مقاله پژوهشی

نشریه علمی تحقیقات گیاهان دارویی و معطر ایران | شناسه دیجیتال (DOI): 10.22092/ijmapr.2021.343115.2799

جلد ۳۷، شماره ۱، صفحه ۲۹-۱۳ (۱۴۰۰) | شناسه دیجیتال (DOR): 98.1000/1735-0905.1400.37.13.105.1.1605.1610

مطالعه کارایی مصرف نور و عملکرد کمّی و کیفی در کشت مخلوط افزایشی اسطوخودوس (*Lavandula angustifolia* Mill.) و بابونه آلمانی (*Matricaria chamomilla* L.) تحت تأثیر کود گاوی و شیمیایی

مهدی نقی‌زاده[1*] و روح‌اله مرادی[2]

۱*- نویسنده مسئول، استادیار، گروه تولیدات گیاهی، دانشکده کشاورزی بردسیر، دانشگاه شهید باهنر کرمان، کرمان، ایران

پست الکترونیک: naghizadeh@uk.ac.ir

۲- استادیار، گروه تولیدات گیاهی، دانشکده کشاورزی بردسیر، دانشگاه شهید باهنر کرمان، کرمان، ایران

تاریخ دریافت: تیر ۱۳۹۹ | تاریخ اصلاح نهایی: آبان ۱۳۹۹ | تاریخ پذیرش: آبان ۱۳۹۹

چکیده

این تحقیق به‌منظور بررسی پتانسیل کشت مخلوط افزایشی اسطوخودوس (*Lavandula angustifolia* Mill.) و بابونه (*Matricaria chamomilla* L.) جهت بهبود کارایی مصرف نور به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی بردسیر، دانشگاه شهید باهنر کرمان در سال زراعی ۱۳۹۷-۱۳۹۸ اجرا شد. تیمارها شامل کود در چهار سطح (۱- شاهد، ۲- NPK: ۶۹، ۴۶ و ۲۵ کیلوگرم در هکتار، ۳- کود گاوی: ۲۰ تن در هکتار و ۴- ترکیب NPK با کود گاوی به میزان نصف از هر کدام) و الگوی کاشت در سه سطح (۱- کشت خالص اسطوخودوس، ۲- کشت خالص بابونه و ۳- کشت مخلوط افزایشی دو گیاه اسطوخودوس (گیاه اصلی) و بابونه (گیاه همراه)) بود. نتایج نشان داد که مجموع شاخص سطح برگ دو گیاه در کشت مخلوط به‌طور معنی‌داری بالاتر از کشت خالص هر دو گیاه بود. استفاده توأم کود گاوی + NPK بالاترین میزان ماده خشک اسطوخودوس (۸۶۸ کیلوگرم در هکتار)، عملکرد گل بابونه (۳۶۶ کیلوگرم در هکتار)، درصد اسانس بابونه (۰/۵۶٪) و اسطوخودوس (۰/۸۰٪) و تشعشع جذبی (۱۳۲۱ مگاژول در مترمربع) را در تمامی الگوهای کاشت دارا بود. اختلاف معنی‌داری بین الگوهای کشت از نظر درصد اسانس مشاهده نشد. به‌دلیل هم‌پوشانی کانوپی دو گیاه در الگوی کشت مخلوط، میزان تشعشع فعال فتوسنتزی جذب شده طی فصل رشد در تیمار کشت مخلوط بالاتر از کشت خالص دو گیاه بود. نسبت برابری زمین (LER) بر حسب تشعشع در تیمارهای کودی بین ۱/۳۳ تا ۱/۳۷ متغیر بود. بالاترین میزان کارایی مصرف نور (۱/۶۳ گرم ماده خشک بر مگاژول تشعشع) برای بابونه در کشت مخلوط در تیمار کود گاوی + NPK حاصل شد. به‌طور کلی، نتایج تأیید نمود که استفاده از تیمار کود گاوی + NPK و کشت‌مخلوط دو گیاه می‌تواند راه‌کار مناسبی برای استفاده کاراتر از نور و بهبود عملکرد کمّی و کیفی دو گیاه باشد.

واژه‌های کلیدی: تشعشع فعال فتوسنتزی، نسبت برابری زمین، جذب نسبی، شاخص سطح برگ.

مقدمه

استفاده از گیاهان دارویی و فرآورده‌های حاصل از آنها روند رو به رشدی داشته و این موضوع نقش این گیاهان را در چرخه اقتصادی جهان پررنگ‌تر کرده است. صرف‌نظر از اهمیت و جایگاه اقتصادی گیاهان دارویی، این گیاهان قابل تطابق با روش‌های کشت ارگانیک هستند که تمایل تولیدکننده‌ها و مصرف‌کننده‌ها را به‌همراه دارد (Moradi *et al*., 2011). در تولید گیاهان دارویی، علاوه‌بر شرایط آب و هوایی، عوامل خاک و نوع عناصر غذایی از اهمیت زیادی برخوردار می‌باشد، زیرا عناصر غذایی با تأثیری که بر رشد رویشی و زایشی گیاهان دارند بر کمّیت و کیفیت عملکرد و مواد مؤثره محصول تأثیرگذار هستند (Rezaei *et al*., 2019). از فاکتورهای اساسی افزایش عناصر غذایی خاک و درنتیجه عملکرد گیاهان، مصرف نهاده‌ها به‌ویژه کودهای شیمیایی است. اما امروزه به‌دلیل افزایش اهمیت مسائل زیست محیطی توجه بیشتری به کودهای آلی و زیستی برای جایگزینی کودهای شیمیایی شده است (Wu *et al*., 2004). با توجه به کمبود میزان ماده آلی خاک در بیشتر مناطق ایران، مصرف کودهای آلی و نیز مدیریت تلفیقی این کودها، می‌باید در تولید گیاهان دارویی به‌طور ویژه مورد توجه قرار گیرد. کود دامی دارای تخلخل زیاد، قدرت جذب و نگهداری آب می‌باشد و استفاده از آن در کشاورزی، علاوه‌بر افزایش جمعیت و فعالیت میکروارگانیسم‌های مفید خاک، در جهت فراهمی عناصر غذایی مورد نیاز گیاه مانند فسفر، نیتروژن و پتاسیم محلول عمل نموده و سبب بهبود رشد و عملکرد گیاهان زراعی می‌شود (Rezaei *et al*., 2019).

نور نیز جزء یکی از مهمترین منابع مصرفی در رشد و نمو گیاهان می‌باشد. بین وزن خشک تولیدی گیاه با میزان نور جذب شده، به‌ویژه تشعشع فعال فتوسنتزی جذب شده یک رابطه خطی وجود دارد (Ceotto & Castelli, 2002). مدیریت‌های مختلف زراعی می‌تواند کارایی مصرف نور را تحت تأثیر قرار دهد. کشت مخلوط یکی از راهکارهای زراعی برای افزایش جذب و مصرف نور است که منجر به بهبود تولید محصولات زراعی و افزایش عملکرد اقتصادی می‌شود. در کشت خالص گیاه همواره مقادیری از تشعشع فتوسنتزی به‌دلیل وجود فضاهای خالی در کانوپی تلف می‌شود. مقدار این تلفات در کشت مخلوط به‌دلیل پوشش بیشتر سطح خاک کاهش یافته، در نتیجه میزان جذب تشعشع کل به نسبت کشت خالص بیشتر می‌شود (Yousef Nia *et al*., 2015). البته بهبود کارایی مصرف نور در کشت مخلوط نسبت به تک‌کشتی در مطالعات مختلفی تأیید شده است (Moradi *et al*., 2017؛ Naghipoor Dehkordi *et al*., 2016؛ Awal *et al*., 2006؛ Ahmadi *et al*., 2011؛ Zhang *et al*., 2008؛ Alizadeh *et al*., 2010).

بابونه آلمانی (*Matricaria chamomilla*) گیاهی یک‌ساله از خانواده کاسنی (Asteraceae) و یکی از قدیمی‌ترین و پرمصرف‌ترین گیاهان دارویی شناخته شده در جهان می‌باشد که از لحاظ صنعتی–دارویی، سرشاخه‌های گلدار آن مورد توجه است (Arazmjo *et al*., 2010). این گیاه در سطح جهان دامنه اکولوژیکی وسیعی داشته و بومی اروپا است و در ایران در برخی مناطق شمال کشور و همچنین در جنوب در شوشتر به‌طور خودرو دیده می‌شود و در لرستان، خوزستان، شیراز و اطراف تهران کشت و کار می‌شود (Rahimi-Kalamroodi, 2017). بابونه دارای اسانسی است که در طب گیاهی در سنتز داروهای گیاهی تقویت‌کننده سیستم گوارشی، رفع زخم‌معده، رفع نفخ، اشتهاآور، هضم‌کننده غذا، ضدتشنج، ضداسهال، رفع کم‌خوابی و التیام دهنده زخم‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرد (Libster, 2008).

اسطوخودوس (*Lavandula angustifolia*) گیاهی است متعلق به خانواده نعناع، چندساله، همیشه سبز و بومی اروپا که در ایران به‌صورت خودرو رشد نمی‌کند (Khorasaninejad *et al*., 2016). کشت این گیاه معمولاً به‌صورت نشائی انجام شده و ارتفاع آن به ۳۰ تا ۶۰ سانتی‌متر می‌رسد (Tonutti & Liddle, 2010). دوران گلدهی با توجه به شرایط محیطی و آب و هوایی منطقه از اواخر بهار در مناطق گرم تا شهریورماه در مناطق سردتر

گزارش شده است (Hadipour *et al.*, 2013). علاوه‌بر استفاده‌های دارویی این گیاه از قبیل درمان بیماری‌های پوست، اختلالات گوارشی و درمان رماتیسم (Jafarnia *et al.*, 2011) در زیباسازی فضای سبز (Omidbeigi, 2006)، عطرسازی، لوازم بهداشتی و آرایشی، صنایع غذایی، آفت‌کش‌ها و علف‌کش‌های سازگار با محیط‌زیست (Tonutti & Liddle, 2010) مورد استفاده قرار می‌گیرد.

شواهد نشان داده است که در مناطقی مانند شهرستان بردسیر کرمان که زمستان‌های بسیار سردی دارند، گیاه اسطوخودوس در سال اول و حتی دوم رشد، دوره رشد کند و شاخص سطح برگ پایینی دارد. این موضوع باعث می‌شود که بخش زیادی از زمین بدون پوشش گیاهی شود و همواره مقدار زیادی تشعشع خورشیدی از دست برود. بنابراین، این تحقیق با هدف بررسی جذب و کارایی مصرف نور در کشت مخلوط افزایشی اسطوخودوس (به‌عنوان گیاه اصلی) و بابونه (به‌عنوان گیاه همراه) در حضور منابع کود شیمیایی و گاوی در شرایط آب و هوایی بردسیر اجرا شد.

مواد و روش‌ها

این تحقیق در سال زراعی ۹۸-۱۳۹۷ در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی بردسیر واقع در ۵۰ کیلومتری جنوب‌غربی شهر کرمان با عرض جغرافیایی ۲۹ درجه و ۸۹ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ۵۶ درجه و ۵۹ دقیقه شرقی و ارتفاع ۲۰۸۰ متری از سطح دریا اجرا شد. میانگین دمای سالیانه برای این شهرستان ۱۳/۸ درجه سانتی‌گراد و بارندگی سالیانه ۱۰۸ میلی‌متر می‌باشد. این شهرستان براساس تقسیم‌بندی آمبرژه دارای اقلیم نیمه‌خشک سرد است. ویژگی‌های آب و هوایی منطقه مورد بررسی در طول دوره رشد در جدول ۱ نشان داده شده است.

جدول ۱- خصوصیات اقلیمی منطقه مورد بررسی در طول فصل رشد (۲۵ اسفند تا ۲۵ شهریور)

مجموع تشعشع ($Mj\ m^{-2}$)	مجموع بارندگی (mm)	میانگین دما (°C)	دمای حداکثر (°C)	دمای حداقل (°C)
۴۳۴۷	۳۲/۳۵	۲۰/۵۲	۳۵/۴۷	-۲/۹۵

آزمایش به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ۳ تکرار اجرا شد. تیمارها شامل منابع کودی در چهار سطح (۱- شاهد، ۲- NPK به میزان ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار اوره (۴۶٪ نیتروژن خالص)، ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار سوپرفسفات تریپل (۴۶٪ فسفر خالص) و ۵۰ کیلوگرم در هکتار سولفات پتاسیم (۵۰٪ پتاسیم خالص)، ۳- کود گاوی پوسیده به میزان ۲۰ تن در هکتار و ۴- ترکیب NPK با کود گاوی به میزان نصف از هر کدام) و الگوی کاشت نیز در ۳ سطح (کشت خالص اسطوخودوس، کشت خالص بابونه و کشت مخلوط افزایشی دو گیاه اسطوخودوس (گیاه اصلی) و بابونه (گیاه همراه)) بود. زمین محل اجرای آزمایش، در سال زراعی قبل آیش بود. قبل از اجرای آزمایش، نمونه خاک از عمق ۳۰ سانتی‌متری به‌صورت تصادفی از زمین محل اجرای آزمایش برداشت و برای تعیین عناصر غذایی پرمصرف و pH به آزمایشگاه منتقل شد که نتایج آن در جدول ۲ آمده است.

پس از انجام شخم و تسطیح، کرت‌هایی به ابعاد ۴×۳ متر ایجاد و پس از تصادفی کردن تیمارها، کود دامی و شیمیایی مورد استفاده براساس تیمارهای مورد نظر به زمین داده شد و تا عمق حدود ۳۰ سانتی‌متر با خاک مخلوط گردید. برای کشت خالص اسطوخودوس (توده محلی کرمان) تعداد ۸ ردیف کاشت با فاصله بین ردیف ۵۰ سانتی‌متر و فاصله روی ردیف ۴۰ سانتی‌متر در نظر گرفته شد (Hadipour *et al.*, 2013).

جدول ۲- خصوصیات فیزیکی- شیمیایی خاک مزرعه و کود گاوی مورد استفاده

نمونه	بافت	نیتروژن (٪)	فسفر (ppm)	پتاسیم (ppm)	کربن آلی (٪)	هدایت‌الکتریکی ($dS.m^{-1}$)	اسیدیته
خاک	لومی-شنی	۰/۰۷۵	۱۴/۵	۲۲۵	۰/۳۱	۱/۱۷	۷/۴۴
کود گاوی	-	۱/۰۸	۳۲۴	۵۷۷	۲۳/۴۱	۶/۶۲	۸/۱۹

بذر اسطوخودوس در ۲ بهمن‌ماه در گلخانه دانشکده کشت و نشاء آن در تاریخ ۲۵ اسفند با دارا بودن ارتفاع ۵ سانتی‌متر به زمین اصلی منتقل شد. کشت خالص بذر بابونه (رقم بودگولد) نیز روی ردیف‌هایی (۱۶ ردیف در هر کرت) با فاصله بین ردیف ۲۵ و روی ردیف ۷ سانتی‌متر (Tasdighi *et al.*, 2015) در ۲۵ اسفند به‌صورت کپه‌ای انجام و با استقرار بوته‌ها عملیات تنک کردن انجام شد. در کشت مخلوط، گیاه اسطوخودوس با تراکم کشت خالص کاشته شد و بین ردیف‌های آن بابونه به‌صورت کشت افزایشی با تراکم ۵۰٪ (حذف نصف ردیف‌های کاشت بابونه نسبت به کشت خالص) اضافه گردید. آبیاری بلافاصله بعد از کاشت و بعد از آن هر ۱۰ روز یک‌بار به‌صورت نشتی و مبارزه با علف هرز توسط وجین دستی در ۳ نوبت انجام شد.

اندازه‌گیری‌ها

از تاریخ ۲۰ فروردین، هر ۱۰ روز یک‌بار برای بابونه با برداشت ۴ بوته و هر ۲۰ روز یک‌بار برای اسطوخودوس با برداشت ۲ بوته نمونه‌برداری تخریبی به‌منظور اندازه‌گیری سطح برگ و وزن خشک کل انجام گردید. برای اندازه‌گیری شاخص سطح برگ از دستگاه Leaf Area Meter مدل Licor استفاده شد.

برازش شاخص برگ روزانه

برآورد مقادیر LAI روزانه از طریق برازش رابطه ۱ بدست آمد (Nassiri Mahallati *et al.*, 2010):

رابطه ۱

$$y=a+b\times4\times(\exp(-(x-c)/d))/(1+\exp(-(x-c)/d))^2$$

که در این رابطه a: عرض از مبدأ، b: حداکثر LAI، c: زمان رسیدن به حداکثر LAI و d: نقطه عطف منحنی که در آن رشد سطح برگ از مرحله خطی وارد مرحله نمایی می‌شود.

ضریب استهلاک نوری (K)

میزان نور بالا و پائین کانوپی همزمان با نمونه‌برداری‌های سطح برگ و وزن خشک توسط دستگاه سپتومتر خطی (SunScan, Delta T Co., UK) در فاصله ساعات ۱۱ تا ۱۳ انجام شد. سپس با توجه به رابطه ۲ ضریب خاموشی نور تعیین شد (Keating & Carberry, 1993).

$$I_i/I_0 = exp^{(-k\times LAI)} \qquad \text{رابطه ۲}$$

در این معادله، I_i: میزان تشعشع رسیده به پایین کانوپی، I_0: مقدار تشعشع در بالای کانوپی، K: ضریب استهلاک نوری و LAI: شاخص سطح برگ می‌باشد.

تشعشع جذبی و کارایی مصرف نور

میزان تشعشع روزانه خورشیدی برای عرض جغرافیایی بردسیر از سایت اقلیم‌شناسی ناسا (NASA, 2019) استخراج و ۵۰٪ آن به‌عنوان تشعشع فعال فتوسنتزی (PAR) در نظر گرفته شد. سپس میزان تشعشع روزانه جذب شده

برای هر دو گونه براساس رابطه‌های ۲ تا ۴ محاسبه شد (Tsubo *et al.*, 2005).

$$I_{abs}=I_0(1-e^{((-K_b.LAI_b)+(-K_c.LAI_c))}) \quad \text{رابطه ۳}$$

$$I_b=I_{abs}\frac{(-K_b.LAI_b)}{(-K_b.LAI_b)+(-K_c.LAI_c)} \quad \text{رابطه ۴}$$

$$I_c=I_{abs}-I_b \quad \text{رابطه ۵}$$

I_0، میزان تشعشع در بالای کانوپی؛ I_{abs}، نور جذب شده توسط کانوپی مخلوط؛ I_b، نور جذب شده توسط گیاه اسطوخودوس؛ I_c، نور جذب شده توسط گیاه بابونه؛ LAI_b و LAI_c به‌ترتیب شاخص سطح برگ اسطوخودوس و بابونه و Kb و Kc، به‌ترتیب ضریب خاموشی نور اسطوخودوس و بابونه است.

در نهایت با بدست آوردن میزان نور جذب شده توسط هر گیاه و رسم معادله رگرسیونی ساده بین نور جذب شده و ماده‌خشک، کارایی مصرف نور (که شیب این معادله می‌باشد) بدست آمد.

همچنین نسبت برابری زمین برای PAR جذب شده (LER_{PAR}) از طریق رابطه ۶ بدست آمد (Moradi *et al.*, 2017).

$$LER_{PAR}=\sum\frac{PAR_{i,m}}{PAR_{i,s}} \quad \text{رابطه ۶}$$

در این معادله، $PAR_{i,m}$ و $PAR_{i,s}$ به‌ترتیب تشعشع جذب شده توسط گونه‌ها در کشت مخلوط و خالص می‌باشد.

برای تعیین درصد اسانس از روش تقطیر با آب توسط دستگاه کلونجر استفاده شد (Clevenger, 1928).

داده‌های حاصل از آزمایش براساس طرح آماری مورد استفاده، توسط نرم‌افزار SAS نسخه ۹/۲ مورد تجزیه‌وتحلیل قرار گرفتند و از آزمون LSD در سطح احتمال ۵٪ برای مقایسه میانگین استفاده شد.

نتایج

عملکرد

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که تأثیر الگوی کاشت و نوع کود مصرفی بر عملکرد ماده خشک اسطوخودوس و گل بابونه در سطح احتمال ۱٪ معنی‌دار بود ولی برهم‌کنش این دو تیمار اثر معنی‌داری بر آنها نداشت (جدول ۳). میزان عملکرد ماده خشک اسطوخودوس و گل بابونه در کشت خالص به‌ترتیب حدود ۱۹٪ و ۴۱٪ بیشتر از کشت مخلوط بود (جدول ۴). بیشترین ماده خشک اسطوخودوس (۸۶۸ کیلوگرم در هکتار) و گل بابونه (۳۶۶ کیلوگرم در هکتار) در زمان استفاده از مخلوط NPK+ کود دامی حاصل شد که در هر دو گیاه کود دامی در رتبه بعدی قرار داشت. البته میزان این صفات در شرایط عدم کوددهی به‌طور معنی‌داری کمتر از دیگر تیمارهای کودی بودند.

درصد و عملکرد اسانس

درصد اسانس تنها تحت تأثیر تیمار کودی در سطح احتمال ۱٪ قرار گرفت. در حالی‌که اثرهای ساده الگوی کاشت و نوع کود مصرفی بر عملکرد اسانس معنی‌دار بود (جدول ۳). بیشترین درصد اسانس در هر دو گیاه در تیمار کودی NPK+ کود دامی حاصل شد که به‌ترتیب باعث افزایش ۱۰ و ۱۲ درصدی این شاخص نسبت به عدم کوددهی در اسطوخودوس و بابونه گردید (جدول ۴). در هر دو گیاه اختلاف معنی‌داری بین کود شیمیایی و دامی از نظر درصد اسانس مشاهده نشد. عملکرد اسانس هر دو گیاه در کشت خالص به‌طور معنی‌داری بیشتر از کشت خالص بود. به‌طوری که کلیه تیمارهای کودی مورد بررسی باعث افزایش معنی‌دار عملکرد اسانس اسطوخودوس و بابونه نسبت به عدم کوددهی شدند. بیشترین میزان آن در استفاده همزمان NPK+ کود دامی مشاهده شد که افزایش ۶۰ و ۶۵ درصدی را نسبت به تیمار کنترل به‌ترتیب در اسطوخودوس و بابونه نشان داد.

جدول ۳- نتایج تجزیه واریانس (میانگین مربعات) صفات اندازه‌گیری شده در گیاه بابونه تحت تأثیر تیمارهای مورد بررسی

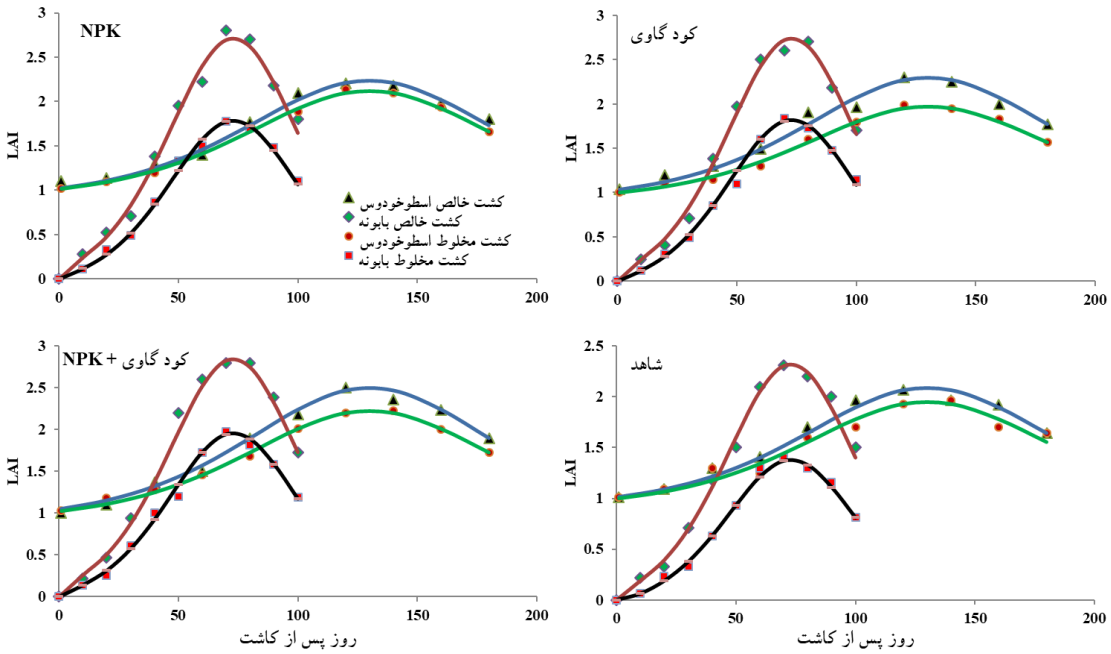
	منابع تغییر	درجه آزادی	ماده خشک	وزن خشک گل	درصد اسانس	عملکرد اسانس	حداکثر LAI	ضریب خاموشی	تشعشع جذبی	کارایی مصرف نور
بابونه	الگوی کاشت (PP)	۱	۱۳۴۸۰۵۵**	۱۴۶۸۰۳**	۰/۰۰۳ns	۳۹۳۱۶**	۵/۱۰**	۰/۰۰۳ns	۳۵۵۵۷۸۳**	۳/۰۳**
	نوع کود (FT)	۳	۱۱۷۷۱۱**	۱۲۸۱۸**	۰/۰۵**	۶۵۱۹**	۰/۳۴۲**	۰/۰۰۲ns	۹۷۵۳*	۰/۸۶**
	PP×FT	۳	۲۷۳۷ns	۲۹۸ns	۰/۰۰۳ns	۲۲۶ns	۰/۰۰۰۸ns	۰/۰۰۸ns	۹۹۶۸*	۰/۰۲۴*
	اشتباه	۱۶	۳۳۶۷	۱۴۱۷	۰/۰۰۷	۲۹۵	۰/۰۳۱	۰/۰۰۷	۱۸۶۳	۰/۰۴
اسطوخودوس	الگوی کاشت (PP)	۱	۱۵۱۲۰۹**	۰/۰۰۳ns	۸۱۳۴۶**	۲/۷۴**	۰/۰۰۳ns	۵۲۱۳۴**	۷/۵۹**	–
	نوع کود (FT)	۳	۹۶۳۱۱**	۰/۰۶**	۸۰۴۵۴**	۳/۷۲**	۰/۰۰۱ns	۱۹۱۰۲*	۳/۵۸**	–
	PP×FT	۳	۹۹۸ns	۰/۰۰۴ns	۱۲۰۰ns	۰/۰۴۸ns	۰/۰۰۴ns	۱۶۳۲۴*	۰/۰۵*	–
	اشتباه	۱۶	۱۴۴۸	۰/۰۱	۵۳۲	۰/۰۸	۰/۰۰۹	۴۵۵۵	۰/۰۱	–

** و *، به‌ترتیب معنی‌داری در سطح ۱٪ و ۵٪ و ns، عدم وجود تفاوت معنی‌دار را نشان می‌دهد.

جدول ۴- تأثیر الگوی کاشت و نوع کود بر برخی صفات دو گیاه اسطوخودوس و بابونه

صفت / تیمار		اسطوخودوس			بابونه		
		وزن خشک (kg ha^{-1})	درصد اسانس	عملکرد اسانس (g ha^{-1})	عملکرد گل (kg ha^{-1})	درصد اسانس	عملکرد اسانس (g ha^{-1})
الگوی کاشت	خالص	۸۳۲a	۰/۷۶a	۶۴۱a	۳۸۹a	۰/۵۳a	۲۰۷a
	مخلوط	۶۷۴b	۰/۷۷a	۵۲۴b	۲۳۱b	۰/۵۳a	۱۲۴b
نوع کود	NPK	۷۱۰b	۰/۷۸a	۵۵۴b	۳۰۲b	۰/۵۴a	۱۶۳b
	کود گاوی	۸۴۰a	۰/۷۷a	۶۴۹a	۳۱۸b	۰/۵۳ab	۱۶۸b
	NPK+ کود گاوی	۸۶۸a	۰/۸۰a	۶۹۴a	۳۶۶a	۰/۵۶a	۲۰۵a
	شاهد	۵۹۳c	۰/۷۳b	۴۳۳c	۲۵۴c	۰/۵۰b	۱۲۴c

در هر تیمار، ستون‌های دارای حروف مشترک، اختلاف معنی‌داری براساس آزمون LSD در سطح احتمال ۵٪ ندارند.



شکل ۱- روند تغییرات شاخص سطح برگ (LAI) اسطوخودوس و بابونه در الگوهای مختلف کاشت تحت تأثیر تیمارهای مختلف کودی

شاخص سطح برگ

میزان شاخص سطح برگ دو گیاه در ابتدای دوره رشد به کُندی افزایش یافت و در این دوره بین شاخص سطح برگ هر گیاه در تیمارهای مختلف تفاوتی وجود نداشت، ولی با شروع رشد سریع و با تولید برگ‌های بیشتر توسط گیاه اختلاف بین شاخص سطح برگ تیمارها قابل مشاهده بود (شکل ۱). به مرور زمان تغییرات شاخص سطح برگ با روند خطی پیش رفت و حداکثر شاخص سطح برگ برای

گیاه اسطوخودوس حدود ۱۲۰ و برای بابونه حدود ۷۰ روز پس از کاشت مشاهده شد (شکل ۱). پس از آن به‌دلیل پیری، زرد شدن و ریزش برگ‌ها این شاخص روند نزولی در پیش گرفت که این موضوع برای بابونه که یک گیاه با دوره رشد یک‌ساله می‌باشد شدیدتر بود.

در کلیه تیمارهای مورد بررسی کانوپی هر گیاه در کشت مخلوط نسبت به حالت تک‌کشتی دارای شاخص سطح برگ پایین‌تری بود (شکل ۱). این اختلاف در گیاه بابونه بیشتر مشهود بود و در گیاه اسطوخودوس اختلاف بین کشت خالص و مخلوط کمتر بود. این موضوع به این دلیل بود که در این الگوی کاشت، اسطوخودوس گیاه اصلی بود و از آنجا که در کشت مخلوط تراکم آن کاهش نیافته بود کمتر تحت تأثیر الگوی کاشت قرار گرفت. گیاه بابونه چون در کشت مخلوط افزایشی به گیاه اسطوخودوس اضافه می‌شد و در بین ردیف‌های این گیاه کاشته می‌شد، تراکم آن در واحد سطح کاهش یافت و این موضوع اصلی‌ترین دلیل کاهش شاخص سطح برگ بابونه در کشت مخلوط نسبت به کشت خالص آن بود. باوجوداین اگر مجموع شاخص سطح برگ دو گیاه در کشت مخلوط در نظر گرفته شود، بالاتر از کشت خالص هر دو گیاه می‌باشد.

در بین تیمارهای مورد بررسی، استفاده توأم کود گاوی+ NPK بالاترین میزان شاخص سطح برگ را در همه الگوهای کاشت داشت (شکل ۱). به‌طوری که اختلاف قابل توجهی بین تیمار کود گاوی و کود NPK در الگوهای کشت مخلوط وجود نداشت. البته کمترین میزان شاخص سطح برگ برای کشت خالص و مخلوط هر دو گیاه در تیمار عدم کوددهی بدست آمد (شکل ۱).

ضریب استهلاک نوری

هیچ یک از تیمارهای مورد بررسی تأثیر معنی‌داری بر این شاخص نداشت (جدول ۳). میزان این شاخص برای گیاه اسطوخودوس بین ۰/۳۹ تا ۰/۴۲ متغیر بود (جدول ۵). گیاه بابونه نیز ضریب استهلاک نوری بین ۰/۴۸ تا ۰/۵۲ را دارا بود. اختلاف معنی‌دار تنها بین دو گیاه از نظر این شاخص وجود داشت و تیمارهای مورد بررسی تأثیر معنی‌داری بر ضریب استهلاک نوری دو گیاه نداشتند.

جدول ۵- ضریب استهلاک نوری گیاه اسطوخودوس و بابونه در تیمارهای مورد بررسی

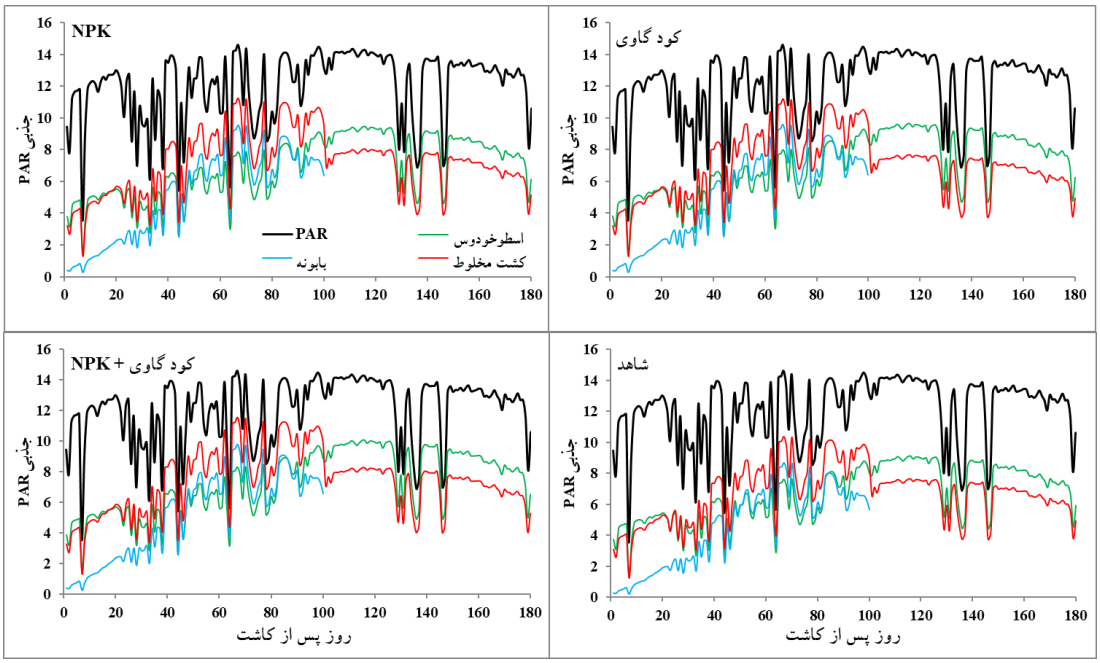
تیمار		کود			
		NPK	کود گاوی	NPK + کود گاوی	شاهد
الگوی کاشت	خالص اسطوخودوس	۰/۴۱b	۰/۴۱b	۰/۳۹b	۰/۴۰b
	خالص بابونه	۰/۴۹a	۰/۴۸a	۰/۵۲a	۰/۵۰a
	مخلوط اسطوخودوس	۰/۳۹b	۰/۴۱b	۰/۴۱b	۰/۴۱b
	مخلوط بابونه	۰/۵۰a	۰/۴۹a	۰/۴۸a	۰/۴۹a

اعداد دارای حروف مشترک، اختلاف معنی‌داری براساس آزمون LSD در سطح احتمال ۵٪ ندارند.

تشعشع جذبی

نتایج نشان داد که تا حدود ۲۰ روز پس از کاشت گیاه بابونه، کشت خالص اسطوخودوس بالاترین میزان تشعشع جذبی را داشت (شکل ۲). زیرا در این مدت، هنوز کانوپی بابونه رشد کمی داشته و تأثیر چندانی بر جذب تشعشع در کشت مخلوط نداشته است. از این تاریخ به بعد تا پایان دوره رشد بابونه (حدود ۱۰۰ روز پس از کاشت بابونه) به‌دلیل رشد گیاه بابونه، کانوپی کشت مخلوط بیشترین جذب

تشعشع را شامل شد. در کلیه تیمارهای مورد بررسی، از زمان پایان رشد گیاه بابونه، دوباره بیشترین جذب تشعشع در تک‌کشتی اسطوخودوس مشاهده شد که اختلاف قابل توجهی را با کشت مخلوط این گیاه داشت (شکل ۲). از بین تیمارهای مورد بررسی استفاده همزمان کود گاوی+ کود NPK بالاترین روند تشعشع جذبی را در کلیه الگوهای کاشت دارا بود (شکل ۲). به‌طوری که در دوره حداکثر شاخص سطح برگ تقریباً تمام نور رسیده به سطح کانوپی توسط کانوپی مخلوط جذب می‌شد. کمترین روند تشعشع جذب شده نیز در تیمار عدم کوددهی مشاهده شد که از اختلاف قابل توجهی با دیگر تیمارهای کودی برخوردار بود. بنابراین به‌نظر می‌رسد استفاده از منابع کودی با گسترش سطح برگ و در نتیجه کانوپی گیاه باعث افزایش جذب تشعشع می‌شود.



شکل ۲- روند تغییرات جذب تشعشع فعال فتوسنتزی (PAR) اسطوخودوس و بابونه در الگوهای مختلف کاشت تحت تأثیر تیمارهای مختلف کودی

جدول ۶- میزان کل تشعشع فعال فتوسنتزی (PAR) جذب شده، جذب نسبی و نسبت برابری زمین بر حسب PAR (LER_{PAR}) در کشت خالص و مخلوط اسطوخودوس و بابونه در تیمارهای مختلف کودی

تیمار	کل PAR جذبی ($MJ\ m^{-2}$)			جذب نسبی		LER_{PAR}
	اسطوخودوس	بابونه	مخلوط	اسطوخودوس	بابونه	
NPK	۱۱۴۱/۴b	۵۰۳/۷b	۱۲۸۱/۷b	۰/۶۵۷a	۰/۷۰۷c	۱/۳۷a
کود گاوی	۱۱۵۱/۲b	۵۰۶/۳b	۱۲۵۸/۴c	۰/۶۲۲c	۰/۷۱۵b	۱/۳۴b
NPK+ گاوی	۱۲۰۷/۶a	۵۲۰/۱a	۱۳۲۱/۹a	۰/۶۳۶b	۰/۷۲۲a	۱/۳۷a
شاهد	۱۰۹۲/۳c	۴۵۰/۵c	۱۱۹۹/۴d	۰/۶۵۶a	۰/۶۷۱d	۱/۳۳b

در هر ستون میانگین‌های با یک حرف مشترک اختلاف معنی‌داری براساس آزمون LSD در سطح احتمال ۵٪ ندارند.

اثرهای ساده و متقابل الگوی کاشت و نوع کود بر میزان کل تشعشع جذب شده توسط اسطوخودوس و بابونه معنی‌دار بود (جدول ۳). نتایج نشان داد که به‌طور کلی میزان تشعشع جذبی در کشت مخلوط به‌طور قابل توجهی بالاتر از کشت خالص هر دو گیاه اسطوخودوس و بابونه بود (جدول ۶). در همه تیمارهای مورد بررسی، تک‌کشتی بابونه کمترین میزان جذب تشعشع را داشت. این موضوع به‌دلیل دوره رشد کوتاه‌تر بابونه نسبت به اسطوخودوس بود.

در تک‌کشتی اسطوخودوس، تیمار کودی کود گاوی+ NPK بیشترین میزان تشعشع جذبی (۱۲۰۷/۶ مگاژول بر مترمربع) را شامل شد که اختلاف معنی‌داری با تیمار کودی NPK (۱۱۴۱/۴ مگاژول بر مترمربع) و کود گاوی (۱۱۵۱/۲ مگاژول بر متر مربع) نشان داد (جدول ۶). تیمار عدم کوددهی با جذب ۱۰۹۲/۳ مگاژول بر مترمربع تشعشع کمترین میزان جذب را دارا بود که اختلاف معنی‌داری با دیگر تیمارهای کودی داشت. دامنه کل تشعشع جذبی برای کشت خالص گیاه بابونه در طول فصل رشد بین حدود ۴۵۰ تا ۵۲۰ مگاژول بر مترمربع متغیر بود که از روندی مشابه با کشت خالص اسطوخودوس برخوردار بود (جدول ۶). در کشت مخلوط دو گیاه استفاده توأم از کود دامی+ NPK و پس از آن تیمار NPK به‌ترتیب با ۱۳۲۱/۹ و ۱۲۸۱/۷ مگاژول بر مترمربع بیشترین تشعشع جذبی را شامل شدند.

البته استفاده از کود دامی نیز میزان این شاخص را نسبت به شرایط عدم کوددهی حدود ۵٪ بهبود بخشید.

بررسی جذب نسبی تشعشع در دو گیاه (یعنی نسبت جذب تشعشع در کشت مخلوط نسبت به کشت خالص) نیز نشان داد که در گیاه اسطوخودوس تیمار کودی NPK (۰/۶۵۷) و عدم کوددهی (۰/۶۵۶) به‌طور معنی‌داری از میزان بالاتری جذب نسبی تشعشع نسبت به تیمارهای کود گاوی (۰/۶۲۲) و کود گاوی+ NPK (۰/۶۳۶) برخوردار بودند. در رابطه با گیاه بابونه، بیشترین میزان این شاخص در تیمار کود دامی+ NPK حاصل شد که اختلاف معنی‌داری با دیگر تیمارها داشت. استفاده از کود دامی و پس از آن کود NPK در رتبه بعدی جذب نسبی تشعشع قرار داشتند. تیمار عدم کاربرد کود نیز به‌طور معنی‌داری کمترین میزان جذب نسبی تشعشع را دارا بود (جدول ۶).

بررسی نسبت برابری زمین برای تشعشع جذبی (LER_{PAR}) نیز بهبود جذب تشعشع را توسط کانوپی کشت مخلوط نسبت به کشت خالص تأیید کرد (جدول ۶). زیرا در کلیه تیمارهای کودی میزان این شاخص بیشتر از یک بود. در این بین، استفاده از کود شیمیایی NPK (۱/۳۷) و استفاده همزمان کود دامی و NPK (۱/۳۷) میزان LER_{PAR} بالاتری نسبت به تیمار کود گاوی (۱/۳۴) و شاهد (۱/۳۳) داشتند (جدول ۶).

جدول ۷- میزان کارایی مصرف نور ($g\ MJ^{-1}$) در الگوهای مختلف کشت اسطوخودوس و بابونه تحت تأثیر تیمارهای مختلف کودی

تیمار		کود			
		NPK	کود گاوی	NPK + کود گاوی	شاهد
الگوی کاشت	خالص اسطوخودوس	۰/۴۲۴g	۰/۴۷۰g	۰/۴۷۲g	۰/۳۵۹h
	خالص بابونه	۱/۱۸de	۱/۲۴d	۱/۳۷c	۱/۱۲e
	مخلوط اسطوخودوس	۰/۴۶۹g	۰/۶۲۴f	۰/۶۴۳f	۰/۴۳۹g
	مخلوط بابونه	۱/۳۶c	۱/۴۸b	۱/۶۳a	۱/۳۴c

اعداد دارای حروف مشترک، اختلاف معنی‌داری براساس آزمون LSD در سطح احتمال ۵٪ ندارند.

کارایی مصرف نور

کارایی مصرف نور به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر الگوی کاشت، نوع کود و برهم‌کنش آنها قرار گرفت (جدول ۳). در کلیه تیمارهای مورد بررسی، تجمع ماده خشک اسطوخودوس و بابونه رابطه خطی با میزان تشعشع فعال فتوسنتزی تجمعی داشت و در همه موارد ضریب تبیین بالاتر از ۰/۹ بود (داده‌ها نشان داده نشده است). شیب این خط بیانگر کارایی مصرف نور بوده که بین ۰/۳۵۹ تا ۱/۶۳ گرم بر مگاژول متغیر بود (جدول ۷). در بین تیمارهای مورد آزمایش، استفاده از ترکیب کود دامی+ NPK در کشت خالص بابونه بالاترین میزان کارایی مصرف نور (۱/۶۳ گرم بر مگاژول) را دارا بود (جدول ۷). در کلیه الگوهای کاشت، تیمارهای کودی مورد استفاده سبب افزایش معنی‌دار کارایی مصرف نور نسبت به تیمار شاهد (عدم کوددهی) شدند (جدول ۷). بیشترین افزایش کارایی مصرف نور در همه الگوهای کاشت برای تیمار استفاده همزمان کود دامی+ NPK مشاهده شد. به‌طوری که کاربرد این تیمار در کشت خالص اسطوخودوس حدود ۳۲٪، در کشت خالص بابونه ۲۲٪، در کشت مخلوط اسطوخودوس ۴۶٪ و در کشت مخلوط بابونه ۲۲٪ کارایی مصرف نور را نسبت به تیمار عدم کوددهی افزایش داد.

در گیاه اسطوخودوس، کارایی مصرف نور در کشت مخلوط نسبت به کشت خالص بیشتر بود که این اختلاف به استثنای تیمار استفاده از NPK در دیگر تیمارها معنی‌دار بود (جدول ۷). این افزایش در تیمارهای کود گاوی، کود گاوی+ NPK و شاهد به‌ترتیب حدود ۳۶، ۳۳ و ۲۲ درصد بود. در گیاه بابونه نیز در کلیه تیمارهای کودی کارایی مصرف نور در کشت مخلوط با اختلاف معنی‌داری بالاتر از تک‌کشتی این گیاه بود.

بحث

نتایج نشان داد که مجموع شاخص سطح برگ در شرایط کشت مخلوط به‌طور قابل توجهی بیشتر از کشت خالص دو گیاه بود (شکل ۱). بنابراین از آنجا که سطح برگ هر گیاه مهمترین اندام رویشی دریافت‌کننده نور می‌باشد، می‌توان نتیجه گرفت که کشت مخلوط یکی از راهکارهای مدیریت زراعی مناسب برای افزایش دریافت نور از طریق بهبود سطح برگ می‌باشد (Yousef Nia *et al.*, 2015). از سوی دیگر، از آنجایی‌که اسطوخودوس و بابونه دارای ارتفاع و ساختمان کانوپی متفاوتی می‌باشند، به‌نظر می‌رسد کشت مخلوط آنها در کل توانسته است سطح زمین را به‌خوبی پوشش داده و سطح برگ بالاتری را نسبت به کشت خالص آنها تولید کند. مطالعات نشان داده است که دوره رشد کند دو گیاه در کشت‌های خالص شرایط مطلوبی را برای ظهور و رشد علف‌های‌هرز ایجاد خواهد کرد (Weerarathne *et al.*, 2017)، در حالی‌که در کشت مخلوط دو گیاه این مشکل به‌دلیل سایه‌اندازی کانوپی دو گیاه تا حد زیادی برطرف خواهد شد.

نتایج تحقیق تأیید نمود که استفاده از تیمارهای کودی سبب افزایش معنی‌دار درصد اسانس، عملکرد ماده خشک و اسانس دو گیاه، عملکرد گل بابونه و شاخص برگ در کلیه الگوهای کشت شد و تیمار استفاده توأم کود گاوی+ NPK بهترین شرایط را در همه این صفات دارا بود (شکل ۱). از آن‌جایی که اضافه کردن نهاده‌های آلی به‌ویژه کود دامی و ورمی‌کمپوست به خاک، به‌عنوان عامل تغذیه‌ای و بهبوددهنده خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک (Patra *et al.*, 2000) نقش مؤثری بر رشد اندام‌های فتوسنتزی (Moradi *et al.*, 2011) و بهبود گسترش ریشه گیاهان دارد، ازاین‌رو افزایش قابلیت رشد و به‌تبع آن بهبود شاخص‌های کمّی و کیفی اسطوخودوس و بابونه در این شرایط قابل توجیه می‌باشد. همچنین با توجه به اینکه استفاده از این مواد آلی ظرفیت نگهداری آب را در خاک افزایش می‌دهد و از سوی دیگر، آب عامل مهمی برای رشد و توسعه سلول می‌باشد (Boyer, 1968)، ازاین‌رو افزایش خصوصیات رشدی و عملکردی این دو گیاه دارویی در این شرایط می‌تواند منطقی باشد. به‌طور کلی نقش مؤثر کاربرد کود گاوی می‌تواند به‌علت فراهمی متعادل عناصر غذایی در

ناحیه ریزوسفر (Suleiman *et al*., 2019)، منبع انرژی برای فعالیت هرچه بیشتر باکتری‌های مفید خاک (Mohammadi Aria *et al*., 2011)، بهبود خصوصیات شیمیایی خاک مثل ظرفیت تبادل کاتیونی و اسیدیته (Biswas & Narayanasamy, 2006) باشد. بررسی‌ها نشان داده است که بین ماده آلی خاک و عملکرد گیاه همبستگی مثبت و بالایی وجود دارد (Munshi, 1994). بررسی تأثیر منابع مختلف نیتروژن بر گیاه دارویی خرفه (*Portulaca oleraceae*) نشان داد که تیمار تلفیق کود دامی+ اوره بیشترین سطح برگ را دارا بود (Soltaninejhad *et al*., 2013). آنان اظهار داشتند که جذب عناصر غذایی در خاک و تأثیر این عناصر بر افزایش رشد رویشی گیاه در نهایت سبب افزایش تعداد و اندازه برگ‌های گیاه شده است. گزارش شده است که استفاده تلفیقی از کود دامی و شیمیایی درصد اسانس بابونه را نسبت به دامی و شیمیایی به‌ترتیب ۱۶٪ و ۲۹٪ افزایش داد (Abadian *et al*., 2010).

نتایج تأیید کرد که کشت مخلوط دو گیاه اثر مثبت به‌سزایی در بهبود جذب تشعشع داشت. زیرا در فصل بهار که کانوپی اسطوخودوس رشد کمی داشت و در مرحله رشد کند شاخص سطح برگ بود، گیاه بابونه به حداکثر رشد سطح برگ خود رسیده و توانست با گسترش مناسب کانوپی در کشت مخلوط بیشترین جذب تشعشع را دریافت نماید. میزان تشعشع جذبی در کشت مخلوط بیشتر از کشت خالص بود (شکل ۲). به‌نحوی که بالاتر بودن جذب تشعشع در کشت مخلوط به‌دلیل هم‌پوشانی کانوپی دو گیاه در الگوی کشت مخلوط بود. همان‌طور که قبلاً نیز اشاره شد، در فصل بهار که کانوپی اسطوخودوس از پوشش کمی برخوردار بود (شکل ۱)، بابونه توانست سطح زمین را پوشانده و جذب تشعشع را افزایش دهد. بنابراین به‌نظر می‌رسد به‌دلیل تفاوت در دوره رشد و ساختار کانوپی اسطوخودوس و بابونه، جذب نور در کشت مخلوط این دو گیاه نسبت به تک‌کشتی آنها بهبود یافته است. از سویی مجاورت دو گیاه اسطوخودوس و بابونه در کنار یکدیگر و حضور بابونه در ابتدای دوره رشد و اسطوخودوس در دوره حداکثر رشد سطح برگ بابونه، زیر کانوپی گیاه دیگر منجر به جذب طول‌موج‌های انتقال یافته و منعکس شده توسط کانوپی دیگر گیاه شده و این موضوع باعث افزایش جذب نور کانوپی کشت مخلوط نسبت به خالص در تمامی تیمارهای مورد بررسی در طول دوره رشد دو گیاه شد. این نتایج به‌وضوح نشان می‌دهد که کانوپی مخلوط شرایطی را ایجاد کرده است که تشعشع ورودی در طی فصل رشد به‌نحو مطلوب‌تری توسط گونه‌ها جذب شود. در واقع خلأ سطح جذب‌کننده نور که در تک‌کشتی وجود داشت، به‌نحو مطلوبی توسط کانوپی مخلوط بسته شده است. Yousef Nia و همکاران (۲۰۱۵) نیز تأیید نمودند که جذب نور توسط کانوپی کشت مخلوط نسبت به خالص در تمام نسبت‌های کشت مخلوط شنبلیله و شوید به مراتب بالاتر از تک‌کشتی بود. آنان بیان کردند که به‌نظر می‌رسد بهبود جذب تشعشع در حالت کشت مخلوط به علت تغییر ساختار کانوپی شنبلیله و شوید و اثرهای مثبت ناشی از حضور این دو گیاه در مجاورت یکدیگر بود. البته افزایش تشعشع جذبی در کشت مخلوط توسط سایر محققان نیز گزارش شده است (Moradi *et al*., 2017؛ Naghipoor Dehkordi *et al*., 2016؛ Awal *et al*., 2006؛ Ahmadi *et al*., 2011؛ Zhang *et al*., 2008؛ Alizadeh *et al*., 2010). در همه این موارد استفاده از سیستم‌های کشت مخلوط یک راهکار اکولوژیک ضروری برای بهبود کارآیی جذب و مصرف تشعشع و درنتیجه توسعه پایدار تولید محصولات تأیید شده است. بهبود جذب نسبی تشعشع در تیمارهای کودی مورد استفاده به این معنی است که این تیمارها در کشت مخلوط جذب تشعشع بیشتری نسبت به کشت خالص داشته‌اند و به‌عبارتی کشت مخلوط سبب بهبود جذب تشعشع شده است. بدیهی است که افزایش میزان موادغذایی خاک در نتیجه استفاده از منابع مختلف کودی منجر به افزایش رشد و سطح برگ دو گیاه شده که خود باعث بهبود کانوپی و افزایش جذب تشعشع می‌گردد. البته افزایش جذب تشعشع در اثر استفاده از منابع مختلف کودی در مطالعات مختلف تأیید شده است (Razavi *et al*., 2016؛ Srivastava *et al*.,

2019). Moradi و همکاران (۲۰۱۷) نیز گزارش نمودند که در کشت مخلوط ذرت و پنبه استفاده از کود نیتروژن باعث افزایش جذب تشعشع شد و تأثیر آن در کشت مخلوط بیشتر از کشت خالص بود که منجر به بهبود جذب نسبی تشعشع در این دو گیاه شد.

نتایج تأیید نمود که در کلیه تیمارهای مورد ارزیابی، میزان کارایی مصرف نور گیاه بابونه به‌طور معنی‌داری بالاتر از اسطوخودوس بود. کارایی مصرف نور بالاتر گیاه بابونه می‌تواند به‌دلیل دوره رشد کوتاه‌تر این گیاه نسبت به اسطوخودوس باشد. زیرا دوره رشد کوتاه‌تر بابونه سبب شد همان‌طور که در شکل ۲ قابل مشاهده است، تشعشع جذب شده توسط آن نسبت به اسطوخودوس به میزان قابل توجهی کاهش یافته، در نتیجه نسبت تولید ماده خشک به ازای تشعشع دریافتی افزایش یابد. از سوی دیگر تأیید شده است که در کشت مخلوط غالب بودن یک گونه باعث افزایش رقابت نوری شده و این کار موجب خواهد شد تا کارآیی مصرف نور گونه‌ای که در شرایط محدودیت نوری قرار دارد افزایش یابد (Nassiri Mahallati *et al*., 2010).

کاربرد منابع کودی سبب افزایش معنی‌دار کارایی مصرف نور نسبت به عدم کوددهی شد (جدول ۷). در گزارش‌های دیگر نیز بر تأثیر مثبت عناصر غذایی بر کارایی مصرف نور تأکید شده است. به‌عنوان مثال Akmal و Janssens (۲۰۰۴) کاهش کارایی مصرف نور را در اثر کمبود نیتروژن در گیاه گزارش کردند و این گونه بیان نمودند که در شرایط کمبود نیتروژن افزایش کم نیتروژن بیشترین تأثیر را در افزایش کارایی مصرف نور دارد. نیتروژن یکی از عناصری است که تأثیر بسزایی بر شاخص سطح برگ و به‌تبع آن جذب تشعشع در گیاه دارد، همچنین سرعت رشد گیاه و دوام برگ‌ها نیز بر میزان جذب تشعشع در گیاه تأثیرگذار است (Evans, 1978). Razavi و همکاران (۲۰۱۶) نیز گزارش کردند که میزان کارایی مصرف نور در تیمارهایی که در آنها کود دامی بکار رفته بود بیشتر از تیمارهای فاقد کود دامی بود که این ممکن است به‌دلیل بسته شدن سریع‌تر کانوپی در اثر این تیمارها باشد. با بسته شدن کانوپی، ظرفیت فتوسنتزی و کارآیی مصرف نور افزایش یافته و هر چه طول دوره بسته شدن کانوپی تا زمان برداشت طولانی‌تر باشد، عملکرد ماده خشک و کارآیی مصرف آب نیز افزایش خواهد یافت (Rinaldi & Vonella, 2006). همچنین Razavi و همکاران (۲۰۱۶) اظهار داشتند که در تیمار ترکیبی سه کود زیستی+ کود گاوی، میزان تشعشع جذب شده بیشتر از تیمار کود شیمیایی اوره بود که شاید دلیل آن را بتوان به اثرهای هم‌افزایی و متقابل کاربرد همزمان کودهای بیولوژیک با کودهای آلی نسبت داد.

نتایج تحقیق تأیید نمود که کشت مخلوط سبب افزایش قابل توجه کارایی مصرف نور نسبت به کشت خالص دو گونه شد (جدول ۷). بنابراین به نظر می‌رسد که بهبود شاخص سطح برگ و ساختار کانوپی در تیمارهای کشت مخلوط (بر اثر عواملی همانند بهبود استفاده از منابع توسط گونه‌های موجود در کشت مخلوط و تغییر ساختار فضایی قرار گرفتن برگ‌ها در کانوپی) موجب افزایش کارایی مصرف نور در تیمارهای کشت مخلوط شده باشد (Naghipoor Dehkordi *et al*., 2016). از سوی دیگر، از دلایل افزایش کارایی مصرف نور در تیمارهای کشت مخلوط می‌توان به کاهش رقابت درون گونه‌ای گونه‌ها و همچنین اثرهای مثبت دیگر گونه‌های کشت مخلوط بر آنان اشاره کرد (Zhang *et al*., 2008). همچنین اعتقاد بر این است که کشت‌های مخلوط بیشتر به دلیل افزایش جذب نور، از طریق افزایش طول دوره جذب نور (شکل ۲) یا در نتیجه پوشش بیشتر سطح خاک (شکل ۱) سبب افزایش بهره‌وری سیستم‌های زراعی می‌شوند. در واقع در زراعت‌های تک‌کشتی همواره مقادیری از تشعشع فتوسنتزی به‌دلیل وجود فضاهای خالی در کانوپی تلف می‌شود. مقدار این تلفات در زراعت‌های مخلوط به‌دلیل پوشش بیشتر سطح خاک کاهش یافته، در نتیجه میزان جذب تشعشع کل نسبت به تک‌کشتی بیشتر می‌شود که این مسئله به تنهایی می‌تواند سبب افزایش عملکرد گردد، گرچه ممکن است کارایی مصرف نور تحت تأثیر قرار نگرفته و یا حتی در مواردی نیز دچار کاهش گردد (Awal *et al*., 2006). در کشت خالص،

پوشش گیاهی حتی در تراکم‌های مطلوب هم به دلایلی همانند اشباع نوری برگ‌ها و انعکاس نور از سطح آنها (Mostafavi, 2014) نمی‌تواند به‌طور کامل از نور موجود استفاده کند اما در کشت مخلوط، گونه‌های گیاهی با آرایش برگ و ارتفاع متفاوت، موجب جذب بیشتر تابش از نظر کمّی و کیفی می‌شوند (Ahmadi *et al*., 2011). به‌طور کلی، کشت‌های مخلوط به‌دلیل افزایش جذب نور از طریق افزایش طول دوره جذب (برتری زمانی) یا در نتیجه پوشش بیشتر سطح خاک (برتری مکانی) سبب افزایش بهره‌وری سامانه‌های زراعی می‌شوند (Naghipoor Dehkordi *et al*., 2016). به‌هرحال آنچه که بسیار اهمیت دارد بهبود بهره‌وری تولید در سیستم‌های مخلوط، در ارتباط با نور می‌باشد. به‌طوری‌که بهره‌وری می‌تواند از طریق افزایش جذب تشعشع خورشیدی، کارایی مصرف نور و یا ترکیبی از هر دو را بهبود دهد (Moradi *et al*., 2017).

به‌عنوان نتیجه‌گیری کلی می‌توان گفت نتایج نشان داد که کشت مخلوط دو گیاه اثر مثبت قابل توجهی در بهبود جذب و کارایی مصرف تشعشع داشت. زیرا در فصل بهار که کانوپی اسطوخودوس رشد کمی داشت و در مرحله رشد کُند شاخص سطح برگ بود، گیاه بابونه به حداکثر رشد سطح برگ خود رسیده و توانست با گسترش مناسب کانوپی در کشت مخلوط بیشترین جذب تشعشع را دریافت نماید. بررسی جذب نسبی و LER_{PAR} تشعشع نشان داد که در تمامی تیمارهای کودی مورد استفاده، جذب تشعشع در کشت مخلوط نسبت به کشت خالص برتری معنی‌داری داشت. از بین تیمارهای مورد بررسی نیز بیشترین درصد اسانس بابونه (۰/۵۶٪) و اسطوخودوس (۰/۸۰٪)، جذب (۱۳۲۱/۹ مگاژول در مترمربع) و کارایی مصرف نور (۱/۶۳ گرم ماده خشک به ازای مگاژول تشعشع) در تیمار استفاده توأم کود گاوی و NPK مشاهده شد. بنابراین می‌توان این کشت مخلوط را برای سال اول و دوم رشد اسطوخودوس توصیه نمود. ازاین‌رو توصیه می‌شود در تحقیقات آینده، این آزمایش برای سال دوم کشت اسطوخودوس نیز مورد بررسی قرار گیرد.

منابع مورد استفاده

- Abadian, H., Shams, A. and Pirdashti, H., 2010. Effect of chemical, manure and combined fertilizers on the morphological characteristics of three chamomile (*Matricaria chamomile*) ecotypes. National Conference on Medicinal Plants. Rice and Citrus Research Institute, Agricultural Sciences and Natural Resources Faculty, Sari University, 2-4 March.
- Ahmadi, A., Dabbagh Mohammadi Nasab, A., Zahtab Salmasi, S., Amini, R.A., Jan Mohammadi, H. and Nami, F., 2011. Study of light condition in monoculture and intercropping of barley and vetch and its relation to forage yield. Sustainable Agriculture and Production Science, 20(2): 53-65.
- Akmal, M. and Janssens, M.J.J., 2004. Productivity and light use efficiency of perennial ryegrass with contrasting water and nitrogen supplies. Field Crops Research, 88(2-3): 143-155.
- Alizadeh, Y., Koocheki, A.R. and Nassiri Mahallati, M., 2010. The evaluation of radiation absorption and use efficiency of row intercropping of bean and basil. Journal of Agroecology, 2(1): 85-94.
- Arazmjo, E., Heidari, M. and Ghanbari, A., 2010. Effect of water stress and type of fertilizer on yield and quality of chamomile (*Matricaria chamomilla* L.). Iranian Journal of Crop Sciences, 12(2): 100-111.
- Awal, M.A., Koshi, H. and Ikeda, T., 2006. Radiation interception and use by maize/peanut intercrop canopy. Agricultural and Forest Meteorology, 139: 74-83.
- Biswas, D.R. and Narayanasamy, G., 2006. Rock phosphate enriched compost: An approach to improve low-grade Indian rock phosphate. Bioresource Technology, 97(18): 2243-2251.
- Boyer, J.S., 1968. Relationship of water potential to growth of leaves. Plant Physiology, 43: 1056-1062.
- Ceotto, E. and Castelli, F., 2002. Radiation use efficiency in flue-cured tobacco (*Nicotiana tabacum* L.): Response to nitrogen supply, climatic variability and sink limitation. Field Crops Research, 74: 117-130.
- Clevenger, J.H., 1928. Apparatus for the determination of volatile oil. Journal of the American Pharmaceutical Association, 17(4): 345-349.
- Evans, L.T., 1978. Crop Physiology. Cambridge University Press, 374p.
- Hadipour, A., Hoseini Mazinani, M. and Mehrafarin, A., 2013. Changes in essential oil content/composition and shoot aerial yield of lavender (*Lavandula officinalis* L.) affected by different treatments of nitrogen. Journal of Medicinal Plants, 12: 156-169.

- Jafarnia, S., Safeikhoram, M., Khoshghamat, S., Sabet Teymuri, M. and Sabet, G., 2011. Comprehensive and Illustrated Guide to Herbal Pharmacy. Sokhan Gostar Publications, 548p.
- Keating, B.A. and Carberry, P.S., 1993. Resource capture and use in intercropping: solar radiation. Field Crops Research, 34: 273-301.
- Khorasaninejad, S., Soltanloo, H., Ramezanpour, S.S., Hadian, J. and Atashi, S., 2016. The effect of drought stress on the growth, essential oil yield and chemical composition of Lavender. Journal of Crops Improvement, 17: 979-988.
- Libster, M., 2008. Delmar's Integrative Herb Guide for Nurses. Oxford University Press, 408p.
- Mohammadi Aria, M., Lakzian, A., Haghnia, G., Besharati, H. and Fotovvat, A., 2011. Effect of thiobacillus and Aspergillus on availability of phosphorus from enriched phosphate soil with sulfur and vermicompost. Iranian Journal of Water and Soil, 24: 1-9.
- Moradi, R., Koocheki, A. and Nasiri Mahallati, M., 2017. Evaluation of economical yield and radiation use efficiency of maize and cotton in sole and intercropping systems as affected by different levels of nitrogen. Journal of Crop Production and Processing, 7: 47-59.
- Moradi, R., Rezvani Moghaddam, P., Nasiri Mahallati, M. and Nezhadali, A., 2011. Effects of organic and biological fertilizers on fruit yield and essential oil of sweet fennel (*Foeniculum vulgare* var. dulce). Spanish Journal of Agricultural Research, 9(2): 546-553.
- Mostafavi, M.J., 2014. The effect of chemical and biological fertilizers on quantitative and quality yield of sesame (*Sesamum indicum* L.) in Mashhad climate condition. M.Sc. Dissertation, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Iran.
- Munshi, A.M., 1994. Effect of N and K on the floral yield and corm production in saffron under rainfed condition. Indian Journal of Arecanut Spices and Medicinal Plants, 18: 24-44.
- Naghipoor Dehkordi, P., Koocheki, A., Nassiri Mahallati, M. and Khorramdel, S., 2016. Study of the light absorption and utilization in monoculture and intercropping of three medicinal plants of black cumin (*Nigella sativa* L.), Marigold (*Calendula officinalis* L.) and Borage (*Borago officinalis* L.). Iranian Journal of Field Crops Research, 15(2): 323-340.
- NASA., 2019. https://power.larc.nasa.gov/data-access-viewer/
- Nassiri Mahallati, M., Koocheki, A. and Jahan, M., 2010. Radiation interception and use efficiency in delay intercropping of wheat and maize. Iranian Field Crop Researches, 8: 878-890.
- Omidbeigi, R., 2006. Production and Processing of Medicinal Plants (Vol. 3). Beh Nashr Publication, Mashhad, 397p.
- Patra, D.D., Anwar, M. and Chand, S., 2000. Integrated nutrient management and waste recycling for restoring soil fertility and productivity in Japanese and mustard sequence in Uttar Pradesh, India. Agriculture, Ecosystem and Environment, 80: 267-275.
- Rahimi-Kalamroodi, H., 2017. Botany, planting diploid and tetraploid species of chamomile and study of essential oil composition and comparison of samples in Iran. Ph.D Thesis in Pharmacy, Faculty of Pharmacy, Isfahan University of Medical Sciences.
- Razavi, S.A.R., Jahan, M., Nassiri Mahallti, M. and Haj Mohammadnia Ghalibaf, K., 2016. Radiation absorption and use efficiency of common mallow (*Malva sylvestris* L.) affected by different sources of organic, biological and chemical fertilizers and intercropping with fenugreek (*Trigonella foenum-graecum*). Iranian Journal of Field Crops Research, 15(1): 136-149.
- Rezaei, A., Feizi, H. and Moradi, R., 2019. Response of quantitative and qualitative characteristics of Saffron flower to the last irrigation cut-off time and various fertilizer resources. Saffron Agronomy & Technology, 7: 3-25.
- Rinaldi, M. and Vonella, A.V., 2006. The response of autumn and spring sown sugar beet (*Beta vulgaris* L.) toirrigation in southern Italy: water and radiation use efficiency. Field Crops Research, 95: 103-114.
- Soltaninejhad, F., Fallah, S. and Heidari, M., 2013. Effect of different sources and rates of nitrogen fertilizer on the growth and biomass production of purslane (*Portulaca oleracea*). Electronic Journal of Crop Production, 6(3): 125-143.
- Srivastava, A.K., Mboh, C.M., Gaiser, T., Kuhn, A., Ermias, E. and Ewert, F., 2019. Effect of mineral fertilizer on rain water and radiation use efficiencies for maize yield and stover biomass productivity in Ethiopia. Journal of Agriculture, Food Systems, and Community Development, 168: 88-100.
- Suleiman, A.K.A., Harkes., P., Elsen, S., Holterman, M., Korthals, G.W., Helder, J. and Kuramae, E.E., 2019. Organic amendment strengthens interkingdom associations in the soil and rhizosphere of barley (*Hordeum vulgare*). Science of the Total Environment, 695: 133885.
- Tasdighi, H., Salehi, A., Movahhedi Dehnavi, M. and Behzadi, Y., 2015. Survey of yield, yield components and essential oil of *Matricaria chamomilla* L. with application of vermicompost and different irrigation levels. Agricultural Science and Sustainable Production, 25: 61-78.

- Tonutti, I. and Liddle, P., 2010. Aromatic plants in alcoholic beverages. Flavour and Fragrance Journal, 25: 341-350.
- Tsubo, M., Walker, S. and Ogindo, H.O., 2005. A simulation model of cereal-legume intercropping systems for semi-arid regions I. Model development. Field Crops Research, 93:10-22.
- Weerarathne, L.V.Y., Marambe, B. and Chauhan, B.B., 2017. Intercropping as an effective component of integrated weed management in tropical root and tuber crops: A review. Crop Protection, 95: 89-100.
- Wu, S.C., Cao, Z.H., Li, Z.G., Cheung, K.C. and Wong, M.H., 2004. Effect of bio fertilizer containing N-fixer, P and K solubilizers and AM fungi on maize growth. Geoderma, 125: 155-166.
- Yousef Nia, M., Banayan Aval, M. and Khorramdel, S., 2015. Evaluation of radiation use and interception of fenugreek (*Trigonella foenum-graecum* L.) and dill (*Anethum graveolens* L.) intercropping canopy. Journal of Agroecology, 7: 412-424.
- Zhang, L., Vanderwerf, W., Bastiaans, L., Zhang, S. and Spiertz, J.H., 2008. Light interception and utilization in relay intercrops of wheat and cotton. Field Crops Research, 107: 29-42.

Study on the radiation use efficiency and quantitative and qualitative yield in lavender and chamomile additive intercropping under the influence of cow manure and chemical fertilizer

M. Naghizadeh[1*] and R. Moradi[2]

1*- Corresponding author, Department of Plant Productions, Agricultural Faculty of Bardsir, Shahid Bahonar University of Kerman, Kerman, Iran, E-mail: naghizadeh@uk.ac.ir
2- Department of Plant Productions, Agricultural Faculty of Bardsir, Shahid Bahonar University of Kerman, Kerman, Iran

Received: June 2020 Revised: October 2020 Accepted: November 2020

Abstract

This study was conducted to investigate the potential of lavender (*Lavandula angustifolia* Mill.) and chamomile (*Matricaria chamomilla* L.) additive intercropping to improve the radiation use efficiency as a factorial based on the randomized complete block design with three replications at the research farm of Bardsir Agricultural Faculty, Shahid Bahonar University of Kerman, in 2018-2019 crop year. The experimental treatments included the fertilizer at four levels (1- Control, 2- NPK: 69-46-25 kg ha^{-1}, 3- Cow manure: 20 t ha^{-1}, and 4- Combination the half values of NPK and cow manure) and the planting pattern at three levels (1- Sole cropping of lavender, 2- Sole cropping of chamomile, and 3- Additive intercropping of lavender (main plant) and chamomile (associated plant)). The results showed that the total leaf area index of the two plants in intercropping was significantly higher than the sole cropping of them. The combined application of cow manure + NPK caused the highest lavender dry matter (DM) (868 kg ha^{-1}), chamomile flower yield (366 kg ha^{-1}), essential oil percentage of chamomile (0.56%) and lavender (0.80%), and radiation interception (1321 MJ m^{-2}) in all the planting patterns. There was no significant difference between the planting patterns in terms of essential oil percentage. Due to the canopy overlap of the two plants in the intercropping, the value of photosynthetic active radiation (PAR) intercepted during the growing season in the intercropping treatment was higher than the sole cropping of both plants. The land equivalent ratio (LER) in terms of PAR (LER_{PAR}) varied between 1.33 and 1.37 in fertilizer treatments. The highest radiation use efficiency (1.63 g DM MJ^{-1} radiation) was obtained for chamomile in the intercropping at the cow manure + NPK treatment. In general, the results illustrated that the application of cow manure + NPK treatment and intercropping of lavender and chamomile could be an appropriate approach for more efficient radiation use and improving the quantitative and qualitative yield of the two plants.

Keywords: Photosynthetic active radiation, land equivalent ratio, relative intercept, leaf area index.