دو فصلنامه‌ی علوم به زراعی گیاهی
دوره نهم، شماره یک، بهار و تابستان ۱۳۹۸

اثر دور آبیاری، کود دامی و ورمی‌کمپوست بر ویژگی‌های رویشی و عملکرد به‌لیمو (*Lippia citriodora* L.)

زهرا شادکام[۱]، فرهاد مهاجری[۲*]

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد گیاهان دارویی، واحد فسا، دانشگاه آزاد اسلامی، فسا، ایران
۲- استادیار گروه کشاورزی، واحد فسا، دانشگاه آزاد اسلامی، فسا، ایران
* مسئول مکاتبه؛ پست الکترونیک: mohajeri_agri@yahoo.com

(تاریخ دریافت: ۹ آبان ماه ۱۳۹۷; تاریخ پذیرش: ۲۶ آذر ماه ۱۳۹۷)

چکیده

برای مطالعه برهمکنش دور آبیاری با کودهای دامی و ورمی کمپوست و اثر آن بر ویژگی‌های رویشی و عملکرد به‌لیمو، آزمایشی به صورت فاکتوریل در قالب طرح پایه‌ی کاملاً تصادفی با سه تکرار در سال ۱۳۹۶-۱۳۹۵ انجام گردید. فاکتور اول شامل دور آبیاری در چهار سطح (آبیاری پس از دو روز، چهار روز، شش روز و هشت روز) و فاکتور دوم استفاده از ترکیبات کود دامی و ورمی‌کمپوست در چهار سطح (پنج درصد وزنی خاک گلدان کود دامی، دو و نیم درصد وزنی خاک گلدان کود دامی + دو و نیم درصد وزنی خاک گلدان کود ورمی‌کمپوست، پنج درصد وزنی خاک گلدان کود ورمی‌کمپوست و شاهد) بودند. نتایج نشان دادند که بیشترین ارتفاع، تعداد برگ، وزن تر و خشک به‌لیمو در تلفیق کود دامی + کود ورمی‌کمپوست بود، هرچند که بین سطوح مختلف ترکیبات کود آلی اختلاف معنی‌داری مشاهده نگردید. افزایش دور آبیاری سبب کاهش محتوای نسبی آب برگ و شاخص کلروفیل در گیاه به‌لیمو گردید. کمترین نشت یونی برگ در تیمار کود ورمی‌کمپوست و دامی و بیشترین میزان مالون‌دی‌آلدهید در تیمار شاهد به‌دست آمد. نتایج این پژوهش نشان داد که با افزایش دور آبیاری، بر گیاه به‌لیمو تأثیر منفی وارد می‌شود که در نهایت باعث کاهش تولید عملکرد بیولوژیک گردید. هم‌چنین استفاده از کود ورمی‌کمپوست و کود دامی چه به‌صورت تلفیقی و چه به‌صورت تکی سبب افزایش رشد و بهبود خصوصیات رویشی گردید.

واژه‌های کلیدی: شاخص کلروفیل، عملکرد بیولوژیک، مالون‌دی‌آلدهید

مقدمه

گیاه به‌لیمو با نام علمی *Lippia citriodora* L. به خانواده‌ی شاه‌پسند (Verbenaceae) تعلق دارد. این گیاه دارای برگ‌های کشیده و به رنگ سبز روشن می‌باشد و به‌طور گسترده به عنوان دمنوش و ادویه استفاده می‌شود (۲). از گذشته‌های دور این گیاه برای درمان آسم، سرماخوردگی، نفخ شکم، اسهال، سو هاضمه، بی خوابی و اضطراب مورد استفاده قرار گرفته است (۱۴).

تنش خشکی یکی از مهم‌ترین بازدارنده‌های تولید گیاهان در بسیاری از مناطق خشک و نیمه خشک جهان به شمار می‌رود (۳۰). تنش خشکی به طور عمده از طریق اختلال در تغذیه و کاهش فتوسنتز سبب کاهش رشد در گیاهان می‌شود. از سوی دیگر عوامل متعددی سبب ایجاد تحمل گیاهان به تنش خشکی و تغییر در مکانیسم‌های فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی می‌گردد (۱۰). محمدی و همکاران (۶) با بررسی اثر تنش خشکی بر برخی پارامترهای رویشی و بیوشیمیایی گیاه به لیمو گزارش کردند که کاهش در پارامترهای مانند وزن تر اندام هوایی نشان دهنده حساسیت این گیاه به تنش خشکی می‌باشد. همچنین گیاه به‌لیمو با افزایش محتوای پروتئین و پرولین به نوعی به تنش پاسخ می دهد.

در کشاورزی پایدار استفاده از نهاده‌های سنتزی مانند کودهای شیمیایی به علت تأثیر منفی بر تعادل زیستی اجتناب شده و از تناوب نهاده‌های آلی برای ایجاد چرخه‌ی تأمین عناصر غذایی استفاده می‌شود (۲۵). در واقع، کشاورزی پایدار از طریق جایگزینی مواد شیمیایی با کودهای آلی و زیستی، درصدد افزایش حاصلخیزی و سلامت خاک، حفظ محیط زیست و افزایش کیفیت محصولات می‌باشد (۱۶). از مهم‌ترین کودهای توصیه شده در کشاورزی پایدار، کودهای دامی می‌باشد. کودهای دامی از یک طرف به تأمین مواد غذایی خاک کمک کرده و از طرف دیگر ساختمان خاک را اصلاح می‌کنند (۲۸). علاوه بر آن مصرف کودهای ورمی‌کمپوست نیز از جهت جایگزین نمودن نهاده‌های شیمیایی، جایگاه قابل توجهی در کشاورزی پایدار دارا می‌باشد (۱۱). ورمی‌کمپوست که در نتیجه‌ی فرآیندهای هضم و تبدیل بقایای مواد آلی همچون کودهای دامی و بقایای گیاهی ضمن عبور از دستگاه گوارش کرم‌های خاکی به‌وجود می‌آید، از جمله منابع اساسی تغذیه گیاهان در نظام‌های زراعی پایدار می‌باشد. استفاده از ورمی‌کمپوست در کشاورزی پایدار سبب افزایش جمعیت و فعالیت میکروارگانیزم‌های مفید خاک شده و در جهت فراهمی عناصر غذایی مورد نیاز گیاه عمل می‌کند (۸). ورمی‌کمپوست با بهبود وضعیت تهویه‌ی خاک، باعث افزایش اکسایش گوگرد شده و همچنین حضور ورمی‌کمپوست به عنوان منبع کربن، فعالیت میکروارگانیزم‌های حل کننده‌ی فسفات و اکسید کننده‌ی گوگرد را تشدید می‌کند (۳۶). با توجه به استفاده‌ی روز افزون از گیاهان دارویی، مطالعه بسترهای کاشت و نقش آن‌ها در افزایش کمیت و کیفیت گیاهان دارویی بسیار ضروری است (۲۲). اصغری و همکاران (۱) گزارش کردند که در گیاه به لیمو تنش خشکی منجر به به تخریب ساختار فتوسنتزی گیاه شده و با افزایش ورمی کمپوست خاک نیز باعث افزایش شاخص کلروفیل می‌گردد، به طوری که بیشترین افزایش شاخص کلروفیل به میزان ۳۶/۳۷ مربوط به تیمار ۲۰ درصد کمپوست و ۲۰ درصد ورمی کمپوست بود. عبادی و همکاران (۵) گزارش کردند که در گیاه به‌لیمو، بیشترین میزان عملکرد برگ (۷/۷۳ گرم) متعلق به تیمار استفاده از ورمی‌کمپوست به میزان ۳۰ درصد حجم گلدان بود و کمترین میزان عملکرد برگ (۴/۷۵ گرم) نیز در تیمار شاهد مشاهده شد. محققان در بررسی تأثیر کود دامی و ورمی کمپوست گزارش کردند که کود دامی سبب افزایش تخلخل و نفوذپذیری خاک شده که می تواند سبب بهبود رشد و عملکرد کمی به لیمو شود (۲۴).

تنش خشکی عامل محدود کننده‌ای برای بسیاری از گیاهان دارویی محسوب می‌شود. از سوی دیگر با توجه به گزارش‌هایی مبنی بر اثرات مثبت کودهای آلی در تعدیل تنش خشکی و تسهیل جذب عناصر غذایی توسط گیاه،

مطالعه کودهای آلی و تأثیر آن بر عملکرد کمی و کیفی گیاهان دارویی و از جمله گیاه به‌لیمو را ضروری ساخته است. همچنین با توجه به مشکلات زیست محیطی ناشی از کاربرد کودهای شیمیایی و تأثیر سویی که بر چرخه‌ی زیستی و خود پایداری بوم نظام‌های زراعی دارد، بنابراین در این پژوهش استفاده از ترکیبات آلی و کاهش مصرف آب در کشت و کار گیاه به‌لیمو مورد مطالعه قرار گرفته است.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در سال زراعی ۱۳۹۵-۱۳۹۶ به منظور بررسی برهمکنش دور آبیاری با کودهای دامی (کود گوسفندی تجزیه شده) و ورمی‌کمپوست بر ویژگی‌های رویشی و عملکرد به‌لیمو، به صورت گلدانی در فضای باز در شهرستان فسا انجام گردید. شهرستان فسا با عرض جغرافیایی ۲۸ درجه و ۵۸ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ۵۳ درجه و ۴۱ دقیقه شرقی و ارتفاع حدود ۱۳۸۴ متر از سطح دریا در جنوب شرقی استان فارس قرار دارد. این آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح پایه‌ی کاملاً تصادفی با سه تکرار اجرا شد. فاکتور اول شامل دور آبیاری در چهار سطح (آبیاری پس از دو، چهار، شش و هشت روز) و فاکتور دوم استفاده از ترکیبات کود دامی و ورمی‌کمپوست در چهار سطح (پنج درصد وزنی خاک گلدان کود دامی، دو و نیم درصد وزنی خاک گلدان کود دامی + دو و نیم درصد وزنی خاک گلدان کود ورمی‌کمپوست، پنج درصد وزنی خاک گلدان کود ورمی‌کمپوست و شاهد بدون کود آلی) بود. در تیمار پنج درصد وزنی خاک گلدان کود دامی به ازای هر گلدان ۱۰ کیلویی، میزان ۵۰۰ گرم کود دامی اضافه شد. در تیمار دوم به ازای هر گلدان ۱۰ کیلویی حدود ۲۵۰ گرم کود دامی و ۲۵۰ گرم کود ورمی‌کمپوست به صورت مخلوط و تیمار سوم میزان ۵۰۰ گرم کود ورمی‌کمپوست اضافه شد. هم‌چنین در تیمار شاهد در هر گلدان ۱۰ کیلویی مخلوطی از خاک مزرعه و شن به نسبت دو به یک پر شد. قبل از اجرای آزمایش از خاک مزرعه نمونه‌برداری و خصوصیات شیمیایی خاک به شرح جدول ۱ تعیین شد. هم‌چنین کود دامی و کود ورمی‌کمپوست مورد استفاده در این پژوهش تجزیه و خصوصیات آنها به شرح جدول ۲ گزارش شد.

جدول ۱- نتایج تجزیه‌ی خاک مزرعه

عمق (سانتی متر)	بافت	کربن آلی (درصد)	هدایت الکتریکی (دسی زیمنس بر متر)	pH	نیتروژن (درصد)	فسفر (میلی‌گرم در کیلوگرم)	پتاسیم (میلی‌گرم در کیلوگرم)
۰-۴۰	لومی	۰/۷۶	۱/۳۴	۷/۸۵	۰/۰۸	۱۴/۶	۱۹۲

جدول ۲- نتایج تجزیه‌ی کود دامی و ورمی‌کمپوست

نوع کود	هدایت الکتریکی (دسی زیمنس بر متر)	pH	نیتروژن (درصد)	فسفر (میلی‌گرم در کیلوگرم)	پتاسیم (میلی‌گرم در کیلوگرم)
کود دامی	۱۰/۵	۸/۲۲	۰/۱۷۵	۰/۴۱۲	۱/۴۲۵
کود ورمی‌کمپوست	۷/۵	۷/۸۸	۱/۳۷	۰/۸۹	۱/۱۶

نشاهای ۹۰ روزه به‌لیمو از شرکت دانش بنیان سبز اکسیر فارس در شیراز تهیه شدند. در هر گلدان شش نشا کاشته شد و پس اطمینان از استقرار گیاه در گلدان چهار بوته حفظ گردید. لازم به ذکر است که در این پژوهش کود شیمیایی استفاده نشد. بعد از کاشت نشاها در تاریخ ۱۲ اسفند ۱۳۹۵، تمام گلدان‌ها آبیاری گردید. آبیاری دوم و

سوم به منظور استقرار بهتر نشاها برای تمامی تیمارها براساس تیمار آبیاری ۲۰ درصد تخلیه رطوبتی (پس از دو روز) انجام شد. پس از آبیاری سوم، تیمارهای آبیاری اعمال شد. جهت تعیین مقدار آب در هر دور آبیاری با محاسبه‌ی درصد وزنی رطوبت خاک در نقطه‌ی ظرفیت زراعی، در هر گلدان مقدار ۱۰ کیلوگرم خاک ریخته شد. سپس تعدادی گلدان به صورت تصادفی انتخاب و به حد اشباع از آب رسانده و سپس سطح گلدان‌ها پس از پوشاندن به وسیله‌ی فویل آلومینیومی (جهت جلوگیری از تبخیر از سطح گلدان‌ها) به روی سطوح مشبک جهت زهکشی آب اضافی تا ظرفیت زراعی قرار داده شدند. پس از سپری شدن ۴۸ ساعت، گلدان‌ها دوباره وزن شدند و در ادامه، خاک آنها در دمای ۱۰۵ درجه‌ی سانتی‌گراد به مدت ۲۴ ساعت کاملا خشک شده و وزن خشک آنها اندازه‌گیری شد. بدین ترتیب میانگین اعداد به دست آمده، معادل ظرفیت زراعی در نظر گرفته شد، به‌طوری‌که وزن گلدان طبق معادله ۱ در شرایط ظرفیت زراعی ۱۰۰ درصد در نظر گرفته شد. مقدار آب مورد نیاز گلدان‌ها بر اساس روش وزنی محاسبه و اضافه گردید.

$$FC = \frac{FCW-DW}{DW} \times 100$$ معادله (۱)

که در آن، FCW وزن خاک در ظرفیت زراعی و DW وزن خاک خشک شده در آون است (۱۷ و ۳۵).

به منظور اندازه‌گیری صفات مورد مطالعه، تعداد برگ‌های هر گیاه در هر بوته شمارش و سپس با میانگین‌گیری از آن‌ها، ثبت گردید. جهت اندازه‌گیری ارتفاع گیاه، از خط‌کش با دقت یک دهم سانتی‌متر استفاده شد. جهت اندازه‌گیری وزن خشک برگ و اندام هوایی گیاه، ابتدا ریشه را حذف کرده و سپس اندام هوایی پس از شستشو با آب مقطر، کاملا خشک شد، اندام‌های هوایی داخل پاکت قرار داده شد و سپس درون آون با دمای ۷۰ درجه‌ی سانتی‌گراد به مدت ۴۸ ساعت قرار داده شد و بعد از خشک شدن به وسیله‌ی ترازوی با دقت ۰/۰۰۱ گرم، توزین شدند . برای اندازه‌گیری شاخص کلروفیل، از هر گلدان پنج برگ انتخاب و میزان سبزینگی با استفاده ازدستگاه کلروفیل‌متر (SPAD-502) قرائت شد. جهت اندازه‌گیری محتوای نسبی آب برگ، از روش ویدرلی (۳۴) استفاده گردید. بدین منظور از هر تیمار، یک برگ بالغ و کاملاً توسعه یافته انتخاب کرده و پس از جداکردن از ساقه، برگ‌ها داخل فویل آلومینیومی پیچیده و بلافاصله داخل فلاسک یخ به آزمایشگاه منتقل شده و وزن تر آن‌ها با ترازوی ۰/۰۰۰۱ گرم اندازه‌گیری شد. سپس به‌منظور اندازه‌گیری وزن آماس، برگ‌ها به مدت ۲۴ ساعت در آب مقطر (پتری‌دیش حاوی ۳۰ میلی لیتر آب مقطر) به دور از نور قرار گرفته و سپس وزن شدند (وزن آماس)، سپس برگ‌ها به مدت ۴۸ ساعت در آون در دمای ۷۰ درجه‌ی سانتی‌گراد قرار گرفته و وزن شدند (وزن خشک). در نهایت محتوای نسبی آب برگ با استفاده از معادله ۲ بر حسب درصد محاسبه گردید.

معادله (۲) [(وزن خشک - وزن اشباع) / (وزن خشک - وزن تر)] = محتوای نسبی آب برگ × ۱۰۰

برای سنجش میزان پایداری غشا از روش سایرام و همکاران (۳۱) استفاده شد. درجه‌ی شاخص پایداری غشا بر اساس معادله ۳ محاسبه گردید. بر اساس این روش، دو گروه نمونه آماده شد. در هر گروه، ۰/۱ گرم از بافت سالم و تازه ی برگ گیاه در ۱۰ میلی‌لیتر آب مقطر دو بار تقطیر قرار داده شد. لوله‌های آزمایش گروه اول به مدت ۳۰ دقیقه در حمام آب گرم با دمای ۴۰ درجه سانتی‌گراد قرار داده شدند. سپس میزان هدایت الکتریکی نمونه اندازه‌گیری و با C_1 نشان داده شد. گروه دوم به مدت ۱۰ دقیقه در حمام آب گرم با دمای ۱۰۰ درجه ی سانتی‌گراد قرار داده شدند و میزان هدایت الکتریکی نمونه‌ها اندازه‌گیری و با C_2 نشان داده شد.

$$MSI = (1- (C_1/ C_2)) \square 100$$ معادله (۳)

این آزمایش با استفاده از اندازه‌گیری مالون‌دی‌آلدهید به عنوان فرآورده‌ی نهایی پراکسیداسیون غشا انجام شد. میزان مالون‌دی‌آلدهید با اندازه‌گیری جذب در طول موج‌های ۵۳۲ و ۶۰۰ نانومتر با دستگاه اسپکتوفتومتر و با استفاده از ضریب خاموشی محاسبه شد (۲۰). محاسبات آماری داده‌های حاصل از آزمایش با استفاده از نرم افزار SAS و مقایسه میانگین‌ها از طریق آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد آماری انجام شد.

نتایج وبحث

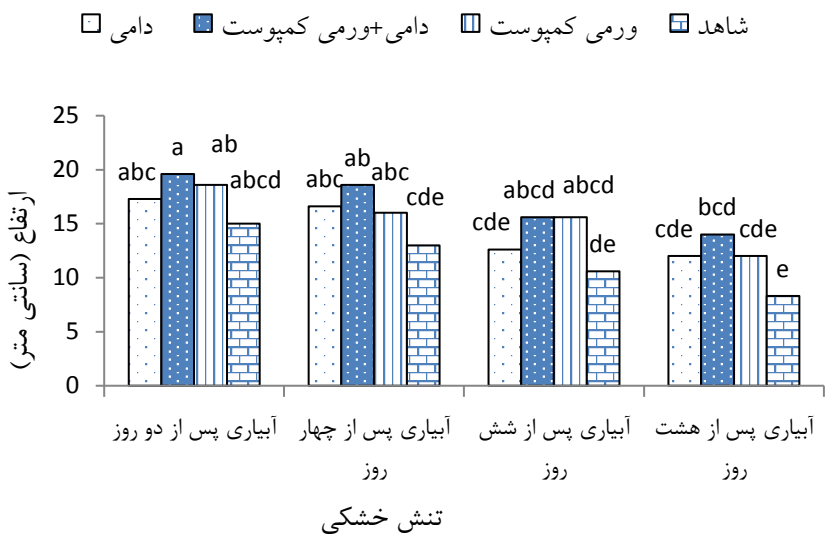
ارتفاع

اثر دور آبیاری و ترکیبات مختلف کود آلی و همچنین برهمکنش آنها بر ارتفاع بوته به‌لیمو معنی‌دار در سطح یک درصد آماری بود (جدول ۳). در شرایط آبیاری پس از دو روز، بیشترین ارتفاع به‌لیمو در تلفیق کود دامی + ورمی‌کمپوست به میزان ۱۹/۶ سانتی‌متر بود. هرچند که بین سطوح مختلف ترکیبات کود آلی اختلاف معنی‌داری مشاهده نگردید (شکل ۱). در آبیاری پس از چهار روز، ارتفاع بوته در تیمار تلفیقی کود دامی + ورمی‌کمپوست به میزان ۱۸/۶ سانتی‌متر مشاهده شد که نسبت به شاهد (۱۳ سانتی‌متر) افزایش معنی‌داری را نشان داد. در آبیاری پس از شش روز، کمترین میزان ارتفاع بوته در تیمار شاهد (بدون کود) به میزان ۱۰/۶ سانتی‌متر به‌دست آمد، هر چند که با سطوح مختلف دیگر ترکیبات کود آلی اختلاف معنی‌داری را نشان نداد. در آبیاری پس از هشت روز، بیشترین ارتفاع بوته در تیمار کود دامی + ورمی‌کمپوست با میانگین ۱۴ سانتی‌متر بود که نسبت به کود دامی و ورمی‌کمپوست (۱۲ سانتی‌متر) از لحاظ آماری فاقد اختلاف معنی‌داری بود. افزایش دور آبیاری، سبب کاهش ارتفاع بوته در گیاه به‌لیمو گردیده است، هم‌چنین تلفیق کود دامی و ورمی‌کمپوست تا حدودی توانسته سبب ممانعت از کاهش اثرات دور آبیاری توسط گیاه به‌لیمو شود (شکل ۱). علت پیدایش تنش آب در گیاه، افزایش تعرق یا کافی نبودن جذب آب و یا ترکیبی از این دو است (۷). از سوی دیگر وجود مواد آلی در خاک موجب اصلاح ساختمان آن می‌شود، به‌طوری‌که مواد آلی به عنوان عامل چسباننده، ذرات خاک را به هم پیوند داده و ساختمان خاک را بهبود می‌بخشد و خاک را برای رشد گیاهان آماده می‌سازد (۲۳). بنابراین علاوه بر گسترش ریشه، قابلیت نگهداری آب خاک افزایش و در نتیجه آب بیشتری برای جذب در اختیار گیاه قرار می‌گیرد (۲۸). عنوان شده است که ترکیبات کود آلی و زیستی از طریق تولید هورمون‌های تحریک کننده رشد گیاه به ویژه اکسین، سیتوکینین و جیبرلین رشد و نمو گیاهان را تحت تأثیر قرار داده و باعث افزایش شاخص‌های رشد مثل ارتفاع می‌شوند (۲۷).

جدول ۳- نتایج تجزیه واریانس میانگین مربعات صفات مورفولوژیکی در به لیمو

منابع تغییرات	درجه آزادی	ارتفاع بوته	تعداد برگ	وزن تر بوته	وزن خشک بوته	وزن خشک برگ
دور آبیاری	۳	۸۵/۹ **	۵۸/۷ **	۰/۲۴۶ **	۰/۲۲۴ **	۰/۴۵۷ **
کود	۳	۵۹/۰ **	۱۰/۲*	۰/۱۶۸ *	۰/۱۳۶ **	۰/۲۵۷ **
دور آبیاری × کود	۹	۲۹/۸ **	۳/۷ ns	۰/۰۸ ns	۰/۰۷۴ **	۰/۱۵۴ **
خطای آزمایشی	۳۲	۶/۱۹	۳/۰۱	۰/۰۴۸	۰/۰۰۷	۰/۰۱۹
درصد ضریب تغییرات	_	۱۶/۸	۴/۷	۵/۵	۱۲/۰	۱۹/۳

ns، * و ** به ترتیب غیر معنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد و یک درصد می‌باشد.



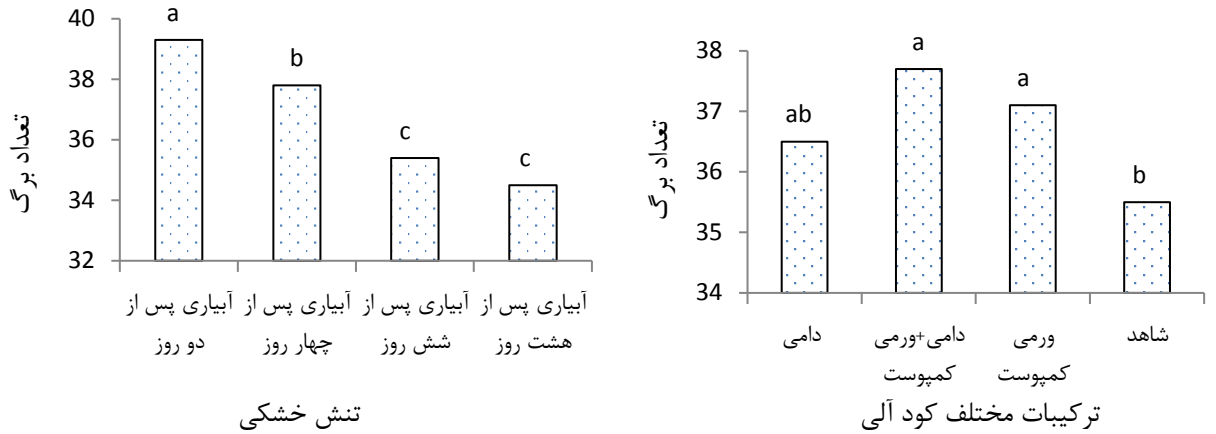
شکل ۱- مقایسه میانگین برهم‌کنش اثر سطوح دور آبیاری و ترکیبات کود آلی بر ارتفاع به‌لیمو
(میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون اختلاف معنی‌داری با آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد ندارند).

تعداد برگ

اثر دور آبیاری و ترکیبات مختلف کود آلی به‌ترتیب در سطح احتمال در سطح یک و پنج درصد آماری بر تعداد برگ معنی‌دار بود و اثر برهم‌کنش دور آبیاری و ترکیبات مختلف کود آلی، نتوانست تعداد برگ به‌لیمو را به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر قرار دهد (جدول ۳). در تیمار دور آبیاری، بیشترین تعداد برگ به‌لیمو در آبیاری پس از دو روز به میزان ۳۹/۳ عدد بود، اما کمترین میزان تعداد برگ در آبیاری پس از هشت روز به میزان ۳۴/۵ عدد بود (شکل ۲). در آبیاری پس از شش روز، تعداد برگ در بوته به میزان ۳۵/۴ عدد مشاهده شد که نسبت به آبیاری پس از هشت روز اختلاف معنی‌داری را نشان نداد. اثر ترکیبات مختلف کود آلی بر تعداد برگ در بوته نشان داد که کمترین میزان تعداد برگ در تیمار شاهد (بدون کود) به میزان ۳۵/۵ عدد به‌دست آمد، هر چند که با کود دامی اختلاف معنی‌داری را نشان نداد (شکل ۲). از سوی دیگر بیشترین میزان تعداد برگ در تلفیق کود دامی+ ورمی‌کمپوست با میانگین ۳۷/۷ بود که نسبت به کود دامی و ورمی‌کمپوست (به ترتیب ۳۶/۵ و ۳۷/۱ عدد) از لحاظ آماری فاقد اختلاف معنی‌داری بود (شکل ۲). گزارش شده که کودهای آلی از طریق بهبود جذب عناصر غذایی سبب افزایش تولیدات فتوسنتزی شده که در نتیجه سبب تحریک رشد گیاهان می‌گردد (۱۹). ترکیبات کود آلی علاوه بر افزایش جمعیت و فعالیت میکروارگانیسم‌های مفید خاک در جهت فراهم کردن عناصر غذایی مورد نیاز گیاه مانند نیتروژن و فسفر عمل نموده و سبب بهبود رشد و عملکرد گیاه و در نتیجه منجر به افزایش تعداد برگ می‌شود (۸). پژوهشگران دیگری هم نتایج مشابهی برای افزایش تعداد برگ در اثر استفاده از ترکیبات کود آلی و زیستی گزارش کرده‌اند (۱۰).

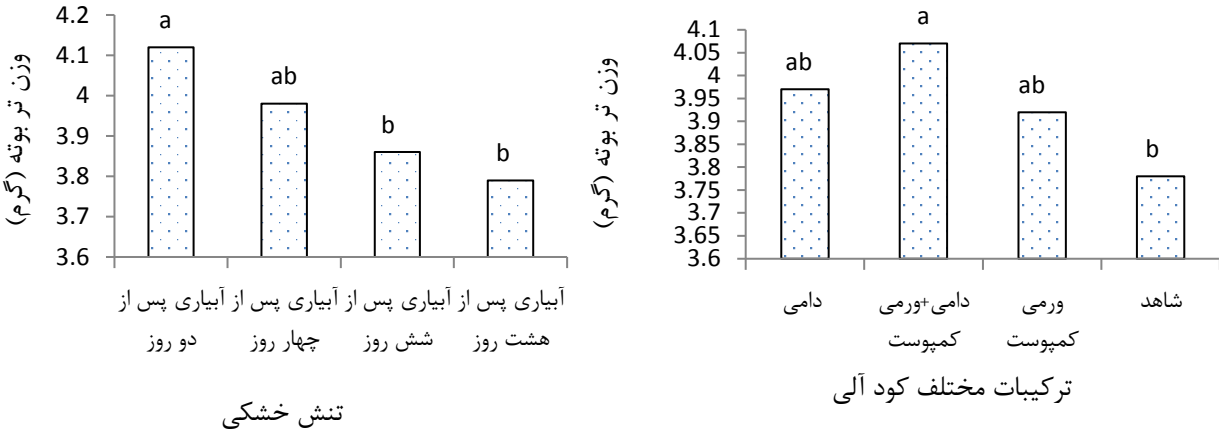
وزن تر بوته

اثر دور آبیاری و ترکیبات مختلف کود آلی به ترتیب در سطح احتمال در سطح یک و پنج درصد آماری بر وزن تر بوته معنی‌دار بود و برهم‌کنش دور آبیاری و ترکیبات مختلف کود آلی، نتوانست وزن تر بوته‌ی به‌لیمو را به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر قرار دهد (جدول ۳). در تیمار دور آبیاری، بیشترین وزن تر بوته‌ی به‌لیمو در آبیاری پس از دو روز به میزان ۴/۱۲ گرم بود، اما کمترین میزان وزن تر بوته در آبیاری پس از هشت روز به میزان ۳/۷۹ گرم به دست آمد (شکل ۳).



شکل ۲- مقایسه میانگین اثر سطوح دور آبیاری و ترکیبات کود آلی بر تعداد برگ به‌لیمو

(میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون اختلاف معنی‌داری با آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد ندارند).



شکل ۳- مقایسه میانگین اثر سطوح دور آبیاری و ترکیبات کود آلی بر وزن تر بوته به‌لیمو

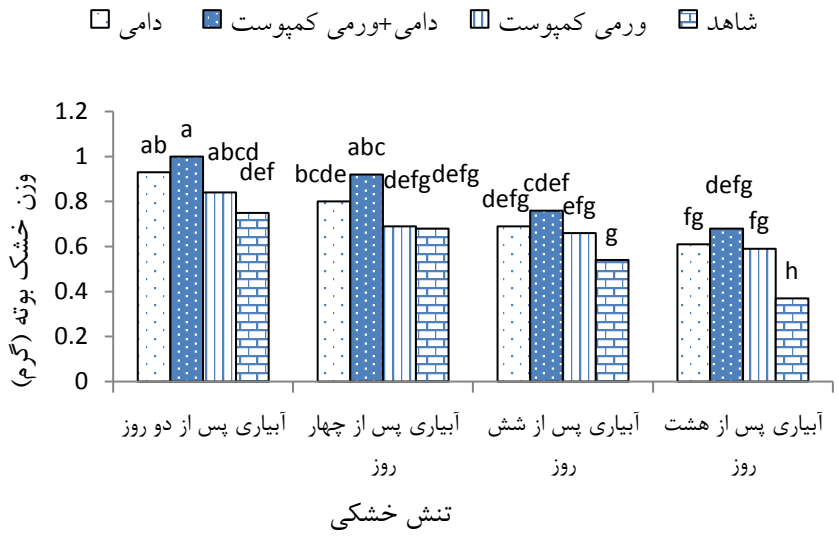
(میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون اختلاف معنی‌داری با آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد ندارند).

در آبیاری پس از شش روز، وزن تر بوته در به‌لیمو با میانگین ۳/۸۶ گرم مشاهده شد که نسبت به آبیاری پس از هشت روز (با میانگین ۳/۷۹ گرم) اختلاف معنی‌داری را نشان نداد (شکل ۳). اثر ترکیبات مختلف کود آلی بر وزن تر بوته‌ی به‌لیمو نشان داد که کمترین میزان وزن تر بوته در تیمار شاهد (بدون کود) به میانگین ۳/۷۸ گرم به‌دست آمد، هر چند که با کود دامی و ورمی‌کمپوست (به‌ترتیب با میانگین ۳/۹۷ و ۳/۹۲ گرم) اختلاف معنی‌داری را نشان نداد (شکل ۳). از سوی دیگر بیشترین میزان وزن تر بوته در تلفیق کود دامی+ ورمی‌کمپوست با میانگین ۴/۰۷ گرم بود که نسبت به کود دامی و ورمی‌کمپوست اختلاف معنی‌داری نشان نداد (شکل ۳). به نظر می‌رسد که استفاده از ترکیبات آلی با افزایش رشد ریشه ها باعث افزایش فراهمی آب و عناصر غذایی شده و رشد رویشی گیاه را افزایش داده و باعث تولید بیشتر ماده ی خشک در واحد سطح و در نتیجه افزایش عملکرد بیولوژیک می‌گردد (۱۳). کاوندر و همکاران (۱۵) در بررسی اثرات تغذیه‌ای و زیستی ورمی‌کمپوست بر سورگوم گزارش کردند که ورمی‌کمپوست سبب افزایش قابلیت دسترسی فسفر، پتاسیم و نیتروژن به خصوص فسفر در خاک گردید و وزن بیولوژیکی را افزایش

داد. محمدی و همکاران (۶) با بررسی اثر تنش خشکی بر به‌لیمو گزارش کردند که که وزن تر بوته بـا افـزایش تـنش خشکی، کاهش معنی داری را نسبت به شاهد نشان داد.

وزن خشک بوته

اثر دور آبیاری و ترکیبات مختلف کود آلی و اثر برهمکنش دور آبیاری و ترکیبات مختلف کود آلی بر وزن خشک بوته‌ی به‌لیمو به‌طور معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد آماری معنی‌دار بود (جدول ۳). در شرایط آبیاری پـس از دو و چهار روز، بیشترین وزن خشک بوته‌ی به‌لیمو در تلفیق دامی + ورمی‌کمپوست به‌ترتیـب بـه میـزان ۱/۰ و ۰/۹۲ گرم بود (شکل ۴). در آبیاری پس از شش روز، کمترین میزان وزن خشک بوته در تیمار شاهد (بدون کود) بـه میـزان ۰/۵۴ گرم به‌دست آمد، هر چند که با سطوح مختلف کود دامی و ورمی‌کمپوست اخـتلاف معنـی‌داری را نشـان نـداد. هم‌چنین در آبیاری پس از شش و هشت روز، بیشترین وزن خشک بوته در تیمار کود دامی + ورمی‌کمپوسـت بـود. از جمله دلایل تأثیر ورمی‌کمپوست و کود دامی بر افزایش وزن خشک بوته را می‌توان تأثیر مثبت کاربرد ایـن مـاده بـر خواص فیزیکی خاک دانست که موجب بهبود ساختمان خاک، افزایش خلل و فرج و بهبود تهویه‌ی خاک می‌شـود. از سوی دیگر، ورمی‌کمپوست دارای مقادیری مواد غذایی بوده که قابلیت جذب توسط گیاهان را افزایش می‌دهـد (۱۲). پاسبان و همکاران (۳) افزایش وزن خشک بوته را در اثر استفاده از کود دامی و ورمی‌کمپوست گزارش کردند.

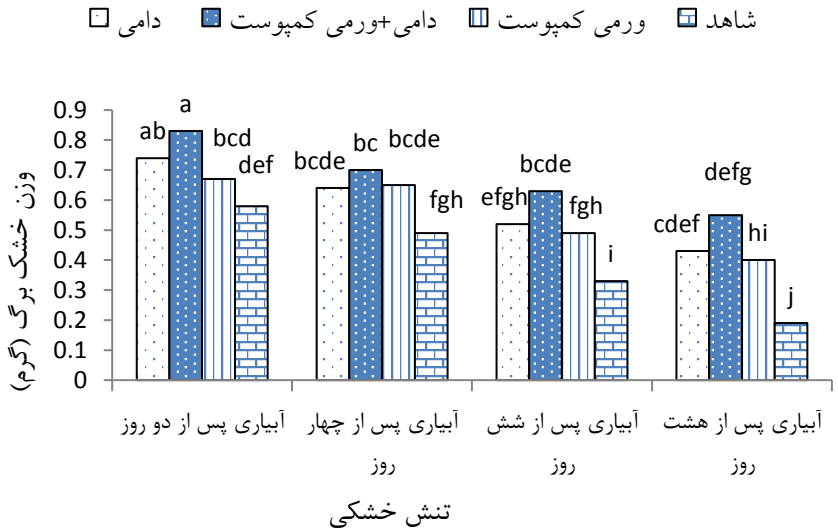


شکل ۴- مقایسه میانگین برهمکنش اثر سطوح دور آبیاری و ترکیبات کود آلی بر وزن خشک بوته ی به‌لیمو (میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون اختلاف معنی‌داری با آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد ندارند).

وزن خشک برگ

اثر دور آبیاری و ترکیبات مختلف کود آلی بـر وزن خشـک بـرگ معنـی‌دار بـود و اثـر بـرهم‌کـنش دور آبیـاری و ترکیبات مختلف کود آلی، وزن خشک برگ به‌لیمو را به‌طور معنی‌داری در سطح احتمـال یـک درصـد آمـاری تحـت تأثیر قرار داد (جدول ۳). در شرایط آبیاری پس از دو روز، بیشترین وزن خشک برگ به‌لیمو در کـود تلفیـق دامـی + ورمـی‌کمپوسـت بـه میـزان ۰/۸۳ گـرم بـود. هـم‌چنـین تیمـار شـاهد نسـبت بـه ترکیبـات دامـی و تلفیـق کـود دامی+ورمی‌کمپوست کاهش معنی‌داری نشان داد (شکل ۵). در آبیاری پس از چهار روز، وزن خشـک بوتـه در تیمـار تلفیقی کود دامی + ورمی‌کمپوست به میزان ۰/۷۰ گرم بود که نسبت به شـاهد (۰/۴۹ گـرم) افـزایش معنـی‌داری را

نشان داد؛ اما نسبت به کود دامی و ورمی‌کمپوست اختلاف معنی‌داری را نشان نداد. در آبیاری پس از شش روز، کمترین میزان وزن خشک بوته در تیمار شاهد (بدون کود) به میزان ۰/۳۳ گرم به‌دست آمد، هم‌چنین سطوح مختلف کود دامی با ورمی‌کمپوست اختلاف معنی‌داری را نشان نداد. هم‌چنین در آبیاری پس از شش و هشت روز بیشترین وزن خشک بوته در تیمار کود دامی + ورمی‌کمپوست به‌دست آمد. محققان گزارش کردند که گیاهان تحت تنش با کاهش دادن سطح و وزن برگ، مانع از دست رفتن آب می‌شوند و در نتیجه برگ‌های گیاهان در این گونه محیط‌ها کوچک‌تر و ضخیم‌تر می‌گردد. با افزایش تنش در محیط رشد، یک نوع خشکی فیزیولوژیک در گیاه ایجاد می‌شود که خود عامل اصلی در جلوگیری از ایجاد فشار تورژسانس در سلول‌های گیاهی و جلوگیری از رشد و تقسیم سلولی است که در نهایت موجب کاهش سطح و وزن برگ در گیاه می‌گردد (۲۹).



شکل ۵- مقایسه میانگین برهمکنش اثر سطوح دور آبیاری و ترکیبات کود آلی بر وزن خشک برگ به‌لیمو (میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون اختلاف معنی‌داری با آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد ندارند).

محتوای نسبی آب برگ

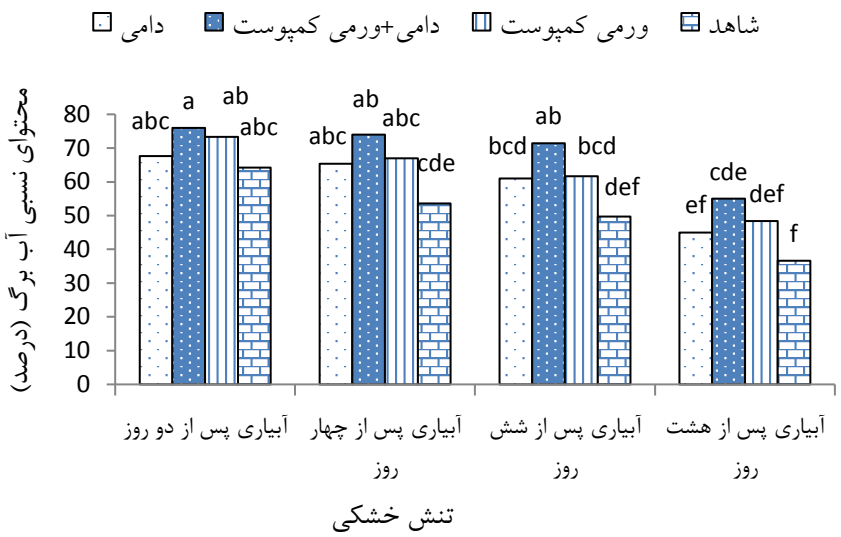
اثر دور آبیاری و ترکیبات مختلف کود آلی بر محتوای نسبی آب برگ معنی‌دار بود و همچنین برهم‌کنش دور آبیاری و ترکیبات مختلف کود آلی، محتوای نسبی آب برگ به‌لیمو را به‌طور معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد آماری تحت تأثیر قرار داد (جدول ۴). در شرایط آبیاری پس از دو روز، بیشترین محتوای نسبی آب برگ به‌لیمو در تلفیق دامی + ورمی‌کمپوست به میزان ۷۶ درصد بود که با سایر ترکیبات کودی و شاهد تفاوت معنی‌داری نداشت (شکل ۶). در آبیاری پس از چهار روز، محتوای نسبی آب برگ در تیمار تلفیقی کود دامی + ورمی‌کمپوست به میزان ۷۴ درصد بود که نسبت به کود دامی و ورمی‌کمپوست (به ترتیب ۶۵/۴ و ۶۷ درصد) اختلاف معنی‌داری را نشان نداد؛ اما نسبت به شاهد (۵۳/۶ درصد) افزایش معنی‌داری را نشان داد. در آبیاری پس از شش روز، کمترین میزان محتوای نسبی آب برگ در تیمار شاهد (بدون کود) به میزان ۴۹/۷ درصد به‌دست آمد، هر چند که با سطوح مختلف کود دامی و ورمی‌کمپوست اختلاف معنی‌داری را نشان نداد. هم‌چنین در آبیاری پس از هشت روز، بیشترین محتوای نسبی آب برگ در تیمار کود دامی + ورمی‌کمپوست بود. (شکل ۶). با افزایش تنش خشکی، ترکیبات کود آلی با حفظ رطوبت کافی، از خشکی بیش از اندازه نیز جلوگیری می‌نمایند و تا حدی سبب حفظ محتوای نسبی آب برگ به‌لیمو شده‌اند. رجایی و همکاران (۴) گزارش کردند که استفاده از ترکیبات کود آلی به علت بهبود ساختمان خاک و حفظ آب ثقلی باعث ایجاد محیطی مناسب جهت رشد گیاه گشته و آب قابل دسترس بیشتری را در اختیار گیاه قرار

داده و در نتیجه سبب افزایش محتوای نسبی آب برگ می‌گردد. به نظر می‌رسد که اندازه‌ی ذرات ترکیبات آلی خاک در حفظ رطوبت خاک اهمیت به سزایی دارد و هرچه اندازه‌ی ذرات ریزتر باشد، رطوبت خاک بهتر حفظ می‌شود. پژوهشگران دیگری هم نتایج مشابهی برای بهبود وضعیت محتوای نسبی آب برگ و توانایی بیشتر در جذب آب را در شرایط استفاده از ترکیبات کود آلی و زیستی گزارش کرده‌اند (۱۰).

جدول ۴- نتایج تجزیه واریانس میانگین مربعات صفات فیزیولوژیکی در گیاه به‌لیمو

منابع تغییرات	درجه آزادی	محتوای نسبی آب برگ	شاخص کلروفیل برگ	نشت یونی	مالون‌دی‌آلدهید
آبیاری	۳	۱۲۸۰/۲ **	۱۵۵/۷ **	۱۸۸/۳ **	۱۱/۶ *
کود	۳	۶۷۵/۱ **	۱۶۵/۴ **	۷۳/۶ **	۷/۱ ns
آبیاری × کود	۹	۳۹۹/۱ **	۶۶/۹ ns	۵۶/۴ *	۴/۲۲ ns
خطای آزمایشی	۳۲	۴۴/۸۰	۳۷/۹۹	۲۲/۲۸	۵/۱۱
درصد ضریب تغییرات	_	۱۱	۱۷/۳	۱۴/۷	۲۳/۸

ns، * و ** به ترتیب غیر معنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد و یک درصد می‌باشد.

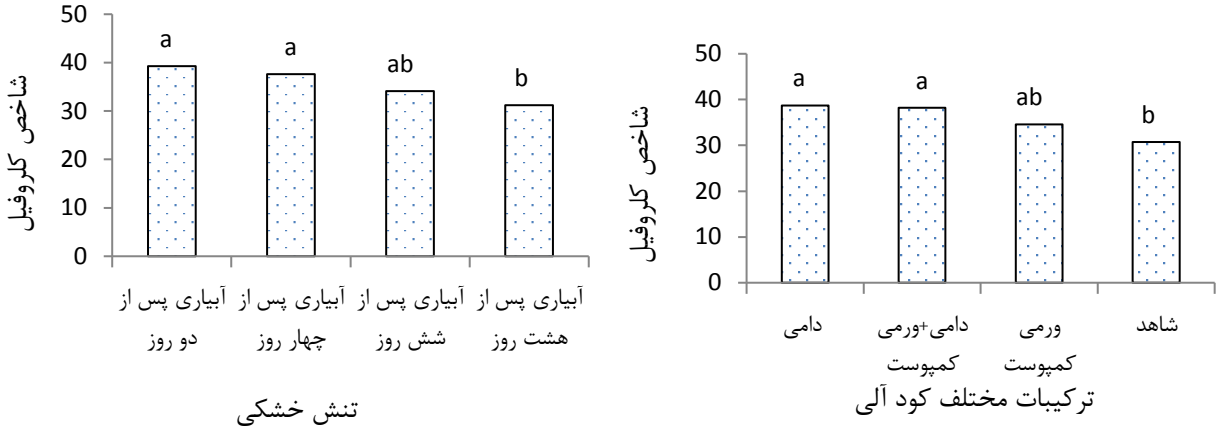


شکل ۶- مقایسه میانگین برهم‌کنش اثر سطوح دور آبیاری و ترکیبات مختلف کود آلی بر محتوای نسبی آب برگ به‌لیمو
میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون اختلاف معنی‌داری با آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد ندارند.

شاخص کلروفیل برگ

اثر دور آبیاری و ترکیبات مختلف کود آلی بر شاخص کلروفیل برگ معنی‌دار بود، اما اثر برهم‌کنش دور آبیاری و ترکیبات مختلف کود آلی، نتوانست شاخص کلروفیل برگ به‌لیمو را به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر قرار دهد (جدول ۴). در سطوح مختلف دور آبیاری، بیشترین شاخص کلروفیل برگ به‌لیمو در آبیاری پس از دو روز به میزان ۳۹/۳ بود که با آبیاری پس از چهار و شش روز تفاوت معنی‌داری نداشت و کمترین کمترین میزان شاخص کلروفیل برگ در آبیاری پس از هشت روز به میزان ۳۱/۲ بود (شکل ۷). در آبیاری پس از شش روز، شاخص کلروفیل برگ در به‌لیمو با میانگین ۳۴/۱ مشاهده شد که نسبت به آبیاری پس از هشت روز (با میانگین ۳۱/۲) اختلاف معنی‌داری را

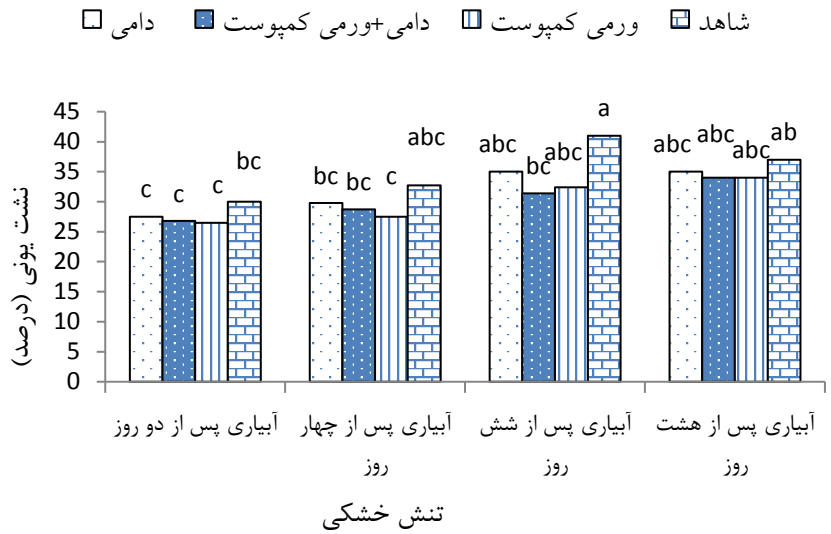
نشان نداد. اثر ترکیبات مختلف کود آلی بر شاخص کلروفیل برگ به‌لیمو نشان داد که کمترین میزان شاخص کلروفیل برگ در تیمار شاهد (بدون کود) به میانگین ۳۰/۷ به‌دست آمد، هر چند که با کود ورمی‌کمپوست (با میانگین ۳۴/۶) اختلاف معنی‌داری را نشان نداد (شکل ۷). هم‌چنین میزان شاخص کلروفیل برگ در تلفیق کود دامی+ ورمی‌کمپوست با میانگین ۳۸/۲ بود که نسبت به کود دامی و ورمی‌کمپوست از لحاظ آماری فاقد اختلاف معنی‌داری بود. سالکو و همکاران (۳۲) نیز افزایش محتوای کلروفیل را در تیمار ورمی‌کمپوست گزارش کردند. مقدار کلروفیل و رنگ‌دانه‌های فتوسنتزی از مهمترین عوامل موثر در ظرفیت فتوسنتزی گیاهان هستند، زیرا به‌طور مستقیم بر سرعت و مقدار فتوسنتز و در نهایت تولید زیست توده موثر هستند. حسین‌زاده و همکاران (۲۱) گزارش کردند که با افزایش فعالیت کربوکسیلازی روبیسکو و غلظت نیتروژن برگ، کلروفیل برگ افزایش می‌یابد. پس بنابراین ورمی‌کمپوست و کودهای زیستی با آزادسازی عناصر به ویژه نیتروژن، سبب سنتز بیشتر کلروفیل می‌شود.



شکل ۷- مقایسه میانگین اثر سطوح دور آبیاری و ترکیبات کود آلی بر شاخص کلروفیل به‌لیمو
(میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون اختلاف معنی‌داری با آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد ندارند).

نشت یونی

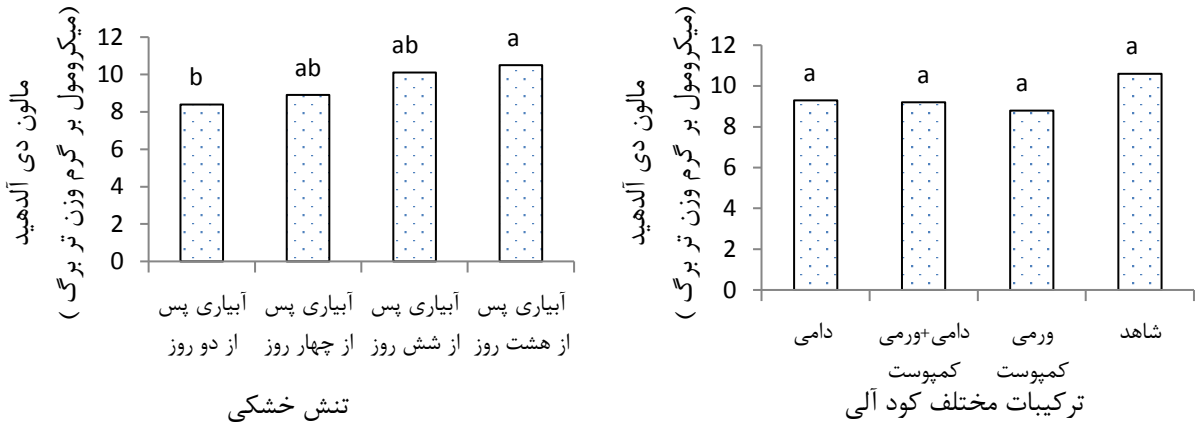
اثر دور آبیاری و ترکیبات مختلف کود آلی و همچنین برهم‌کنش دور آبیاری و ترکیبات مختلف کود آلی، نشت یونی برگ به‌لیمو را به‌طور معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد تحت تأثیر قرار داد (جدول ۴). در شرایط آبیاری پس از دو روز، بیشترین نشت یونی برگ به‌لیمو در شاهد به میزان ۳۰ درصد بود، هرچند که با سطوح مختلف ترکیبات کود آلی اختلاف معنی‌داری مشاهده نگردید (شکل ۸). در آبیاری پس از چهار روز، کمترین نشت یونی برگ در تیمار کود ورمی‌کمپوست به میزان ۲۷/۵ درصد بود که نسبت به سطوح شاهد و ترکیبات مختلف کود آلی اختلاف معنی‌داری را نشان نداد. هم‌چنین در آبیاری پس از شش روز، کمترین نشت یونی در تیمار ورمی‌کمپوست+دامی با میانگین ۳۱/۴ درصد بود که با شاهد اختلاف معنی‌داری داشت. در آبیاری پس از هشت روز، نشت یونی برگ در شاهد در مقایسه با تیمار کود دامی، ورمی‌کمپوست و تلفیق آنها از لحاظ آماری اختلاف معنی‌داری مشاهده نگردید. افزایش دور آبیاری سبب افزایش نشت یونی در گیاه به‌لیمو گردیده است (شکل ۸). عطارزاده و همکاران (۱۰) گزارش کردند که تنش خشکی سبب تأثیر نامطلوبی بر محتوای نسبی آب برگ و همچنین افزایش نشت یونی می‌گردد. خسارت طولانی مدت تنش شامل ممانعت از سنتز پروتئین محلول برگ و تغییر در سیالیت ساختارهای سلولی و از بین رفتن غشا می‌شود. این خسارت، منجر به ممانعت از تولید مواد فتوسنتزی و در نهایت باعث کاهش رشد می‌گردد (۱۸)، اما ترکیبات کود آلی تا حدودی توانسته سبب ممانعت از افزایش اثرات منفی تنش خشکی توسط گیاه به‌لیمو شود.



شکل ۸- مقایسه میانگین برهمکنش اثر سطوح دور آبیاری و ترکیبات مختلف کود آلی بر نشت یونی به‌لیمو
(میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون اختلاف معنی‌داری با آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد ندارند).

غلظت مالون‌دی‌آلدهید

اثر دور آبیاری بر مقادیر مالون‌دی‌آلدهید برگ در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار بود و اثر ترکیبات مختلف کود آلی و اثر برهم‌کنش دور آبیاری و ترکیبات مختلف کود آلی، نتوانست مالون‌دی‌آلدهید برگ به‌لیمو را به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر قرار دهد (جدول ۴). در سطوح مختلف دور آبیاری، بیشترین مالون‌دی‌آلدهید به‌لیمو در آبیاری پس از هشت روز با میانگین ۱۰/۵ میکرومول بر گرم وزن تر برگ و کمترین مالون‌دی‌آلدهید برگ به‌لیمو در آبیاری پس از دو روز به میزان ۸/۴ میکرومول بر گرم وزن تر برگ بود (شکل ۹). در آبیاری پس از شش روز، مالون‌دی‌آلدهید در به‌لیمو نسبت به آبیاری پس از هشت و چهار روز اختلاف معنی‌داری را نشان نداد (شکل ۹).



شکل ۹- مقایسه میانگین اثر سطوح مختلف دور آبیاری و ترکیبات مختلف کود آلی بر مالون دی آلدهید به‌لیمو
(میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون اختلاف معنی‌داری با آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد ندارند).

اثر ترکیبات مختلف کود آلی بر مالون‌دی‌آلدهید به‌لیمو نشان داد که اگرچه بیشترین میزان مالون‌دی‌آلدهید در تیمار شاهد (بدون کود) با میانگین ۱۰/۶ میکرومول بر گرم وزن تر برگ به‌دست آمد، اما از لحاظ آماری با سطوح دیگر ترکیبات آلی فاقد اختلاف معنی‌داری بود. در شرایط تنش، یکی از اولین بخش‌های گیاهی که آسیب می‌بینند غشا سلولی است که در اثر آن، تراوایی غشای سلولی افزایش می‌یابد و باعث می‌شود ترکیبات موجود در داخل سلول به سمت بیرون از سلول نشت کنند (۲۶). افزایش نشت‌پذیری غشاهای زیستی و آسیب به غشاهای سلولی در تنش‌های مختلف محیطی به دلیل افزایش پراکسیداسیون لیپیدها می‌باشد (۳۳). تنش خشکی می‌تواند منجر به تولید گونه‌های اکسیژن فعال شده که ممکن است باعث آسیب سلولی گردد، اما ترکیبات زیستی و آلی با بهبود شرایط خاک سبب جذب بهتر عناصر غذایی و آب شده که سبب محافظت از ساختار غشا در شرایط تنش می‌گردد (۱۰).

نتیجه‌گیری نهایی

نتایج این پژوهش نشان داد که به‌لیمو تا حدودی توانسته تنش خشکی را تحمل نماید، اما تأثیر منفی دور آبیاری با افزایش آن شدت بیشتری پیدا کرده است که در نهایت باعث کاهش رشد رویشی آن گردید. هم‌چنین تأثیر مثبت استفاده از ورمی‌کمپوست و کود دامی چه به‌صورت تلفیقی و چه به‌صورت مجزا سبب افزایش رشد و بهبود خصوصیات فیزیولوژیکی و رویشی به‌لیمو شده است. به نظر می‌رسد ترکیبات کود آلی با حفظ رطوبت خاک، تا حدی سبب حفظ محتوای نسبی آب برگ به‌لیمو شده است. همچنین حضور ماده آلی با بهبود ساختار خاک و حفظ رطوبت تا حدودی سبب بهبود شرایط رشد شده که در نتیجه گیاه کمتر آسیب دیده است. در نهایت در شرایط تنش خشکی تیمار تلفیقی کود دامی + کود ورمی‌کمپوست توصیه می‌گردد.

منابع

۱. **اصغری، م.، یوسفی راد، م.، و معصومی زواریان، ا. ۱۳۹۶.** بررسی اثرات کودهای آلی کمپوست و ورمی کمپوست بر روی صفات کمی و کیفی گیاه دارویی به لیمو. مجله گیاهان دارویی. ۱۶(۶۲): ۷۱-۶۳.

۲. **امیدبیگی، ر، ۱۳۷۹.** رهیافتهای تولید و فرآوری گیاهان دارویی، انتشارات آستام قدس رضوی، جلد سوم، ۳۹۷ صفحه.

۳. **پاسبان، ف.، بلوچی، ح.، یدوی، ع.، صالحی، ا.، و عطارزاده م. ۱۳۹۴.** نقش کودهای زیستی و آلی در عملکرد کمی و کیفی سویا (*Glycine max* L.) رقم ویلیامز. مجله دانش کشاورزی و تولید پایدار. ۲۵(۳): ۱۴۹-۱۳۷.

۴. **رجایی، م.، عطارزاده، م.، موسوی، س. ح.، و عطارزاده، م. ۱۳۹۴.** استفاده از کمپوست شیرین‌بیان (*Glycyrizha glabra*) در کاهش اثر تنش آبی در خیار گلخانه‌ای. مجله دانش کشاورزی و تولید پایدار. ۲۵(۳): ۹۰-۷۹.

۵. **عبادی، م. ت.، عزیزی، م.، سفیدکن، ف.، و احمدی، ن. ۱۳۹۵.** بررسی تأثیر کودهای آلی و شیمیایی بر عملکرد برگ، درصد و اجزای اسانس به لیمو (*Lippia citriodora* Kunth). مجله علوم باغبانی. ۳۰ (۲): ۳۰۲-۲۹۳.

۶. **محمدی، ع.، ابراهیم زاده، ح.، هادیان، ج.، و میرمعصومی، م. ۱۳۹۴.** واکاوی اثر تنش خشکی بر برخی پارامترهای فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی گیاه به لیمو *Lippia citriodora*. مجله پژوهشهای گیاهی. ۲۹(۴): ۶۲۸-۶۱۷.

7. **Abdul Jaleel, C., Manivannan, P., Wahid, A., Farooq, M., Somasundaram, R. and Panneerselvam, R, 2009.** Drought stress in plants: a review on morphological characteristics and pigments composition. International Journal of Agriculture and Biology. 11: 100-105.

8. **Arancon, N., Edwards, C.A., Bierman, P., Welch, C. and Metzger, J.D. 2004.** Influences of vermicomposts on field strawberries: 1. Effects on growth and yields. Bioresource Technology. 93: 145-153.

9. **Ashraf, M. and Orooj, A. 2006.** Salt stress effects on growth, ion accumulation and seed oil concentration in an arid zone traditional medicinal plant ajwain (*Trachyspermum ammi* L.). Journal of Arid Environments. 64: 209-220.

10. **Attarzadeh, M., Balouchi, H., Rajaie, M., Movahhedi Dehnavi, M. and Salehi, A. 2019.** Growth and nutrient content of Echinacea purpurea as affected by the combination of phosphorus with arbuscular mycorrhizal fungus and Pseudomonas florescent bacterium under different irrigation regimes. Journal of Environmental Management. 231: 182-88.

11. **Barea, J. M., Pozo, M. J., Azcon, R. and Azcon-Aguilar, C. 2005.** Microbial co-operation in the rhizosphere. Journal of Experimental Botany. 56: 1761-1778.

12. **Bartal, A., Yermiyahu, U., Beraud, J., Keinan, M., Rosenberg, R., Zohar, D.V. and Fine, P, 2004.** Nitroen, phosphorus, and potassium uptake by wheat and their distribution in soil following successive, annual compost applications. Environmental Quality. 33: 1855-1865.

13. **Bauma, C., El-Tohamy, W. and Gruda, N. 2015.** Increasing the productivity and product quality of vegetable crops using arbuscular mycorrhizal fungi: A review. Scientia Horticulturae. 187: 131-141.

14. **Carnat, A., Carnat, A.P., Fraisse, D. and Lamaison, J.L. 1999.** The aromatic and polyphenolic composition of *lemon verbena* tea. Fitoterapia, 70: 44-49.

15. **Cavender ND, Atiye RM and Knee M. 2003.** Vermicompost stimulates mycorrhizal colonization of roots of Sorghum bicolor at the expense of plant growth. Pedobiologia. 47: 85-89.

16. **Ebhin Masto, R., Chhonkar, P K., Singh, D. and Patra, A.K. 2006.** Changes in soil biological and biochemical characteristics in a long-term field trial on a sub-tropical incept soil. Soil Biology and Biochemistry. 38: 1577-1582.

17. **Green, C.H., Foster, C., Cardon, G.E., Butters, G.L., Brick, M. and Ogg, B. 2004.** Water release from cross-linked polyacrylamide. Colorado State University, Ft. Collins, CO, 7: 252-260.

18. **Gur, A., Demirel, U., Ozden, M., Kahraman, A. and Copur, O. 2010.** Diurnal gradual heat stress affects antioxidant enzymes, proline accumulation and some physiological components in cotton (*Gossypium hirsutum* L.). African Journal of Biotechnology. 9(7): 1008-1015.

19. **Han, H.S. and Lee, K.D. 2005.** Plant Growth Promoting Rhizobacteria Effect on Antioxidant Status, Photosynthesis, Mineral Uptake and Growth of Lettuce under Soil Salinity. Research Journal of Agriculture and Biological Sciences. 1: 210-215.

20. **Heath, R.L. and Packer, L. 1968.** Photo peroxidation in isolated chloroplast kinetics and stoichiometry of fatty acid peroxidation. Biochemistry and Biophysics. 125: 189-198.

21. **Hosseinzadeh, S.R., Amiri, H. and Ismaili, A. 2016.** Effect of vermicompost fertilizer on photosynthetic characteristics of chickpea (*Cicer arietinum* L.) under drought stress. Photosynthetica. 54(1): 87-92.

22. **Hussein, M.S., ELSherbeny, M., Khalil Naguib, N.Y. and Aly, S.M. 2006.** Growth characters and chemical constituents of Dracocephalum moldavica L. plant in relation to compost fertilizer and planting distance. Scientia Horticulturae. 108(3): 322ت331.

23. **Jat, R. S. and Ahlawat, I .P. S. 2004.** Effect of vermicompost, biofertilizer and phosphorus on growth, yield and nutrient uptake by gram (*Cicer arietinum*) and their residual effect on fodder maize (*Zea mays*). Indian Journal of Agriculture Science. 74 (7): 359-361.

24. **Kiafar, R., Akbarzadeh, M. and Mahboub Khommami, A. 2013.** Investigation of the effect of some organic fertilizers on the oil of lemon verbena (*Lippia citriodora* L.) and its antibacterial effects. International Journal of Farming and Allied Sciences. 2 (20): 866-871.

25. **Kuo, S., Ortiz Escobar, M. E., Hue, N.V. and Hummel, R.L. 2004.** Composting and compost utilization for agronomic and container crops. In: Pandalai (Ed.). Recent Research Development and Environmental Biology. 1(2): 451-513.

26. **Liu, X. and Huang, B. 2000.** Heat stress injury in relation to membrane lipid peroxidation in creeping bentgrass. Crop Science. 40: 503ت510.

27. **Lucy, M., Reed, E. and Glick, B.R. 2004.** Applications of free living plant growth-promoting rhizobacteria. Antonie van leeuwenhoek. 86(1): 1-25.

28. **Mkhabela, T. S. 2006.** Areview of the use of manure in small-scale crop production system in South Africathin. Journal of Plant Nutrition. 29: 1157-1158.

29. **Mudrik, V., Kosobrukhov, A., Knyazeva, I. and Pigulevskaya, T. 2002.** Changes in the photosynthetic characteristics of plantago major plants caused by soil drought stress. Plant Growth Regulation. 40: 1ت6.

30. **Reddy, A.R., Chiatanya, K.V. and Vivekanandan, M. 2004.** Drought induced responses of photosynthesis and antioxidant metabolism in higher plants. Journal of Plant Physiology. 161: 1189-1202.

31. **Sairam, R. K., Dharmar, K., Chinnusamy, V. and Meena, R. C. 2009.** Water logging-induced increase in sugar mobilization, fermentation, and related gene expression in the roots of mug bean (*Vigna radiata*). Journal of Plant Physiology. 6: 602-616.

32. **Sallaku, G., Babaj, I., Kaciu, S. and Balliu, A. 2009.** The influence of vermicompost on plant growth characteristics of cucumber (*Cucumis sativus* L.) seedlings under saline conditions. Food Agriculture and Environment.7: 869-872.

33. **Wahid, A. 2007.** Physiological implications of metabolites biosynthesis in net assimilation and heat stress tolerance of sugarcane (*Saccharum officinarum*) sprouts. Journal of Plant Research. 120: 219ت228.

34. **Weatherely, P E. 1950.** Studies in water relation on cotton plants, the field measurement of water deficit in leaves. New Phytologist. 49: 81- 87.

35. **Widiastuti, N., Wu, H., Ang, M. and Zhang, D.K. 2008.** The potential application of natural zeolite for grey water treatment. Desalination Journal. 218: 271-280.

36. **Zaller, J.G. 2007.** Vermicompost as a substitute for peat in potting media: Effects on germination, biomass allocation, yields and fruit quality of three tomato varieties. Scientica Horticulturae. 112(2):191-199.

Bi-Quarterly Journal of Plant Production
Vol. 9, No. 1, Spring & Summer 2019

The interaction between irrigation interval with manure and vermicompost on vegetative characteristics and yield of Lemon Verbena (*Lippia citriodora* L.)

Zahra Shadkam[1] , Farhad Mohajeri [2*]

[1]- M.Sc. Student of Medicinal Plants, Fasa Branch, Islamic Azad University, Fasa, Iran
[2]- Assistant Prof., Department of Agriculture, Fasa Branch, Islamic Azad University, Fasa, Iran
Corresponding author; Email: mohajeri_agri@yahoo.com

(Received: 31 October 2018; Accepted: 18 December 2018)

Abestract
This experiment was carried out to study the interaction between irrigation intervals with manures and vermicompost on vegetative characteristics and yield of Lemon Verbena a factorial experiment based on completely randomized design in Fasa, Iran during 2017. The first factor involved irrigation intervals at four levels including two, four, six and eight days. The second factor was the utilization of vermicompost and/or livestock manure in four levels consisted of a control test, five percent manure (by weight), five percent vermicompost and 2.5% manure + 2.5% vermicompost which were added to the studied soil in pots. Water stress caused a significant decrease in the leaf relative water content and chlorophyll index of lemon verbena. The lowest ion leakage was obtained in vermicompost and manure and the highest amount of malondialdehyde in control test. In general, the results of this study showed that with increasing in drought stress a negative effect was observed on growth of Lemon Verbena which finally led to the reduction of biological yield. Also, the utilization of vermicompost and/or manure fertilizer have a positive effect on plant growth and improved plant's growth characteristics.

Keywords: Biological yield, Chlorophyll index, Malondialdehyde