"مجله علوم زراعی ایران"
جلد بیست و یکم، شماره ۱، بهار ۱۳۹۸

مقاله پژوهشی

ارزیابی کارایی مصرف تابش و کنترل علف‌های هرز در کشت مخلوط نیشکر (*Saccharum officinarum* L.) و بقولات

Evaluation of radiation use efficiency and weed control in intercropping of sugarcane (*Saccharum officinarum* L.) and legumes

علی احسانی پور[۱]، حمید عباس دخت[۲]، منوچهر قلی پور[۳] و علیرضا ابدالی مشهدی[۴]

چکیده

علی احسانی پور، ع.، ح. عباس دخت، م. قلی پور و ع.ر. ابدالی مشهدی. ۱۳۹۸. ارزیابی کارایی مصرف تابش و کنترل علف‌های هرز در کشت مخلوط نیشکر (*Saccharum officinarum* L.) و بقولات. **مجله علوم زراعی ایران. ۲۱(۱): ۸۱-۶۲.**

این آزمایش با هدف ارزیابی کارایی مصرف تابش و کنترل علف‌های هرز در سال زراعی ۹۶-۱۳۹۵ در دو مکان در شهرستان اهواز به‌صورت طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ۱۴ تیمار و چهار تکرار اجرا شد. تیمارهای آزمایشی عبارت بودند از: کشت خالص نیشکر، کشت خالص سویا، کشت خالص لوبیا چشم بلبلی، کشت خالص سویا + رایزوبیوم، کشت خالص لوبیا چشم بلبلی + رایزوبیوم، کشت خالص نیشکر + مایکوریزا، کشت مخلوط نیشکر و لوبیا چشم بلبلی، کشت مخلوط نیشکر و سویا، کشت مخلوط نیشکر و لوبیا چشم بلبلی + رایزوبیوم، کشت مخلوط نیشکر و سویا + رایزوبیوم، کشت مخلوط نیشکر + میکوریزا و لوبیا چشم بلبلی، کشت مخلوط نیشکر + میکوریزا و سویا، کشت مخلوط نیشکر + میکوریزا و سویا + رایزوبیوم و کشت مخلوط نیشکر + میکوریزا و لوبیا چشم بلبلی + رایزوبیوم. نتایج نشان داد که کارایی مصرف تابش در تیمارهای کشت مخلوط بهتر از کشت خالص بود و بیش‌ترین مقدار کارایی مصرف تابش در نیشکر (۱/۹ گرم بر مگاژول) و بالاترین نسبت برابری زمین (۲/۰۶) و بیش‌ترین عملکرد ساقه نیشکر (۱۱۲/۸ تن در هکتار) در تیمار کشت مخلوط نیشکر + میکوریزا + لوبیا چشم بلبلی + رایزوبیوم به‌دست آمد. در تیمارهای کشت مخلوط، کنترل علف‌های هرز بدون استفاده از علف‌کش‌های شیمیایی به‌خوبی انجام شد. ضریب خاموشی نور در لوبیا و سویا در دو مکان تفاوت معنی‌داری داشت، ولی برای گیاه نیشکر تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد. در لوبیا چشم بلبلی بیش‌ترین شاخص سطح برگ (٤/٦) و کم‌ترین ضریب خاموشی نور(۰/٤۲۷) در کشت خالص لوبیا چشم بلبلی تلقیح شده با رایزوبیوم مشاهده شد. بیش‌ترین ضریب خاموشی نور برای گیاه نیشکر در کشت خالص (۰/٤۷۳) و بیش‌ترین ضریب خاموشی نور برای گیاه لوبیا چشم بلبلی در کشت مخلوط با نیشکر (۰/۵۹۵) به دست آمد. نتایج این آزمایش نشان داد که اثر هم‌افزایی حضور هم‌زمان میکوریزا و لوبیا چشم بلبلی در کنار نیشکر، بر صفات و شاخص‌های مورد ارزیابی در این پژوهش مثبت بود و استفاده از میکوریزا و باکتری رایزوبیوم و بهره‌گیری از بقولات در کشت مخلوط، باعث بهبود وضعیت حاصلخیزی خاک، افزایش کارایی استفاده از زمین و تابش شد. در تیمارهای کشت مخلوط کنترل علف‌های هرز نیز موثرتر انجام شد.

واژه‌های کلیدی: سویا، شاخص سطح برگ، ضریب خاموشی نور، لوبیا چشم بلبلی و نسبت برابری زمین.

تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۰۸/۱۵ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۰۱/۲۸ این مقاله مستخرج از رساله دکتری نگارنده اول می‌باشد.

۱- دانشجوی دکتری دانشگاه صنعتی شاهرود
۲- دانشیار دانشکده کشاورزی دانشگاه صنعتی شاهرود(مکاتبه کننده) (پست الکترونیک: habbasdokht@yahoo.com)
۳- دانشیار دانشکده کشاورزی دانشگاه صنعتی شاهرود
۴- دانشیار دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان

مقدمه

گرایش جدید جامعه جهانی به سمت کشاورزی پایدار در راستای کاهش مصرف نهاده‌ها، خصوصاً نهاده‌های شیمیایی است. یکی از روش‌های رسیدن به اهداف کشاورزی پایدار، کشت مخلوط یا زراعت هم‌زمان دو یا چند گیاه زراعی در یک قطعه زمین است که از قدیمی‌ترین نظام های زراعی جهان محسوب می‌شود. مهم‌ترین مزایای کشت مخلوط افزایش کارآیی استفاده از منابع به ویژه نور، آب و نیتروژن و کنترل بهتر علف‌های هرز، افزایش تنوع زیستی در مقایسه با کشت‌های خالص می‌باشد (Mazaheri, 1998). بر اساس نتایج آزمایش‌های انجام شده هنگامی که دو گونه مختلف گیاهی با ارتفاع بوته و الگوی رشد متفاوت به‌صورت هم‌زمان در کشت مخلوط قرارگیرند، کم‌ترین رقابت را با یکدیگر ایجاد می‌کنند و این موضوع باعث افزایش عملکرد کشت مخلوط در مقایسه با کشت خالص می‌شود (Cui *et al*., 2017).

نقش بقولات به عنوان یک منبع مهم در جیره غذایی انسان، تغذیه دام و افزایش حاصلخیزی خاک شناخته شده است. لوبیا چشم بلبلی (*Vigna unguiculata* L.) مهم‌ترین گیاه خانواده بقولات است که با توجه به پروتئین بالا و سایر خصوصیات زراعی، بیشترین سطح کشت را بین حبوبات دارد (Parsa and Bagheri, 2009). نیشکر (*Saccharum officinarum* L.) قوی‌ترین گیاه زراعی در تبدیل انرژی خورشیدی به ماده خشک گیاهی و از گیاهان مهم قندی است که به‌صورت چند ساله با هدف برداشت ساقه برای تولید شکر کشت می‌شود. سویا (*Glycine max* L.) گیاهی است از خانواده بقولات که بالاترین سطح زیر کشت و تولید دانه روغنی و پروتئینی را در جهان دارا است (Khajehpour, 2005). گیتا و همکاران (Geetha *et al*., 2015) گزارش کردند که کشت مخلوط نیشکر با حبوبات نه تنها باعث افزایش بهره‌وری کشت گردید، بلکه باعث کاهش چشمگیر در تراکم علف‌های هرز در بین بوته‌های نیشکر نیز شد. در آزمایش دیگری اعلام شد که عملکرد نیشکر در کشت مخلوط با لوبیا چشم بلبلی به ترتیب ۱۷/۲ درصد و ۱۵/۸ درصد بیش‌تر از کشت خالص نیشکر و مخلوط نیشکر- ماش شد. بعلاوه عملکرد نیشکر از ۱۱۱/۸ تن در هکتار در کشت خالص نیشکر به ۱۳۰/۵ تن در هکتار در کشت مخلوط با نخود افزایش یافت (Rasool *et al*., 2011). نتایج یک آزمایش نشان داد که کشت مخلوط نیشکر با عدس، خردل هندی و لوبیا سبز باعث پایداری اقتصادی در آن اکوسیستم زراعی شد (Suryawanshi *et al*., 2010). همچنین وجود سویا و لوبیا چشم بلبلی در کشت مخلوط با نیشکر از طریق تثبیت نیتروژن در خاک و بهبود خصوصیات شیمیایی خاک، باعث افزایش رشد و عملکرد نیشکر می‌شوند (Khandagave, 2010). در کشت مخلوط، ضریب استهلاک نوری (K) نشانگر نرخ کاهش نور در جامعه گیاهی است. کوچکی و همکاران (Koocheki *et al*., 2009) گزارش دادند که در تمامی تیمارهای کشت مخلوط، تجمع مادهٔ خشک ذرت و لوبیا چشم بلبلی ارتباط خطی با میزان تابش فعال فتوسنتزی تجمعی داشت. شیب این ارتباط بیانگر کارایی مصرف تابش بود که میانگین آن در طول فصل رشد برای ذرت و لوبیا به ترتیب از ۱/۶۵ و ۰/۹۸ در تیمار کشت خالص تا ۱/۹۴ و ۱/۱۵ گرم بر مگاژول در تیمار کشت مخلوط متغیر بود.

در کشاورزی پایدار، به منظور حفظ و پایداری تولید و برای جلوگیری یا کندکردن روند تخریب اکوسیستم‌ها، ضروری است که برای مدیریت علف‌های هرز از روش‌های تلفیقی استفاده شود. یکی از این روش‌ها استفاده از گیاهان بقولاتی به صورت کشت مخلوط با گندمیان می‌باشد. کشت مخلوط به دلیل رقابت گیاهان زراعی با علف‌های هرز از رشد و گسترش آن‌ها ممانعت به عمل می‌آورد و این موضوع با وجود عدم مصرف علف کش، به

افزایش تولید در این نوع سیستم کشت منجر می‌شود (Fuente *et al.*, 2014). برخی از گونه‌های گیاهی با میکوریزا رابطه هم‌زیستی ندارند که به این گیاهان، گیاهان غیر میکوریزایی گفته می‌شود. اکثر علف‌های هرز متعلق به این گروه‌ها هستند (Brassicaceae, Polygonaceae, Amaranthaceae, Caryophyllaceae). به نظر می‌رسد که در اغلب علف‌های هرز، رابطه بین میکوریزا و علف‌هرز از نوع منفی باشد که از این خاصیت میکوریزا می‌توان در مدیریت علف‌های هرز در کشاورزی پایدار استفاده کرد (Veiga *et al.*, 2013).

هدف از اجرای این آزمایش، اقدام در راستای کشاورزی ارگانیک و کاهش استفاده از سموم و کودهای شیمیایی برای رسیدن به اهداف کشاورزی پایدار و پایداری تولید از طریق انتخاب بهترین نوع کشت مخلوط نیشکر با بقولات در شرایط آب و هوایی اهواز می‌باشد.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در سال زراعی ۹۶-۱۳۹۵ در دو مکان در شرکت کشت و صنعت نیشکر دهخدا با فاصله ۶۰ کیلومتر از یکدیگر در شهرستان اهواز به‌صورت طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ۱۴ تیمار و چهار تکرار اجرا شد. موقعیت محل اول (شمالی‌ترین مزرعه در شرکت)؛ ارتفاع از سطح دریا ۲۰ متر، طول و عرض جغرافیایی به‌ترتیب ۴۸ درجه و ۴۰ دقیقه و ۲۱ ثانیه شرقی و ۳۱ درجه و ۲۵ دقیقه و ۱۵ ثانیه شمالی و موقعیت محل دوم (جنوبی‌ترین مزرعه در شرکت)؛ ارتفاع از سطح دریا ۴۵ متر، طول و عرض جغرافیایی به‌ترتیب ۴۸ درجه و ۶۴ دقیقه و ۳۵ ثانیه شرقی و ۳۱ درجه و ۹۱ دقیقه و ۳۶ ثانیه شمالی بود. خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک محل‌های اجرای آزمایش در جدول ۱ ارائه شده است. هر کرت آزمایشی با عرض ۷/۳۲ متر از چهار ردیف به‌طول هشت متر تشکیل شده بود. فاصله بین ردیف‌های کشت نیشکر (رقم CP69-1062) ۱۸۳ سانتی‌متر بود (Zandevakili *et al.*, 2015) و گیاهان بقولاتی (لوبیا چشم بلبلی اکوتیپ محلی اهواز و سویا رقم کتول) در بین خطوط کشت نیشکر به‌صورت افزایشی؛ ۱۰۰ درصد نیشکر + ۱۰۰ درصد لوبیا چشم بلبلی و ۱۰۰ درصد نیشکر + ۱۰۰ درصد سویا (هر جزء با تراکم مطلوب: ۲۰ کیلوگرم در هکتار لوبیا چشم بلبلی و ۸۰ کیلوگرم در هکتار سویا و ۲۳۸۲۶ قلمه ۶۰ سانتیمتری نیشکر در هکتار) روی خط داغاب پشته‌ها کاشته شدند. عملیات کشت نیشکر و لوبیا چشم بلبلی و سویا به‌صورت دستی در نیمه اول مرداد ۱۳۹۵ انجام شد. برداشت لوبیا چشم بلبلی در سه مرحله در نیمه دوم آبان تا نیمه اول آذر و برداشت سویا در یک مرحله در ۱۵ آذرماه ۱۳۹۵ و برداشت نیشکر در ۱۵ آبان ماه ۱۳۹۶ انجام شد. بذر لوبیا چشم بلبلی از مرکز خدمات کشاورزی منطقه مورد مطالعه و سویا رقم کتول از مرکز تحقیقات کشاورزی صفی آباد و قلمه مورد نیاز برای کشت نیشکر از شرکت کشت نیشکر دهخدا تهیه شد. تیمارهای مورد نظر در این آزمایش عبارت بودند از: کشت خالص نیشکر، کشت خالص سویا، کشت خالص لوبیا چشم بلبلی، کشت خالص سویا + تلقیح با باکتری رایزوبیوم، کشت خالص لوبیا چشم بلبلی+ تلقیح با رایزوبیوم، کشت خالص نیشکر + تلقیح با قارچ مایکوریزا، کشت مخلوط نیشکر و لوبیا چشم بلبلی، کشت مخلوط نیشکر و سویا، کشت مخلوط نیشکر و لوبیا چشم بلبلی+ تلقیح با رایزوبیوم، کشت مخلوط نیشکر و سویا+ تلقیح با رایزوبیوم، کشت مخلوط نیشکر+ تلقیح با مایکوریزا و لوبیا چشم بلبلی، کشت مخلوط نیشکر+ تلقیح با مایکوریزا و سویا، کشت مخلوط نیشکر + تلقیح با میکوریزا و سویا + تلقیح با رایزوبیوم و کشت مخلوط نیشکر + تلقیح با میکوریزا و لوبیا چشم بلبلی+ تلقیح با رایزوبیوم. تلقیح بذور بقولات با استفاده از باکتری‌های رایزوبیوم و در سایه صورت گرفت. باکتری‌های رایزوبیوم لگومینوزاروم (لوبیا چشم

بلبلی) و برادی رایزوبیوم ژاپونیکوم (سویا) از شرکت زیست فناور پیشتاز واریان و قارچ میکوریزا گلوموس موسه (نیشکر) از موسسه تحقیقات خاک و آب کرج تهیه شدند. با توجه به این‌که باکتری‌ها نسبت به دمای بالا حساس هستند و ممکن بود به جمعیت زنده آن‌ها آسیب برسد، جهت حمل آنها از مبدأ تا مزرعه از وسیله نقلیه مجهز به سیستم خنک کننده استفاده شد. برای تلقیح بذرهای بقولات، هشت گرم مایه تلقیح که هرگرم آن دارای 10^7 عدد باکتری زنده و فعال بود، استفاده شد. همچنین از محلول صمغ عربی برای چسبندگی بهتر مایه تلقیح به بذرها به نسبت ۱۰ درصد وزنی- حجمی استفاده شد. کشت بذر بقولات به صورت دستی و روی پشته‌ها انجام شد. در تیمارهای تلقیح قلمه‌های نیشکر با قارچ میکوریزا، ۱۵ گرم مایه تلقیح قارچ در کف جوی زیر هر قلمه (بذر) نیشکر قرار داده شد که این مایه حاوی خاک، اسپور، ریشه آلوده گیاه و ریسه قارچ بود. پس از آماده کردن بستر کاشت نیشکر به صورت جوی و پشته، ۱۸۰ کیلوگرم در هکتار کود پایه سوپر فسفات تریپل به صورت نواری در کف جوی‌ها پخش شد. مصرف کود نیتروژن به صورت سرک به میزان ۲۵۰ کیلوگرم در هکتار اوره (۴۶ درصد) انجام شد. در سرک اول ۳۰ کیلوگرم در هکتار یک ماه پس از کاشت سه جزء مخلوط (به عنوان آغازگر برای بقولات)، سرک دوم ۴۰ کیلوگرم در هکتار، سرک سوم ۱۰۵ و سرک چهارم ۷۵ کیلوگرم در هکتار مصرف شد. فاصله زمانی بین سرک دوم تا چهارم از ۱۵ فروردین (شروع دوره رشد مجدد نیشکر پس از سرما) یک ماه در میان بود. آبیاری همانند روش مرسوم شرکت بصورت فارویی انجام شد که برای نیشکر ۲۰ مرحله آبیاری و برای بقولات نه مرحله آبیاری انجام شد. این نه مرحله آبیاری، مشترک برای سه جزء کشت مخلوط بود. به منظور برآورد تراکم و وزن ماده خشک علف‌های هرز، سه نوبت کوادرات یک متر مربعی به‌صورت تصادفی در هر کرت انداخته شده و میانگین تعداد علف‌های هرز و وزن خشک آن‌ها اندازه‌گیری شد. این کار در دو مرحله انجام شد؛ مرحله اول بعد از برداشت گیاهان بقولاتی و مرحله دوم دو هفته قبل از هلینگ آپ (Heling up) (جا به جا کردن محل جوی و پشته در زراعت نیشکر). نتایج مرحله دوم مورد تجزیه واریانس قرار گرفت. برای محاسبه درصد کاهش وزن خشک علف‌های هرز در تیمارهای کشت مخلوط نسبت به کشت خالص از نسبت تفاضل وزن خشک علف‌های هرز در کشت خالص و کشت مخلوط به وزن خشک علف‌های هرز در کشت خالص استفاده شد (Zand *et al*., 2008).

برای تعیین شاخص سطح برگ از دستگاه سنجش سطح برگ (WINAREA-UT-11) ساخت شرکت فناوران البرز اندیشه استفاده شد. جهت محاسبه ضریب خاموشی نور (K)، میزان تابش لحظه‌ای در سطح و پایین پوشش گیاهی با دستگاه سپتومتر (Ceptometer PAR/LAI, DeltaT, UK) در پنج نقطه از هر کرت در فاصله ساعت ۱۱ تا ۱۳ اندازه گیری شد. با معلوم بودن شاخص سطح برگ، میزان نور رسیده به پایین پوشش گیاهی (PAR) و نور رسیده به بالای کانوپی (PAR_0)، ضریب خاموشی نور (K) با استفاده از رابطه (۱) به‌دست آمد (Javanshir *et al*., 2000).

$$Ln(PAR/PAR_0) = -K \times LAI \quad \text{رابطه (۱)}$$

برای محاسبه تابش جذب شده روزانه، ابتدا تابش روزانه رسیده به بالای پوشش گیاهی بر اساس عرض جغرافیایی و ساعات آفتابی منطقه اهواز طبق روش گودریان و وان لار برآورد شد (Javanshir *et al*., 2000). با به‌دست آوردن میزان تابش جذب شده توسط هرگیاه و رسم معادله رگرسیونی بین تابش فتوسنتزی تجمعی و ماده خشک تجمعی، کارایی مصرف تابش (مقدار ماده خشک تولید شده بر حسب گرم به ازای مگاژول تابش خورشیدی دریافت شده در طول فصل رشد) که در واقع شیب این معادله است، به‌دست آمد (رابطه ۲).

رابطه (۲) $PAR=I_0 \times 0.5 \times (1-P)(1- \exp(-K \cdot LAI))$ $(MJ.m^{-2})$

نسبت برابری زمین (LER) با استفاده از رابطه (۳) محاسبه شد (Mazaheri, 1998) .

رابطه (۳) $$LER = \frac{Yab}{Yaa} + \frac{Yba}{Ybb}$$

Y_{ab} = عملکرد گونه a در کشت مخلوط با گونه b، Y_{aa}= عملکرد گونه a در کشت خالص، Y_{ba}= عملکرد گونه b در کشت مخلوط با گونه a، Y_{bb}= عملکرد گونه b در کشت خالص.

به منظور تعیین اثر تیمارهای آزمایشی بر گره‌زایی ریشه گیاهان بقولاتی، در هر کرت که تلقیح بذر بقولات با باکتری رایزوبیوم انجام شده بود، چهار گلدان که هر یک حاوی دو بوته گیاه بقولاتی (لوبیا چشم بلبلی و یا سویا) بودند، در نظر گرفته شد. در زمان رسیدگی، بوته‌ها به همراه ریشه به طور کامل جدا شده و پس از شستشوی ریشه‌ها، تعداد گره‌ها شمارش شدند. برای اندازه‌گیری عملکرد نیشکر زمانی که درصد خلوص شربت در تیمار شاهد به بالای ۸۹ درصد رسید، از دو ردیف میانی هر کرت با در نظر گرفتن دو متر حاشیه از بالا و دو متر از پایین کرت، در سطح چهار متر مربع، بوته‌های نیشکر به‌صورت دستی کف بر شد و پس از حذف برگ‌ها و سرنی، ساقه خالی وزن شد و عملکرد نهایی در هکتار محاسبه شد. در مورد لوبیا چشم بلبلی و سویا نیز پس از رسیدگی فیزیولوژیکی نیز از دو ردیف میانی پس از در نظر گرفتن حاشیه‌های هر کرت، عملکرد دانه در واحد سطح تعیین شد. تجزیه واریانس و مقایسات میانگین با استفاده از نرم افزار MSTATCE و مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد انجام شد.

جدول ۱- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک محل‌های اجرای آزمایش (عمق صفر تا ۳۰ سانتیمتر)

Table 1. Physical and chemical properties of soil at experiment sites (soil depth 0 – 30 cm)

خصوصیات خاک قبل از کشت Soil properties before planting		مکان اول Location 1	مکان دوم Location 2	خصوصیات خاک بعد از برداشت بقولات Soil properties after legume harvest		مکان اول Location 1	مکان دوم Location 2
Soil texture	بافت خاک	Silty clay	Clay loam	Soil textur	بافت خاک	Silty clay	Clay loam
EC ($dS.m^{-1}$)	هدایت الکتریکی	3.02	4.28	EC ($dS.m^{-1}$)	هدایت الکتریکی	2.58	3.7
pH	اسیدیته	7.9	8.8	pH	اسیدیته	7.7	8.5
P ($mg.kg^{-1}$)	فسفر	12.89	11.5	P ($mg.kg^{-1}$)	فسفر	13.31	11.86
K ($mg.kg^{-1}$)	پتاسیم	258	240	K ($mg.kg^{-1}$)	پتاسیم	252	236
Total N(%)	نیتروژن کل	0.07	0.05	Total N(%)	نیتروژن کل	0.16	0.12
OM (%)	مواد آلی	1.45	1.32	OM (%)	مواد آلی	1.61	1.52

نتایج و بحث

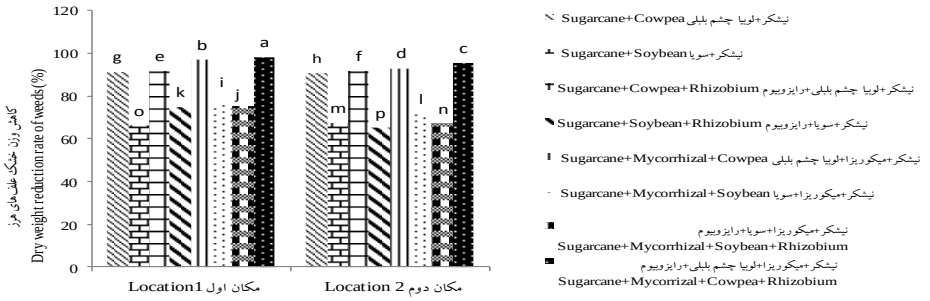
نتایج نشان داد که تیمارهای آزمایشی اثر معنی‌داری (در سطح احتمال یک درصد) روی تراکم و وزن خشک علف‌های هرز داشتند. در صورتیکه مکان‌های آزمایشی اثر معنی‌داری بر تراکم و وزن خشک علف‌های هرز نداشتند. بیش‌ترین تراکم (۴/۲۵ بوته در متر مربع) و وزن خشک علف‌های هرز (۱۲۸۸/۰ گرم در متر مربع) مربوط به کشت خالص نیشکر و کم‌ترین تراکم علف‌های هرز (۰/۵۷۵ بوته در متر مربع) و وزن خشک علف‌های هرز (۳۹/۶۳ گرم در متر مربع) مربوط به کشت مخلوط نیشکر تلقیح شده با قارچ + لوبیای تلقیح شده با باکتری بود (جدول ۳). با توجه به اینکه در این تحقیق زمانی که قلمه‌های نیشکر با قارچ میکوریزا تلقیح شدند، هنوز علف هرزی وجود نداشت، به نظر می‌رسد که میکوریزا فقط با ریشه نیشکر هم‌زیست شده باشد و با توجه به نقش اصلی میکوریزا در افزایش جذب آب و عناصر غذایی توسط ریشه گیاه میزبان (نیشکر)، باعث شده نیشکر در رقابت با علف‌هرز

برای جذب عناصر غذایی توان بیش‌تری داشته و باعث مغلوب شدن علف‌هرز در جذب آب و عناصر شده و از طرفی در کشت مخلوط به دلیل پوشش بیش‌تر سطح خاک نسبت به کشت خالص، نور کم‌تری از پوشش گیاهی عبور کرده و به سطح خاک رسیده و درنتیجه جوانه زنی علف‌های هرز کم‌تر می‌شود. در واقع کشت مخلوط از طریق ایجاد پوشش متراکم‌تر زمین و رقابت بیش‌تر برای استفاده از منابع موجود نسبت به کشت خالص، باعث کاهش میزان خسارت علف‌های هرز می‌شود. در کشت مخلوط لوبیا چشم بلبلی با نیشکر و سویا با نیشکر و همچنین در کشت‌های خالص لوبیا و سویا، کم‌ترین تراکم و وزن خشک علف‌های هرز مربوط به کرت‌های دارای لوبیا و بیش‌ترین تراکم و وزن خشک علف‌های هرز مربوط به کرت‌های دارای سویا بود که این موضوع به دلیل گسترش بهتر پوشش گیاهی لوبیا چشم بلبلی و پوشاندن بهتر سطح خاک توسط لوبیا نسبت به سویا بود که مانع رسیدن نور به زمین و در نتیجه باعث کاهش جوانه زنی بذر علف‌های هرز شد. در آزمایشی گزارش شد که کشت مخلوط نیشکر با گندم، از طریق کاهش فضا و منابع قابل جذب برای علف‌های هرز، باعث کنترل غیر شیمیایی علف‌های هرز گردید (Kumar *et al*., 2017) که نتایج آزمایش حاضر همسو با نتایج تحقیق مذکور در خصوص کنترل غیرشیمیایی علف‌های هرز می‌باشند.

نتایج یک آزمایش نشان داد که زیست توده و رشد سه علف هرز سوروف، چسبک و تاجریزی در تلقیح با میکوریزا کاهش یافت و هیچکدام از علف‌های هرز مذکور از وجود میکوریزا سود نبردند. درصورتیکه گیاه زراعی ذرت در مقایسه با علف‌های هرز یاد شده از هم‌زیستی با میکوریزا سود برده و افزایش قدرت ذرت در رقابت بین جذب آب و عناصر غذایی با علف‌های هرز، دلیل کاهش رشد علف‌های هرز اعلام شد. در آزمایش مذکور، میکوریزا حالت پارازیتی بر سوروف داشته است (Veiga *et al*., 2011). در آزمایش دیگری گزارش شد که عصاره استخراج شده از خاک حاوی میسلیوم میکوریزا باعث کاهش رشد علف‌های هرز غیر میکوریزیایی شد. استفاده از کربن فعال در تیمارهای مربوطه، نظریه تأثیر مواد آللوپاتیک میکوریزا روی علف‌هرز گندمک را رد کرد و کاهش رشد در علف هرز گندمک (گیاه غیر میکوریزایی) در رقابت با گیاه زراعی گندم (میزبان میکوریزا)، به دلیل اثرات آنتاگونیستی میکوریزا بود که مسیر جذب مستقیم فسفر را در گندمک مسدود کرده و عناصر غذایی بیش‌تری را در اختیار گندم قرار داد (Veiga *et al*., 2012). نتایج آزمایش حاضر همسو با نتایج مذکور از نظر تأثیر میکوریزا در مدیریت زیستی علف‌های هرز می‌باشد. همان طور که در شکل ۱ مشاهده می‌شود در مکان اول درصد کاهش وزن خشک علف‌های هرز در کشت مخلوط نسبت به کشت خالص، بیش‌تر از مکان دوم بود. در هر دو مکان بیش‌ترین درصد کاهش وزن خشک علف‌های هرز (۹۸/۳۲ درصد و ۹۵/۵۵ درصد) نسبت به کشت خالص، در کشت مخلوط نیشکر تلقیح شده با میکوریزا + لوبیا تلقیح شده با رایزوبیوم به‌دست آمد. کم‌ترین درصد کاهش وزن خشک علف‌های هرز در مکان اول (۶۶/۳۷ درصد) در تیمار کشت مخلوط نیشکر و سویا و در مکان دوم (۶۵/۳۴ درصد) در کشت مخلوط نیشکر و سویا تلقیح شده با باکتری مشاهده شد. این موضوع به دلیل بهتر بودن وضعیت رشد و گسترش پوشش گیاهی گیاهان زراعی و استفاده بهتر از تابش توسط گیاهان زراعی و در نتیجه عدم رسیدن تابش کافی برای جوانه زنی و رشد علف‌های هرز به پایین پوشش گیاهی در مکان اول (به خصوص در تیمار کشت مخلوط نیشکر (تلقیح شده با میکوریزا) و لوبیا (تلقیح شده با رایزوبیوم)) نسبت به مکان دوم می‌باشد. بر اساس شکل‌های ۲ و ۳ وزن خشک علف‌های هرز در هر دو مکان در نمونه برداری قبل از هلینگ آپ بیش‌تر از مقدار آن‌ها در نمونه برداری بعد از برداشت گیاهان بقولاتی بود، زیرا هلینگ آپ حدود سه ماه بعد

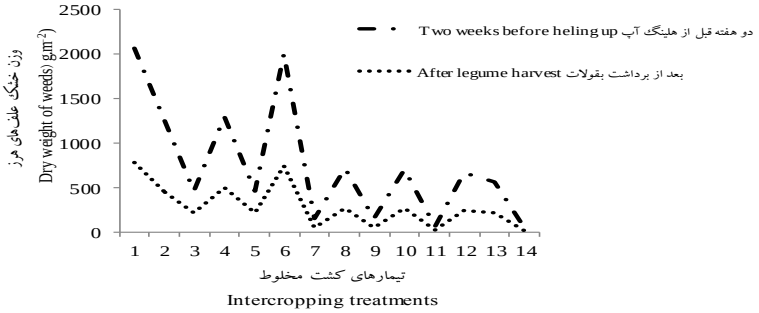
از برداشت گیاهان بقولاتی انجام شد و در این مدت علف‌های هرز رشد بیش‌تری کرده بودند. روند تغییرات وزن خشک علف‌های هرز در تیمارهای مختلف در نمونه برداری مرحله دوم همانند نمونه برداری مرحله اول بود، به نحوی که بیش‌ترین و کم‌ترین وزن خشک علف‌های هرز به ترتیب در کشت خالص نیشکر و کشت مخلوط نیشکر تلقیح شده با میکوریزا + لوبیا تلقیح شده با رایزوبیوم به‌دست آمد. این موضوع برتری کشت مخلوط نسبت به کشت خالص و اینکه هم‌زیست شدن میکوریزا با نیشکر و رایزوبیوم با لوبیا چشم بلبلی باعث مغلوب شدن علف‌های هرز در رقابت با نیشکر و لوبیا در جذب عناصر شدند را نشان می‌دهد.

با توجه به شیب رابطه بین تجمع ماده خشک با میزان تابش فعال فتوسنتزی تجمعی در تیمارهای کشت مخلوط و کشت خالص، کارایی مصرف تابش در گیاه نیشکر نسبت به بقولات بیش‌تر بوده است، زیرا نیشکر دارای مسیر فتوسنتزی چهار کربنه بوده و کارایی مصرف تابش و توان فتوسنتزی آن بیش‌تر از گیاهان سه کربنه است (شکل‌های ۴ تا ۶). در هر سه جزء مخلوط، کارایی مصرف تابش در تیمارهای کشت مخلوط بیش‌تر از کشت خالص بود، زیرا در سیستم کشت خالص، مقداری از تابش فتوسنتزی به‌دلیل وجود فضای خالی در سایه‌انداز تلف می‌شود، اما در کشت مخلوط به دلیل پوشش بیش‌تر و مناسب‌تر سطح خاک، این تلفات کاهش یافته و در نتیجه میزان جذب تابش کل نسبت به کشت خالص بیش‌تر می‌شود، این موضوع باعث افزایش عملکرد و در نتیجه افزایش کارایی مصرف تابش می‌گردد. بهبود بهره‌وری استفاده از تابش هم می‌تواند در اثر بیش‌تر شدن جذب تابش و هم افزایش کارایی مصرف تابش باشد. به طور معمول جذب تابش در کشت مخلوط افزایش می‌یابد، زیرا هم زمان بیش‌تری و هم فضای بیش‌تری تحت پوشش گیاهان زراعی قرار می‌گیرد. کارایی مصرف تابش برای گونه‌های سه کربنه مناطق معتدله بین یک تا ۱/۵ گرم بر مگاژول و برای گونه‌های سه کربنه مناطق گرمسیری بین ۱/۵ تا ۱/۷ گرم بر مگاژول است. کارایی مصرف تابش برای بقولات دانه‌ای گرمسیری از قبیل سویا ۰/۸۸ تا ۱/۲ گرم بر مگاژول، لوبیا چشم بلبلی ۰/۸ تا ۱/۰۵ گرم بر مگاژول و ماش ۰/۸ تا ۰/۹۶ گرم بر مگاژول گزارش شده است. عواملی مانند میزان تابش، کمبود آب، تنش عناصر غذایی، بیماری‌ها و دمای پایین، باعث کاهش کارایی مصرف تابش می‌شوند (Hattield, 2014). در این آزمایش بیش‌ترین کارایی مصرف تابش در نیشکر (۱/۹ گرم بر مگاژول) در تیمار کشت مخلوط نیشکر تلقیح شده با قارچ به‌همراه لوبیای تلقیح شده با باکتری و کم‌ترین میزان کارایی مصرف تابش در نیشکر (۰/۹۱ گرم بر مگاژول) در کشت خالص نیشکر به‌دست آمد (شکل ۴). تأثیر مثبت هم‌افزایی حضور همزمان قارچ میکوریزا و لوبیا چشم بلبلی در تیمار مربوطه روی افزایش کارایی مصرف تابش مشاهده شد. بیش‌ترین کارایی مصرف تابش در لوبیا چشم بلبلی مربوط به کشت مخلوط نیشکر تلقیح شده با میکوریزا و لوبیا تلقیح شده با رایزوبیوم (۰/۸۹ گرم بر مگاژول) (شکل ۵) و کم‌ترین کارایی مصرف تابش لوبیا (۰/۲۸ گرم بر مگاژول) مربوط به کشت خالص لوبیا بود. نتیجه مشابهی در مورد کارایی مصرف تابش در سویا نیز مشاهده شد (شکل ۶). این موضوع به‌دلیل اثر مثبت میکوریزا در رابطه هم‌زیستی با ریشه نیشکر و جذب بیشتر عناصر غذایی از خاک و همچنین اثر مثبت لوبیا در تثبیت نیتروژن در خاک می‌باشد که باعث گسترش بهتر پوشش نیشکر می‌شوند. کارایی مصرف تابش در تیمار کشت خالص نیشکر تلقیح شده با میکوریزا با اختلاف اندکی از تیمار کشت خالص بدون تلقیح، بیش‌تر بود. در این تحقیق کارایی مصرف تابش نیشکر در کشت مخلوط با لوبیا چشم بلبلی بیش‌تر از کشت مخلوط با سویا بود. با عنایت به این‌که در ریشه سویا گره‌های تثبیت کننده نیتروژن مشاهده نشد، بیش‌تر بودن کارایی مصرف تابش نیشکر در



شکل ۱- مقایسه میانگین کاهش وزن خشک علف‌های هرز در تیمارهای کشت مخلوط نیشکر، لوبیا چشم بلبلی و سویا در دو مکان

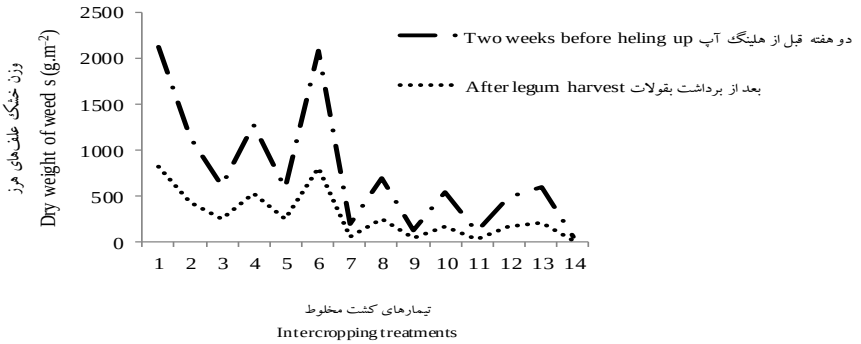
Fig. 1. Mean comparison of dry weight reduction of weeds in intercropping treatments of sugarcane, cowpea and soybean in two locations



شکل ۲- مقایسه میانگین وزن خشک علف‌های هرز در تیمارهای کشت مخلوط در دو مرحله، بعد از برداشت گیاهان بقولاتی و قبل از هلینگ آپ نیشکر (مکان اول)

Fig. 2. Mean comparison of dry weight of weeds in intercropping treatments in two stages, after harvesting legumes and before heling up of sugarcane (location 1)

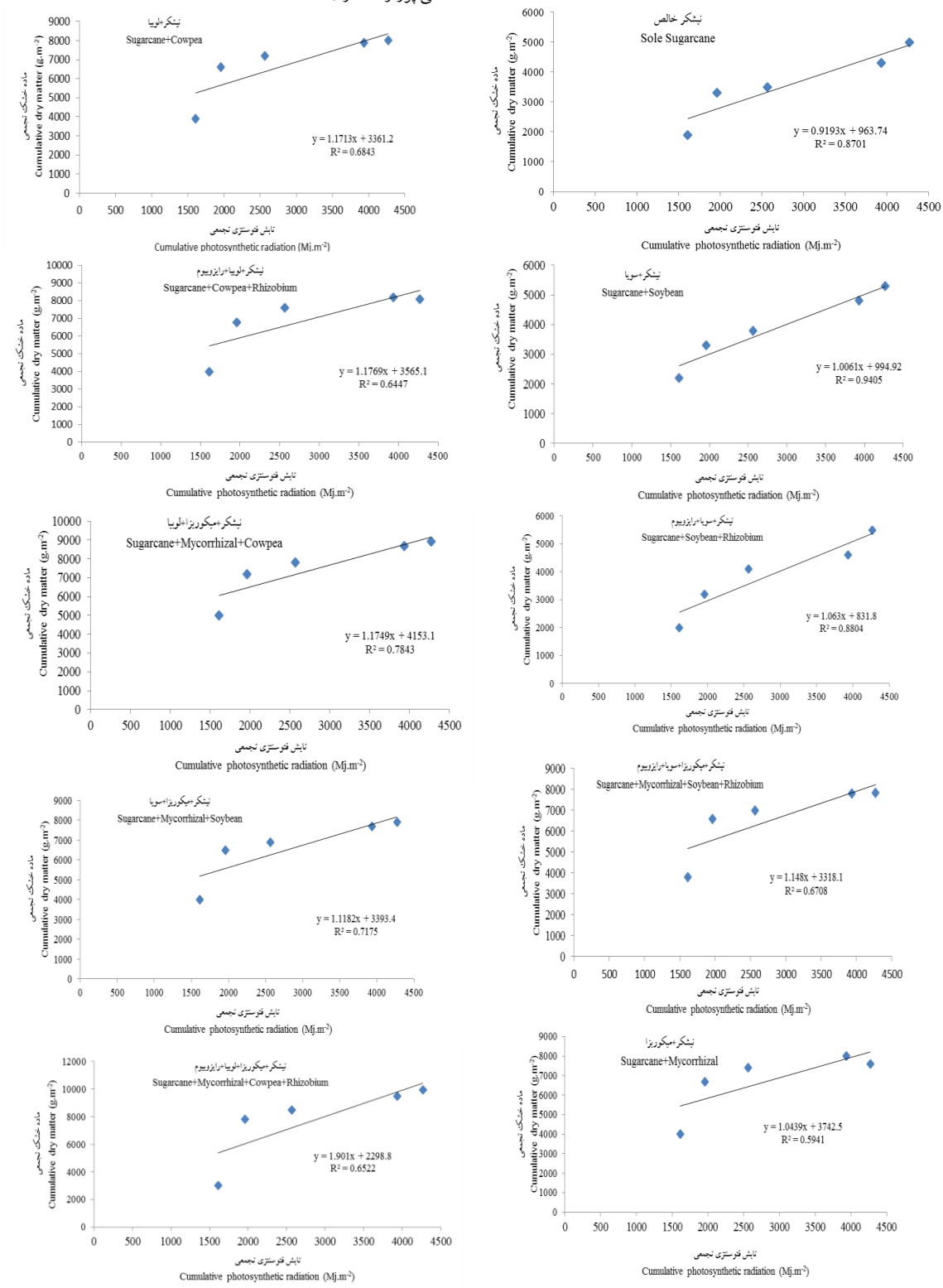
1- خالص نیشکر Sole sugarcane، 2- خالص سویا Sole soybean، 3- خالص لوبیا چشم بلبلی Sole cowpea، 4- خالص سویا + رایزوبیوم Sole soybean+Rhizobium ، 5- خالص لوبیا چشم بلبلی + رایزوبیوم Sole cowpea+Rhizobium، 6- خالص نیشکر + مایکوریزا Sole sugarcane+Mycorrhiza ، 7- نیشکر و لوبیا چشم بلبلی Sugarcane and Cowpea، 8- نیشکر و سویا Sugarcane and Soybean، 9- نیشکر و لوبیا چشم بلبلی + رایزوبیوم Sugarcane and Cowpea+Rhizobium، 10- نیشکر و سویا + رایزوبیوم Sugarcane and Soybean+Rhizobium ، 11- نیشکر + میکوریزا و لوبیا چشم بلبلی Sugarcane+ Mycorrhiza and Cowpea، 12- نیشکر + میکوریزا و سویا Sugarcane+ Mycorrhiza and Soybean ، 13- نیشکر + میکوریزا و سویا + رایزوبیوم Sugarcane + Mycorrhiza and Soybean+Rhizobium، 14- نیشکر + میکوریزا و لوبیا چشم بلبلی + رایزوبیوم Sugarcane+ Mycorrhiza and Cowpea+Rhizobium.



شکل ۳- مقایسه میانگین وزن خشک علف‌های هرز در تیمارهای کشت مخلوط در دو مرحله، بعد از برداشت گیاهان بقولاتی و قبل از هلینگ آپ نیشکر (مکان دوم)

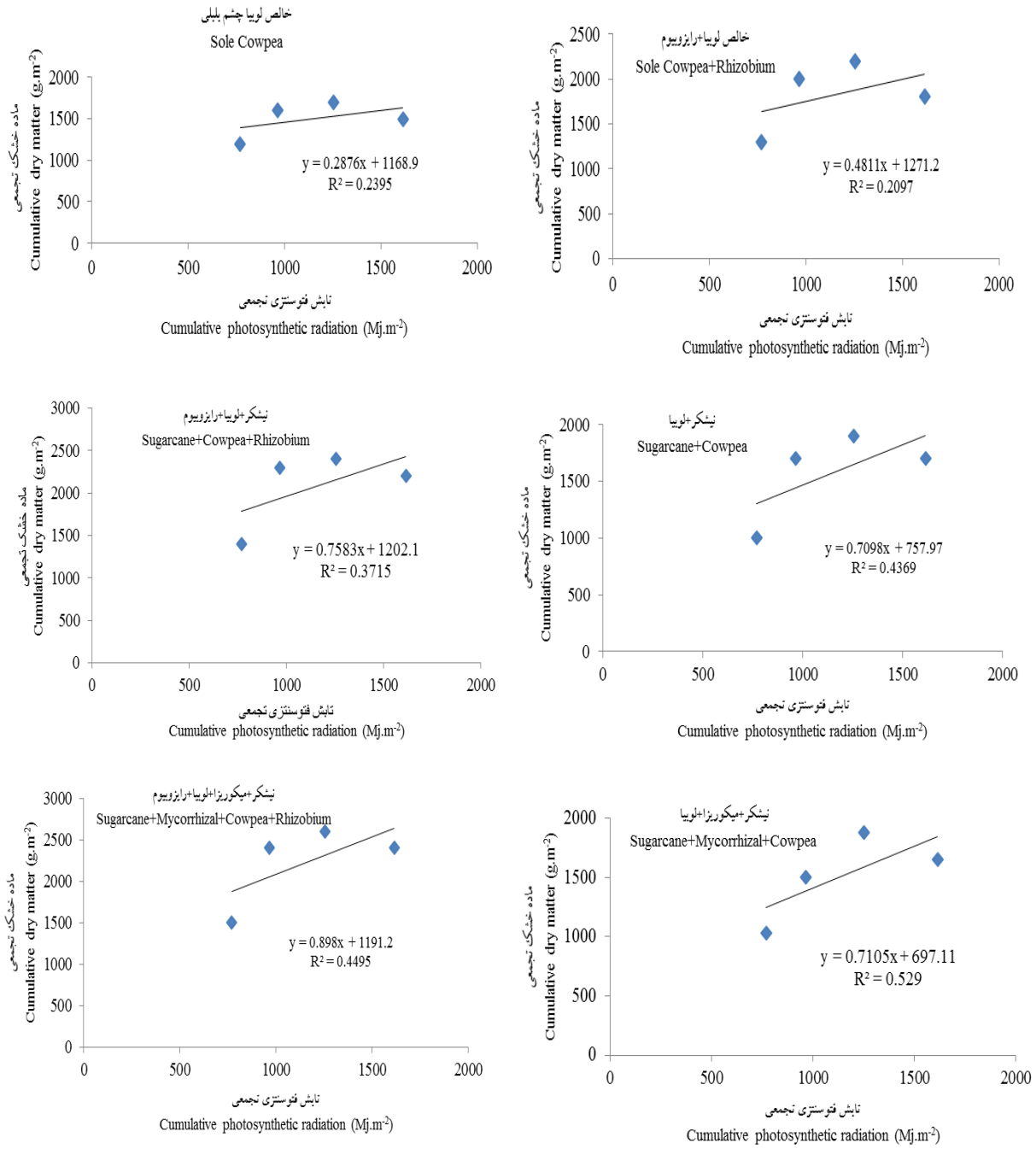
Fig. 3. Mean comparison of dry weight of weeds in intercropping treatments in two stages, after harvesting legumes and before heling up of sugarcane (location 2)

1- خالص نیشکر Sole sugarcane، 2- خالص سویا Sole soybean، 3- خالص لوبیا چشم بلبلی Sole cowpea، 4- خالص سویا + رایزوبیوم Sole soybean+Rhizobium، 5- خالص لوبیا چشم بلبلی + رایزوبیوم Sole cowpea+Rhizobium، 6- خالص نیشکر + مایکوریزا Sole sugarcane+Mycorrhiza ، 7- نیشکر و لوبیا چشم بلبلی Sugarcane and Cowpea، 8- نیشکر و سویا Sugarcane and Soybean، 9- نیشکر و لوبیا چشم بلبلی + رایزوبیوم Sugarcane and Cowpea+Rhizobium، 10- نیشکر و سویا + رایزوبیوم Sugarcane and Soybean+Rhizobium ، 11- نیشکر + میکوریزا و لوبیا چشم بلبلی Sugarcane+ Mycorrhiza and Cowpea، 12- نیشکر + میکوریزا و سویا Sugarcane+ Mycorrhiza and Soybea ، 13- نیشکر + میکوریزا و سویا + رایزوبیوم Sugarcane + Mycorrhiza and Soybean+Rhizobium، 14- نیشکر + میکوریزا و لوبیا چشم بلبلی + رایزوبیوم Sugarcane+ Mycorrhiza and Cowpea+Rhizobium.



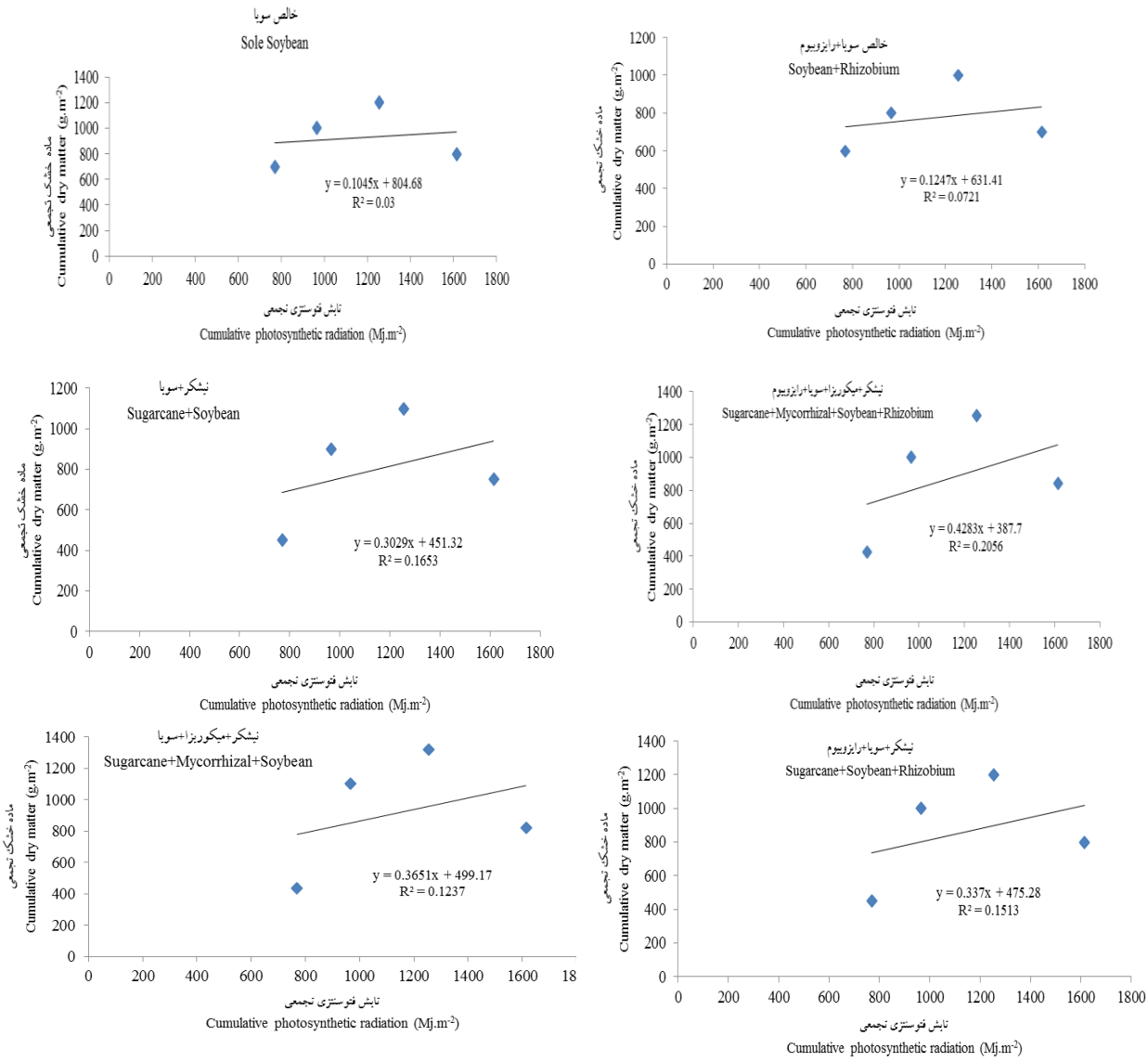
شکل ۴- رابطه رگرسیونی بین تجمع ماده خشک و میزان تابش فعال فتوسنتزی تجمعی برای گیاه نیشکر در تیمارهای کشت مخلوط با بقولات و کشت خالص در دو مکان (شیب خط رگرسیونی نشان دهنده کارایی مصرف تابش گیاه نیشکر است)

Fig. 4. Regression relationship between dry matter accumulation and cumulative active photosynthesis radiation for sugarcane in intercropping with legumes and sole cropping in two locations (slope of regression shows the radiation use efficiency of sugarcane)



شکل ۵- رابطه رگرسیونی بین تجمع ماده خشک و میزان تابش فعال فتوسنتزی تجمعی برای گیاه لوبیا چشم بلبلی در تیمارهای کشت مخلوط با نیشکر و کشت خالص در دو مکان (شیب خط رگرسیونی نشان دهنده کارایی مصرف تابش توسط گیاه لوبیا چشم بلبلی است)

Fig. 5. Regression relationship between dry matter accumulation and cumulative active photosynthesis radiation for cowpea in intercropping with sugarcane and sole cropping in two locations (slope of regression shows the radiation use efficiency of cowpea)



شکل ۶- رابطه رگرسیونی بین تجمع ماده خشک و میزان تابش فعال فتوسنتزی تجمعی برای گیاه سویا در تیمارهای کشت مخلوط با نیشکر و کشت خالص در دو مکان (شیب خط رگرسیونی نشان دهنده کارایی مصرف تابش توسط گیاه سویا است)

Fig. 6. Regression relationship between dry matter accumulation and cumulative active photosynthesis radiation for soybean in intercropping with sugarcane and sole cropping in two locations (slope of regression shows the radiation use efficiency of soybean)

کشت مخلوط با لوبیا چشم بلبلی می‌تواند به دلیل اثر مثبت لوبیا چشم بلبلی در تثبیت نیتروژن در خاک نسبت به سویا می‌باشد. با توجه به شکل‌های ۵ و ۶ کارایی مصرف تابش در لوبیا بیش‌تر از سویا بود که این موضوع به‌دلیل گسترش بهتر پوشش گیاهی و عملکرد بیش‌تر لوبیا در مناطق مورد آزمایش نسبت به سویا بود.

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر مکان بر شاخص سطح برگ لوبیا و سویا به ترتیب در سطوح احتمال پنج و یک درصد معنی‌دار بود، ولی بر شاخص سطح برگ نیشکر اثر معنی‌داری نداشت. این موضوع می‌تواند به دلیل حساس بودن بقولات نسبت به خصوصیات خاک بویژه هدایت الکتریکی خاک باشد

که در مکان اول کمتر از مکان دوم بود (جدول ۱) و باعث شده در مکان اول سطح برگ بیش‌تری تولید شود، در صورتیکه این موضوع روی نیشکر اثر معنی‌داری نداشت. ضریب خاموشی نور نیز در لوبیا و سویا بر عکس ضریب خاموشی نور در نیشکر در دو مکان اثر معنی‌داری داشت. تیمارهای کشت مخلوط بر شاخص سطح برگ و ضریب خاموشی نور در لوبیا و نیشکر در سطح احتمال یک درصد معنی‌داری بود، ولی روی شاخص سطح برگ و ضریب خاموشی نور سویا اثر معنی‌داری نداشتند. این موضوع نشان دهنده عدم هم‌زیست شدن باکتری برادی رایزوبیوم ژاپونیکوم با ریشه سویا می‌باشد، زیرا هم‌زیستی میکوریزا با نیشکر و رایزوبیوم لگومینوزاروم با لوبیا چشم بلبلی اثر مثبت روی این صفات داشته که در سویا چنین نتیجه‌ای حاصل نشد. این نتیجه همسو با یافته قدرتی (Ghodrati, 2011) در شمال استان خوزستان می‌باشد. بر اساس جدول ۵ و با توجه به اینکه در این تحقیق در ریشه سویا در هیچکدام از تیمارها گره تثبیت کننده نیتروژن مشاهده نشد (بر عکس لوبیا چشم بلبلی)، به نظر می‌رسد که باکتری رایزوبیوم لگومینوزاروم (لوبیا چشم بلبلی) برعکس باکتری برادی رایزوبیوم ژاپونیکوم (سویا) با شرایط اهواز سازگاری دارد. بیش‌ترین شاخص سطح برگ لوبیا چشم بلبلی در تیمارهای تلقیح شده با رایزوبیوم و بیش‌ترین شاخص سطح برگ نیشکر در تیمار کشت مخلوط نیشکر (تلقیح شده با میکوریزا) به همراه لوبیا (تلقیح شده با رایزوبیوم) به‌دست آمد (جدول‌های ۲ و ۳). این موضوع به دلیل اثر مثبت قارچ میکوریزا روی ریشه نیشکر و باکتری رایزوبیوم روی ریشه لوبیا برای جذب بیش‌تر منابع از خاک می‌باشد. بر اساس نتایج این تحقیق، تأثیر هم افزایی حضور همزمان میکوریزا و لوبیا چشم بلبلی روی افزایش شاخص سطح برگ نیشکر مثبت بود. نتایج یک تحقیق نشان داد که میزان فسفر جذب شده توسط گیاه (نیشکر) و سرعت فتوسنتز گیاه تلقیح شده با قارچ آربسکولار میکوریزا در مقایسه با گیاه بدون میکوریزا بیش‌تر بود (Mishra, 2010) که این موضوع باعث افزایش شاخص سطح برگ نیز می‌شود. در تحقیقی روی لوبیا، بیش‌ترین شاخص سطح برگ در سطح کودی ۴۰ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن و تلقیح با باکتری رایزوبیوم به‌دست آمد (Jha and Singh, 2013). ضریب خاموشی نور یکی از اجزای اصلی در قانون بیر- لامبرت است که میزان ممانعت گیاه از عبور نور را نشان می‌دهد. ضریب خاموشی نور تحت تأثیر شاخص سطح برگ، زاویه برگ و زاویه خورشید در بالاترین نقطه قرار دارد (Javanshir *et al*., 2000). در این تحقیق تفاوت خصوصیات خاک و میکروکلیمای دو مکان، باعث ایجاد تفاوت در مقادیر شاخص سطح برگ و ضریب خاموشی نور در لوبیا و سویا شد. بیش‌ترین مقدار شاخص سطح برگ و کم‌ترین مقدار ضریب خاموشی نور در لوبیا چشم بلبلی و سویا در مکان اول مشاهده شد (جدول ۴). بیش‌ترین ضریب خاموشی نور در نیشکر در تیمار کشت خالص نیشکر به‌دست آمد، زیرا نیشکر در این تیمار کم‌ترین شاخص سطح برگ را داشت (جدول ۳). بیش‌ترین ضریب خاموشی نور در لوبیا چشم بلبلی در کشت مخلوط با نیشکر به‌دست آمد، زیرا لوبیا چشم بلبلی در این تیمار کم‌ترین شاخص سطح برگ را داشت (جدول ۲).

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که تیمارهای مخلوط و مکان‌ها در سطح احتمال یک درصد اثر معنی‌داری بر عملکرد ساقه نیشکر و لوبیا چشم بلبلی داشتند، ولی اثر آنها روی عملکرد سویا معنی‌دار نبود. این نتایج نشان می‌دهد که قارچ میکوریزا به‌خوبی با ریشه نیشکر و باکتری رایزوبیوم لگومینوزاروم به‌خوبی با ریشه لوبیا چشم بلبلی هم‌زیست شدند. این موضوع در سایر تحقیقات نیز گزارش شده است (Barros *et al*., 2016). بر اساس نتایج تحقیق حاضر در هیچکدام از مکان‌های مورد آزمایش روابط هم‌زیستی بین باکتری برادی رایزوبیوم ژاپونیکوم و سویا مشاهده نشد که این

جدول ۲- مقایسه میانگین شاخص سطح برگ و ضریب خاموشی نور در لوبیا چشم بلبلی در تیمارهای کشت مخلوط با نیشکر

Table 2. Mean comparison of Leaf Area Index (LAI) and lighte Extinction coefficient (K) of cowpea in intercroppingt with sugarcane

Intercropping treatments	تیمارهای کشت مخلوط	شاخص سطح برگ LAI	ضریب خاموشی نور K
Sole cowpea	خالص لوبیا چشم بلبلی	4.1b	0.496c
Sole cowpea+Rhizobium	خالص لوبیا چشم بلبلی+ رایزوبیوم	4.6a	0.427d
Sugarcane and Cowpea	نیشکر و لوبیا چشم بلبلی	4.1b	0.595a
Sugarcane and Cowpea+Rhizobium	نیشکر و لوبیا چشم بلبلی+ رایزوبیوم	4.5a	0.588b
Sugarcane+Mycorrhiza and Cowpea	نیشکر+ میکوریزا و لوبیا چشم بلبلی	4.1b	0.594a
Sugarcane+Mycorrhiza and Cowpea+Rhizobium	نیشکر+ میکوریزا و لوبیا چشم بلبلی+ رایزوبیوم	4.6a	0.560b

در هر ستون میانگین‌های که دارای حروف مشترک هستند، بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌داری ندارند

Mean in each column followed by similar letter(s) are not significantly different at 5% probability level, using Duncan's Multiple Range Test

موضوع همسو با نتایج آزمایش قدرتی (Ghodrati, 2011) در شمال استان خوزستان مبنی بر عدم هم‌زیستی باکتری با ریشه سویا می‌باشد. به نظر می‌رسد که باکتری رایزوبیوم لگومینوزاروم (برای لوبیا چشم بلبلی) بر عکس باکتری برادی رایزوبیوم ژاپونیکوم (برای سویا) با شرایط منطقه مورد مطالعه سازگاری دارد. نتایج نشان داد که بیش‌ترین عملکرد لوبیا چشم بلبلی مربوط به تیمارهای تلقیح با رایزوبیوم و کم‌ترین عملکرد آن مربوط به کشت خالص بود (جدول ۵). فارغ از تیمارهای تلقیح یا عدم تلقیح با رایزوبیوم، تیمارهای کشت مخلوط (حتی در تیمار عدم تلقیح) علاوه بر اینکه اثر منفی بر عملکرد لوبیا چشم بلبلی نداشتند، بلکه باعث افزایش عملکرد لوبیا نسبت به کشت خالص نیز شدند که این موضوع را می‌توان به قیم بودن نیشکر برای لوبیا ارتباط داد. باکتری‌های رایزوبیوم از طریق سنتز فیتوهورمون‌ها باعث توسعه سیستم جذب ایندولی توسط سیستم ریشه‌ای گیاه و بدنبال آن افزایش جذب عناصر غذایی توسط گیاه و باعث افزایش رشد و نمو آن می‌شوند (Chaitanya and Meenu, 2015). بیش‌ترین عملکرد نیشکر در کشت مخلوط نیشکر تلقیح شده با میکوریزا + لوبیای تلقیح شده با رایزوبیوم لگومینوزاروم و کم‌ترین عملکرد نیشکر در کشت خالص نیشکر به‌دست آمد (جدول ۵). این موضوع نشان دهنده اثر مثبت هم‌افزایی حضور همزمان میکوریزا و لوبیا چشم بلبلی در این تیمار است. عملکرد در کشت خالص نیشکر تلقیح شده با میکوریزا و کشت مخلوط نیشکر با لوبیا بدون تلقیح، تفاوت معنی‌داری با هم نداشتند. به نظر می‌رسد که وجود قارچ میکوریزا در محیط ریشه نیشکر تأثیر مثبتی بر رشد آن داشته و باعث افزایش عملکرد نیشکر گردیده است.

کیلی (Kelly *et al*., 2005) در آزمایشی که روی تأثیر قارچ میکوریزا و فسفر بر نیشکر انجام داد از تأثیر مثبت میکوریزا روی عملکرد نیشکر گزارش داد. اثر مثبت میکوریزا روی عملکرد نیشکر می‌تواند مربوط به تولید ترکیبات تحریک کننده رشد گیاه و یا برخی هورمون‌های تنظیم کننده رشد از جمله سیتوکینین باشد که توسط قارچ میکوریزا تولید می‌شود. بعلاوه با گسترش کلونیزاسیون قارچ و رشد هیف‌های آن، جذب عناصر و انتقال آن‌ها از خاک به سمت ریشه‌های گیاه میزبان افزایش می‌یابد. در این صورت می‌توان انتظار افزایش عملکرد در گیاه میزبان (نیشکر) را نیز داشت (Mishra, 2010). افزایش عملکرد نیشکر در تیمارهای کشت مخلوط با لوبیا چشم بلبلی به دلیل تثبیت بیولوژیکی نیتروژن توسط لوبیا چشم بلبلی و در اختیار قرار گرفتن نیتروژن بیشتر در محیط ریشه نیشکر

جدول ۳- مقایسه میانگین تراکم و وزن خشک علف‌های هرز، شاخص سطح برگ و ضریب خاموشی نور در نیشکر در تیمارهای کشت مخلوط با لوبیا چشم بلبلی و سویا

Table 3. Mean comparison of weed density, weed dry weight, Leaf Area Index and light extinction coefficient (K) of sugarcane in intercroppingt with cowpea and soybean

Intercropping treatments	تیمارهای کشت مخلوط	تراکم علف‌های هرز Weed density (m^2)	وزن خشک علف‌های هرز Weed dry weight ($g.m^{-2}$)	Intercropping treatments	تیمارهای کشت مخلوط	شاخص سطح برگ LAI	ضریب خاموشی نور K
Sole sugarcane	خالص نیشکر	4.2a	1288.0a	Sole sugarcane	خالص نیشکر	4.4e	0.473a
Sole soybean	خالص سویا	2.6b	749.8b	Sole sugarcane+Mycorrhiza	خالص نیشکر+ میکوریزا	5.7d	0.403bc
Sole cowpea	خالص لوبیا چشم بلبلی	1.2d	245.4d	Sugarcane and Cowpe	نیشکر و لوبیا چشم بلبلی	6.0c	0.392c
Sole soybean+Rhizobium	خالص سویا + رایزوبیوم	2.4b	779.6b	Sugarcane and Soybean	نیشکر و سویا	4.5e	0.451a
Sole cowpea+Rhizobium	خالص لوبیا چشم بلبلی + رایزوبیوم	1.2d	229.1d	Sugarcane and Cowpea+Rhizobium	نیشکر و لوبیا چشم بلبلی+رایزوبیوم	6.2b	0.379c
Sole sugarcane+Mycorrhiza	خالص نیشکر + میکوریزا	4.1a	1286.0a	Sugarcane and Soybean+Rhizobium	نیشکر و سویا+رایزوبیوم	4.3e	0.456a
Sugarcane and Cowpea	نیشکر و لوبیا چشم بلبلی	1.1d	122.1e	Sugarcane+ Mycorrhizal and Cowpea	نیشکر+ میکوریزا و لوبیا چشم بلبلی	6.4b	0.372c
Sugarcane and Soybean	نیشکر و سویا	1.8c	366.1c	Sugarcane+ Mycorrhiza and Soybean	نیشکر+ میکوریزا و سویا	5.6d	0.403bc
Sugarcane and Cowpea+Rhizobium	نیشکر و لوبیا چشم بلبلی + رایزوبیوم	0.9de	90.0e	Sugarcane+ Mycorrhiza and Soybean+Rhizobium	نیشکر+ میکوریزا و سویا + رایزوبیوم	5.7d	0.443ab
Sugarcane and Soybean+Rhizobium	نیشکر و سویا+ رایزوبیوم	1.8c	368.9c	Sugarcane+ Mycorrhiza and Cowpea+Rhizobium	نیشکر + میکوریزا و لوبیا چشم بلبلی+ رایزوبیوم	6.7a	0.361c
Sugarcane+ Mycorrhiza and Cowpea	نیشکر+ میکوریزا و لوبیا چشم بلبلی	0.5f	51.1e		.....	.....	.....
Sugarcane+ Mycorrhiza and Soybean	نیشکر+ میکوریزا و سویا	1.9c	447.4c		.....	.....	.....
Sugarcane+ Mycorrhiza and Soybean+Rhizobium	نیشکر + میکوریزا و سویا + رایزوبیوم	1.8c	412.6c		.....	.....	.....
Sugarcane+ Mycorrhiza and Cowpea+Rhizobium	نیشکر + میکوریزا و لوبیا چشم بلبلی+ رایزوبیوم	0.5ef	39.6e		.....	.....	.....

در هر ستون میانگین‌های که دارای حروف مشترک هستند، بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌داری ندارند

Mean in each column followed by similar letter(s) are not significantly different at 5% probability level, using Duncan's Multiple Range Test

جدول۴- مقایسه میانگین شاخص سطح برگ و ضریب خاموشی نور در لوبیا چشم بلبلی و سویا در دو مکان

Table 4. Mean comparison of Leaf Area Index (LAI) and light extinction coefficient (K) of cowpea and soybean in two locations

Characteristics	خصوصیات	مکان اول Location 1	مکان دوم Location 2
LAI- Cowpea	شاخص سطح برگ- لوبیا	4.6a	4.1b
K- Cowpea	ضریب خاموشی نور-لوبیا	0.31a	0.56b
LAI- Soybean	شاخص سطح برگ- سویا	1.6a	1.3b
K- Soybean	ضریب خاموشی نور- سویا	0.98a	1.19b

در هر ستون میانگین‌های که دارای حروف مشترک هستند، بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌داری ندارند

Mean in each column followed by similar letter(s) are not significantly different at 5% probability level, using Duncan's Multiple Range Test

می‌باشد.

تیمارهای کشت مخلوط و مکان‌ها در سطح احتمال یک درصد اثر معنی‌داری بر تعداد گره‌های تثبیت کننده نیتروژن در ریشه لوبیا چشم بلبلی داشتند. بیش‌ترین تعداد گره در تیمار کشت مخلوط نیشکر (تلقیح با میکوریزا) و لوبیا چشم بلبلی (تلقیح با رایزوبیوم) به‌دست آمد (جدول ۵). در این آزمایش تلقیح بذر لوبیا چشم بلبلی با باکتری رایزوبیوم بیش‌ترین تعداد گره ریشه را داشت. باکتری‌های رایزوبیوم با تولید اکسین و سیتوکنین باعث افزایش و رشد گره در ریشه لوبیا می‌شوند (Paul and Lade, 2014). نتایج یک تحقیق نشان داد کهتلقیح بذر با باکتری رایزوبیوم در تشکیل گره بر روی ریشه نخود مؤثر بود (Alimadadi *et al*., 2011). در این تحقیق روی ریشه سویا گره تثبیت کننده نیتروژن مشاهده نشد که این موضوع می‌تواند به دلیل شرایط اقلیمی منطقه مورد مطالعه باشد.

نسبت برابری زمین ۲/۰۶۸ در تیمار مخلوط نیشکر و لوبیا نشان دهنده این است که برای تولید مقدار محصول نیشکر و لوبیا در این تیمار در یک هکتار نیاز به ۲/۰۶۸ هکتار زمین در حالت کشت خالص این دو گیاه می‌باشد. این موضوع نشان دهنده کاهش زمین مورد نیاز از ۲/۰۶۸ هکتار در سیستم تک کشتی این دو گیاه به یک هکتار در کشت مخلوط آنها بوده و نشان دهنده افزایش کارایی بهره‌وری از زمین و سایر نهاده‌ها در کشت مخلوط نیشکر با لوبیا و نیشکر با سویا می‌باشد. نتایج یک آزمایش دو ساله در مورد کشت مخلوط نیشکر با گیاهان زراعی نشان داد در هر دو سال، نسبت برابری زمین در مخلوط نیشکر+گندم، ۱/۶۱ و در نیشکر+ نخود، در سال اول و دوم به ترتیب ۱/۵۶ و ۱/۵۵ و در نیشکر+ سویا، در دو سال ۱/۵۵ و در نیشکر+ سیب زمینی، در سال اول و دوم به ترتیب ۱/۵۳ و ۱/۵۴ بود. با توجه به اینکه نسبت برابری زمین در کلیه ترکیب‌های مخلوط بالاتر از یک بود، این موضوع برتری کشت مخلوط نسبت به کشت خالص نیشکر را اثبات می‌کند (Abdul *et al*., 2014). در این آزمایش نسبت برابری زمین در کلیه تیمارهای مخلوط بالاتر از یک بود (جدول ۶). که دلیل آن می‌تواند وجود تفاوت مورفولوژیک دو گونه از نظر ایجاد اشکوب‌های مختلف و بهره‌برداری بهینه از منابع باشد. نقش تفاوت‌های مورفولوژیک در دستیابی به LER بالاتر توسط سایر محققان نیز گزارش شده است. در آزمایشی گزارش شد که نسبت برابری زمین در کشت مخلوط کنجد- لوبیا چشم بلبلی در نسبت کاشت ۵۰:۵۰ در مقایسه با کشت خالص آن‌ها ۱/۰۳ بود (Aminifar *et al*., 2016). در آزمایش دیگری نیز گزارش شد که نسبت برابری زمین در کشت مخلوط لوبیا- آفتابگردان در نسبت کاشت ۷۵:۲۵

جدول ۵ – مقایسه میانگین عملکرد ساقه نیشکر و عملکرد دانه لوبیا چشم بلبلی و تعداد گره‌های تثبیت کننده نیتروژن در ریشه لوبیا چشم بلبلی در تیمارهای کشت مخلوط

Table 5. Mean comparison of stem yield of sugarcane, seed yield of cowpea and number of nodules on cowpea roots in intercropping treatments

Intercropping treatments	تیمارهای کشت مخلوط	عملکرد دانه لوبیا چشم بلبلی Seed yield of cowpea ($kg.ha^{-1}$)	تعداد گره های تثبیت کننده نیتروژن در ریشه لوبیا چشم بلبلی No. of nodules on cowpea roots (m^{-2})	Intercropping treatments	تیمارهای کشت مخلوط	عملکرد ساقه نیشکر Stem yield of sugarcane ($ton.ha^{-1}$)
Sole cowpea	خالص لوبیا چشم بلبلی	1739c	423.4c	Sole sugarcane	خالص نیشکر	102.8e
Sole cowpea+Rhizobium	خالص لوبیا چشم بلبلی + رایزوبیوم	2713a	1288.0ab	Sole sugarcane+Mycorrhiza	خالص نیشکر + میکوریزا	108.8cd
Sugarcane and Cowpea	نیشکر و لوبیا چشم بلبلی	1761bc	458.9c	Sugarcane and Cowpea	نیشکر و لوبیا چشم بلبلی	106.1d
Sugarcane and Cowpea+Rhizobium	نیشکر و لوبیا چشم بلبلی + رایزوبیوم	2716a	1268.0b	Sugarcane and Soybean	نیشکر و سویا	103.8e
Sugarcane Mycorrhiza and Cowpea	نیشکر+ میکوریزا و لوبیا چشم بلبلی	1847b	457.4c	Sugarcane and Cowpea+Rhizobium	نیشکر و لوبیا چشم بلبلی+ رایزوبیوم	106.3d
Sugarcane+Mycorrhiza and Cowpea+Rhizobium	نیشکر+ میکوریزا و لوبیا چشم بلبلی + رایزوبیوم	2727a	1326.0a	Sugarcane and Soybean+Rhizobium	نیشکر و سویا+ رایزوبیوم	104.1e
.....	.....	.....	.....	Sugarcane+Mycorrhiza and Cowpea	نیشکر+ میکوریزا و لوبیا چشم بلبلی	110.8b
.....	.....	.....	.....	Sugarcane+Mycorrhizal and Soybean	نیشکر+ میکوریزا و سویا	109.0c
.....	.....	.....	.....	Sugarcane+Mycorrhiza and Soybean+Rhizobium	نیشکر+ میکوریزا و سویا + رایزوبیوم	109.1c
.....	.....	.....	.....	Sugarcane+Mycorrhizal and Cowpea+Rhizobium	نیشکر + میکوریزا و لوبیا چشم بلبلی+ رایزوبیوم	112.8a

در هر ستون میانگین‌های که دارای حروف مشترک هستند، بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌داری ندارند

Mean in each column followed by similar letter(s) are not significantly different at 5% probability level, using Duncan's Multiple Range Test

جدول ۶- مقادیر نسبت برابری زمین در تیمارهای کشت مخلوط نیشکر با لوبیا چشم بلبلی و سویا

Table 6. Land Eqivalent Ratio (LER) rates in intercropping treatments of sugarcane, cowpea and soybean

Intercropping treatments	تیمارهای کشت مخلوط	عملکرد ساقه نیشکر Stem yield of sugarcane ($ton.ha^{-1}$)	عملکرد لوبیا Seed yield of cowpea ($kg.ha^{-1}$)	نسبت برابری زمین LER	Intercropping treatments	تیمارهای کشت مخلوط	عملکرد ساقه نیشکر Stem yield of sugarcane ($ton.ha^{-1}$)	عملکرد سویا Seed yield of soybean ($kg.ha^{-1}$)	نسبت برابری زمین LER
Sole sugarcane	خالص نیشکر	102.8	.....	.....	Sole sugarcane	خالص نیشکر	102.8	.....	.....
Cole cowpea	خالص لوبیا چشم بلبلی	.....	1739	.....	Sole soybean	خالص سویا	.....	960	.....
Pure cowpea + Bacteria	خالص لوبیا چشم بلبلی+باکتری	.....	2713	.....	Sole soybean+Rhizobium	خالص سویا + رایزوبیوم	.....	1020	.....
Sole sugarcane+ Mycorrhiza	خالص نیشکر + میکوریزا	108.8	.....	.....	Sole sugarcane+Mycorrhiza	خالص نیشکر+ میکوریزا	108.8	.....	.....
Sugarcane and Cowpea	نیشکر و لوبیا چشم بلبلی	108.3	1761	2.03a	Sugarcane and Soybean	نیشکر و سویا	103.8	950	1.991 [a]
Sugarcane and Cowpea+Rhizobium	نیشکر و لوبیا چشم بلبلی+رایزوبیوم	109.2	2716	2.05a	Sugarcane and Soybean+Rhizobium	نیشکر و سویا+ رایزوبیوم	104.1	970	1.949 [a]
Sugarcane+ Mycorrhiza and cowpea	نیشکر + میکوریزا و لوبیا چشم بلبلی	110.7	1847	2.06a	Sugarcane+Mycorrhiza and Soybean	نیشکر + میکوریزا و سویا	109.0	99	2.019 [a]
Sugarcane+Mycorrhiza and Cowpea +Rhizobium	نیشکر + میکوریزا و لوبیا چشم بلبلی+رایزوبیوم	112.8	2727	2.06a	Sugarcane+Mycorrhiza and Soybean+Rhizobium	نیشکر + میکوریزا و سویا+رایزوبیوم	109.1	930	1.903 [a]

در هر ستون میانگین‌های که دارای حروف مشترک هستند، بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌داری ندارند

Mean in each column followed by similar letter(s) are not significantly different at 5% probability level, using Duncan's Multiple Range Test

برابر با ۱/۱۵ بود که نشان می‌دهد این نسبت دارای سودمندی ۱۵ درصدی در مقایسه با کشت خالص بود (Gholipour and Sharifi, 2018). مقدار LER به‌دست آمده در این آزمایش در مقایسه با بسیاری از تحقیقات دیگر بیش‌تر نیز می‌باشد که این موضوع نشان دهنده مثبت بودن کشت مخلوط نیشکر با بقولات می‌باشد.

نتیجه‌گیری

گیاه نیشکر دارای یک دوره حساس به رقابت علف‌های هرز در مرحله رویشی است که دوره آن حدود سه تا شش هفته از زمان کاشت در فصل گرم می‌باشد. کنترل علف‌های هرز در ابتدای فصل رشد، قبل از بسته شدن پوشش گیاهی نیشکر، بسیار ضروری است. در این آزمایش در تیمارهای کشت مخلوط به دلیل خالی نماندن زمین و اشغال شدن فضاهای خالی توسط گیاهان بقولاتی، فضای زیادی برای رویش علف‌های هرز باقی نماند و علف‌های هرز بدون استفاده از علف‌کش‌های شیمیایی در تیمار کشت مخلوط به‌خوبی کنترل شدند. کارایی مصرف تابش در تیمارهای کشت مخلوط بهتر از کشت خالص بود و بیش‌ترین مقدار کارایی مصرف تابش و بالاترین شاخص سطح برگ و نسبت برابری زمین در تیمار کشت مخلوط نیشکر تلقیح شده با قارچ میکوریزا + لوبیا چشم بلبلی تلقیح شده با باکتری رایزوبیوم به‌دست آمد که نشان دهنده هم‌زیستی خوب ریشه نیشکر با میکوریزا و ریشه لوبیا چشم بلبلی با رایزوبیوم بود. در این تحقیق، اثرات مثبت هم‌افزایی حضور همزمان قارچ میکوریزا و لوبیا چشم بلبلی در تیمار مربوطه، باعث بهبود ویژگی‌های مورد بررسی گردید. مشاهدات نشان داد که باکتری رایزوبیوم با ریشه سویا هم‌زیست نشد. این موضوع می‌تواند ناشی از شرایط اقلیمی و خصوصیات خاک منطقه مورد مطالعه باشد. در نتایج سایر تحقیقات نیز شواهدی مبنی بر هم‌زیستی بین سویا و رایزوبیوم در جنوب خوزستان ارائه نشده است. بیش‌ترین مقدار شاخص سطح برگ و کم‌ترین مقدار ضریب خاموشی نور در لوبیا چشم بلبلی و سویا در مکان اول مشاهده شد. بیش‌ترین ضریب خاموشی نور در نیشکر در تیمار کشت خالص نیشکر به دست آمد، زیرا نیشکر در این تیمار کمترین شاخص سطح برگ را داشت. بیش‌ترین ضریب خاموشی نور در لوبیا چشم بلبلی در کشت مخلوط با نیشکر به‌دست آمد، زیرا لوبیا چشم بلبلی در این تیمار کم‌ترین شاخص سطح برگ را داشت، بنابراین کشت مخلوط می‌تواند از طریق کاهش هزینه مصرف علف‌کش‌های شیمیایی، استفاده بیش‌تر از تابش و بالاتر بودن نسبت برابری زمین و استفاده بیش‌تر از زمین، باعث افزایش درآمد نسبت به کشت خالص شود.

سپاسگزاری

این آزمایش با حمایت شرکت کشت و صنعت نیشکر دهخدا انجام شده است که بدینوسیله سپاسگزاری می‌شود.

منابع مورد استفاده

References

Abdul, R., R. Qamar and J. Qamar. 2014. Economic assessment of sugarcane (*Saccharum officinarum* L.) through intercropping. J. Agric. Chem. Environ. 3(3): 24-28.

Alimadadi, A., M. R. Jahansouz, H. Besharaty and R. Tavakkol-Afshari. 2011. Evaluation of the effect of microorganisems solver phosphate, mycorrhiza and seed priming on nodules on chickpea. J. Soil Res. 24(1): 43-53. (In Persian with English Abstract).

Aminifar, J., M. Ramroudi, M. Galavi and G. R. Mohsenabadi. 2016. Assessment of cotton (*Gossypium* spp.) productivity in rotation with intercropping of sesame (*Sesamum indicum* L.) and cowpea (*Vigna unguiculata* L.). Iran. J. Crop Sci. 18(2): 120-134. (In Persian with English Abstract).

Barros, R. L. N., L. B. De Olivera, W. B. De Magalhaes and C. Pimentel. 2016. Growth and yield of common bean affected by seed inoculatin whit rhizobium and nitrogen fertilization. Exp. Agric. 54(1): 1-15.

Chaitanya, K. and S. Meenu. 2015. Plant growth promoting Rhizobacteria (PGPR): a review. J. Agric. Res. Develop. 5(2): 108-119.

Cui, L., F. Yang, X. Wang, T. Yong, X. Liu, B. Su and W. Yang. 2017. The competitive ability of intercropped soybean in two row ratios of maize-soybean relay strip intercropping. Asian J. Plant Sci. Res. 7(3): 1-10.

Fuente, E. B. L., S. A. Suarez., A. E. Lenardis and S. L. Poggio. 2014. Intercropping sunflower and soybean in intensive farming systems: Evaluating yield advantage and effect on weed and insect assemblages. NJAS-Wageningen. J. Life Sci. 70: 47-52.

Geetha, P., K. Sivaraman, A. S. Tayade and R. Dhanapal. 2015. Sugarcane based intercropping system and its effect on cane yield. J. Sugarcane Res. 5 (2): 1 –10.

Ghodrati, G. R. 2011. Evaluation of yield and qualitative and quantitative characteristics of new soybean lines in north region of Khozestan. Crop Physiol. J. 3(11): 103-118. (In Persian with English Abstract).

Gholipour, M. and P. Sharifi. 2018. Yield and productivity indices of common bean and sunflower intercropping in different planting ratios. Plant Ecophysio. J. 33: 1-11. (In Persian with English Abstract).

Hattield. J. 2014. Radiation use efficiency: Evaluation of cropping and management systems. Agron. J. 106(5): 1820-1826.

Javanshir, A., A. Dabbagh Mohammadi Nasab, A. Hamidi and M. Gholipour. 2000. The Ecology of Intercropping. Jahad-e-Daneshgahi Mashhad Press. 222 pp. (In Persian).

Jha, A. K and R. Singh. 2013. The influence of interaction between *Rhizobium tropici* and fertilizer N on nutrient uptake, growth and yield of French bean (*Phaseolus vulgaris* L.) under salt stress. Progressive Hortic. 45(1): 222-228.

Kelly, R. M., D. G. Edwards, J. P. Thompson and R. C. Magarey. 2005. Growth responses of sugarcane to mycorrhiza spore density and phosphores rate. Aust. J. Agric. Res. 56: 1405-1413.

Khajehpour, M. R. 2005. Industrial Crops. Jahad-e-Daneshgahi Isfahan University of Technology Press. 580 pp. (In Persian).

Khandagave, R. B. 2010. Agronomic management of intercropping in sugarcane and its economic implications. Proc. Int. Soc. Sugarcane. Technol. 27: 1- 6.

Koocheki, A., M. Nassiri Mahallati, F. Mandani, H. Feizi and S. Amirmoradi. 2009. Evaluation of radiation interception and use by maize and bean intercropping canopy. J. Agroecol. 1(1):13-23. (In Persian with English Abstract).

Kumar, R., J. Singh and S. K. Uppal. 2017. Management of weeds in sugarcane - wheat intercropping system in sub-tropical India. Indian J. Weed Sci. 49(2): 139 –146.

Mazaheri, D. 1998. Intercropping (2th Ed.). Tehran University Press. 262 pp. (In Persian).

Mishra, R. H. 2010. Soil Microbiology (HB). CBS Publishers and Distributors. 156 p.

Parsa, M. and A. Bagheri. 2009. Pulses. Jahad-e-Daneshgahi Mashhad Press. 528 pp. (In Persian).

Paul, D. and H. Lade. 2014. Plant-growth-promoting rhizobacteria to improve crop growthin saline soils: a review. Agron. Sustain. Dev. 34: 734-752.

Rasool, A. M., A. Farooq, M. Zubair, M. Jamil, S. Ahmad and S. Afghan. 2011. Prospects of intercropping rabi crops in autumn planted sugarcane. Pak. Sug. J. 26(2): 2-5.

Suryawanshi, M. W., M. G. Umate and A. P. Thombre. 2010. Studies on economic returns of sugarcane based intercropping system. Int. J. Agric. Sci. 6(2): 513-514.

Veiga, R. S. L., J. Jansa, E. Frossard and M. G. A. Heijden. 2011. Can *Arbuscular mycorrhizal* fungi reduce the growth of agricultural weeds? Plos One J. 6 (12): 1–10.

Veiga, R. S. L., K. Howard and M. G. A. Heijden. 2012. No evidence for allelopathic effects of arbuscular mycorrhizal fungi on the non-host plant *Stellaria media*. Plant Soil. J. 360(1-2): 319-331.

Veiga, R. S. L., A. Faccio, A. Genre, C. M. J. Pieterse, P. Bonfante and M. G. A. Vanderheijden. 2013. Arbuscular mycorrhizal fungi reduce growth and infect roots of the non-host plant *Arabidopsis thaliana*. Plant Cell Environ. J. 36: 1926-1937.

Zand, A., S. K. Mousavi and A. Heydari. 2008. Herbicides and their methods of application with an optimization and consumption reduction approach. Jahad-e-Daneshgahi Mashhad Press. 572 pp. (In Persian).

Zandevakili, A. B., A. Bahadori, J. Saudi, I. Saeedi, S. H. Heydarian and A. Karami. 2015. Sugarcane, from experience to standard. Kerdegar Ahwaz Press. 136 pp. (In Persian).

Evaluation of radiation use efficiency and weed control in intercropping of sugarcane (*Saccharum officinarum* L.) and legumes

Ehsanipour, A.[1], H. Abbasdokht[2], M. Gholipour[3] and A.R. Abdali Mashhadi[4]

ABSTRACT

Ehsanipour, A., H. Abbasdokht, M. Gholipour and A.R. Abdali Mashhadi. 2019. Evaluation of radiation use efficiency and weed control in intercropping of sugarcane (*Saccharum officinarum* L.) and legumes**. Iranian Journal of Crop Sciences. 21(1): 62-81. (In Persian).**

This experiment was conducted using randomized complete block design with 14 treatments and four replications in in two locations in Ahwaz, Iran, in 2016-2017. Treatments included: sole sugarcane, sole soybean, sole cowpea, sole soybean+rhizobium, sole cowpea+rhizobium, sole sugarcane+mycorrhizal, intercropping sugarcane with cowpea, intercropping sugarcane with soybean, intercropping sugarcane with cowpea+rhizobium, intercropping sugarcane with soybean+rhizobium, intercropping sugarcane+mycorrhiza and cowpea, intercropping sugarcane+mycorrhiza and soybean, intercropping sugarcane+mycorrhiza and soybean+rhizobium, intercropping sugarcane+mycorrhiza and cowpea+rhizobium. The results showed that the radiation use efficiency was higher in intercroppings than sole crops. The highest radiation use efficiency (1.9 $g.Mj^{-1}$), the highest LER (2.06) and the highest stem yield of sugarcane (112.8 $t.ha^{-1}$) belonged to intercropping sugarcane+mycorrhiza and cowpea+rhizobium treatments. Weeds were well controlled without using herbicides in intercropping treatments. Light extinction coefficient (K) for cowpea and soybeans was significantly different in locations, but there was no significant difference for sugarcane sole crop. The highest LAI obtained in cowpea (4.6) and the lowest K (0.427) was measured in the sole cowpea + rhizobium. The highest K in sugarcane (0.473) obtained in sole sugarcane crop while the highest K in cowpea (0.595) obtained in intercropping with sugarcane. The results of this experiment showed that the synergistic effects of mycorrhiza and cowpea and sugarcane was positive on studied traits. Therefore, the utilization of mycorrhiza and rhizobium as well as legumes in intercropping, improved soil fertility, increased land use and radiation use efficiency. In addition, weeds were effectively controlled in intercropping treatments.

Key words: Cowpea, Land equivalent ratio, Leaf area index, Light extinction coefficient and Soybean.

Received: November, 2018 Accepted: April, 2019
1. PhD Student, Shahrood University of Technology, Shahrood, Iran
2. Associate Prof., Shahrood University of Technology, Shahrood, Iran (Corresponding author)
(Email: habbasdokht@yahoo.com)
3. Associate Prof., Shahrood University of Technology, Shahrood, Iran
4. Associate Prof., University of Agricultural and Natural Resources Sciences of Khuzestan, Ahvaz, Iran