

بررسی ویژگی‌های کانوپی و عملکرد اسانس در کشت مخلوط شنبلیله و سیاهدانه تحت تأثیر کودهای آلی و شیمیایی

مریم روستایی¹، سیف‌اله فلاح^{2*}

تاریخ دریافت: 93/6/26 تاریخ پذیرش: 94/9/14

1- دانشجوی کارشناسی ارشد اگرواکولوژی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهرکرد

2- دانشیار اگرواکولوژی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهرکرد

#مسئول مکاتبه: Email: falah1357@yahoo.com

چکیده

به منظور بررسی اثر نسبت کشت مخلوط بر ویژگی‌های اکوفیزیولوژیک کانوپی و عملکرد اسانس شنبلیله و سیاهدانه تحت منابع مختلف کودی، آزمایشی فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه شهرکرد در سال 1392 اجرا گردید. فاکتور اول شامل کشت خالص شنبلیله، کشت خالص سیاهدانه و سه نسبت کشت مخلوط شنبلیله: سیاهدانه شامل 1:2 (دو ردیف سیاهدانه+ یک ردیف شنبلیله)، 1:1 (یک ردیف سیاهدانه+ یک ردیف شنبلیله) و 2:1 (یک ردیف سیاهدانه+ دو ردیف گیاه شنبلیله و سه منبع کودی بصورت کود شیمیایی، کود آلی، کود آلی:کود شیمیایی (1:1) نیز به عنوان فاکتور دوم، در نظر گرفته شد. نتایج نشان داد که بیشترین میزان کلروفیل a در سیاهدانه و شنبلیله به ترتیب در تیمار یک ردیف سیاهدانه+ دوردیف شنبلیله تغذیه شده از منبع تلفیقی و تیمار دو ردیف سیاهدانه + یک ردیف شنبلیله تغذیه شده از منبع شیمیایی مشاهده شد. بیشترین میزان کلروفیل b هر دو گونه در تیمار یک ردیف شنبلیله+ یک ردیف سیاهدانه تحت تغذیه کود شیمیایی حاصل گردید. بیشترین دمای خاک (28/9 درجه سانتی‌گراد) و میزان رطوبت (22 درصد) به کانوپی کشت خالص سیاهدانه و کشت خالص شنبلیله تغذیه شده از منبع کود آلی اختصاص داشت. بالاترین میزان نور دریافتی (80/19 درصد) و عملکرد اسانس (26/64 کیلوگرم در هکتار) در تیمار یک ردیف سیاهدانه+ دو ردیف شنبلیله تغذیه شده از منبع تلفیقی به دست آمد. به طور کلی می‌توان اظهار داشت که استفاده از کشت مخلوط تحت شرایط کاربرد تلفیقی کود با بهبود شرایط فتوسنتزی منجر به افزایش عملکرد اسانس می‌گردد.

واژه‌های کلیدی: تلفیق، دما، رطوبت، کلروفیل، نور

Assessment of Canopy Characteristics and Essential Oil Yield of Fenugreek and Black cumin in Intercropping under Application of Organic and Chemical Fertilizer

Maryam Rostaei¹, Seyfollah Fallah^{2*}

Received: September 17, 2014 Accepted: December 5, 2015

1-MSc. Student of Agroecology, College of Agriculture, Shahrekord University, Iran.

2-Assoc. Prof., of Agroecology, College of Agriculture, Shahrekord University, Iran.

* Corresponding Author, Email: falah1357@yahoo.com

Abstract

In order to investigate the effect of sowing ratio on some canopy ecological characteristics and essential oil production of fenugreek and black cumin under different fertilizer sources, a factorial experiment was conducted in randomized complete block design with three replications at Shahrekord University research farm in 2013. Sole cropping of fenugreek (F), sole cropping of black cumin (B) and three intercropping ratios (F:B, 2:1 (two rows of fenugreek + one of black cumin), 1:1 (one row of fenugreek + one row of black cumin), and 1:2 (one row of fenugreek + two rows of black cumin)) were evaluated as the first factor and three sources of fertilizer consist of chemical fertilizer, organic manure and integrated fertilizer (1:1) as the second factor. Results indicated that the highest amount of chlorophyll a for fenugreek and black cumin was observed in B:F (1:2) treated with integrated fertilizer and B:F (2:1) treated with chemical fertilizer, respectively. The highest chlorophyll b of both plants was achieved in B:F (1:1) treated with chemical fertilizer source. The maximum soil temperature (28.9 °C) and soil moisture (22%) were associated with sole cropping of black cumin and sole cropping of fenugreek treated with organic manure source, respectively. The greatest light interception (80.19 %) and oil essential yield (26.64 kg.ha⁻¹) were achieved in B:F (1:2) treated with integrated fertilizer. In general it can be concluded that use of intercropping under integrated fertilizer conditions by improving of photosynthetic conditions cause to increase the yield of essential oil.

Keywords: Chlorophyll, Integration, Light, Moisture, Temperature

مقدمه

2007 و وو و همکاران (2009). از این رو کشت مخلوط راهکار مهمی برای افزایش عملکرد محصولات کشاورزی بوده (گئو و همکاران 2010)، و در افزایش کیفیت و امنیت غذایی نیز مؤثر است (کاوچلیا و همکاران 2011 و روسیناهدزی و همکاران 2012). از طرفی دیگر، کشت مخلوط یکی از بهترین تکنیکها جهت بهبود و حفظ کیفیت و افزایش کارایی منابع از جمله آب،

امروزه کمبود مواد غذایی به دلیل افزایش جمعیت، تخریب محیط زیست و پایین بودن راندمان تولید در واحد سطح چالش اصلی به شمار می‌رود. بنابراین، بازنگری در روش‌های متداول کشاورزی و راهکارهای مربوط به استفاده بیشتر از زمین و افزایش تولید بیش از پیش باید مورد توجه قرار گیرد (بروسارد و همکاران

تلفیق کودهای شیمیایی، کود کمپوست و کود دامی در کلزا، افزایش معنی‌دار کلروفیل نسبت به کاربرد جداگانه هریک از کودها به دنبال داشت (محمدی و همکاران 1390). نتایج باندیوپوای و همکاران (2010) حاکی از آن است که کاربرد تلفیقی کود دامی و کود شیمیایی در گیاه سویا در بهبود محیط فیزیکی خاک و افزایش تولید سویا، به واسطه‌ی افزایش کارایی آب و مواد غذایی موثر می‌باشد. حمیسی و همکاران (1391) در مطالعه گیاه بابونه کبیر¹ گزارش کردند با مصرف 15 و 30 تن کود دامی در هکتار بیشترین درصد اسانس گیاه بابونه کبیر به ترتیب با 0/29 درصد و 0/28 درصد به‌دست آمد، در حالی که با عدم استفاده از کود دامی کمترین درصد اسانس با 0/24 درصد حاصل گردید. این پژوهشگران همچنین گزارش نمودند بیشترین و کمترین عملکرد اسانس به دست آمده مربوط به تیمار 30 تن در هکتار و عدم استفاده از کود دامی بود که به ترتیب 18/3 و 16/3 کیلوگرم در هکتار اسانس به‌دست آمد.

تحقیقات قبلی برای تغذیه گیاه شنبلیله و سیاهدانه بیشتر در شرایط کشت خالص این دو گیاه بوده است، و گزارشی مبنی بر کشت مخلوط این دو گیاه در دسترس نیست. از طرفی، اطلاعات جامعی درباره‌ی اثر منبع مختلف کودی بر خصوصیات اکولوژیکی و تولید اسانس گیاهان دارویی (شنبلیله و سیاهدانه) وجود ندارد. با توجه به ضرورت تولید گیاهان شنبلیله و سیاهدانه به واسطه‌ی دارا بودن طیف وسیعی از خواص درمانی و دارویی، این آزمایش با هدف بررسی اثر نسبت کشت مخلوط بر ویژگی‌های اکولوژیکی کانوپی و تولید اسانس شنبلیله و سیاهدانه تحت سیستم‌های مختلف حاصلخیزی اجرا گردید.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه شهرکرد با (عرض جغرافیایی 32 درجه و 21

نور، مواد غذایی می‌باشد (گئو و همکاران 2009 و نعمت‌اللهی و همکاران 2013).

به طور کلی افزایش عملکرد در نظام کشت مخلوط، زمانی حاصل می‌شود که گیاهان تشکیل دهنده مخلوط از نظر نحوه و میزان استفاده از منابع طبیعی با یکدیگر کاملاً متفاوت باشند (بومان و همکاران 2002). مطالعات زیادی در خصوص مزیت کشت مخلوط و دلایل آن انجام شده است. در این ارتباط می‌توان به مطالعه گوش و همکاران (2006) در کشت مخلوط سویا و سورگوم اشاره نمود. آنان گزارش کردند که میزان کلروفیل سورگوم در کشت مخلوط نسبت به کشت خالص همواره بیشتر بوده است و علت این امر را به سایه-اندازی این دو گیاه روی همدیگر و نیتروژن تثبیت شده توسط سویا نسبت داده‌اند. رستمی و همکاران (1390) در کشت مخلوط ذرت و لوبیا مشاهده نمودند که جذب نور و کارایی مصرف نور گیاه ذرت در تمام تیمارهای کشت مخلوط بیشتر از کشت خالص بود. مافی و ماکسیال (2003) اظهار داشتند که در کشت مخلوط نواری نعنای و سویا عملکرد نعنای تقریباً 50 درصد در مقایسه با کشت خالص بیشتر بود و کیفیت اسانس به دلیل افزایش درصد منتول و کاهش درصد منتوفوران و منتول استات، در مقایسه با کشت خالص بیشتر بود.

امروزه استفاده از کودهای شیمیایی در کشاورزی بسیار رایج شده است، اما افزایش نگرانی ناشی از تأثیر منفی کودهای شیمیایی بر محیط زیست و افزایش هزینه‌های آن، سبب ترغیب نمودن به جایگزینی کودهای شیمیایی با کودهای آلی یا کاربرد تلفیقی آن‌ها به منظور افزایش عملکرد شده است (سیدی گی و همکاران 2011 و کوچکی و همکاران 1392). بررسی‌ها نشان داده‌اند کاربرد جداگانه کود دامی یا کاربرد تلفیقی با کود شیمیایی می‌تواند به حاصلخیزی خاک و افزایش تولید و کیفیت محصول منجر شود، زیرا این سیستم بیش‌تر نیازهای غذایی گیاه را تأمین کرده و با افزایش کارایی جذب مواد غذایی تولید محصول را افزایش خواهد داد (علیزاده و همکاران 2012 و بلدی و همکاران 2010).

1. *Tanacetum parthenium* L.

شیمیایی به صورت کودهای شیمیایی مصرف شد. کودهای شیمیایی مصرفی شامل نیتروژن از منبع اوره (175 کیلوگرم در هکتار)، فسفر از منبع سوپر فسفات تریپل (130 کیلوگرم در هکتار)، کود ریزمغذی به میزان 28 کیلوگرم در هکتار (حاوی آهن، روی، مس و منگنز به ترتیب 7، 5، 1 و 4 درصد) بودند. برای تیمار کود مرغی نیز مقدار 7/7 تن در هکتار کود مرغی و برای تیمار کود تلفیقی نیز میزان 50 درصد از تیمار کود شیمیایی و 50 درصد از کود مرغی مورد استفاده قرارگرفت. کودهای مورد استفاده یک روز قبل از کاشت به هر کرت اضافه شد و سپس با شن‌کش با خاک مخلوط گردید.

کاشت هر دو گونه به‌طور هم‌زمان در 26 اردیبهشت سال 1392 در ردیف‌هایی به فواصل 25 سانتی‌متر با تراکم بالا صورت گرفت. بلافاصله بعد از کاشت، آبیاری انجام شد و آبیاری‌های بعدی در طول دوره رشد با توجه به نیاز آبی این گیاهان و شرایط محیطی به روش بارانی انجام شد. عملیات تنک برای رسیدن به تراکم مطلوب (50 و 100 بوته در متر مربع به ترتیب برای شنبليله و سیاهدانه) در مرحله 4 برگی انجام شد. در طول دوره رشد مراقبت‌های لازم از جمله وجین علف‌های هرز صورت گرفت.

دقیقه شمالی و طول جغرافیایی 50 درجه و 49 دقیقه شرقی) و ارتفاع 2050 متر از سطح دریا در سال 1392 اجرا گردید. آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصافی با سه تکرار انجام شد. تیمار-های مورد بررسی شامل پنج نسبت کاشت که شامل دو نوع کشت خالص (کشت خالص شنبليله و کشت خالص سیاهدانه) و سه نسبت کشت مخلوط شنبليله: سیاهدانه شامل 1:2 (دو ردیف سیاهدانه+ یک ردیف شنبليله)، 1:1 (یک ردیف سیاهدانه+ یک ردیف شنبليله) و 2:1 (یک ردیف سیاهدانه+ دو ردیف گیاه شنبليله) به عنوان فاکتور اول و سه منبع کودی بصورت کودهای شیمیایی، کودهای شیمیایی: کود آلی (50:50) و کود آلی نیز به عنوان فاکتور دوم، در نظر گرفته شد.

قبل از اعمال تیمارها از کود آلی و خاک مزرعه نمونه مرکب تهیه و در آزمایشگاه خاک شناسی خصوصیات آن‌ها تعیین گردید (جدول 1). عملیات آماده سازی زمین کاشت در اواسط اردیبهشت ماه سال 1392 صورت گرفت. برای تهیه بستر ابتدا زمین شخم زده شد و سپس دو بار دیسک اعمال گردید. میزان نیتروژن کود آلی مورد استفاده برای تأمین 80 کیلوگرم در گیاه شنبليله و سیاهدانه مشخص گردید. مابقی عناصر غذایی حاصل از مصرف این کود در تیمار

جدول 1- برخی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک (0-30 سانتی‌متر) و کود آلی مورد استفاده

ویژگی	واحد	خاک	کود مرغی
بافت	-	لومی رسی	-
هدایت الکتریکی	دسی‌زیمنس برمتر	1/01	6/23
اسیدیته	-	7/96	7/91
نیتروژن	گرم در کیلوگرم	0/82	21/1
فسفر	گرم در کیلوگرم	0/0108	3/8
پتاسیم	گرم در کیلوگرم	0/391	18/6
کربن آلی	گرم در کیلوگرم	9/95	278/1
آهن	میلی گرم بر کیلوگرم	8/09	256
روی	میلی گرم بر کیلوگرم	0/68	23/14
مس	میلی گرم بر کیلوگرم	0/91	21/15
منگنز	میلی گرم بر کیلوگرم	8/73	47/11
نسبت کربن به نیتروژن	-	12/13	13/18

و مخلوط از اختلاف نور در بالای کانوپی و کف کانوپی محاسبه گردید (تسفا‌ی و همکاران، 2006). در هنگام رسیدگی کامل (زرد شدن بیشتر برگ‌ها و غلاف‌ها در شنبلیله و قهوه‌ای شدن فولیکول‌ها در سیاهدانه) برای تعیین عملکرد در واحد سطح پس از حذف دو ردیف کناری و 25 سانتی‌متر از ابتدا و انتهای کرت به عنوان اثر حاشیه‌ای، بوته‌های موجود کف بر شده برداشت شده و عملکرد دانه تعیین گردید. اسانس نمونه‌ها با استفاده از دستگاه کلونجر از 50 گرم بذر به همراه 400 سی سی آب به روش تقطیر با بخار آب استخراج و اندازه‌گیری شد. زمان لازم برای استخراج اسانس‌ها 3 ساعت بود (میرهاشمی و همکاران، 1388). سپس عملکرد اسانس در واحد سطح از حاصلضرب درصد اسانس در عملکرد تولیدی محاسبه گردید. داده‌های حاصل از آزمایش توسط نرم‌افزار SAS تجزیه گردید. مقایسه میانگین‌ها نیز با آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد با استفاده از نرم‌افزار MSTAT-C انجام شد.

نتایج و بحث

عملکرد دانه

اثر منبع کودی و اثرات متقابل نسبت مخلوط در منبع کودی بر عملکرد دانه مجموع دو گیاه معنی‌دار بود، این در حالی بود که نسبت مخلوط بر این صفت اثری نداشت (جدول 2). همان‌طور که در شکل (1) ارائه شده است تیمار یک ردیف سیاهدانه+ دو ردیف شنبلیله تغذیه شده از منبع کود تلفیقی و الگوهای مختلف کشت مخلوط تغذیه شده از منبع آلی، دارای مجموع عملکرد دانه بیشتری درمقایسه با کشت خالص هر دو گیاه بوده است، این در حالی بود که در نسبت‌های مختلف مخلوط تحت سیستم تغذیه کود شیمیایی، مجموع عملکرد دانه کمتر از کشت خالص هر دو گیاه مشاهده گردید. کمترین مجموع عملکرد دانه (1775 کیلوگرم در هکتار) به تیمار یک ردیف سیاهدانه+ دو ردیف شنبلیله تغذیه شده از منبع کود شیمیایی اختصاص داشت. با کاربرد منبع تلفیقی بیشترین مجموع عملکرد دانه (3206

محتوای کلروفیل برگ در ابتدای مرحله پر شدن دانه با استفاده از روش آرنون (1949) با نمونه‌گیری تصادفی از برگ‌های بالغ و عصاره‌گیری با استون اندازه‌گیری شد. بدین ترتیب که مقدار 0/25 گرم از نمونه برگ تازه در هاون چینی با 10 میلی‌لیتر استون 80 درصد ساییده شد تا به صورت محلول یکنواختی درآید، سپس نمونه‌ها به لوله‌های سانتریفیوژ منتقل شدند و به مدت 10 دقیقه، با 3500 دور در دقیقه سانتریفیوژ شدند. در مرحله بعد میزان جذب نور محلول با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر در طول موج‌های 480، 510، 645 و 663 نانومتر قرائت شد و نهایتاً غلظت کلروفیل a و کلروفیل b و کارتنوئید با استفاده از روابط زیر بر حسب (میکرو مول بر میلی گرم وزن تازه برگ) محاسبه گردید.

$$\text{Chorophyll a} = [12.7(\text{D663}) - 2.96(\text{D645})] \times V / 1000 \times W$$

$$\text{Chorophyll b} = [22.9(\text{D645}) - 4.68(\text{D663})] \times V / 1000 \times W$$

$$\text{Carotenoid} = ((7.5 / (\text{D480})) - (1.49(\text{D510})) \times V / 1000 \times W$$

D: قرائت دستگاه در طول موج مورد نظر

V: حجم استون مصرف شده (10 میلی لیتر)

W: وزن نمونه مورد استفاده (0/25 گرم)

اندازه‌گیری دما بوسیله دستگاه SMS-T1 IDRG² اندازه‌گیری شد. اندازه‌گیری رطوبت (دو روز بعد از آبیاری) نیز با دستگاه رطوبت‌سنج مدل SM 300 که درصد رطوبت حجمی را نشان می‌دهد، صورت گرفت. اندازه‌گیری دما و رطوبت بدین صورت بود که هر دستگاه که دارای یک پروب بود، که در عمق 0-10 سانتی‌متری خاک کانوپی، قرار گرفت و اعداد دما و رطوبت، قرائت و یادداشت گردید. لازم به ذکر است که اندازه‌گیری دما و رطوبت در مرحله گلدهی در ساعت 4-5 بعد از ظهر انجام شد.

میزان نور رسیده به بالا و زیر سایه‌انداز گیاهان با دستگاه نورسنج (Sun scan) مدل LP-80 اندازه‌گیری شد. اندازه‌گیری نور در یک روز آفتابی در فاصله ساعت 11-14 در مرحله اوایل پر شدن دانه‌ها انجام شد. میزان نور دریافت شده نهایی توسط کانوپی‌های خالص

2- سامانه اتوماتیک اندازه‌گیری و ثبت رطوبت و دمای خاک

فراهمی و جذب عناصر مورد نیاز، بهبود فعالیت‌های فیزیکی و بیولوژیکی و همین‌طور افزایش ظرفیت نگهداری آب نسبت داد (عزیز و همکاران 2010 و مگ بیز و آبو 2010). قاسمی مهمام و فلاح (1393) در کشت مخلوط گیاهان دارویی شنبلیله و اسفرزه، بیشترین مجموع عملکرد دانه در تیمار دو ردیف شنبلیله + یک ردیف اسفرزه با کاربرد کود تلفیقی (50% شیمیایی + 50% گاوی) مشاهده نمودند.

کیلوگرم در هکتار) در تیمار یک ردیف سیاهدانه + دو ردیف شنبلیله مشاهده شد. تداوم معدنی شدن نیتروژن کود آلی در سیستم تلفیقی در طی دوره رشد (علیزاده و همکاران 2012) و هم چنین میزان تثبیت زیستی نیتروژن گیاه شنبلیله، و ایجاد رابطه مکملی مثبت سبب شده است که این تیمار بیشترین مجموع عملکرد دانه را به خود اختصاص دهد. افزایش عملکرد دانه در سیستم تلفیقی را می‌توان به نقش مثبت کود دامی در افزایش فعالیت ریزجانداران مفید، بهبود ساختمان خاک، افزایش

جدول 2- نتایج تجزیه واریانس (میانگین مربعات) اثر نسبت‌های کشت مخلوط بر مجموع عملکرد دانه (شنبلیله و سیاهدانه) تحت منبع کودی مختلف و عملکرد بیولوژیک شنبلیله و سیاهدانه

منابع تغییر	درجه آزادی	مجموع عملکرد دانه
تکرار	2	60657 ^{ns}
نسبت کشت مخلوط	2	64618 ^{ns}
منبع کودی	4	1024032 ^{**}
نسبت کشت مخلوط × منبع کودی	8	567813 [*]
خطای آزمایشی	28	84522

^{ns}، * و ** به ترتیب بیانگر غیر معنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال 5 و 1 درصد میباشد.

نسبت برابر زمین و همیشه بهار، بیشترین نسبت برابری زمین (1/34) در کشت مخلوط نواری چهار ردیف همیشه بهار + شش ردیف سویا مشاهده شد (اله دادی و همکاران 1392). همچنین مردانی و بلوچی (1394) در کشت مخلوط گیاهان دارویی شنبلیله و انیسون نسبت برابری زمین در تمامی تیمارهای کشت مخلوط بیشتر از یک و بین 1/04 تا 1/39 گزارش کردند. بالا بودن LER بیشتر از یک را می‌توان به تثبیت و جذب نیتروژن در کشت مخلوط (قنبری 2000) و سودمندی ناشی از مواد آلی موجود در کود مرغی نسبت داد، علاوه بر این جذب بهتر برای فسفر موجود در خاک تحت کود مرغی (فلاح و همکاران 2013) در افزایش راندمان نیتروژن مصرفی می‌تواند مؤثر باشد (شارما و تاندن 1991).

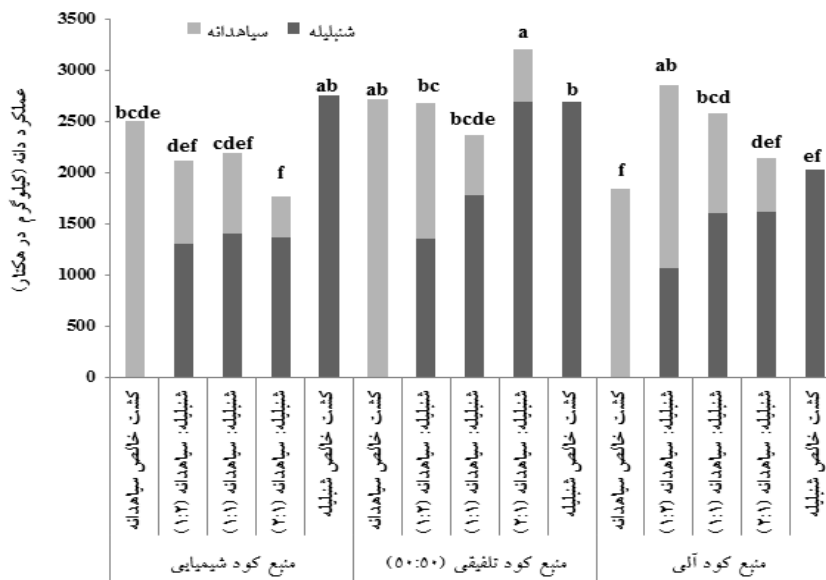
نسبت برابری زمین

نسبت برابری زمین در تیمار کود آلی بیش از دو منبع دیگر، تغییر یافت و در این منبع کودی، در هر سه الگوی مختلف مخلوط LER بیشتر از یک مشاهده گردید (جدول 3). در سیستم تغذیه تلفیقی نیز در یک ردیف سیاهدانه + دو ردیف شنبلیله، مقادیر LER بیشتر از یک بود ($LER > 1$). با کاربرد کود آلی و کود شیمیایی با افزایش تراکم شنبلیله، از میزان LER کل کاسته شد، ولی در سیستم تلفیقی روند منظمی مشاهده نشد. بیشترین میزان نسبت برابری زمین در تیمار دو ردیف سیاهدانه + یک ردیف شنبلیله تحت سیستم تغذیه آلی (1/57) حاصل گردید که بدین معناست که 57 درصد سطح زمین بیشتری در تک کشتی مورد نیاز است که عملکردی مشابه کشت مخلوط حاصل گردد. در

جدول 3- نسبت برابری زمین در ترکیبات تیماری نسبت‌های کشت مخلوط و منبع کودی مختلف (شنبلیله و سیاهدانه)

نسبت برابری زمین	تیمار	
	منبع کودی	نسبت مخلوط
LER		
0/87	شیمیایی	شنبلیله: سیاهدانه (1:2)
0/82	شیمیایی	شنبلیله: سیاهدانه (1:1)
0/67	شیمیایی	شنبلیله: سیاهدانه (2:1)
0/90	تلفیقی (50:50)	شنبلیله: سیاهدانه (1:2)
0/88	تلفیقی (50:50)	شنبلیله: سیاهدانه (1:1)
1/03	تلفیقی (50:50)	شنبلیله: سیاهدانه (2:1)
1/57	آلی	شنبلیله: سیاهدانه (1:2)
1/31	آلی	شنبلیله: سیاهدانه (1:1)
1/07	آلی	شنبلیله: سیاهدانه (2:1)

میانگین‌های دارای حروف مشابه فاقد اختلاف آماری معنی‌دار بر اساس آزمون LSD می‌باشند.



شکل 1- مجموع عملکرد دانه شنبلیله و سیاهدانه تحت تاثیر منبع کودی و نسبت‌های کشت مخلوط. میانگین‌های دارای حروف مشابه بر اساس آزمون LSD فاقد تفاوت آماری معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد می‌باشند.

کلروفیل a

دارای کمترین میزان کلروفیل a (0/98 میکرومول بر میلی گرم) بود. اگرچه بیشترین میزان کلروفیل a (1/21 میکرومول بر میلی گرم) به تیمار یک ردیف سیاهدانه + دو ردیف شنبلیله تحت سیستم تلفیقی اختصاص داشت، اما این تیمار با بسیاری از تیمارها اختلاف معنی‌داری نشان نداد. به نظر می‌رسد این تیمار از نیتروژن موجود در سیستم تلفیقی و همچنین نیتروژن تثبیتی خود بهره برده و توانسته در ساخت کلروفیل بیشتر موفق‌تر عمل نماید. در کشت مخلوط نخود فرنگی و کلزا، بیشترین کلروفیل a نخود فرنگی در تیمار یک ردیف نخود فرنگی + یک ردیف کلزا با کاربرد بیشترین سطوح نیتروژن مشاهده شد (بهارلویی 1392). در گیاه سورگوم و ذرت مشاهده کردند که تلفیق کود آلی و شیمیایی افزایش معنی‌داری در میزان کلروفیل a نسبت به تیمار شاهد و کاربرد جداگانه هریک از کودها به دنبال داشت (آموجیبیه و همکاران 2007).

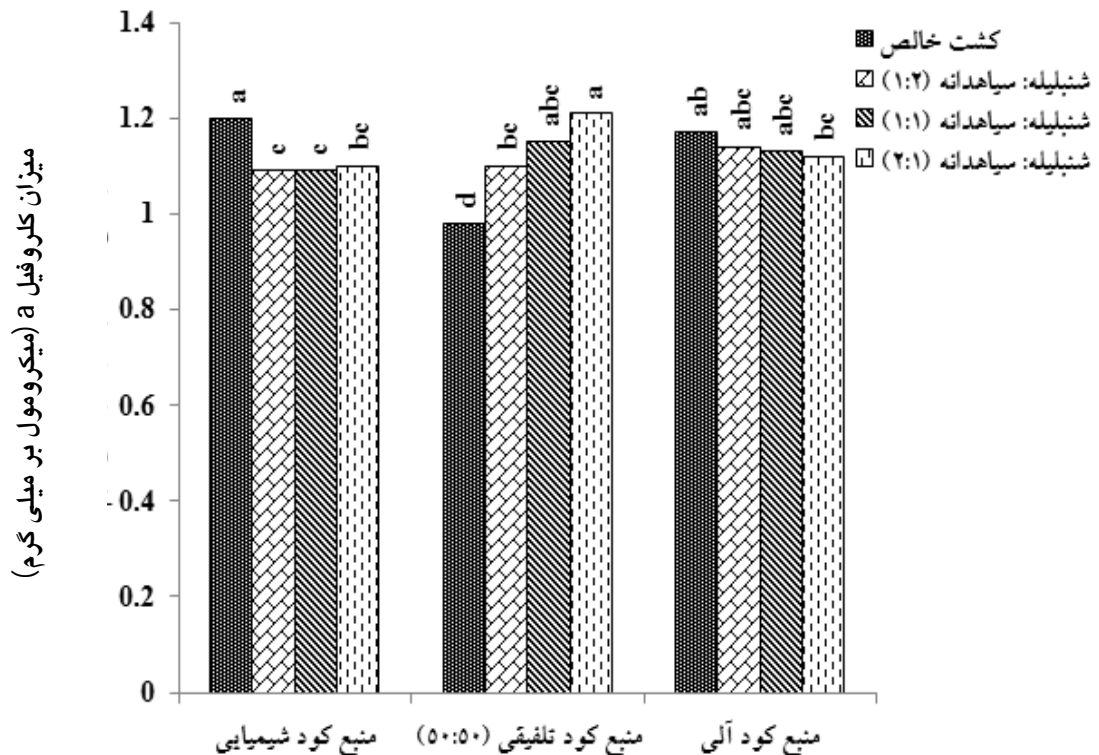
همان‌طور که در جدول 4 ارائه شده است اثرات متقابل نسبت کشت در منبع کودی بر کلروفیل a گیاه شنبلیله در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود این در حالی بود که نسبت کشت و منبع کودی بر این صفت تأثیری نداشت. با توجه به شکل 2 میزان کلروفیل a گیاه شنبلیله در تیمار یک ردیف سیاهدانه + یک ردیف شنبلیله و دو ردیف سیاهدانه + یک ردیف شنبلیله تحت سیستم‌های مختلف تغذیه مشابه بودند. در کشت خالص و تیمار یک ردیف سیاهدانه + دو ردیف شنبلیله تغذیه شده با منبع شیمیایی و آلی میزان کلروفیل a گیاه شنبلیله مشابه بود اما با سیستم تلفیقی به ترتیب افزایش و کاهش معنی‌داری نشان دادند. در کاربرد تغذیه تلفیقی (شیمیایی:آلی (50:50)) و آلی با افزایش تراکم شنبلیله در الگوهای مختلف کشت مخلوط به ترتیب روند افزایش و کاهش در میزان کلروفیل a مشاهده شد. تیمار کشت خالص تحت تغذیه کود تلفیقی

جدول 4- نتایج تجزیه واریانس (میانگین مربعات) اثر نسبت‌های کشت مخلوط و منبع کودی بر میزان کلروفیل a و b

کارتونوئید گیاه شنبلیله و سیاهدانه

میزان کارتونوئید		میزان کلروفیل b		میزان کلروفیل a		درجه آزادی	منابع تغییر
سیاهدانه	شنبلیله	سیاهدانه	شنبلیله	سیاهدانه	شنبلیله		
0/39 ^{ns}	0/047 ^{ns}	0/024 ^{ns}	0/03 ^{ns}	0/004 ^{ns}	0/0003 ^{ns}	2	تکرار
0/38 ^{ns}	0/36 ^{ns}	0/227 ^{**}	0/15 [*]	0/009 ^{ns}	0/0017 ^{ns}	3	نسبت کشت مخلوط
0/75 ^{ns}	0/95 ^{ns}	0/188 ^{**}	0/41 ^{**}	0/015 ^{ns}	0/003 ^{ns}	2	منبع کودی
0/70 [*]	1/12 [*]	0/337 ^{**}	0/21 ^{**}	0/024 [*]	0/01 ^{**}	6	نسبت کشت مخلوط × منبع کودی
0/27	0/30	/016	0/03	0/005	0/002	22	خطای آزمایشی
11/3	10/5	11/6	16/4	9/7	6/4	-	ضریب تغییرات (درصد)

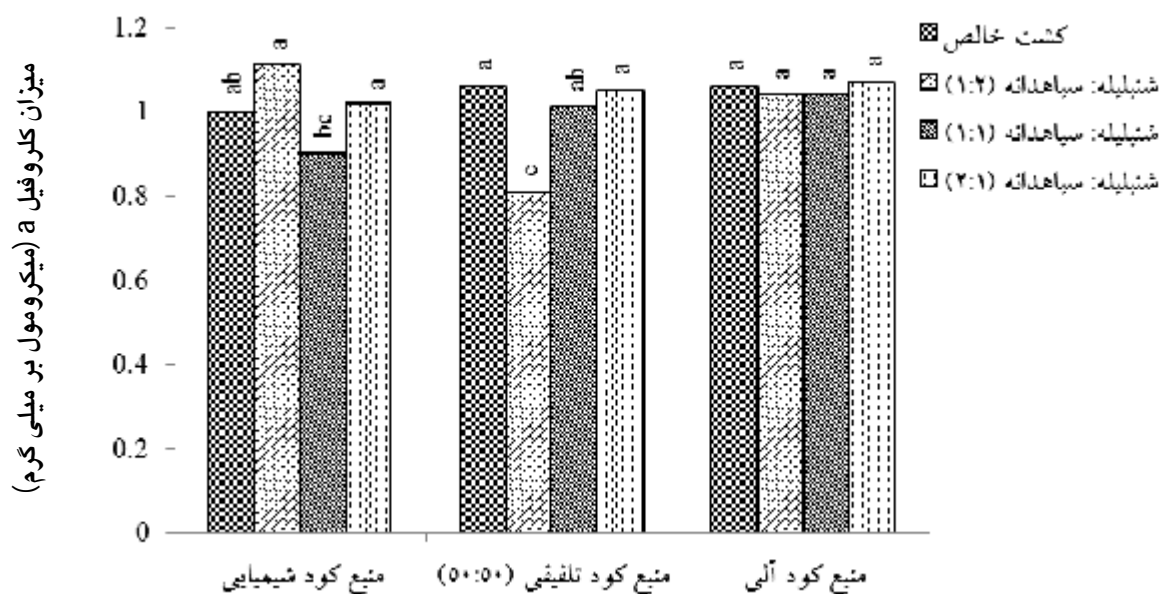
^{ns}، * و ** به ترتیب بیانگر غیر معنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال 5 و 1 درصد می‌باشد.



شکل 2- میزان کلروفیل a گیاه شنبلیله تحت تاثیر منبع کودی و نسبت‌های کشت مخلوط، میانگین‌های دارای حروف مشابه بر اساس آزمون LSD فاقد تفاوت آماری معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد می‌باشند.

سیستم شیمیایی و تلفیقی و همین‌طور تلفیقی و آلی مشابه بود، اما در منبع شیمیایی و آلی اختلاف معنی‌داری نشان دادند. تیمار دو ردیف سیاهدانه+ یک ردیف شنبلیله تحت سیستم تلفیقی دارای کمترین میزان کلروفیل a (0/81 میکرومول بر میلی گرم) بود. اگرچه بیشترین میزان کلروفیل a در گیاه سیاهدانه به تیمار دو ردیف سیاهدانه+ یک ردیف شنبلیله تحت سیستم شیمیایی اختصاص داشت، اما این تیمار با بسیاری از تیمارها اختلاف معنی‌داری نشان نداد. رزمجو و همکاران (1388) در گیاه دارویی بابونه مشاهده کردند که اگرچه کود شیمیایی سبب افزایش کلروفیل a شد اما این تیمار با تیمار کود دامی اختلاف معنی‌داری نشان نداد.

نتایج تجزیه واریانس جدول 4 حاکی از آن است که اثرات متقابل نسبت مخلوط و منبع کودی بر میزان کلروفیل a گیاه سیاهدانه در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود، این در حالی بود که نسبت مخلوط و منبع کودی بر این صفت اثری نداشت. همان‌طور که در شکل 3 مشخص شده است میزان کلروفیل a گیاه سیاهدانه در کشت خالص و تیمار یک ردیف سیاهدانه+ دو ردیف شنبلیله تحت سیستم‌های مختلف تغذیه مشابه بود. تیمار دو ردیف سیاهدانه+ یک ردیف شنبلیله تغذیه شده از منبع شیمیایی و آلی دارای کلروفیل مشابه بودند، ولی در مقایسه با منبع تلفیقی به ترتیب 37 درصد و 28/40 افزایش نشان دادند. میزان کلروفیل a در تیمار یک ردیف سیاهدانه+ یک ردیف شنبلیله تحت

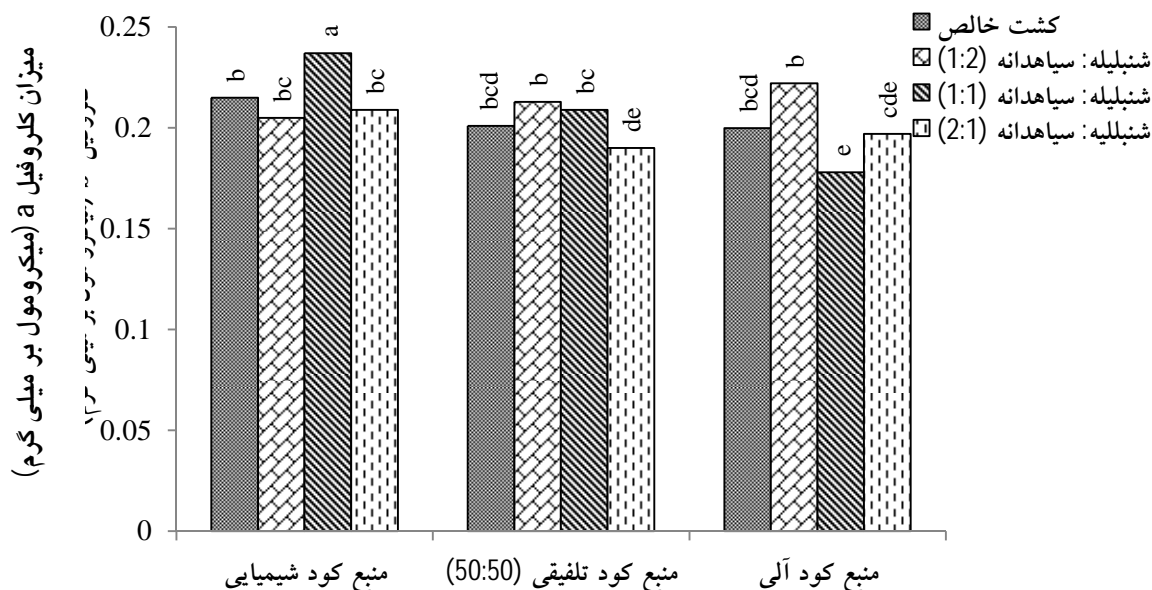


شکل 3- میزان کلروفیل a گیاه سیاهدانه تحت تاثیر منبع کودی و نسبت‌های کشت مخلوط، میانگین‌های دارای حروف مشابه بر اساس آزمون LSD فاقد تفاوت آماری معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد می‌باشند.

تلفیقی و آلی و همین‌طور شیمیایی و آلی مشابه بود اما سیستم شیمیایی و تلفیقی با هم اختلاف معنی‌داری نشان دادند. تیمار یک ردیف سیاهدانه+ یک ردیف شنبلله تحت سیستم تغذیه شیمیایی دارای بیشترین میزان کلروفیل b (0/237 میکرومول بر میلی‌گرم) بود. بهارلویی (1392) نیز در کشت مخلوط نخود فرنگی و کلزا مشاهده نمود کشت مخلوط سبب افزایش معنی‌دار میزان کلروفیل b نخود فرنگی نسبت به کشت خالص شد. رسولی و همکاران (1392) در گیاه دارویی زعفران مشاهده نمودند، کاربرد 50% کود شیمیایی در مقایسه با تلفیق کمپوست و 50% کود شیمیایی، سبب افزایش 13 درصدی کلروفیل b شد.

کلروفیل b

اثر نسبت مخلوط و منبع کودی و اثرات متقابل نسبت مخلوط در منبع کودی بر میزان کلروفیل b گیاه شنبلله به ترتیب در سطح احتمال پنج و یک درصد معنی‌دار بود (جدول 4). با توجه به شکل (4) می‌توان بیان نمود که کشت خالص و دو ردیف سیاهدانه+ یک ردیف شنبلله تحت منابع مختلف کودی دارای کلروفیل b مشابهی بودند ولی در تیمار یک ردیف سیاهدانه+ یک ردیف شنبلله اختلاف معنی‌داری مشاهده شد، به طوری که هرچه به سمت سیستم آلی پیش میرفت از میزان کلروفیل b کاسته شد. در تیمار یک ردیف سیاهدانه+ دو ردیف شنبلله میزان کلروفیل b تحت منبع

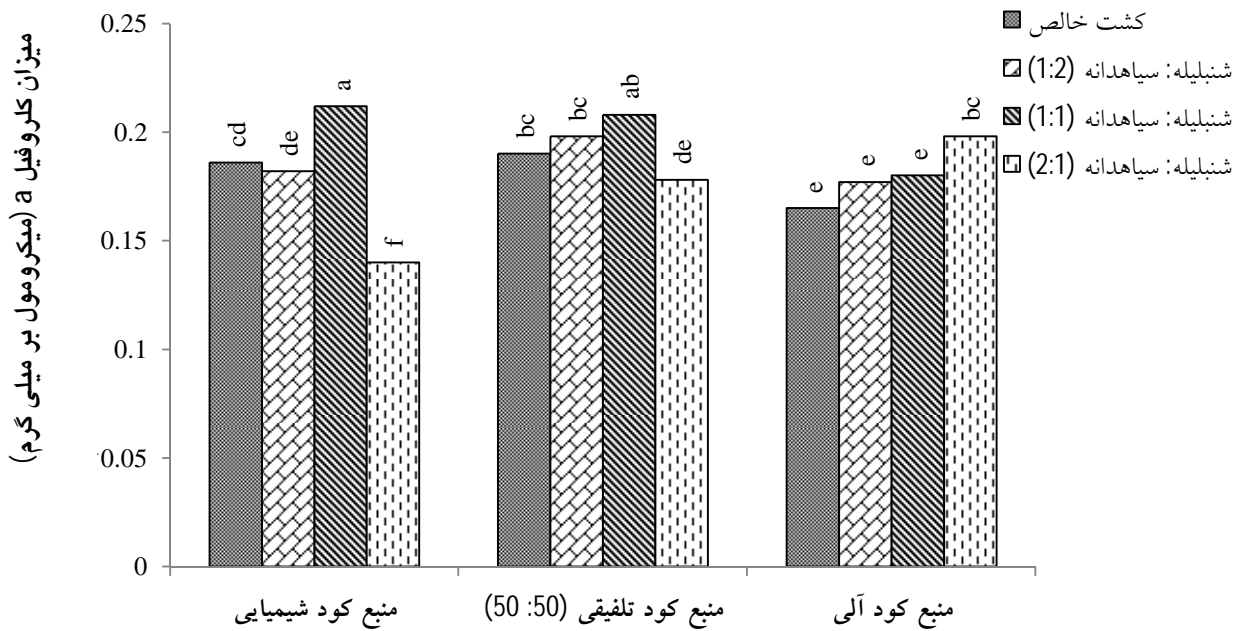


شکل 4- میزان کلروفیل b گیاه شنبلیله تحت تاثیر منبع کودی و نسبت‌های کشت مخلوط، میانگین‌های دارای حروف مشابه بر اساس آزمون LSD فاقد تفاوت آماری معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد می‌باشند.

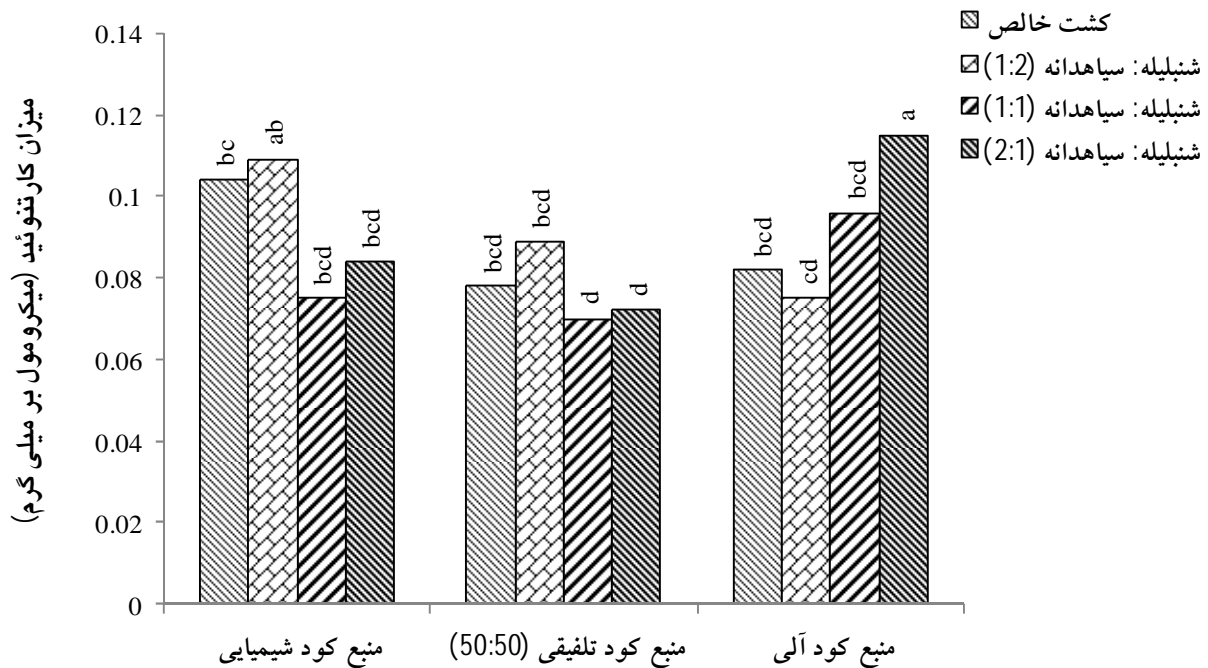
کارتنوئید

اگرچه نسبت مخلوط و منبع کودی بر میزان کارتنوئید گیاه شنبلیله اثری نداشت ولی اثرات متقابل آن‌ها بر این صفت در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار بود (جدول 4). تیمار یک ردیف سیاهدانه و یک ردیف شنبلیله تحت تغذیه تلفیقی دارای کمترین میزان کارتنوئید بود. بیشترین میزان کارتنوئید نیز به تیمار یک ردیف سیاهدانه + دو ردیف شنبلیله تحت سیستم آلی اختصاص داشت. میزان کارتنوئید گیاه شنبلیله در کشت خالص و یک ردیف سیاهدانه + یک ردیف شنبلیله تغذیه شده از منابع مختلف کودی مشابه بود (شکل 6). در تیمار دو ردیف سیاهدانه + یک ردیف شنبلیله میزان کارتنوئید تحت سیستم تغذیه تلفیقی و آلی و همین‌طور شیمیایی و تلفیقی مشابه بود اما با سیستم شیمیایی و آلی دارای اختلاف معنی‌داری نشان دادند. علاوه بر این میزان کارتنوئید یک ردیف سیاهدانه + دو ردیف شنبلیله تحت سیستم تغذیه شیمیایی و تلفیقی مشابه بود اما با سیستم آلی به ترتیب 27 درصد و 37/40 درصد کاهش نشان دادند

همان‌طور که در جدول 4 مشاهده می‌شود اثر نسبت مخلوط و منبع کودی و اثرات متقابل آن‌ها بر میزان کلروفیل b گیاه سیاهدانه در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود. میزان کلروفیل b در تیمار یک ردیف سیاهدانه + دو ردیف شنبلیله و دو ردیف سیاهدانه و یک ردیف شنبلیله تحت سیستم‌های مختلف تغذیه دارای اختلاف معنی‌داری بود، این در حالی بود که در کشت خالص و یک ردیف سیاهدانه و یک ردیف شنبلیله تحت سیستم شیمیایی و تلفیقی میزان کلروفیل b مشابه بود و در مقایسه با سیستم کود آلی دارای افزایش معنی‌داری بودند (شکل 5). کمترین میزان کلروفیل b (0/140 میکرومول بر میلی گرم) به تیمار یک ردیف سیاهدانه + دو ردیف شنبلیله اختصاص داشت. بیشترین کلروفیل b سیاهدانه متعلق به تیمار یک ردیف سیاهدانه و یک ردیف شنبلیله تحت سیستم شیمیایی بود که با همین نسبت مخلوط تحت منبع تلفیقی اختلاف معنی‌داری نشان نداد. در گیاه دارویی بابونه مشاهده شد که اگرچه کود شیمیایی سبب افزایش میزان کلروفیل b شد، اما این تیمار با تیمار کود دامی اختلاف معنی‌داری نشان نداد (رزمجو و همکاران 1388).



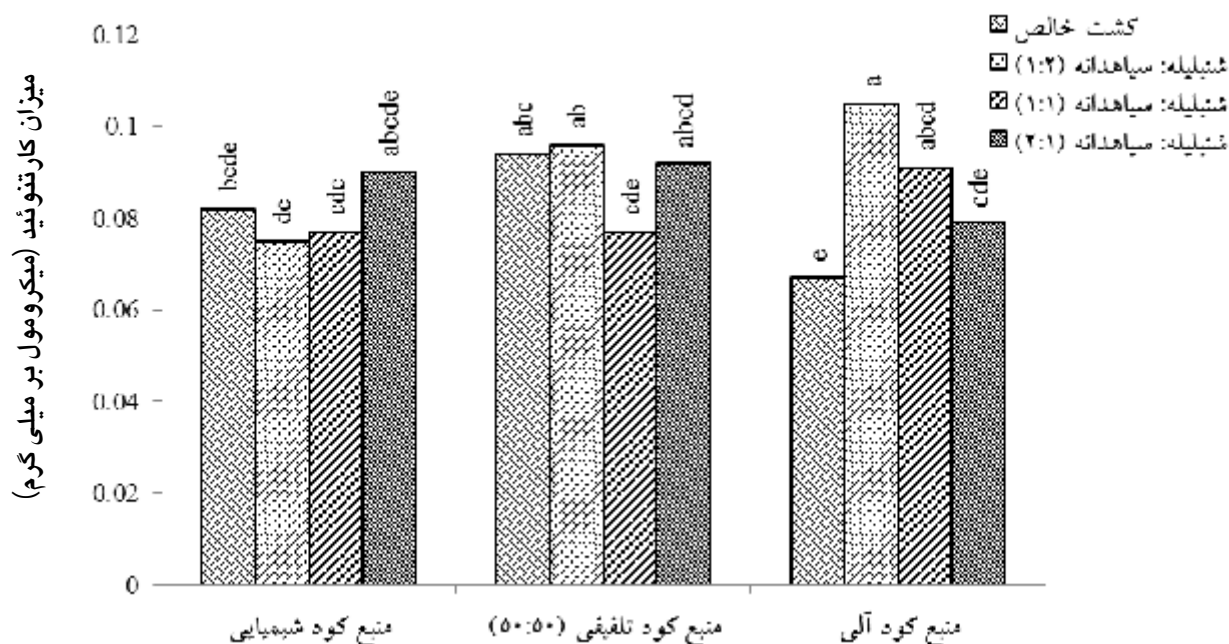
شکل 5- میزان کلروفیل b گیاه سیاهدانه تحت منبع کودی و نسبت‌های کشت مخلوط، میانگین‌های دارای حروف مشابه بر اساس آزمون LSD فاقد تفاوت آماری معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد می‌باشند.



شکل 6- میزان کارتنوئید گیاه شنبلیله تحت تاثیر منبع کودی و نسبت‌های کشت مخلوط، میانگین‌های دارای حروف مشابه بر اساس آزمون LSD فاقد تفاوت آماری معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد می‌باشند.

+ یک ردیف شنبلیله تحت منبع آلی اختصاص داشت، این در حالی بود که این تیمار با برخی تیمارها اختلاف معنی‌داری نشان نداد. در کشت مخلوط بادام زمینی و زرت، کشت مخلوط سبب افزایش کلروفیل اندام هوایی در هر دو گیاه شد (اینال و همکاران 2007). با توجه به نتایج بالا کشت مخلوط سبب افزایش کلروفیل a, b و کارتوتنوئیدها گردید. افزایش جذب بیشتر نیتروژن بواسطه‌ی تثبیت زیستی گیاه لگوم (شنبلیله) و رابطه مکملی مثبت ایجاد شده بین گیاه شنبلیله و سیاهدانه در کشت مخلوط و همین‌طور فراهمی بیشتر نیتروژن در منبع آلی و تلفیقی، و از طرفی دیگر نقش مهم نیتروژن بر فعالیت آنزیم‌های فتوسنتزی و ساختار رنگریزه‌های فتوسنتزی (زانگ و لی 2003 هانگ و همکاران 2004)، موجب شده است که استفاده از سیستم کشت مخلوط و استفاده از منبع کود آلی، افزایش کلروفیل و کارتوتنوئید را به دنبال داشته باشد، افزایش نیتروژن در گیاه سبب افزایش پروتوپلاسم و در نتیجه افزایش اندازه سلول و سطح برگ شده و در نهایت باعث افزایش فعالیت فتوسنتز می‌گردد (عارفی و همکاران 1391).

نتایج تجزیه واریانس بر روی گیاه سیاهدانه نشان داد که اثرات متقابل نسبت مخلوط در منبع کودی بر کارتوتنوئید گیاه سیاهدانه در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار بود، این در حالی است که نسبت مخلوط و منبع کودی بر این صفت اثری نداشت (جدول 4). با توجه به شکل 7 می‌توان بیان نمود که میزان کارتوتنوئید در تیمارهای شنبلیله: سیاهدانه یک ردیف سیاهدانه + یک ردیف شنبلیله و یک ردیف سیاهدانه + دو ردیف شنبلیله تحت سیستم‌های مختلف تغذیه مشابه بود. با کاربرد منبع کود تلفیقی و آلی تیمار دو ردیف سیاهدانه + یک ردیف شنبلیله اختلاف معنی‌داری در میزان کارتوتنوئید گیاه سیاهدانه در مقایسه با منبع کود شیمیایی مشاهده گردید. کشت خالص تحت سیستم شیمیایی و تلفیقی دارای میزان کارتوتنوئید مشابهی بودند، اما در مقایسه با سیستم آلی به ترتیب 22/4 و 40/3 افزایش نشان دادند. میزان کارتوتنوئید در تیمار دو ردیف سیاهدانه + یک ردیف شنبلیله تحت سیستم تلفیقی و آلی مشابه بود نسبت به سیستم شیمیایی به ترتیب 9/4 درصد و 40 درصد افزایش معنی‌داری نشان دادند. بیشترین کارتوتنوئید به تیمار دو ردیف سیاهدانه



شکل 7- میزان کارتوتنوئید گیاه سیاهدانه تحت تاثیر منبع کودی و نسبت‌های کشت مخلوط، میانگین‌های دارای حروف مشابه بر اساس آزمون LSD فاقد تفاوت آماری معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد می‌باشند.

میزان نور دریافتی

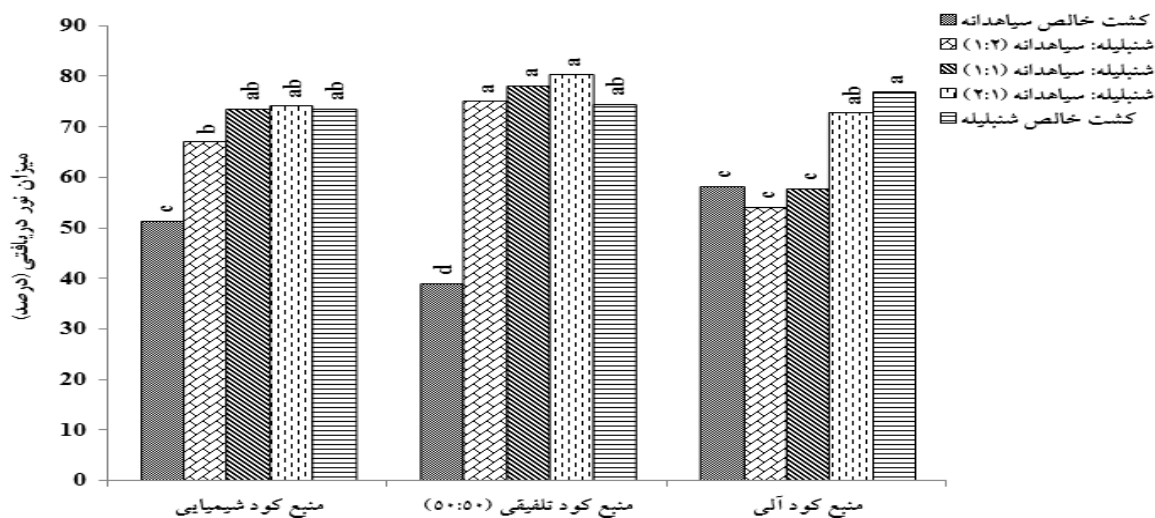
منبع تلفیقی، دارای بیشترین میزان نور دریافتی بود که با بسیاری از تیمارها اختلاف معنی‌داری نشان نداد. بوته‌های شنبلیله و سیاهدانه کشت شده به صورت مخلوط به دلیل آشیان‌های اکولوژیک متفاوت، توانسته‌اند تمام آشیان‌های موجود را به طور کامل اشغال کنند و به دنبال آن، سبب افزایش دریافت نور توسط کانوپی مخلوط نسبت به کانوپی خالص گردد (تسوبو و همکاران 2004). در کشت خالص همواره مقادیری از تشعشع فتوسنتز به دلیل وجود فضاهای خالی در بین گیاهان تلف شده که این تلفات در زراعت‌های مخلوط به دلیل پوشش بیشتر گیاه به سطح خاک کاهش می‌یابد (رستمی و همکاران 1390). از طرفی دیگر کاربرد کود تلفیقی علاوه بر دسترسی بهتر ریشه گیاهان، منجر به بیوماس بالا می‌شود که در شرایط مخلوط سبب افزایش نور دریافتی گردیده است، اگرچه این برتری به صورت غیر معنی‌دار بوده است (شکل 9). رضایی چپانه و همکاران (1389) در کشت مخلوط ذرت و باقلا، مشاهده نمودند درصد نور دریافتی کشت مخلوط ذرت و باقلا در مقایسه با کشت خالص به ترتیب 37 و 30 درصد افزایش به دنبال داشت. در کشت مخلوط تأخیری پنبه و گندم، دریافت نور پنبه همزمان با افزایش تراکم آن، افزایش معنی‌داری نشان داد (مائو و همکاران 2014).

نتایج تجزیه واریانس جدول 5 حاکی از آن است که اثرات ساده نسبت مخلوط و منبع کودی و اثرات متقابل آن‌ها بر درصد نور دریافتی کانوپی در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود. نتایج شکل 8 حاکی است که درصد نور دریافتی کانوپی کشت خالص شنبلیله و تیمار یک ردیف سیاهدانه + دو ردیف شنبلیله تحت سیستم‌های مختلف تغذیه، مشابه بود. اما متوسط نور دریافتی تیمار دو ردیف سیاهدانه + یک ردیف شنبلیله تحت منابع مختلف کودی، با هم اختلاف معنی‌داری نشان دادند. کشت خالص سیاهدانه تغذیه شده از منبع شیمیایی و آلی دارای متوسط نور دریافتی مشابهی بودند، اما در مقایسه با منبع کود تلفیقی دارای افزایش معنی‌داری بودند. کانوپی تیمار یک ردیف سیاهدانه + یک ردیف شنبلیله تغذیه شده از منبع شیمیایی و تلفیقی میزان نور مشابهی دریافت کردند، اما در مقایسه با سیستم آلی کاهش معنی‌داری داشتند. درصد نور دریافتی تیمار دو ردیف سیاهدانه + یک ردیف شنبلیله تحت منابع مختلف کودی، با هم اختلاف معنی‌داری داشته و در کود های شیمیایی و تلفیقی، میزان نور دریافتی در نسبت‌های مختلف مخلوط و کشت خالص شنبلیله مشابه بود و نسبت به کشت خالص سیاهدانه افزایش معنی‌داری نشان دادند. تیمار شنبلیله: سیاهدانه یک ردیف سیاهدانه + دو ردیف شنبلیله تحت سیستم

جدول 5- نتایج تجزیه واریانس (میانگین مربعات) اثر نسبت مخلوط و منبع کودی بر نور دریافتی کانوپی، دمای خاک و رطوبت حجمی خاک کانوپی گیاه شنبلیله و سیاهدانه

منابع تغییر	درجه آزادی	نور دریافتی کانوپی	دمای خاک	رطوبت حجمی خاک
تکرار	2	41/5 ^{ns}	10/05 ^{**}	0/29 ^{ns}
نسبت کشت مخلوط	4	1026 ^{**}	9/59 ^{**}	40/3 ^{**}
منبع کودی	2	120 ^{**}	6/53 ^{**}	3/9 ^{**}
نسبت کشت مخلوط × منبع کودی	8	225 ^{**}	3/57 ^{**}	1/4 [*]
اشتباه آزمایشی	28	21/4	1/08	0/52
ضریب تغییرات (درصد)	-	6/8	3/7	3/8

^{ns}، * و ** به ترتیب بیانگر غیر معنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال 5 و 1 درصد می‌باشد.

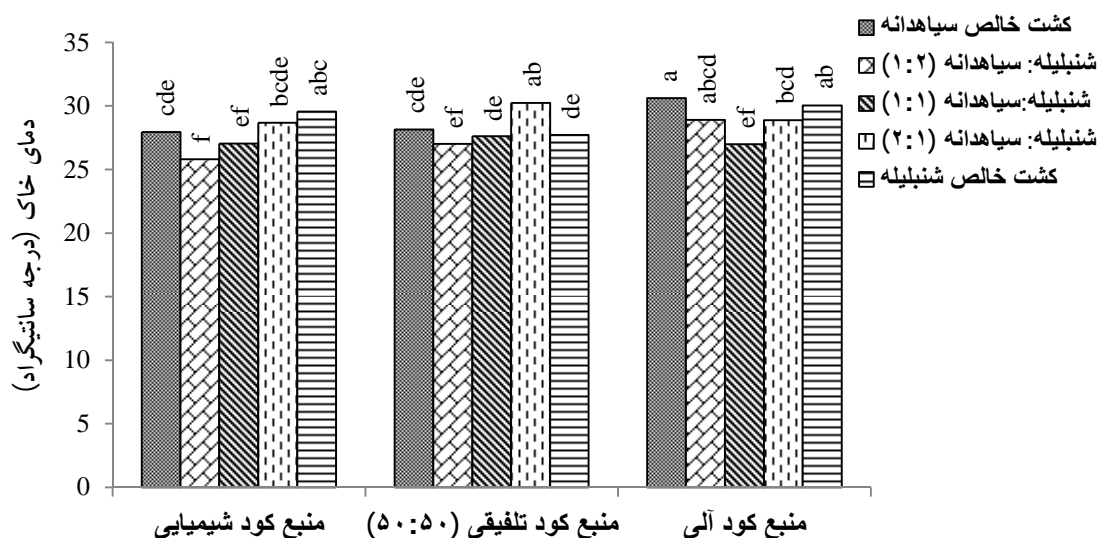


شکل 8- درصد نور دریافتی کانوپی شنبلیله- سیاهدانه تحت منبع کودی و نسبت‌های کشت مخلوط. میانگین‌های دارای حروف مشابه بر اساس آزمون LSD فاقد تفاوت آماری معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد می‌باشند.

کشت خالص سیاهدانه تحت سیستم آلی بود که با بسیاری از تیمارها اختلاف معنی‌داری نشان نداد. پایین‌تر بودن دمای خاک در بسیاری از نسبت‌های مختلف کشت مخلوط نسبت به کشت خالص می‌تواند به دلیل جذب بیشتر نور توسط پوشش سطح زمین بهبود یافته به واسطه‌ی تأثیر مثبت بوته‌های دو گونه کشت شده در مخلوط در مقایسه با کشت خالص محصولات در طی فصل رشد باشد، بنابراین جذب بیشتر نور بواسطه‌ی افزایش پوشش سطح زمین توسط تاج پوشش باعث افزایش سایه و کاهش دمای خاک می‌شود (انتونی و رینی 2008 و توسلی و همکاران 1390). در تأیید نتایج این آزمایش می‌توان به آزمایش توسلی و همکاران (1390) در کشت مخلوط ارزن و لوبیا اشاره نمود که کمترین دمای خاک را در الگوهای مختلف کشت مخلوط به دست آوردند.

دمای خاک

اثرات ساده نسبت مخلوط و منبع کودی و اثرات متقابل آن‌ها بر دمای خاک در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول 5). با توجه به شکل 9 می‌توان اظهار داشت دمای خاک کشت خالص شنبلیله تحت سیستم تغذیه کود شیمیایی و کود آلی مشابه بود، اما در مقایسه با سیستم تلفیقی به ترتیب 7 درصد و 8/4 درصد افزایش نشان دادند. کشت خالص سیاهدانه و تیمار دو ردیف سیاهدانه+ یک ردیف شنبلیله تغذیه شده از منبع کود شیمیایی و تلفیقی دارای دمای خاک کانوپی مشابهی بود اما در مقایسه با منبع آلی کاهش معنی‌داری نشان دادند. کانوپی تیمار شنبلیله: سیاهدانه یک ردیف سیاهدانه+ یک ردیف شنبلیله و یک ردیف سیاهدانه+ دو ردیف شنبلیله تحت منابع مختلف تغذیه، دارای دمای مشابه بود. بیشترین دمای خاک متعلق به

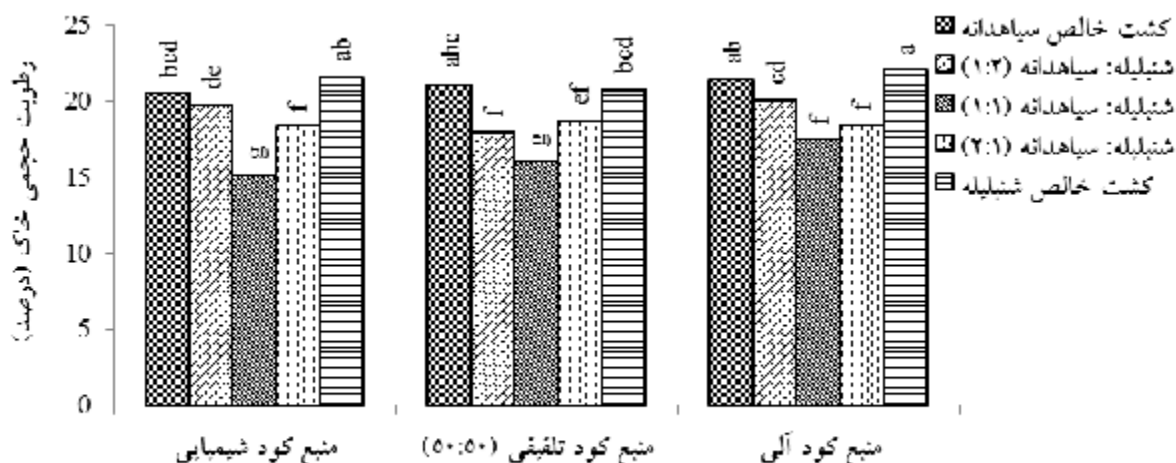


شکل 9- دمای خاک شنبلیله- سیاهدانه تحت منبع کودی و نسبت‌های کشت مخلوط، میانگین‌های دارای حروف مشابه بر اساس آزمون LSD فاقد تفاوت آماری معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد می‌باشند.

رطوبت خاک

سیستم تغذیه آلی دارای بیشترین درصد رطوبت بود، که با برخی تیمارها اختلاف معنی‌داری نشان نداد. مصرف کود دامی به سبب اثرات مثبت خود بر خصوصیات فیزیکی خاک و حفظ رطوبت بیشتر در خاک باعث افزایش محتوای رطوبت می‌شود (ابرا و همکاران 2005). کاهش رطوبت خاک در تیمارهای کشت مخلوط شنبلیله و سیاهدانه در مقایسه با کشت خالص آن به دلیل تبخیر رطوبت از سطح خاک -نموده، بلکه وجود گیاهان شنبلیله و سیاهدانه در کشت مخلوط به دلیل سیستم ریشه‌ای متفاوت و کانوپی فشرده- ترقادند آب بیشتری از لایه‌های خاک جذب کنند (توسلی و همکاران 1390). تفاوت در عمق ریشه‌دهی و گسترش شعاعی ریشه و تراکم طول ریشه احتمالاً از عواملی هستند که بر رقابت شنبلیله و سیاهدانه در کشت مخلوط برای جذب آب تأثیر گذاشته است (کوچکی و همکاران 1389). توسلی و همکاران (1390) در کشت مخلوط ارزن و لوبیا، کمترین محتوای رطوبت را از الگوهای مختلف کشت مخلوط به دست آوردند.

همان‌طور که در جدول 5 ارائه شده است رطوبت خاک تحت تأثیر نسبت مخلوط و منبع کودی و همین-طور اثرات متقابل آن‌ها قرار گرفت. درصد رطوبت خاک در کشت خالص سیاهدانه و تیمار یک ردیف سیاهدانه+ دو ردیف شنبلیله تحت سیستم‌های مختلف تغذیه، مشابه بود (شکل 10). کشت خالص شنبلیله تحت سیستم تغذیه شیمیایی و تلفیقی و همین-طور سیستم شیمیایی و آلی دارای رطوبت مشابهی بودند، اما بین منبع کود تلفیقی و کود آلی اختلاف معنی‌داری در رطوبت خاک مشاهده گردید. رطوبت خاک تیمار یک ردیف سیاهدانه+ یک ردیف شنبلیله تحت سیستم تغذیه شیمیایی و تلفیقی مشابه بود اما در مقایسه با منبع آلی کاهش معنی‌داری داشتند. درصد رطوبت خاک در تیمار دو ردیف سیاهدانه+ یک ردیف شنبلیله تغذیه شده از منبع کود شیمیایی و آلی مشابه بود اما در مقایسه با منبع تلفیقی بطور معنی‌داری بالاتر بود. خاک کف کانوپی کشت خالص شنبلیله تحت



شکل 10- رطوبت حجمی خاک شنبلیله- سیاهدانه تحت منبع کودی و نسبت‌های کشت مخلوط. میانگین‌های دارای حروف مشابه بر اساس آزمون LSD فاقد تفاوت آماری معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد می‌باشند.

ردیف سیاهدانه + دو ردیف شنبلیله اختصاص داشت. همچنین با افزایش تراکم شنبلیله در الگوهای کشت مخلوط، بر میزان اسانس افزوده شد. در کشت مخلوط شنبلیله و گشنیز، بیشترین میزان اسانس برگ گشنیز، در تیمار (175 درصد تراکم مطلوب گشنیز + 25 درصد تراکم مطلوب شنبلیله) مشاهده گردید (بیگناه و همکاران، 1393). با توجه به مقایسه میانگین شکل (11ب) می‌توان بیان نمود که اگرچه بیشترین میانگین میزان اسانس به منبع کود شیمیایی تعلق داشت ولی

میزان اسانس

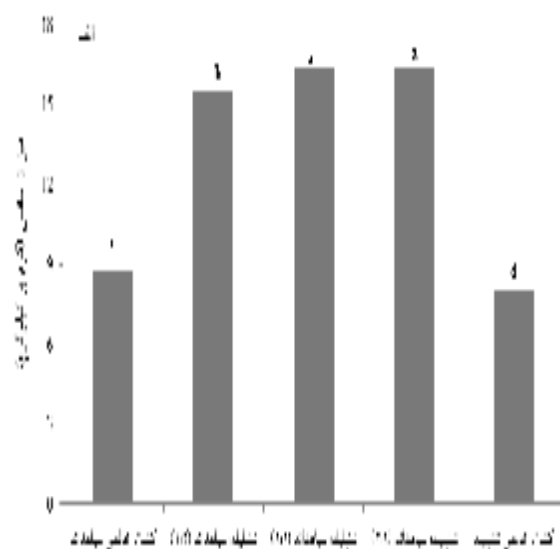
نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر نسبت-های کشت مخلوط بر میزان اسانس مجموع دو گیاه در سطح احتمال یک درصد تاثیر گذار بود، این در حالی بود که منبع کودی و اثرات متقابل نسبت مخلوط در منبع کودی بر این صفت اثری نداشت (جدول 6). مقایسه میانگین‌ها در شکل (11- الف) نشان داد کشت مخلوط سبب افزایش میزان اسانس مجموع دو گیاه شنبلیله- سیاهدانه گردید، به طوری که بیشترین میزان اسانس مجموع دو گیاه شنبلیله - سیاهدانه به نسبت یک

جدول 6- نتایج تجزیه واریانس (میانگین مربعات) اثر نسبت کشت مخلوط بر درصد و عملکرد اسانس دانه شنبلیله و سیاهدانه.

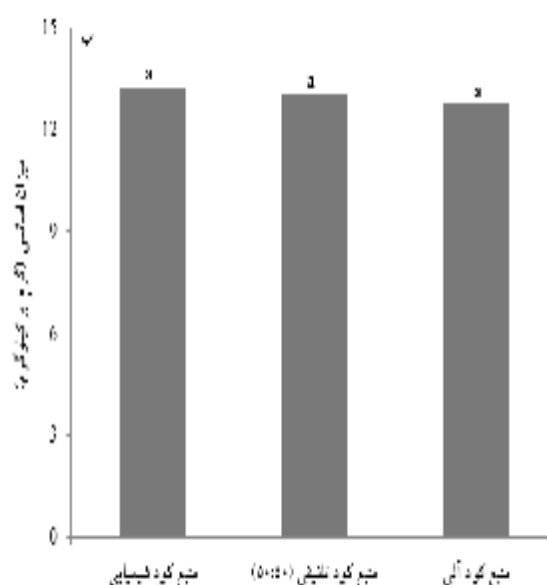
منابع تغییر	درجه آزادی	میزان اسانس	عملکرد اسانس
تکرار	2	0/64 ^{ns}	20/10 ^{ns}
نسبت کشت مخلوط	4	159/62 ^{**}	298/5 ^{**}
منبع کودی	2	0/68 ^{ns}	33/8 [*]
نسبت کشت مخلوط × منبع کودی	8	1/04 ^{ns}	22/7 [*]
خطای آزمایشی	28	0/53	8/2
ضریب تغییرات (درصد)	-	5/6	15/6

^{ns}، * و ** به ترتیب بیانگر غیر معنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال 5 و 1 درصد میباشد.

راستا مکی زاده و همکاران (1391) نیز در گیاه دارویی ریحان مشاهده نمودند که در بین منابع مختلف کودی کود شیمیایی دارای بیشترین میزان اسانس (1/46 درصد) بود.



میانگین میزان اسانس مجموع دو گیاه شنبلیله- سیاهدانه در منابع مختلف کودی دارای اختلاف آماری معنی داری نبود، و هرچه به سمت منبع آلی پیش می- رفت، از میزان اسانس از نظر عددی کاسته شد. در این



شکل 11- مقایسه اثرات اصلی نسبت کشت مخلوط (الف) و منبع کودی (ب) بر میزان اسانس بذر شنبلیله و سیاهدانه، میانگین‌های دارای حروف مشابه فاقد اختلاف آماری معنی‌دار بر اساس آزمون LSD می‌باشند.

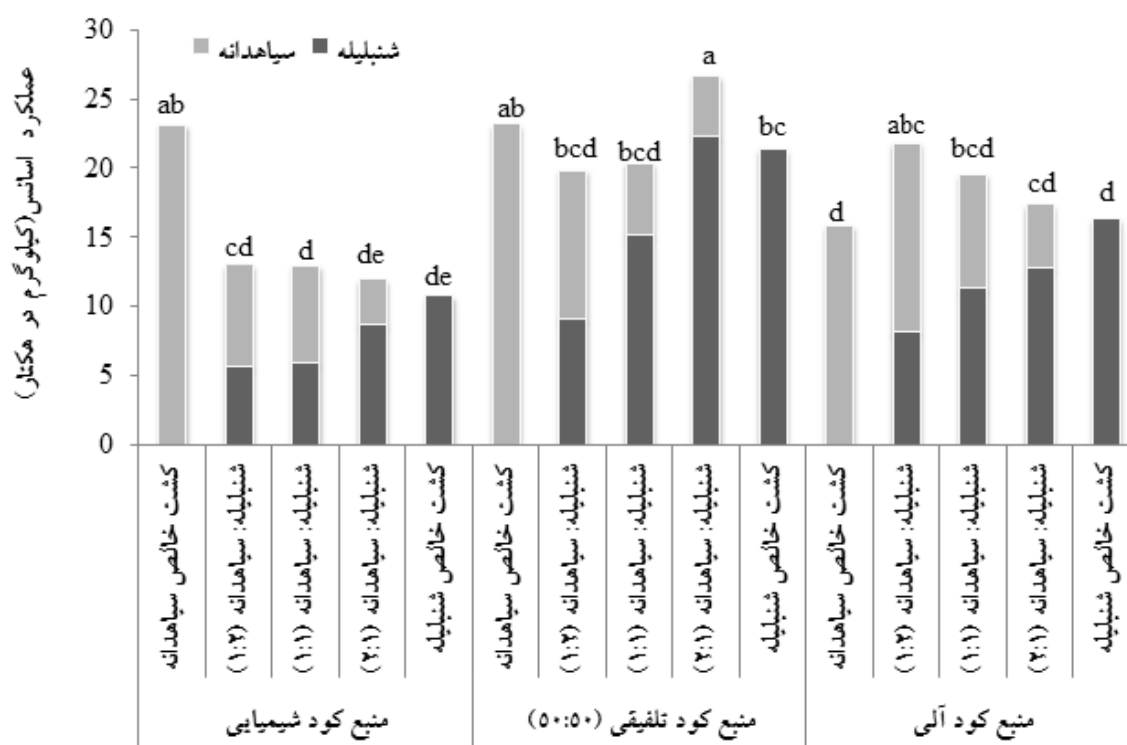
ردیف سیاهدانه + دو ردیف شنبلیله تحت تغذیه تلفیقی دارای بیشترین عملکرد اسانس (26/64 کیلوگرم در هکتار) بود. از آنجایی که عملکرد اسانس تابع درصد اسانس و عملکرد دانه گیاه است، بنابراین افزایش در هر یک از این دو سبب افزایش در عملکرد اسانس گیاه می‌شود، لذا بالاتر بودن عملکرد اسانس در این تیمار، به علت داشتن بیشترین عملکرد دانه (شکل 1) و درصد اسانس (شکل 11) منطقی به نظر می‌رسد. افزایش عملکرد اسانس در نتیجه کاربرد سیستم کود تلفیقی را می‌توان تسریع در متابولیسم واکنش‌ها و نیز تحریک آنزیم‌ها به واسطه‌ی مصرف کودهای دامی نسبت داد (حسین و همکاران 2006). از طرفی دیگر می‌توان بیان داشت که اسانس‌ها ترکیبات ترپنوئیدی هستند که واحد-های سازنده آنها (ایزوپرنوئیدها) مانند ایزوپنتیل پیروفسفات (IPP) و دی متیل آمیل پیرو فسفات

عملکرد اسانس

عملکرد اسانس کانوپی شنبلیله و سیاهدانه تحت تأثیر اثرات ساده و متقابل عوامل آزمایشی قرار گرفت (جدول 6). مقایسه میانگین‌ها حاکی از آن است که کشت خالص سیاهدانه تحت تغذیه سیستم منبع کود شیمیایی و کود تلفیقی دارای عملکرد اسانس مشابهی بود که در مقایسه با منبع کود آلی افزایش معنی‌داری نشان دادند. عملکرد اسانس در تیمار شنبلیله: سیاهدانه دو ردیف سیاهدانه+ یک ردیف شنبلیله و یک ردیف سیاهدانه+ یک ردیف شنبلیله تحت سیستم‌های مختلف تغذیه، مشابه بود. علاوه بر این تیمار یک ردیف سیاهدانه+ دو ردیف شنبلیله و کشت خالص شنبلیله تحت منبع کود شیمیایی و آلی دارای عملکرد اسانس مشابهی بودند، اما در مقایسه با کاربرد منبع تلفیقی کاهش معنی‌داری نشان دادند (شکل 12). تیمار یک

شنبلیله، بیشترین عملکرد اسانس برگ گشنیز در تیمار (175% تراکم مطلوب گشنیز +25% تراکم مطلوب شنبلیله) مشاهده نمودند. همچنین در کشت مخلوط شنبلیله و رازیانه بیشترین عملکرد اسانس بذر رازیانه (31/31 کیلوگرم در هکتار) به تیمار کشت مخلوط افزایشی (100% رازیانه + 33% شنبلیله) اختصاص داشت، که این تیمار با تیمار کشت خالص آن اختلاف معنی‌داری نداشت (صدری و همکاران 1393).

(DMAPP) نیاز مبرم به NADPH و ATP دارند. و حضور عناصری مانند نیتروژن و فسفر برای تشکیل ترکیب‌های اخیر ضروری می‌باشد (جمشیدی و همکاران 1391)، وجود نیتروژن و فسفر در منبع کود دامی می‌تواند سبب افزایش دسترسی فسفر و نیتروژن توسط ریشه گیاهان شود (علیزاده و همکاران 2012 و فلاح و همکاران 2013) و موجب افزایش اسانس شود. بیگناه و همکاران (1393) در کشت مخلوط گشنیز و



شکل 12- مجموع عملکرد اسانس گیاه شنبلیله - سیاهدانه تحت منبع کودی و نسبت‌های کشت مخلوط، میانگین‌های دارای حروف مشابه بر اساس آزمون LSD فاقد تفاوت آماری معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد می‌باشند.

علاوه بر این در تیمارهای مخلوط میزان رطوبت خاک به دلیل حجم رویشی بیشتر نسبتاً پایین بود. در مجموع تیمار یک ردیف سیاهدانه + دو ردیف شنبلیله تحت تغذیه تلفیقی، با داشتن حداکثر عملکرد دانه، میزان اسانس، عملکرد اسانس و نور دریافتی و همچنین داشتن میزان بالایی از کلروفیل a هر دو گیاه، به عنوان تیمار مناسب پیشنهاد می‌گردد.

نتیجه‌گیری

با توجه به نتایج این آزمایش، کشت مخلوط و سیستم کوددهی آلی (کابرد جداگانه و یا تلفیقی) سبب افزایش کلروفیل a گیاه شنبلیله و کارتنوئید هر دو گیاه شد. حداکثر میزان نور دریافتی و عملکرد اسانس نیز در کانوپی شنبلیله: سیاهدانه یک ردیف سیاهدانه + دو ردیف شنبلیله تحت سیستم تغذیه تلفیقی به دست آمد.

منابع مورد استفاده

- اله دادی م، شکبیا م، دباغ محمدی نسب ع و امینی ر، 1392. ارزیابی عملکرد و سودمندی کشت مخلوط سویا (*Glycine max* (L.) Merrill) و همیشه بهار (*Calendula officinalis* L.). نشریه دانش کشاورزی و تولید پایدار، 23(3): 47-58.
- بهارلویی س، 1392. اثر رقابت گیاهی بر نیاز نیتروژن کشت مخلوط نخودفرنگی و کلزا. پایان نامه کارشناسی ارشد، رشته اگرواکولوژی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهرکرد. 96 صفحه.
- بیگناه ر، رضوانی مقدم پ، و جهان م، 1393. تأثیر کشت مخلوط بر عملکرد بیولوژیک، درصد نیتروژن و خصوصیات مورفولوژیک گشنیز (*Coriandrum sativum* L.) و شنبلیله (*Trigonella foenum-graecum* L.). پژوهش‌های زراعی ایران، 12(3): 369-377.
- توسلی ا، قنبری ا، مسعود احمدی م، و حیدری م، 1389. اثر کودهای دامی و شیمیایی بر عملکرد علوفه و دانه ارزن (*Panicum miliaceum*) و لوبیا (*Phaseolus vulgaris*) در کشت مخلوط. نشریه پژوهش‌های زراعی ایران، 8(2): 203-212.
- جمشیدی ا، قلاوند ا، سفید کن ف، و محمدی گل تپه ا، 1391. تأثیر سیستم‌های مختلف تغذیه بر صفات کمی و کیفی گیاه دارویی رازیانه (*Foeniculum vulgare* Mill.) تحت تنش کم آبی. فصلنامه علمی-پژوهشی تحقیقات گیاهان دارویی و معطر ایران، 28(2): 309-323.
- حمیسی م، سفیدکن ف، نصری م، و لباسچی مح، 1391. تأثیر مقادیر نیتروژن، فسفر و کود دامی بر عملکرد پیکرورویشی، بازده، عملکرد و کیفیت اسانس بابونه کبیر (*Tanacetum parthenium* L.). فصلنامه تحقیقات گیاهان دارویی و معطر ایران، 28(3): 399 - 410.
- رمزجو ا، حیدری م، و قنبری ا، 1388. بررسی تنش خشکی و سه نوع کود بر عملکرد گل، پارامترهای فیزیولوژیک و جذب عناصر غذایی در بابونه آلمانی (*Matricaria chamomilla*). فصلنامه علمی-پژوهشی تحقیقات گیاهان دارویی و معطر ایران، 25(4): 482-494.
- رستمی ل، کوچکی ع، و نصیری محلاتی م، 1390. اثر تراکم‌های مختلف کشت مخلوط ذرت (*Zea mays* L.) و لوبیا (*Phaseolus vulgaris* L.) بر قابلیت جذب و کارایی مصرف نور. نشریه بوم‌شناسی، 3(3): 290-297.
- رسولی ز، ملکی فراهانی س، و بشارتی ح، 1392. واکنش برخی ویژگی‌های رویشی زعفران به منابع کودی گوناگون (*Crocus sativus* L.). مجله پژوهش‌های علوم خاک (خاک و آب)، 27(1): 35-46.
- رضائی چپانه ا، دباغ محمدی نسب ع، شکبیا م، قاسمی گل‌عذانی ک، و اهریزاد س، 1389. بررسی دریافت نور و برخی ویژگی‌های کانوپی در کشت‌های خالص و مخلوط ذرت (*Zea mays* L.) و باقلا (*Vicia faba* L.). نشریه بوم-شناسی، 2(3): 437-447.
- صالحی ع، 1392. اثر کاربرد جداگانه و تلفیقی کودگاو و اوره بر خروج CO₂ خاک، رشد و عملکرد سیاهدانه (*Nigella sativ* L.). پایان‌نامه کارشناسی ارشد، رشته اگرواکولوژی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهرکرد. 134 صفحه.

صدری س، پوریوسف، م، و سلیمانی عر، 1393. ارزیابی عملکرد اسانس و شاخص‌های سودمندی در کشت مخلوط رازیانه و شنبلیله. مجله علوم زراعی ایران، 16(4): 921-932.

عارفی ا، کافی م، خزاعی ح، و بنایان م، 1391. بررسی اثر سطوح مختلف نیتروژن، فسفر و پتاسیم بر عملکرد، فتوسنتز و پیگمانت‌های فتوسنتزی، کلروفیل و غلظت اجزای گیاه دارویی و صنعتی موسیر (*Allium altissimum* Regel). نشریه بوم‌شناسی کشاورزی، 4(3): 207-214.

قاسمی مهام س، و فلاح س، 1393. ارزیابی اثر تیمارهای کودی بر عملکرد و اجزای عملکرد شنبلیله و اسفرزه در کشت مخلوط، دومین همایش سراسری کشاورزی و منابع طبیعی پایدار، صفحه 9.

کوچکی عر، امیر مرادی ش، شباهنگ ج، و کلانتری خاندانی س، 1392. اثر کودهای آلی بر خصوصیات کمی و کیفی گیاهان دارویی اسفرزه (*Plantago ovata* Forssk.)، قدمه شیرازی (*Alyssum homolocarpum* L.)، قدمه شهری (*Lepidium perfoliatum* L.) و تخم شربتی (*Lalementia iberica* L.). نشریه بوم‌شناسی، 5(1): 26-16.

کوچکی عر، نصیری محلاتی م، فیضی ح، امیرمرادی ش، و مندنی ف، 1389. اثر کشت مخلوط نواری ذرت (*Zea mays* L.) و لوبیا (*Phaseolus vulgaris*) بر عملکرد، ماده خشک و نسبت برابری زمین در شرایط کنترل و عدم کنترل علف‌های هرز نشریه بوم‌شناسی، 2(2): 225-235.

محمدی خ، قلاوند ا، آقا علیخانی م، و رخصادی ا، 1390. تأثیر روش‌های مختلف افزایش حاصلخیزی خاک از طریق افزودن کودهای آلی، شیمیایی و بیولوژیکی بر عملکرد و کیفیت دانه کلزا (*Brassica napus* L.). نشریه بوم‌شناسی کشاورزی، 3(3): 298-308.

مردانی ف، و بلوچی ح، 1394. تأثیر کشت مخلوط بر عملکرد و برخی صفات کمی و کیفی شنبلیله و آنیسون. نشریه دانش کشاورزی و تولید پایدار، 25(2): 1-16.

مکی‌زاده تفتی م، چایی‌چی م، نصراله‌زاده ص، و خاوازی ک، 1391. اثر کودهای زیستی، آلی و شیمیایی بر خصوصیات کمی و کیفی گیاه ریحان. نشریه دانش کشاورزی و تولید پایدار، جلد 22(1): 1-12.

میرهاشمی س، کوچکی عر، پارسا م، نصیری محلاتی م، 1388. بررسی مزیت کشت مخلوط زنیان و شنبلیله در سطوح مختلف کود دامی و آرایش کاشت. مجله پژوهش‌های زراعی، 7(1): 259-269.

Abera T, Feyissa D, and Yusuf H, 2005. Effect of inorganic and organic fertilizer on grain yield of maizeclimbing bean intercropping and soil fertility in Western Oromiya, Ethiopia. Conference on International Agriculture Research for Development. Stuttgart - Hohenheim 1-9.

Alizadeh P, Fallah S, and Raiesi F, 2012. Potential N mineralization and availability to irrigated maize in calcareous soil amended with organic manures and urea under field conditions. International Journal of Plant Production, 6(4):493-512.

Amujoyegbe BJ, Opabode JT, and Olayinka A, 2007. Effect of organic and inorganic fertilizer on yield and chlorophyll content of maize (*Zea mays* L.) and sorghum (*Sorghum bicolor* (L.) Moench). African Journal of Biotechnology, 6 (16):1869-1873.

- Anthony RS, and Rene CV, 2008. Land equivalent ratios, Light interception, and water in annual intercrops in the presence or absence of in-crop herbicides. *Agronomy Journal*, 100: 1145-1154.
- Aziz T, Ullah S, Sattar A, Nasim M, Farooq M, and Mujtabakhan M, 2010. Nutrient availability and maize (*Zea mays* L.) growth in soil amended with organic manure. *Journal of Agriculture and Biology*, 12: 621-624.
- Baldi E, Toselli M, and Marangoni B, 2010. Nutrient partitioning in potted peach (*Prunus persica* L.) trees supplied with mineral and organic fertilizers. *Journal of Plant Nutrient*, 33: 2050-2061.
- Bandyopadhyay KK, Misra AK, Ghosh PK, and Hati KM, 2010. Effect of integrated use of farmyard manure and chemical fertilizers on soil physical properties and productivity of soybean. *Soil & Tillage Research*. *Soil & Tillage Research*, 110: 115–125.
- Baumann DT, Bastiaans L, Goudriaan I, Vanlaar HH, and Kropff J, 2002. Analyzing crop yield and plant quality in an intercropping system using an eco-physiological model for interplant competition. *Agricultural Systems*, 73: 173-203.
- Brussard L, De Ruiter PC, and Brown GG, 2007. Soil biodiversity for agricultural sustainability. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 121: 233-244.
- Caviglia OP, Sadras VO, and Andrade FH, 2011. Yield and quality of wheat and soy-bean in sole- and double-cropping. *Agronomy of Journal*, 103 (4): 1081–1089.
- Egbe OM, and Bar-Anyam MN, 2010. Pigeonpea/sorghum intercropping in southern Guinea Savanna: effects of planting density of pigeonpea. *Nature and Science*, 8(11): 156-167.
- Fallah S, Ghalavand A, and Raiesi F, 2013. Soil chemical properties and growth and nutrient uptake of maize grown with different combination of broiler litter and chemical fertilizer in a calcareous soil. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 44(21): 3120-3136.
- Gao Y, Duan A, Qiu X, Liu Z, Sun J, Zhang J, and Wang H, 2010. Distribution of roots and root length density in a maize/soybean strip intercropping system. *Agriculture Water Management*, 98: 199–212.
- Gao Y, Duan AW, Sun JS, Li FS, Li ZG, Liu H, and Liu ZD, 2009. Crop coefficient and water-use efficiency of winter wheat/spring maize strip intercropping. *Field Crops Research*, 111: 65–73.
- Ghanbari BA, 2000. Intercropping field bean (*Vicia faba* L.) and wheat (*Triticum aestivum* L.) as a low-input forage. PhD Thesis Wye Collage University of London UK.
- Ghosh PK, Tripathi AK, Bandyopadhyay KK, Manna MC, 2009. Assessment of nutrient competition and nutrient requirement in soybean/sorghum intercropping system. *European Journal of Agronomy*, 31: 43-50.
- Ghosh PK, Manna MC, Bandyopadhyay KK, Ajay AK, Tripathi RH, Wanjari KM, Hati AK, Misra Charya CL, and Subba Rao A, 2006. Interspecific interaction and nutrient use in soybean-sorghum intercropping system. *Agronomy Journal*, 98(4): 1097-1108.
- Huang D, Jiang Y, Yang J, and Sun S, 2004. Effects of nitrogen deficiency on gas exchange, chlorophyll fluorescence, and anti oxidant enzymes in leaves of rice plants. *Agronomy Journal*, 42(3):357-364.
- Hussein MS, EL- Sherbeny SL, Khalil MY, Naguib NY, and Aly SM, 2006. Growth characters and chemical constituents of *Dracocephalum moldavica* L. plant in relation to compost fertilizer and planting distance. *Scientia Horticulture (Amsterdam)*, 108(3): 322 – 331.

- Inal A, Gunes A, Zhang FS, and Cakmak I, 2007. Peanut/maize intercropping induced changes in rhizosphere and nutrient concentrations in shoots. *Plant Physiology and Biochemistry*, 45: 350-356.
- Maffei J, and Mucciarelli M, 2003. Essential oil yield in pepper mint-soybean strip-cropping. *Field Crops Research*, 84:229-240.
- Mao L, Zhang L, Zha X, Liu S, van der werf W, Zhang S, Spiertz H, and Zhaohu L, 2014. Crop growth, light utilization and yield of relay intercropped cotton as affected by plant density and a plant growth regulator. *Field Crops Research*, 155: 67-76.
- Mgbeze GC and Abu Y. 2010. The effects of NPK and farmyard manure on the growth and development of the African yam bean (*Sphenostylis stenocarpa* Hochst ex. a rich). *African Journal of Biotechnology*, 9(37): 6085-6090.
- Neamatollahi E, Jahansuz MR, Mazaheri D, and Bannayan M, 2013. Intercropping. In: E. Lichtfouse (ed.), *Sustainable Agriculture Reviews*, Sustainable Agriculture Reviews 12. Springer Dordrecht Heidelberg New York London.
- Rusinamhodzi L, Corbeels M, and Nyamangara J. and Giller KE, 2012. Maize-grain legume intercropping is an attractive option for ecological intensification that reduces climatic risk for smallholder farmers in central Mozambique. *Field Crops Research*, 136: 12-22.
- Sharma PK, and Tandon HLS, 1992. Nitrogen and phosphorus in Crop Production in Management of Nutrient Interactions, Tandon, HLS Ed., Fertilizer Development and Consultation Organization, New Delhi, pp. 1.20 .
- Siddiqui Y, Islam TM, Naidu Y, and Meon S, 2011. The conjunctive use of compost tea and inorganic fertiliser on the growth, yield and terpenoid content of *Centella asiatica* (L.) urban. *Scientia Horticulturae*, 130: 289-295.
- Sing K, Chand S, and Yaseen M, 2014. Intergrated nutrient management in Indian basil (*Ocimum basilicum*). *Industrial Crops and Products*, 55: 225-229.
- Tesfaye K, Walker S, and Tsubo M, 2006. Radiation interception and radiation use efficiency of three grain legumes under water deficit conditions in a semi-arid environment. *European Journal of Agronomy*, 25: 60-70.
- Tsubo M, Walker S, and Ogindo HO, 2004. A simulation model of cereal- legume Intercropping systems for semiarid regions I. model development. *Field Crop Resrarch*, 90: 48-61.
- Wu FZ, Bao WK, Zhou ZQ and Wu N, 2009. Carbon accumulation, nitrogen and phosphorous use efficiency of *Sophora davidii* seedling in respons to nitrogen supply and water stress. *Journal of Arid Environments*, 73(12) 1067-1073.
- 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.