ارزیابی عملکرد علوفه و برخی شاخص‌های سودمندی در کشت مخلوط ذرت با چند لگوم در کشت دوگانه

عبدالله جوانمرد[۱*]، عادل دباغ محمدی نسب[۲]، یوسف نصیری[۱] و فریبرز شکاری[۱]

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۱/۵/۲۸ ؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۱/۸/۶)

چکیده

به منظور بررسی اثرات کشت مخلوط بر عملکرد علوفه، آزمایشی در دو سال زراعی ۱۳۸۵ و ۱۳۸۶ به صورت طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در ایستگاه تحقیقات کشاورزی دانشکده کشاورزی دانشگاه تبریز اجرا شد. تیمارها کشت خالص شبدر برسیم، ماشک گل خوشه ای، لوبیا، گاودانه و دو هیبرید ذرت (هیبرید سینگل کراس ۷۰۴ و ۳۰۱) در تراکم مطلوب و هم‌چنین کشت مخلوط هیبرید ذرت ۷۰۴ و ۳۰۱ با هر یک از این لگوم‌ها به صورت افزایشی کامل را شامل می‌شد. نتایج نشان داد که عملکرد علوفه ذرت در کشت مخلوط با لگوم‌ها بویژه ماشک گل خوشه‌ای و گاودانه کاهش می‌یابد. میزان کاهش عملکرد علوفه خشک ذرت در مقایسه با کشت خالص ذرت ۱۵/۸۰ درصد بود. هم‌چنین، عملکرد علوفه خشک همه لگوم‌ها در کشت مخلوط نسبت به کشت خالص آنها کاهش چشمگیری داشتند. در مجموع عملکرد کل علوفه بر اثر مخلوط ذرت با لگوم‌ها به غیر از مخلوط ذرت با گاودانه افزایش معنی‌داری را در مقایسه با کشت خالص ذرت نشان داد. بیشترین عملکرد کل علوفه در کشت مخلوط ذرت ۳۰۱ با ماشک گل خوشه‌ای و بعد از آن در مخلوط ذرت ۷۰۴ با ماشک گل خوشه‌ای حاصل شد که نشان‌دهنده تأثیر بیشتر ماشک گل خوشه‌ای در افزایش عملکرد کل علوفه است. نسبت برابری زمین در هر دو سال و برای همه ترکیب‌های کشت مخلوط بیشتر از یک بود. بالاترین LER به تیمار کشت مخلوط ذرت ۳۰۱ با ماشک گل خوشه‌ای (۱/۴۵) و ذرت ۷۰۴ با ماشک گل خوشه‌ای (۱/۳۶) مربوط بود. هم‌چنین بیشترین سودمندی اقتصادی در کشت مخلوط ذرت ۳۰۱ با ماشک گل خوشه‌ای (۱/۰۹۸) حاصل شد.

واژه‌های کلیدی: کشت مخلوط، عملکرد علوفه، لگوم، ذرت، نسبت برابری زمین (LER)، سودمندی اقتصادی

۱. گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه مراغه

۲. گروه اکوفیزیولوژی گیاهی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز

* : مسئول مکاتبات، پست الکترونیکی: javansohaib@gmail.com

مقدمه

یکی از راهکارهای کلیدی در کشاورزی پایدار بازگرداندن تنوع به اکوسیستم‌های کشاورزی و مدیریت مؤثر آن است. کشت مخلوط به عنوان نمونه‌ای از نظامهای پایدار در کشاورزی اهدافی نظیر ایجاد تعادل اکولوژیک، بهره‌برداری بیشتر از منابع، افزایش کمی و کیفی عملکرد و کاهش خسارت آفات، بیماری‌ها و علفهای هرز و کاهش وابستگی کشاورزان به آفت‌کش‌ها، به شرط حفظ کیفیت محصول و بازارپسندی آن را دنبال می‌کند (۱۱، ۱۳، ۱۴، ۲۴ و ۲۵). این موضوع از آنجایی اهمیت دوچندان می‌یابد که افزایش سطح زیر کشت گیاهان زراعی در راستای افزایش تولیدات کشاورزی، به دلیل محدود بودن زمین‌های قابل کشت به بن‌بست رسیده است و راه‌حل باقیمانده افزایش تولید در واحد سطح و استفاده از زمان است. سیستم‌های مختلف کشت مخلوط با بهره‌گیری مؤثر از زمان و مکان، امکان رسیدن به چنین هدفی را فراهم می‌سازند. بعلاوه، این سیستم‌ها بر خلاف نظام‌های تک‌کشتی در راستای اصول اکولوژیک پیش می‌روند و در صورت بهره‌گیری مؤثر و گسترده از آنها ثبات و پایداری نظام‌های کشاورزی افزایش می‌یابد (۲۶). یکی از دلایل اصلی که کشاورزان کشت مخلوط را به کار می‌برند، این است که آنها اغلب تولید بیشتری از کشت مخلوط در مقایسه با کشت خالص از همان مقدار زمین به دست می‌آورند (۸ و ۱۳).

ویلی (۴۳) کشت مخلوط را یک روش اقتصادی جهت تولید بالاتر با سطوح نهاده‌های خارجی کمتر می‌داند. این افزایش کارایی مصرف، به‌ویژه برای کشاورزان خرده‌پا و هم‌چنین در مناطق برخوردار از طول فصل رشد کوتاه اهمیت بسیار دارد. تولید بیشتر در کشت مخلوط را می‌توان به سرعت رشد بیشتر (۳۶)، کاهش علف‌های هرز، آفات و بیماری‌ها (۴۴) و استفاده مؤثرتر از منابع قابل دسترس (۴۳) نسبت داد. هم‌چنین، افزایش تولید به رقابت درون گونه‌ای بیشتر از رقابت برون گونه‌ای مربوط است (۱۹). علاوه بر آن، در صورت وجود اثرات مکملی میان اجزای کشت مخلوط، به دلیل کاهش رقابت میان آنها تولید افزایش می‌یابد (۴۳).

ذرت به عنوان یک گیاه علوفه‌ای دارای عملکرد و انرژی بالایی است که نسبت به سایر گیاهان علوفه‌ای به کارگر و ماشین آلات کمتری نیاز دارد. هم‌چنین ذرت منبع اولیه انرژی در صنعت دامداری جهان است که ارزش غذایی آن مربوط به قابلیت هضم آن می‌باشد، ولی دارای پروتئین خام پایینی است (۳ و ۹) در حالی که لگوم‌ها از نظر پروتئین غنی هستند (۴، ۳۴ و ۳۵). بنابراین کمبود پروتئین در علوفه ذرت از طریق کشت مخلوط لگوم‌ها با ذرت جبران می‌شود. در کشت مخلوط غلات – لگوم به عنوان علوفه، از آنجایی که لگوم‌ها پروتئین بالاتری را نسبت به غلات دارند، بنابراین، دامداران، لگوم‌ها را برای افزایش عملکرد و کیفیت علوفه و کاهش احتمالی کمبود پروتئین خام به علوفه اضافه می‌کنند (۷). با توجه به قیمت بالای کنسانتره نسبت به علوفه، کشت مخلوط ذرت و لگوم می‌تواند در کاهش هزینه‌ها موثر باشد. عملکرد بالا و هزینه کم از ویژگیهایی هستند که غلات را برای تولید علوفه مناسب می‌کند و لگوم‌ها نیز به دلیل برخورداری از محتویات پروتئینی و مواد معدنی بیشتر نسبت به غلات موجب افزایش کیفیت علوفه می‌شوند (۱۳). لاوریاولت و کرکسی (۲۲) بیان کردند که به دلیل پایین بودن کیفیت علوفه غلات نسبت به یونجه، در شمال امریکا و کانادا غلات علوفه‌ای (جو و یولاف) اغلب به منظور افزایش میزان پروتئین و بدون هیچ تاثیر منفی روی عمکرد کل، بصورت مخلوط با لگوم‌ها کشت می‌شوند.

یکی از اهداف کشت مخلوط تأمین پایداری عملکرد است (۳۲). برای کشاورزانی که منابع محدودی در اختیار دارند، ثبات عملکرد و درآمد سیستم‌های زراعی نسبت به حداکثر عملکرد و درآمد در کوتاه مدت از اهمیت بیشتری برخوردار است. بنابراین، در کشت مخلوط افزایش درآمد خالص کمکی نسبت به کاهش خطر محسوب می‌شود (۴۰). کشت مخلوط گندم و خردل هندی پایداری بیشتری را از لحاظ عملکرد در شرایط نامساعد آب و هوایی و در زمان شیوع بیماری‌ها و آفات تأمین می‌کند. این امر، از نظر امرار معاش زارعین اهمیت

زیادی دارد (۳۷). بیان شده است که درآمد اقتصادی در کشت مخلوط نسبت به کشت خالص بهبود پیدا می‌کند (۳۸). بطور کلی، واضح است که سیستم‌های متنوع پایداری بیشتر و یا تغییرات کمتری نسبت به سیستم‌های یکنواخت دارند (۵). در کشت مخلوط شکست یک محصول در تولید به وسیله گیاه دیگر جبران می‌شود و بدین ترتیب خطر کاهش می‌یابد (۴۰). لیتورجیدیس و همکاران (۲۴) اظهار داشتند که احتمال عدم موفقیت در زراعت چندکشتی کمتر از کشت خالص است، زیرا ممکن است شرایط برای رشد یک گونه مناسب و برای گونه دیگر نامناسب باشد که از آن می‌توان به عنوان یک ارزش تضمینی کشت مخلوط یاد کرد. گزارش شده است که کشت مخلوط ارزن با استیلو (لگوم چندساله) راندمان نیروی کار را به حداکثر و خطر را در شرایط آب و هوایی نامساعد به حداقل می‌رساند (۲۱). در کشت مخلوط بادامزمینی – نخود هندی حداکثر درآمد ناخالص و خالص ۲۸ تا ۳۸ درصد بیشتر از تک کشتی‌ها بود (۲). در یک بررسی دیگر، کشت مخلوط پنبه با لوبیا سبز برگشت سرمایه و بازده انرژی را نسبت به حالت تک کشتی افزایش داد (۳۰). پیل بیم و همکاران (۲۹) نیز با مطالعه مخلوط ذرت و لوبیا، مشاهده کرد که تمامی الگوهای کشت مخلوط، نسبت برابری زمین بیشتر از یک دارند و این نشان‌دهنده برتری کشت مخلوط نسبت به تک کشتی این دو گونه است. با توجه به نقش کشت مخلوط در دستیابی به اهداف کشاورزی پایدار آزمایشی با هدف ارزیابی عملکرد علوفه و برخی شاخص‌های سودمندی در کشت مخلوط ذرت با لگوم‌ها اجرا شد.

مواد و روش‌ها

این پژوهش به صورت آزمایش مزرعه‌ای در سال‌های زراعی ۱۳۸۵و ۱۳۸۶ در ایستگاه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه تبریز واقع در ۱۲ کیلومتری شرق تبریز (اراضی کرکج) انجام گرفت. طرح آزمایشی به صورت بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار و ۱۴ تیمار بود. تیمارها به شرح زیر اعمال شدند: ۱- کشت خالص شبدر برسیم، ماشک گل خوشه‌ای، لوبیا، دو هیبرید ذرت (هیبرید سینگل کراس ۷۰۴ و ۳۰۱) و گاودانه در تراکم مطلوب. ۲- کشت مخلوط ردیفی هیبرید ذرت ۷۰۴ و ۳۰۱ با هر یک از این لگوم‌ها. تعداد کرت‌های آزمایشی ۴۲ عدد، مساحت کرت‌های مخلوط و کشت خالص ذرت (۷۰۴ و ۳۰۱) ۹/۶ متر مربع و مساحت کرت‌های کشت خالص لوبیا، گاودانه، شبدر برسیم و ماشک گل خوشه‌ای ۴/۸ متر مربع در نظر گرفته شد. در هر کرت مخلوط و خالص مربوط به ذرت، ۴ ردیف کاشت ذرت به طول ۴ متر و با فاصله ردیفی ۶۰ سانتیمتر وجود داشت. تراکم مطلوب برای ذرت علوفه‌ای، لوبیا (رقم Cos۱۶)، گاودانه (رقم محلی)، شبدر برسیم و ماشک گل‌خوشه‌ای به ترتیب ۱۰، ۲۰، ۲۵۰، ۹۹۰ و ۲۵۰ بوته در متر مربع در نظر گرفته شد. روش کشت مخلوط از نوع افزایشی کامل بود. در یک طرف هر پشته ذرت و در طرف دیگر آن لگوم کشت گردید. قبل از کاشت و به منظور پیشگیری از بیماری‌های قارچی، بذرها با سم بنومیل، به میزان ۲ در هزار ضدعفونی شدند. موقع برداشت بعد از حذف حاشیه‌ها دو ردیف وسطی (۳/۶ متر مربع) برداشت و وزن تر علوفه به تفکیک نوع گیاه ثبت شد. سپس جهت تعیین عملکرد خشک، علوفه برداشت شده از سطح ۳/۶ متر مربع خرد شده و در آونی با دمای ۷۵ درجه سانتیگراد به مدت ۷۲ ساعت نگهداری شد (۲۵). برای ارزیابی کارایی و سودمندی کشت مخلوط ازمعیارهای نسبت برابری زمین (LER)(Land Equivalent Ratio) و مجموع عملکرد نسبی (RYT)(Relative Yield Tota) استفاده شد (۴۳).

$$LER = (\frac{Yml}{Ymm}) + (\frac{Ylm}{Yll}) = LER\ maize + LER\ legume$$

در این رابطه، M: ذرت L: لگوم

Yml= عملکرد گونه m (ذرت) در کشت مخلوط

Ymm= عملکرد گونه m (ذرت) در کشت خالص

Y_{lm}= عملکرد گونه l (لگوم) در کشت مخلوط Y_{ll}= عملکرد گونه l (لگوم) در کشت خالص

مقادیر بزرگ‌تر از یک نشان‌دهنده برتری کشت مخلوط و

مقادیر کوچک‌تر از یک نشان‌دهنده نامناسب بودن آن در مقایسه با کشت خالص است. تفاوت بین RYT و LER در نحوه تفسیر آنها است. RYT بیشتر در مورد بررسی رقابت در بین اجزای کشت مخلوط در رابطه با استفاده از منابع محدود بکار می‌رود (یعنی سطح استفاده مکمل از منابع)، بنابراین یک شاخص اکولوژیک است. در مقابل LER شاخصی است از میزان زمین مورد نیاز جهت کاشت محصول در کشت خالص به طوری که از آن عملکردی مشابه کشت مخلوط به‌دست آید (۴۳).

مجموع عملکرد نسبی (RYT) هم از مجموع عملکرد نسبی اجزای گونه‌های تشکیل دهنده مخلوط، حاصل می‌شود.

$$RYT = (\frac{Yml}{Ymm}) + (\frac{Ylm}{Yll}) = RY\,maize + RY\,legume$$

در این رابطه، RY maize: عملکرد نسبی ذرت RY legume: عملکرد نسبی لگوم

Yml= عملکرد علوفه ذرت در کشت *مخلوط* Ymm= عملکرد علوفه ذرت در کشت خالص

Ylm= عملکرد علوفه لگوم در کشت مخلوط Y_{ll}= عملکرد علوفه لگوم در کشت خالص

مجموع عملکرد نسبی بیشتر در مورد بررسی رقابت در بین اجزای کشت مخلوط در رابطه با استفاده از منابع محدود به کار می‌رود. اگر RYT=۱ باشد نشان دهنده این واقعیت است که اجزای مخلوط به‌طور کامل در استفاده از منابع محدود سهم مشابهی دارند و رقابت کامل در بین آنها وجود دارد و هیچ حالت مکملی در استفاده از منابع را نشان نمی‌دهند. ولی اگر RYT>۱ باشد نشان دهنده رقابت جزیی یا حالت مکملی جزیی در بین اجزای مخلوط است. بالاخره، اگر RYT=۲ باشد در این صورت هیچ گونه رقابتی در بین اجزای کشت مخلوط وجود ندارد و بین اجزاء در استفاده از منابع محیطی حالت مکملی کامل وجود دارد. این حالت، در تراکم پایین هر یک از اجزای کشت مخلوط حاصل می‌شود (۲۶).

هم‌چنین امروزه تعیین الگوی کشت گیاهان زراعی بیشتر بر اساس عملکرد اقتصادی است. از این رو برای توجیه اقتصادی کشت مخلوط، ارزیابی آن بایستی با مطلوب‌ترین شرایط تک کشتی دو گیاه امکان‌پذیر باشد. شاخص مناسب برای دسترسی به این هدف مجموع ارزش نسبی (Relative Value Tota)(RVT) است که به صورت زیر محاسبه شد (۱۰).

$$RVT = \frac{aP_1 + bP_2}{aM_1}$$

در این رابطه a قیمت علوفه ذرت، b قیمت علوفه هر یک از لگوم‌های مورد مطالعه، P1 و P2 به ترتیب عملکرد علوفه ذرت و لگوم‌ها در کشت مخلوط و M1 حداکثر عملکرد خالص ذرت است. اگر RVT بیشتر از یک باشد، کشت مخلوط از مزیت برخوردار است ولی اگر LER کوچکتر از یک باشد، محاسبه RVT ضرورتی ندارد.

در نهایت تجزیه واریانس داده‌های حاصل از آزمایش با هدف مشخص کردن تفاوت بین تیمارهای کشت مخلوط و تیمارهای کشت خالص به‌صورت طرح بلوک‌های کامل تصادفی انجام گرفت. تجزیه‌های آماری با استفاده از نرم افزار MSTATC صورت گرفت. برای مقایسه میانگین‌ها از آزمون LSD استفاده شد.

نتایج و بحث

عملکرد علوفه خشک ذرت

نتایج حاصل از تجزیه واریانس مرکب نشان داد که عملکرد علوفه خشک ذرت تحت تأثیر معنی‌دار نوع کشت در سطح احتمال یک درصد قرار گرفته است (جدول ۱). در هر دو سال بیوماس ذرت در مخلوط با لگوم‌ها کاهش پیدا کرد. مقایسه میانگین عملکرد علوفه خشک ذرت نشان داد که در سال ۱۳۸۵ بیوماس ذرت ۷۰۴ در کشت مخلوط با ماشک گل خوشه‌ای و گاودانه به طور معنی‌داری کاهش یافت و عملکرد علوفه ذرت ۳۰۱ نیز در کشت مخلوط با ماشک گل خوشه‌ای، لوبیا و گاودانه کاهش نشان داد. در سال ۱۳۸۶ عملکرد علوفه هر دو هیبرید ذرت فقط در کشت مخلوط با شبدر برسیم کاهش معنی‌داری در مقایسه با کشت‌های خالص ذرت نداشت و در

جدول۱. تجزیه واریانس مرکب عملکرد علوفه خشک ذرت برای کشت‌های خالص و مخلوط

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات
سال (Y)	۱	۴۷۵۰۱۸/۰۰۸*
خطای ۱	۴	۳۳۴۹۱/۵۲۳
تیمار (T)	۹	۴۳۶۶۹/۲۰۹**
(Y)*(T)	۹	۶۴۱۸/۴۴۱ns
خطای ۲	۳۶	۵۲۸۴/۲۳۱
CV		۷/۸۱

**، * و ns: به‌ترتیب معنی‌دار در سطوح احتمال ۱ و ۵ درصد و عدم معنی‌دار

بقیه تیمارها عملکرد هر دو هیبرید کاهش معنی‌داری نشان دادند (جدول ۲). بر اساس میانگین دو سال روند تغییرات کاهش عملکرد مشابه سال ۱۳۸۶ بود. به طوری که عملکرد هر دو هیبرید ذرت در کشت مخلوط با ماشک گل خوشه‌ای، گاودانه و لوبیا در مقایسه با کشت‌های خالص ذرت کاهش معنی‌داری را در سطح احتمال یک درصد نشان داد. دلیل این امر ممکن است رشد اولیه سریعتر این گیاهان در مقایسه با ذرت و افزایش رقابت برون گونه‌ای در مراحل اولیه رشد ذرت باشد. در مقایسه با تک کشتی، کاهش عملکرد ذرت در برخی از کشت‌های مخلوط با لگوم‌ها به رقابت لگوم‌ها بر سر منبع غذایی و یا عدم انتقال نیتروژن نسبت داده شده است (۴۱). بیشترین تولید ماده خشک به کشت خالص ذرت هیبرید سینگل کراس ۷۰۴ (۱۰۷۹ گرم در متر مربع) و ذرت هیبرید سینگل کراس ۳۰۱ (۱۰۵۲ گرم در متر مربع) مربوط بود که اختلاف معنی‌داری را با کشت مخلوط هیبریدهای ذرت با شبدر برسیم نداشتند (جدول ۲). کمترین ماده خشک تولیدی به ترتیب در تیمارهای مخلوط هیبریدهای ذرت با گاودانه، ماشک و لوبیا مشاهده شد. با توجه به جدول ۲ ملاحظه می‌گردد که در بین دو هیبرید ذرت از لحاظ عملکرد علوفه خشک اختلاف معنی‌دار وجود ندارد. ذرت در مخلوط با گیاهانی که ارتفاع کمتری دارند به صورت گونه غالب ظاهر می‌شود و عملکرد آن کمتر تحت تأثیر گیاه همراه قرار می‌گیرد. ناچیگرا و همکاران (۲۷) نتیجه گرفتند که در کشت مخلوط ذرت با سایر گیاهان، عملکرد ذرت به طور جزیی از تراکم گیاه همراه متأثر می‌شود. اوفوری و استرن (۲۸) با بررسی کشت مخلوط ذرت و لوبیا به این نتیجه رسیدند که غلات در کشت‌های مخلوط کاهش رشد کمتری از خود نشان می‌دهند و کاهش عملکرد زیادی را در مقایسه با بقولات ندارند.

عملکرد علوفه لگوم‌ها

نتایج تجزیه واریانس عملکرد علوفه خشک لگوم (جدول ۳) نشان داد که بین تیمارهای کشت خالص و مخلوط در سطح احتمال ۱ درصد اختلاف معنی‌دار وجود دارد. اثر سال فقط برای عملکرد علوفه خشک گاودانه در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار شد. عملکرد علوفه گاودانه در سال دوم (۵۸۳/۱۴۷ گرم در متر مربع) بیشتر از سال اول (۳۶۶/۲۱۶ گرم در متر مربع) بود. اثر متقابل تیمار در سال برای هیچ‌کدام از لگوم‌ها معنی‌دار نشد. با توجه به جدول مقایسه میانگین‌ها (جدول ۴) ملاحظه می‌شود که عملکرد ماده خشک همه لگوم‌ها در کشت مخلوط، نسبت به کشت خالص، کاهش چشمگیری پیدا کرده‌اند. البته این کاهش عملکرد علوفه لگوم‌ها در مخلوط با ذرت هیبرید سینگل کراس ۳۰۱ کمتر از کشت مخلوط با هیبرید ۷۰۴ بود. این امر شاید به دلیل ارتفاع کمتر ذرت ۳۰۱ و سایه‌اندازی کمتر آن نسبت به ذرت ۷۰۴ باشد. راس و همکاران (۳۴) دلیل کاهش عملکرد لگوم‌ها را در مخلوط با گراس‌ها رقابت برای نور ذکر کردند. هم‌چنین کندال و

جدول۲. میانگین عملکرد علوفه خشک ذرت (گرم در مترمربع) به‌طور جداگانه در دو سال آزمایش و میانگین دو سال

نوع کشت	عملکرد علوفه خشک ذرت (گرم در مترمربع)		
	سال ۱۳۸۵	سال ۱۳۸۶	میانگین دو سال
M (704)	۹۵۹/۶	۱۱۹۸	۱۰۷۹
M (301)	۹۳۱/۲	۱۱۷۳	۱۰۵۲
M (704) - BV	۸۲۴/۴	۹۴۴/۹	۸۸۴/۶
M (704) -BC	۸۸۸/۶	۱۰۷۰	۹۷۹/۳
M (704) -B	۸۷۳	۹۵۷/۶	۹۱۵/۳
M (704) -V	۷۷۶	۹۲۱/۳	۸۴۸/۶
M (301) - BV	۷۲۸/۵	۹۲۷	۸۲۷/۷
M (301) -BC	۷۹۴/۳	۱۰۸۲	۹۳۸/۱
M (301) -B	۸۷۹/۹	۹۸۶/۱	۹۳۳
M (301) -V	۷۶۲/۳	۹۳۶/۵	۸۴۹/۴
LSD (%1)	–	۱۶۸/۳۱	۱۱۵/۸۹
LSD (%5)	۱۲۶/۵	۱۲۲/۸۶	۸۶/۶۱

BV: گاودانه، BC: شبدر برسیم، B: لوبیا، V: ماشک و M: ذرت.

BV: Bitter vetch, BC: Berseem clover, B: Bean, V: Vetch and M: Maize

در هر ستون میانگین‌هایی که تفاوت آنها کمتر از LSD باشد بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال ۱ و ۵ درصد اختلاف معنی‌داری ندارند.

جدول ۳. تجزیه واریانس مرکب عملکرد علوفه لگوم‌ها در کشت خالص و کشت‌های مخلوط

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات			
		عملکرد علوفه گاودانه	عملکرد علوفه شبدر برسیم	عملکرد علوفه لوبیا	عملکرد علوفه ماشک
سال	۱	۲۱۱۷۶۵/۹ *	۱۲۲۶۷/۰۰۱ ns	۱۶۳۳۷۰/۸ ns	۲۱۱۰۲۹/۰۸ ns
خطای۱	۴	۱۴۳۶۰/۰۶	۴۸۵۸۴/۶۳۴	۳۶۱۷۰/۲۱	۴۲۱۹۳/۱۴۲
تیمار	۲	۴۸۹۲۹۶/۴ **	۹۹۶۶۰۹/۹۷ **	۱۰۵۷۷۳۵/۸۴ **	۳۷۶۰۳۷/۳۲ **
تیمار در سال	۲	۲۰۸/۶۹۵ ns	۵۵۴۲/۵۹ ns	۱۹۸۸/۰۲۳ ns	۸۴۹۶/۷۱ ns
خطای ۲	۸	۳۱۱۲/۲۲۵	۴۴۲۶/۳۹۱	۱۴۸۴/۹۷	۳۲۷۱/۰۵
CV (درصد)		۱۱/۷۵	۱۰/۶۸	۵/۵۸	۶/۷۴

**، * و ns: به ترتیب معنی‌دار در سطوح احتمال ۱ و ۵ درصد و عدم معنی‌دار

جدول ۴. مقایسه میانگین عملکرد علوفه خشک لگوم‌ها در تیمارهای خالص و مخلوط برای هر سال و میانگین دو سال

نوع کشت	عملکرد علوفه خشک (گرم بر متر مربع)		
	سال ۱۳۸۵	سال۱۳۸۶	میانگین دو سال
BV	۷۰۰/۶۳	۹۰۴/۶۶	۸۰۲/۶۴۵
M(704)-BV	۱۶۷/۴۶	۳۹۴/۶۳	۲۸۱/۰۴۸
M(301)-BV	۲۳۰/۵۵	۴۵۰/۱۵	۳۴۰/۳۵
LSD (%1)	۲۳۴/۶۱	۱۸۱/۳۹	۹۲/۰۲
BC	۱۱۵۰	۱۰۳۴/۱۳۳	۱۰۹۲/۰۶۷
M(704)-BC	۳۷۷/۳۱۷	۳۳۱/۳۲	۳۵۴/۳۱۸
M(301)-BC	۴۲۰/۴۱	۴۲۵/۶۴	۴۲۳/۰۲۵
LSD (%1)	۳۰۶/۳	۱۷۶/۸۳	۱۲۴/۷۳
B	۱۱۰۰	۱۲۵۰	۱۱۷۵
M(704)-B	۳۳۴/۹	۵۳۶/۰۷	۴۳۵/۴۸۵
M(301)-B	۳۵۰/۴۸	۵۷۰/۹۲۷	۴۶۰/۷۰۵
LSD (%1)	۱۳۱/۷۶	۱۵۶/۸۱	۷۲/۸۲
V	۱۰۵۶/۷۹	۱۲۰۹/۹۶	۱۱۳۳/۳۷
M(704)-V	۵۶۵/۵۳	۷۶۲/۲۸۳	۶۶۳/۹
M(301)-V	۵۹۸/۰۴۷	۸۹۷/۷۸۳	۷۴۷/۹۱۵
LSD (%1)	۲۲۹/۴۱	۱۹۹/۴۴	۱۲۰/۲

BV: گاودانه، BC: شبدر برسیم، B: لوبیا، V: ماشک گل‌خوشه‌ای، M (704): ذرت هیبرید ۷۰۴ و M (301): ذرت ۳۰۱.

مقایسه میانگین برای هر کدام از لگوم‌ها جداگانه انجام شده است.

در هر ستون میانگین‌هایی که تفاوت آنها کمتر از LSD باشد بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال ۱ درصد اختلاف معنی‌داری ندارند.

استرینگر (۲۰) گزارش کردند که میزان رشد نسبی گیاهان علوفه‌ای لگوم در شرایط سایه به سرعت کاهش می‌یابد، زیرا در سایه میزان فتوسنتز کاهش پیدا کرده و به تبع آن میزان عملکرد هم کاهش می‌یابد. بر اساس میانگین دو سال (جدول ۴) بیشترین عملکرد در بین لگوم‌ها به ماشک گل خوشه‌ای و سپس لوبیا در کشت مخلوط با ذرت هیبرید ۳۰۱ اختصاص داشت. گاودانه از کمترین عملکرد برخوردار شد. هم‌چنین لگوم‌ها، در سال دوم نسبت به سال اول از میزان عملکرد بیشتری برخوردار شدند، که به احتمال زیاد، این امر به درصد پوشش سبز و میزان دریافت نور بیشتر و شرایط محیطی مناسب‌تر در سال دوم نسبت داده می‌شود.

عملکرد کل علوفه خشک (ذرت+ لگوم)

نتایج تجزیه واریانس عملکرد کل علوفه در جدول ۵ آورده شده است. همان طوری که در این جدول مشاهده می‌شود، تیمارهای کشت مخلوط و خالص تأثیر معنی‌داری را روی کل ماده خشک تولیدی داشته‌اند. مقایسه میانگین‌ها به‌طور جداگانه برای هر سال و میانگین دو سال در جدول ۶ نشان داده شده است. در سال ۱۳۸۵ فقط تیمارهای کشت مخلوط هیبریدهای ذرت با ماشک گل خوشه‌ای اختلاف معنی‌داری را با کشت‌های

جدول ۵. تجزیه واریانس مرکب عملکرد کل علوفه در کشت‌های خالص و مخلوط

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات
سال (Y)	۱	۱۴۴۴۸۵۸/۰۲*
خطای ۱	۴	۱۱۱۶۰۱/۹۷۵
تیمار (T)	۹	۱۹۶۹۴۲/۱۳**
(Y)*(T)	۹	۱۳۷۲۳/۷۵۳ ns
خطای ۲	۳۶	۱۱۲۶۰/۶۹۹
CV		۸/۱۵

**، *و ns به ترتیب معنی‌دار در سطوح احتمال ۱ و ۵ درصد و عدم معنی‌دار.

جدول ۶. میانگین عملکرد کل علوفه در کشت‌های خالص و مخلوط (گرم در مترمربع) در دو سال و میانگین دو سال

نوع کشت	عملکرد کل علوفه (گرم در متر مربع)		
	سال ۱۳۸۵	سال۱۳۸۶	میانگین دو سال
M (704)	۹۵۹/۵۶۳	۱۱۹۸/۴۱۳	۱۰۷۸/۹۸۸
M (301)	۹۳۱/۱۸	۱۱۷۳/۴	۱۰۵۲/۲۹
M (704) - BV	۹۵۸/۵۱۵	۱۳۳۹/۵۴	۱۱۶۵/۶۹۷
M (704) -BC	۱۲۶۵/۹۳	۱۴۰۱/۳۹۷	۱۳۳۳/۶۶۴
M (704) -B	۱۲۰۷/۹	۱۴۹۳/۶۴	۱۳۵۰/۷۷۳
M (704) -V	۱۳۴۱/۵۱	۱۶۸۳/۵۷	۱۵۱۲/۵۳۷
M (301) - BV	۹۵۹/۰۲۸	۱۳۷۷/۱۹۷	۱۱۶۸/۱۰۱
M (301) -BC	۱۲۱۴/۷۶	۱۵۰۷/۴۵	۱۳۶۱/۱۰۹
M (301) -B	۱۲۳۰/۳۴	۱۵۵۷/۰۰۸	۱۳۹۳/۶۷۷
M (301) -V	۱۳۶۰/۳۱	۱۸۳۴/۳۳	۱۵۹۷/۳۲
LSD (%1)	۳۰۸/۲۶	۱۷۳/۹۷	۱۶۹/۲۴

BV: گاودانه، BC: شبدر برسیم، B: لوبیا، V: ماشک گل‌خوشه‌ای، 704 M: ذرت هیبرید ۷۰۴ و 301 M: ذرت ۳۰۱.

BV: Bitter vetch, BC: Berseem clover, B: Bean, V: Vetch and M: Maize

در هر ستون میانگین‌هایی که تفاوت آنها کمتر از LSD باشد بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال ۱ درصد اختلاف معنی‌داری ندارند.

خالص ذرت داشتند ولی، در سال ۱۳۸۶ به استثنای کشت مخلوط ذرت ۷۰۴ با گاودانه، بقیه کشت‌های مخلوط عملکرد علوفه بیشتری را نسبت به کشت‌های خالص ذرت تولید کردند. بر اساس میانگین دو سال، کشت مخلوط ذرت ۳۰۱ با ماشک گل‌خوشه‌ای (۱۵۷۹/۳۲ گرم در متر مربع) دارای بیشترین عملکرد بود، بعد از آن تیمار ذرت ۷۰۴ با ماشک گل خوشه‌ای (۱۵۱۲/۵۳۷ گرم در متر مربع) قرار گرفت. کمترین میزان عملکرد کل علوفه نیز به تیمارهای کشت خالص ذرت و

مخلوط ذرت با گاودانه تعلق داشت. در تیمارهای مخلوط هیبریدهای ذرت با شبدر برسیم و لوبیا به دلیل کاهش معنی‌دار عملکرد لگوم‌ها در مخلوط، عملکرد کل آنها کمتر از تیمار ذرت با ماشک شد. با توجه به جداول ۴ و ۶ می‌توان نتیجه گرفت که گاودانه در کشت مخلوط با ذرت دارای کمترین عملکرد است و بر همین اساس شاید گیاه مناسبی برای مخلوط با ذرت به عنوان کشت دوم نباشد. کابالیرو و همکاران (۸) تولید ماده خشک کمتر و یا مشابه کشت خالص در بعضی از کشت‌های مخلوط را به جنبه رقابت بیشتر یک گونه نسبت به گونه دیگر ذکر کردند. دلیل تولید ماده خشک بیشتر در تیمار مخلوط ذرت و ماشک ممکن است رشد سریع ماشک در مراحل اولیه نسبت به سایر لگوم‌ها باشد که قبل از سایه اندازی کامل کانوپی ذرت، ماشک به مرحله برداشت می‌رسد وافزایش ماده خشک ماشک سبب افزایش عملکرد کل تیمار مخلوط می‌شود. هم‌چنین، عملکرد علوفه بیشتر مخلوط ذرت با ماشک نشان دهنده سازگاری بیشتر این گونه‌ها برای کشت مخلوط است. به‌طور کلی در این آزمایش تولید ماده خشک در کشت مخلوط نسبت به کشت‌های خالص افزایش یافت. جذب بیشتر تشعشعات فعال فتوسنتزی (PAR)، عناصر غذایی و آب می‌تواند دلیل اصلی افزایش وزن خشک در کشت مخلوط نسبت به کشت خالص باشد.

هم‌چنین، گیاهان گراس و لگوم به دلیل تفاوت‌های فیزیولوژیک و مورفولوژیک در نحوه استفاده از منابع محیطی به حالت مکملی مثبت عمل می‌کنند، بنابراین عملکرد به دلیل استفاده بهتر از منابع افزایش می‌یابد (۳۳ و۴۲). نتایج ۳۳۴ آزمایش نشان داد که عملکرد کشت مخلوط بیش از میانگین عملکرد تک‌کشتی است، به طوری که در ۶۰/۲ درصد از آزمایش‌ها، عملکرد کشت مخلوط بیشتر از عملکرد تک‌کشتی‌ها بوده است (۴۳). در مواردی نیز گزارش شده است که عملکرد کشت مخلوط لگوم و گراس به دلیل رقابت، پائین‌تر از عملکرد هر یک از اجزا و یا در حد واسط آنها است (۶، ۸ و ۱۵). عملکرد در کشت مخلوط به دلیل استفاده مؤثرتر از نور (۱۷)، آثار آللوپاتیک روی علف‌های هرز (۳۱) و انتقال نیتروژن تثبیت شده به گراس (۲۳ و ۳۳) بیشتر می‌شود. سینگ و همکاران (۳۸)، سینگول (۳۵)، راس و همکاران (۳۴) و استریدهورست و همکاران (۳۹) نیز به نتایج مشابهی مبنی بر افزایش عملکرد کل علوفه در کشت مخلوط گراس با لگوم دست یافتند.

نسبت برابری زمین (LER) و مجموع عملکردهای نسبی (RYT)

بر اساس جدول ۷ نسبت برابری زمین در هر دو سال و برای همه ترکیب‌های کشت مخلوط بیشتر از یک بود. LER در سال ۱۳۸۵ از ۱/۰۸ تا ۱/۳۷ و در سال ۱۳۸۶ از ۱/۲۱ تا ۱/۵۳ متغیر بود. بر اساس میانگین دو سال مقادیر LER ما بین ۱/۱۶ تا ۱/۴۵ شد. این یافته بدان معنی است که ۱۶ و ۴۵ درصد سطح زمین بیشتری در تک کشتی نیاز است تا عملکرد مشابه کشت مخلوط به دست آید (۱۰). بر اساس میانگین دو سال بالاترین LER به تیمار کشت مخلوط ذرت هیبرید سینگل کراس ۳۰۱ با ماشک گل خوشه‌ای (۱/۴۵) و ذرت هیبرید سینگل کراس ۷۰۴ با ماشک گل خوشه‌ای (۱/۳۶) مربوط بود. کمترین LER نیز به تیمار کشت مخلوط ذرت ۷۰۴ با گاودانه (۱/۱۶) تعلق داشت. در این مطالعه نسبت برابری زمین با مجموع عملکرد نسبی و نسبت برابری زمین استاندارد مساوی است. اختلافات مورفولوژیک گراس و لگوم و در نتیجه ایجاد اشکوب‌های مختلف و استفاده مکملی از منابع، بهره‌برداری بهتر از نور و یا افق‌های مختلف خاک می‌تواند دلیل LER بزرگ‌تر از یک باشد. آبراهام و سینگ (۱) ذکر کردند که افزایش LER در کشت مخلوط به بیشتر از یک به دلیل افزایش جذب نیتروژن است. در همین راستا می‌توان جداسازی آشیان‌های اکولوژیک در جذب منابع و برقراری مکانیسم‌های کاهش رقابت را به عنوان یک توجیه عملی برای سودمندی کشت مخلوط هیبریدهای ذرت و لگوم نسبت به تک کشتی آنها مطرح نمود. هم‌چنین بنظر می‌رسد در سودمندی کشت مخلوط هیبریدهای

جدول ۷. مقادیر عملکردهای نسبی و نسبت برابری زمین کشت مخلوط ذرت- لگوم در دو سال آزمایش و میانگین دو سال

LER کل (میانگین دو سال)	عملکرد نسبی اجزا (میانگین دو سال)		LER ۱۳۸۶	عملکرد نسبی اجزا در سال ۱۳۸۶		LER ۱۳۸۵	عملکرد نسبی اجزا در سال ۱۳۸۵		تیمارهای مخلوط
	لگوم	ذرت		لگوم	ذرت		لگوم	ذرت	
۱/۱۶	۰/۳۵	۰/۸۱	۱/۲۱	۰/۴۳	۰/۷۸	۱/۰۸	۰/۲۳	۰/۸۵	M_1-BV
۱/۲۲	۰/۳۲	۰/۹	۱/۲۱	۰/۳۲	۰/۸۹	۱/۲۴	۰/۳۲	۰/۹۲	M_1-BC
۱/۲۱	۰/۳۷	۰/۸۴	۱/۲۱	۰/۴۲	۰/۷۹	۱/۲	۰/۳	۰/۹	M_1-B
۱/۳۶	۰/۵۸	۰/۷۸	۱/۳۹	۰/۶۳	۰/۷۶	۱/۳۳	۰/۵۳	۰/۸	M_1-V
۱/۲	۰/۴۲	۰/۷۸	۱/۲۸	۰/۴۹	۰/۷۹	۱/۱۰	۰/۳۲	۰/۷۸	M_2-BV
۱/۲۷	۰/۳۸	۰/۸۹	۱/۳۳	۰/۴۱	۰/۹۲	۱/۲۱	۰/۳۶	۰/۸۵	M_2-BC
۱/۲۷	۰/۳۹	۰/۸۸	۱/۲۹	۰/۴۵	۰/۸۴	۱/۲۶	۰/۳۲	۰/۹۴	M_2-B
۱/۴۵	۰/۶۵	۰/۸	۱/۵۳	۰/۷۴	۰/۷۹	۱/۳۷	۰/۵۶	۰/۸۱	M_2-V

M_1: ذرت ۷۰۴، M_2: ذرت ۳۰۱، BV: گاودانه، BC: شبدر برسیم، B: لوبیا و V: ماشک گل خوشه‌ای
BV: Bitter vetch, BC: Berseem clover, B: Bean, V: Vetch M_1: Maize 704 and M_2: Maize 301

ذرت با لگوم‌ها، عامل نور و افزایش کارایی مصرف نور نیز مؤثر بوده است. به طوری که از بالا به پایین کانوپی گیاه ذرت، نور قابل دسترس برای فتوسنتز کاهش می‌یابد، که در بعضی از سطوح یا لایه‌ها مقدار نور به زیر نقطه جبرانی گیاه می‌رسد به همین دلیل است که در آن مکان لگوم‌ها با نقطه جبرانی پایین‌تر می‌تواند قرار داده شود. در هر دو سال نسبت برابری زمین جزیی ذرت بیشتر از نسبت برابری جزیی لگوم بود. این موضوع ممکن است به دلیل توان رقابتی بالاتر ذرت نسبت به لگوم‌ها باشد. اوفری و استرن (۲۸) بیان کردند در کشت مخلوط، جزء مغلوب (لگوم) تعیین کننده LER کل است. گیبیهو و همکاران (۱۲) LER جزیی ژنوتیپ‌های مختلف لوبیا را در مخلوط با هیبرید BH 14 ذرت ۰/۲۴ – ۰/۰۹ و در مخلوط با واریته Guto ذرت ۰/۳۱ -۰/۱۲ و هم‌چنین LER جزیی هیبرید BH 14 و واریته Guto ذرت را در مخلوط با ژنوتیپهای مختلف لوبیا به ترتیب ۰/۹۴ – ۰/۸۲ و ۰/۹۴-۰/۷۷ بیان کردند. هیلینوس و جوکینین (۱۹)، هایمس و لی (۱۸)، قنبری بنجار (۱۳)، هاوگارد نیلسن و همکاران (۱۶)، لیتورجیدیس و همکاران (۲۵) در کشت‌های مختلف مخلوط LER جزیی گراسها را بیشتر از گیاه همراه ذکر کرده‌اند. نقش اختلافات مورفولوژیک در دستیابی به LER و RYT بالاتر و در نتیجه سودمندی کشت مخلوط توسط یلماز و همکاران (۴۵) در کشت مخلوط ذرت – لگوم، گوش (۱۴) در مخلوط ذرت – بادام زمینی و سورگوم – بادام زمینی و هاوگارد نیلسن و همکاران (۱۷) در کشت مخلوط جو- نخود نیز گزارش شده است.

مجموع ارزش نسبی (RVT)

بر اساس جدول ۸ در سال اول (۱۳۸۵) مقادیر RVT فقط در کشت‌های مخلوط ذرت ۳۰۱ با ماشک و لوبیا و کشت ذرت ۷۰۴ با شبدر برسیم بیشتر از یک بود ولی در سال دوم (۱۳۸۶) و بر اساس میانگین دو سال به استثنای کشت مخلوط هیبریدهای ذرت با گاودانه در بقیه تیمارها مقادیر RVT بالاتر از یک بود، که نشان‌دهنده سودمندی اقتصادی این کشت‌های مخلوط نسبت به کشت‌های خالص می‌باشند. بیشترین سودمندی اقتصادی در کشت مخلوط ذرت ۳۰۱ با ماشک گل خوشه‌ای (۱/۰۹۸) حاصل شد. این ترکیب در حدود ۹ درصد

جدول ۸. مقادیر RVT در کشت‌های مخلوط ذرت با لگوم در دو سال آزمایش و میانگین دو سال

تیمار مخلوط	مجموع ارزش نسبی (RVT)		
	سال ۱۳۸۵	سال ۱۳۸۶	میانگین دو سال
M(704) - BV	۰/۸۹	۰/۹۸	۰/۹۳
M(704) -BC	۱/۰۲	۱/۰۹	۱/۰۵
M(704) -B	۰/۹۸	۱/۰۲	۱/۰۰۱
M(704) -V	۰/۹۹	۱/۱۰۶	۱/۰۴۳
M(301) - BV	۰/۸۳	۰/۹۹	۰/۹۱
M(301) -BC	۰/۹۶	۱/۱۵	۱/۰۵
M(301) -B	۱/۰۲	۱/۰۸	۱/۰۵۱
M(301) -V	۱/۰۱	۱/۱۸	۱/۰۹۸

BV: گاودانه، BC: شبدر برسیم، B: لوبیا و V: ماشک گل خوشه‌ای و M: ذرت.

BV: Bitter vetch, BC: Berseem clover, B: Bean, V: Vetch and M: Maize

افزایش درآمد ناخالص را نسبت به کشت خالص دارا بود. بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که کشت مخلوط ذرت به ترتیب با لگوم‌هایی همچون ماشک گل خوشه‌ای، لوبیا و شبدر برسیم علاوه بر ایجاد تنوع در اکوسیستم‌های کشاورزی و هم‌چنین ایجاد پایداری تولید، در افزایش درآمد اقتصادی و بهره‌وری استفاده از زمین‌های کشاورزی به‌طور قابل ملاحظه‌ای می‌تواند مؤثر باشد. از آنجا که این آزمایش در سیستم کم نهاده اجرا شد، می‌توان بیان کرد کشت مخلوط یکی از راهکارهای مناسب برای دسترسی به عملکرد مطلوب با حداقل مصرف یا بدون مصرف نهاده خارجی است که این در طولانی مدت منجر به کاهش یا عدم وابستگی سیستم‌های زراعی به انرژی‌های فسیلی و افزایش پایداری آنها می‌شود.

نتیجه‌گیری

نتایج این آزمایش نشان داد اگرچه عملکرد علوفه خشک هیبریدهای ذرت در کشت‌های مخلوط نسبت به کشت خالص آنها به‌طور متوسط ۱۵ درصد کاهش یافت. این کاهش فقط در کشت مخلوط ذرت با شبدر برسیم معنی‌دار نبود. بیشترین کاهش عملکرد علوفه ذرت در کشت مخلوط با ماشک گل خوشه‌ای و گاودانه اتفاق افتاد. هم‌چنین عملکرد علوفه خشک لگوم‌ها در کشت مخلوط به دلیل سایه‌اندازی ذرت کاهش معنی‌داری داشت. در بین لگوم‌ها کمترین میزان عملکرد به گاودانه مربوط بود.

ولی عملکرد کل دو گیاه در کشت مخلوط بیشتر از تک‌کشتی هر یک از گیاهان شد. شاخص نسبت برابری زمین نیز سودمندی بیشتر کشت مخلوط را تأیید می کند، به طوری که در تمام تیمارها LER بالاتر از یک بود. به طوری که مخلوط هیبریدهای ۳۰۱ و ۷۰۴ ذرت با ماشک گل خوشه‌ای از بیشترین عملکرد علوفه برخوردار شد، که در مقایسه با کشت خالص هیبریدهای ذرت به ترتیب ۵۱/۷۹ و ۴۰/۱۸ درصد افزایش عملکرد داشتند. مقادیر RVT به استثنای کشت مخلوط هیبریدهای ذرت با گاودانه در بقیه تیمارهای مخلوط بالاتر از یک به‌دست آمد که نشان‌دهنده سودمندی اقتصادی این کشت‌های مخلوط نسبت به کشت‌های خالص است.

منابع مورد استفاده

1. Abraham, C. T. and S. P. Singh. 1984. Weed management in sorghum- legume intercropping systems. *Journal of Agriculture Science, Cambridge* 103: 103-115.
2. Ahmad, S. and N. K. Prasad. 1993. Sustainable row direction and spacing for pigeon pea- groundnut intercropping system in dry lands. *Indian Journal of Agriculture Science* 63: 723-725.
3. Anil, L., Park, J. and R. H. Phipps. 2000. The potential of forage- maize intercrops in ruminant nutrition. *Animal Feed Science and Technology* 85: 157-164.
4. Anil, J. P., R. H. Phipps and F. A. Miller. 1998. Temperate intercropping of cereals for forage: Review of potential for growth and utilization with particular reference to the UK. *Grass and Forage Science* 53: 301-317.
5. Basiago, A. 1995. Methods of Defining Sustainability. Sustainable Development. Vol. 3, John Wiley & Sons Ltd and ERP Environment.
6. Berkenkamp, B. and J. Meeres. 1987. Mixtures of annual crops for forage in central Alberta. *Canadian Journal of Plant Science* 67: 175-183.
7. Buxton, D. R. 1996. Quality – related characteristics of forage as influenced by plant environment and agronomic factors. *Animal Feed Science and Technology* 53: 37-49.
8. Caballero, R., A. Rebol, C. Barro, C. Alzueta, J. Trevino and C. Garcia. 1996. Farming practices and chemical bases for a proposed quality standard of vetch- cereal hays. *Field Crops Research* 47: 181-189.
9. Cusicanqui, J. A. and J. G. Lauer. 1999. Plant density and hybrid influenced on corn forage yield and quality. *Agronomy Journal* 91: 911-915.
10. Dhima, K. V., A. S. Lithourgidis, I. B. Vasilakoglou and C. A. Dordas. 2006. Competition indices of common vetch and cereal intercrops in two seeding ratio. *Field Crops Research* 100: 249- 256.
11. Fenandez- Aparicio, M., J. C. Sillero and D. Rubials. 2007. Intercropping with cereals reduces infection by *Orobanche crenata* in legumes. *Crop Protection* 26: 1166- 1172.
12. Gebeyehu, S., B. Simane and R. Kirkby. 2006. Genotype × cropping system interaction in climbing beans grown as sole crop and in association with maize. *European Journal of Agronomy* 24: 396-403.
13. Ghanbari Bonjar, A. 2000. Intercropping field bean (*Vicia faba*) and wheat (*Triticum aestivum* L.) as a low – input forage. Ph.D thesis. Wye College, University of London, UK.
14. Ghosh, P. K. 2004. Growth, yield, competition and economics of groundnut / cereal fodder intercropping systems in the semi- arid tropics of India. *Field Crops Research* 88: 227- 237.
15. Giacomini, S. J., E. R. O. Vendruseolo, M. Cubilla, R. S. Nicolosa and M. R. Fries. 2003. Dry matter, C/N ratio andnitrogen, phosphorus and potassium accumulation in mixed soil cover crops in Southern Brazil. *Revista Brasileira de Ciencia do Solo* 27: 325-334.
16. Hauggaard- Nielsen, H., P. Ambus and E. S. Jensen. 2001. Interspecific competition, N use and interference with weeds in pea – barley intercropping. *Field Crops Research* 70:101-109.
17. Hauggaard- Nielsen, H., P. Ambus and E. S. Jensen. 2003. The comparison of nitrogen use and leaching in sole cropped versus intercropped pea and barley. *Nutrient Cycling in Agroecosystem* 65: 289-300.
18. Haymes, R. and H. C. Lee. 1999. Competition between autumn and spring planted grain intercrops of wheat (*Triticum aestivum*) and field bean (*Vicia faba*). *Field Crops Research* 62: 167-176.
19. Helenius, J. and K. Jokinen. 1994. Yield advantage and competition in intercropped oats and faba bean application of the hyperbolic yield – density model. *Field Crops Research* 37: 85-94.
20. Kendall, W. A. and W. C. Stringer. 1985. Physiological aspects of clover. PP. 111-159. *In*: Taylor, N. L. (Ed.), Clover Science and Technology,. Madison, WI: American Society of Agronomy, Crop Science Society of Americam and Soil Science Society of America.
21. Kouame, C. N., J. M. Powell, C. A. Renard and K. H. Quesenberry. 1993. Plant yields and fodder quality characteristics of millet – stylo intercropping systems in the sahel. *Agronomy Journal* 85: 601-605.
22. Lauriault, L. M. and R. E. Kirksey. 2004. Yield and nutritive value of irrigated winter cereal forage grass – legume intercrops in the southern high plains, USA. *Agronomy Journal* 96: 352-358.
23. Ledgard, S. F. 1991. Transfers of fixed nitrogen from white clover to associated grasses in swards grazed by dairy cows estimated using 15 methods. *Plant and Soil* 131: 215-223.
24. Lithourgidis, A. S., K. V. Dhima, I. B. Vasilakoglou, C. A. Dordas and M. D. Yiakoulaki. 2007. Sustainable production of barley and wheat by intercropping common vetch. *Agronomy for Sustainable Development* 27: 95-99.
25. Lithourgidis, A. S., I. B. Vasilakoglou, C. A. Dordas and M. D. Yiakoulaki. 2006. Forage yield and quality of commen vetch mixtures with oat and triticale in two seeding ratios. *Field Crops Research* 99: 106-113.
26. Mazaheri, D. 1998. Intercropping. 2nd ed., Tehran University Press, Tehran, Iran. 262 pp. (In Farsi)

27. Nachigera, G. M., J. F. Ledent and X. Draye. 2008. Shoot and root competition in potato/maize intercropping: Effects on growth and yield. *Environmental and Experimental Botany* 64: 180-188.
28. Ofori, F. and W. R. Stern. 1987. Cereal- legume intercropping system. *Advances in Agronomy* 41: 41-90.
29. Pilbem, C. J., R. Okalebo, L. P. Simmonds and K. W. Gathua. 1994. Analysis of maize-common bean intercrops in semi-arid Kenya. *Journal of Agricultural Science Cambridge* 123: 191-198.
30. Pudhi, A. K., B. K. Sahow and K. C. Das. 1993. Production potential economics and energetics of upland cotton-based intercropping systems under upland, rainfed situation. *Indian Journal of Agriculture Science* 63: 160-165.
31. Pudnam, A. R. and W. B. Duke. 1978. Allelopathy in agroecosystems. *Annual Review of Phytopathology* 16: 431-451.
32. Putnam, D. H. and D. L. Allan. 1992. Mecanisms for overyielding in sunflower mustard intercrop. *Agronomy Journal* 84: 188-195.
33. Qamar, I. A., J. D. H. Keating, N. Mohammad, A. Ali and M. A. Khan. 1999. Introduction and management of common vetch – barley forage mixtures in the rainfed areas of Pakistan. 1. Forage Yield. *Australian Journal of Agriculture Research* 50: 1-9.
34. Ross, S. M., J. R. King, J. T. O' Donovan and D. Spaner. 2005. The productivity of oats and berseem clover intercrops. I. Primary growth characteristics and forage quality at four densities of oats. *Grass and Forage Science* 60: 74-86.
35. Sengul, S. 2003. Performance of some forage grasses or legumes and their mixtures under dry land conditions. *European Journal of Agronomy* 19: 401-409.
36. Siame, J. R., W. Willey and S. Morse. 1998. The response of maize – phaseolus intercropping to applied nitrogen on oxisols in Northern Zambia. *Field Crops Research* 55: 73-81.
37. Singh, R. V. and P. C. Gupta. 1993. Agressivity, competitive ratio and relative crowding coefficient of wheat and Indian mustard in mixed and intercropping systems. *Indian Journal of Agriculture Science* 63: 1-3.
38. Singh, A., M. Singh and K. Singh. 1998. Productivity and economic viability of a palmarosa piggeonpea intercropping system in the subtropical climate of north Indian. *Journal of Agricultural Science, Cambridge* 130: 149-154.
39. Strydhorst, S. M., J. R. King, K. J. Lopetinsky and K. Neil Harker. 2008. Forage potential of intercropping barley with faba bean, lupin, or field pea. *Agronomy Journal* 100: 182-190.
40. Subedi, K. D. 1997. Wheat intercropped with tori (*Brassica campestris var tori*) and pea (*Pisum sativum*) in the subsistence farming system of the Nepales hills. *Journal of Agriculture Science, Cambridge* 128: 283-289.
41. Tomar, T. S., A. F. Mackenzie, G. R. Mehuys and I. Ali. 1988. Corn growth with foliar nitrogen, soil applied nitrogen, and legume intercrops. *Agronomy Journal* 80: 800-807.
42. Vasilakoglou, I. B., A.S. Lithourgidis and K. V. Dhima. 2005. Assessing common vetch: Cereal intercrops for suppression of wild oat. Proceedings of the 13th International Symposium, Session S5, European Weed Research Society, Bari, Italy.
43. Willey, R. W. 1990. Resources use in intercropping systems. *Journal of Agriculture Water Management* 17: 215-231.
44. Yildirim, E. and I. Guvence. 2005. Intercropping based on cauliflower: More productivity, profitable and highly sustainable. *European Journal of Agronomy* 22: 11-18.
45. Yilmaz, S., M. Atak and M. Erayman. 2008. Identification of advantages of maize – legume intercropping over solitary cropping through competition indices in the east Mediterranean region. *Turkish Journal of Agriculture of Forestry* 32: 111-119.