyte metabolism. Ecotoxicology and Environmental Safety 216: 112195.

Ajithkumar, I. P. and Panneerselvam, R. (2014) ROS scavenging system, osmotic maintenance, pigment and growth status of *Panicum sumatrense* Roth. under drought stress. Cell Biochemistry and Biophysics 68: 587-595.

Akram, N. A., Waseem, M., Ameen, R. and Ashraf, M. (2016) Trehalose pretreatment induces drought tolerance in radish (*Raphanus sativus* L.) plants: Some key physio-biochemical traits. Acta Physiologiae Plantarum 38: 3.

Alkhasha, A., Al-Omran, A. and Alghamdi, A. G. (2020) Effect of water quality and date palm biochar on evaporation and specific hydrological characteristics of sandy soil. Agriculture 10: 300.

Allen, R. G., Pereira, L. S., Raes, D. and Smith, M. (1998) Crop Evapotranspiration; Guidelines for Computing Crop Water Requirements. FAO Irrigation and Drainage Paper, Rome, Italy.

Arbona, V., Manzi, M., Zandalinas, S., VivesPeris, V., Perez-Clemente, R. M. and GomezCadenas, A. (2017) Physiological, metabolic, and molecular responses of plants to abiotic stress. In: Stress Signaling in Plants: Genomics and Proteomics Perspective (eds. Sarwat, M., Ahmad, A., Abdin, M. Z. and Ibrahim, M. M.) Pp. 1-35. Springer International Publishing.

Arnon, D. I. (1949) Copper enzymes in isolated chloroplasts polyphenol oxidase in *Beta vulgaris*. Plant Physiology 24: 1-15.

Babaeian, M., Piri, I., Tavassoli, A., Esmaeilian, Y. and Gholami, H. (2011) Effect of water stress and micronutrients (Fe, Zn and Mn) on chlorophyll fluorescence, leaf chlorophyll content and sunflower nutrient uptake in Sistan region. African Journal of Agricultural Research 15: 3526-3531.

Beketov, E. V., Pakhomov, V. P. and Nesterova, O. V. (2005) Improved method of flavonoid extraction from bird cherry fruits. Pharmaceutical Chemistry Journal 39: 316-318.

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2025-07-02]
[DOR: 20.1001.1.23222727.1401.11.48.1.2]

Berenguer, P., Santiveri, F., Boixadera, J. and Lloveras, J. (2009) Nitrogen fertilization of irrigated maize under Mediterranean conditions. European Journal of Agronomy 30: 163-171.

Bian, Z., Wang, Y., Zhang, X., Li, T., Grundy, S., Yang, Q. and Cheng, R. (2020) A review of environment effects on nitrate accumulation in leafy vegetables grown in controlled environments. Foods (Basel, Switzerland) 9: 732.

Brtnicky, M., Datta, R., Holatko, J., Bielska, L., Gusiatin, Z. M., Kucerik, J., Hammerschmiedt, T., Subhan Danish, Radziemska, M., Mravcova, L., Fahad, S., Kintl, A., Sudoma, M., Ahmed, N. and Pecina, V. (2021) A critical review of the possible adverse effects of biochar in the soil environment. Science of The Total Environment 796: 148756.

Chen, Y., Xie, M. Y. and Gong, X. F. (2007) Microwave-assisted extraction used for the isolation of total triterpenoid saponins from *Ganoderma atrum*. Journal of Food Engineering 81: 162-170.

Cintya, H., Silalahi, J., Putra, E. D. L. and Siburian, R. (2018) The influence of fertilizer on nitrate, nitrite and vitamin c contents in vegetables. Oriental Journal of Chemistry 34: 2614-2621.

Dalal, V. K. and Tripathy, B. C. (2018) Water-stress induced downsizing of light-harvesting antenna complex protects developing rice seedlings from photo-oxidative damage. Scientific Reports 8: 5955.

Deng, B., Li, Y., Xu, D., Ye, Q. and Liu, G. (2019) Nitrogen availability alters flavonoid accumulation in *Cyclocarya paliurus* via the effects on the internal carbon/nitrogen balance. Scientific Reports 9: 2370.

Fathi, S. and Najafian, S. (2020) Effect of organic and chemical fertilizers on morpho physiological and biochemical properties of ajowan (*Trachyspermum ammi* L.). Iranian Journal of Plan Physiology 11: 3405-3415.

Goel, P. and Singh, A. K. (2015) Abiotic stresses downregulate key genes involved in nitrogen uptake and assimilation in *Brassica juncea* L. Plos One 10: e0143645.

Ghimire, S., Adhikari, B., Pandey, S., Belbase, K., Lamichhane, S. and Pathak, R. (2020) Effect of different organic manure on growth and yield of radish in Deukhuri, Dang, Nepal. Acta Scientific Agriculture 4: 1-5.

Guo, X., Li, S., Wang, D., Huang, Z., Sarwar, N., Mubeen, K., Shakeel, M. and Hussain, M. (2021) Effects of water and fertilizer coupling on the physiological characteristics and growth of rabbiteye blueberry. Plos One 16: e0254013.

Hassan, S. A., Mijin, S., Yusoff, U. K., Ding, P. and Wahab, P. E. (2012) Nitrate, ascorbic acid, mineral and antioxidant activities of *Cosmos caudatus* in response to organic and mineral-based fertilizer rates. Molecules 17: 7843-53.

Illes, A., Bojtor, C., Szeles, A., Mousavi, S. M. N., Toth, B. and Nagy, J. (2021) Effect of nitrogen fertiliser on the rate of lipid peroxidation of different maize hybrids in a long-term multifactorial experiment. Acta Alimentaria 50: 162-169.

Jambunathan, N. (2010) Determination and detection of reactive oxygen species (ros), lipid peroxidation, and electrolyte leakage in plants. Methods in Molecular Biology 639: 291-297.

Juby, B., Minimol, J. S., Suma, B., Santhoshkumar, A. V., Jiji, J. and Panchami, P. S. (2021) Drought mitigation in cocoa (*Theobroma cacao* L.) through developing tolerant hybrids. BMC Plant Biology 21: 594.

Kalinova, J. and Vrchotova, N. (2011) The influence of organic and conventional crop management, variety and year on the yield and flavonoid level in common buckwheat groats. Food Chemistry 127: 602-608.

Khatri, K. B., Ojha, R. B., Pande, K. R. and Khanal, B. R. (2019) Effects of different sources of organic manures in growth and yield of radish (*Raphanus sativus* L.). International Journal of Applied Science and Biotechnology 7: 39-42.

Khede, K., Kumawat, A. and Tembare, D. (2019) Effect of organic manures, fertilizers and their combinations on growth, yield and quality of radish (*Raphanus sativus* L.) cv. Japanese White. International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences 8: 400-405.

Kiran, M., Jilani, M. S., Waseem, K., Khan, M. S., Haq, F., Nadim, M. A., Ullah, G. and Shaheen, S. (2019) Integrated use of organic and inorganic fertilizers on the growth and yield of radish. Sarhad Journal of Agriculture 35: 933-941.

Koyama, R., Itoh, H., Kimura, S., Mirioka, A. and Uno, Y. (2012) Augmentation of antioxidant constituents by drought stress to roots in leafy vegetables. HortTechnology 22: 121-125.

Kumara, A. and Gupta, R. K. (2018) The effects of vermicompost on growth and yield parameters of vegetable crop radish (*Raphanus sativus*). Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry 7: 589-592.

Kushwah, L., Sharma, R. K., Kushwah, S. S. and Singh, O. P. (2020) Influence of organic manures and inorganic fertilizers on growth, yield and profitability of radish (*Raphanus sativus* L.). Annals of Plant and Soil Research 22: 14-18.

Liu, H. G., He, X. L., Li, J., Li, F. D., Gong, P., Zhang, J. and Yang, G. (2017) Effects of water-fertilizer coupling on root distribution and yield of Chinese Jujube trees in Xinjiang. International Journal of Agricultural and Biological Engineering 10: 103-114.

Mirjalili, A., Lebaschi, M., Ardakania, M., Heidari Sharifabad, H. and Mirza, M. (2021) Antioxidant enzymes response to medicinal plant of Bakhtiari savory (*Satureja bachtiarica* Bunge.) affected by density and organic fertilizers in dryland farming conditions. Iranian Journal of Plant Physiology 11: 3819-3828.

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2025-07-02]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1401.11.48.1.2]

Mumivand, H, Ebrahimi, A., Morshedloo, M. R. and Shayganfar, A. (2021) Water deficit stress changes in drug yield, antioxidant enzymes activity and essential oil quality and quantity of Tarragon (*Artemisia dracunculus* L.). Industrial Crops and Products 164: 113381.

Musyoka, M. W., Adamtey, N., Muriuki, A. W. and Cadisch, G. (2017) Effect of organic and conventional farming systems on nitrogen use efficiency of potato, maize and vegetables in the Central highlands of Kenya. European Journal of Agronomy 86: 24-36.

Nielsen, S. S. (2017) Vitamin C determination by indophenol method. In: Food Analysis Laboratory Manual, Food Science Text Series (ed. Nielsen, S. S.) Pp. 143-146. Springer International Publishing.

Pant, A. P., Radovich, T. J. K., Hue, N. V., Talcott, S. T. and Krenek, K. A. (2009) Vermicompost extracts influence growth, mineral nutrients, phytonutrients and antioxidant activity in pak choi (*Brassica rapa* cv. Bonsai, Chinensis group) grown under vermicompost and chemical fertiliser Journal of the Science of Food and Agriculture 89: 2383-2392.

Plett, D. C., Ranathunge, K., Melino, V. J., Kuya, N., Uga, Y. and Kronzucker, H. J. (2020) The intersection of nitrogen nutrition and water use in plants: new paths toward improved crop productivity. Journal of Experimental Botany. 71: 4452-4468.

Rao, N. K., Hunashikatti, L. and Shivashankara, K. (2016) Physiological and morphological responses of horticultural crops to abiotic stresses. In: Abiotic Stress Physiology of Horticultural Crops (eds. Rao, N., Shivashankara, K. and Laxman, R.) Pp. 3-17. Springer, New Delhi.

Rahimi, A., Siavash Moghaddam, S., Ghiyasi, M., Heydarzadeh, S., Ghazizadeh, K. and Popovic-Djordjevic, J. (2019) The influence of chemical, organic and biological fertilizers on agrobiological and antioxidant properties of Syrian cephalaria (*Cephalaria syriaca* L.). Agriculture 9: 122.

Schlering, C., Dietrich, H., Frisch, M., Schreiner, M., Schweiggert, R., Will, F. and Zinkernagel, J. (2019) Chemical composition of field grown radish (*Raphanus sativus* L. var. sativus) as influenced by season and moderately reduced water supply. Journal of Applied Botany and Food Quality 92: 343-354.

Schiattone, M. I., Viggiani, R., Di Venere, D., Sergio, L., Cantore, V., Todorovic, M., Perniola, M. and Candido, V. (2018) Impact of irrigation regime and nitrogen rate on yield, quality and water use efficiency of wild rocket under greenhouse conditions. Scientia Horticulturae 229: 182-192.

Sradnick, A., Murugan, R., Oltmanns, M., Raupp, J. and Joergensen, R. G. (2013) Changes in functional diversity of the soil microbial community in a heterogeneous sandy soil after long-term fertilization with cattle manure and mineral fertilizer. Applied Soil Ecology 63: 23-28.

Stagnari, F., Galieni, A., D'Egidio, S., Pagnani, G. and Pisante, M. (2017) Responses of radish (*Raphanus sativus* L.) to drought stress. Annals of Applied Biology 172: 170-186.

Stagnari, F., Galieni, A., Speca, S. and Pisante, M. (2014) Water stress effects on growth, yield and quality traits of red beet. Scientia Horticulturae 165: 13-22.

Wang, L., Wang, S., Chen, W., Li, H. and Deng, X. (2017) Physiological mechanisms contributing to increased water-use efficiency in winter wheat under organic fertilization. PloS One 12: 1-21.

Wang, Z. B., Wang, Y. F., Zhao, J. J., Ma, L., Wang, Y. J., Zhang, X., Nie, Y. T., Guo, L. X., Mei, L. X. and Zao, Z. Y. (2018) Effects of GeO_2 on chlorophyll fluorescence and antioxidant enzymes in apple leaves under strong light. Photosynthetica 56: 1081-1092.

Yang, W., Li, Y., Liu, W., Wang, S., Yin, L. and Deng, X. (2021) Sustainable high yields can be achieved in drylands on the Loess Plateau by changing water use patterns through integrated agronomic management. Agricultural and Forest Meteorology 296: 108210.

Yuan, Y., Liu, Y., Wu, C., Chen, S., Wang, Z., Yang, Z., Qin, S. and Huang, L. (2012) Water deficit affected flavonoid accumulation by regulating hormone metabolism in *Scutellaria baicalensis* Georgi roots. PloS one 7: e42946.

Zhou, R., Kong, L., Yu, X., Ottosen, C., Zhao, T., Jiang, F. and Wu, Z. (2019) Oxidative damage and antioxidant mechanism in tomatoes responding to drought and heat stress. Acta Physiologiae Plantarum 41: 20.

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2025-07-02]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1401.11.48.1.2]

Effect of organic fertilizer on some biochemical, quantitative and qualitative characteristics of white radish (*Rhaphanus sativus* var. longipinnatus) under drought stress conditions

Farzin Abdollahi[1*], Leila Jafari[1], Afsaneh Rahimi[2]

[1] Department of Horticulture Science, and Member of Research Group of Agroecology in Dryland Area, Faculty of Agriculture and Natural Resources, University of Hormozgan
[2]Department of Horticulture Science, Faculty of Agriculture and Natural Resources, University of Hormozgan
(Received: 26/12/2021, Accepted: 05/04/2022)

Abstract

Improvement of soil fertility results in plant tolerance against environmental stresses, including drought stress. In order to investigate the effect of different fertilizers on biochemical, quantitative and qualitative characteristics of white radish under drought stress conditions, a split plot experiment was conducted as a randomized complete block design in 2020-21 at University of Hormozgan. Experimental factors included drought stress levels as the main factor in three levels of control, medium and severe, based on providing 100, 75 and 50% of readily available water and five fertilizer levels included control (without fertilizer application) and 100 kg of pure nitrogen from urea, animal manure, biochar and vermicompost sources as a sub-factor. Our findings revealed that drought stress resulted in a significant decrease in leaf chlorophyll a and b content, leaf number and root diameter. Comparing with the control level, this decrease was estimated to be 29.4%, 24.2%, 27.4% and 36.2% for chlorophyll a and b content, leaf number and root diameter respectively. On the other hand, severe drought stress caused a significant increase (41.8%) in root nitrate content compared to the control. These results highlighted that fertilizer application could improve the biochemical and quantitative properties of white radish. The highest amount of plant pigments, catalase and peroxidase activity and Fv/Fm index and the lowest content of malondialdehyde were obtained with the use of vermicompost. The results showed that although in severe drought stress conditions, the highest root yield was obtained with the use of urea fertilizer, there was no significant difference with other fertilizers. On the other hand, under these conditions, the use of organic fertilizers maintained the quality characteristics of white radish root.

Keywords: White radish, Drought stress, Catalase, Root nitrate, Vermicompost

Corresponding author, Email: fabdollahi@hormozgan.ac.ir

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2025-07-02]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1401.11.48.1.2]