فشرده سازی بوم شناختی از طریق افزایش کارایی مصرف نور در بوم نظام زراعی کم‌نهاده تولید شنبلیله

محمد کاظمی[۱]، سیده ملیحه میرهاشمی[۲*]، فاطمه حسن زاده اول[۲] و محمد بنایان[۲]

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۳/۱/۲۲ ؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۳/۱۰/۹)

چکیده

در فشرده سازی بوم شناختی یا پایدار، افزایش میزان تولیدات کشاورزی همراه با بهبود خدمات بوم نظام، از طریق افزایش کارایی استفاده از منابع و نهاده‌ها امکان‌پذیر است. بر این اساس به‌منظور بررسی تاثیر مقادیر مختلف کود گاوی بر میزان جذب و کارایی مصرف نور شنبلیله در شرایط آب و هوایی مشهد، آزمایشی در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار و چهار تیمار در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد اجرا شد. تیمارها در چهار سطح ۱۵، ۲۰، ۲۵ و۳۰ تن در هکتار کود گاوی طراحی شدند. نتایج نشان داد که طول فصل رشد گیاه شنبلیله با تشعشع رسیده به‌سطح جامعه گیاهی هم‌خوانی داشت، به‌طوری‌که زمان رسیدن به حداکثر شاخص سطح برگ شنبلیله با زمان برخورد حداکثر میزان تشعشع به‌سطح کانوپی، یکسان بود. کمترین شاخص سطح برگ (۰/۲۲) و کارایی مصرف نور (۱/۴۲ گرم بر مگاژول) مربوط به تیمار ۱۵ تن کود گاوی و بیشترین شاخص سطح برگ (۰/۳۰) و کارایی مصرف نور (۱/۷۴ گرم بر مگاژول) مربوط به تیمار ۲۵ تن کود گاوی بود. نتایج این پژوهش نشان داد که افزایش کود گاوی سبب افزایش شاخص سطح برگ و به‌دنبال آن افزایش کارایی مصرف نور شد، اما این برتری فقط تا سطوح مشخصی از کود گاوی (۲۵ تن در هکتار) دیده شد. براین اساس در بوم نظام زراعی کم نهاده تولید شنبلیله می‌توان بدون نیاز به استفاده از مقادیر زیادتر کود، از بهبود کارایی نور به‌عنوان یک شاخص مناسب برای تحقق فشرده‌سازی پایدار استفاده نمود.

واژه‌های کلیدی: تشعشع، جذب نور، شاخص سطح برگ، کود گاوی

۱. مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی خراسان رضوی، مشهد
۲. گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد
* : مسئول مکاتبات، پست الکترونیکی: bi_mi714@stu.um.ac.ir

[Downloaded from ijae.iut.ac.ir on 2026-06-21]

[DOR: 20.1001.1.24763128.1393.3.10.6.0]

مقدمه

امروزه تغذیه گیاهان زراعی بر مبنای تغذیه خاک و سلامت آن، یکی از عملیات کشاورزی مورد نیاز برای دستیابی به اهداف بوم نظام‌های کشاورزی پایدار محسوب می‌شود (۳۰). بر این اساس یکی از مراحل گذر از کشاورزی رایج به پایدار، جانشینی نهاده‌ها و عملیات رایج با عملیات قابل جایگزینی است که اثرات نامطلوب کمتری بر محیط دارند (۱۴). کاهش اثرات نامطلوب استفاده از کودهای شیمیایی از طریق جایگزینی آنها با کودهای زیستی از جمله این موارد به‌شمار می‌آید.

به‌طور کلی در بوم نظام‌های پایدار، کودهای آلی به‌عنوان جایگزین طبیعی برای کودهای شیمیایی از نقش مثبت و غیرقابل انکاری در مدیریت پایدار خاک و در نهایت پایداری کل بوم نظام برخوردارند (۴). کاهش میزان مصرف نهاده‌های شیمیایی و جایگزینی آن با کودهای دامی از جمله کود گاوی علاوه بر آنکه نقش مثبتی در مدیریت پایدار بوم نظام‌های زراعی دارد، به‌عنوان روشی برای فشرده سازی مبتنی بر اصول بوم شناختی مطرح شده است (۱۰ و ۳۰) که علاوه بر آن در سیستم‌های تولید گیاهان دارویی موجب رضایتمندی بیشتر مصرف کنندگان و تمایل بیشتر آنان به خرید این محصولات نیز خواهد شد (۲۸، ۳۷ و ۴۲).

فشرده سازی پایدار امروزه به‌عنوان شیوه‌ای از تولید مطرح است که در آن عملکرد محصول، بدون اثرات زیست محیطی منفی و بدون کشت اراضی جدید، بهبود می‌یابد (۲۵). به‌عبارت دیگر فشرده سازی پایدار به‌معنای افزایش یا حفظ میزان تولید، همراه با کاهش نهاده‌ها، و بهبود خدمات بوم نظام مطرح شده است (۲۰). سازمان غذا و کشاورزی (۲۴) نیز اخیراً فشرده سازی اکولوژیکی یا فشرده سازی پایدار را در مجموعه کشاورزی ارگانیک به عنوان"افزایش تولید اولیه در واحد سطح بدون به خطر انداختن توانایی سیستم برای حفظ ظرفیت تولیدی خود" تعریف کرده است. بر این اساس افزایش کارایی استفاده از نهاده‌ها به‌عنوان یکی از اهداف مورد توجه در بوم نظام‌های کشاورزی پایدار مورد توجه قرار گرفته است (۱۰ و ۳۰).

شنبلیله یکی از بقولات یکساله است که در بیشتر نواحی دنیا به‌عنوان گیاه دارویی مصرف می‌شود (۱۹، ۳۴ و ۴۱). این گیاه بومی منطقه وسیعی از ایران تا شمال هند است امّا به‌تازگی به‌طور گسترده در چین، آفریقا، اکراین و یونان نیز کشت می‌شود (۱۶ و ۴۱). بخش‌های مختلف گیاه و ترکیبات آن، در افراد دیابتی میزان قند خون را کاهش داده و سطح کلسترول را نیز پایین می‌آورد. از شنبلیله به‌عنوان داروی ضد سرطان، ضد نفخ وضد میکروب نیز نام برده شده است (۱۶ و ۳۴). این گیاه به‌دلیل سازگاری بالا، یک‌ساله بودن و میزان پروتئین نسبتاً بالای ۱۶ تا ۱۸ درصدی (۲۹) به‌عنوان تنها گیاه دارویی برخوردار از توانایی تثبیت نیتروژن در تناوب با سایر گیاهان زراعی در بوم نظام‌های کشاورزی پایدار می‌تواند جایگاه ویژه‌ای داشته باشد (۲۹، ۳۳ و ۳۴).

رشد ونمو گیاهان به‌طور مستقیم و غیرمستقیم توسط تشعشع خورشیدی تحت تاثیر قرار می‌گیرد (۲۲ و ۳۱). تولید ماده خشک اغلب با تشعشع دریافت شده توسط گیاه همبستگی مثبتی دارد (۴۳). جذب تشعشع توسط گیاه خود تابعی از شاخص سطح برگ، ساختار پوشش گیاهی و کارایی مصرف نور می‌باشد (۲۲). کارآیی مصرف نور عبارت است از مقدار زیست توده تولید شده (گرم بر متر مربع) به ازاء هر واحد تشعشع جذب شده (مگاژول بر مترمربع) توسط گیاه که برحسب گرم بر مگاژول بیان می‌شود (۱۵ و ۳۶). کارایی مصرف نور تاکنون برای گیاهان زیادی اندازه‌گیری شده است. لیپیاتیبون و همکاران کارایی مصرف نور درکاساوا ۴/۴۲–۱/۰۹ گرم بر مگاژول و در برنج ۰/۶۶–۰/۵۸ گرم بر مگاژول گزارش کردند(۳۲). کارایی مصرف نور در ذرت برای سه رقم سینگل کراس ۷۰۴، ۳۰۱ و ۱۰۸ در مراحل مختلف رشد از ۳/۳۲۴–۱/۰۹۷ گرم بر مگاژول (۲) و در ارقام بهاره کلزا با اسامی Hayola401 , RGS003T و Pf7045.91 از ۲/۹۳–۱/۲۱۹ گرم بر مگاژول (۱) به‌دست آمد. کارایی مصرف نور کلزای رقم هایولا ۳۰۸ و آپشن ۵۰۰ به‌ترتیب ۲/۰۳۵۳ و ۱/۶۴۷۲ گرم بر مگاژول محاسبه شد (۱۱). در آزمایشی دیگر

[Downloaded from ijae.iut.ac.ir on 2026-06-21]

[DOR: 20.1001.1.24763128.1393.3.10.6.0]

کارآیی مصرف نور در بین ۱۳ رقم کلزای بهاره از سه گونه *Brassica napus*, *Brassica rapa* و *Brassica juncea* محاسبه و مقادیر آن از ۰/۴۴۸۷ تا ۱/۸۳۵۵ گرم بر مگاژول گزارش شد (۷). کارایی مصرف نور سایر گیاهان زراعی نظیر گندم زاگرس، تجن (۱۲)، چغندر قند درکشت بهاره و چغندر قند درکشت پاییزه (۳۸) نیز به‌ترتیب ۳/۰۹، ۳/۰۷، ۱/۱۴ و ۱/۰۰ گرم بر مگاژول گزارش شده است.

با این حال علی‌رغم اهمیت کارایی مصرف نور در مدیریت و تولید پایدار گیاهان مختلف، مقدار آن برای گیاه شنبلیله شناخته شده نیست. هم‌چنین تاکنون در منابع علمی به نقش افزایش کارایی استفاده از نور به‌عنوان روشی برای فشرده سازی پایدار در زراعت شنبلیله اشاره نشده است. بنابراین با توجه به کمبود اطلاعات در این خصوص، این تحقیق به‌منظور ارزیابی ضریب خاموشی و تعیین کارایی مصرف نور در گیاه شنبلیه در یک سیستم زراعی کم نهاده بر مبنای استفاده از کود گاوی طراحی و اجرا شد.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در مزرعه دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد، در زمینی با ارتفاع ۹۸۵ متر از سطح دریا با عرض جغرافیایی ۳۶ درجه و۱۶ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ۵۹ درجه و ۳۶ دقیقه شرقی اجرا شد. در این منطقه متوسط بارندگی سالیانه ۲۸۶ میلی‌متر و حداکثر و حداقل دمای مطلق سالانه به‌ترتیب ۴۲ و ۲۷/۸- درجه سانتی‌گراد گزارش شده است. قبل از کشت به‌منظور تعیین خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک از عمق ۲۰-۰ سانتی‌متری خاک نمونه برداری انجام شد. (جدول۱) بافت خاک مزرعه آزمایشی سیلتی لومی بود.

عملیات کاشت پس از آماده سازی زمین و انجام عملیات شخم و دیسک در نهم اردیبهشت ماه در کرت‌هایی به ابعاد ۲×۳ متر مربع انجام شد. هر کرت آزمایشی شش ردیف کاشت را با فاصله ۴۰ سانتی‌متر از یکدیگر شامل می‌شد و روی هر ردیف بوته‌های شنبلیله با فاصله پنج سانتی‌متر از هم کشت شد. آزمایش در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار و چهار تیمار اجرا گردید. تیمارها در چهار سطح ۱۵، ۲۰، ۲۵ و۳۰ تن در هکتار کود گاوی طراحی شدند. کود گاوی کاملا پوسیده پس از تجزیه و مشخص شدن برخی از عناصر موجود در آن (جدول۲) در اوایل اسفند ماه به هر کرت اضافه شد، سپس با رتیواتور تا عمق ۲۰ سانتی‌متری با خاک مخلوط شد. در مرحله ۴ برگی عملیات تنک و واکاری انجام شد و در طول دورهٔ رشد از هیچ نوع علف کش، آفت کش و یا قارچ کش استفاده نشد. آبیاری هر هفت روز یک بار به طریقهٔ نشتی و توسط سیفون انجام شد. به منظور اجتناب از مخلوط شدن آب کرت‌ها با یکدیگر، برای هر تکرار جوی آبیاری جداگانه‌ای درنظر گرفته شد.

از شش هفته پس از کاشت تا اوایل رسیدگی محصول، برای نمونه‌برداری به‌روش تخریبی، هر هفته چهار بوته به‌طور تصادفی به‌منظور اندازه‌گیری سطح برگ و وزن خشک برداشت شد. اندازه‌گیری سطح برگ با استفاده از دستگاه Leaf Area Meter (مدل Licor) انجام شد و برای اندازه‌گیری وزن خشک، نمونه‌ها در آون در دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۴۸ ساعت قرار داده شد.

به‌منظور برآورد مقادیر شاخص سطح برگ (LAI) روزانه از برازش معادله ۱ استفاده شد:

$$LAI = a + b * 4 * (\exp(-(x-c)/d)) / (1+\exp(-(x-c)/d))^2 \quad [1]$$

که در آن a عرض از مبداء، b حداکثر شاخص سطح برگ، c زمان رسیدن به حداکثر شاخص سطح برگ و d نقطه عطف منحنی است (در نقطه عطف منحنی، رشد سطح برگ وارد مرحله خطی می‌شود) و x زمان برحسب روز پس از کاشت می‌باشد.

براساس تعداد ساعات آفتابی استخراج شده از داده‌های ایستگاه هواشناسی مشهد، میزان تشعشع روزانه به‌روش ارائه شده توسط خودریان و وان لار (۲۷) محاسبه گردید. ضریب خاموشی نور براساس معادله ۲ محاسبه شد (۱۳ و ۴۴).

$$K = \min(1.143 \times LAI^{-0.5}) \quad [2]$$

نور جذب شده روزانه براساس معادله ۳ محاسبه شد:

$$I_a = I_0 (1-p)(1-\exp(-K \cdot LAI)) \quad [3]$$

[Downloaded from ijae.iut.ac.ir on 2026-06-21]

[DOR: 20.1001.1.24763128.1393.3.10.6.0]

جدول ۱: خصوصیات شیمیایی خاک

pH	EC (ds/m)	N (٪)	P (mg/kg)	K (mg/kg)	OC (٪)
۷/۷۴	۰/۹۶	۰/۰۴۲	۳۴/۸	۱۷۶	۰/۳۸

جدول ۲: خصوصیات شیمیایی کود گاوی

Ash (٪)	OM (٪)	C/N (٪)	P (٪)	N (٪)
٪۲۹	٪۷۱	۲۲/۹۱	۰/۲۵	۱/۷۸

که در آن Ia نور جذب شده توسط جامعه گیاهی (مگاژول بر متر مربع)، $I0$ نور رسیده به بالای کانوپی (مگاژول بر متر مربع)، P ضریب انعکاس است که برای شنبلیله ۰/۰۵ منظور شد، K ضریب خاموشی نور و LAI شاخص سطح برگ می‌باشد (۱۵). در نهایت کارایی مصرف نور از طریق محاسبه شیب خط رگرسیون بین ماده خشک و میزان تشعشع تجمعی محاسبه شد (۱۵).

نتایج و بحث

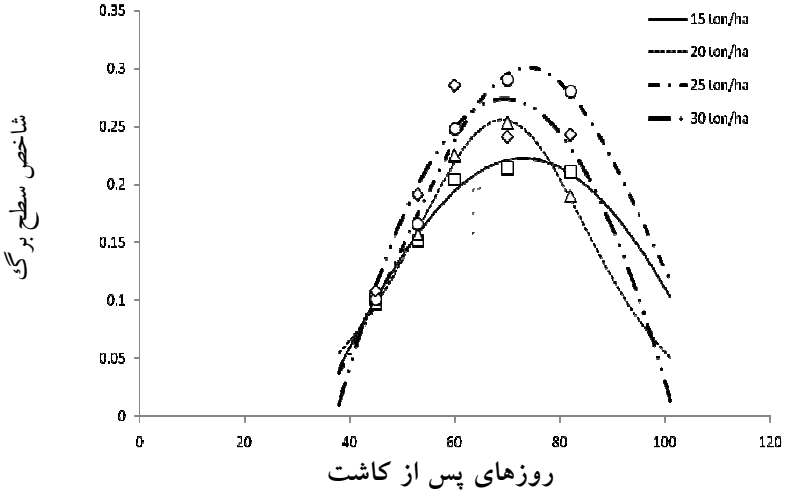
شاخص سطح برگ

نتایج حاصل از آزمایش نشان داد که شاخص سطح برگ در تمام تیمارهای کودی دارای روند مشابهی بود به‌طوریکه شاخص سطح برگ با گذشت زمان افزایش یافت و پس از آنکه به حداکثر مقدار خود رسید به‌دلیل پیری و ریزش برگ‌ها روند نزولی در پیش گرفت (شکل۱). تا حدود ۴۵ روز پس از کاشت اختلاف زیادی بین تیمارهای مختلف از نظر شاخص سطح برگ وجود نداشت. ولی پس از آن و با شروع رشد سریع، اختلاف بین تیمارها مشخص گردید و با افزایش میزان کود گاوی شاخص سطح برگ افزایش یافت به این ترتیب که حداکثر شاخص سطح برگ در تیمار ۳۰ تن کود گاوی و حداقل آن در تیمار ۱۵ تن کود گاوی در هکتار به‌دست آمد، ولی در حدود ۶۴ روز پس از کاشت برتری با تیمار ۲۵ تن در هکتار کود گاوی بود. به این ترتیب که در این تیمار بر خلاف سایر تیمارها روند افزایش تا ۷۴ روز پس از کاشت ادامه یافت و پس از آن روند نزولی مشاهده شد. اینکه با افزایش میزان کود گاوی شاخص سطح برگ افزایش می‌یابد دور از انتظار نیست ولی اینکه شاخص سطح برگ بعد از گذشت ۶۴ روز در تیمار کودی ۲۵ تن در هکتار نسبت به تیمار ۳۰ تن بیشتر بود، ممکن است به‌دلیل بالا بودن نسبت کربن به نیتروژن (C/N) درکود گاوی باشد که افزایش مقادیر زیاد آن به خاک موجب از دسترس خارج شدن نیتروژن طی فرآیند تجزیه کود گاوی و رقابت سایر میکروارگانیزم‌های خاک با باکتری‌های تثبیت کننده نیتروژن در شنبلیله برای تأمین نیتروژن مورد نیازشان باشد. چادویک و همکاران نیز در تحقیق خود بیان کردند که به‌دلیل بالا بودن نسبت کربن به نیتروژن کود گاوی مصرفی احتمالا ماده آلی آن در اوایل فصل رشد به‌راحتی توسط فعالیت میکروبی تجزیه نمی‌شود و حتی ممکن است بر اثر رقابت میکروب‌ها با گیاه برای جذب نیتروژن، مقداری از نیتروژن معدنی کود گاوی به نیتروژن آلی تبدیل شود(۲۳). بر این اساس می‌توان نتیجه گرفت که شنبلیله می‌تواند تنها تا سطوح مشخصی از کاربرد کود گاوی، برتری خود را از لحاظ شاخص سطح برگ و رشد اندام هوایی نشان دهد و پس از آن با افزایش میزان کاربرد کود گاوی، شاخص سطح برگ و به‌تبع آن کارایی مصرف نور کاهش می‌یابد.

در این ارتباط نتایج تحقیقات انجام شده حاکی از آن است که کود گاوی از محتوای نیتروژن کمتری در قیاس با سایر کودهای بیولوژیک (مانند کود سبز mucuna و crotalaria) برخوردار است (۲۶). بر این اساس نسبت کربن

[Downloaded from ijae.iut.ac.ir on 2026-06-21]

[DOR: 20.1001.1.24763128.1393.3.10.6.0]



شکل ۱. اثر تیمارهای کود گاوی بر روند شاخص سطح برگ شنبلیله طی فصل رشد

به نیتروژن در کود گاوی با توجه به‌نوع و کیفیت مواد غذایی مصرف شده توسط دام، از پانزده به یک تا بیست به یک گزارش شده است. کاربرد کود گاوی با این نسبت از کربن به نیتروژن در خاک، موجب غیر متحرک شدن نیتروژن طی فرآیند تجزیه کود، همزمان با مصرف نیتروژن معدنی موجود برای تأمین نیازهای حیاتی میکروارگانیزم های خاک بیان شده است (۱۸). در این تحقیق نیز رقابت بیشتر بین میکروارگانیزم‌های خاک با باکتری‌های تثبیت کننده نیتروژن در شنبلیله، موجب کاهش دسترسی گیاه به نیتروژن و بروز علائم کمبود این عنصر شد و بدین ترتیب شاخص سطح برگ و کارایی مصرف نور در سطوح بالاتر از ۲۵ تن در هکتار کود دامی کاهش یافت.

تبریزی در تحقیق خود روی اسفرزه و پسیلیوم در سه سطح کود دامی (۵، ۱۰ و۱۵ تن در هکتار) اظهار داشت که حداکثر شاخص سطح برگ اسفرزه در تیمار پنج تن کود دامی، و پسیلیوم در تیمار ۱۰ تن کود دامی در هکتار به‌دست آمد. در این تحقیق نیز شاخص سطح برگ در بالاترین مقدار سطح کودی (۱۵ تن در هکتار) کاهش یافت (۳). حسن زاده و همکاران نیز در تحقیق خود روی ذرت اظهار داشتند که حداکثر شاخص سطح برگ ذرت در تیمار ۳۰ تن کود دامی در هکتار به‌دست آمد(۶). جهان و همکاران نیز گزارش کردند که شاخص سطح برگ کنجد با کاربرد کودهای بیولوژیک نسبت به شاهد افزایش یافت (۵). در سیب زمینی هم با افزایش کاربرد کود دامی از ۵ تا ۲۰ تن در هکتار، شاخص سطح برگ به‌طور معنی‌دار افزایش یافت (۳۵).

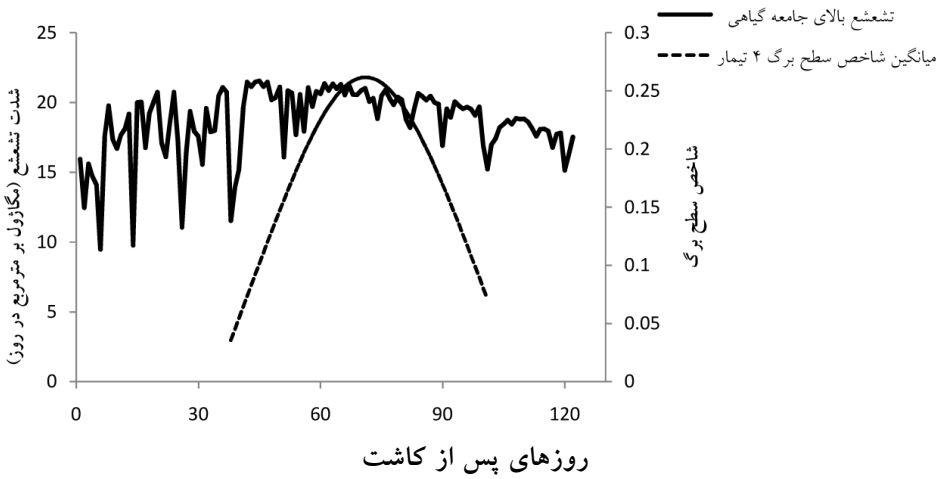
بنابراین به‌نظر می‌رسد کود گاوی به‌عنوان یکی از انواع کود دامی می تواند با تأمین نیاز غذایی خاک و آزادسازی یکنواخت‌تر منابع غذایی طی فصل رشد (۱۴ و ۳۵)، نقش مطلوب‌تری در افزایش سطح برگ و به‌تبع آن کارایی استفاده از نور داشته باشد و به‌عنوان روشی برای فشرده سازی بوم شناختی در گیاه شنبلیله به‌شمار آید.

روند جذب نور

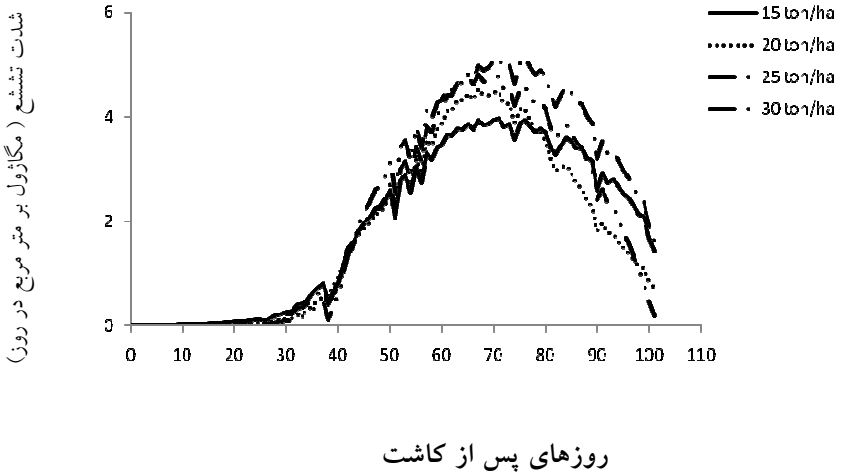
شکل ۲ تشعشع رسیده به بالای جامعه گیاهی و میانگین شاخص سطح برگ چهار تیمار را در طول فصل رشد نشان می‌دهد همانطور که در این شکل ملاحظه می‌شود، طول فصل رشد شنبلیله با تشعشع رسیده به‌سطح جامعه گیاهی هم‌خوانی دارد. به‌طوری‌که همزمان با نیمه اول دوره رشد شنبلیله (رشد سریع)، حداکثر تشعشع با نوسانات زیادی مشاهده شد و در نیمه دوم دوره رشد شنبلیله، تشعشع کاهش یافت. البته نوسانات تشعشع در این نیمه نسبت به نیمه اول کمتر بود. با مقایسه شکل ۱ و ۳ مشاهده می‌شود که متناسب با افزایش شاخص سطح برگ شنبلیله، میزان نور جذب شده توسط جامعه

[Downloaded from ijae.iut.ac.ir on 2026-06-21]

[DOR: 20.1001.1.24763128.1393.3.10.6.0]



شکل ۲. تغییرات کل تشعشع رسیده به سطح جامعه گیاهی و میانگین شاخص سطح برگ در طول فصل رشد



شکل ۳. اثر تیمارهای کود دامی بر روند جذب نور شنبلیله طی فصل رشد

گیاهی در کلیه تیمارها نیز به‌تدریج افزایش یافت و پس از رسیدن به میزان حداکثر جذب نور، به‌علت کاهش شاخص سطح برگ تا انتهای دوره رشد روند نزولی در پیش گرفت. این موضوع بیان کننده آن است که زمان رسیدن به حداکثر شاخص سطح برگ شنبلیله (شکل۱ و ۲) با زمان برخورد حداکثر میزان تشعشع به سطح کانوپی (شکل۲)، هماهنگ بود که می‌تواند از نظر مدیریت زراعی بسیار حائز اهمیت باشد (۳۹).

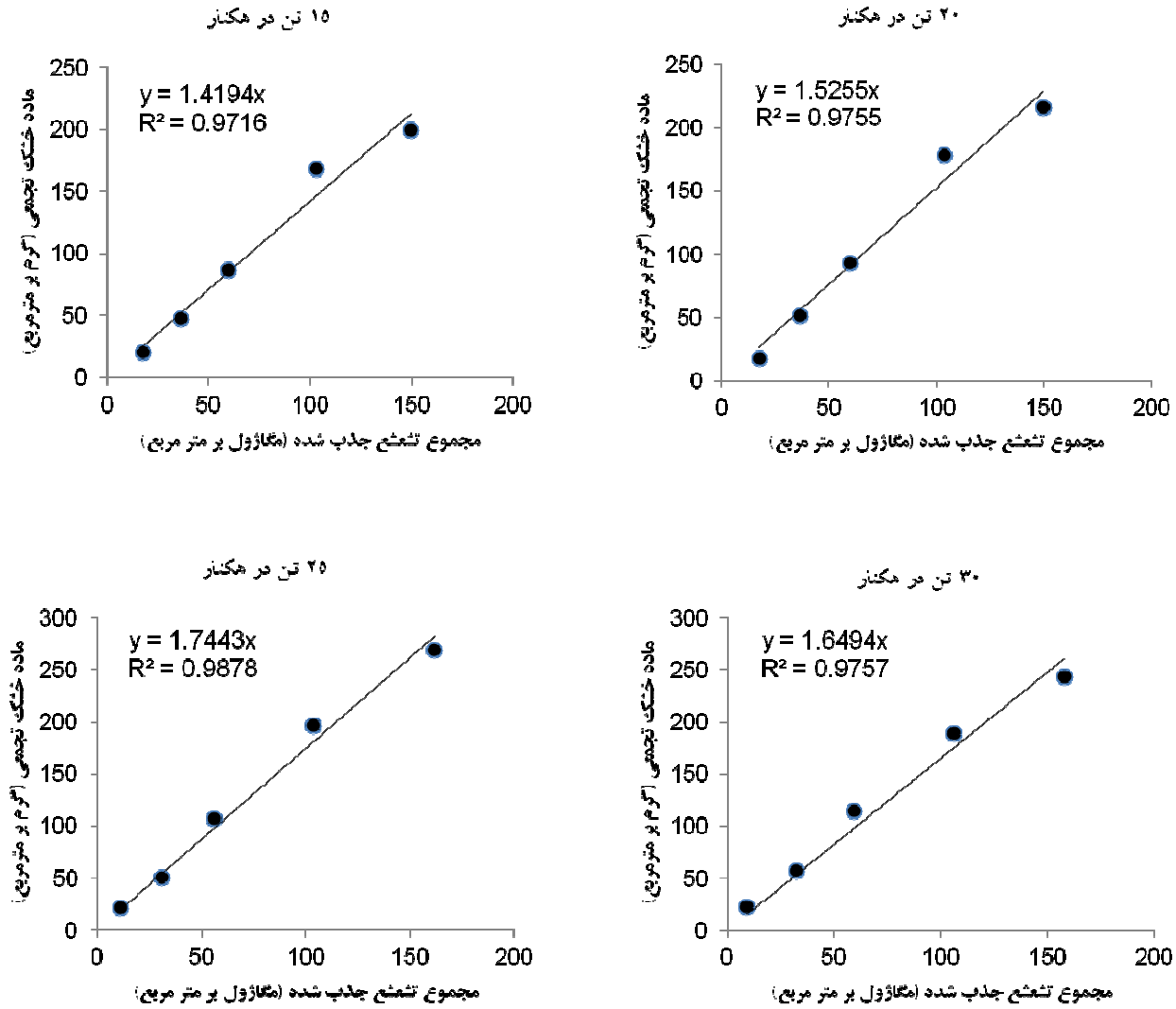
روند جذب نور (شکل۳) در کلیه تیمار ها با نتایج مربوط به شاخص سطح برگ (شکل۱) کاملا هم‌خوانی دارد. به این ترتیب که با افزایش کود گاوی جذب نور در شنبلیله افزایش یافت و تا ۶۴ روز پس از کاشت برتری با تیمار ۳۰ تن کود گاوی بود ولی بعد از گذشت ۶۴ روز از کاشت، تیمار ۲۵ تن کود گاوی بیشترین سطح جذب نور را نشان داد. با این حال روند افزایش در این تیمار تا ۷۴ روز پس از کاشت ادامه یافت اما پس از آن روند نزولی مشاهده شد.

کارایی مصرف نور

شیب خط رگرسیونی برازش یافته به تغییرات ماده خشک

[Downloaded from ijae.iut.ac.ir on 2026-06-21]

[DOR: 20.1001.1.24763128.1393.3.10.6.0]



شکل ۴. ارتباط بین مجموع تشعشع جذب شده و وزن خشک شنبلیله تحت تیمارهای مختلف کود گاوی .(شیب خط رگرسیون، نشان دهنده کارآیی مصرف نور است)

تجمعی در برابر تشعشع تجمعی جذب شده، بیانگر کارآیی مصرف نور توسط گیاه می‌باشد (۱۵). در همه تیمارهای کود گاوی این ارتباط خطی بین ماده خشک تجمعی و تشعشع تجمعی جذب شده با ضریب هم‌بستگی بیشتر از ۰/۹ وجود داشت و کمترین کارایی مصرف نور مربوط به تیمار ۱۵ تن کود گاوی(۱/۴۲ گرم بر مگاژول) و بیشترین مقدار آن مربوط به تیمار ۲۵ تن کود گاوی (۱/۷۴ گرم بر مگاژول) بود (شکل۴). جذب نور بیشتر در تیمار ۲۵ تن کود گاوی نسبت به ۳۰ تن کود گاوی تا حدود ۷۴ روز پس از کاشت (شکل۳) منجر به تولید ماده خشک بیشتر و در نتیجه کارایی مصرف نور بیشتر شد. هر گاه کلیه شرایط لازم برای رشد گیاه در حد مطلوب بوده و هیچگونه عامل تنش وجود نداشته باشد، کارایی مصرف نور برای گونه‌های سه کربنه مناطق معتدل بین ۱ تا ۱/۵ گرم بر مگاژول و برای گونه‌های سه کربنه گرمسیری بین ۱/۵ تا ۱/۷ گرم بر مگاژول تغییر می‌کند (۲۱). با این وجود مقادیر کارایی مصرف نور برای شنبلیله تاکنون محاسبه نشده اما برای تعدادی از بقولات گزارش شده است. در گیاه نخود ارقام هاشم و آرمان به‌ترتیب کارایی مصرف نوری معادل ۲/۸۵ و ۲/۵ گرم

[Downloaded from ijae.iut.ac.ir on 2026-06-21]

[DOR: 20.1001.1.24763128.1393.3.10.6.0]

برمگاژول داشته‌اند (۱۲)، البته برای نخود اعداد ۲/۵۰- ۰/۹۱ گرم برمگاژول (۴۰) و ۱/۲ گرم بر مگاژول (۱۷) نیز گزارش شده است. علیمددی و همکاران میانگین کارایی مصرف نور برای لوبیا چشم بلبلی، لوبیا قرمز و ماش را به‌ترتیب ۰/۸۴، ۰/۸۲، و ۰/۹۹ گرم بر مگاژول بیان نموده‌اند (۹). البته کارایی مصرف نور لوبیا معادل ۲/۴- ۱/۶ گرم بر مگاژول نیز گزارش شده است (۸).

نتیجه‌گیری

براساس نتایج تحقیق حاضر افزایش میزان مصرف کود گاوی تا سطح ۲۵ تن در هکتار می‌تواند موجب افزایش کارایی مصرف نور در گیاه دارویی شنبلیله شود. لذا مصرف کودهای بیولوژیک و بهبود فرآیندهای اکولوژیک درون بوم نظام زراعی، می‌تواند به‌عنوان راهکاری بوم شناختی، تولیدکنندگان را در دستیابی مداوم به افزایش بهره‌وری کشاورزی و بهبود خدمات بوم نظام همراهی نماید.

منابع مورد استفاده

۱. اطلسی پاک، و.، ر. مامقانی، م. مسکر باشی و م. نبی پور. ۱۳۸۵. تاثیر آرایش کاشت بر راندمان مصرف نور و تجمع ماده خشک در کانوپی سه رقم کلزای بهاره. *مجله علمی کشاورزی* ۲۹ (۴) : ۱۵۲-۱۳۹.

۲. بهشتی، ع. ر.، ع. کوچکی و م. نصیری محلاتی. ۱۳۸۱. تاثیر آرایش کاشت بر جذب و راندمان تبدیل نور در کانوپی سه رقم ذرت. *نهال و بذر* ۱۸(۴): ۴۳۱-۴۱۷.

۳. تبریزی ، ل. ۱۳۸۳. اثر تنش رطوبتی و کود دامی بر خصوصیات کمی و کیفی اسفرزه (*Plantago ovata*) و پسیلیوم (*Plantago psylliuma*). پایان نامه کارشناسی ارشد رشته زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد.

۴. جهان، م. و م. نصیری محلاتی. ۱۳۹۱. حاصلخیزی خاک و کودهای بیولوژیک(رهیافتی اگرواکولوژیک). انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد. ۲۵۰ صفحه.

۵. جهان، م.، ب. امیری و ح.ر. احیایی. ۱۳۹۱. کارآیی جذب و مصرف نور کنجد تحت تأثیر کودهای بیولوژیک در یک نظام زراعی کم نهاده. *پژوهش‌های زراعی ایران* ۱۰ (۲): ۴۴۷-۴۳۵.

۶. حسن زاده، ر.، س. چاوشی، ح. مدنی و ع. عسگری. ۱۳۸۷. بررسی مدیریت آبیاری و مصرف کود دامی در راستای افزایش کارایی مصرف آب در ذرت دانه‌ای رقم سینگل کراس ۷۰۴. *یافته‌های نوین کشاورزی* ۳: ۲۳۷-۲۲۵.

۷. عزیزی، م. و پ. آروین. ۱۳۸۷. اختلاف عملکرد و کارایی مصرف نور در ارقام بهاره کلزا. *مجله الکترونیک تولید گیاهان زراعی* ۱(۴): ۵۰-۳۵.

۸. علیزاده، ی.، ع. کوچکی و م. نصیری محلاتی. ۱۳۸۹. بررسی جذب و کارایی مصرف نور در کشت مخلوط لوبیا (*Phaseolus vulgaris* L.) و ریحان رویشی (*Ocimum basilicum* L.). *بوم شناسی کشاورزی* ۲ (۱): ۹۴-۸۵.

۹. علیمددی، ا.، م. ر. جهانسوز، ع. احمدی، ر. توکل افشار و م. رستم زا. ۱۳۸۵. ارزیابی کارایی مصرف نور، ضریب استهلاک نوری و دریافت تابش در ارقام مختلف لوبیا چشم بلبلی،ماش و لوبیا قرمز در کشت دوم. *پژوهش سازندگی* ۷۱ .۷۵-۶۷.

۱۰. کاظمی، م. ۱۳۹۲. فشرده سازی اکولوژیکی. سمینار تجزیه و تحلیل بوم نظام‌های زراعی. دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد.

۱۱. کریمیان کلیشادرخی، م.، ع. کوچکی و م. نصیری محلاتی. ۱۳۸۸. تاثیر کود نیتروژن و تراکم گیاهی بر جذب وکارآیی مصرف نور

[Downloaded from ijae.iut.ac.ir on 2026-06-21]

[DOR: 20.1001.1.24763128.1393.3.10.6.0]

در دو رقم کلزای بهاره. *مجله پژوهش‌های زراعی ایران* ۷ (۱): ۱۷۲-۱۶۳.

۱۲. مداح یزدی، و.، ا. سلطانی، ب. کامکار و ا. زینلی. ۱۳۸۷. فیزیولوژی مقایسه‌ای گندم و نخود: شاخص سطح برگ، دریافت و استفاده از تشعشع و توزیع ماده خشک به برگ‌ها. *مجله علوم کشاورزی و منابع طبیعی* ۱۵ (۴): ۵۶-۴۵.

۱۳. میرهاشمی، س.م. و م. بنایان. ۱۳۹۱. شبیه‌سازی شاخص سطح برگ و عملکرد کلزا تحت شرایط تنش آب در اقلیم نیمه‌خشک. مجله آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی). ۲۶ (۲): ۴۰۳-۳۹۲.

۱۴. نصیری محلاتی، م.، ع. کوچکی، پ. رضوانی و ع. بهشتی. ۱۳۸۸. اگرواکولوژی. انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد. ۴۵۹ صفحه.

۱۵. نصیری محلاتی، م. ۱۳۷۹. مدلسازی رشد گیاهان زراعی. انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد. ۲۸۰ صفحه.

16. Acharya, S., A. Srichamroen, S. Basu, B. Oraikul and T. Basu. 2006. Improvement in the nutraceutical properties of fenugreek (*Trigonella foenum-graecum* L.). *Songklanakarin Journal of Science and Technology* 28(1): 1-9.
17. Albrizio, R. and P. Steduto. 2005. Resource use efficiency of field-grown sunflower, sorghum, wheat and chickpea. I. Radiation use efficiency. *Agricultural and Forest Meteorology* 130: 254-268.
18. Anonymous. 2013. Effects of manure and fertilizer on soil fertility and soil quality. Manitoba. http://www.gov.mb.ca/agriculture/environment/nutrientmanagement/pubs
19. Basu1, S. K., S. N. Acharya, M. S. Bandara, D. Friebel and J. E. Thomas. 2009. Effects of genotype and environment on seed and forage yield in fenugreek (*Trigonella foenum graecum* L.) grown in western Canada. *Australian Journal of Crop Science* 3(6): 305-314.
20. Benton, T. 2011. "Sustainable intensification" and global food security. http://www.conservativeruralaffairs.org.uk/resources/docs/CRAG_Westminster_Jan2011
21. Black, C. and C. Ong. 2000. Utilization of light and water in tropical agriculture. *Agricultural and Forest Meteorology* 104: 25-47.
22. Campillo, C., R. Fortes, and M. H. Prieto. 2012. Solar radiation effect on crop production. PP. 167-194 *In*: Elisha B. Babatunde (Eds.), Solar Radiation. In Tech, Available from: http://www.intechopen.com/books/solar-radiation/solar-radiation-effect-on-crop-production
23. Chadwick, D., R. Johnf, B. F. Pain, B. J. Chambers and J. Williams 2000. Plant uptake of nitrogen from the organic nitrogen fraction of animal manures: a laboratory experiment. *Journal of Agricultural Science* 134: 159-168.
24. FAO 2009. Glossary on Organic Agriculture. FAO, Rome (ITA).
25. Garnett, T. and C. Godfray. 2012. Sustainable intensification in agriculture. Navigating a course through competing food system priorities, Food Climate Research Network and the Oxford Martin Programme on the Future of Food, University of Oxford, UK., 51p.
26. Gitari, J. N., J. G. Mureithi, S. K. Karumba and K. Mwaniki. 2000. Integrated use of legume green manure, cattle manure and inorganic fertilizer for increased maize production in mid altitude areas of central Kenya. http://www.kari.org/fileadmin/
27. Goudriaan, J. and H.H. Van Laar. 1994. Modelling Potential Crop Growth Processes. Kluwer Academic Press. Dordrcht, the Netherlands, 238p.
28. Griffee, P., S. Metha and D. Shankar 2003. (MADPs) Organic Production of Medicinal, Aromatic and Dye-yielding Plants. Forward, Preface and Introduction. FAO.
29. Janick.,J. (Ed.). 1999. New Crops for Canadian Agriculture. Fenugreek (*Trigonella foenum-graecum* L.).Reprinted from: Perspectives on new crops and new uses.
30. Kassam, A., T. Friedrich, F. Shaxson, T. Reeves, J. Pretty and Sa. J. Carlos de Moraes. 2011. Production systems for sustainable intensification, integrating productivity with ecosystem services. Technikfolgenabschätzung – Theorie und Praxis.
31. Kumar, A., V. Pandey, A. M. Shekh and M. Kumar. 2008. Radiation use efficiency and weather parameter influence during life cycle of soybean (*Glycine max*. [L] Mirrll) production as well accumulation of dry matter. *American-Eurasian Journal of Agronomy* 1(2): 41-44.
32. Leepipatpaiboon, S., S. Boonyawat and E. Sarobol. 2009. Estimation of solar radiation use efficiency in paddy and cassava fields. *Kasetsart Journal (Natural Science)* 43: 642 - 649.
33. McCormick, K. M., R. M. Norton, H. A. Eagles and J. F. Kollmorgen. 2000. Fenugreek: studies on a new crop for south-eastern Australia. Biennial Report 1998-99. Joint Centre for Crop Improvement. p.15.
34. Moradi kor N. and K. Moradi. 2013. Physiological and pharmaceutical effects of fenugreek (*Trigonella foenum-graecum* L.) as a multipurpose and valuable medicinal plant. *Global Journal of Medicinal Plant Research* 1(2): 199-206.

[Downloaded from ijae.iut.ac.ir on 2026-06-21]

[DOR: 20.1001.1.24763128.1393.3.10.6.0]

35. Najm, A. A., M. R. Haj Seyed Hadi, M. T. Darzi and F. Fazeli. 2013. Influence of nitrogen fertilizer and cattle manure on the vegetative growth and tuber production of potato. *International Journal of Agriculture and Crop Sciences* 5(2): 147-154.
36. Purcell, L. C., R. A. Ball, J. D. Reaper. and E.D. Vories. 2002. Radiation use efficiency and biomass production in soybean at different plant population densities. *Crop Science* 42: 172-177.
37. Rigby, D. and D. Caceres. 2001. Organic farming and the sustainability of agricultural systems. *Agricultural Systems* 68: 21-40.
38. Rinaldi, M. and A.V. Vonella. 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.
39. Scott, R. K. and K.W. Jaggard. 2000. Impact of weather, agronomy and breeding on yields of sugar beet grown in UK since 1970. *Journal of Agricultural Sceienc* 134: 341-352.
40. Sinclair, T. R. and R. C. Muchow. 1999. Radiation use efficiency, a review. *Advances in Agronomy* 65: 215-265.
41. Soori, S. and Gh. Mohammadi-Nejad. 2012. Study of some Iranian fenugreek (*Trigonella foenum-graecum* L) ecotypes based on seed yield and agronomic traits. *International Journal of Agronomy and Plant Production*. 3(S): 775-780.
42. Suresh, M. 2003. Case Study: Cultivation of Medicinal Plants for Organic Certification-Some Issues. Organic Production of Medicinal, Aromatic and Dye-yielding Plants (MADPs). With inputs from FRLHT.FAO.
43. Tsubo, M., S. Walker and E. Mukhala. 2001. Comparisons of radiation use efficiency of mono-/inter-cropping system with different row orientations. *Field Crops Research* 71: 17-29.
44. Zaffaroni, E. and A. A. Schneiter. 1989. Water-use efficiency and light interception of semi-dwarf and standard height sunflower hybrids grown in different row arrangements. *Agronomy Journal* 81: 831-886.

[Downloaded from ijae.iut.ac.ir on 2026-06-21]

[DOR: 20.1001.1.24763128.1393.3.10.6.0]