

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 به صورت 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 لویا چشم بلبلی، کشت خالص سویا + رایزوبیوم، کشت خالص لویا چشم بلبلی + رایزوبیوم، کشت خالص نیشکر + میکوریزا، کشت مخلوط نیشکر و لویا چشم بلبلی، کشت مخلوط نیشکر و سویا، کشت مخلوط نیشکر و لویا چشم بلبلی + رایزوبیوم، کشت مخلوط نیشکر و سویا + رایزوبیوم، کشت مخلوط نیشکر + میکوریزا و لویا چشم بلبلی، کشت مخلوط نیشکر + میکوریزا و سویا، کشت مخلوط نیشکر + میکوریزا و سویا + رایزوبیوم و کشت مخلوط نیشکر + میکوریزا و لویا چشم بلبلی + رایزوبیوم. نتایج نشان داد که کارایی مصرف تابش در تیمارهای کشت مخلوط برتر از کشت خالص بود و بیشترین مقدار کارایی مصرف تابش در نیشکر (۱/۹ گرم بر مگازول) و بالاترین نسبت برابری زمین (۲/۰۶) و بیشترین عملکرد ساقه نیشکر (۱۱۲/۸ تن در هکتار) در تیمار کشت مخلوط نیشکر + میکوریزا + لویا چشم بلبلی + رایزوبیوم به دست آمد. در تیمارهای کشت مخلوط، کنترل علف‌های هرز بدون استفاده از علف‌کش‌های شیمیایی به خوبی انجام شد. ضریب خاموشی نور در لویا و سویا در دو مکان تفاوت معنی‌داری داشت، ولی برای گیاه نیشکر تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد. در لویا چشم بلبلی بیشترین شاخص سطح برگ (۴/۶) و کمترین ضریب خاموشی نور (۰/۴۲۷) در کشت خالص لویا چشم بلبلی تلقیح شده با رایزوبیوم مشاهده شد. بیشترین ضریب خاموشی نور برای گیاه نیشکر در کشت خالص (۰/۴۷۳) و بیشترین ضریب خاموشی نور برای گیاه لویا چشم بلبلی در کشت مخلوط با نیشکر (۰/۵۹۵) به دست آمد. نتایج این آزمایش نشان داد که اثرات هم‌افزایی حضور هم‌زمان میکوریزا و لویا چشم بلبلی در کنار نیشکر، بر صفات و شاخص‌های مورد ارزیابی در این پژوهش مثبت بود و استفاده از میکوریزا و 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، لویا چشم بلبلی و نسبت برابری زمین

این مقاله مستخرج از رساله دکتری نگارنده اول می‌باشد.

تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۰۸/۱۵ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۰۱/۲۸

۱- دانشجوی دکتری دانشکده کشاورزی 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 نظام‌های زراعی جهان محسوب می‌شود. مهم‌ترین مزایای کشت مخلوط افزایش کارایی 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 به صورت هم‌زمان در کشت مخلوط قرار گیرند، 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 به صورت 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). گیته 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 بیش تر 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 ماده 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 مگازول در تیمار کشت مخلوط متغیر بود.

در کشاورزی پایدار، به منظور حفظ و پایداری تولید و برای جلوگیری یا کند کردن 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 علف‌کش، به

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 به صورت 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 به صورت 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 نیشکر + تلقیح با مایکوریزا و لوبیا چشم بلبلی، کشت مخلوط نیشکر + تلقیح با مایکوریزا و سویا، کشت مخلوط نیشکر + تلقیح با مایکوریزا و سویا + تلقیح با رایزوبیوم و کشت مخلوط نیشکر + تلقیح با مایکوریزا 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

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 به صورت 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 به ترتیب 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 به ترتیب 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 به طول هشت متر تشکیل شده

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 اندازه‌گیری شد. با معلوم بودن شاخص سطح برگ، میزان نور رسیده به پایین پوشش گیاهی (PAR) و نور رسیده به بالای کانوپی (PAR₀)، ضریب خاموشی نور (K) با استفاده از رابطه (۱) به دست آمد (Javanshir et al., 2000).

$$\text{رابطه (۱)} \quad \ln(\text{PAR}/\text{PAR}_0) = -K \times \text{LAI}$$

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 به دست آوردن میزان تابش جذب شده توسط هر گیاه 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، به دست آمد (رابطه ۲).

بلبلی) و برادی رایزوبیوم ژاپونیکوم (سویا) از شرکت زیست فناوری پشته‌زاریان و قارچ میکوریزا گلوموس موسه (نیشکر) از موسسه تحقیقات خاک و آب کرج تهیه شدند. با توجه به این که 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 بذره‌های بقولات، هشت گرم مایه تلقیح که هر گرم آن دارای ۱۰^۷ 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 ریشه 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 به صورت تصادفی در هر کرت انداخته

شمارش شدند. برای اندازه گیری 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، بوته های نیشکر به صورت دستی کف بر شد و پس از حذف برگ ها و سرنی، ساقه خالی وزن شد و عملکرد نهایی در هکتار محاسبه شد. در مورد لویا چشم بلبلی و سویا نیز پس از رسیدگی فیزیولوژیکی نیز از دو ردیف میانی پس از در نظر گرفتن حاشیه های هر کرت، عملکرد دانه در واحد سطح تعیین شد. تجزیه واریانس و مقایسات میانگین با استفاده از نرم افزار MSTATCE و مقایسه میانگین ها با استفاده از آزمون چند دامنه ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد انجام شد.

رابطه (۲) $PAR = I_0 \times 0.5 \times (1-P)(1 - \exp(-K \cdot LAI))$ (MJ.m²)
نسبت برابری زمین (LER) با استفاده از رابطه (۳) محاسبه شد (Mazaheri, 1998).

رابطه (۳) $LER = \frac{Y_{ab}}{Y_{aa}} + \frac{Y_{ba}}{Y_{bb}}$
 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 گره زایی ریشه گیاهان بقولاتی، در هر کرت که تلقیح بذر بقولات با باکتری ریزوبیوم انجام شده بود، چهار گلدان که هر یک حاوی دو بوته گیاه بقولاتی (لویا چشم بلبلی و یا سویا) بودند، در نظر گرفته شد. در زمان رسیدگی، بوته ها به همراه ریشه به طور کامل جدا شده و پس از شستشوی ریشه ها، تعداد گره ها

جدول ۱- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک محل های 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		مکان اول	مکان دوم	خصوصیات خاک بعد از برداشت بقولات		مکان اول	مکان دوم
Soil properties before planting		Location 1	Location 2	Soil properties after legume harvest		Location 1	Location 2
Soil texture	بافت خاک	Silty clay	Clay loam	Soil texture	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

متر مربع) و وزن خشک علف های هرز (۳۹/۶۳ گرم در متر مربع) مربوط به کشت مخلوط نیشکر تلقیح شده با قارچ + لویای تلقیح شده با باکتری بود (جدول ۳). با توجه به اینکه در این تحقیق زمانی که قلمه های نیشکر با قارچ میکوریزا تلقیح شدند، هنوز علف هرزی وجود نداشت، به نظر می رسد که میکوریزا فقط با ریشه نیشکر هم زیست 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 علف هرز

نتایج و بحث

نتایج نشان داد که تیمارهای آزمایشی اثر معنی داری (در سطح احتمال یک درصد) روی تراکم و وزن خشک علف های هرز داشتند. در صورتیکه مکان های آزمایشی اثر معنی داری بر تراکم و وزن خشک علف های هرز نداشتند. بیش ترین تراکم (۴/۲۵ بوته در متر مربع) و وزن خشک علف های هرز (۱۲۸۸/۰ گرم در متر مربع) مربوط به کشت خالص نیشکر و کم ترین تراکم علف های هرز (۰/۵۷۵ بوته در

دیگری گزارش شد که عصاره استخراج شده از خاک حاوی میسلیموم میکوریزا باعث کاهش رشد علف‌های هرز غیر میکوریزیایی شد. استفاده از کرین فعال در تیمارهای مربوطه، نظریه تأثیر مواد آللوپاتیک میکوریزا روی علف هرز گندمک را رد کرد و کاهش رشد در علف هرز گندمک (گیاه غیر میکوریزیایی) 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. همان‌طور 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

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 در نتیجه 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 غیر شیمیایی علف‌های هرز می‌باشند.

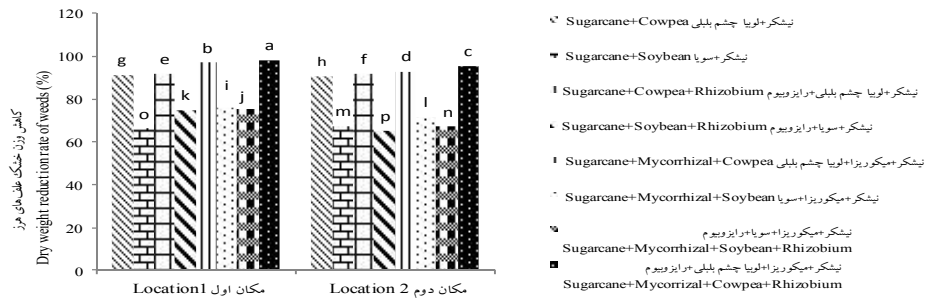
نتایج یک آزمایش نشان داد که زیست توده و رشد سه علف هرز سوروف، چسبک و تاجریزی در تلقیح با میکوریزا کاهش یافت و هیچکدام از علف‌های هرز مذکور از وجود میکوریزا سود نبردند. در صورتیکه گیاه زراعی ذرت در مقایسه با علف‌های هرز یاد شده از هم‌زیستی با میکوریزا سود برده و افزایش قدرت ذرت در رقابت بین جذب آب و عناصر 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

گرم بر مگاژول و برای گونه های سه کربنه مناطق گرمسیری بین ۱/۵ تا ۱/۷ گرم بر مگاژول است. کارایی مصرف تابش برای بقولات دانه ای 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، بیماری ها و دمای پایین، باعث کاهش کارایی مصرف تابش می شوند (Hattfield, 2014). در این آزمایش بیشترین کارایی مصرف تابش در نیشکر (۱/۹ گرم بر مگاژول) در تیمار کشت مخلوط نیشکر تلقیح شده با قارچ به همراه لویای تلقیح شده با باکتری و کمترین میزان کارایی مصرف تابش در نیشکر (۰/۹۱ گرم بر مگاژول) در کشت خالص نیشکر به دست آمد (شکل ۴). تأثیر مثبت هم افزایی 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 ریزوبیوم (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 به دلیل 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 می باشد که باعث گسترش بهتر پوشش نیشکر می شوند. کارایی مصرف تابش در تیمار کشت خالص نیشکر تلقیح شده با میکوریزا با اختلاف اندکی از تیمار کشت خالص بدون تلقیح، بیش تر بود. در این تحقیق کارایی مصرف تابش نیشکر در کشت مخلوط با لوبیا چشم بلبلی بیش تر از کشت مخلوط با سویا بود. با عنایت به این که در ریشه سویا گره های تثبیت کننده نیتروژن مشاهده نشد، بیش تر بودن کارایی مصرف تابش نیشکر در

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

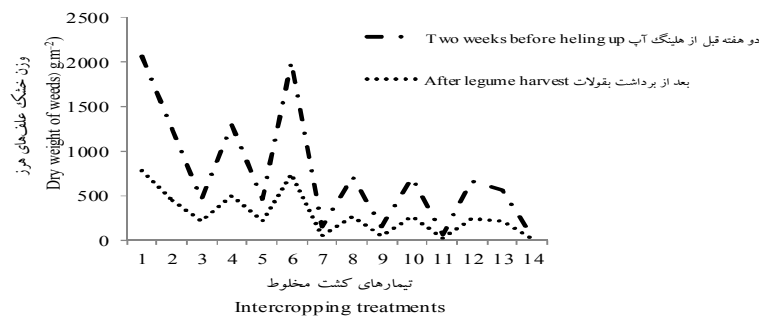
با توجه به شیب رابطه بین تجمع ماده خشک با میزان تابش فعال فتوسنتزی تجمعی در تیمارهای کشت مخلوط و کشت خالص، کارایی مصرف تابش در گیاه نیشکر نسبت به بقولات بیش تر بوده است، زیرا نیشکر دارای مسیر فتوسنتزی چهار کربنه بوده و کارایی مصرف تابش و توان فتوسنتزی آن بیش تر از گیاهان سه کربنه است (شکل های ۴ تا ۶). در هر سه جزء مخلوط، کارایی مصرف تابش در تیمارهای کشت مخلوط بیش تر از کشت خالص بود، زیرا در سیستم کشت خالص، مقداری از تابش فتوسنتزی به دلیل وجود فضای خالی در سایه انداز تلف می شود، اما در کشت مخلوط به دلیل پوشش بیش تر و مناسب تر سطح خاک، این تلفات کاهش یافته و در نتیجه میزان جذب تابش کل نسبت به کشت خالص بیش تر می شود، این موضوع باعث افزایش عملکرد و در نتیجه افزایش کارایی مصرف تابش می گردد. بهبود بهره وری استفاده از تابش هم می تواند در اثر بیش تر شدن جذب تابش و هم افزایش کارایی مصرف تابش باشد. به طور معمول جذب تابش در کشت مخلوط افزایش می یابد، زیرا هم زمان بیش تری و هم فضای بیش تری تحت پوشش گیاهان زراعی قرار می گیرد. کارایی مصرف تابش برای گونه های سه کربنه مناطق معتدله بین یک تا ۱/۵

" ارزیابی کارایی مصرف تابش و... "



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

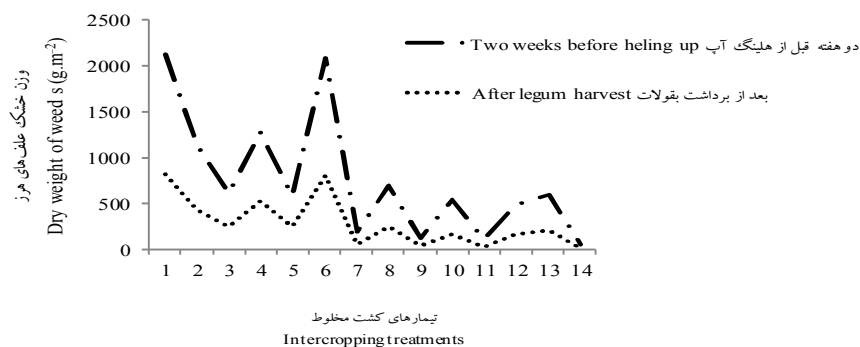
Fig. 1. Mean comparison of dry weight reduction of weeds in intercropping treatments of sugarcane, cowpea and soybean in two locations



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 helling up of sugarcane (location 1)

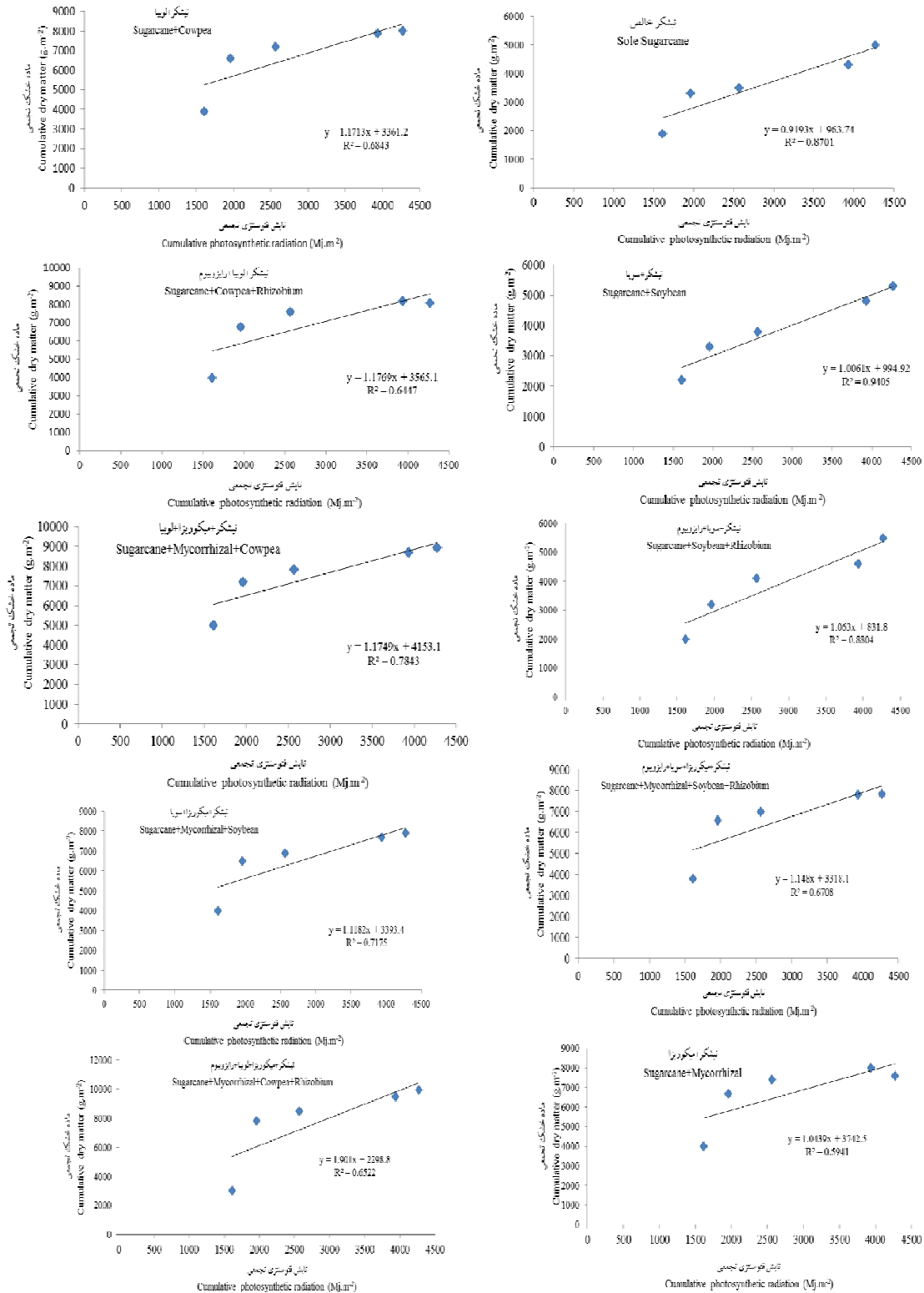
1- خالص نیشکر Sole sugarcane، 2- خالص سویا Sole soybean، 3- خالص لویا چشم بلبلی Sole cowpea، 4- خالص سویا + رازیوم Sole soybean+Rhizobium، 5- خالص لویا چشم بلبلی + رازیوم Sole cowpea+Rhizobium، 6- خالص نیشکر + مایکوریزا Sole sugarcane+Mycorrhiza، 7- نیشکر و لویا چشم بلبلی Sugarcane and Cowpea، 8- نیشکر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

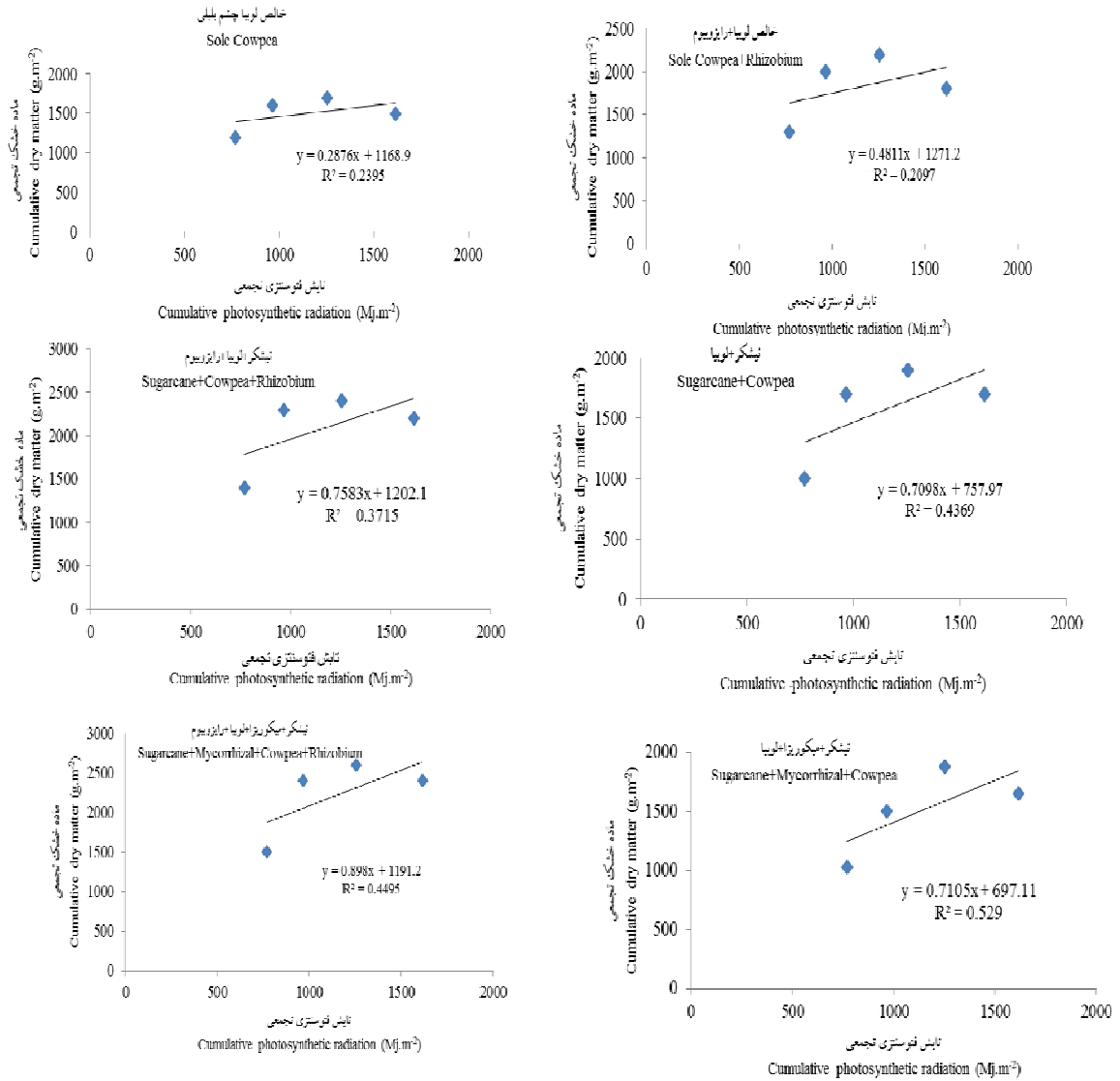
Fig. 3. Mean comparison of dry weight of weeds in intercropping treatments in two stages, after harvesting legumes and before helling up of sugarcane (location 2)

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



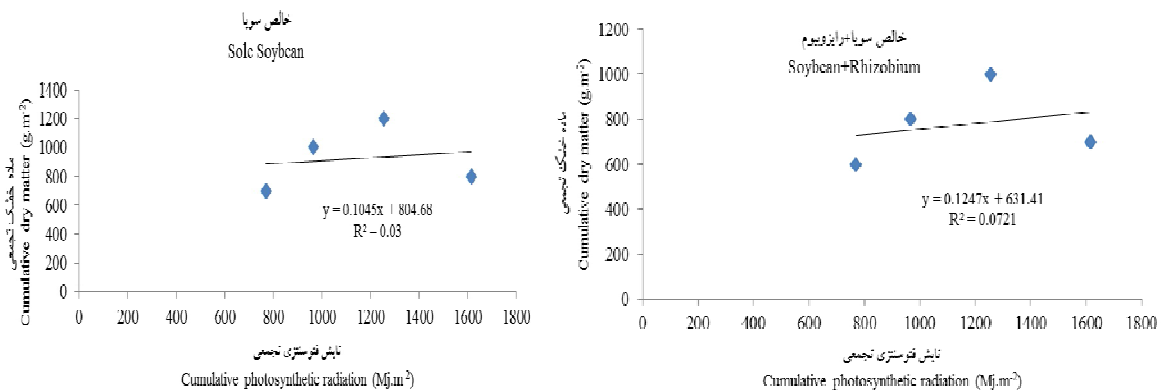
شکل ۴- رابطه رگرسیونی بین تجمع ماده خشک و میزان تابش فعال فتوسنتزی تجمعی برای گیاه نیشکر در تیمارهای کشت مخلوط با بقولات و کشت خالص در دو مکان (شیب خط رگرسیونی نشان دهنده کارایی مصرف تابش گیاه نیشکر است)

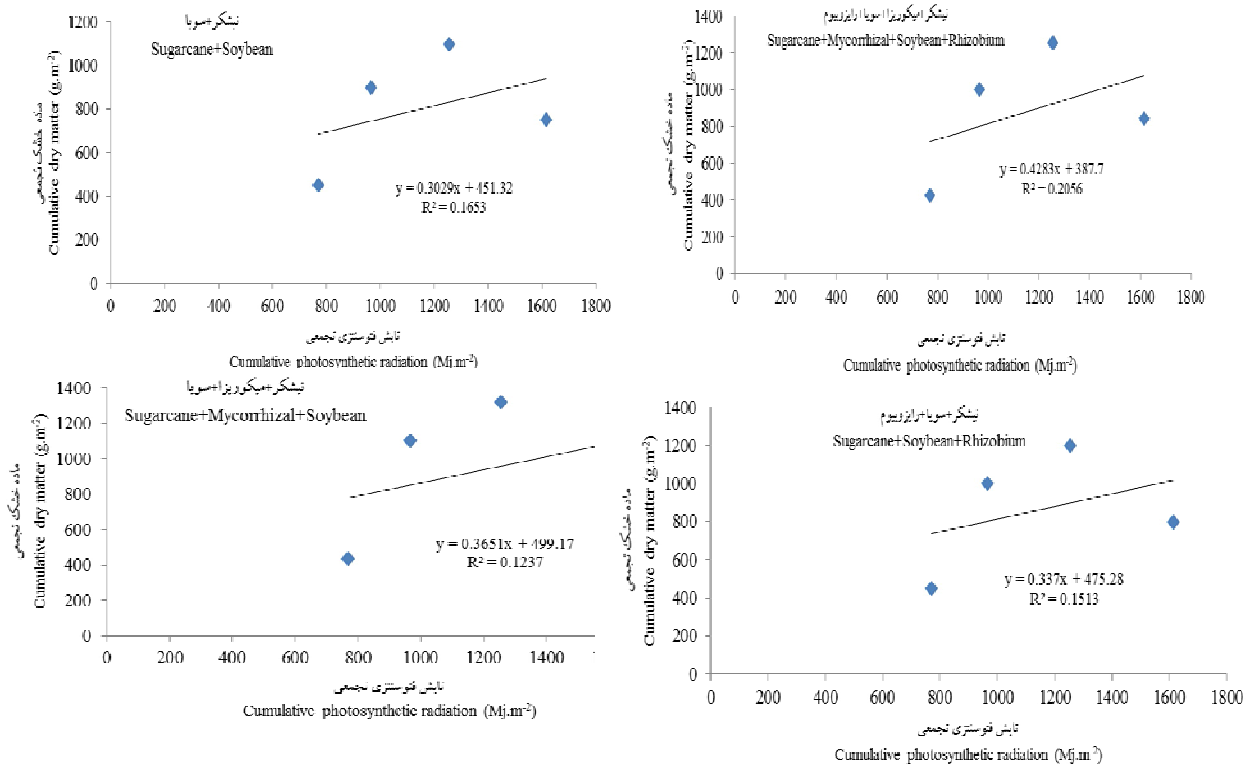
Fig. 4. Regression relationship between dry matter accumulation and cumulative active photosynthesis radiation for sugarcane in intercropping with legumes and sole cropping in two locations (slope of regression shows the radiation use efficiency of sugarcane)



شکل ۵- رابطه رگرسیونی بین تجمع ماده خشک و میزان تابش فعال فتوسنتزی تجمعی برای گیاه لوبیا چشم بلبلی در تیمارهای کشت مخلوط با نیسکر 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)

باعث شده در مکان اول سطح برگ بیش تری تولید شود، در صورتیکه این موضوع روی نیشکر اثر معنی داری نداشت. ضریب خاموشی نور نیز در لویا و سویا بر عکس ضریب خاموشی نور در نیشکر در دو مکان اثر معنی داری داشت. تیمارهای کشت مخلوط بر شاخص سطح برگ و ضریب خاموشی نور در لویا و نیشکر در سطح احتمال یک درصد معنی داری بود، ولی روی شاخص سطح برگ و ضریب خاموشی نور سویا اثر معنی داری نداشتند. این موضوع نشان دهنده عدم هم زیست شدن با کتری برادی ریزوبیوم ژاپونیکوم با ریشه سویا می باشد، زیرا هم زیستی میکوریزا با نیشکر و ریزوبیوم لگومینوزاروم با لویا چشم بلبلی اثر مثبت روی این صفات داشته که در سویا چنین

کشت مخلوط با لویا چشم بلبلی می تواند به دلیل اثر مثبت لویا چشم بلبلی در تثبیت نیتروژن در خاک نسبت به سویا می باشد. با توجه به شکل های ۵ و ۶ کارایی مصرف تابش در لویا بیش تر از سویا بود که این موضوع به دلیل گسترش بهتر پوشش گیاهی و عملکرد بیش تر لویا در مناطق مورد آزمایش نسبت به سویا بود. نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر مکان بر شاخص سطح برگ لویا و سویا به ترتیب در سطوح احتمال پنج و یک درصد معنی دار بود، ولی بر شاخص سطح برگ نیشکر اثر معنی داری نداشت. این موضوع می تواند 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

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

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 (برعکس 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

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 light Extinction coefficient (K)

of cowpea in intercropping 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

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 تحریک‌کننده رشد گیاه و یا برخی هورمون‌های تنظیم‌کننده 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 می‌باشد.

تیمارهای کشت مخلوط و مکان‌ها در سطح احتمال یک درصد اثر معنی‌داری بر تعداد گره‌های تثبیت‌کننده نیتروژن در ریشه لوبیا چشم بلبلی داشتند. بیش‌ترین تعداد گره در تیمار کشت مخلوط نیشکر (تلقیح با میکوریزا) و لوبیا چشم بلبلی (تلقیح با ریزوبیوم) به‌دست آمد (جدول ۵). در این آزمایش تلقیح بذر لوبیا چشم بلبلی با باکتری ریزوبیوم بیش‌ترین تعداد گره ریشه را داشت. باکتری‌های ریزوبیوم با تولید اکسین و سیتوکینین باعث افزایش و رشد گره در ریشه لوبیا می‌شوند (Paul and Lade, 2014). نتایج یک تحقیق نشان داد که

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 ریزوبیوم 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 ریزوبیوم ژاپونیکوم و سویا مشاهده نشد که این 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 ریزوبیوم لگومینوزاروم (برای لوبیا چشم بلبلی) بر عکس باکتری برادی ریزوبیوم ژاپونیکوم (برای سویا) با شرایط منطقه مورد مطالعه سازگاری دارد. نتایج نشان داد که بیش‌ترین عملکرد لوبیا چشم بلبلی مربوط به تیمارهای تلقیح با ریزوبیوم و کم‌ترین عملکرد آن مربوط به کشت خالص بود (جدول ۵). فارغ از تیمارهای تلقیح یا عدم تلقیح با ریزوبیوم، 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 قییم بودن نیشکر برای لوبیا ارتباط داد. باکتری‌های ریزوبیوم 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 ریزوبیوم لگومینوزاروم و کم‌ترین عملکرد نیشکر در کشت خالص نیشکر به‌دست آمد (جدول ۵). این موضوع نشان‌دهنده اثر

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 intercropping 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 + رازوبیوم	2.4b	779.6b	Sugarcane and Soybean	نیشکر و سویا	4.5e	0.451a
Sole cowpea+Rhizobium	خالص لوبیا چشم بلبلی + رازوبیوم	1.2d	229.1d	Sugarcane and Cowpea+Rhizobium	نیشکر و لوبیا چشم بلبلی + رازوبیوم	6.2b	0.379c
Sole sugarcane+Mycorrhiza	خالص نیشکر + میکوریزا	4.1a	1286.0a	Sugarcane and Soybean+Rhizobium	نیشکر و سویا + رازوبیوم	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 + رازوبیوم	0.9de	90.0e	Sugarcane+ Mycorrhiza and Soybean+Rhizobium	نیشکر + میکوریزا و سویا + رازوبیوم	5.7d	0.443ab
Sugarcane and Soybean+Rhizobium	نیشکر و سویا + رازوبیوم	1.8c	368.9c	Sugarcane+ Mycorrhiza and Cowpea+Rhizobium	نیشکر + میکوریزا و لوبیا چشم بلبلی + رازوبیوم	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 + رازوبیوم	1.8c	412.6c		.....	.....	.....
Sugarcane+ Mycorrhiza and Cowpea+Rhizobium	نیشکر + میکوریزا و لوبیا چشم بلبلی + رازوبیوم	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

جدول ۴- 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	مکان دوم
		Location 1	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

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 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 نشان‌دهنده 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

تلقیح بذر با باکتری رایزوبیوم در تشکیل گره بر روی ریشه نخود مؤثر بود (Alimadadi *et al.*, 2011). در این تحقیق روی ریشه سویا گره تثبیت‌کننده 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 نشان‌دهنده 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 نشان‌دهنده کاهش زمین مورد نیاز از ۲/۰۶۸ هکتار در سیستم تک‌کشتی این دو گیاه به یک هکتار در کشت مخلوط آنها بوده و نشان‌دهنده 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+ سیب‌زمینی، 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

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	تعداد گره های تثبیت کننده نیتروژن	Intercropping treatments	تیمارهای کشت مخلوط	عملکرد ساقه نیشکر
		لوبیا چشم بلبلی	در ریشه لوبیا چشم بلبلی			Stem yield of sugarcane
		Seed yield of cowpea	No. of nodules on cowpea roots			(ton.ha ⁻¹)
		(kg.ha ⁻¹)	(m ²)			
Sole cowpea	خالص لوبیا چشم بلبلی	1739c	423.4c	Sole sugarcane	خالص نیشکر	102.8e
Sole cowpea+Rhizobium	خالص لوبیا چشم بلبلی + رازیومیوم	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 Rhizobium	نیشکر و لوبیا چشم بلبلی + رازیومیوم	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 + رازیومیوم	106.3d
Sugarcane+Mycorrhiza and Cowpea+Rhizobium	نیشکر + میکوریزا و لوبیا چشم بلبلی + رازیومیوم	2727a	1326.0a	Sugarcane and Soybean+Rhizobium	نیشکر + سویا + رازیومیوم	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 + رازیومیوم	109.1c
.....	.....	.....	.....	Sugarcane+Mycorrhizal and Cowpea+Rhizobium	نیشکر + میکوریزا و لوبیا چشم بلبلی + رازیومیوم	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 Equivalent Ratio (LER) rates in intercropping treatments of sugarcane, cowpea and soybean

Intercropping treatments	تیمارهای کشت مخلوط	عملکرد ساقه نیشکر	عملکرد لوبیا	نسبت برابری زمین	تیمارهای کشت مخلوط	عملکرد ساقه نیشکر	عملکرد سویا	نسبت برابری زمین
		Stem yield of sugarcane	Seed yield of cowpea			Stem yield of sugarcane	Seed yield of soybean	
		(ton.ha ⁻¹)	(kg.ha ⁻¹)	LER		(ton.ha ⁻¹)	(kg.ha ⁻¹)	LER
Sole sugarcane	خالص نیشکر	102.8	.....	.....	Sole sugarcane	خالص نیشکر	.....	.....
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 + رازیومیوم	1020	.....
Sole sugarcane+ Mycorrhiza	خالص نیشکر + میکوریزا	108.8	.....	.....	Sole sugarcane+Mycorrhiza	خالص نیشکر + میکوریزا	.....	.....
Sugarcane and Cowpea	نیشکر و لوبیا چشم بلبلی	108.3	1761	2.03a	Sugarcane and Soybean	نیشکر و سویا	950	1.991 *
Sugarcane and Cowpea+Rhizobium	نیشکر و لوبیا چشم بلبلی + رازیومیوم	109.2	2716	2.05a	Sugarcane and Soybean+Rhizobium	نیشکر + سویا + رازیومیوم	970	1.949 *
Sugarcane+ Mycorrhiza and cowpea	نیشکر + میکوریزا و لوبیا چشم بلبلی	110.7	1847	2.06a	Sugarcane+Mycorrhiza and Soybean	نیشکر + میکوریزا و سویا	99	2.019 *
Sugarcane+Mycorrhiza and Cowpea +Rhizobium	نیشکر + میکوریزا و لوبیا چشم بلبلی + رازیومیوم	112.8	2727	2.06a	Sugarcane+Mycorrhiza and Soybean+Rhizobium	نیشکر + میکوریزا و سویا + رازیومیوم	930	1.903 *

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

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 لویا چشم‌بلبلی 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 لویا چشم‌بلبلی در کشت مخلوط با نیشکر به دست آمد، زیرا لویا چشم‌بلبلی 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.

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 به خوبی 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 + لویا چشم‌بلبلی تلقیح شده با باکتری رایزوبیوم به دست آمد که نشان دهنده هم‌زیستی خوب ریشه نیشکر با میکوریزا و ریشه لویا چشم‌بلبلی با رایزوبیوم بود. در این تحقیق، اثرات مثبت هم‌افزایی حضور همزمان قارچ میکوریزا و لویا چشم‌بلبلی 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

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 microorganismes 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 inoculation with 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).
- Hattfield, 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.
- Khajepour, 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 growth in 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. Abbasdokht², M. Gholipour³ and A.R. Abdali Mashhadi⁴

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).

To evaluate radiation use efficiency and weed control, this experiment was conducted in two locations in Ahwaz, Iran, in a randomized complete block design with 14 treatments and four replications 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. Results showed that radiation use efficiency in intercropping treatments was superior than sole cropping and the highest radiation use efficiency (1.9 g.Mj^{-1}) and also the highest LER (2.06) and the highest stem yield of sugarcane (112.8 t.ha^{-1}) was obtained in sugarcane+mycorrhiza and cowpea+rhizobium treatment. Weeds were well controlled without application of herbicides in intercropping treatments. Light extinction coefficient (K) for cowpea and soybeans was significantly different in two locations, but there was no significant difference for sugarcane. The highest LAI for cowpea (4.6) and the lowest K (0.427) were observed in the sole cowpea+rhizobium. The highest K for sugarcane (0.473) was obtained in sole cropping and the highest K for cowpea (0.595) was obtained in intercropping with sugarcane. Results of this experiment showed that the synergistic effects of mycorrhiza and cowpea and sugarcane on evaluated characteristics were positive, therefore the use of mycorrhiza and rhizobium and intercropping of legume crops improved soil fertility, land 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., Khuzestan Agricultural Sciences and Natural Resources University, Ahwaz, Iran