نشریه تولید گیاهان زراعی
جلد چهاردهم، شماره دوم، تابستان ۱۴۰۰
۱۰۹-۱۲۶
http://ejcp.gau.ac.ir
DOI:10.22069/EJCP.2021.18317.2355

بررسی برخی ویژگی‌های فیزیولوژیک بابونه آلمانی (*Matricaria chamomilla* L.) در شرایط تنش رطوبتی و منابع مختلف کودی

سعید حیدرزاده[۱]، فاطمه احمدی[۲]، امیر رحیمی[۳*] و بهنام دولتی[۴]

[۱]دانش‌آموخته دکتری، گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران
[۲]دانشجوی دکتری، گروه علوم خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران
[۳]استادیار، گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران
[۴]استادیار، گروه علوم خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۰۸/۱۰ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۱۱/۱۰

چکیده

سابقه و هدف: مدیریت بهینه مصرف آب و منابع کود از عوامل مهم در موفقیت کشت گیاهان دارویی بوده و در این راستا شناسایی کودهای سازگار با طبیعت و مناسب برای گیاه می‌تواند اثرات مطلوبی بر ویژگی‌های کمی و کیفی گیاه داشته باشد. بابونه یکی از گیاهان دارویی است که سابقه استفاده از آن به تمدن روم قدیم باز می‌گردد. پژوهش حاضر به منظور بررسی اثر برخی کودهای شیمیایی، زیستی و دامی بر ویژگی‌های فیزیولوژیک گیاه بابونه آلمانی در شرایط تنش رطوبتی انجام شد.

مواد و روش‌ها: آزمایش به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه ارومیه در سال زراعی ۹۸-۱۳۹۷ اجرا گردید. تیمارهای آزمایشی شامل سطوح مختلف آبیاری (I) به‌عنوان فاکتور اول در سه سطح: آبیاری پس از ۴۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر(I_1)، آبیاری پس از ۸۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر (I_2) و آبیاری پس از ۱۲۰ میلی‌مترتبخیر از تشتک تبخیر (I_3) و حاصل‌خیزکننده‌های خاک (F) به عنوان فاکتور دوم در پنج سطح: عدم مصرف کود (F_0)، کود شیمیایی (اوره و سوپر فسفات تریپل) (F_1)، کود زیستی (F_2)، کود دامی (F_3) و کود مرغی (F_4) بودند. ویژگی‌های فیزیولوژیک اندازه‌گیری شده شامل محتوای رنگیزه فتوسنتزی، محتوای رطوبت نسبی، قندهای محلول، درصد نیتروژن، فسفر و پتاسیم، محتوای ترکیبات آنتی‌کسیدانی، درصد و عملکرد اسانس و عملکرد گل خشک بودند که هر یک به روش استاندارد اندازه‌گیری شد.

یافته‌ها: نتایج نشان داد که با تاخیر در آبیاری درصد نیتروژن و فسفر کاهش نشان داد. در حالی که اعمال تنش کم‌آبی باعث افزایش میزان اسانس شد و بیشترین میزان اسانس (۰/۶۳ درصد) و عملکرد اسانس (۱۲۱۷/۲۴ گرم در هکتار) در شرایط تنش متوسط مشاهده شد. همچنین، بیش‌ترین میزان درصد نیتروژن، فسفر و میزان اسانس و عملکرد اسانس در کاربرد کود مرغی به‌دست آمد. کاربرد منابع مختلف تغذیه‌ای در مقایسه با شاهد تاثیر معنی‌داری در افزایش محتوای رنگیزه‌های فتوسنتزی، محتوای رطوبت نسبی برگ، قندهای محلول و جذب پتاسیم در هر یک از شرایط آبیاری نشان داد. محتوای فنل کل، فلاونوئید، درصد مهار رادیکال DPPH و عملکرد خشک گل بابونه آلمانی به‌ترتیب افزایش ۳۶، ۲۵، ۳۵ و ۲۴ درصدی در شرایط ۴۰ میلی‌متر تبخیر آب از تشتک تبخیر و ۳۰، ۱۹، ۳۰ و ۲۰ درصدی در شرایط ۸۰ میلی‌متر تبخیر آب از تشتک تبخیر و ۲۰، ۱۱، ۱۷ و ۱۷ درصدی در شرایط ۱۲۰ میلی‌متر تبخیر آب از تشتک تبخیردر گیاهان تیمار شده با کود مرغی نسبت به تیمار شاهد داشت.

*نویسنده مسئول: emir10357@gmail.com

نتیجه‌گیری: براساس نتایج این پژوهش می‌توان بیان کرد که در سطوح تنش کم‌آبی استفاده از کود آلی از کارایی بیش‌تری در بهبود ویژگی‌های کمی و کیفی گیاه بابونه آلمانی برخودار است و بهتر است برای افزایش راندمان محصولات کشاورزی از نهاده‌های آلی و زیستی به جای کودهای شیمیایی با هدف کاهش آلودگی در راستای نیل به کشاورزی پایدار استفاده شود.

واژه‌های کلیدی: تنش کم آبی، کشاورزی پایدار، کود زیستی، عناصر غذایی.

مقدمه

تنوع گونه‌های گیاهی در پهنه دشت‌ها و کوهساران ایران سبب شده تا برخی از صاحب نظران جهان، ایران را به صورت مخزنی از گیاهان دارویی و معطر معرفی کنند. بابونه آلمانی (*Matricaria chamomilla* L.) از گیاهان دارویی ارزشمند خانواده کاسنی است که در صنایع داروسازی، غذایی، آرایشی و بهداشتی کاربرد زیادی دارد. میزان اسانس در گیاهان دارویی با توجه به ژنتیک و شرایط محیطی تغییر می‌کند (۵). بابونه آلمانی به عنوان گیاهی دارویی در بخش‌هایی از خاورمیانه و اروپا به شکل دم‌نوش استفاده می‌شود (۷). منشاء این گیاه را آسیای صغیر دانسته‌اند، ولی در تمام نقاط جهان به صورت خودرو می‌روید و در ایران نیز بابونه آلمانی در برخی از استان‌های کشور (اصفهان، گلستان، همدان و کهکیلویه و بویراحمد) به‌صورت محدود با سطح زیرکشت یک هکتار کشت می‌شود (۲۱). تنش‌های محیطی مختلفی ترکیبات فیتوشیمیایی گیاهان دارویی از جمله بابونه آلمانی را تحت تأثیر قرار می‌دهند.

آب یکی از مهم‌ترین عوامل محیطی است که تأثیر عمده‌ای بر رشد، نمو و همچنین، مواد مؤثره گیاهان دارویی دارد. خشکی یکی از مهم‌ترین تنش‌های غیرزنده می‌باشد که هر ساله خسارت‌های هنگفتی به محصولات زراعی و باغی در جهان و به‌ویژه ایران که به عنوان کشوری خشک و نیمه خشک محسوب می‌گردد، وارد می‌نماید. از آنجایی که برای انجام فتوسنتز و تبادلات گازی باز بودن روزنه ها ضروری است. بنابراین، در اثر کمبود آب و بسته شدن روزنه ها تبادلات گازی کاهش یافته، دی‌اکسیدکربن کم‌تری در دسترس گیاهان قرار می‌گیرد و شدت فتوسنتز کاهش می‌یابد (۳۸). کاهش فتوسنتز همراه با کاهش رشد و عملکرد تولیدی درگیاهان خواهد بود. گیاهان می توانند با فرار از خشکی، اجتناب از پسابیدگی و تحمل پسابیدگی به تنش خشکی عکس‌العمل و سازگاری نشان دهند (۳۰).

اثر تنش کم‌آبی بر گیاهان دارویی و معطر پیش‌تر نیز مورد بررسی قرار گرفته است. نتایج پژوهش‌های انجام شده بر برخی از گیاهان دارویی نشان داد که کمبود آب در مراحل رشد رویشی (پیش از مرحله گلدهی) موجب ایجاد گیاهانی با ارتفاع کوتاه و همچنین، کوچک شدن سطح پهنک برگ مثلاً در گیاه نعناع (*Menthax piperita* L.) می‌شود (۲). کاهش دسترسی به آب باعث کاهش در اندازه گیاه رازیانه (*Foeniculum vulgare* Mill.) شده است (۷). نتایج تحقیقات پژوهش‌گران حاکی از تأثیر رژیم کم‌آبی بر کاهش میزان ماده خشک در گیاه آویشن (*Thymus vulgaris* L.) می‌باشد (۱).

در کشاورزی، بهبود و حفظ باروری خاک دارای اهمیت ویژه‌ای برای تامین نیاز مواد غذایی جمعیت رو به رشد دارد. مدیریت صحیح حاصل‌خیزی خاک سبب تامین مواد غذایی مورد نیاز گیاه و در نتیجه افزایش عملکرد می‌شود. ریشه گیاهان در حدود ۱۷ درصد از مواد فتوسنتزی در اختیار خود

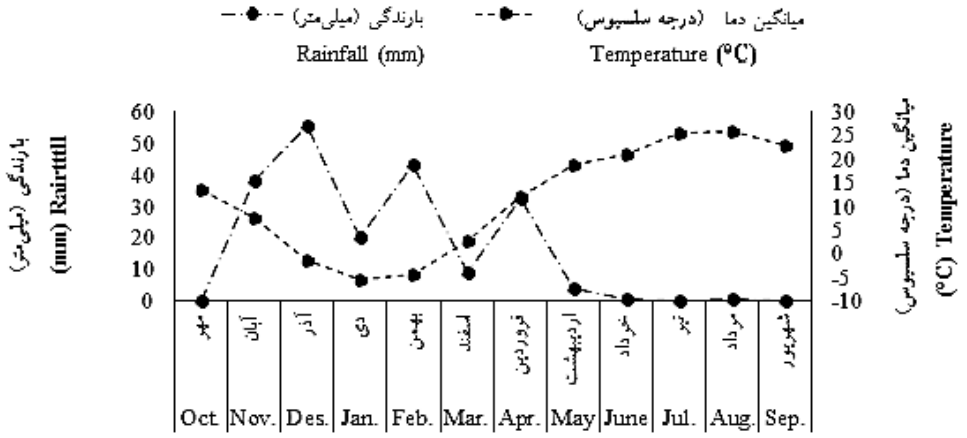
را آزاد می‌کنند که بیش‌تر این مواد در اختیار موجودات زنده خاک قرار می‌گیرد. این ترکیبات موجبات رشد جمعیت میکروبی را فراهم نموده و سبب افزایش تراکم جمعیت آن‌ها می‌شود، و همچنین بر سطح و تنوع فعالیت آن‌ها تاثیرگذار است (۱۷).

در پژوهش انجام شده روی گیاه بابونه آلمانی مشخص گردید که کودهای آلی و زیستی می‌توانند جایگزین خوبی برای کودهای شیمیایی باشند که در این صورت آلودگی محیط زیست نیز کاهش می‌یابد (۳۱). در بررسی بیستگانی و همکاران (۲۰۱۸) بر اثر معنی‌دار کودهای شیمیایی بر افزایش عملکرد آویشن (*Thymus daenensis* Celak) و بی‌اثر بودن آن بر درصد اسانس و میزان تیمول تاکید شده است (۶). باکتری‌های تثبیت‌کننده نیتروژن از جنس ازتوباکتر و حل‌کننده‌های فسفات از جنس سودموناس با تولید ویتامین‌ها، هورمون‌های رشد و اسیدهای آمینه ضروری سبب افزایش سرعت رشد گیاه می‌گردد. در گیاه دارویی بابونه آلمانی گزارش کردند که اجزای عملکرد، عملکرد و اسانس این گیاه تحت شرایط کمبود آب در شرایط مصرف کودهای زیستی و شیمیایی به‌طور چشم‌گیری افزایش داشته است (۳). کودهای مرغی و دامی با بهبود ساختمان خاک و افزایش ظرفیت نگهداری رطوبت نقش قابل ملاحظه‌ای در کاهش شدت اثرات منفی تنش خشکی دارند (۴۱). نتایج پژوهش‌گران نشان داده است که مصرف ۲۰ تن در هکتار کود دامی ضمن کاهش اثرات منفی تنش خشکی، باعث افزایش میزان ماده موثره و بهبود خصوصیات کیفی اسانس زیره سبز (*Cuminum cyminum*) گردید و جایگزین آبیاری بیش‌تر در مرحله پرشدن دانه می‌شود (۴).

از مسائلی که در مورد گیاهان دارویی علاوه بر عملکرد کمی به طور جدی مورد توجه است، سلامت و کیفیت ماده موثره آن‌ها است که با استفاده از کودهای بیولوژیک تحقق پیدا می‌کند و این کودها سبب بهبود عملکرد کمی و کیفی آن‌ها می‌شود. البته بایستی با انجام تحقیقات لازم به طور دقیق و علمی آن را مشخص نمود. در این راستا در پژوهش حاضر، تاثیر منابع مختلف کودی بر خصوصیات کیفی گیاه دارویی بابونه آلمانی در شرایط کم آبی مورد ارزیابی قرار گرفت.

مواد و روش‌ها

به‌منظور بررسی تأثیر باکترهای محرک رشد (فسفاته بارور ۲ و ازتو باکتر)، کود مرغی، کود آلی (کود گاوی)، کود شیمیایی و شاهد بر خصوصیات فیزیولوژیکی بابونه آلمانی در سطوح مختلف آبیاری (۴۰، ۸۰ و ۱۲۰ میلی‌متر تبخیر آب از تشتک تبخیر)، آزمایشی به صورت فاکتوریل در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار و ۱۲ تیمار در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه ارومیه در سال زراعی ۱۳۹۸ انجام شد. میزان تبخیر از تشتک تبخیر کلاس A به‌طور روزانه در ایستگاه هواشناسی دانشکدهٔ کشاورزی دانشگاه ارومیه اندازه‌گیری شده و آبیاری هر تیمار پس از رسیدن میزان تبخیر به مقدار مورد نظر انجام گرفت. جهت اعمال دقیق تیمارهای آبیاری از تأسیسات آبیاری لوله‌کشی شده و کنتور آب استفاده گردید. میزان آب آبیاری در طول فصل رشد برای تیمارهای آبیاری پس از ۴۰، ۸۰ و ۱۲۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر کلاس A، به ترتیب برابر با ۶۳۰۰، ۵۶۰۰ و ۵۲۰۰ متر مکعب در هر هکتار بود. متوسط دما و بارندگی در طول سال زراعی ۹۸-۱۳۹۷ در جدول (۱) نشان داده شده است.



شکل ۱- متوسط درجه حرارت ماهیانه و بارندگی سال زراعی ۹۸-۱۳۹۷.

Fig 1- Total rainfall and average monthly air temperature for the 2018 growing seasons.

قبل از کاشت، از محل اجرای آزمایش نمونهٔ خاک تهیه و سپس تیمارهای کودی براساس نقشه طرح، در کرت های مورد نظر اعمال و با خاک مخلوط گردید. در جدول ۱ مشخصات خاک مزرعه آزمایشی ذکر شده است (نمونه‌برداری از عمق ۳۰-۰ سانتی‌متری خاک انجام گرفت).

جدول ۱- برخی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی نمونه خاک مطالعه شده قبل از اجرای تیمار کودی.

Table 1- Selected physiochemical characteristics of the studied soil.

اسیدیته pH	هدایت الکتریکی (دسی‌زیمنس بر متر) EC (dS m^{-1})	ماده آلی (درصد) Organic Matter (%)	نیتروژن کل (درصد) Total N (%)	فسفر قابل جذب (میلی گرم در کیلوگرم) Available P (mg kg^{-1})	پتاسیم قابل جذب (میلی گرم در کیلوگرم) Available K (mg kg^{-1})	بافت خاک Soil Texture
7.9	0.83	0.98	0.14	10.5	147	Silty clay شنی رسی

اعمال تیمارهای کود شیمیایی، براساس نیاز گیاه و نتایج تجزیهٔ خاک انجام گرفت، که از مقادیر ۱۵ کیلوگرم در هکتار نیتروژن، فسفر و پتاس در موقع تهیهٔ کرت‌ها استفاده شد (۲۳). همچنین، به مقدار ۴۰ کیلوگرم کود اوره قبل از اعمال تیمارهای آبیاری به صورت سرک و بین ردیف های کاشت استفاده شد. مقدار ۱۵۰ کیلوگرم کود سوپر فسفات تریپل در هکتار تماماً قبل از کاشت اعمال گردید (۲۴). استفاده از کود مرغی (۱۰ تن در هکتار) و گاوی (۳۰ تن در هکتار) کاملاً پوسیده نیز هم‌زمان با عملیات آماده‌سازی زمین به کرت‌های مورد نظر اضافه و کاملاً با خاک مخلوط گردید (۱۳). ویژگی‌های کودهای آلی استفاده شده در جدول ۲ نشان داده شده است.

برای تیمارهای دارای کود زیستی بذرهای گیاه بابونه یک ساعت قبل از کشت با کود زیستی فسفاته بارور۲ (باکتری‌های حل‌کننده فسفات) و ازتوباکتر (حاوی باکتری‌های تثبیت‌کننده نیتروژن) براساس دستورالعمل توصیه شده تیمار شدند (زمانی که از باکتری‌های محرک رشد استفاده گردید، هیچ کود دیگری استفاده نگردید). به این صورت که محتوای بسته با آب مخلوط و روی بذرها اسپری شدند تا یک پوشش کاملا یکنواخت روی

سطح آن ها تشکیل شود و سپس بذرها در سایه خشک شدند و عملیات کاشت صورت گرفت. برای سایر تیمارهای کودی، بذرها بدون استفاده از کودهای زیستی مورد استفاده قرار گرفتند. اندازه هر کرت ۲×۲/۱ متر، فاصله بین کرت ها نیم متر و فاصله بین بلوک ها دو متر در نظر گرفته شد. در دهه اول اسفند ماه بذرهای بابونه به‌صورت دستی در عمق ۳-۲ میلی‌متر در ردیف‌هایی به فاصلهٔ ۳۰ سانتی‌متر و روی ردیف ۱۰ سانتی‌متر کشت گردید. بعد از کاشت عملیات داشت شامل آبیاری، تنک کردن و وجین علف‌های هرز انجام شد.

جدول ۲- برخی ویژگی‌های کودهای مرغی و دامی استفاده شده در آزمایش.

Table 2 - Some characteristics of poultry and livestock manure used in the experiment.

ویژگی‌های کودی Characteristics of fertilizer	کربن (درصد) C (%)	نیتروژن (درصد) N (%)	فسفر (میلی‌گرم در کیلوگرم) P ($mg\ kg^{-1}$)	پتاسیم (میلی‌گرم در کیلوگرم) K ($mg\ kg^{-1}$)
کود مرغی Chicken manure	342	27.9	18.7	6.2
کود دامی Animal manure	224	16	4.5	4.8

برداشت گل های بوته های هر کرت زمانی انجام شد که بیش‌تر گل ها کاملاً باز شده بودند. برای اندازه گیری عملکرد گل خشک، در هر کرت از دو ردیف میانی پس از حذف اثرات حاشیه ای، مساحت یک متر مربع برداشت شد و عملکرد گل خشک بر حسب کیلوگرم در هکتار تعیین گردید. صفاتی از قبیل کلروفیل a و b، کلروفیل کل و کاروتنوئیدها در مرحله گلدهی کامل با روش‌های استاندارد از برگ گیاه اندازه‌گیری شدند (۲۶). همچنین، محتوای نسبی آب برگ براساس روش استاندارد اندازه‌گیری شد (۴۰). پس از اتمام دوره رشد گیاه و برداشت آن، میزان نیتروژن، فسفر و پتاسیم برگ‌های بابونه، به‌ترتیب با روش کجلدال، رنگ‌سنجی در طول موج ۴۱۰ نانومتر و با استفاده از دستگاه فلیم فتومتر به روش نشر شعله‌ای اندازه‌گیری شدند (۳۱، ۳۶، ۴۶). قندهای محلول کل برگ براساس روش فنل سولفوریک اسید تعیین شد (۱۰)، که مبنی بر هیدرولیز اسیدی قندهای محلول و ایجاد ترکیب فورفورال است که با فنل تولید کمپلکس رنگی می‌کند. محتوای فنلی کل به وسیله معرف فولین و طبق روش استاندارد هورویتز (۱۹۸۴) تعیین شد (۱۵). محتوای فلاونوئید موجود در عصاره‌ها طبق روش استاندارد هو و همکاران، (۲۰۰۵) اندازه‌گیری شد (۱۶). برای اندازه‌گیری فعالیت آنتی‌اکسیدانی اعداد به‌دست آمده از جذب نمونه‌ها به درصد مهار رادیکال آزاد DPPH تبدیل شد (۱۱). استخراج اسانس به روش تقطیر با آب و با استفاده از دستگاه اسانس‌گیر (کلونجر) از یک نمونه ۵۰ گرمی از گل های خشک که کاملا پودر شده بودند انجام گرفت. برای جمع آوری اسانس، شیر دستگاه را باز کرده تا آب خارج شده و سپس اسانس را داخل بطری های کوچک که از قبل با ترازوی با دقت ۰/۰۰۰۱ وزن شده بودند جمع آوری شد. سپس این بطری‌ها با ترازوی آزمایشگاهی با دقت ۰/۰۰۰۱ توزین شده و وزن اسانس در صد گرم گل خشک و عملکرد آن در هکتار محاسبه شد (۲۵).

تجزیه داده ها پس از اطمینان از نرمال بودن (با آزمون آندرسون دارلینگ) با استفاده از نرم افزار SAS 9.1 انجام گرفت. همچنین، مقایسه میانگین‌های صفات به روش آزمون حداقل تفاوت معنی دار (LSD) در سطح احتمال ۱ و ۵ درصد انجام شد.

نتایج و بحث

نتایج جدول تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که محتوای رنگیزه‌های فتوسنتزی، محتوای رطوبت نسبی، قندهای محلول، محتوای پتاسیم، محتوای ترکیبات آنتی‌اکسیدانی و عملکرد گل خشک بابونه آلمانی تحت تاثیر اثرات ساده و متقابل سطوح آبیاری و منابع مختلف تغذیه‌ای دارای اختلاف معنی‌داری بود. در حالی که محتوای نیتروژن، فسفر و درصد اسانس و عملکرد اسانس تنها تحت تاثیر اثرات ساده سطوح مختلف آبیاری و سیستم‌های مختلف تغذیه‌ای معنی‌دار بودند (جدول ۳).

محتوای رنگیزه‌های فتوسنتزی: با توجه به نتایج حاصل از پژوهش، پاسخ گیاه به کاربرد منابع مختلف تغذیه‌ای بسته به سطوح رطوبتی از نظر محتوای رنگیزه‌های فتوسنتزی متفاوت بود. هر چند، هر دو شرایط رطوبتی ۸۰ و ۱۲۰ میلی‌متر تبخیر آب از تشتک تبخیر نسبت به شرایط رطوبتی ۴۰ میلی‌متر تبخیر آب از تشتک تبخیر محتوای رنگیزه‌های فتوسنتزی کاهش معنی‌داری پیدا کرده است. با این حال، محتوای رنگیزه‌های فتوسنتزی در تیمار کاربرد کود مرغی در کلیه سطوح رطوبتی بیش‌تر بود. همچنین، کاربرد منابع مختلف تغذیه‌ای در هر یک از شرایط رطوبتی، نسبت به تیمار شاهد (بدون کاربرد کود) تاثیر موثری بر محتوای رنگیزه‌های فتوسنتزی نشان داد. کاربرد کود دامی، زیستی و شیمیایی در شرایط آبیاری ۸۰ و ۱۲۰ میلی‌متر تبخیر آب از تشتک، تاثیری یکسانی در میزان کلرفیل a، کلروفیل b و کلروفیل کل از نظر آماری داشتند (جدول ۴). گزارش شده است تنش خشکی باعث کاهش میزان کلروفیل گیاه می‌گردد. احتمالا علت کاهش محتوای رنگیزه‌های فتوسنتزی بر اثر عدم جذب مواد معدنی از خاک در طی تنش خشکی مربوط می‌شود که موجب از بین رفتن کلروفیل می‌شوند. عمدتاً کاهش کلروفیل برگ تحت تنش خشکی، در نتیجه آسیب به کلروپلاست به‌وسیله گونه‌های اکسیژن فعال، به دلیل جلوگیری از سنتز این رنگیزه، یا تخریب رنگیزه و همچنین، آسیب به کلروپلاست‌ها می‌باشد (۱۹). علاوه بر اینکه تنش خشکی باعث کاهش کلروفیل می‌شود، اما کاربرد منابع مختلف کودی اثرات تنش را تعدیل می‌کند. افزایش کلروفیل برگ در شرایط تنش خشکی، تحت تأثیر کاربرد منابع مختلف کودی نمایان گر افزایش توانایی گیاه جهت تحمل به شرایط تنش خشکی می‌باشد. در تحقیق حاضر، به نظر می رسد که کاربرد کود آلی و زیستی با جلوگیری از آب شویی نیتروژن و تامین بیش تر آن تولید مواد محرک رشد، افزایش جمعیت میکروبی خاک و همچنین، افزایش دسترسی و جذب کاراتر عناصر غذایی، منجر به افزایش سنتز و غلظت کلروفیل برگ شده است (۴۷، ۳۷). در پژوهشی مشخص شد که استفاده از منابع مختلف کودی باعث افزایش تعداد برگ و میزان کلروفیل می‌شود به‌طوری که با افزایش تعداد برگ و سطح آن، گیاه می‌تواند نور کافی برای تولید مواد غذایی و فرآیند فتوسنتز دریافت کند (۱۶).

محتوای رطوبت نسبی: طبق نتایج حاصل، محتوای رطوبت نسبی در تیمار کاربرد کود مرغی و دامی نسبت به سایر تیمار کودی در شرایط رطوبتی ۴۰ و ۱۲۰ میلی‌متر تبخیر آب از تشتک تبخیر دارای اختلاف معنی‌داری بود. همچنین، کاربرد کود مرغی در شرایط رطوبتی ۸۰ میلی‌متر تبخیر آب از تشتک تبخیر، نسبت به سایر تیمار کودی بیش‌ترین تاثیر بر محتوای رطوبت نسبی نشان داد. محتوای رطوبت نسبی تحت کاربرد منابع مختلف کودی نسبت به شاهد در هر یک از شرایط رطوبتی (۴۰، ۸۰ و ۱۲۰ میلی‌متر تبخیر آب از تشتک تبخیر) افزایشی بود (جدول ۴).

جدول ۳- تجزیه واریانس صفات کمی و کیفی بابونه آلمانی تحت تاثیر سطوح مختلف آبیاری و منابع مختلف تغذیه‌ای.

Table 3- Analysis of variance of quantitative and qualitative traits of *Matricaria chamomilla* L. as affected by different levels of irrigation and fertilizer sources.

منابع تغییر S.O.V	درجه آزادی df	کلروفیل آ Chlorophyll a	کلروفیل ب Chlorophyll b	کلروفیل کل Total chlorophyll	محتوای رطوبت نسبی Relative humidity	قندهای محلول Soluble carbohydrates	نیتروژن Nitrogen	فسفر Phosphorus	پتاسیم Potassium	فنل کل Total phenol	فلاونوئید کل Total flavonoid	رادیکال DPPH DPPH anti radical scavenging	درصد اسانس Essential oil percentage	عملکرد اسانس Essential oil yield	عملکرد گل خشک Dried flower yield
تکرار (Replication)	2	0.003	0.001	0.002	0.01	0.42	0.01	0.0002	0.002	0.37	0.003	3.78	0.004	1037.54	0.34
شرایط آبیاری (Irrigation)	2	9.78**	1.08**	17.33**	498.56**	54.44**	0.95**	0.05**	0.18**	121.16**	2.98**	247.25**	0.04**	156261.55**	1440.65**
منابع مختلف کوددهی (Fertilization)	4	0.55**	0.07**	1.04**	478.42**	88.10**	5.08**	0.09**	0.08**	109.11**	2.17**	678.35**	0.03**	434270.03**	2704.30**
آبیاری × کوددهی (Irrigation × Fertilization)	8	0.06**	0.008**	0.11**	70.76**	2.60*	0.0001ns	0.000003ns	0.001*	7.97**	0.21**	45.98**	0.00001ns	1652.63ns	51.17*
اشتباه آزمایشی (Experimental error)	28	0.001	0.0004	0.001	2.99	0.57	0.009	0.001	0.0005	0.54	0.004	1.30	0.001	2993.96	18.25
ضریب تغییرات (درصد) (CV %)		1.45	2.14	1.01	2.80	4.45	2.72	13.03	1.95	2.65	1.94	1.67	5.70	4.96	2.25

ns، *و **به ترتیب نشان‌گر عدم معنی‌داری و معنی‌داری در سطح احتمال پنج و یک درصد می‌باشند.

ns, * and ** indicate insignificance and significance 5% and 1% probability levels, respectively.

به نظر می‌رسد گیاهانی که تحت تنش کم آبی قرار می‌گیرند، فضای بین سلولی و میزان آب در پیکره خود را از طریق افزایش مواد اسمزی در درون بافت ها به حداقل می رسانند تا آب از بافت خاک با نیروی بیش تری وارد آن‌ها شود که این امر موجب کاهش میزان آب نسبی در شرایط تنش خشکی می گردد (۱۲). کاهش محتوای آب نسبی برگ در اثر تنش خشکی، دارای رابطه مستقیمی با محتوای رطوبتی خاک می باشد. کاهش رشد و فعالیت ریشه و افزایش میزان تبخیر و تعرق از جامعه گیاهی از عوامل مؤثر در کاهش محتوای نسبی آب شناخته شده‌اند (۳۱). بررسی نتایج این مطالعه نشان داد که کاربرد کودهای آلی و باکتری‌های محرک رشد نسبت به کود شیمیایی بیش‌تر از اثرات تنش خشکی می کاهد. همبستگی مثبت بین محتوای نسبی آب برگ و رطوبت خاک را می توان به کاربرد کودهای آلی خاک نسبت داد، چرا که کاربرد حاصل‌خیزکننده خاک از یک طرف با بهبود خواص فیزیکی خاک، ایجاد فضای بیش‌تر برای نفوذ آب با اصلاح و دانه بندی خاک و از طرف دیگر، با برقراری پیوند با مولکول های آب برای ممانعت از تبخیر آب، سبب افزایش محتوای نسبی آب برگ در شرایط تنش خشکی می‌گردد (۱۸، ۳۱).

قند های محلول: مقایسه میانگین تیمارهای منابع مختلف تغذیه‌ای در هر یک از سطوح مختلف آبیاری نشان داد که کاربرد منابع مختلف تغذیه‌ای، به‌دلیل تحمل طولانی مدت تنش کمبود آب بیش‌ترین میزان قندهای محلول را داشت. در هر یک از شرایط رطوبتی (۴۰، ۸۰ و ۱۲۰ میلی‌متر تبخیر آب از تشتک تبخیر) کاربرد منابع مختلف تغذیه‌ای نسبت به شاهد منجر به افزایش معنی‌داری قندهای محلول شده است. هر چند، هر دو شرایط رطوبتی ۸۰ و ۱۲۰ میلی‌متر تبخیر آب از تشتک تبخیر نسبت به شرایط رطوبتی ۴۰ میلی‌متر تبخیر آب از تشتک تبخیر میزان قندهای محلول کاهش معنی‌داری پیدا کرده است. بیش ترین مقدار قندهای محلول در شرایط رطوبتی ۴۰، ۸۰ و ۱۲۰ میلی‌متر تبخیر آب از تشتک تبخیر به ترتیب ۲۴/۲۳، ۲۰/۷۴ و ۱۷/۶۱ میکرومول گرم وزن تر از تیمار کاربرد کود مرغی به‌دست آمد. اما، کم‌ترین میزان قندهای محلول با مقدار ۱۴/۰۸، ۱۳/۱۸ و ۱۱/۹۰ میکرومول درگرم وزن تر به ترتیب در شرایط آبیاری ۴۰، ۸۰ و ۱۲۰ میلی‌متر تبخیر آب از تشتک تبخیر و بدون کاربرد منابع مختلف تغذیه‌ای مشاهده شد (جدول ۴). کاهش قند های محلول تحت شرایط تنش خشکی **توسط** سایر پژوهشگران گزارش شده است (۲۰). کاهش قندهای محلول در پاسخ به خشکی ممکن است به میزان قابل توجهی به کاهش دسترسی به قندها در اثر کاهش فتوسنتز مربوط باشد (۳۶). اگر چه آسیب به غشای سلولی به دنبال تنش کم آبی احتمالا تنظیم اسمزی را محدود می کند، محتوای آب برگ بالاتر تحت تنش کم آبی ممکن است از تجمع اسمولیت‌ها مانند قندهای محلول جلوگیری کند. پژوهش گران اظهار داشتند که اثر افزایش کاربرد کود آلی از طریق فراهمی عناصر غذایی ضروری بر افزایش فعالیت نیترات ردوکتاز منجر به شکل‌گیری کارآمد مولکول‌های نیتروژن‌دار مسئول برای ساخت پروتئین‌ها و آنزیم‌ها می‌شود که در فتوسنتز، انتقال قندها از آوند آبکش به دیگر قسمت‌های گیاه برای مصرف و ذخیره ATP مصرفی در بین دیگر فرآیندها لازم هستند و از این‌رو، گیاه با اثرات سوء تنش کم‌تری مواجه می‌شود (۱۴، ۱۷).

جدول ٤ - مقایسه میانگین صفات کمی و کیفی گیاه دارویی بابونه آلمانی تحت تأثیر اثر منابع مختلف کودی در هر یک سطوح آبیاری.

Table 4 - Comparison of mean quantitative and qualitative traits of *Matricaria chamomilla* L. as affected by the influence of fertilizer sources in each irrigation level.

سطوح آبیاری Irrigation levels	نوع کود Fertilizer type	کلروفیل آ Chlorophyll a	کلروفیل ب Chlorophyll b	کلروفیل کل Total chlorophyll	محتوای رطوبت نسبی Relative humidity	قندهای محلول Soluble sugers	پتاسیم Potassium	فنل کل Taotal phenol	فلاونوئید کل Total flavonoid	رادیکال DPPH anti radical scavenging	عملکرد گل خشک Dried flower yield
		میلی گرم در گرم وزن تر (mg g^{-1} FW)			درصد (٪)	میکرومول در گرم وزن تر (µmol g^{-1} FW)	درصد (%)	میلی گرم در گرم وزن تر (mg g^{-1} FW)	میلی گرم در گرم وزن تر (mg g^{-1} FW)	درصد (%)	کیلوگرم در هکتار (kg ha^{-1})
40	کنترل(Control)	2.53^{d}	0.99^{c}	3.54^{d}	56.17^{b}	14.08^{e}	1.19^{c}	24.57^{d}	6.22^{d}	59.36^{d}	171.10^{d}
	کود شیمیایی (Chemical fertilizer)	3.07^{c}	1.13^{b}	4.20^{c}	61.34^{b}	16.40^{d}	1.31^{b}	28.60^{c}	6.82^{c}	68.45^{c}	186.37^{c}
	کود زیستی(Biofertilizer)	3.14^{c}	1.10^{b}	4.24^{c}	60.51^{b}	18.71^{c}	1.37^{b}	30.16^{b}	7.08^{b}	66.40^{c}	198.14^{b}
	کود دامی(Manure)	3.31^{b}	1.14^{b}	4.44^{b}	81.25^{a}	21.59^{b}	1.38^{b}	30.87^{b}	7.16^{b}	74.64^{b}	215.54^{a}
	کود مرغی (Chicken manure)	3.61^{a}	1.35^{a}	4.97^{a}	82.22^{a}	24.24^{a}	1.48^{a}	37.84^{a}	8.23^{a}	90.91^{a}	222.66^{a}
80	کنترل(Control)	2.54^{c}	0.93^{c}	3.47^{c}	52.53^{d}	13.18^{d}	1.08^{d}	23.10^{c}	5.97^{d}	58.04^{d}	164.82^{d}
	کود شیمیایی (Chemical fertilizer)	2.72^{b}	1.06^{b}	3.78^{b}	57.03^{c}	15.18^{cd}	1.21^{c}	28.41^{b}	6.75^{c}	63.86^{c}	180.09^{c}
	کود زیستی(Biofertilizer)	2.77^{b}	1.07^{b}	3.84^{b}	60.04^{bc}	17.39^{bc}	1.28^{b}	28.58^{b}	6.76^{c}	65.56^{c}	191.41^{bc}
	کود دامی(Manure)	2.77^{b}	1.07^{b}	3.84^{b}	61.73^{b}	19.43^{ab}	1.31^{b}	28.84^{b}	7.06^{b}	71.90^{b}	201.88^{ab}
	کود مرغی (Chicken manure)	3.18^{a}	1.20^{a}	4.39^{a}	67.35^{a}	20.74^{a}	1.39^{a}	33.46^{a}	7.34^{a}	82.89^{a}	208.55^{a}
120	کنترل(Control)	1.41^{c}	0.57^{c}	1.98^{c}	50.67^{d}	11.90^{d}	1.01^{d}	21.81^{d}	5.83^{d}	57.24^{c}	158.25^{d}
	کود شیمیایی (Chemical fertilizer)	1.56^{b}	0.62^{b}	2.19^{b}	55.17^{c}	13.90^{c}	1.11^{c}	23.63^{c}	6.08^{c}	61.74^{b}	173.52^{c}
	کود زیستی(Biofertilizer)	1.57^{b}	0.64^{b}	2.24^{b}	57.68^{b}	15.71^{bc}	1.14^{b}	24.63^{b}	6.32^{b}	62.54^{b}	182.79^{bc}
	کود دامی(Manure)	1.65^{b}	0.67^{ab}	2.29^{b}	60.93^{a}	16.87^{ab}	1.18^{a}	26.81^{a}	6.36^{b}	68.39^{a}	188.77^{ab}
	کود مرغی (Chicken manure)	1.79^{a}	0.71^{a}	2.50^{a}	61.99^{a}	17.61^{a}	1.21^{a}	27.18^{a}	6.52^{a}	69.36^{a}	192.53^{a}

میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد ندارند.

Means with at least one common letter do not differ significantly at the 5% probability level.

بنابراین، کاربرد کود آلی و زیستی به سبب رهاسازی آسان و سریع‌تر عناصر غذایی مورد نیاز در طول دوره رشد گیاه می‌تواند در تولید قندها و کربوهیدرات محلول نقش موثری داشته باشد.

درصد نیتروژن: براساس نتایج به‌دست آمده در شرایط انجام رطوبتی ۴۰ میلی‌متر تبخیر آب از تشتک تبخیر درصد نیتروژن برگ به‌طور معنی‌داری بیش‌تر بود (جدول ۵). تنش خشکی، رشد گیاه زراعی، فتوسنتز برگ و واکنش های فیزیولوژیک گیاه را تحت تأثیر قرار می‌دهد. با انجام آبیاری شرایط مطلوب رطوبتی گیاه جهت ساخت و تثبیت نیتروژن فراهم می‌شود (۲۸). در تیمار منابع مختلف تغذیه‌ای، با کاربرد منابع مختلف تغذیه‌ای درصد نیتروژن افزایش یافته است، به‌طوری که بیش‌ترین (۴/۳۳ درصد) و کم‌ترین (۲/۳۴ درصد) میزان آن به ترتیب تحت کاربرد کود مرغی و شاهد مشاهده شد (جدول ۶). لذا با تامین رطوبت و عناصر غذایی مورد نیاز گیاه در تیمار کودهای مرغی، زمینه مناسبی برای رشد و جذب عناصر غذایی برای گیاه فراهم شده که همین امر سبب افزایش درصد نیتروژن شده است (۳۴). چرا که کودهای زیستی، دارای مجموعه‌ای از موثرترین باکتری‌های تثبیت‌کننده‌ی نیتروژن از جنس های آزوسپریلیوم و ازتوباکتر است. دلیل این امر می تواند به باکتری های موجود در کود بیولوژیک نسبت داده شود که موجب تثبیت نیتروژن و ایجاد تعادل در جذب عناصر غذایی پرمصرف از جمله نیتروژن در گیاه شده است (۹، ۲۷). کودهای آلی به دلیل آزادسازی تدریجی عناصر غذایی در طول دوره رشد گیاه در کود زیستی که باکتری‌های محرک رشد موجود با رهاکردن هورمون می‌تواند سبب افزایش درصد نیتروژن گیاه شده باشد (۳۳).

درصد فسفر: بر اساس نتایج به‌دست آمده در شرایط رطوبتی ۱۲۰ میلی‌متر تبخیر آب از تشتک تبخیر، درصد فسفر به‌طور معنی‌داری کاهش یافت (جدول ۵). نتایج مطالعه‌های پژوهش‌گران نشان‌دهنده این واقعیت است که جذب عناصر و تجمع آن‌ها در گیاه در شرایط تنش کم‌آبی به‌طور محسوسی کاهش می یابد. برای توجیه این امر دلایل مختلفی ارایه شده است. کاهش دسترسی آب در خاک مقدار جذب آن را محدود می سازد. علاوه بر این، با کاهش رطوبت خاک امکان حلالیت عناصر غذایی نیز کاهش می یابد. همچنین، کاهش جذب آب از نظر فیزیولوژیکی منجر به کاهش فتوسنتز و تعرق می گردد. در چنین شرایطی سیستم‌های انتقال فعال نیز به دلیل صرفه‌جویی در مصرف انرژی زیستی با اختلال روبه‌رو می شوند. مجموعه این شرایط منجر به کاهش معنی دار روی جذب کنندگی ریشه و در نتیجه کاهش جذب عناصر غذایی می‌گردد (۲۹، ۳۵).

جدول ۵- مقایسه میانگین صفات کیفی بابونه آلمانی در شرایط سطوح مختلف آبیاری.

Table 5- Comparison of quality traits of *Matricaria chamomilla* L. as affected by different levels of irrigation.

سطوح آبیاری Irrigation levels	نیتروژن (درصد) Nitrogen (%)	فسفر (درصد) Phosphorus (%)	اسانس(درصد) Essential oil (%)	عملکرد اسانس (گرم در هکتار) Essential oil yield (g ha^{-1})
40	3.77a	0.39a	0.52 c	1065.05^{b}
80	3.51b	0.33b	0.63 a	1217.24^{a}
120	3.26c	0.27c	0.57 b	1023.33^{c}

میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد ندارند.

Means with at least one common letter do not differ significantly at the 5% probability level.

مقایسه میانگین داده‌های به‌دست آمده از تیمارهای کودی حکایت از آن داشت که کاربرد منابع مختلف تغذیه ای مورد مطالعه در مقایسه با تیمار شاهد منجر به افزایش معنی‌دار درصد فسفر گردید (جدول ۶). درصد فسفر کود مرغی، دامی، زیستی، شیمیایی و شاهد به ترتیب ۰/۴۷ ۰/۴۰، ۰/۳۲، ۰/۲۷ و ۰/۲۱ درصد بود (جدول ۵). با توجه به این نتایج به روشنی می‌توان بیان داشت که باکترهای محرک رشد موجود در کود زیستی به‌واسطه افزایش فعالیت اسید فسفاتاز و الکالین فسفاتاز در اطراف ریشه ها منجر به بهبود معنی دار رشد گیاه، افزایش فتوسنتز و جذب مواد غذایی شده است (۱۹). کاربرد کود دامی از طریق بهبود اسیدیته خاک، تهویه خاک، فراهم نمودن متعادل اکثر عناصر غذایی، جلوگیری از آب‌شویی و افزایش حلالیت عناصر غذایی باعث تسریع و بهبود جذب فسفر توسط ریشه ها می شود (۴۹). به نظر می رسد که کاربرد کود دامی در تشکیل و ثبات خاک‌دانه های خاک نقش مهمی را داشته و در نتیجه هدایت هیدرولیکی خاک بهبود یافته و باعث توسعه سیستم ریشه‌ای و بهبود جذب آب و عناصر غذایی شده است.

جدول ۶- مقایسه میانگین صفات کیفی بابونه آلمانی تحت تاثیر منابع مختلف تغذیه‌ای.

Table 6- Comparison of average quality traits of *Matricaria chamomilla* L. as affected by different fertilizer types.

نوع کود Fertilizer type	نیتروژن (درصد) Nitrogen (%)	فسفر (درصد) Phosphorus (%)	اسانس (درصد) Essential oil (%)	عملکرد اسانس (گرم در هکتار) Essential oil yield (g ha^{-1})
کنترل (Control)	2.34^{e}	0.21^{e}	0.50^{d}	825.39^{e}
کود شیمیایی (Chemical fertilizer)	3.35^{d}	0.27 ^{d}	0.54^{c}	963.57^{d}
کود زیستی(Biofertilizer)	3.59^{c}	0.32^{c}	0.58^{b}	1133.13^{c}
کود دامی (Manure)	3.96^{b}	0.40^{b}	0.59^{b}	1186.63^{b}
کود مرغی (Chicken manure)	4.33^{a}	0.47^{a}	0.67 ^{a}	1400.66^{a}

میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک اختلاف معنی داری در سطح احتمال ۵ درصد ندارند.

Means with at least one common letter do not differ significantly at the 5% probability level.

درصد پتاسیم: مقایسه میانگین داده‌های مربوط به عامل آبیاری حاکی از آن داشت که درصد پتاسیم در شرایط رطوبتی ۴۰ میلی‌متر تبخیر آب از تشتک تبخیر نسبت به شرایط رطوبتی ۸۰ و ۱۲ میلی‌متر تبخیر آب از تشتک تبخیر به طور معنی‌دار بیش‌تر بود (جدول ۴). نتایج حاصل از مقایسه میانگین منابع مختلف تغذیه‌ای به وضوح نشان داد که کاربرد منابع مختلف تغذیه‌ای در مقایسه با شاهد منجر به افزایش معنی‌دار درصد پتاسیم استحصالی در هر یک از سطوح آبیاری گردید. همچنین، کاربرد کود مرغی و دامی در شرایط رطوبتی ۱۲۰ میلی‌متر تبخیر آب از تشتک تبخیر تاثیر یکسانی در میزان پتاسیم داشتند. بیش‌ترین درصد پتاسیم در شرایط رطوبتی ۴۰، ۸۰ و ۱۲۰ میلی‌متر تبخیر آب از تشتک تبخیر به ترتیب ۱/۴۸، ۱/۳۹ و ۱/۲۱ درصد از تیمار کاربرد کود مرغی به دست آمد. اما، کم‌ترین درصد پتاسیم با مقدار ۱/۱۹، ۱/۰۸ و ۱/۰۱ درصد به ترتیب در شرایط رطوبتی ۴۰، ۸۰ و ۱۲۰ میلی‌متر تبخیر آب از تشتک تبخیر و بدون

کاربرد منابع مختلف تغذیه‌ای به‌دست آمد (جدول ۴). در بین عناصر غذایی، پتاسیم در باز و بسته کردن دهانه روزنه‌ها و نیز تنظیم اسمزی در سلول‌های ریشه گیاهان نقش به‌سزایی دارد، قابلیت گیاهان در جذب این عنصر از محیط ریشه در شرایط نامساعد محیطی از جمله خشکی و شوری می‌تواند در میزان تولید گیاه مؤثر باشد (۱۶). محققان علت این کاهش را در ارتباط با کاهش آب خاک می‌دانند که منجر به کاهش جریان عناصر از خاک به گیاه می‌شود (۸). گزارش شده است که استفاده از باکتری‌های محرک رشد نیز تأثیر معنی داری بر غلظت پتاسیم در گیاه دارویی رازیانه داشته است (۲۲). کودهای زیستی علاوه بر در دسترس قرار دادن نیتروژن و فسفر مورد نیاز گیاه، از طریق افزایش رشد رویشی گیاه و به دنبال آن توسعه ریشه باعث بهبود جذب و افزایش فراهمی پتاسیم و سایر عناصر ریزمغذی می‌شوند (۵۰). افزایش اسیدیته خاک و عدم تثبیت پتاسیم در حضور کودهای آلی و زیستی می‌تواند از دلایل افزایش دسترسی این عنصر در خاک و به تبع آن جذب بیش‌تر آن توسط گیاه باشد (۱۰).

محتوای ترکیبات آنتی اکسیدانی: نتایج داده ها حاصل نشان داد که پاسخ گیاه به کاربرد منابع مختلف تغذیه‌ای بسته به سطوح رطوبتی از نظر محتوای ترکیبات آنتی‌اکسیدانی متفاوت بود. به‌طوری که در شرایط آبیاری ۴۰ میلی‌متر تبخیر آب از تشتک تبخیر، بیش ترین محتوای فنل کل (۳۷/۸۴ میلی گرم در گرم وزن تر)، فلاونوئید (۸/۲۳ میلی‌گرم در گرم وزن تر) و درصد مهار رادیکال DPPH (۹۰/۹۱ درصد) با اختلاف معنی‌داری در اثر کاربرد کود مرغی به‌دست آمد. به‌طوری که تیمار منابع مختلف تغذیه ای در مقایسه با تیمار شاهد، محتوای ترکیبات آنتی اکسیدانی را در هر سه شرایط آبیاری افزایش نشان داد. در حالی که در شرایط آبیاری ۱۲۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر، کم‌ترین محتوای فنل کل (۲۱/۸۱ میلی گرم در گرم وزن تر)، فلاونوئید (۵/۸۳ میلی‌گرم در گرم وزن تر) و درصد مهار رادیکال DPPH (۵۷/۲۴ درصد) در تیمار عدم منابع مختلف تغذیه‌ای (شاهد) مشاهده شد (جدول ۴). این کاهش می‌تواند ناشی از تخریب این ترکیبات در اثر واکنش با ترکیبات اکسیداتیو در شرایط تنش کم آبی باشد. همچنین، کاهش مقدار ترکیبات فنلی می تواند به علت کاهش فعالیت آنزیم های مسیر تولید آن باشد (۴۲). احتمالاً تنش شدیدتر کم‌آبی می تواند اثر منفی روی ویژگی‌های آنتی‌اکسیدانی گیاه داشته و باعث کاهش ترکیبات فنلی شود. از طرف دیگر، افزایش ترکیبات فنلی با افزایش میزان کربوهیدرات‌ها در گیاه ارتباط مستقیم دارد به‌طوری که افزایش جذب عناصر غذایی در خاک تیمار شده با کودهای آلی و زیستی منجر به افزایش میزان فتوسنتز خالص در گیاه و در نتیجه افزایش فعالیت آنزیم‌های درگیر با بیوسنتز نشاسته و پروتئین در سنتز ترکیبات ثانویه می‌گردد (۳۲).

درصد و عملکرد اسانس: نتایج مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که با تاخیر در آبیاری بیش‌ترین درصد (۰/۶۳ درصد) و عملکرد اسانس (۱۲۱۷/۲۴ گرم در هکتار) در شرایط رطوبتی ۸۰ میلی‌متر تبخیر آب از تشتک تبخیر به‌دست آمد (جدول ۵). کاهش عملکرد اسانس در اثر کاهش رطوبت خاک ممکن است ناشی از اثر زیان‌آور تنش خشکی بر رشد و عملکرد پیکر رویشی گیاه باشد. اثرات نامناسب تنش خشکی در کاهش عملکرد اسانس گیاهان مختلف توسط سایر پژوهش‌گران گزارش شده است (۱۴، ۲۴، ۳۹، ۴۵). نکته‌ای که باید در اینجا به آن اشاره کرد این است که همیشه همراه با افزایش شدت تنش، میزان اسانس افزایش نمی یابد، زیرا در تنش های شدیدتر، گیاه

بیش‌تر مواد فتوسنتزی خود را صرف تولید ترکیب‌های تنظیم کننده اسمزی از جمله پرولین، گلسین-بتائین و ترکیب های قندی مانند ساکاروز، فروکتوز و فروکتان‌ها می‌کند تا شرایط لازم برای ادامه حیات آن فراهم شود (۳۳).

بیشترین درصد اسانس (۰/۶۷ درصد) و عملکرد اسانس (۱۴۰۰/۶۶ گرم در هکتار) از تیمار کاربرد کود مرغی به‌دست آمد، در حالی که کم‌ترین میزان آن‌ها به ترتیب ۰/۵۰ درصد و ۸۲۵/۳۹ گرم در هکتار از تیمار عدم کاربرد کود (شاهد) مشاهده شد (جدول ۶). محققان گزارش کردند که کود شیمیایی به علت در اختیار قرار دادن نیتروژن بیش‌تر در افزایش عملکرد اسانس در بابونه تاثیر زیادی دارد (۲۳، ۲۴). تأثیر نیتروژن بر عملکرد اسانس مربوط به نقش فعالی است که نیتروژن در توسعه و تقسیم سلول‌های جدید حاوی اسانس دارد. همچنین، احتمالاً به دلیل اینکه نیتروژن باعث افزایش نسبت کربوهیدرات‌ها به جیبرلین و اکسین می‌شود، عملکرد اسانس بهبود می‌یابد. همچنین، کودهای آلی ممکن است با تامین احتیاجات غذایی گیاهان و بهبود ساختمان فیزیکی خاک و تعادل در بخش فیزیکی و شیمیایی خاک سبب بهبود عملکرد اسانس شده باشد (۱۸).

عملکرد گل خشک: طبق نتایج حاصل، کاربرد منابع مختلف تغذیه‌ای نسبت به شاهد، در هر یک از شرایط رطوبتی (۴۰، ۸۰ و ۱۲۰ میلی متر تبخیر آب از تشتک تبخیر) منجر به افزایش معنی‌داری عملکرد گل خشک شده است. عملکرد گل خشک در هر دو شرایط رطوبتی ۸۰ و ۱۲۰ میلی‌متر تبخیر آب از تشتک تبخیر نسبت به شرایط رطوبتی ۴۰ میلی متر تبخیر آب از تشتک تبخیر کاهش معنی‌داری داشته است. هر چند کاربرد کود گاوی اختلاف معنی‌داری با کود مرغی بر عملکرد گل خشک در شرایط آبیاری ۴۰ میلی‌متر تبخیر آب از تشتک تبخیر نشان نداد. به طوری که بیش‌ترین عملکرد گل خشک در شرایط رطوبتی ۴۰، ۸۰ و ۱۲۰ میلی‌متر تبخیر آب از تشتک تبخیر به ترتیب ۲۲۲/۶۶، ۲۰۸/۵۵ و ۱۹۲/۵۳ کیلوگرم در هکتار از تیمار کاربرد کود مرغی به‌دست آمد. اما، کم‌ترین مقدار آن با ۱۷۱/۱۰، ۱۶۴/۸۲ و ۱۵۸/۲۵ کیلوگرم در هکتار به ترتیب در شرایط آبیاری ۴۰، ۸۰ و ۱۲۰ میلی متر تبخیر آب از تشتک تبخیر و بدون کاربرد منابع مختلف تغذیه‌ای به‌دست آمد (جدول ۴). برای به وجود آمدن گل، گیاه نیاز به رشد رویشی مناسب و تولید اندام های تشکیل‌دهنده آن در مراحل مختلف رشد رویشی و زایشی دارد. تاثیر خشکی بر هر یک از اجزای تشکیل‌دهنده گل می‌تواند منجر به تغییر در میزان گل تولیدی شود. پژوهش‌گران گزارش کردند که کمبود آب باعث کاهش عملکرد دانه و همچنین، کاهش تعداد و قطر ساقه، طول میان‌گره و اندازه برگ در گیاه بابونه می‌شود (۴۴). افزایش عملکرد گل در تیمار کود دامی در بابونه آلمانی در سطوح بالای تنش خشکی می‌تواند مربوط به تاثیر کود دامی در افزایش نگهداری آب در خاک باشد. در این شرایط، کاربرد کود آلی علاوه بر تامین عناصر غذایی لازم برای گیاه باعث بهبود خلل و فرج خاک، تعادل نیتروژن و افزایش کارایی جذب فسفردر گیاه می‌شود. نتایج پژوهش‌ها نشان داده است که زیست توده آویشن در شرایط کاربرد کودهای آلی و زیستی افزایش یافت (۴۳، ۴۸). آن‌ها دلیل این امر را افزایش راندمان مصرف آب و بهبود جذب و دسترسی به عناصر غذایی برای گیاه تحت شرایط تیمار با کودهای آلی و زیستی ذکر کردند (۴۳، ۴۸). نتایج مطالعات نشان می‌دهد که کاربرد

کودهای آلی و زیستی در طی دوره تنش کم‌آبی با افزایش پتانسیل آب برگ، افزایش سرعت مصرف دی اکسیدکربن و افزایش میزان تعرق و نیز افزایش میزان جذب آب در واحد زمان و در واحد طول ریشه گیاه میزبان، قادر است اثرات تنش خشکی در گیاه را کاهش دهند (۲۸، ۴۰).

نتیجه‌گیری کلی

نتایج پژوهش حاضر نشان داد که کاربرد کود مرغی بیش‌ترین تأثیر را در افزایش عملکرد گل خشک و بهبود خصوصیات فیزیولوژیک گیاه بابونه آلمانی در هر یک از سطوح آبیاری داشت. از طرف دیگر، افزایش جذب عناصر غذایی (نیتروژن، فسفر و پتاسیم) و درصد اسانس و عملکرد اسانس در نتیجه کاربرد کود مرغی بیش‌ترین مقادیر را نسبت به سایر تیمارهای کودی نشان داد، به‌طوری که کاربرد منابع مختلف تغذیه‌ای در مقایسه با شاهد موجب بهبود رنگیزه‌های فتوسنتزی، محتوای رطوبت نسبی، قندهای محلول و فعالیت آنتی‌اکسیدانی در هر یک از سطوح رطوبتی شد. در گیاهان تیمار شده با کود مرغی، محتوای فنل کل، فلاونوئید، درصد مهار رادیکال DPPH و عملکرد خشک گل بابونه آلمانی نسبت به تیمار شاهد به ترتیب منجر به افزایش ۳۶، ۲۵ ، ۳۵ و ۲۴ درصد در شرایط ۴۰ میلی‌متر تبخیر آب از تشتک تبخیر و ۳۰، ۱۹ ،۳۰ و ۲۰ درصد در شرایط ۸۰ میلی‌متر تبخیر آب از تشتک تبخیر و ۲۰، ۱۱، ۱۷ و ۱۷ درصد در شرایط ۱۲۰ میلی‌متر تبخیر آب از تشتک تبخیر شد. مصرف کود مرغی از طریق افزایش میزان کربوهیدرات‌ها، عناصر غذایی و همچنین، بهبود خصوصیات فیزیولوژیکی و تنظیم سیستم‌های آنتی‌اکسیدان باعث افزایش عملکرد اسانس و تحمل تنش خشکی در گیاه بابونه می‌شود.

Refrences

1. Abd Elbar, O.H., Farag, R.E., and Shehata, S.A. 2019. Effect of putrescine application on some growth, biochemical and anatomical characteristics of *Thymus vulgaris* L. under drought stress. Ann. Agric. Sci. 64: 2. 129-137.
2. Abdi, G., Shokrpour, M., and Salami, S.A. 2019. Essential Oil Composition at Different Plant Growth Development of Peppermint (*Menthax piperita* L.) Under Water Deficit Stress. J. Essent. Oil-Bear. Plants. 22: 2. 431-440.
3. Ahmadian, A., Ghanbari, A., Siahsar, B., Haydari, M., Ramroodi, M., and Mousavinik, S.M., 2011. Study of chamomiles yield and its components under drought stress and organic and inorganic fertilizers usage and their residue. J. Microbiol. Antimicrob. 3: 2. 23-28.
4. Ahmadian, A., Tavassoli, A., and Amiri, E., 2011. The interaction effect of water stress and manure on yield components, essential oil and chemical compositions of cumin (*Cuminum cyminum*). Afr. J. Agric. Res. 6:10. 2309-2315.
5. Akbar, S. 2020. *Matricaria chamomilla* L. (Asteraceae/Compositae). In Handbook of 200 medicinal plants.Pp: 1147-1159. Springer, Cham.
6. Bistgani, Z.E., Siadat, S.A., Bakhshandeh, A., Pirbalouti, A.G., Hashemi, M., Maggi, F., and Morshedloo, M.R., 2018. Application of combined fertilizers improves biomass, essential oil yield, aroma profile, and antioxidant properties of *Thymus daenensis* Celak. Ind Crops Prod. 121: 1. 434-440.
7. Chapman, H.D., and Pratt, P.F. 1961. Methods of analysis for soils, plants and waters. University of California. Div. Agric. Sci. 126 p.
8. Chen, W., Yao, X., Cai, K., and Chen, J. 2011. Silicon alleviates drought stress of rice plants by improving plant water status, photosynthesis and mineral nutrient absorption. Biol. Trace Elem. Res. 142: 1. 67-76.

9. Coban, F., Ozer, H., Ors, S., Sahin, U., Yildiz, G., and Cakmakci, T. 2018. Effects of deficit irrigation on essential oil composition and yield of fennel (*Foeniculum vulgare* Mill) in a high-altitude environment. J. Essent. Oil Res. 30: 6. 457-463.
10. Dubois, M., Gilles, K.A., Hamilton, J.K., Rebers, P.T., and Smith, F. 1956. Colorimetric method for determination of sugars and related substances. Anal. Chem. 28: 3. 350-356.
11. Ebrahimzadeh, M.A., Navai, S.F., and Dehpour, A.A. 2011. Antioxidant activity of hydroalcholic extract of ferulagummosa Boiss roots. US National Library of Medicinal National Institutes of Health. 15: 6. 658-664.
12. El-Kashef, T.O.M., and Abdallah, S.A. 2018. Effect of NPK rates and inoculation with mycorrhizal fungi on chamomile (*Matricaria chamomilla* L.) plant in sandy soils. Hortscience Journal of Suez Canal University. 7:1. 29-40.
13. Ghosh, P.K., Ramesh, P., Bandyopadhyay, K.K., Tripathi, A.K., Hati, K.M., Misra, A.K., and Acharya, C.L., 2004. Comparative effectiveness of cattle manure, poultry manure, phosphocompost and fertilizer-NPK on three cropping systems in vertisols of semi-arid tropics. I. Crop yields and system performance. Bioresour. Technol. 95: 1. 77-83.
14. Hasani, A., Omidbiygi, R., and Heidari Sharifabad, H. 2002. Effect of soil water levels on growth, yield and osmolytes accumulation in basil (*Ocimum basilicum* L.). J. Soil Water Res. 17: 2. 20-28.
15. Horwitz, W. 1984. Official methods of analysis of the Association of Official Analytical Chemists. 14th ed. Association of Official Analytical Chemists, Washington DC. 184 p.
16. Hu, Y.C., and Schmidhalter, U. 2005. Drought and salinity: a comparison of their effects on mineral nutrition of plants. J. Plant Nutr. Soil Sci. 168: 1. 541-549.
17. Huang, X.F., Li, S.Q., Li, S.Y., Ye, G.Y., Lu, L.J., Zhang, L., Yang, L.Y., Qian, X., and Liu, J. 2019. The effects of biochar and dredged sediments on soil structure and fertility promote the growth, photosynthetic and rhizosphere microbial diversity of *Phragmites communis* (Cav.) Trin. Sci. Total Environ. 69: 2. 325-336.
18. Javan Gholiloo, M., Yarnia, M., Ghorttapeh, A.H., Farahvash, F., and Daneshian, A.M. 2019. Evaluating effects of drought stress and bio-fertilizer on quantitative and qualitative traits of valerian (*valeriana officinalis* L.). J. Plant Nutr. 2: 1. 1-13.
19. Kałużewicz, A., Krzesiński, W., Spiżewski, T., and Zaworska, A. 2017. Effect of biostimulants on several physiological characteristics and chlorophyll content in broccoli under drought stress and re-watering. Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca. 45: 1. 197-202.
20. Keyvan, S. 2010. The effects of drought stress on yield, relative water content, proline, soluble carbohydrates and chlorophyll of bread wheat cultivars. J. Anim. Plant Sci. 8: 3. 1051-1060.
21. Khali Poor Asbagh, J. 2006. Chamomile (*Marticaria recutita* L.), characters and application. J. Essent. Oil Res. 56: 2. 30-36.
22. Kumar, G., Singh, R., and Mishra, R. 2020. Biofertilizer and chemical fertilizer induced changes in cyto-morphological and biochemical constituents of *Foeniculum vulgare* Mill. Curr. Bot. 4: 2. 7-13.
23. Letchamo, W. 1992. A comparative study of chamomile yield essential oil and flavonoids content under two sowing seasons and nitrogen levels. Acta. Hortic. 306: 1. 375-384.
24. Letchamo, W., 1993. Nitrogen application affects yield and content of the active substances in chamomile genotypes. P 636-639, In: M. Janick and J.E. Simon (eds). New Crops, Wiley, New York, USA.
25. Letchamo, W., Marquard, R., Holz, J., and Gosselin, A. 1994. Effects of water supply and light intensity on growth and essential oil of two *Thymus vulgaris* selections. Angew. Bot. 68: 1. 83-88.
26. Lichtenthaler, H.K., and Wellburn, A.R. 1987. Determination of total carotenoids and chlorophylls a and b of leaf in

different solvents. Biochem. Soc. Trans. 11: 2. 591-592.
27. Lori, M., Piton, G., Symanczik, S., Legay, N., Brussaard, L., Jaenicke, S., Nascimento, E., Reis, F., Sousa, J.P., Mäder, P., and Gattinger, A. 2020. Compared to conventional, ecological intensive management promotes beneficial proteolytic soil microbial communities for agro-ecosystem functioning under climate change-induced rain regimes. Sci. Rep. 10: 1. 1-15.
28. Lukashe, N.S., Mupambwa, H.A., Green, E., and Mnkeni, P.N.S., 2019. Inoculation of fly ash amended vermicompost with phosphate solubilizing bacteria (*Pseudomonas fluorescens*) and its influence on vermi-degradation, nutrient release and biological activity. Waste. Manage. 83: 1. 14-22.
29. Malavolta, E., Vitti, G.C., and Oliveira, S.A. 1997. Avaliacão do estado nutricional das planta: princípios aplicacões, 2 ed. Potafos, Piracicaba. 319 p.
30. Mathur, S., Tomar, R.S., and Jajoo, A. 2019. Arbuscular mycorrhizal fungi (AMF) protect photosynthetic apparatus of wheat under drought stress. Photosynth. Res. 139: 3. 227-238.
31. Mirseyedi, S.K., Nasiri, Y., Morshedloo, M.R., and Khalili, M. 2020. Evaluation of organic, chemical, biological and amino acids application on quantitative and qualitative characteristics of chamomile (*Matricaria chamomilla* L.) at different harvesting. Ir. J. Hortic. Sci. 50: 4. 755-767.
32. Muller, V., Lankes, C., Zimmermann, B.F., Noga, G., and Hunsche, M. 2013. Centelloside accumulation in leaves of *Centella asiatica* is determined by resource partitioning between primary and secondary metabolism while influenced by supply levels of either nitrogen, phosphorus or potassium. J. Plant Physiol. 170: 13. 1165-1175.
33. Munns, R. 1993. Physiological process limiting plant growth in saline soil: some dogmass and hypotheses. Plant Cell. Environ. Res. 16: 2. 15-24.
34. Murakami, K., Hara, M., Kondo, T., and Hashimoto, Y., 2011. Increased total nitrogen content of poultry manure by decreasing water content through composting processes. Sci. Plant Nutr. 57: 5. 705-709.
35. Pankaj, U., Singh, D.N., Singh, G., and Verma, R.K. 2019. Microbial inoculants assisted growth of *Chrysopogon zizanioides* promotes phytoremediation of salt affected soil. Ind J. Microbiol. 59: 2. 137-146.
36. Pirzad, A., Shakiba, M.R., Zehtab-Salmasi, S., Mohammadi, S.A., Darvishzadeh, R., and Samadi, A. 2011. Effect of water stress on leaf relative water content, chlorophyll, proline and soluble carbohydrates in *Matricaria chamomilla* L. J. Med. Plants Res. 5: 12. 2483-2488.
37. Rahimi, A., Siavash Moghaddam, S., Ghiyasi, M., Heydarzadeh, S., Ghazizadeh, K., and Popović-Djordjević, J. 2019. The Influence of chemical, organic and biological fertilizers on agrobiological and antioxidant properties of Syrian cephalaria (*Cephalaria Syriaca* L.). Agriculture. 9: 6. 122-130.
38. Reddy, A.R., Chaitanya, K.V., and Vivekanandan, M. 2004. Drought-induced responses of photosynthesis and antioxidant metabolism in higher plants. J. Plant Physiol. 161: 11. 1189-1202.
39. Refaat, A.M., and M.M. Saleh. 1997. The combined effect of irrigation intervals and foliar nutrition on sweet Basil plants. Bulletin of Faculty of Agriculture University of Cairo. 48: 2. 515-527.
40. Ritchie, S.W., Nguyen, H.T., and Holaday, A.S. 1990. Leaf water content and gas exchange parameters of two wheat genotypes differing in drought resistance. Crop Sci. 30: 1. 105-111.
41. Salehi, A., Tasdighi, H., and Gholamhoseini, M., 2016. Evaluation of proline, chlorophyll, soluble sugar content and uptake of nutrients in the German chamomile (*Matricaria chamomilla* L.) under drought stress and organic fertilizer treatments. Asian Pac. J. Trop. Biomed. 6: 10. 886-891.
42. Sánchez-Rodríguez, E., Moreno, D.A., Ferreres, F., Mar Rubio-Wilhelmi, M.

and Ruiz, J.M., 2011. Differential responses of five cherry tomato varieties to water stress: changes on phenolic metabolites and related enzymes. Phytochem. 72: 8. 723-729.
43. Sharafzadeh, S., and Ordookhani, K., 2011. Organic and bio fertilizers as a good substitute for inorganic fertilizers in medicinal plants farming. Aust. J. Basic Appl. Sci. 5: 12. 1330-1333.
44. Smitha, G.R., Basak, B.B., Thondaiman, V., and Saha, A., 2019. Nutrient management through organics, bio-fertilizers and crop residues improves growth, yield and quality of sacred basil (*Ocimum sanctum* Linn). Ind Crops Prod. 128: 1. 599-606.
45. Solinas, V., and Deiana, S. 1996. Effect of water and nutritional conditions on the *Rosmarinus officinalis* L. phenolic fraction and essential oil yields. Riv. Ital. EPPOS. 19: 2. 189-198.
46. Tenninghoff, E., and Houba, V. 2004. Plant Analysis Procedures (second edition). Kluwer Academic Publisher. 179 p.
47. Vessey, J.K. 2003. Plant growth promoting *Rhizobacteria* as biofertilizers. Plant. Soil Res. 255: 1. 571-586.
48. Yadegari, M., and Mosadeghzad, Z., 2012. Biofertilizers effects on quantitative and qualitative yield of thyme (*Thymus vulgaris*). Afr. J. Agric. Res. 7: 34. 4716-4723.
49. Yolcu, H., Gunes, A., Dasci, M., Turan, M., and Serin, Y., 2010. The effects of solid, liquid and combined cattle manure applications on the yield, quality and mineral contents of common vetch and barley intercropping mixture. Sci. Hortic. 19: 75. 71-81.
50. Youssef, I.A., Ali, M.E., Noufal, E.H., Ismail, S.A., and Ali, M.M., 2020. Effect of different sources and levels of nitrogen fertilizers with and without organic and bio-fertilizers on growth and yield components of fennel plants (*Foeniculum vulgare* Mill.). J. Soil Sci. Plant Nutr. 12: 2. 6-14.