Iranian Journal of Soil and Water Research ISNN: 2423-7833
Homepage: http://ijswr.ut.ac.ir

Effects of municipal waste compost and farmyard manure on reducing drought stress in basil (*Ocimum basilicum* L)

Intesar Kadhim Javad[1] | Aliashraf Amirinejad[2]✉ | Jaber Esmaeil Khalf Mohhamad[3]
1. Department of Soil Science, Faculty of Agriculture, Razi University, Kermanshah, Iran. E-mail: entasarJavadi1976@yahoo.com
2. Corresponding Author, Department of Soil Science, Faculty of Agriculture, Razi University, Kermanshah, Iran. E-mail: a.amirinejad@razi.ac.ir
3. Department of Soil Science, Faculty of Agriculture, University of Baghdad, Baghdad, Iraq. E-mail: Jabir.al.hadithi@gmail.com

Article Info

Article type: Research Article

Article history:

Received: Sep. 2, 2023

Revised: Dec. 22, 2023

Accepted: Dec. 30, 2023

Published online: March. 2024

Keywords:
Herbal Plants,
Organic Amendments,
Proline,
Water Deficit.

ABSTRACT

Drought is one of the most common and important factors limiting production in arid and semi-arid regions. Some organic amendments can be used to reduce the effects of drought on plants. The aim of this study was to investigate the effect of municipal waste compost and farmyard manure on the growth characteristics of basil (Ocimum basilicum L) under water deficit. A factorial experiment was conducted based on a completely randomized design with three replications in 2022 in the greenhouse of Razi University, Kermanshah. The factors included water deficit (at three levels of 50, 75 and 100 % of field capacity (FC), farmyard manure (at three levels of 15, 30 and 45 ton/ha) and municipal waste compost (at three levels of 15, 30 and 45 ton/ha). For the manure, the treatment without manure and also for the compost, the treatment without compost is considered as the control. The results showed that the interaction effect of compost and farmyard manure under water deficit on most of the growth characteristics as well as the amounts of proline, soluble sugars and plant pigments were significant ($P \leq 0.01$). The highest shoot and root dry weight (2.1 and 1.7 g, respectively), shoot height (24.1 cm), leaf area (75.5 cm2) and relative water content (29.3 %) were obtained with application of 45 tons/ha of compost, 45 tons/ha of manure and FC. Also, the highest amount of proline (9.78 µmol/g) and soluble sugars (1.06 mg/g) were found under 50% of FC, without the use of compost and manure. In general, the simultaneous use of municipal waste compost and farmyard manure is a simple, suitable and cheap strategy to reduce the effects of water deficit in basil.

Cite this article: Kadhim Javad, I., Amiriejad, A. A., & Esmaeili Khalf Mohhamad, J. (2024) Effects of municipal waste compost and farmyard manure on reducing drought stress in basil (*Ocimum basilicum* L), *Iranian Journal of Soil and Water Research*, 55 (1), 17-32. https://doi.org/10.22059/ijswr.2023.364735.669564
© The Author(s).
Publisher: The University of Tehran Press.
DOI: https://doi.org/10.22059/ijswr.2023.364735.669564

مجله تحقیقات آب و خاک ایران، دوره ۵۵، شماره ۱ شاپا: ۲۴۲۳-۷۸۳۳
Homepage: http://ijswr.ut.ac.ir

اثرات کمپوست زباله شهری و کود دامی بر کمبود آب در گیاه ریحان (*Ocimum basilicum* L)

انتصار کاظم جواد[۱] | علی اشرف امیری نژاد[۲]✉ | جابر اسماعیل خلف محمد[۳]

۱. گروه علوم و مهندسی خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه رازی، کرمانشاه، ایران. رایانامه: entasarJavadi1976@yahoo.com

۲. نویسنده مسئول، گروه علوم خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه رازی، کرمانشاه، ایران. رایانامه: a.amirinejad@razi.ac.ir

۳. گروه علوم خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بغداد، بغداد، عراق. رایانامه: Jabir.al.hadithi@gmail.com

اطلاعات مقاله

نوع مقاله: مقالهٔ پژوهشی

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۶/۱۱
تاریخ بازنگری: ۱۴۰۲/۱۰/۱
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۱۰/۹
تاریخ انتشار: فروردین ۱۴۰۳

واژه‌های کلیدی:
اصلاح‌کننده آلی،
پرولین،
کمبود آب،
گیاهان دارویی.

چکیده

خشکی از رایج‌ترین و مهم‌ترین عوامل محدودکننده تولید در مناطق خشک و نیمه خشک است. برای کاهش اثرات خشکی بر گیاهان می‌توان از بعضی از مواد اصلاح‌کننده آلی استفاده کرد. پژوهش حاضر با هدف بررسی اثر کمپوست زباله شهری و کود گاوی بر خصوصیات رشدی گیاه دارویی ریحان (Ocimum basilicum L) تحت شرایط کمبود آب انجام شد. آزمایش به صورت فاکتوریل، در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار در سال ۱۴۰۱ در گلخانه دانشگاه رازی، کرمانشاه انجام شد. تیمارهای آزمایشی شامل کمبود –آب در سه سطح (۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ درصد ظرفیت مزرعه)، کود دامی در سه سطح (۱۵، ۳۰ و ۴۵ تن در هکتار) و کمپوست زباله شهری در سه سطح (۱۵، ۳۰ و ۴۵ تن در هکتار) بودند. برای فاکتور کود دامی، تیمار بدون کود و همچنین برای فاکتور کمپوست، تیمار بدون مصرف کمپوست به عنوان تیمار شاهد در نظر گرفته شدند. نتایج نشان داد که اثرات متقابل کمپوست و کود دامی تحت شرایط کمبود آب بر بیشتر ویژگی‌های رشدی و نیز مقادیر پرولین، قندهای محلول و رنگیزه‌های گیاهی معنی‌دارشد ($P\geq$۰/۰۱۰). حداکثر وزن ماده خشک شاخساره و ریشه (به ترتیب ۲/۱ و ۱/۷ گرم)، ارتفاع گیاه (۲۴/۱ سانتی‌متر)، سطح برگ (۷۵/۵ سانتی‌متر مربع) و محتوای نسبی آب برگ (۷۷/۳ درصد) در شرایط کاربرد ۴۵ تن در هکتار کمپوست، ۴۵ تن در هکتار کود دامی و رطوبت ظرفیت مزرعه به‌دست آمد. همچنین، بیشترین غلظت پرولین (۹/۷۸ میکرومول بر گرم) و قندهای محلول (۱/۰۶ میلی‌گرم بر گرم) در شرایط اعمال ۵۰ درصد رطوبت ظرفیت مزرعه و بدون کاربرد کمپوست و کود دامی حاصل شد. به‌طورکلی، کاربرد هم‌زمان کمپوست زباله شهری و کود دامی، یک روش ساده، مناسب و ارزان در راستای کاهش اثر کمبود آب در گیاه دارویی ریحان است.

استناد: کاظم جواد؛ انتصار، امیری نژاد؛ علی اشرف، اسماعیل خلف محمد؛ جابر، (۱۴۰۳) اثرات کمپوست زباله شهری و کود دامی بر کمبود آب در گیاه ریحان (*Ocimum basilicum* L.)، *مجله تحقیقات آب و خاک ایران*، ۵۵ (۱)، ۳۲-۱۷. https://doi.org/10.22059/ijswr.2023.364735.669564

ناشر: مؤسسه انتشارات دانشگاه تهران.

© نویسندگان.

DOI: https://doi.org/10.22059/ijswr.2023.364735.669564

مقدمه

خشکی از رایج‌ترین عوامل محدودکننده رشد و تولید گیاهان زراعی در مناطق خشک و نیمه خشک است و شدت تأثیر آن بر فرآیندهای رشدی گیاهان، به نوع گیاه، ژنوتیپ و مرحله رشد آن بستگی دارد (Ahanger *et al*., 2016). بطورکلی، از مهم‌ترین علائم بروز تنش خشکی درگیاهان زراعی، پژمردگی برگ‌ها، کاهش ارتفاع و زیست توده و تغییر در اندازه و تعداد برگ است (Yang *et al*., 2022).

اگرچه در هنگام بروز خشکی، طول ریشه برخی گیاهان به منظور جذب مقدار بیشتر آب افزایش می‌یابد (Wahab *et al*., 2022)، اما در بیشتر موارد، خشکی عامل محدودکننده رشد و توسعه ریشه در خاک است. این موضوع باعث کاهش دسترسی گیاه به آب موجود در ناحیه ریشه می‌شود (García-Caparrós *et al*., 2019). بنابراین، گیاهان در شرایط تنش خشکی، اقدام به تولید و ذخیره مواد تنظیم‌کننده اسمزی می‌کنند که از جمله آن‌ها، پرولین و قندهای محلول است (Mahdavikia *et al*., 2019). همچنین، خشکی منجر به کاهش شدید فتوسنتز و مقدار کلروفیل‌های a و b و کاروتنوئید می‌گردد (Alinejad *et al*., 2020).

به هر حال، ارائه راه‌حل‌هایی کاربردی جهت مقابله با خشکی و کاهش اثرات زیان‌بار آن بر گیاهان یک امر ضروری است. یکی از اقتصادی‌ترین و ساده‌ترین روش‌ها، استفاده از مواد اصلاح‌کننده در خاک است. کمپوست و کودهای دامی از جمله ترکیبات آلی است که در این شرایط استفاده می‌شود.

امروزه با توسعه جوامع شهری، تولید زباله‌های شهری افزایش پیدا کرده است و یکی از روش‌های مناسب جهت دفع زباله، تبدیل آن به کودهای آلی غنی از مواد مغذی از طریق فرآیند کمپوست‌شدن می‌باشد. کاربرد کمپوست در خاک، با بهبود کیفیت فیزیکی و شیمیایی خاک، موجب توسعه ریشه، افزایش جذب آب و عناصر غذایی و در مجموع، رشد و عملکرد بیشتر محصولات کشاورزی می‌شود (Cogger, 2005). در این راستا، نگرانی اصلی کاربرد کمپوست زباله شهری در اراضی کشاورزی، تجمع فلزات در خاک و در ادامه، ورود آن‌ها به محصولات یا آب‌های زیرزمینی است. همچنین، کمپوست زباله دارای غلظت بالایی از نمک است که می‌تواند رشد گیاهان را محدود سازد. به هر حال، استفاده ایمن از آن در کشاورزی را می‌توان با جداسازی اجزاء مختلف قبل از فرایند جمع‌آوری و همچنین توسعه و اجرای استانداردهای صنعتی تضمین کرد (Hargreaves *et al*., 2008).

مصرف کود گاوی نیز به عنوان یک ترکیب آلی مناسب، موجب بهبود خواص فیزیکی و شیمیایی خاک، در راستای مدیریت پایدار اراضی می‌شود. علاوه بر این، با افزایش ظرفیت نگهداری آب در خاک، موجب افزایش رشد گیاهان در شرایط خشکی خاک می‌شود (Mokgolo *et al*., 2019).

ریحان (*Ocimum basilicum*) از خانواده Lamiaceae است. علاوه بر استفاده به عنوان سبزی، دارای خواص دارویی مهم از قبیل کاهش فشار و قند خون، ضد اسپاسم، آرام بخش، کاهنده تب و خاصیت ضد التهابی می‌باشد (Miraj and Kiani, 2016). این گیاه دارویی، اگرچه در بسیاری از نقاط ایران کشت می‌شود، اما مهم‌ترین عامل محدودکننده تولید آن، بویژه در نواحی خشک و نیمه خشک کشور، خشکی است. بنابراین، در راستای توسعه کشت گیاهان دارویی، این پژوهش با هدف بررسی اثرات کود گاوی و کمپوست زباله شهری بر ویژگی‌های رشدی گیاه دارویی ریحان تحت شرایط کمبود آب انجام گردید.

پیشینهٔ پژوهش

نتایج بررسی تأثیر کمپوست و کود دامی بر صفات مورفولوژیک، عملکرد و میزان اسانس گیاه دارویی ریحان نشان داد که کاربرد کمپوست و کود دامی به‌طور معنی‌داری باعث افزایش ارتفاع بوته، تعداد برگ در بوته، عملکرد بیولوژیک، عملکرد دانه و میزان اسانس در مقایسه با تیمار شاهد شد. افزایش در ویژگی‌های رشدی گیاه، به دلیل وجود عناصر غذایی ضروری برای رشد گیاه در ترکیب این کودهای آلی بوده که سبب فعال‌سازی آنزیم‌های دخیل در سنتز کلروفیل می‌شود. علاوه بر این، کمپوست حاوی تنظیم‌کننده‌های رشد گیاهی (از قبیل اکسین‌ها و سیتوکینین‌ها) و اسید هیومیک می‌باشد که وجود این مواد می‌تواند رشد گیاه را افزایش دهد (محمد زاده توتونچی، ۱۳۹۹).

نتایج ارزیابی اثر کودهای شیمیایی و آلی بر ویژگی‌های رشدی، عملکرد و اجزای عملکرد سه اکوتیپ کنجد نشان داد که استفاده از کودهای آلی کمپوست و کود دامی سبب افزایش حاصلخیزی خاک و بهبود رشد و تولید گیاهان در شرایط گلخانه گردید. به عبارتی، استفاده از کودهای با منشاء اکولوژیکی مانند کود دامی و کمپوست می‌تواند جایگزین مناسبی برای کودهای شیمیایی باشد زیرا این مواد ضمن حفظ مواد آلی خاک، سبب افزایش حاصلخیزی و فراهم کردن عناصر غذایی در خاک می‌شوند (گلدانی و فاضلی کاخکی، ۱۳۹۳).

کاربرد کمپوست در خاک موجب اصلاح ویژگی‌ها، از جمله بهبود ساختار و حفظ رطوبت خاک می‌شود. به عبارتی، با افزایش خلل و فرج، ظرفیت نگهداری آب خاک بیشتر می‌شود (Rasyid *et al*., 2018). همچنین، گزارش شده است که استفاده از کمپوست در خاک، سبب افزایش ماده آلی، نگهداشت آب خاک و تولید محصولات گردید. به عبارت دیگر، کمپوست ویژگی‌های رویشی مثل وزن خشک اندام هوایی وریشه، طول ریشه و ارتفاع گیاه ریحان شیرین را در شرایط تنش خشکی افزایش داد (Celikcan *et al*., 2021).

بررسی تأثیر کود دامی بر ویژگی‌های رشدی گیاه دارویی گشنیز تحت شرایط خشکی نیز نشان داده است که به دلیل افزایش ذخیره رطوبتی خاک، اثرات نامطلوب خشکی بر رشد عمومی گیاه کاهش یافت. به عنوان مثال، کاربرد کود دامی در خاک منجر به افزایش ارتفاع بوته، وزن خشک اندام هوایی و ریشه و تعداد شاخه و برگ گیاه تحت شرایط خشکی گردید (Kadhim, 2021).

مواد و روش‌ها

آزمایش به صورت فاکتوریل، در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار در سال ۱۴۰۱ در گلخانه دانشکده کشاورزی دانشگاه رازی صورت گرفت. نمونه‌های خاک از لایه سطحی (۰-۳۰ سانتی‌متری) مزرعه دانشکده با مختصات جغرافیایی۳۴ درجه و ۲۰ دقیقه و ۱۳ ثانیه شمالی و ۴۷ درجه و ۵ دقیقه و ۱۶ ثانیه شرقی تهیه گردید. بعد از هوا خشک کردن و عبور از الک دو میلی‌متری، برخی از خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک اندازه‌گیری گردید. واکنش (pH) گل اشباع نمونه خاک توسط pH سنج، هدایت الکتریکی (EC) در عصاره گل اشباع توسط هدایت‌سنج الکنریکی، بافت خاک با روش هیدرومتر، جرم مخصوص ظاهری خاک به روش استوانه، کربنات کلسیم معادل خاک به روش خنثی‌سازی با اسید کلریدریک، کربن آلی روش اصلاح شده واکلی و بلک و ظرفیت تبادل کاتیونی (CEC) به روش سه مرحله‌ای تعیین شدند (Klute, 1986). ویژگی‌های خاک مورد استفاده در جدول ۱ آمده است. توضیح اینکه بر اساس منحنی مشخصه رطوبتی خاک منطقه نمونه‌برداری، مقادیر رطوبت اشباع، نقطه پژمردگی دائم و ظرفیت مزرعه به ترتیب ۳۷، ۲۶ و ۱۲ درصد به‌دست آمد.

جدول ۱. ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک مورد استفاده

pH	EC (dS/m)	CEC ($cmol_c/kg$)	شن ٪	رس ٪	سیلت ٪	بافت خاک	جرم مخصوص ظاهری (g/cm^3)	کربن آلی ٪	کربنات کلسیم معادل ٪	ازت کل ٪	$P_{aval.}$ ($mg.kg^{-1}$)	$K_{aval.}$ ($mg.kg^{-1}$)
۷/۶	۰/۳۲	۱۸/۳	۲۰/۵	۱۹/۴	۶۰/۱	لوم سیلتی	۱/۴۳	۰/۸۱	۲۹/۱	۰/۰۸	۷/۸	۱۸۳

تیمارهای آزمایشی شامل کمبود آب در سه سطح (۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ درصد رطوبت ظرفیت مزرعه)، کود گاوی در سه سطح (۱۵، ۳۰ و ۴۵ تن در هکتار) و کمپوست زباله شهری در سه سطح (۱۵، ۳۰ و ۴۵ تن در هکتار) بودند. برای فاکتور کود دامی، تیمار بدون کود و همچنین برای فاکتور کمپوست، تیمار بدون مصرف کمپوست به عنوان تیمار شاهد در نظر گرفته شدند. انتخاب سطوح تیمارها بر اساس نتایج تحقیقات قبلی صورت گرفت (Celikcan *et al*., 2021; Kadhim, 2021; Mahdavikia *et al*., 2019).

کمپوست زباله شهری از شرکت کود آلی شهرداری کرمانشاه و کود دامی کاملاً پوسیده از فارم دامپروری دانشکده کشاورزی دانشگاه رازی تهیه گردیدند. سپس بر اساس سطوح تیمارهای آزمایشی، کمپوست زباله و کود گاوی به مقدار لازم با نمونه خاک هر گلدان (به میزان هشت کیلوگرم) بطور یکنواخت مخلوط گردید.

در پرکردن گلدان‌ها سعی شد که خاک گلدان به جرم مخصوص ظاهری خاک مزرعه رسانیده شود. بدین منظور، پس از محاسبه حجم گلدان، جرم خاک مورد نیاز برای رسانیدن به جرم مخصوص ظاهری مورد نظر (۱/۴۳ گرم بر سانتی‌مترمکعب) محاسبه و پس از توزین، به‌آرامی داخل گلدان‌ها ریخته و متراکم شد.

هر گلدان دارای ارتفاع ۲۵ سانتی‌متر و قطر دهانه ۲۳ سانتی‌متر بود. در کف هر گلدان، یک سانتی‌متر ماسه درشت جهت ایجاد زهکش ریخته و سپس نمونه خاک اضافه شد. ۱۰ عدد بذر ریحان به حالت دایره‌ای در هر گلدان کاشته شد. بعد از جوانه زنی و استقرار کامل گیاهان، پنج بوته در هر گلدان باقی گذاشته و بقیه تنک شدند. در طول این مدت، عملیات آبیاری روزانه و به‌صورت کامل (حفظ رطوبت خاک در حد ظرفیت مزرعه) صورت گرفت. پس از تنک‌کردن و حفظ پنج بوته ریحان در هر گلدان، تیمارهای کمبود آب اعمال گردید.

جهت اعمال شدت‌های مختلف کم آبی، ابتدا منحنی مشخصه رطوبتی خاک بررسی و بر اساس آن، میزان رطوبت خاک معادل

ظرفیت مزرعه (FC) تعیین شد. بعد با توجه به این مقدار، رطوبت‌های ۷۵ و ۵۰ درصد FC محاسبه و بر گلدان‌ها اعمال گردید. جهت کنترل تیمارها از روش وزنی استفاده شد. به‌این صورت که وزن گلدان‌ها به صورت روزانه کنترل شد و جهت ثابت نگه داشتن مکش خاک، مجدداً به مقدار کاهش وزن هر گلدان، آب به گلدان اضافه شد. این شرایط تا پایان آزمایش ادامه داشت.

کوددهی بر اساس نیاز گیاه ریحان و نتایج آزمون خاک انجام شد. مطابق نتایج آنالیز اولیه (جدول ۱)، خاک مورد مطالعه کمبودی از نظر پتاسیم نداشت. اما در خصوص فسفر، قبل از کاشت بذور یک گرم کود سوپرفسفات تریپل به خاک هر گلدان اضافه نموده و با آن مخلوط گردید. کود اوره نیز در دو مرحله (بعد از تنک‌کردن گیاهچه‌ها و شروع رشد طولی ساقه) به مقدار نیم گرم در هر مرحله به هر گلدان اضافه شد. میانگین دمای گلخانه در طول روز ۲۰ و در شب ۱۵ درجه سانتی‌گراد بود.

در پایان دوره رشد رویشی (قبل از گلدهی و حدود نه هفته پس از سبز شدن)، برخی پارامترهای رشدی گیاه با استفاده از روش‌های رایج اندازه‌گیری و به صورت میانگین هر بوته محاسبه شدند. ارتفاع گیاه از سطح خاک تا انتهای ساقه و نیز طول ریشه‌های هر بوته بعد از شستشو، با استفاده از خط‌کش اندازه‌گیری شدند. سطح برگ (با دستگاه اندازه‌گیری سطح برگ مدل AM350 شرکت ADC انگلستان)، وزن خشک شاخساره و ریشه (خشک شده در آون با دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۴۸ ساعت و توزین با ترازوی آزمایشگاهی AND مدل EK610I با میزان دقت در خطا ۰/۰۱ گرم)، تعداد برگ هر بوته در گلدان، حجم ریشه هر بوته (بر طبق قانون ارشمیدوس، از طریق تعیین حجم آب جابجا شده در یک استوانه مدرج) و سطح ریشه (با استفاده از فرمول اتکینسون) اندازه‌گیری گردیدند. مقدار نسبی آب برگ (RWC) نیز با استفاده از رابطه RWC= (FW–DW)/ (TW– DW) × 100 تعیین شد (Diaz-Perez et al., 1995). همچنین، برای سنجش غلظت پرولین از روش بیتس و همکاران (Bates et el. 1973)، میزان قندهای محلول از روش فنل–اسید سولفوریک (Kochert, 1978) و مقادیر کلروفیل‌های a و b و کاروتنوئید از روش استاندارد مربوطه (Lichtenthaler and Wellburn, 1983) استفاده شد. تجزیه و تحلیل داده‌ها با نرم افزار آماری SAS و مقایسه میانگین داده‌ها با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح پنج درصد انجام گردید.

نتایج و بحث

ویژگی‌های فیتوشیمیایی ریحان

بر اساس نتایج تجزیه واریانس، اثرات متقابل کمپوست زباله و کود دامی بر غلظت پرولین، قندهای محلول، کلروفیل a، کلروفیل b و کاروتنوئید ریحان تحت شرایط کمبود آب در سطح یک درصد معنی‌دار شد (جدول ۲).

جدول ۲: تجزیه واریانس (میانگین مربعات) اثرات کمپوست زباله شهری و کود دامی بر ویژگی‌های فیتوشیمیایی ریحان تحت شرایط کمبود آب

منابع تغییرات	درجه آزادی	پرولین	قند محلول	کلروفیل a	کلروفیل b	کاروتنوئید
کمبود آب	۲	۰ /۹۸**	۰/۶۴**	۱۸۵/۴**	۴۹۷/۶**	۱۵/۷**
کمپوست	۳	۱۴/۳**	۰/۷۳**	۲۷۱/۸**	۴۹۰.**	۲۱/۷**
کمبود آب × کمپوست	۶	۰/۳۲**	۰/۰۰۹**	۱۹/۶**	۲۱/۱*	۰/۵۳**
کود دامی	۳	۳۰۰.**	۱/۰۸**	۲۱۶**	۳۲۰.**	۳۴/۲**
کمبود آب ×کود دامی	۶	۳/۹۶**	۰/۰۰۳**	۱۲/۸**	۳/۹۸**	۰/۲۹**
کود دامی×کمپوست	۹	۳/۵**	۰/۰۴۳**	۱۰/۲**	۱۷/۴**	۰/۳**
کمبود آب ×کمپوست×کود دامی	۱۸	۰/۶۱**	۰/۰۰۴**	۷/۷۹**	۱/۵۸**	۰/۱**
خطا	۹۶	۰/۰۱۳	۰/۰۰۱	۳/۳۷	۰/۳۱۱	۰/۰۱
ضریب تغییرات (٪)		۳/۰۳	۲/۵۶	۱۵/۲	۳/۷۷	۲/۷۹

ns، * و ** به ترتیب غیرمعنی‌دار و معنی‌داربودن در سطح پنج و یک درصد را نشان می‌دهد.

پرولین

مقایسه میانگین‌ها مربوط به اثرات کمپوست زباله شهری و کود دامی بر پرولین ریحان نشان داد که بیشترین غلظت پرولین (۹/۷۸ میکرومول بر گرم) در شرایط کمبود شدید آب (۵۰ درصد رطوبت ظرفیت مزرعه) و بدون کاربرد کمپوست و کود دامی به‌دست آمد که نسبت به تیمار بدون کاربرد کمپوست و کود دامی ولی با رطوبت ۷۵ درصد ظرفیت زراعی و رطوبت کامل (رطوبت خاک در حد ظرفیت مزرعه)، به ترتیب افزایش ۱۱۴ و ۱۳۰ درصدی را نشان می‌دهد (جدول ۳).

علت افزایش غلظت پرولین با اعمال کم آبی در ریحان، در واقع نوعی مکانیسم دفاعی و یا سازگاری جهت غلبه بر شرایط تنش است. به‌عبارت دیگر، سنتز اسید آمینه پرولین و ذخیره آن در سیتوپلاسم گیاهی، به عنوان اسمولیت عمل می‌کند و در حفظ و تنظیم فشار اسمزی درون سلولی و کاهش خسارات ناشی از تنش رطوبتی نقش دارد (García-Caparrós *et al*., 2019). معمولاً گیاهان در شرایط تنش‌های محیطی و از جمله وقوع خشکی، اقدام به تولید پرولین و قندهای محلول و ذخیره این مواد به‌عنوان تنظیم‌کننده پتانسیل اسمزی کرده تا از این طریق موجب کاهش پتانسیل آبی سلول شوند (Mahdavikia *et al*., 2019). مشابه پژوهش حاضر، اثر تنش خشکی در افزایش معنی‌دار پرولین در گیاه دارویی ریحان گزارش شده است (Celikcan *et al*., 2021).

کمترین غلظت پرولین (۱/۱ میکرومول بر گرم) با کاربرد کمپوست و کود دامی (هر یک به میزان ۴۵ تن درهکتار) و ۱۰۰ درصد رطوبت ظرفیت مزرعه به‌دست آمد (جدول ۳). به عبارت دیگر، کاربرد کود کمپوست و کود دامی منجر به کاهش تولید پرولین در بافت برگی شد. کاهش پرولین در چنین شرایطی ممکن است به دلیل نقش این ترکیبات در افزایش ذخیره رطوبتی خاک و به دنبال آن افزایش جذب آب بوسیله ریشه گیاه (Kadhim, 2021) و یا اثر آن‌ها به عنوان کود آلی بر بهبود کیفیت فیزیکی و شیمیایی خاک و از جمله درصد تخلخل و گنجایش تبادل کاتیونی خاک (Mokgolo *et al*., 2019) باشد.

قندهای محلول

بیشترین غلظت قند محلول (۱/۰۶ میلی‌گرم بر گرم) در در شرایط کمبود شدید آب (۵۰ درصد ظرفیت مزرعه) و بدون کاربرد کمپوست و کود دامی به‌دست آمد که نسبت به تیمار بدون کاربرد کمپوست و کود دامی ولی با رطوبت ۷۵ درصد ظرفیت مزرعه و رطوبت کامل، به ترتیب افزایش ۱۱۵ و ۱۴۵ درصدی را نشان می‌دهد (جدول ۳).

علت افزایش غلظت قندهای محلول در ریحان با اعمال کم آبی، در واقع پاسخ این گیاه نسبت به بروز خشکی است. به عبارت دیگر، افزایش تولید قندهای محلول در این شرایط، علاوه بر نقش فیزیولوژیک، از نظر کاهش پتانسیل آبی گیاه و حفظ آب سلول جهت تورژسانس مؤثر است. این تأثیر از طریق تنظیم اسمزی و حفظ تعادل اسمزی و به دنبال آن، جذب آب و افزایش تحمل گیاه در برابر خشکی می‌باشد (Gurrieri *et al*., 2020).

کمترین غلظت قند محلول نیز (۰/۱۷ میلی‌گرم) در تیمار ۴۵ تن در هکتار کمپوست، ۴۵ تن در هکتار کود دامی و رطوبت معادل ۵۰ درصد ظرفیت مزرعه به‌دست آمد (جدول ۳). به عبارتی، کاربرد کود دامی و کمپوست بر میزان قندهای محلول اثر منفی داشته و باعث کاهش تولید قند در شرایط کمبود آب شدند. مکانیسم اثر این ترکیبات آلی در کاهش قند محلول به‌خوبی مشخص نیست، اما به نظر می‌رسد، با کاربرد این مواد و افزایش توان نگهداشت آب در خاک، راندمان مصرف آب به‌وسیله گیاه افزایش می‌یابد. بنابراین، به‌طور غیرمستقیم و از طریق تنظیم اسمزی، مانع از هیدرولیز نشاسته و تجمع قندهای محلول در اندام‌های هوایی گیاهان می‌شوند. به عبارتی، در چنین شرایطی، با حفظ پتانسیل اسمزی درون گیاه، تجزیه مولکول‌های پلیمری قند به مولکول‌های کوچکتر و به عنوان مثال تبدیل نشاسته به ساکارز کاهش می‌یابد (Huang *et al*., 2023).

کلروفیل a، کلروفیل b و کاروتنوئید

نتایج نشان می‌دهد بیشترین مقادیر کلروفیل a، کلروفیل b و کاروتنوئید (به ترتیب ۱۸/۸، ۲۳/۶۲ و۴/۹۲ میلی‌گرم بر گرم وزن تر برگ) در تیمار ۴۵ تن در هکتار کمپوست، ۴۵ تن در هکتار کود دامی و رطوبت معادل ۵۰ درصد ظرفیت مزرعه حاصل شد. کمترین مقادیر آن‌ها (به ترتیب ۰/۴، ۰/۸ و ۰/۶ میلی‌گرم) در شرایط کمبود شدید آب و بدون کاربرد کمپوست و کود دامی به‌دست آمد (جدول ۳).

رنگیزه‌های گیاهی از مهم‌ترین عوامل اثرگذار بر فرایند فتوسنتز گیاهان هستند. در زمان وقوع خشکی، به دلیل افزایش تولید رادیکال‌های آزاد اکسیژن، که باعث تخریب کلروپلاست سلول، پراکسیداسیون و تجزیه رنگیزه‌ها می‌شوند، غلظت کلروفیل کاهش می‌یابد. همچنین، کاهش پتانسیل آب برگ و افزایش تولید اتیلن و آبسزیک اسید، به عنوان مواد فعال‌سازی آنزیم‌های کلروفیلاز و در نتیجه، تجزیه کلروفیل نیز از دیگر دلائل کاهش کلروفیل به هنگام تنش خشکی است (Wahab et al., 2022).

جدول ۳: اثرات کمپوست زباله و کود دامی بر ویژگی‌های فیتوشیمیایی ریحان تحت شرایط کمبود آب

سطوح کمبود آب (% FC)	سطوح کمپوست (ton/h)	سطوح کود دامی (ton/h)	پرولین (µmol/g)	قندهای محلول (mg/g)	کلروفیل a (mg/g)	کلروفیل b (mg/g)	کارتنوئید (mg/g)
		شاهد	۹/۷۸^{a}	۱/۰۶^{a}	۰/۴^{s}	۰/۸^{x}	۰/۶^{z}
		۱۵	۴/۲۸^{l}	۰/۹۱^{bc}	۵/۱۲^{pqr}	۳/۷۵^{w}	۱/۲^{w}
	شاهد	۳۰	۱/۹۳$^{s-v}$	۰/۸۲^{de}	۷/۰۳$^{o-r}$	۸/۵۵^{u}	۱/۶۱^{uv}
		۴۵	۱/۵۲^{z}	۰/۶۳^{g}	۱۰/۴$^{g-o}$	۱۲/۷۴$^{n-r}$	۲/۱۱^{t}
		شاهد	۹/۵۵^{b}	۰/۹۶^{b}	۴/۸۷$^{q-s}$	۷/۳۹^{w}	۰/۴۱^{y}
		۱۵	۳/۱۲^{n}	۰/۸۱^{de}	۷/۰۳$^{o-r}$	۱۰/۸۵^{v}	۱/۴۲^{vw}
	۱۵	۳۰	۱/۸$^{v-y}$	۰/۷۳^{f}	۸/۸۶^{lq}	۱۲/۵$^{j-p}$	۲/۴۵^{rs}
		۴۵	۱/۲۷^{xz}	۰/۵۵^{hij}	۱۰/۶۱$^{f-o}$	۱۳/۱$^{l-q}$	۳/۲۱^{o}
		شاهد	۹/۲۱^{c}	۰/۹۶^{b}	۹/۹۵$^{i-p}$	۱۱/۲۹^{v}	۰/۷۳^{x}
۵۰		۱۵	۲/۳۲^{pq}	۰/۹۱^{bc}	۱۱/۶۵$^{d-o}$	۱۳/۸۸$^{k-p}$	۳/۰۷^{op}
	۳۰	۳۰	۱/۷۳$^{v-z}$	۰/۸۲^{de}	۱۲/۴۹$^{c-n}$	۱۵/۳۲$^{e-k}$	۳/۴۵^{mn}
		۴۵	۱/۱۷^{xz}	۰/۴۵^{m}	۱۳/۶۹$^{b-m}$	۱۶/۸۲$^{e-k}$	۳/۸۷^{jk}
		شاهد	۵/۸۲^{i}	۰/۹۳^{bc}	۱۲/۴$^{c-n}$	۱۴/۰۸$^{r-u}$	۱/۷۹^{u}
		۱۵	۲/۱۷^{qrs}	۰/۸۳^{de}	۱۲/۹$^{c-n}$	۱۵/۸۴$^{j-p}$	۳/۲۷^{no}
	۴۵	۳۰	۱/۶۲^{xyz}	۰/۷۴^{f}	۱۴/۱۵$^{a-k}$	۱۷/۳۹$^{g-m}$	۳/۹۴^{ijk}
		۴۵	۱/۰۲^{yz}	۰/۳۳^{o}	۱۵/۶۱$^{a-f}$	۱۹/۲$^{c-g}$	۴/۲۳$^{e-h}$
		شاهد	۸/۵۶^{d}	۰/۹۲^{bc}	۳/۵۳^{rs}	۴/۲۶^{w}	۰/۹^{x}
		۱۵	۴/۷۹^{k}	۰/۸۳^{de}	۱۰/۱۵$^{h-o}$	۱۱/۲۴^{v}	۱/۷۸^{u}
	شاهد	۳۰	۲/۰۶$^{r-u}$	۰/۶۵^{g}	۱۰/۶۲$^{f-o}$	۱۳^{stu}	۲/۰۴^{t}
		۴۵	۱/۵۶^{yz}	۰/۵۳$^{i-l}$	۱۲/۷۸$^{c-n}$	۱۵/۶۸$^{k-p}$	۲/۵۷^{r}
		شاهد	۸/۲۵^{e}	۰/۸۸^{cd}	۸/۵۷$^{m-q}$	۱۰/۴۷^{v}	۱/۲۳^{w}
		۱۵	۳/۸۱^{m}	۰/۷۸^{ef}	۱۱/۳۲$^{e-o}$	۱۲/۵۳$^{q-u}$	۲/۸۹^{pq}
	۱۵	۳۰	۱/۸۵$^{u-k}$	۰/۶۱^{gh}	۱۱/۵۷$^{e-o}$	۱۴/۱۹$^{j-p}$	۳/۵۸^{lm}
		۴۵	۱/۳۹^{xz}	۰/۲^{qr}	۱۳/۰۳$^{c-n}$	۱۵/۹۹$^{g-m}$	۳/۹۷$^{h-k}$
		شاهد	۸/۱۳^{e}	۰/۷۴^{f}	۱۲/۲۸$^{c-n}$	۱۴/۵$^{r-u}$	۲/۱^{t}
۷۵	۳۰	۱۵	۲/۵۴^{p}	۰/۶۶^{g}	۱۳/۲۸$^{b-m}$	۱۵/۶۸$^{i-p}$	۳/۲۳^{no}
		۳۰	۱/۷۶$^{v-u}$	۰/۴۶^{lm}	۱۳/۵۲$^{b-m}$	۱۶/۶۲$^{f-m}$	۳/۵۷^{kl}
		۴۵	۱/۱۹^{z}	۰/۳۷^{no}	۱۶/۰۶$^{a-e}$	۱۸/۸۹$^{b-e}$	۴/۲۲^{efg}
		شاهد	۶/۱۷^{h}	۰/۷۶^{ef}	۱۴/۶۹$^{a-j}$	۱۷/۳۴$^{o-t}$	۲/۵۱^{r}
	۴۵	۱۵	۲/۲۲^{qr}	۰/۶۱^{gh}	۱۵/۴$^{a-g}$	۱۸/۹۴$^{e-l}$	۳/۵۱^{m}
		۳۰	۱/۶۶$^{w-z}$	۰/۵۴$^{h-k}$	۱۶/۷۳$^{a-d}$	۲۰/۵۹$^{d-i}$	۴/۱۵$^{f-i}$
		۴۵	۱/۰۸^{yz}	۰/۴۸$^{j-m}$	۱۸/۱۴^{ab}	۲۲/۳۵^{abc}	۴/۵۵^{bc}
		شاهد	۷/۴۸^{f}	۰/۷۳^{f}	۸/۱۱$^{n-r}$	۹/۹^{tu}	۱/۶۹^{u}
		۱۵	۵/۲۹^{j}	۰/۶۴^{g}	۱۱/۴$^{e-o}$	۱۴/۲۴$^{q-u}$	۲/۲۷st
	شاهد	۳۰	۲/۱۲$^{q-t}$	۰/۵۸^{gh}	۱۴/۰۶$^{a-k}$	۱۷/۲۸^{ns}	۲/۸۸^{pq}
		۴۵	۱/۵۹^{yz}	۰/۴۳^{mr}	۱۶/۷۳$^{a-d}$	۲۰/۵۹^{gn}	۳/۲۵^{no}
		شاهد	۶/۴۸^{g}	۰/۶۳^{g}	۱۱/۰۳$^{e-o}$	۱۳/۶۶$^{r-u}$	۲/۲۳st
		۱۵	۴/۰۸^{l}	۰/۵۴$^{h-k}$	۹/۵۳$^{k-q}$	۱۵/۹۹$^{l-u}$	۳/۲^{o}
	۱۵	۳۰	۱/۹$^{t-w}$	۰/۴۶^{lm}	۱۴/۱۵$^{a-k}$	۱۷/۳۹$^{g-m}$	۴/۰۵$^{g-j}$
		۴۵	۱/۴۹^{yz}	۰/۳۱^{op}	۱۵/۴$^{a-g}$	۱۸/۹۴$^{d-j}$	۴/۴^{cde}
۱۰۰		شاهد	۶/۳۲^{gh}	۰/۵۲$^{i-l}$	۹/۵۷$^{j-q}$	۱۶/۲$^{o-t}$	۲/۵۲^{r}
	۳۰	۱۵	۲/۸^{o}	۰/۴۸$^{j-m}$	۱۰/۸۹$^{f-o}$	۱۶/۶۹$^{f-m}$	۳/۵^{m}
		۳۰	۱/۷۹$^{v-z}$	۰/۳۵^{o}	۱۵/۲۷$^{a-h}$	۱۸/۷۸$^{c-h}$	۴/۳۱^{def}
		۴۵	۱/۲۲^{xz}	۰/۲۵^{pq}	۱۶/۸۵^{abc}	۲۰/۷۵^{ab}	۴/۵۷^{b}
		شاهد	۶/۲۴^{h}	۰/۴۷^{klm}	۱۳/۹۸$^{a-l}$	۱۹/۵۱$^{h-o}$	۲/۷۹^{q}
		۱۵	۲/۲۷^{qr}	۰/۳۳^{o}	۱۴/۹$^{a-i}$	۲۰/۶۹$^{b-f}$	۳/۸۳^{jk}
	۴۵	۳۰	۱/۷$^{v-z}$	۰/۲۴^{pqr}	۱۷/۲۷^{abc}	۲۱/۲۷$^{a-d}$	۴/۴۹^{bcd}
		۴۵	۱/۱^{z}	۰/۱۷^{r}	۱۸/۸^{a}	۲۳/۶۲^{a}	۴/۹۲^{a}

در مقابل، کاربرد کود دامی و کمپوست زباله شهری موجب افزایش رنگیزه‌های فتوسنتزی در شرایط کمبود آب شدند. استفاده از کود دامی می‌تواند با اصلاح ساختار و تخلخل خاک، باعث افزایش ظرفیت نگهداری آب در خاک شود. در نتیجه، افزایش تحمل گیاه در برابر خشکی، موجب افزایش رنگیزه‌های گیاهی می‌شود (Hosseinzadeh et al., 2021). از طرفی، مواد آلی موجود در کود دامی، حاوی ترکیبات نیتروژن‌دار بوده و می‌توانند نیتروژن مورد نیاز برای سنتز رنگدانه‌های فتوسنتزی را فراهم سازند (Bohara et al., 2019). به‌عبارتی، کودهای دامی این ترکیبات نیتروژن‌دار را به همراه سایر عناصر غذایی در اختیار گیاه قرار داده تا کلروفیل برگی تشکیل شود.

کمپوست زباله نیز با رهاسازی عناصری مثل نیتروژن و آهن، سبب افزایش سنتز کلروفیل می‌شود. به عبارت دیگر، نیتروژن موجود در کمپوست، با افزایش فعالیت آنزیم روبیسکو، موجب افزایش غلظت نیتروژن برگ و در ادامه تولید کلروفیل می‌شود. این موضوع در بررسی اثر کمپوست در افزایش کلروفیل و کاروتنوئید در گیاه دارویی بابونه گزارش شده است (احمدیان و همکاران، ۱۳۸۹).

ویژگی‌های مورفولوژیک بخش هوایی ریحان

بر اساس نتایج تجزیه واریانس، اثرات متقابل کمپوست زباله و کود دامی بر سطح و تعداد برگ، محتوای نسبی آب (RWC)، وزن خشک شاخساره و ارتفاع گیاه تحت شرایط کمبود آب در سطح یک درصد معنی‌دار شد (جدول ۴).

جدول ٤: تجزیه واریانس (میانگین مربعات) اثرات کمپوست زباله شهری و کود دامی بر ویژگی‌های مورفولوژیک بخش هوایی ریحان تحت شرایط کمبود آب

منابع تغییرات	درجه آزادی	وزن خشک شاخساره	ارتفاع گیاه	RWC	سطح برگ	تعداد برگ
کمبود آب	۲	۲/۰۷**	۷۹/۹**	۱۲۶/۸**	۱۳۰۵**	۵۳۴/۶**
کمپوست	۳	۲/۰۳**	۱۶۹**	۱۰۷۴**	۱۸۲۳**	۳۹/۴**
کمبود آب × کمپوست	۶	۰/۰۹**	۳/۱۷**	۳/۵۳**	۲۰/۱**	۲/۵**
کود دامی	۳	۰/۳۲**	۲۷۱۷**	۱۰۷۳**	۷۶۴۳**	۱۱/۷**
کمبود آب ×کود دامی	۶	۰/۰۱۷**	۰/۸۱**	۳/۷**	۱۴۲/۵**	۲/۹**
کود دامی×کمپوست	۹	۰/۰۷۵**	۱/۴۵**	۵۴/۷**	۵۸/۱**	۱/۴۱**
کمبود آب ×کمپوست×کود دامی	۱۸	۰/۰۰۶**	۰/۸۵**	۱/۳۳**	۱۳/۴**	۱/۳۶**
خطا	۹۶	۰/۰۰۱	۰/۰۸۳	۰/۰۹۶	۰/۳۹۹	۰/۵۲۷
ضریب تغییرات (٪)		۲/۴۱	۲/۱۳	۰/۵۹	۱/۲	۷/۷۲

ns ، * و ** به ترتیب غیرمعنی‌دار و معنی‌داربودن در سطح پنج و یک درصد را نشان می‌دهد.

وزن خشک شاخساره

بیشترین وزن خشک شاخساره (۲/۱ گرم بر بوته) در تیمار ۴۵ تن در هکتار کمپوست، ۴۵ تن در هکتار کود دامی و رطوبت ظرفیت مزرعه به‌دست آمد که نسبت به تیمار ۴۵ تن در هکتار کاربرد کمپوست و کود دامی ولی با رطوبت ۵۰ و ۷۵ درصد ظرفیت مزرعه، به ترتیب کاهش ۱۱۹ و ۱۰۶ درصدی را نشان می‌دهد. کمترین وزن خشک شاخساره (۰/۵۱ گرم) نیز در شرایط کمبود شدید آب و بدون کاربرد کمپوست و کود دامی به‌دست آمد (جدول ۵).

گیاهان ممکن است از طریق تغییر ویژگی‌های مورفولوژیک مانند کاهش شاخساره نسبت به خشکی واکنش نشان دهند. از جمله دلایل این موضوع، کاهش کارآیی سیستم انتقال الکترون و فعال شدن بعضی هورمون‌ها مثل اسید آبسیزیک و انتقال آن‌ها در طول آوند چوبی به برگ‌ها است. این موضوع، باعث بسته شدن روزنه‌ها و کاهش غلظت دی‌اکسید کربن دریافتی می‌گردد. کاهش تثبیت دی‌اکسید کربن نیز موجب کاهش فتوسنتز سلول‌های برگی و در نتیجه کاهش وزن بخش هوایی گیاه می‌شود. به‌عبارتی، در اثر خشکی و به‌دنبال آن کاهش میزان کلروفیل، توسعه اندام‌های هوایی کمتر می‌شود.

در شرایط رطوبتی ۵۰ درصد ظرفیت مزرعه، با کاربرد دو ترکیب آلی کمپوست و کود دامی هر کدام به میزان ۱۵ و ۳۰ تن در هکتار، وزن خشک شاخساره به ترتیب افزایش ۱۸۶ و ۲۹۶ درصدی را نشان داد (جدول ۵). کود دامی به عنوان یک ماده آلی موثر بر رشد گیاهان، می‌تواند ضمن تأمین بخشی از عناصر غذایی لازم، با افزایش ظرفیت نگهداری رطوبت خاک، موجب جذب آب بیشتر، به‌خصوص در شرایط بروز خشکی، بوسیله ریشه شود. در مجموع، این شرایط سبب افزایش تولید ماده خشک شاخساره و ریشه می‌گردد. علاوه بر این، کود دامی ممکن است با افزایش فعالیت آنزیم روبیسکو، توانایی فتوسنتزی گیاه را افزایش و اثرات منفی خشکی بر رشد رویشی را کاهش دهد (اورعی

و همکاران، ۱۴۰۱).

همچنین، کمپوست زباله از یک سو از طریق بهبود وضعیت فیزیکی خاک و افزایش تهویه، نفوذپذیری و ظرفیت نگهداری آب در خاک و از سوی دیگر، با دسترس قراردادن مقادیر متنابهی از عناصر غذایی لازم برای انجام فتوسنتز مثل نیتروژن، آهن و منگنز، بر تولید زیست‌توده اثر مثبت گذاشته و موجب افزایش وزن خشک شاخساره گیاه می‌شود. این مطلب در بررسی اثر کمپوست زباله شهری بر عملکرد و برخی ویژگی‌های فیزیولوژیکی سیاهدانه تحت تنش خشکی گزارش شده است (آریافر و سیروس مهر، ۱۳۹۶).

ارتفاع گیاه

اثرات کمپوست زباله و کود دامی بر ویژگی‌های رشدی گیاه ریحان تحت شرایط کمبود آب نشان داد که بیشترین ارتفاع (۲۴/۱ سانتی‌متر) در تیمار ۴۵ تن در هکتارکمپوست، ۴۵ تن در هکتار کود دامی و رطوبت ظرفیت مزرعه و کمترین آن (۴/۱ سانتی‌متر) در شرایط کمبود شدید آب و بدون کاربرد کمپوست و کود دامی به‌دست آمد (جدول ۵).

ارتفاع گیاه علاوه بر خصوصیات ژنتیکی، تحت تأثیر شرایط محیطی نیز قرار می‌گیرد. به عنوان مثال، وقوع خشکی با جلوگیری از آماس سلولی، سبب کاهش رشد طولی ساقه و ارتفاع گیاه می‌شود. دلیل دیگر کاهش ارتفاع گیاه در شرایط بروز خشکی، کاهش جذب و انتقال آب و مواد غذایی از ریشه به بخش‌های هوایی و نیز کاهش فتوسنتز و به دنبال آن انتقال شیره پرورده به بخش‌های رویشی گیاه می‌باشد (García-Caparrós *et al*., 2019).

در مقابل، کاربرد کمپوست زباله شهری و کود دامی سبب افزایش ارتفاع گیاه ریحان تحت شرایط کمبود آب شد. این موضوع می‌تواند به دلیل نقش این مواد در اصلاح شرایط فیزیکی و حاصلخیزی خاک و از جمله تأثیر بر بهبود ظرفیت نگهداری آب در خاک، شرایط تغذیه‌ای و افزایش جذب آب و عناصر غذایی ضروری مثل نیتروژن و فسفر بوسیله ریشه گیاه باشد (Kadhim, 2021).

محتوای نسبی آب برگ (RWC)

بیشترین مقدار نسبی آب برگ (RWC) (۷۷/۳ درصد) در شرایط کاربرد ۴۵ تن در هکتار کمپوست و ۴۵ تن در هکتار کود دامی و رطوبت معادل ظرفیت مزرعه و کمترین آن (۱۸/۴ درصد) در شرایط کمبود شدید آب و بدون کاربرد کمپوست و کود دامی به‌دست آمد (جدول ۵). مقدار نسبی آب برگ (RWC) به عنوان یک شاخص مهم، نمایانگر وضعیت آبی گیاه و درجه تحمل آن در برابر تنش خشکی است. به‌عبارتی، RWC بالاتر نشان‌دهنده توانایی تحمل گیاه در برابر شرایط خشکی خاک است (Ahanger et al., 2016).

از طرف دیگر، کمپوست زباله شهری و کود دامی، به عنوان دو ترکیب آلی مهم، بر حفظ و پایداری وضعیت رطوبتی خاک موثّر بوده و تا حد زیادی از بروز تنش رطوبتی در بخش هوایی گیاه و برگ‌ها جلوگیری می‌کنند. این موضوع، از طریق بهبود ساختمان و تخلخل خاک و یا افزایش کارآیی مصرف آب بوده و به عبارتی، محیط مناسبی جهت رشد ریشه و افزایش جذب آب را فراهم می‌کنند (Cogger, 2005; Mokgolo *et al*., 2019; Rasyid *et al*., 2018).

سطح برگ

بیشترین سطح برگ (۷۵/۵ سانتی‌مترمربع) در تیمار رطوبت ظرفیت زراعی و کاربرد ۴۵ تن در هکتار کمپوست و ۴۵ تن در هکتار کود دامی به‌دست آمد. کمترین آن (۲۲/۳ سانتی‌مترمربع) نیز در تیمار ۵۰ درصد ظرفیت مزرعه و بدون کاربرد کمپوست و کود دامی حاصل شد (جدول ۵). به عبارتی، با تشدید کمبود آب سطح برگ کاهش و با کاربرد کمپوست و کود دامی سطح برگ گیاه افزایش یافت.

برگ اندام اصلی دریافت‌کننده نور خورشید و فتوسنتز در گیاهان است. بطورکلی، وقوع خشکی، باعث کاهش فشار تورژسانس در سلول‌های گیاهی شده و این موضوع، رشد و تقسیم سلولی و در نهایت سطح برگ را کاهش می‌دهد. البته تولید اسید آبسیزیک در شرایط بروز خشکی نیز از طریق کاهش تکثیر سلولی منجر به کاهش توسعه سطح برگ می‌شود، هر چند در بعضی از گیاهان نیز کاهش سطح برگ تحت تأثیر تنش آبی موجب تنظیم و تعادل رطوبتی در گیاه می‌شود (Muhammad Aslam *et al*., 2022).

کاربرد کمپوست و کود دامی نیز به واسطه تأمین آب و عناصر غذایی لازم برای سنتز کلروفیل، سبب تحریک ساخت کلروفیل و به دنبال آن افزایش سطح برگ می‌شود. طبیعتاً افزایش سطح برگ منجر به افزایش سطح فتوسنتزکننده شده و لذا گیاه نور خورشید بیشتری را دریافت می‌کند. این موضوع خود باعث افزایش رشد بخش‌های مختلف گیاه و از جمله سطح برگ می‌گردد.

جدول ۵: اثرات کمپوست زباله و کود دامی بر ویژگی‌های مورفولوژیک ریحان تحت شرایط کمبود آب

سطوح کمبود آب (% FC)	سطوح کمپوست (ton/h)	سطوح کود دامی (ton/h)	وزن خشک شاخساره (g)	ارتفاع گیاه (cm)	RWC (%)	سطح برگ (cm^2)	تعداد برگ
		شاهد	۰/۵۱^{r}	۴/۱^{x}	۱۸/۴^{z}	۲۲/۳^{w}	۶^{z}
		۱۵	۰/۷۷^{q}	۷/۳^{t}	۳۴/۳۹^{v}	۳۵/۴۸^{r}	۱۴^{x}
	شاهد	۳۰	۱/۰۸^{o}	۱۲/۳^{o}	۳۲/۵۸^{p}	۴۵/۳۳^{n}	۲۰^{tu}
		۴۵	۱/۳۵^{kl}	۱۵/۶^{j}	۶۰/۸۱^{o}	۵۱/۴۱^{j}	۲۲^{qrs}
		شاهد	۰/۷۵^{q}	۴/۵^{wx}	۳۳/۲۹^{w}	۲۸/۶۳^{u}	۶۹^{z}
		۱۵	۰/۹۵^{p}	۹/۴^{r}	۴۰/۴۷^{v}	۳۸/۲^{q}	۱۹^{uv}
	۱۵	۳۰	۱/۲۲^{mn}	۱۴/۵^{k}	۶۱/۷۶^{n}	۵۵/۵۹^{j}	۲۲^{rs}
		۴۵	۱/۳۶^{jkl}	۱۹/۶^{f}	۶۵/۶۹^{k}	۷۱/۵۹^{c}	۲۵^{mn}
		شاهد	۱/۲۵^{m}	۴/۳^{x}	۳۶/۳۶^{z}	۳۱/۱۱^{t}	۱۰^{z}
۵۰		۱۵	۱/۴۲^{ijk}	۱۱/۵^{p}	۴۳/۴۵^{t}	۴۱/۵۴^{o}	۱۸^{v}
	۳۰	۳۰	۱/۵۱^{gh}	۱۶/۶^{i}	۶۶/۷۳^{tj}	۶۲/۶۸^{g}	۲۲^{rs}
		۴۵	۱/۶۱^{ef}	۲۱/۲^{e}	۶۹/۶۹^{e}	۶۶/۵^{ef}	۲۷$^{i-l}$
		شاهد	۱/۴۳^{ij}	۶/۱^{u}	۳۸/۲۹^{x}	۳۳/۱۲^{s}	۱۲^{y}
	۴۵	۱۵	۱/۵۵^{fg}	۱۲/۸^{n}	۴۴/۳۹^{s}	۴۴/۸۶^{n}	۲۱st
		۳۰	۱/۶۵^{e}	۱۷/۳^{h}	۶۸/۱۷^{fg}	۶۵/۶۳^{f}	۲۶^{klm}
		۴۵	۱/۷۶^{d}	۲۳/۲^{b}	۷۵/۵^{b}	۷۱/۵^{c}	۳۰^{ef}
		شاهد	۰/۸۱^{q}	۴/۹^{w}	۲۱/۵۲^{z}	۲۵/۸۷^{v}	۱۴^{x}
	شاهد	۱۵	۱/۲۵^{m}	۸/۵^{s}	۳۵/۴۱^{w}	۳۹/۶۷^{p}	۱۹^{uv}
		۳۰	۱/۳۶^{jkl}	۱۳/۲^{mn}	۶۰/۴۱^{o}	۴۷/۵۹^{m}	۲۳^{pqr}
		۴۵	۱/۵۴^{fg}	۱۶/۵^{i}	۶۳/۴^{m}	۴/۵۸^{i}	۲۶^{lmn}
		شاهد	۱/۲^{mn}	۴/۲^{x}	۳۵/۳۵^{w}	۳۱/۶۱^{t}	۱۶^{w}
	۱۵	۱۵	۱/۳۳^{l}	۱۰/۴^{q}	۴۲/۳۳^{u}	۴۰/۹۶^{op}	۲۱st
		۳۰	۱/۴۴^{i}	۱۵/۴^{j}	۶۳/۷۷^{m}	۵۸/۵۳^{i}	۲۴^{nop}
		۴۵	۱/۵۶^{fg}	۲۱/۸^{d}	۶۶/۷^{j}	۷۳/۳^{b}	۲۷^{ijk}
		شاهد	۱/۴۶^{hi}	۶/۳^{u}	۳۸/۶^{x}	۳۴/۸۷^{r}	۱۸^{uv}
۷۵	۳۰	۱۵	۱/۵۴^{fg}	۱۲/۳^{o}	۴۴/۴۴^{s}	۴۵/۳^{n}	۲۴^{opq}
		۳۰	۱/۶^{ef}	۱۷/۴^{h}	۶۷/۳۹^{hi}	۶۷/۵۱^{e}	۲۶$^{j-m}$
		۴۵	۱/۷۴^{d}	۲۲/۳^{c}	۷۰/۵^{d}	۶۹/۵۳^{d}	۲۹^{fgh}
		شاهد	۱/۶۴^{e}	۷/۵^{t}	۴۰/۳۶^{v}	۳۷/۳۸^{q}	۲۱st
	۴۵	۱۵	۱/۷۵^{d}	۱۳/۷^{l}	۴۵/۴۱^{r}	۵۶/۸۵^{j}	۲۶^{jm}
		۳۰	۱/۸۵^{bc}	۱۸/۴^{g}	۶۹/۶۷^{e}	۶۹/۵۴^{d}	۳۰^{ef}
		۴۵	۱/۹۷^{a}	۲۳/۱^{b}	۷۶/۶۶^{a}	۷۴/۲۸^{ab}	۳۳^{bc}
		شاهد	۱/۱۶^{n}	۴/۹^{w}	۲۶/۱۶^{z}	۳۷/۶۱^{q}	۲۲^{rs}
	شاهد	۱۵	۱/۴۴^{hi}	۹/۶^{r}	۳۶/۴۱^{z}	۴۱/۱۶^{o}	۲۴^{opq}
		۳۰	۱/۶۴^{e}	۱۵/۶^{j}	۶۳/۲^{m}	۴۹/۶۷^{l}	۲۵^{lmn}
		۴۵	۱/۸۵^{bc}	۲۱/۳^{e}	۶۴/۵۲^{l}	۶۰/۵۲^{h}	۲۷^{hij}
		شاهد	۱/۴$^{i-l}$	۵/۴^{v}	۳۷/۲۷^{y}	۴۲/۲۲^{o}	۲۵^{mno}
	۱۵	۱۵	۱/۵۶^{fg}	۱۱/۵^{p}	۴۵/۳۸^{r}	۵۲/۱۴^{k}	۲۸^{ghi}
		۳۰	۱/۶۵^{e}	۱۷/۱^{h}	۶۵/۲۹^{k}	۶۲/۶۱^{g}	۳۰^{def}
		۴۵	۱/۷۵^{d}	۲۲/۳^{c}	۶۷/۶۳^{gh}	۷۴/۸۷^{a}	۳۴^{b}
۱۰۰		شاهد	۱/۵۷^{d}	۷/۴^{t}	۳۹/۵۲^{w}	۴۶/۸۶^{m}	۲۸^{hij}
	۳۰	۱۵	۱/۶۱^{ef}	۱۳/۳^{lm}	۴۵/۲۸^{r}	۵۸/۴۶^{i}	۲۹^{fg}
		۳۰	۱/۷۴^{d}	۱۸/۲^{g}	۶۸/۴۶^{f}	۶۹/۲۲^{d}	۳۱^{de}
		۴۵	۱/۸۶^{b}	۲۳/۷^{a}	۷۱/۶۱^{c}	۷۰/۳^{cd}	۳۴^{b}
		شاهد	۱/۷۸^{cd}	۸/۲^{s}	۴۲/۷^{u}	۵۵/۵^{j}	۲۹^{fg}
	۴۵	۱۵	۱/۸۵^{bc}	۱۴/۶^{k}	۴۶/۵۸^{q}	۶۶/۴۴^{ef}	۳۱^{cd}
		۳۰	۱/۹^{b}	۱۹/۴^{f}	۷۰/۳۲^{de}	۷۱/۴۹^{c}	۳۴^{b}
		۴۵	۲/۱^{a}	۲۴/۱^{a}	۷۷/۳^{a}	۷۵/۵^{a}	۳۷^{a}

تعداد برگ

بر اساس نتایج مقایسه میانگین، بیشترین تعداد برگ (۳۷ عدد در بوته) با کاربرد ۴۵ تن در هکتار کمپوست و ۴۵ تن در هکتار کود دامی و رطوبت ظرفیت مزرعه و کمترین آن (۶ عدد در بوته) در تیمار کمبود شدید آب (۵۰ درصد ظرفیت مزرعه) و بدون کاربرد کمپوست و کود دامی به‌دست آمد (جدول ۵). از اولین آثار بروز خشکی در گیاهان، کاهش تعداد برگ می‌باشد (Ahanger *et al*., 2016). اگرچه دلیل اصلی کاهش تعداد برگ به هنگام خشکی، کاهش آماس و به دنبال آن کاهش رشد و تقسیم سلولی است، اما در این شرایط، فرایندهای سنتزی و بیوشیمیایی در گیاهان نیز به سختی و با صرف انرژی همراه می‌شود. به عبارت دیگر، با ایجاد تنش خشکی، سرعت فتوسنتز و دسترسی به مواد فتوسنتزی کاهش پیدا می‌کند. از آنجا که گیاه میزان انتقال مواد فتوسنتزی به بخش‌های مختلف را متناسب با ظرفیت مبدأ تنظیم می‌کند، در زمان شروع تنش خشکی که تولید مواد برگی کمتر است، گیاه برای ایجاد تعادل، تعداد گل و برگ خود را کاهش می‌دهد (بدل‌زاده و همکاران، ۱۴۰۱).

از طرف دیگر، کاربرد کود دامی و کمپوست زباله شهری سبب افزایش تعداد برگ گیاه تحت سطوح مختلف کمبود آب شد. این امر به علت تأثیر این ترکیبات در در افزایش قابلیت دسترسی و جذب عناصر غذایی توسط ریشه و نیز بر افزایش ظرفیت تبادل کاتیونی، ماده آلی و رطوبت قابل دسترس خاک می‌باشد (اورعی و همکاران، ۱۴۰۱). نتایج آنالیز خاک گلدان‌ها بعد از برداشت محصول نیز نشان داد که بیشترین ماده آلی (۲/۶۱ درصد) و ظرفیت تبادل کاتیونی (۲۷/۱ mol_c/kg) در تیمار ۴۵ تن در هکتار کمپوست، ۴۵ تن در هکتار کود دامی و رطوبت کامل به‌دست آمد که نسبت به نمونه خاک اولیه به ترتیب افزایش ۸۲ و ۶۸ درصدی را نشان می‌دهند.

همینطور، علاوه بر نقش کمپوست در بهبود شرایط فیزیکی و شیمیایی خاک، وجود اسید هیومیک در کمپوست نیز باعث جذب بیشتر آب و مواد غذایی گیاه از خاک می‌شود و به طور غیرمستقیم و از طریق تأمین شرایط لازم برای فعالیت بیوسنتزی برگ و رشد رویشی بیشتر گیاه، سبب افزایش تعداد برگ می‌گردد (آریافر و سیروس مهر، ۱۳۹۶).

ویژگی‌های ریشه گیاه ریحان

بر اساس نتایج تجزیه واریانس، اثرات متقابل کمپوست زباله شهری و کود دامی بر همه خصوصیات ریشه ریحان شامل طول، حجم، سطح و وزن خشک ریشه تحت شرایط کمبود آب در سطح یک درصد معنی‌دار شد (جدول ۶).

جدول ٦: تجزیه واریانس (میانگین مربعات) اثرات متقابل کمپوست و کود دامی بر ویژگی‌های ریشه ریحان تحت شرایط کمبود آب

منابع تغییرات	درجه آزادی	طول ریشه	حجم ریشه	وزن خشک ریشه	سطح ریشه
کمبود آب	۲	۱۴۲**	۱/۲۴**	۰/۶۵**	۲۱۶**
کمپوست	۳	۳۳۴**	۱۳/۵**	۱/۷۸**	۸۵۲**
کمبود آب × کمپوست	۶	۱/۰۵**	۰/۰۶۳**	۰/۰۱**	۱/۰۲**
کود دامی	۳	۴۸۳**	۴۴/۶**	۲/۴۷**	۱۸۷۲**
کمبود آب ×کود دامی	۶	۲/۸۳**	۰/۰۳۶**	۰/۰۱۲**	۳/۶۱**
کود دامی×کمپوست	۹	۳/۶۶**	۰/۲۵۱**	۰/۰۵۹**	۴/۲۶**
کمبود آب ×کمپوست×کود دامی	۱۸	۰/۹۸**	۰/۰۲۳**	۰/۰۰۲**	۰/۵۹**
خطا	۹۶	۰/۰۵	۰/۰۰۱	۰/۰۰۱	۰/۰۹۸
ضریب تغییرات (٪)		۱/۱۳	۱/۱۲	۱/۷۷	۱/۵۴

ns، * و ** به ترتیب غیرمعنی‌دار بودن و معنی‌دار بودن در سطح پنج و یک درصد را نشان می‌دهد.

طول، حجم، سطح و وزن خشک ریشه

اثرات کمپوست و کود دامی بر ویژگی‌های ریشه ریحان تحت شرایط کمبود آب نشان داد که بیشترین طول (۱۹/۷ سانتی‌متر)، حجم (۵/۱ سانتی‌مترمکعب)، سطح (۳۵/۱۷ سانتی‌مترمربع) و وزن خشک ریشه (۱/۷ گرم) در تیمار ۴۵ تن در هکتار کمپوست، ۴۵ تن در هکتار کود دامی و رطوبت ظرفیت مزرعه و کمترین طول (۱/۳ سانتی‌متر)، حجم (۱ سانتی‌متر مکعب)، سطح (۲/۸۴ سانتی‌مترمربع) و وزن خشک ریشه (۰/۴۶ گرم) در شرایط ۵۰ درصد ظرفیت مزرعه و بدون کاربرد کمپوست و کود دامی به‌دست آمد (جدول ۷).

گسترش ریشه در خاک بیشتر یک پدیده ژنتیکی است اما شرایط محیطی، به ویژه رطوبت خاک بر آن تأثیر معنی‌داری دارد. به عبارت دیگر، ریشه‌ها حساسیت خاصی به خشکی دارند و با کاهش رطوبت خاک، مرگ ریشه‌ها یا کاهش رشد و توسعه آن‌ها در خاک اتفاق می‌افتد. گاهی با بروز خشکی، ریشه‌ها حالت چوب پنبه‌ای به خود می‌گیرند. این موضوع، سبب کاهش توانایی ریشه در جذب آب و

مواد غذایی از خاک می‌شود. طبعاً این عمل بر رشد عمومی گیاه و از جمله ریشه تأثیر منفی دارد.

جدول ۷: اثرات کمپوست زباله و کود دامی بر ویژگی‌های ریشه ریحان تحت شرایط کمبود آب

سطوح کمبود آب (% FC)	سطوح کمپوست (ton/h)	سطوح کود دامی (ton/h)	طول ریشه (cm)	حجم ریشه (cm^3)	وزن خشک ریشه (g)	سطح ریشه (cm^2)
		شاهد	۱/۳^{z}	۱^{z}	۰/۴۶^{z}	۲/۸۴^{z}
		۱۵	۴/۵^{yz}	۱/۹۴^{vw}	۰/۶۳^{x}	۱۰/۴۷^{x}
	شاهد	۳۰	۷/۵^{v}	۲/۲۱^{u}	۰/۹^{stu}	۱۴/۴۲^{u}
		۴۵	۹/۴^{t}	۲/۹۲^{p}	۱/۱۱^{nop}	۱۸/۸۷^{q}
		شاهد	۳/۴^{yt}	۱/۳۲^{z}	۰/۵^{y}	۷/۵۷^{x}
		۱۵	۹/۴^{t}	۲/۳۵^{t}	۰/۹۶^{rs}	۱۶/۶۹^{s}
	۱۵	۳۰	۱۱/۴^{pq}	۳/۱۳^{o}	۱/۱۷^{lmn}	۲۱/۱۷^{n}
		۴۵	۱۲/۵^{mn}	۳/۳۷^{l}	۱/۳۵^{hig}	۲۴/۲۶^{j}
		شاهد	۵/۷^{x}	۱/۶۲^{z}	۰/۸۴^{uv}	۱۰/۸۲^{x}
۵۰		۱۵	۱۱/۳^{pqr}	۲/۲۵^{r}	۱/۰۵^{pq}	۱۹/۳۲^{pq}
	۳۰	۳۰	۱۲/۴^{mno}	۳/۷۳^{l}	۱/۲۸^{jk}	۲۴/۰۸^{jk}
		۴۵	۱۶/۶^{fg}	۳/۹۳^{hi}	۱/۴۴^{fg}	۲۸/۶۳^{f}
		شاهد	۸/۷^{u}	۱/۷۴^{y}	۱/۱۶^{mno}	۱۳/۳۸^{vw}
	۴۵	۱۵	۱۱/۹^{op}	۳/۲۷^{n}	۱/۲^{lm}	۲۲/۰۹^{m}
		۳۰	۱۳/۲^{kl}	۴/۰۵^{g}	۱/۴۶^{ef}	۲۵/۸۸^{l}
		۴۵	۱۷/۹^{bc}	۴/۷۲^{c}	۱/۶^{bcd}	۳۲/۵۶^{c}
		شاهد	۳/۲^{xy}	۱/۰۳^{z}	۰/۵۵^{y}	۵/۳۲^{z}
	شاهد	۱۵	۶/۵^{w}	۲^{v}	۰/۸۲^{vw}	۱۲/۷۲^{w}
		۳۰	۸/۶^{u}	۲/۳۴^{t}	۱/۱^{op}	۱۵/۹۶st
		۴۵	۱۰/۸^{rs}	۳/۱^{o}	۱/۲^{kl}	۲۰/۴۹^{no}
		شاهد	۵/۱^{y}	۱/۴۱^{z}	۰/۶۴^{x}	۹/۵۱^{y}
	۱۵	۱۵	۱۰/۹^{qrs}	۲/۴^{t}	۱/۱۵^{mno}	۱۸/۱۲^{r}
		۳۰	۱۳/۲^{jkl}	۳/۲۷^{n}	۱/۲۸^{jk}	۲۳/۲۸^{l}
		۴۵	۱۶/۱^{gh}	۳/۸۶^{jk}	۱/۴۶^{f}	۲۷/۶۳^{g}
		شاهد	۸/۴^{u}	۱/۷۴^{y}	۰/۹۳st	۱۳/۶۷^{uv}
۷۵	۳۰	۱۵	۱۲/۲^{no}	۲/۸۱^{q}	۱/۲۳^{kl}	۲۰/۷۲^{no}
		۳۰	۱۳/۵^{jk}	۳/۸۱^{k}	۱/۳۱^{ijk}	۲۵/۴۱^{i}
		۴۵	۱۷/۵^{cd}	۴/۰۶^{g}	۱/۵۷^{cd}	۲۹/۸۸^{e}
		شاهد	۱۰/۷^{s}	۱/۸۷^{wx}	۱/۲۴^{kl}	۱۵/۸۸^{t}
	۴۵	۱۵	۱۲/۸^{lm}	۳/۳۴^{n}	۱/۳^{jk}	۲۳/۴۱^{kl}
		۳۰	۱۴/۴^{i}	۴/۱۵^{f}	۱/۵۳^{de}	۲۷/۴۴^{gh}
		۴۵	۱۸/۱^{b}	۴/۹۲^{b}	۱/۶۵^{b}	۳۳/۴۵^{b}
		شاهد	۵/۶^{xy}	۱/۱^{z}	۰/۷۷^{w}	۸/۴۹^{z}
	شاهد	۱۵	۷/۴^{v}	۲/۱۶^{u}	۰/۹۳^{s}	۱۴/۲۳^{u}
		۳۰	۱۰/۴^{s}	۳/۱۱^{o}	۱/۱۵^{mno}	۲۰/۱۴^{o}
		۴۵	۱۱/۹^{op}	۳/۳۱^{n}	۱/۳^{jk}	۲۲/۲۳^{m}
		شاهد	۸/۵^{u}	۱/۵۱^{y}	۰/۸۶^{tuv}	۱۲/۷۳^{w}
	۱۵	۱۵	۱۲/۵^{mn}	۲/۵۴^{s}	۱/۲۹^{jk}	۲۰/۰۲$_{op}$
		۳۰	۱۵/۶^{h}	۳/۵۶^{m}	۱/۳۷^{ij}	۲۶/۷۷^{h}
		۴۵	۱۷/۳^{de}	۳/۹۲^{ij}	۱/۵۸^{bcd}	۲۹/۱۹^{ef}
۱۰۰		شاهد	۱۰/۴^{s}	۱/۸۴^{x}	۱/۰۱^{qr}	۱۵/۵۲^{t}
	۳۰	۱۵	۱۳/۷^{j}	۲/۹^{p}	۱/۳^{jk}	۲۳/۰۳^{l}
		۳۰	۱۶/۸^{ef}	۴^{gh}	۱/۴^{fgh}	۲۹/۰۴^{f}
		۴۵	۱۸/۱^{b}	۴/۳۴^{d}	۱/۶^{bcd}	۳۱/۴۷^{d}
		شاهد	۱۱/۵^{p}	۱/۹۲^{w}	۱/۳۷^{ghi}	۱۶/۷^{s}
	۴۵	۱۵	۱۴/۵^{i}	۳/۵^{m}	۱/۴۴^{fg}	۲۵/۲۷^{i}

۳۰/۷۹^{d}	۱/۶۴^{bc}	۴/۲۴^{e}	۱۷/۷^{bcd}	۳۰	۴۵
۳۵/۱۷^{a}	۱/۷۲^{a}	۵/۱^{a}	۱۹/۷^{a}	۴۵	

اثرات کمپوست بر توسعه ریشه و افزایش ویژگی‌های آن از قبیل طول و وزن خشک ریشه، می‌تواند به علت افزایش سطح ماده آلی خاک و نقش آن در ایجاد خاکدانه‌ها بوده که ضمن افزایش تخلخل، موجب نفوذ بیشتر ریشه در خاک می‌گردد. البته ترکیبات آلی نقش قابل ملاحظه‌ای در افزایش ظرفیت نگهداری رطوبت و جذب بیشتر آب و عناصر غذایی از خاک و به دنبال آن‌ها، کاهش شدت اثرات منفی تنش خشکی بر گیاهان دارنـد (آریافر و سیروس مهر، ۱۳۹۶).

همچنین، کاربرد کود دامی موجب افزایش ویژگی‌های ریشه ریحان گردید. با توجه به نقش کود دامی در افزایش ماده آلی، این موضوع موجب اصلاح خواص فیزیکی، اسفنجی‌شدن خاک، کاهش جرم مخصوص ظاهری و افزایش خلل فرج شده که این موارد سبب گسترش بیشتر ریشه در خاک و افزایش طول، وزن و حجم آن می‌شود (Hosseinzadeh *et al*., 2021).

نتیجه‌گیری

نتایج این تحقیق نشان داد که ریحان گیاهی حساس به شرایط کم آبی است، به‌طوری که کمبود آب (رطوبت معادل۵۰ درصد ظرفیت مزرعه) باعث کاهش معنی‌دار صفات مورفولوژیکی گردید. همچنین، کاربرد توأم کود دامی و کمپوست زباله شهری، نسبت به کاربرد تکی یا عدم کاربرد آن‌ها، کارایی بیشتری در افزایش ویژگی‌های رشدی ریحان، بویژه در شرایط کم‌آبیاری داشت. با توجه به نتایج پژوهش حاضر، در راستای کاهش مصرف کودهای شیمیایی، مدیریت آبیاری، صرفه جویی در مصرف آب و نیز نیل به اهداف کشاورزی پایدار، می‌توان بخشی از نیاز غذایی و یا رطوبت مورد نیاز گیاه ریحان را با کاربرد کودهای آلی در خاک تأمین کرد. به‌طور کلی می‌توان گفت که با توجه به اهمیت تولید محصولات دارویی سالم، استفاده توأم از کود دامی و کمپوست زباله شهری، یک روش ارزان و موثر در جهت بهبود صفات رشدی گیاه دارویی ریحان در شرایط کمبود آب است.

"هیچ‌گونه تعارض منافع بین نویسندگان وجود ندارد"

منابع

آریافر، سیاوش و سیروس مهر، علیرضا (۱۳۹۶). اثر کمپوست زباله شهری بر عملکرد، درصد اسانس و برخی ویژگی‌های فیزیولوژیکی سیاهدانه تحت شرایط تنش خشکی. *به زراعی کشاورزی*. ۱۹(۱)، ۳۱-۴۲.

احمدیان، احمد؛ قنبری، احمد؛ سیاه سر، براتعلی؛ حیدری، مصطفی؛ رمرودی، محمود و موسوی نیک، سیدمحسن (۱۳۸۹). اثر بقایای کود شیمیایی، دامی و کمپوست بر عملکرد، اجزای عملکرد، برخی خصوصیات فیزیولوژیک و میزان اسانس بابونه تحت شرایط تنش خشکی. *نشریه پژوهش‌های زراعی ایران*. ۸(۴)، ۶۷۶-۶۶۸

اورعی، تکتم؛ شور، محمود؛ تهرانی‌فر، علی؛ نعمتی، سید حسین و اورعی، عطیه (۱۴۰۱). اثر بسترهای مختلف بر ویژگی‌های خاک و صفات فیزیولوژیکی گیاهان ختمی (*Aleca rosea* L.) تحت تنش خشکی. *نشریه علوم باغبانی*. ۳۳(۲)، ۱-۱۶.

بدل زاده، افسانه؛ رفیعی الحسینی، محمد و مختاری کرچگانی، حسین (۱۴۰۱). اثر کم آبیاری، کاربرد تلفیقی کودهای دامی، شیمیایی بر عملکرد و برخی ویژگی‌های فیزیولوژیکی آرنیکا. *تولید گیاهان زراعی*. ۱۵(۳)، ۷۹-۱۰۲.

گلدانی، مرتضی و فاضلی کاخکی، سید فاضل (۱۳۹۳). ارزیابی اثر کودهای شیمیایی و آلی بر ویژگیهای رشدی، عملکرد و اجزای عملکرد سه اکوتیپ کنجد (*Sesamum indicum* L.). *نشریه پژوهشهای زراعی ایران*، ۱۲ (۱): ۱۲۷-۱۳۶.

محمد زاده توتونچی پیمان (۱۳۹۹). تأثیر کمپوست و کود دامی بر صفات مورفولوژیک، عملکرد و میزان اسانس گیاه دارویی ریحان (*Ocimum basilicum* L.). *علوم به زراعی گیاهی*. ۱۰ (۱)، ۷۸-۹۰.

REFERENCES

Ahanger, M. A., Morad-Talab, N., Abd-Allah, E. F., Ahmad, P., and Hajiboland, R. (2016). *Plant growth under drought stress: Significance of mineral nutrients*. In: Water stress and crop plants: a sustainable approach, (Ed. Ahmad P.), pp.649-668. Pubisher: Wiley Blackwell. https://doi.org/10.1002/9781119054450.ch37.

Ahmadian, A., Ghanbari, A., Siahsar, B., Heidari, M., Ramroudi, M., and Moosavi-Nik, S.M. (2010). Residual

effect of chemical and animal fertilizers and compost on yield, yield components, physiological characteristics and essential oil content of *Matricaria chamomilla* L. under drought stress conditions. *Journal of Field Crops Research*, 8(4), 668-676. https://doi.org/10.22067/GSC.V8I4.7959. (*In Persian*).

Alinejad, S., Sarabi, V., Bakhtvari, A. R. S., and Hashempour, H. (2020). Variation in physiological traits, yield and secondary metabolites of jimsonweed (*Datura stramonium* L.) under different irrigation regimes and nutrition systems. *Industrial Crops and Products*, 143, 111916. https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2019.111916.

Ariafar, S., and Sirousmehr, A.R. (2017). Effect of municipal solid waste compost on yield and quantity and quality characteristics of black cumin under water stress conditions. *Journal of Crops Improvement*, 19(1), 31-42. https://doi.org/10.22059/jci.2015.55141. (*In Persian*).

Badalzadeh, A., Rafieiolhossaini, M., and Mokhtari Karchegani, H. (2022). The effect of water deficit, combined application of manure and chemical fertilizer on yield and some morpho-physiological characteristics of *Arnica montana* L. *Crop Production*, 15(3), 79-102. https://doi.org/10.22069/EJCP.2022.19273.2440. (*In Persian*).

Bates, L.S., Waldren, R.P. and Teare, I.D. (1973). Rapid determination of free proline for water stress studies. Plant and Soil, 29, 205-207.

Bohara, H., Dodla, S., Wang, J.J., Darapuneni, M., Acharya, B.S., Magdi, S. and Pavuluri, K. (2019). Influence of poultry litter and biochar on soil water dynamics and nutrient leaching from a very fine sandy loam soil. *Soil & Tillage Research*, 189, 44-51. https://doi.org/10.1016/j.still.2019.01.001.

Celikcan, F., Kocak, M. Z., and Kulak, M. (2021). Compost applications on growth, nutrition uptake and secondary metabolites of *Ocimum basilicum* L. under water stress: A comprehensive analysis. *Industrial Crops and Products*, 171, 113973. https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2021.113973.

Cogger, C.G. (2005). Potential compost benefits for restoration of soils disturbed by urban development. *Compost Science & Utilization*, 13, 243-251. https://doi.org/10.1080/1065657X.2005.10702248.

Diaz-Perez, J., Shackel, K. A., and Sutter, E. G. (1995). Relative water content and water potential of tissue-cultured apple shoots under water deficits. *Journal of Experimental Botany*, 46, 111–118. https://doi.org/10.1093/jxb/46.1.111.

García-Caparrós, P., Romero, M. J., Llanderal, A., Cermeño, P., Lao, M. T., and Segura, M. L. (2019). Effects of drought stress on biomass, essential oil content, nutritional parameters, and costs of production in six Lamiaceae species. *Water*, 11(3), 573. https://doi.org/10.3390/w11030573.

Goldani, M., and Fazeli Kakhki, S. F. 2014. Evaluation of effect of chemical and organic fertilizers on growth characteristics, yield and yield components of three sesame ecotypes (*Sesamum indicum* L.). *Iranian Journal of Field Crops Research*, 12(1), 127-136. https://doi.org/10.22067/GSC.V12I1.36649. (*In Persian*).

Gurrieri, L., Merico, M., Trost, P., Forlani, G. and Sparla, F. (2020). Impact of drought on soluble sugars and free proline content in selected arabidopsis mutants. *Biology*, 9(11),367. https://doi.org/10.3390/biology9110367.

Hargreaves, J.C., Adl, M.S. and Warman, P.R. (2008). A review of the use of composted municipal solid waste in agriculture. *Agriculture, Ecosystems and Environment* ,123, 1–14. https://doi.org/10.1016/j.agee.2007.07.004

Hosseinzadeh, M.H. Ghalavand, A. Mashhadi-AkbarBoojar, M. Modarres-Sanavy, S.A.M. and Mokhtassi-Bidgoli, A. (2021). Application of manure and biofertilizer to improve soil properties and increase grain yield, essential oil and ω3 of purslane (*Portulaca oleracea* L.) under drought stress. *Soil & Tillage Research*, 205, 104633. https://doi.org/10.1016/j.still.2020.104633.

Huang, X., Guo, W., Yang L., Zou, Z., Zhang, X., Addo-Danso, S.D., Zhou, L, and Li, S. (2023). Effects of Drought Stress on Non-Structural Carbohydrates in Different Organs of Cunninghamia lanceolata. *Plants*, 12(13), 2477. https://doi.org/10.3390/plants12132477.

Kadhim, A.J. (2021). Effect of biofertilizers and animal manure on morphophysiological characteristics and amount of coriander (*Coriandrum sativum* L.) essential oil under drought stress conditions. *Earth and Environmental Science*, 735, 1204. http://dx.doi.org/10.1088/1755-1315/735/1/012047.

Klute, A. (1986). *Methods of soil analysis*: Part 1 and 2, Physical and chemical methods. 2nd Edition, American Society of Agronomy; Soil Science Society of America, Madison, Wis., USA. ISBN: 9780891180883, 0891180885.

Kochert, G. (1978). *Carbohydrate determination by the phenol sulfuric acid method*. In: Hellebust JA, Craigie JS, (Ed) Handbook of Phycological Methods, Physiological and Biochemical Methods. Cambridge University Press, Cambridge, pp.95-97.

Lichtenthaler, H.K. and Wellburn, A.R. (1983). Determination of total carotenoids and chlorophyll a and b of

leaf extract in different solvents. *Biochemical Society Transactions*, 11, 591–592.

Mahdavikia, H., Rezaei-Chiyaneh, E., Rahimi, A., and Mohammadkhani, N. (2019). Effects of fertilizer treatments on antioxidant activities and physiological traits of basil (*Ocimum basilicum* L.) under water limitation conditions. *Journal of Medicinal plants and By-product*, 8(2), 143-151. https://doi.org/10.22092/JMPB.2019.120492.

Miraj, S., & Kiani, S. (2016). Study of pharmacological effect of *Ocimum basilicum*: A review. Der Pharmacia Lettre, 8 (9):276-280. http://eprints.skums.ac.ir/id/eprint/962.

Mohammadzadeh Toutounchi, P. (2020). Effect of compost and manure on morphological traits, yield and essential oil content of basil (*Ocimum basilicum* L.). *Journal of Plant Production Science*, 10(1), 78-90. (*In Persian*).

Mokgolo, M. J., Mzezewa, J., and Odhiambo, J.J. (2019). Poultry and cattle manure effects on sunflower performance, grain yield and selected soil properties in Limpopo Province, South Africa. *South African Journal of Science*, 115(11-12), 1-7. http://dx.doi.org/10.17159/sajs.2019/6410.

Muhammad Aslam, M., Waseem, M., Jakada, B.H., Okal, E.J., Lei, Z., Saqib, H.S.A., Yuan, W., Xu, W., and Zhang, Q. (2022). Mechanisms of abscisic acid-mediated drought stress responses in plants. *International Journal of Molecular Sciences*, 23(3), 1084. https://doi.org/10.3390/ijms23031084.

Oraee, T., Shoor, M., Tehranifar, A., Nemati, S.H. and Oraee, A. (2021). Effect of different growth medium on soil properties and physiological traits of hollyhocks (*Alcea rosea* L.) under drought stress. *Journal of Horticultural Science*. 33(2), 1-16. https://doi.org/10.22067/JHS.2021.71383.1073. (*In Persian*).

Rasyid, B., Oda, M., and Omae, H. (2018). Soil water retention and plant growth response on the soil affected by continuous organic matter and plastic mulch application. *Earth and Environmental Science*, 157(1), 012008. https://doi.org/10.1088/1755-1315/157/1/012008.

Wahab, A., Abdi, G., Saleem, M. H., Ali, B., Ullah, S., Shah, W. and Marc, R. A. (2022). Plants' physio-biochemical and phyto-hormonal responses to alleviate the adverse effects of drought stress: A comprehensive review. *Plants*, 11(13), 1620. https://doi.org/10.3390/plants11131620.

Yang, T., Xing, X., Gao, Y., and Ma, X. (2022). An environmentally friendly soil amendment for enhancing soil water availability in drought-prone soils. *Agronomy*, 12(1), 133. https://doi.org/10.3390/agronomy12010133.

Effect of municipal waste compost and farmyard manure on water deficit in basil (*Ocimum basilicum* L)

EXTENDED ABSTRACT

Introduction

Drought is one of the most common and important factors limiting production in the arid and semi-arid regions is drought. Amending the soil with organic components is expected to improve the effects of drought on plants. The application of compost and manure in the soil, as two organic amendments, can potentially affect the physical and chemical quality of the soil by increasing organic matter levels and nutrient status. As a result, organic fertilizers use has direct and indirect effects on the improvement of the soil properties, as well as on plants growth and yields. Basil, as a herbal plant, has important medicinal properties including hypoglycemic, antispasmodic, lowering blood pressure, and strengthening the body's natural activity and anti-inflammation. The purpose of this experiment was to examine the effects of municipal waste compost and farmyard manure on the growth characteristics of basil (*Ocimum basilicum* L) under water deficit.

Materials and Methods

To study the effects of deficit irrigation and biofertilizers (municipal waste compost and farmyard manure) on the growth and phytochemical characteristics of basil (*Ocium basilicum* L.), a factorial experiment, based on a completely randomized design with three replications was conducted in 2022 in the greenhouse of Razi University, Kermanshah. Water deficit, as a major factor in three levels, including irrigation at 50, 75 and 100% of field capacity (FC), biofertilizers consisted of municipal waste compost at three levels of 15, 30 and 45 ton/haand 45 ton/ha, and cow manure at three levels of 15, 30 and 45 ton/ha. For the manure, the treatment without manure and also for the compost, the treatment without compost considered as control. Before planting, municipal waste compost and farmyard manure were mixed with the soil samples, based on the levels of experimental treatments. At the end of vegetative growth and at the beginning of flowering, some growth parameters are determined and calculated as the average of each plant. Data analysis was done using SPSS software and comparison of means was done by Duncan's Multiple Range Test (DMRT) at α=0.05.

Results and Discussion

The analysis of variance showed that the intraction effects of municipal waste compost and farmyard manure on most of the morphological parameters and phytochemical characteristics, i.e., proline, soluble sugars, chlorophyll l and ll and carotenoid, were significant ($P \leq 0.01$) under water deficit. Also, comparisons of means showed that the sever water deficit (50% of FC) resulted in a significant reduction in all the vegetative traits in basil. The results showed that the effect of compost and farmyard manure under water deficit on most of the growth characteristics as well as the amounts of proline, soluble sugars and plant pigments were significant ($P \leq 0.01$). The highest shoot and root dry weight (2.1 and 1.7 g, respectively), shoot height (24.1 cm), leaf area (75.5 cm2) and relative water content (29.3 %) were obtained with application of 45 tons/ha of compost, 45 tons/ha of manure and field capacity (FC). Also, the highest amount of proline (9.78 µmol/g) and soluble sugars (1.06 mg/g) were found under 50% of FC, without the use of compost and manure.

Conclusion

The results of the experiment confirmed that organic amendments through improving soil physical and chemical properties increased growth characteristics of plants, under water deficit. In general, the simultaneous use of municipal waste compost and cow manure is a simple, suitable and cheap strategy to reduce the effects of water deficit in basil.

Keywords: Herbal Plants, Organic Amendments, Proline, Water Deficit.