

جذب و کارایی مصرف نور در گیاه دارویی پنیرک (*Malva sylvestris* L.) تحت تأثیر منابع مختلف کودهای آلی، زیستی، شیمیایی و کشت مخلوط با شنبلیله

سید احمد رضا رضوی^۱ - محسن جهان^{۲*} - مهدی نصیری محلاتی^۳ - کمال حاج محمدنیا قالیباف^۴

تاریخ دریافت: ۱۳۹۴/۰۶/۰۴

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۴/۱۱/۱۸

چکیده

به منظور بررسی جذب و کارایی مصرف نور در گیاه دارویی پنیرک (*Malva sylvestris* L.) تحت تأثیر منابع مختلف کودهای آلی، زیستی، شیمیایی و کشت مخلوط با شنبلیله (*Trigonella foenum-graecum*)، آزمایشی در سال زراعی ۱۳۹۲-۱۳۹۱ به صورت کرت‌های خردشده بر پایه طرح بلوک کامل تصادفی در سه تکرار در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد انجام شد. عامل کرت اصلی کود آلی گاوی شامل دو سطح: کاربرد و عدم کاربرد آن و عامل کرت فرعی منابع مختلف کودی شامل: ۱- کود زیستی نیتروکسین® ۲- کود زیستی بیوسولفور® ۳- کود زیستی بیوسفر® ۴- ترکیب سه کود زیستی نیتروکسین، بیوسولفور و بیوسفر ۵- کود اوره ۶- کشت مخلوط یک ردیفی با شنبلیله و ۷- شاهد بود. نتایج نشان داد که کاربرد کود دامی باعث کاهش ضریب استهلاک نور (K) شد و کمترین میزان K در بین تیمارهای آزمایش مربوط به تیمار ترکیب هر سه کود زیستی + کاربرد کود دامی بود. همچنین تیمارهای آزمایشی تأثیر معنی‌داری بر میزان تشعشع جذب‌شده جمعی در پنیرک داشت، به صورتی که بیشترین میزان جذب تشعشع در تیمار ترکیب سه کود زیستی با ۹۸۶/۶ مگاژول بر متر مربع به دست آمد، در حالی که کاربرد و یا عدم کاربرد کود گاوی تأثیر معنی‌داری در میزان تشعشع جذب‌شده توسط پنیرک نداشت. میانگین کارایی مصرف نور در تیمارهای آزمایش برابر ۱/۲۶ گرم بر مگاژول بوده و تیمار کود زیستی نیتروکسین با ۱/۰۹ گرم بر مگاژول دارای کمترین و ترکیب سه کود زیستی + کاربرد کود دامی با ۱/۵ گرم در مگاژول دارای بیشترین میزان کارایی مصرف نور بود. در مجموع، به نظر می‌رسد که ترکیب سه کود زیستی نیتروکسین، بیوسولفور و بیوسفر توأم با کاربرد کود گاوی توانایی رقابت با کود شیمیایی اوره از لحاظ شاخص‌های مکانیستیک آنالیز رشد گیاه نظیر جذب تشعشع و کارایی مصرف نور را دارا است.

واژه‌های کلیدی: آروسپیریلوم، ازتوباکتر، باسیلوس، سودوموناس، ضریب خاموشی نور، کسر جذب نور، کود گاوی

مقدمه

علت ارزان بودن نسبت به داروهای شیمیایی که دارای عوارض جانبی زیادی هستند، بیشتر در دسترس قرار دارند (Johnson and William, 2002). اتکاء به استفاده از گیاهان دارویی در جوامع صنعتی نیز درست همانند درمان‌های سنتی گیاهی در کشورهای در حال توسعه، منجر به استخراج و توسعه داروها و شیمی‌داروهای مختلفی از این گیاهان شده است (UNESCO, 1998). بر اساس مطالعه بانک جهانی، تجارت گیاهان دارویی در سال ۲۰۵۰ سهمی بالغ بر ۵ تریلیون دلار در تجارت جهانی خواهد داشت (WHO, 2002). از طرفی در طول قرن گذشته، با افزایش روز افزون جمعیت، تعدادی از گونه‌های پرمصرف گیاهی که از عرصه‌های طبیعی برداشت می‌شدند، در معرض خطر انقراض قرار گرفته‌اند. از این رو، برای رفع نیازهای فزاینده به داروهای گیاهی، تولید مواد خام دارویی با کیفیت مناسب و با خصوصیات شناخته‌شده، این گیاهان باید در سیستم‌های زراعی کشت شوند (Ameri and Nassiri Mahallati, 2008).

یک میلیارد نفر از جمعیت جهان که عمدتاً در کشورهای درحال توسعه قرار گرفته‌اند، گیاهان دارویی را برای تمام دوره درمان خود یا بخشی از آن استفاده کرده و یا آن را بر مصرف داروهای سنتز شده ترجیح می‌دهند (WHO, 2002; IUCN, 1993). در طول سال‌های گذشته، توجه مردم به طبیعت و فرآورده‌های طبیعی استخراج‌شده از گیاهان علفی، درختچه‌ها و درخت‌ها که دارای خواص دارویی بی‌نظیری هستند بیشتر شده است؛ چراکه باور عمومی بر این است که گیاهان دارویی از یک سو امن و تأثیرگذار هستند و از سوی دیگر، به

۱، ۲، ۳ و ۴- به ترتیب دانشجوی دوره دکترا، دانشیار، استاد و استادیار گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد
(Email: jahan@um.ac.ir)
* - نویسنده مسئول:

پایداری در کشاورزی رابطه نزدیک دارد (Jahan and Nassiri, 2011; Mahallati, 2012; Malik et al., 2011).

از اواخر دهه ۱۹۵۰ میلادی، علاوه بر روش‌های کلاسیک آنالیز رشد گیاه که مبتنی بر زمان بودند، روش‌های مکانیستیک آنالیز رشد گیاه، مبتنی بر نور نیز وارد پژوهش‌های کشاورزی گردید. این روش با انتشار مقاله مونتیث (Monteith, 1977) تحت عنوان کارایی مصرف نور (RUE^۱) تکامل پیدا کرده و در تحقیقات بعدی مشخص شد که این عامل، تحت تأثیر عوامل مختلف مدیریتی نظیر تاریخ کاشت، تراکم و فواصل بوته‌ها، رقم، تغییرات آب و هوایی و حاصلخیزی خاک به ویژه نیتروژن قابل دسترس به سبب نقش ویژه‌ای که در فتوسنتز دارد قرار می‌گیرد (Sinclair and Muchow, 1999). بر این اساس، کارایی مصرف نور به صورت نسبت میان زیست توده تجمعی تولیدشده و انرژی نورانی تثبیت شده توسط گیاه در طول فصل رشد (g.MJ⁻¹) بیان می‌شود (Rosati et al., 2004).

کشت مخلوط یکی از راهکارهای مدیریت زراعی است که بر کارایی مصرف نور در گیاهان تأثیر به‌سزایی داشته و باعث افزایش بهره‌وری تولید در ارتباط با نور، از طریق افزایش جذب تشعشع خورشیدی، کارایی مصرف نور و یا ترکیبی از هر دو می‌شود (Zhang and Li, 2003).

این پژوهش با هدف بررسی و مقایسه جذب و کارایی مصرف نور در گیاه دارویی پنیرک، تحت تأثیر منابع مختلف کودهای شیمیایی، آلی و زیستی و نیز کشت مخلوط با شنبلیله (*Trigonella foenum-graecum*) در شرایط آب و هوایی مشهد طراحی و اجرا شد.

مواد و روش‌ها

این آزمایش به صورت کرت‌های خردشده بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد در سال زراعی ۱۳۹۱-۱۳۹۲ انجام شد. خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه مورد آزمایش در جدول ۱ نشان داده شده است. زمین محل انجام آزمایش در سال قبل تحت تیمار آیش قرار گرفته بود. عامل کرت اصلی کود آلی گاوی شامل دو سطح: کاربرد و عدم کاربرد آن و عامل کرت فرعی منابع مختلف کودی شامل: ۱- کود زیستی نیتروکسین[®] (Nit^۵) (حاوی باکتری‌های *Azotobacter* sp. و *Azospirillum* sp.)، ۲- کود زیستی بیوسولفور[®] (SSB^۶) (حاوی باکتری‌های حل‌کننده گوگرد

(Farooqi and Sreeramu, 2001).

پنیرک (*Malva sylvestris* L.) یکی از گیاهان دارویی است که مطالعات فراوانی در خصوص ترکیب شیمیایی و خواص آنتی‌اکسیدانی (Tabaraki et al., 2012) و نیز خواص دارویی مختلف آن در درمان التهاب دستگاه گوارش، زخم معده، چربی خون، قند خون، جمعیت میکروبی دستگاه گوارش (Sleiman, 2006)، التیام سوختگی (Ghasemi Pirbalouti et al., 2009) و آگزمای پوستی (Barikbin et al., 2010) صورت گرفته است. به واسطه وجود موسیلاژ فراوان در اندام‌های رشدی و تولید مثلی پنیرک، در لاتین به آن Mallow (مشق از واژه Malwe به معنی «نرم») می‌گویند. این گیاه کاربرد فراوانی در صنایع آرایشی دارد (Bown, 1995).

در دهه‌های گذشته، پیشرفت‌های علمی در زمینه تغذیه گیاهی و حاصلخیزی خاک، انقلابی در تولید محصولات گیاهی به وجود آورده است (Koocheki, and Sarmadnia, 1999). به صورت کلی، کودهای شیمیایی بر رشد گیاهان زراعی و توسعه بسیاری از اجزای فعال گیاهان دارویی مؤثر است، اما کاربرد بیش از حد یا نامتعادل این کودها، بدون سنجش و آگاهی از وضعیت عناصر غذایی خاک که توأم با عملیات کشاورزی فشرده، مدیریت نامناسب خاک و کشت ارقام پر محصول گیاهان زراعی بوده است، سبب ناپایداری وضعیت تولید و تهدید جدی سلامت خاک از طریق کاهش ماده آلی آن شده است (Qazi et al., 2009). مصرف بی‌رویه کودهای شیمیایی منجر به افزایش هزینه‌ها، افزایش مصرف منابع فسیلی، ورود مقادیر زیادی از نیتروژن به خاک، اتمسفر و آب و در نهایت تهدید ثبات و پایداری بوم‌نظام‌ها و سلامت انسان شده است. به همین دلیل، متخصصان آگرواکولوژی تلاش دارند تا جایگزین‌های بوم‌سازگاری را به منظور جایگزینی با کودهای شیمیایی به کشاورزان و دست‌اندرکاران تولیدات کشاورزی معرفی نمایند (Gliessman, 1998).

یکی از روش‌های جایگزین پرورش گیاهان دارویی، بهره‌گیری از ریزوباکتری‌ها و قارچ‌هایی است که همزیستی آن‌ها با بسیاری از گیاهان آوندی از جهات مختلف سودمند شناخته شده است (Jahan and Nassiri Mahallati, 2012). از آنجایی که تعداد این میکروارگانیسم‌ها در خاک به اندازه‌ای نیست تا توان رقابت با دیگر باکتری‌های موجود در ریزوسفر را داشته باشند، به منظور کاربرد زراعی و بهره‌گیری از جنبه‌های مثبت فعالیت آن‌ها، تلقیح گیاه با میکروارگانیسم هدف در غلظت‌هایی بسیار بالاتر از میزان حضور آن در خاک ضروری به نظر می‌رسد. فناوری کودهای زیستی مقرون به صرفه^۱ و سازگار با محیط‌زیست^۲ بوده و به حفظ حاصلخیزی خاک، سلامت خاک و زیست‌پویایی^۳ خاک کمک کرده و با حفظ

4- Radiation use efficiency
5- Nitroxin
6- Sulfur solubilizing bacteria

1- Cost effective
2- Eco-Friendly
3- Biodynamism

کرت‌های آزمایشی اندازه‌گیری و ثبت شد.

سپس بر اساس مقادیر اندازه‌گیری شده LAI و میزان تشعشع اندازه‌گیری شده در بالا و پایین کانوپی در هر کرت و با استفاده از معادله مانسی و ساکی (معادله ۱) مقدار ضریب خاموشی نور (K) برای گیاهان تحت تأثیر هر یک از تیمارها محاسبه شد (Nassiri et al., 2000).

$$I/I_0 = \exp(-k \times LAI) \quad (1)$$

که در آن I: میزان تشعشع رسیده به پایین کانوپی، I₀: میزان تشعشع رسیده به بالای کانوپی، K: ضریب خاموشی نور و LAI: شاخص سطح برگ گیاه است.

به منظور برآورد مقادیر روزانه تجمع ماده خشک، به داده‌های حاصل از اندازه‌گیری وزن خشک در طول زمان، تابع سیگموئیدی (معادله ۲) برازش داده شد و مقادیر مربوطه برای کلیه‌ی روزهای دوره‌ی رشد برآورد گردید (Monteith, 1977).

$$TDM = a / (1 + b \times \exp(-c \times x)) \quad (2)$$

در این معادله TDM عبارت است از ماده خشک تجمعی (g.m⁻²) ، a: حداکثر تجمع ماده خشک، b: ضریب ثابت، c: سرعت رشد نسبی گیاه و x: زمان برحسب روز پس از کاشت است.

همچنین مقادیر شاخص سطح برگ روزانه با برازش تابع لجستیک پیک (معادله ۳) به مقدار LAI اندازه‌گیری شده در طی زمان تعیین گردید (Jahan et al., 2013).

$$LAI = a + b \times 4 \times (\exp(-x - b/c)) / (1 + \exp(-(x - b)/c))^2 \quad (3)$$

در این معادله a: عرض از مبدأ (مقدار LAI در زمان صفر)، b: زمان رسیدن به حداکثر شاخص سطح برگ، c: زمان رسیدن به مرحله خطی رشد سطح برگ و x: زمان می‌باشد.

سپس با استفاده از ضریب خاموشی نور (K) و تغییرات شاخص سطح برگ در طول فصل رشد و با استفاده از معادله ۴، کسر تشعشع جذب شده (F_{abs}) برای هر روز از طول فصل رشد محاسبه شد.

$$F_{abs} = 1 - \exp(-k \times LAI) \quad (4)$$

میزان تشعشع روزانه خورشیدی (I_{tot}) برای عرض جغرافیایی مشهد به روش ارائه‌شده توسط خودریان و فان لار (Nassiri et al., 2000) محاسبه گردید. سپس این مقادیر بر اساس ساعت آفتابی استخراج شده از داده‌های ایستگاه هواشناسی مرکز اقلیم‌شناسی خراسان رضوی، اصلاح و در نهایت میزان کل تشعشع جذب شده روزانه توسط کانوپی (I_{abs}) محاسبه شد (معادله ۵).

$$I_{abs} = I_{tot} \times F_{abs} \quad (5)$$

در تیمار کشت مخلوط نور جذب شده روزانه برای هر دو گونه بر اساس معادلات ۶ تا ۸ محاسبه گردید (Franciscangeli et al., 2006; Tsubo and Walker, 2002).

Thiobacillus spp.)، ۳- کود زیستی بیوفسفر^۱ (PSB^۱) (حاوی باکتری‌های حل‌کننده فسفات *Bacillus* sp. و *Pseudomonas* sp.)، ۴- ترکیب سه کود زیستی Nit + PSB + SSB، ۵- کود شیمیایی (اوره به میزان ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار در قالب دو تقسیط)، ۶- کشت مخلوط با شنبلیله (*Trigonella foenum-graecum*) به صورت ردیفی با ترکیب ۱:۱ و ۷- شاهد بود. تمامی کودهای زیستی مصرف شده دارای CFU^۲ برابر با ۱۰^۸ باکتری زنده در میلی‌لیتر بودند.

تلقیح، کاربرد کود و عملیات زراعی

تلقیح بذره‌های پنی‌رک با کودهای زیستی نیتروکسین و بیوفسفر در شرایط استاندارد و توصیه شده توسط تولیدکننده (به دور از نور آفتاب)، صورت گرفت (Jahan and Nassiri Mahallati, 2012). کود زیستی بیوسولفور نیز با مقدار توصیه شده ۲۵۰ کیلوگرم در هکتار گوگرد بنتونیت‌دار (۸۵٪ گوگرد و ۱۵٪ بنتونیت) مخلوط شده و در زیر بذرها قرار گرفت.

عملیات پخش کود آلی به میزان ۲۵ تن در هکتار کود گاوی در کرت های مربوطه، در تاریخ ۲۵ اسفند ۱۳۹۱ انجام گرفته و سپس تا عمق ۳۰ سانتی متری توسط بیل دستی با خاک مخلوط گردید. خصوصیات کود گاوی استفاده شده در جدول ۲ نشان داده شده است. بذره‌های توده محلی پنی‌رک، در تاریخ ۳۰ فروردین در کرت‌هایی به مساحت ۱۲ مترمربع، بافاصله ردیف ۵۰ و فاصله روی ردیف ۲۰ سانتیمتر، در روی پشته‌ها و در ۳ تکرار کشت شد. آبیاری بلافاصله پس از کشت، به روش نشتی و توسط لوله صورت گرفت. بذرها چهار روز بعد سبز شدند و عملیات آبیاری هر ۷ روز یکبار انجام می‌گرفت. دو ردیف کناری از شش ردیف هر کرت، به‌عنوان اثر حاشیه‌ای در نظر گرفته و بین تکرارها یک متر و بین هر کرت فرعی، نیم‌متر فاصله منظور شد. عملیات وجین علف‌های هرز در دو مرحله و به‌صورت دستی صورت گرفت و طی فصل رشد از هیچ نوع سمی استفاده نگردید.

اندازه‌گیری وزن خشک و سطح برگ (LAI^۳) هر دو هفته یکبار از سطحی برابر با ۰/۳ مترمربع صورت گرفت. همزمان با این اندازه‌گیری‌ها، میزان تشعشع رسیده به بالای کانوپی و تشعشع عبور کرده از کانوپی و رسیده به سطح زمین در پایین کانوپی از طریق قرار دادن حسگر دستگاه سپتومتر خطی^۴ روی سطح زمین در دو طرف ردیف‌ها و در چهار جهت مختلف در فاصله ساعات ۱۱-۱۳ برای تمام

1- Phosphate solubilizing bacteria

2- Colony Forming Units: واحد تشکیل‌دهنده کلونی

3- Leaf Area Index

4- Linear Septometer, SunScan, Delta T Co., UK

جدول ۱- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه مورد آزمایش

Table 1- Physical and chemical properties of the soil

اسیدیته ته pH	کربن آلی Organic Carbon (%)	پتاسیم Potassium (ppm)	فسفر Phosphorus (ppm)	نیتروژن Nitrogen (%)	بافت خاک Soil texture
7.47	0.59	119	14	0.063	Loam silt

به منظور تجزیه و تحلیل داده‌های حاصل از آزمایش، مقایسه میانگین‌ها (با استفاده از آزمون LSD و در سطح احتمال ۵ درصد)، برازش روابط رگرسیونی و رسم شکل‌ها، از نرم‌افزارهای MS Excel 2007، SlideWrite Ver. 2 و MINITAB Ver. 16 استفاده شد.

جدول ۲- خصوصیات شیمیایی کود گاوی استفاده شده

Table 2- Chemical properties of applied cattle manure

پتاسیم Potassium (%)	فسفر Phosphorus (%)	نیتروژن Nitrogen (%)
0.2	0.07	0.28

نتایج و بحث

شاخص سطح برگ (LAI)

همان‌طور که در شکل ۱ مشاهده می‌شود، تیمارهای مختلف آزمایش تأثیری روی زمان رسیدن شاخص سطح برگ به مقدار بیشینه نداشته و LAI تقریباً در ۱۲۰ روز پس از کاشت در تمام تیمارها به حداکثر مقدار خود رسیده است. این در حالی است که در مطالعات دیگر مشاهده شد که کاربرد کودهای زیستی نسبت به تیمار شاهد در گیاه کنجد، باعث تسریع در رسیدن شاخص سطح برگ به مقدار بیشینه خود شده است (Jahan *et al.*, 2013).

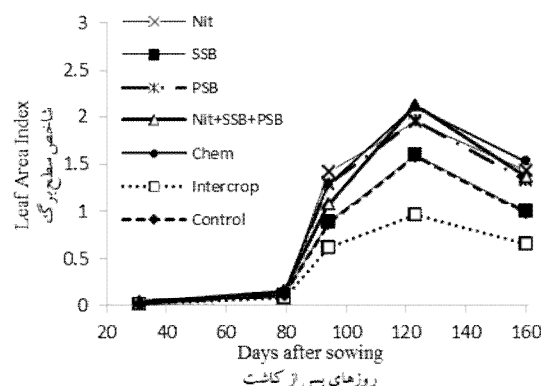
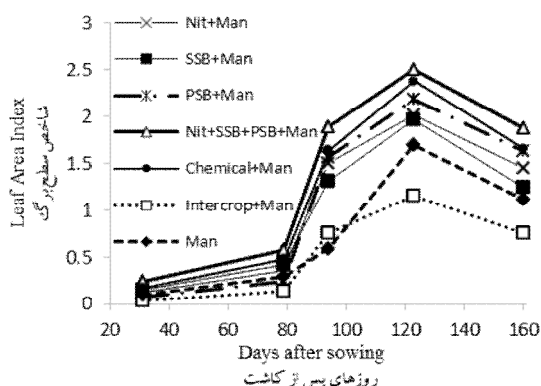
$$I_{abs} = I_0 \times [1 - \exp(-K_m \times LAI_m) + (-K_t \times LAI_t)] \quad (6)$$

$$I_m = I_{abs} \times [(K_m \times LAI_m) / ((K_m \times LAI_m) + (K_t \times LAI_t))] \quad (7)$$

$$I_t = I_{abs} - I_m \quad (8)$$

در این معادلات K_m ضریب استهلاک نوری گیاه پنیرک و LAI_m شاخص سطح برگ آن و همچنین K_t ضریب استهلاک نوری گیاه سنبله و LAI_t شاخص سطح برگ آن، I_m مقدار تشعشع جذب‌شده توسط پنیرک و I_t مقدار تشعشع جذب‌شده توسط سنبله است.

در پایان، کارایی مصرف نور پنیرک ($g.MJ^{-1}$) از طریق محاسبه شیب خط رگرسیون بین تشعشع جمعی جذب‌شده توسط کانوبی ($MJ.m^2$) و کل وزن خشک گیاه ($g.m^2$) تخمین زده شد.



شکل ۱- اثر کاربرد و عدم کاربرد کود گاوی و تلقیح با کودهای بیولوژیک، کاربرد کود شیمیایی و کشت مخلوط، بر میانگین روند تغییرات شاخص سطح برگ پنیرک طی فصل رشد (Nit = نیتروکسین، SSB = سولفورسولوبایز باکتری، PSB = فسفورشلیب باکتری، Chem = کود شیمیایی اوره، Intercrop = پنیرک در کشت مخلوط با سنبله، Man = کود گاوی).

Figure 1- The effect of application and no application of cattle manure, biological fertilizer inoculation, application of chemical manure and Intercropping on LAI of Common Mallow (Nit = Nitroxin, SSB = Sulfurous solubilizing bacteria, PSB = Phosphorus solubilizing bacteria, Chem = Urea chemical fertilizer, Intercrop = Intercropping with Fenugreek, Man = Cattle Manure).

جدول ۳- نتایج تجزیه واریانس (میانگین مربعات) برخی شاخص‌های وابسته به نور در گیاه دارویی پنیرک تحت تأثیر تیمارهای آزمایش

Table 3- ANOVA results (Mean of squares) of some mechanistic indexes of *Malva sylvestris* under the experiment treatments

منابع تغییر Source of variation	میانگین مربعات (Mean of squares)			
	درجه آزادی Degrees of freedom	ضریب خاموشی نور Light extinction coefficient (K)	تشعشع تجمعی جذب شده Cumulated absorbed radiation (Iabs)	کارایی مصرف نور Radiation use efficiency (RUE)
تکرار (Replication)	2	0.503	10323.546	0.076
کاربرد و عدم کاربرد کود دامی (A) With and without application of Cattle manure (A)	1	0.015 ^{n.s.}	31.764.266 ^{n.s.}	0.149 ^{n.s.}
خطا (Error)	2	0.018	38311.406	0.377
کودهای مختلف زیستی، اوره یا کشت مخلوط با شنبلیله (B) Different Biofertilizers, Urea or intercropping with Fenugreek (B)	6	0.137 ^{n.s.}	48714.689**	0.344*
A × B	6	0.147 ^{n.s.}	7157.883**	0.064 ^{n.s.}
خطا (Error)	24	2.051	8328.737	0.112
ضریب تغییرات (C.V)	-	35.21	10.38	23.96

*، ** و ^{n.s.} به ترتیب بی‌معنی، معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد

اثر تیمار شاهد ($R^2=0/9$ ، $K=0/57$) حاصل شد، اگر چه این تغییرات معنی‌دار نبود (جدول ۳). در مجموع کاربرد کود دامی باعث کاهش مقدار ضریب استهلاک نور گردید (شکل ۲).

ضریب استهلاک نوری در شرایط مختلف متغیر بوده و به عوامل مختلفی از جمله ساختار کانوپی (۲۵)، زاویه خورشید در زمانی که در بالاترین نقطه در آسمان قرار دارد، شیب برگ، زاویه برگ، شاخص سطح برگ (۱) و تراکم گیاهی (۸) وابسته است. به‌طور کلی ارقام دارای برگ‌های افقی دارای ضریب استهلاک نوری بیشتری هستند (Hughes *et al.*, 1987).

تغییرات جذب تشعشع

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که تیمارهای آزمایشی تأثیر معنی‌داری بر میزان تشعشع جذب‌شده تجمعی در پنیرک داشت (جدول ۳)، به صورتی که بیشترین میزان جذب تشعشع در طول فصل رشد در تیمار ترکیبی سه کود بیولوژیک نیتروکسین + بیوسولفور + بیوسفرفر اتفاق افتاد (با میانگین $986/6 \text{ MJ.m}^{-2}$)، این در حالی است که کاربرد و یا عدم کاربرد کود گاوی تأثیر معنی‌داری بر میزان تشعشع جذب‌شده توسط پنیرک نداشت (شکل ۳).

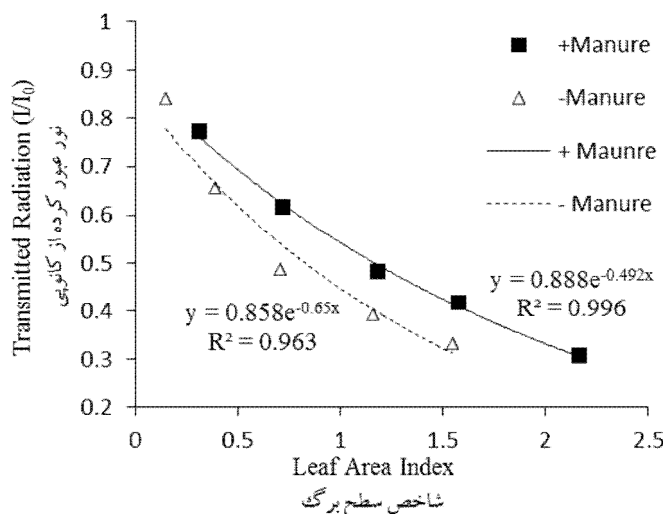
بر اساس نتایج آزمایش، اثر کاربرد ترکیبی این سه کود زیستی از لحاظ میزان تأثیر بر جذب تشعشع توسط گیاه، نسبت به اثرات کود شیمیایی اوره و دیگر تیمارهای آزمایشی برتری داشت.

البته در تیمارهای توأم با کاربرد کود گاوی، شاخص سطح برگ در روزهای اولیه رشد گیاه نسبت به تیمارهای عدم کاربرد کود گاوی زودتر وارد مرحله رشد خطی شده که احتمالاً باعث بسته شدن سریع‌تر کانوپی و افزایش میزان جذب نور می‌شود. به طور کلی با مقایسه دو قسمت شکل ۱ مشاهده می‌شود که کاربرد کود دامی باعث افزایش شاخص سطح برگ بین ۳/۳ درصد (در تیمار نیتروکسین) تا ۲۲/۵ درصد (در تیمار بیوسولفور) در مرحله پیشینگی آن نسبت به تیمارهای عدم کاربرد کود گاوی گردید.

بیشترین میزان شاخص سطح برگ به ترتیب در تیمارهای کاربرد همزمان سه کود بیولوژیک + کود گاوی (۲/۴۹) و کود شیمیایی + کود گاوی (۲/۳۷) مشاهده شد. البته در کرت‌هایی که کود گاوی در آن‌ها به کار نرفته است، تیمار کود شیمیایی نسبت به تیمار ترکیب سه کود زیستی دارای برتری نسبی بود. گزارش شده است که افزایش کاربرد کود نیتروژن به‌صورت معنی‌داری باعث افزایش شاخص سطح برگ در گیاه کلزا شده است (Karimian *et al.*, 2009).

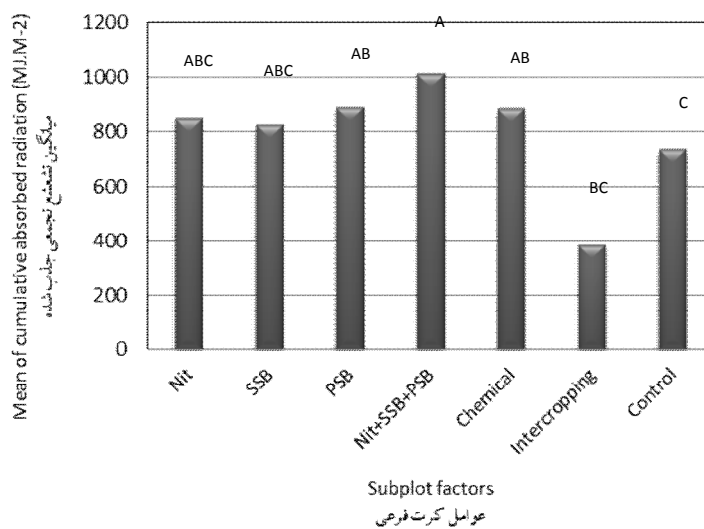
ضریب استهلاک نور (K)

تیمارهای آزمایشی باعث ایجاد تغییراتی در ضریب استهلاک نوری گیاه دارویی پنیرک گردید به صورتی که کمترین میزان K در نتیجه تیمار ترکیب سه کود زیستی نیتروکسین، بیوسولفور و بیوسفرفر + کود دامی ($R^2=0/98$ ، $K=0/47$) و بیشترین مقدار آن در



شکل ۲- نسبت نور عبور کرده از کانوپی به شاخص سطح برگ پنیرک در تیمارهای کاربرد کود دامی (+Manure) و عدم کاربرد آن (-Manure) (هر نقطه میانگین ۷ تیمار بوده و شیب منحنی‌ها برابر با ضریب استهلاک نوری است).

Figure 2- Proportion of transmitted light through the canopy related to Leaf Area Index (Each point is the mean of 7 treats and the curve slope represents the light extinction coefficient).



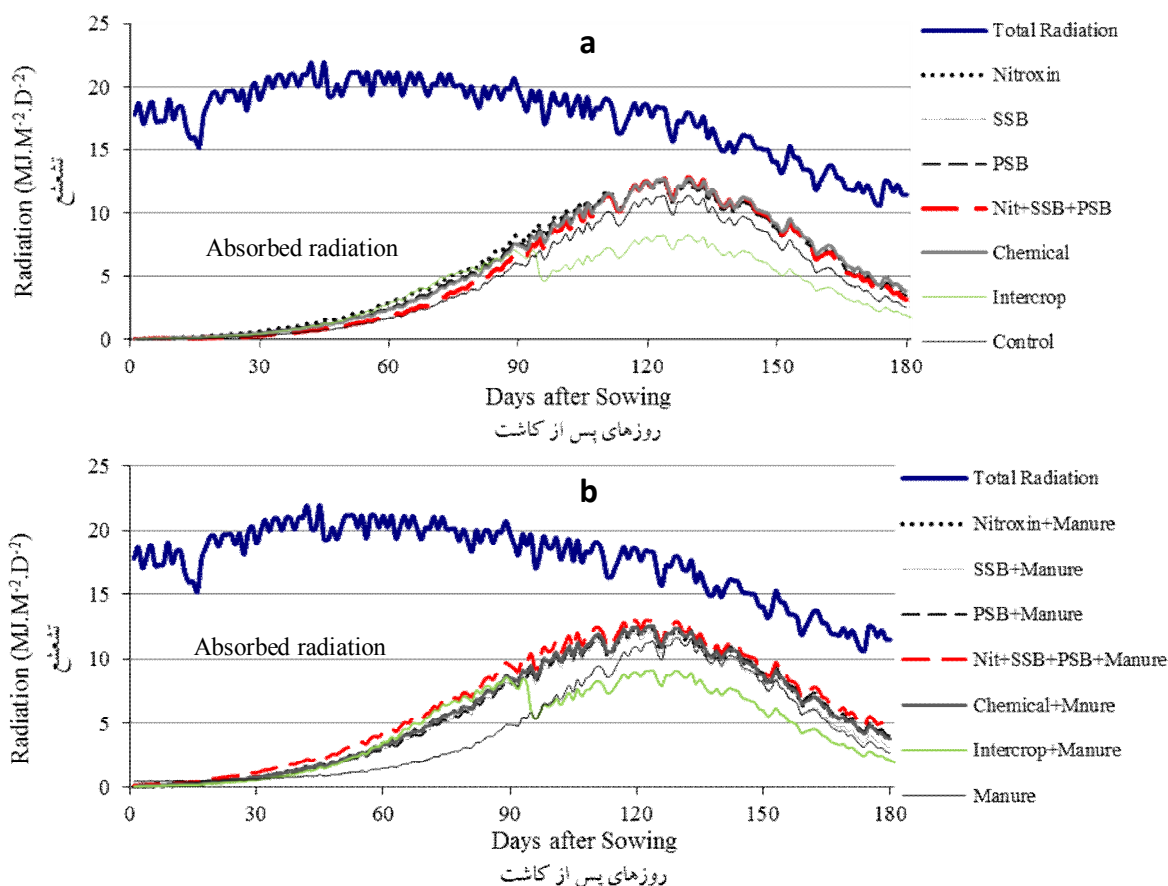
شکل ۳- اثر کاربرد و عدم کاربرد کود گاوی و تلقیح با کودهای بیولوژیک، کاربرد کود شیمیایی و کشت مخلوط بر تشعشع تجمعی جذب شده در انتهای فصل رشد در گیاه پنیرک (میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک، از نظر آماری با استفاده از آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد، با یکدیگر تفاوت معنی‌دار ندارند) (+Manure و -Manure به ترتیب کاربرد و عدم کاربرد کود گاوی، Nitroxin= کود زیستی نیتروکسین، SSB= کود زیستی بیوسولفور، PSB= کود زیستی بیوسففر، Chemical= کود شیمیایی اوره، Intercropping= کشت مخلوط پنیرک با شنبليله و Control= شاهد).

Figure 3- The effect of main and sub plot levels on cumulative absorbed radiation at the end of the growing season of common mallow (Means that do not share a letter are significantly different with %95) (+Manure & -Manure = application and no application of cattle manure respectively, Nitroxin = Nitroxin biofertilizer, SSB = Sulfurous solubilizing bacteria, PSB = Phosphorus solubilizing bacteria, Chemical = Urea chemical fertilizer, Intercrop = Intercropping with Fenugreek).

(Kamilova, 2009).

در مجموع همان‌طور که در شکل ۴ قسمت b مشاهده می‌شود، در گیاهان تحت تیمارهای توأم با کود دامی نسبت به گیاهان تحت تیمارهای فاقد کود دامی، به‌خصوص در یک‌صد روز اولیه رشد، تشعشع بیشتری جذب‌شده است که احتمالاً بالاتر بودن سرعت رشد گیاه و توسعه برگ‌ها دلیل اصلی آن بود.

در تیمار ترکیبی سه کود زیستی + کود گاوی، میزان تشعشع جذب‌شده بیشتر از تیمار کود شیمیایی اوره بود (شکل ۴-b) که شاید دلیل آن را بتوان به اثرات هم‌افزایی و متقابل کاربرد هم‌زمان کودهای بیولوژیک با کودهای آلی نسبت داد. وجود مواد آلی، شرط لازم برای فعالیت میکروارگانیسم‌ها در خاک است و مطالعات متعدد تأثیر مثبت کاربرد هم‌زمان کودهای آلی و زیستی را تأیید کرده‌اند (Jahan, and Nassiri Mahallati, 2012; Seyyedi, and) Rezvani Moghaddam, 2011; Lugtenberg, and



شکل ۴- میزان تشعشع کل و تشعشع جذب‌شده (I_{abs}) توسط پنیرک تحت تأثیر منابع مختلف کودی و کشت مخلوط بدون کاربرد کود دامی (A)، منابع مختلف کودی و کشت مخلوط + کاربرد کود گاوی (B).

Figure 4- The amount of total and absorbed radiation (I_{abs}) by Common Mallow affected by different sources of fertilizers and intercropping without application of cow manure (A), different sources of fertilizer + application of cattle manure (B).

در بیشترین حد خود بود، اما پس‌از این مرحله که گیاه لگوم رو به زردی رفته و در نهایت برداشت شد، میزان تشعشع جذب‌شده در گیاهان تحت تأثیر این تیمارها به شدت کاهش یافت. از این رو و با

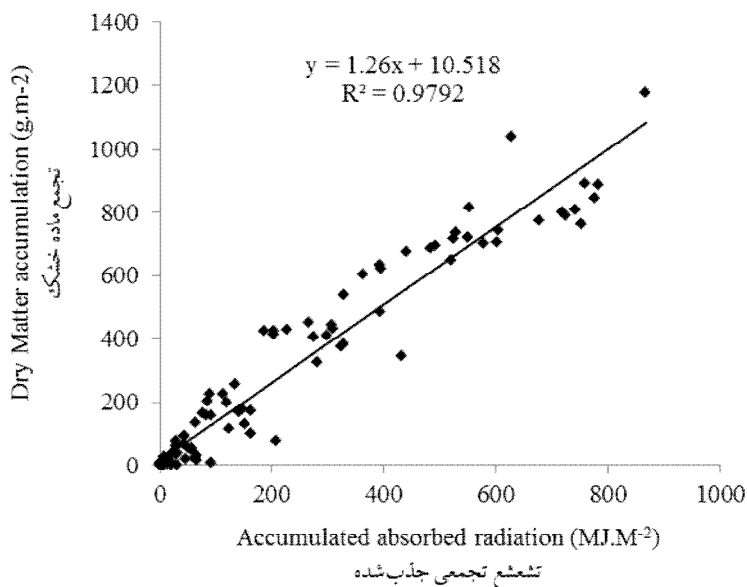
همچنین مشاهده می‌شود که در تیمار کشت مخلوط پنیرک با شنبلیله، تا نود روز پس از کاشت که شنبلیله به مرحله رسیدگی رسیده، میزان تشعشع جذب‌شده توسط پنیرک، نسبت به دیگر تیمارها

پنیرک ارتباط خطی با تشعشع تجمعی جذب شده (I_{abs}) داشت و در همه موارد ضریب همبستگی بیش از ۰/۹ بود (شکل ۶). شیب این خط بیانگر کارایی مصرف نور است که مقدار میانگین آن در تمام تیمارهای آزمایش برابر با ۱/۲۶ گرم بر مگاژول است (شکل ۵). سینکلیر و ماشو (Sinclair and Muchow, 1999) در مطالعه مروری خود میانگین حداکثر کارایی مصرف نور برای گیاهان چهارکربنه نیشکر، ذرت و سورگوم را به ترتیب ۰/۲، ۱/۷ و ۱/۴ گرم بر مگاژول و برای گیاهان سه کربنه سیب زمینی، آفتابگردان، برنج و جو به ترتیب ۱/۷، ۱/۵۶، ۱/۴۶، ۱/۳۹ و ۱/۳ گزارش کردند. البته مطالعات مختلف نشان می‌دهد که کارایی مصرف نور ممکن است تحت تأثیر عواملی نظیر ترکیب بیوشیمیایی دانه در مرحله پر شدن آن، انتقال مجدد نیتروژن، ژنوتیپ گیاهی، شرایط اقلیمی و محیطی، مدیریت زراعی، مرحله توسعه گیاه و سن اندام‌های گیاهی مانند ریشه و برگ که تمام آن‌ها بر ظرفیت فتوسنتزی گیاه اثرگذار هستند، قرار گیرد (Soltani, and Hoogenboom, 2007; Parsa *et al.*, 2007). به‌طور کلی، اختلاف‌ها در کارایی مصرف نور در گیاهان دارویی می‌تواند از تفاوت در تخصیص مواد بین ریشه و اندام هوایی و یا تفاوت در جذب تشعشع ناشی شود (Ameri, and Nassiri, 2008; Mahallati, 2008).

توجه به این که پنیرک گیاهی با فصل رشد طولانی است، شاید بتوان به‌وسیله کشت مخلوط آن با گیاه لگومی با طول فصل رشد بیشتر، روند جذب بالای نور را تا اواخر فصل رشد تداوم بخشیده و به میزان تولید ماده خشک بالایی دست پیدا کرد. بالا بودن میزان جذب نور در کشت مخلوط در مطالعات متعدد دیگری نیز گزارش شده است (Keating, and Carberry, 1993; Tsubo, and Walker, 2002) که توزیع بهینه نور در داخل کانوپی (Alizadeh *et al.*, 2010) و نیز تأثیر مثبت نیتروژن تثبیت شده توسط گیاه لگوم از مهم‌ترین دلایل آن بیان شده است (Bown, 1995). تولید ماده خشک در گیاه وابسته به کارایی مصرف نور (RUE , $g.MJ^{-1}$) و میزان تشعشع جذب شده (I_{abs} , $MJ.m^{-2}.day^{-1}$) است و جذب تشعشع نیز تابعی از میزان کل تشعشع برخورد کرده به کانوپی (Parsa *et al.*, 2007) و سطح برگ آن است. از طرفی، نیتروژن یکی از عناصری است که تأثیر بارزی 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).

کارایی مصرف نور

نتایج آزمایش نشان داد که در تمام تیمارها، تجمع ماده خشک

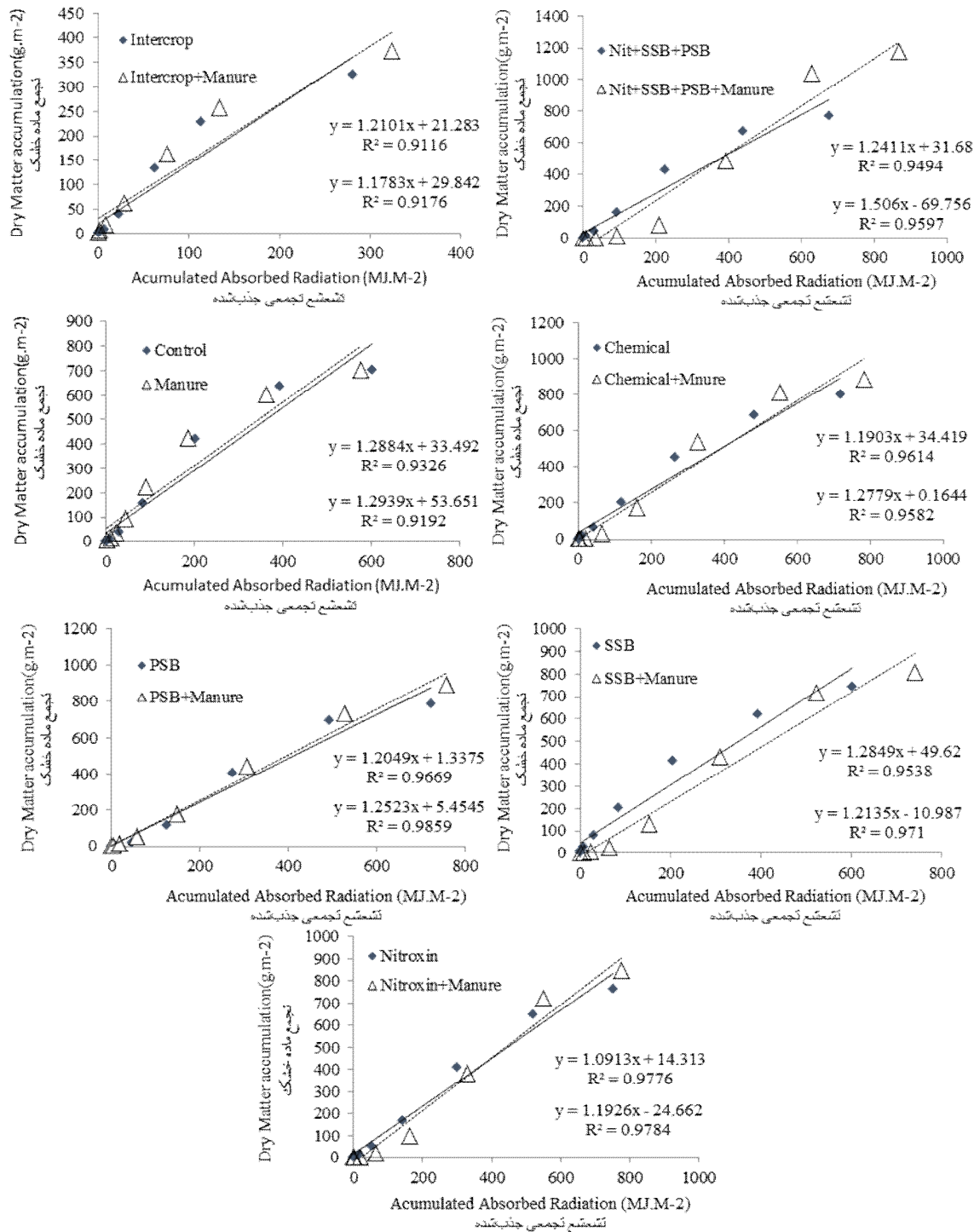


شکل ۵- تجمع ماده خشک در پنیرک به‌عنوان تابعی از تشعشع تجمعی جذب‌شده (شیب خط رگرسیون برابر با کارایی مصرف نور است).
Figure 5- Common Mallow dry matter accumulation as a function of accumulated absorbed radiation (The slope of the regression line indicates radiation use efficiency).

+ بیوسففر) + کود گاوی با مقدار ۱/۵ گرم بر مگاژول، بیشترین و در تیمار کود زیستی نیتروکسین با مقدار ۱/۰۹ گرم بر مگاژول کمترین مقدار را به خود اختصاص داد که البته تفاوت بین این مقادیر معنی‌دار

در پژوهش حاضر نیز تیمارهای مختلف، باعث ایجاد نوساناتی در کارایی مصرف نور گیاه دارویی پنیرک شد به صورتی که کارایی مصرف نور در تیمار ترکیبی سه کود زیستی (نیتروکسین + بیوسولفور

نبود.



شکل ۶- تجمع ماده خشک در پنبیرک به‌عنوان تابعی از تشعشع تجمعی جذب‌شده تحت تأثیر تیمارهای مختلف (شیب خط رگرسیونی برابر با کارایی مصرف نور است).

Figure 6- Common Mallow dry matter accumulation as a function of accumulated absorbed radiation as affected by different treats (The slope of the regression line indicates radiation use efficiency).

شاخص سطح برگ (شکل ۱) و کاهش ضریب استهلاک نور (K) در تیمارهای آزمایش گردید (شکل ۲) و تیمار ترکیب سه کود زیستی نیتروکسین، بیوسولفور و بیوفسفر + کود دامی دارای بیشترین مقدار شاخص سطح برگ (۲/۴۹) و کمترین مقدار ضریب استهلاک نور ($R^2=0/98$, $K=0/47$) بود. همچنین در میان تیمارهای آزمایش، تیمار ترکیب این سه کود زیستی از لحاظ آماری تفاوت معنی‌داری (جدول ۳) از لحاظ میزان کل تشعشع تجمعی جذب شده در طول فصل رشد داشت و تیمارهای کود شیمیایی اوره و کود زیستی بیوفسفر در رده‌های بعدی قرار داشتند (شکل ۴)؛ بنابراین تیمار ترکیب سه کود زیستی نیتروکسین، بیوسولفور و بیوفسفر + کود گاوی، احتمالاً از راه تأثیر بر هندسه فضایی کانوبی گیاه دارویی پنیرک و به دنبال آن افزایش میزان جذب تشعشع، در نهایت منجر به دستیابی به بالاترین میزان کارایی مصرف نور در میان تیمارهای آزمایش شد. از این رو و با توجه به هدف آزمایش که مقایسه نهاده‌های بوم‌سازگار برای جایگزینی با کودهای شیمیایی بود، به نظر می‌رسد که ترکیب این سه کود زیستی توأم با کاربرد کود گاوی، توانایی رقابت با کود شیمیایی اوره از لحاظ شاخص‌های مکانیستیک آنالیز رشد گیاه نظیر جذب تشعشع و کارایی مصرف نور را دارا است (شکل‌های ۴ و ۶). همچنین تیمار کشت مخلوط پنیرک با شنبليله نیز تا زمانی که دوره رشد هر دو گیاه دارای هم‌پوشانی بود (یک‌صد روز پس از کاشت)، از لحاظ شاخص‌های نوری مورد بررسی، نسبت به دیگر تیمارها برتری‌هایی را نشان داد که توصیه می‌شود ترکیب‌های مختلف کشت مخلوط پنیرک با دیگر گیاهان هم مورد آزمایش قرار گیرد. با توجه به اهمیتی که ضریب استهلاک نور (K) و کارایی مصرف نور (RUE) در مباحثی مانند مدل‌سازی رشد گیاهان دارد، توصیه می‌شود که این پارامترها در شرایط مختلف مدیریتی و اقلیمی مورد ارزیابی قرار گیرند.

به نظر می‌رسد که ترکیب همزمان سه کود زیستی با کود دامی، بستر لازم برای رشد و همبازی ریزوباکتری‌های موجود در این کودها با پنیرک را فراهم کرده و در نهایت مزایای استفاده از این کودها شامل تثبیت بیولوژیکی نیتروژن، ترشحات هورمونی و اسیدی آلی و آزادسازی گوگرد و فسفر از منابع غیرقابل‌دسترس گیاه (Jahan et al., 2013) باعث بالا رفتن میزان کارایی مصرف نور در گیاه پنیرک شد. از طرفی در شکل ۶ مشاهده می‌شود که مقدار کارایی مصرف نور نیز همانند میزان تشعشع جذب‌شده، در تیمارهایی که در آن‌ها کود دامی به کاررفته است بیشتر از تیمارهای فاقد کود دامی است که این ممکن است به دلیل بسته شدن سریع‌تر کانوبی در اثر این تیمارها باشد. با بسته شدن کانوبی، ظرفیت فتوسنتزی و کارایی مصرف نور افزایش یافته و هر چه طول دوره بسته شدن کانوبی تا زمان برداشت طولانی‌تر باشد، عملکرد ماده خشک و کارایی مصرف آب نیز افزایش خواهد یافت (Rinaldi, and Vonella, 2006).

بر خلاف نتایج این آزمایش، افزایش کارایی مصرف نور در کشت مخلوط، به خصوص کشت مخلوط ردیفی، توسط بسیاری از محققان گزارش شده است (Keating, and Carberry, 1993; Tsubo, and Walker, 2002; Willey, 1990) که شاید دلیل این موضوع همان‌طور که در مورد میزان جذب تشعشع گفته شد، اختلاط دوره رشدی گیاه لگوم با گیاه اصلی در ۳۰ درصد دوره رشد باشد (شکل ۳)، از این رو ترکیب پنیرک با شنبليله نتوانست بر کارایی مصرف نور این گیاه اثر معنی‌داری داشته باشد.

نتیجه‌گیری

میانگین کارایی مصرف نور در گیاه دارویی پنیرک، تحت تأثیر تیمارهای مختلف این آزمایش معادل با ۱/۲۶ گرم با مگاژول ($R^2=0/98$) برآورد شد (شکل ۵). کاربرد کود دامی باعث افزایش

References

- 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 (in Persian with English abstract).
- Ameri, A. A., and Nassiri Mahallati, M. 2008. Effects of nitrogen application and plant densities on flower yield, essential oils, and radiation use efficiency of Marigold (*Calendula officinalis* L.). *Pajouhesh & Sazandegi* 81: 133-144. (in Persian with English abstract).
- Barikbin, B, Maarefat, A., Rahgoshai, R., Moravvej, H., Mohtasham, N., and Yousefi, M. 2010. *Malva Sylvestris* in the treatment of hand eczema. *Iranian Journal of Dermatology* 13: 131-134.
- Bown, D. 1995. *Encyclopedia of herbs and their uses*. Dorling Kindersley, New York.
- Caviglia, O. P. and Sadras, V. O. 2001. Effect of nitrogen supply on crop conductance, water and radiation-use efficiency of wheat. *Fields Crop Research* 69: 259-266.
- Evans. L.T. 1978. *Crop Physiology*. Cambridge University Press.
- Farooqi, A.A., and Sreeram, B. 2001. *Cultivation of medicinal and aromatic crops*. Universities Press.

8. Francescangeli, N., Sangiacomo, M. A., and Marti, H. 2006. Effects of plant density in broccoli on yield and radiation use efficiency. *Scientia Horticulturae* 110: 135-143.
9. Ghasemi Pirbalouti, A., Yousefi, M., Nazari, H., Karimi, I., and Koohpayeh, A. 2009. Evaluation of Burn Healing Properties of *Arnebia euchroma* and *Malva sylvestris*. *Electronic Journal of Biology* 5 (3): 62-66.
10. Gliessman, S. R. 1998. *Agroecology: Ecological Processes in Sustainable Agriculture*. Ann Arbor Press, Chelsea, MI.
11. Hughes, G., Keatinge, J. D. H., Cooper, P. J. M., and Dee, N. F. 1987. Solar radiation interception and utilization by chickpea (*Cicer arietinum* L.) crops in northern Syria. *Journal of Agricultural Science, Cambridge* 108:419-424
12. IUCN. 1993. *Guideline on the conservation of medicinal plants*.
13. Jahan, M., Koocheki, A. R., Tahami, M. K., Amiri, M. B., and Nassiri Mahallati, M. 2012. The effects of simultaneous application of different organic and biological fertilizers on quantitative and qualitative characteristics of *Cucurbita pepo* L. *Journal of Life Science* 6: 1145-1149.
14. Jahan, M., Nassiri Mahallati, M., Amiri, M. B., and Ehyayi, H. R. 2013. Radiation absorption and use efficiency of sesame as affected by biofertilizers inoculation in a low input cropping system. *Industrial Crops and Products* 43: 606- 611.
15. Jahan, M., and Nassiri Mahallati, M. 2012. *Soil Fertility and Biofertilizers: An Agroecological approach*. Ferdowsi University Press. 250 pp. ISBN: 978-964-385-277-0
16. Johnson, W. C., and William, O. W. 2002. Warfarin toxicity. *Journal of Vascular Surgery* 35: 413-421.
17. Karimian, M., Koocheki, A., and Nassiri Mahallati, M. 2009. Influence of nitrogen and plant density on light absorption and radiation use efficiency in two spring rapeseed cultivars. *Iranian Field Crops Research* 7 (1): 163-172.
18. Keating, B.A., and Carberry, P.S. 1993. Resource capture and use in intercropping: solar radiation. *Field Crops Research* 34: 273-301.
19. Koocheki, A., Nassiri Mahallati, M., Mondani, F., Feizi, H., and Amirmoradi, S. 2008. Evaluation of radiation interception and use efficiency by maize and bean intercropping canopy. *Agroecology* 1: 23-31. (in Persian with English abstract).
20. Koocheki, A. R., Khorramdel, S., Fallahpour, F., and Mellati, F. 2014. The evaluation of radiation absorption and use efficiency of row intercropping of wheat and soybean. *Iranian Journal of Field Crops Research* 11 (4): 533-542 (in Persian with English abstract).
21. Koocheki, A. R., and Sarmadnia, G. H. 1999. *Physiology of crop plants*. Jahad Daneshgahi of Mashhad publication, Mashhad, Iran. (in Persian).
22. Lugtenberg, B., and Kamilova, F. 2009. Plant growth promoting rhizobacteria. *Annual Review of Microbiology* 63: 541-556.
23. Malik, A. A., Suriapani, S., and Ahmad, J. 2011. Chemical vs. organic cultivation of medicinal and aromatic plants: the choice is clear. *International Journal of Medicinal and Aromatic Plants* 1 (1): 5-13.
24. Monteith, J. L. 1977. Climate and the efficiency of crop production in Britain. *Philosophical Transactions of the Royal Society B* 281: 277-294.
25. Nassiri Mahallati, M. 2000. *Modelling of Crops Growth Processes*. Jahad Daneshgahi, Mashhad, Iran. (in Persian).
26. Parsa, S., Koocheki, A. R., Nassiri Mahallati, M., and Ghaemi, A. R. 2007. Seasonal variations of radiation absorption and use efficiency of sugar beet. *Iranian Field Crops Research* 5 (2): 229-238. (in Persian without English abstract).
27. Qazi, M. A., Akram, M., Ahmad, N., Artiola, J., and Tuller, M. 2009. Economic and environmental implication of solid waste compost application to agricultural fields in Punjab, Pakistan. *Waste management* 29 (9): 2437-2445.
28. Rinaldi, M., and Vonella, A. V. 2006. The response of autumn and spring sown sugar beet (*Beta vulgaris* L.) to irrigation in southern Italy: water and radiation use efficiency. *Field Crops Research* 95:103-114.
29. Rosati, A., Metcalf, S. G., and Lampinen, B. D. 2004. A simple method to estimate photosynthetic radiation use efficiency of canopies. *Annals of Botany* 93: 567-574.
30. Seyyedi, S. M., and Rezvani Moghaddam, P. 2011. The Evaluation of yield, yield components and Nitrogen use efficiency with using mushroom compost, biofertilizer and urea in wheat. *Journal of Agroecology* 3 (3): 309-319. (in Persian with English abstract).
31. Sinclair, T. R., and Muchow, R. C. 1999. Radiation use efficiency. *Advances in agronomy* 65: 215-265.
32. Sleiman, N. H. 2006. The effect of *Malva sylvestris* on inflammation, gastric damage, lipemia, glycaemia and microbial growth. M.Sc. thesis, Molecular biology department, Lebanese American University.
33. Soltani, A., and Hoogenboom, G. 2007. Assessing crop management options with crop simulation models based on generated weather data. *Field Crops Research* 103: 198-207.
34. Tabaraki, R., Yosefi, Z., and Asadi Gharne, H. A. 2012. Chemical Composition and Antioxidant Properties of Medicinal Plant *Malvasylvestris* L. *Journal of Research in Agricultural Science* 8: 59-68.
35. Tsubo, M., and Walker, S. 2002. A model of radiation interception and use by a maize/bean intercrop canopy. *Agricultural and Forest Meteorology* 110:203-215.

36. UNESCO. 1998. Promotion of ethnobotany and the sustainable use of plant resources in Africa. FIT/504-RAF-48 Terminal report, Paris.
37. WHO. 2002. WHO traditional medicine strategy 2002-2005. Geneva, Available at website http://www.who.int/medicines/library/trm/trm_strat_eng.
38. Willey, R.W. 1990. Resource use in intercropping systems. *Agricultural Water Management* 17: 215–231.
39. Yunusa, I.A.M., Siddique, K. H. M., Belford, R. K., and Karimi, M. M. 1993. Effect of canopy structure on efficiency of radiation interception and use in spring wheat cultivars during the preanthesis period in a Mediterranean-type environment. *Field Crops Research* 35:113-122
40. Zhang, F., and Li, L. 2003. Using competitive and facilitative interaction in intercropping systems enhances crops productivity and nutrient-use efficiency. *Plant and Soil* 248: 305-312.

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*)

S. A. R. Razavi¹- M. Jahan^{2*}- M. Nassiri Mahallati³- K. Hajmohammad nia Ghalibaf⁴

Received: 26-06-2015

Accepted: 07-02-2016

Introduction

Over one billion people, mostly in developing countries, use medicinal plants for the whole life or some part of it or at least prefer them to the synthetic drugs. According to a study of World Bank, trade in medicinal plants will have a share of over 5\$ trillion in global trade in 2050. Growing population during last century and the demand for harvesting medicinal plants from natural areas, particularly those which commonly used, endangered these species with the risk of extinction. Common Mallow (*Malva sylvestris* L.) is a medicinal plant commonly used as a natural remedy and other industries e.g. cosmetic industry. On the other hand, negative impacts of synthetic agricultural inputs on human health, the need for producing healthy commodities, replacing chemical agricultural inputs with some environmental friendly ones, and paying attention to new concepts like sustainability, lead agroecologists to introduce ecologically alternatives to farmers, in order to be replaced with chemical fertilizers. Using Plant growth Promoting Rhizobacteria (PGPR) and fungi symbiotic with many vascular plants, is one of these alternatives. Mechanistic crop growth analysis including radiation absorption and use efficiency was compiled in agricultural researches from 1950, farther than classical analysis. Thus, the goal of this experiment is to evaluate radiation absorption and use efficiency of Common Mallow under the effect of different sources of biological, chemical and organic fertilizers and intercropping with Fenugreek (*Trigonella foenum-graecum*).

Materials and Methods

The experiment was conducted as a split plot design based on RCBD with three replications at the research farm of Ferdowsi University of Mashhad during the growing season of 2013. The main plot factor had two levels: 1-application of cattle manure and 2-no application of cattle manure, and the sub plot factor had seven levels as: 1- Nitroxin®, 2-Sulphur solubilizing bacteria (SSB) 3-Phosphate solubilizing bacteria (PSB), 4-Nitroxin + SSB + PSB, 5- Chemical fertilizer, 6-Row intercropping with Fenugreek, and 7- Control. Inoculation of seeds with biofertilizers done in standard situation recommended by their producers and the CFU of all biofertilizers were more than 10^8 . On 25 of March, 25 ton.ha⁻¹ of cattle manure distributed by hand in needed plots. The sowing operation was done on March 30. The total area of a plot was 12 square meters and the distance between and on the rows were 50 and 20 cm, respectively. Leaf area index, dry matter and the radiation above, and transmitted through, the canopy measured each 14 days (with a Linear Septometer, SunScan, Delta T Co., UK). Then the total radiation absorption for each plot was calculated by the relevant equations. Finally, radiation use efficiency is estimated with measuring the slope of the regression line between cumulative absorbed radiation and dry matter of the plant.

Results and Discussion

The results showed that application of cattle manure increased LAI, particularly in the early stages of Common Mallow growth, and the highest level of LAI was on the treatment of “Nitroxin + SSB + PSB + Cattle manure” and “Chemical fertilizer + cattle manure” with 2.49 and 2.37, respectively. This is while, in the absence of cattle manure, chemical fertilizer had more effect on increasing LAI compared to the biofertilizers. Application of cattle manure also reduced the light extinction coefficient (K) of the plant, while “Nitroxin + SSB + PSB + Cattle manure” treatment had the least K value ($K=0.47$, $R^2=0.98$). ANOVA results showed all experimental treatments had a significant effect ($P \leq 0.001$) on the cumulative absorbed radiation of Mallow during the growing season. The most accumulated absorbed radiation occurred under Nitroxin + SSB + PSB treatment (by mean of 986.6 MJ.m⁻²), while application and no-application of cattle manure had no significant

1, 2, 3 and 4- Ph.D. Student, Associate Professor, Professor and Assistant professor Respectively, Department of Agronomy and Plants Breeding, Ferdowsi University of Mashhad
(*- Corresponding Author Email: jahan@um.ac.ir)

effect on radiation absorption. The total calculated mean of RUE was 1.26 g.MJ^{-1} . Nitroxin inoculation resulted in the least RUE (1.09 g.MJ^{-1}) and Nitroxin + SSB + PSB inoculation plus cattle manure application had the highest RUE (1.5 g.MJ^{-1}).

Conclusions

Generally, according to the goals of the experiment which were comparing some ecological inputs with chemical fertilizer from the point of mechanistic crop growth analysis factors such as radiation absorption and RUE, it seems that mixture of the three biological fertilizers of Nitroxin + SSB + PSB plus application of cattle manure can compete with chemical nitrogen fertilizer in such factors.

Keywords: Azospirillum, Azotobacter, Cattle manure, Light extinction coefficient, Pseudomonas