

## ارزیابی رقابت و سودمندی کشت مخلوط جو (*Hordeum vulgare* L.) و نخود علوفه‌ای (*Pisum sativum* L.) در شرایط دیم

عبدالله جوانمرد<sup>۱</sup>، مصطفی امانی ماچانی<sup>۲</sup>، سید بهمن موسوی<sup>۳</sup>

تاریخ دریافت: ۹۶/۴/۲۴ تاریخ پذیرش: ۹۷/۴/۱۰

۱- دانشیار گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه مراغه

۲- دانشجوی کارشناسی ارشد آگرواکولوژی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه مراغه

۳- دانشیار گروه علوم و مهندسی خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه مراغه

\*مسئول مکاتبه: Email: a.javanmard@maragheh.ac.ir

### چکیده

به منظور بررسی سودمندی کشت مخلوط جو با نخود علوفه‌ای در شرایط دیم، آزمایشی بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در دانشکده کشاورزی دانشگاه مراغه در سال زراعی ۱۳۹۴ اجرا شد. تیمارها شامل کشت خالص جو، کشت خالص نخود علوفه‌ای با تراکم‌های ۱۰۰، ۱۵۰، ۲۰۰، ۲۵۰ و ۳۰۰ بوته در متر، کشت مخلوط ۷۵ درصد جو + ۲۵ درصد نخود علوفه‌ای (با تراکم‌های ذکر شده)، ۵۰ درصد جو + ۵۰ درصد نخود علوفه‌ای (با تراکم‌های ذکر شده) و ۲۵ درصد جو + ۷۵ درصد نخود علوفه‌ای (با تراکم‌های ذکر شده) بودند. نتایج نشان داد عملکرد علوفه خشک نخود علوفه‌ای و جو تحت تأثیر معنی‌دار الگوهای کشت قرار گرفتند. بیشترین و کمترین عملکرد علوفه خشک جو در تیمارهای کشت خالص جو (۳۵۲/۰۲ گرم در متر مربع) و ۲۵ درصد جو + ۷۵ درصد نخود علوفه‌ای با تراکم ۳۰۰ بوته در متر مربع (۱۰۳/۷ گرم در متر مربع) بدست آمد. همچنین، بیشترین عملکرد علوفه خشک نخود علوفه‌ای نیز در کشت خالص جو با تراکم ۳۰۰ بوته در متر مربع (۹۳/۷۵ گرم در متر مربع) حاصل شد. بیشترین نسبت برابری زمین (۱/۲۵) و نسبت برابری زمین استاندارد (۱/۱۱) در نسبت ۲۵ درصد جو + ۷۵ درصد نخود علوفه‌ای با تراکم‌های ۱۰۰ و ۳۰۰ بوته در متر مربع بدست آمد. از لحاظ شاخص‌های رقابتی، در اکثر تیمارها نسبت رقابت و غالبیت نخود علوفه‌ای کمتر از جو بود که نشان‌دهنده توانایی رقابتی بیشتر و غالبیت جو نسبت به نخود علوفه‌ای می‌باشد. مثبت بودن شاخص‌های سودمندی اقتصادی (IA)، بهره‌وری سیستم (SPI) و افت واقعی عملکرد (AYL) در همه الگوهای کشت بیانگر تأثیر مفید گیاهان بر روی همدیگر و سودمندی کشت مخلوط آن‌ها در شرایط دیم می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: شاخص بهره‌وری سیستم، عملکرد علوفه، کشت مخلوط، نسبت برابری زمین، نسبت رقابت

## Evaluation of Competition and Advantage in Barley (*Hordeum vulgare* L.) and Forage Pea (*Pisum sativum* L.) Intercropping under Rainfed Condition

Abdollah Javanmard<sup>1\*</sup>, Mostafa Amani Machiani<sup>2</sup>, Seyyed Bahman Mousavi<sup>3</sup>

Received: July 15, 2017 Accepted: July 1, 2018

1- Assoc. Prof., Dept. of Agronomy and Plant Breeding, Faculty of Agriculture, University of Maragheh. Maragheh, Iran.

2- MSc Student of Agroecology, Dept. of Agronomy and Plant Breeding, Faculty of Agriculture, University of Maragheh. Maragheh, Iran.

3- Assoc. Prof., Dept. of Soil Science, Faculty of Agriculture, University of Maragheh. Maragheh, Iran.

\*Corresponding Author Email: a.javanmard@maragheh.ac.ir

### Abstract

In order to evaluate of barley and forage pea intercropping in rainfed condition, an experiment was conducted as randomized complete blocks design (RCBD) with three replications at University of Maragheh, Iran in 2015. Treatments included sole cropping of forage pea with densities of 100, 150, 200, 250 and 300 plants.m<sup>-2</sup>, sole cropping of barley, 75% barley+ 25% forage pea (with mentioned densities), 50% barley+ 50% forage pea (with mentioned densities) and 25% barley+ 75% forage pea (with mentioned densities). The results demonstrated that dry forage yield of barley and pea were affected significantly by different planting patterns. The highest and lowest dry forage yield of barley was obtained in sole cropping of barley (352.02 g.m<sup>-2</sup>) and 25% barley+ 75% forage pea with 300 plant.m<sup>-2</sup> (103.7 g.m<sup>-2</sup>), respectively. Also, the highest dry forage yield of forage pea was obtained in pea sole cropping with density of 300 plant.m<sup>-2</sup> (93.75 g.m<sup>-2</sup>). The highest land equivalent ratio (1.25) and standard land equivalent ratio (1.11) was obtained in 25% barley+ 75% forage pea with densities of 300 and 100 plant.m<sup>-2</sup>, respectively. In terms of competitive indices, in most treatments the aggressivity and crowding coefficient values of pea were lower than of barley, indicating that barley was more competitive and dominant than forage pea. Positivity of intercropping advantages (IA), system productivity index (SPI) and actual yield loss (AYL) values in all cropping patterns indicate the useful effect of plants on each other and intercropping efficiency of plants under rainfed conditions.

**Keywords:** Competitive Ratio, Forage Yield, Intercropping, Land Equivalent Ratio, System Productivity Index

### مقدمه

کشت خالص گیاهان در مناطق خشک و نیمه خشک هر چند دارای عملکرد بالایی است و در تأمین نیازهای

غذایی جمعیت کنونی نقش مهمی ایفاء می‌کند، ولی این سیستم به هزینه و انرژی بالایی نیاز داشته و از نظر بوم‌شناختی باعث بروز مشکلاتی از جمله آلودگی آب-

در گونه‌های گیاهان باشد (ویلی ۱۹۹۰). بر همین اساس چندین شاخص از قبیل نسبت برابری زمین<sup>۱</sup>، ضریب ازدحام نسبی<sup>۲</sup>، غالبیت<sup>۳</sup>، نسبت رقابت<sup>۴</sup>، کاهش واقعی عملکرد<sup>۵</sup>، شاخص سودمندی اقتصادی<sup>۶</sup>، شاخص سودمندی کشت مخلوط<sup>۷</sup> و شاخص بهره‌وری سیستم<sup>۸</sup> جهت توصیف رقابت و سودمندی کشت مخلوط بکار برده شده‌اند (بانیک و همکاران ۲۰۰۶، ویلی ۱۹۷۹). شکورزاده و همکاران (۲۰۱۲)، تیمار ۵۰ درصد ماشک + ۵۰ درصد جو با تراکم ۲۰۰ بوته در مترمربع را با بیشترین نسبت برابری زمین (۱/۲) و بالاترین میزان تولید علوفه خشک (۹/۵۲ تن در هکتار) به‌عنوان برترین تیمار در منطقه لرستان معرفی نمودند. چپاگین و رایزمن (۲۰۱۴) گزارش کردند با انجام کشت مخلوط کارآیی استفاده از زمین در مقایسه با کشت خالص ۱۲-۳۲ درصد افزایش یافت و بالاترین راندمان کل زمین (۵/۹ تن در هکتار) و نسبت برابری زمین (۱/۳۲) در ترکیب ۲:۱ (جو با نخود فرنگی) حاصل شد. همچنین در کشت مخلوط، جو دارای نیتروژن و در نتیجه درصد پروتئین بالاتر نسبت به کشت خالص آن بود و میزان گره‌های نخود فرنگی و تثبیت بیولوژیکی نیتروژن هم نسبت به کشت خالص آن بیشتر بود. توستی و همکاران (۲۰۱۰) با بررسی کشت مخلوط افزایشی ماشک گل‌خوشه‌ای و جو در شرایط آب و هوای مدیترانه‌ای، اظهار داشتند که نسبت‌های مخلوط موجب بهبود نسبت برابری زمین و افزایش کارایی استفاده از منابع در مقایسه با کشت خالص شدند. مورالس و همکاران (۲۰۰۹) مشاهده کردند که نسبت‌های مختلف کشت مخلوط آفتابگردان (*Helianthus annuus* L.) و لوبیا (*Phaseolus vulgaris* L.) دارای نسبت برابری

های زیرزمینی، افزایش آفات، بیماری‌ها و علف‌های هرز، از بین رفتن منابع طبیعی و کاهش تنوع زیستی می‌شود (کسام و برمر ۲۰۱۳). کشت مخلوط به‌عنوان یکی از مهمترین سیستم‌های کشاورزی پایدار قابل اجرا در بسیاری از کشورهای در حال توسعه می‌تواند به جهت افزایش تنوع محصولات و سود حاصل از آن‌ها در واحد سطح و زمان از اهمیت ویژه‌ای برخوردار باشد (نصیری محلاتی و همکاران ۲۰۱۵). کشت مخلوط، کشت دو یا چند گیاه زراعی به صورت توأم می‌باشد که امکان برقراری روابط متقابل بین گیاهان مختلف را فراهم ساخته و موجب افزایش عملکرد در واحد سطح، بهبود راندمان استفاده از منابع (امانی ماچپانی و همکاران ۲۰۱۸) و کاهش آفات، بیماری و علف‌های هرز می‌شود (کائو و همکاران ۲۰۱۵). در بین سیستم‌های مختلف کشت مخلوط، ترکیب گیاهان غلات با گیاهان تثبیت کننده نیتروژن (لگوم‌ها) از جمله معمول‌ترین و قدیمی‌ترین این سیستم‌ها در نقاط مختلف دنیا به ویژه در کشورهای در حال توسعه می‌باشد (امانی ماچپانی و همکاران ۲۰۱۸). استفاده از گیاهان لگوم مانند نخود علوفه‌ای (*Pisum sativum* L.) در شرایط دیم و بخصوص در سال‌های آیش علاوه بر کنترل فرسایش آبی و خاکی، باعث افزایش مواد آلی و بهبود خواص فیزیکی و شیمیایی خاک از طریق تثبیت بیولوژیکی ازت شده و از طرفی دیگر استفاده از کود سبز حاصله از این گیاهان ضمن کاهش تقاضا برای مصرف کودهای شیمیایی در افزایش بهره‌وری محصولات زراعی و گیاهانی که متعاقب آن کشت می‌گردند مؤثر می‌باشد (چپاگین و رایزمن ۲۰۱۴، لامعی هروانی ۲۰۱۳).

رقابت فاکتوری است که می‌تواند روی میزان رشد و عملکرد کشت مخلوط نسبت به کشت خالص تأثیر معنی‌داری داشته باشد (لایتورگایدیس و همکاران ۲۰۱۱). عملکرد بالاتر در کشت مخلوط زمانی حاصل می‌شود که رقابت برون‌گونه‌ای کمتر از رقابت

<sup>1</sup> - Land Equivalent Ratio (LER)

<sup>2</sup> - Relative Crowding Coefficient (RCC)

<sup>3</sup> - Aggressivity (A)

<sup>4</sup> - Competition Ratio (CR)

<sup>5</sup> - Actual Yield Loss (AYL)

<sup>6</sup> - Monetary Intercropping Advantage (MAI)

<sup>7</sup> - Intercropping Advantage (IA)

<sup>8</sup> - System Productivity Index (SPI)

در اراضی دیم تولید می‌شود. با توجه به وسعت اراضی دیم در کشور و لزوم وجود محصولی جدید در تناوب زراعی دیم‌زارها، گیاهان علوفه‌ای می‌توانند در تولید علوفه مورد نیاز کشور، کاهش فرسایش خاک، بهبود بافت خاک، کاهش استفاده از سموم، بهره‌برداری از مناطق کم بازده و نیز سوق دادن کشاورزی دیم به سمت کشاورزی پایدار نقش اساسی داشته باشند (شکورزاده و همکاران ۲۰۱۲). در نهایت هدف از این تحقیق بررسی شاخص‌های سودمندی و رقابتی جو در کشت مخلوط با نخود علوفه‌ای تحت تاثیر تراکم‌های مختلف آن و تعیین بهترین الگوی کشت این دو گیاه در شرایط دیم مراغه می‌باشد.

#### مواد و روش‌ها

این پژوهش در طی سال زراعی ۱۳۹۴ در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه مراغه با طول جغرافیایی ۴۶ درجه و ۱۶ دقیقه شرقی و عرض ۳۷ درجه و ۲۳ دقیقه شمالی با ارتفاع ۱۴۸۵ متر از سطح دریا اجرا شد. برخی از خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک محل اجرای آزمایش در جدول ۱ و نوسات بارندگی و دما در طول فصل آزمایش در شکل ۱ آمده است.

زمین بیشتری نسبت به کشت خالص دو گیاه بودند. یاسین و همکاران (۲۰۱۴) با انجام کشت مخلوط گیاه وتیور (*Vetiveria zizanioides* L. Nash) با گیاهان ریحان (*Ocimum basilicum* L.)، سیر (*Allium sativum* L.)، نخود سیاه (*Vigna mungo* L.)، نعنای (*Menthol mint*)، شمعدانی (*Pelargonium graveolens* L.)، و ذرت (*Zea mays* L.) مشاهده کردند که کشت مخلوط گیاه وتیور به همراه ریحان باعث افزایش شاخص‌های نسبت برابری زمین (۱/۵۴)، کارایی استفاده از زمین (۱۳۰ درصد) و درآمد خالص (۱/۳۵) آن نسبت به سایر الگوهای کشت مخلوط و کشت خالص وتیور شد. سینگ و همکاران (۲۰۱۳) در کشت مخلوط شمعدانی (*Pelargonium graveolens* L. Her.) و سیر مشاهده کردند که بیشترین نسبت برابری زمین (۱/۷۹)، نسبت معادل سطح زیر کشت و زمان (۱/۵۵) و کارایی استفاده از زمین در ترکیب تیماری ۲ ردیف سیر+ یک ردیف شمعدانی به دست آمد. همچنین کشت مخلوط دو گیاه باعث افزایش درآمد خالص نسبت به کشت خالص هر یک از گیاهان گردید.

از حدود ۶/۲ میلیون هکتار دیم‌زارهای کشور، حدود ۹۵۰۰۰ هکتار آن زیر کشت گیاهان علوفه‌ای است که کمتر از ۲ درصد سطح دیم‌زارها می‌باشد. کل علوفه تولید شده در کشور (مجموع دیم و آبی) حدود ۱۵ میلیون تن گزارش شده است که فقط ۷۸۰ هزار تن آن

جدول ۱- برخی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک محل اجرای آزمایش

ماده آلی (درصد)	هدایت الکتریکی (ds.m <sup>-1</sup> )	اسیدیته	پتاسیم قابل جذب (mg.kg <sup>-1</sup> )	فسفر قابل جذب (mg.kg <sup>-1</sup> )	نیتروژن (%)	بافت خاک
۰/۹۸	۰/۶۹	۷/۴	۳۵۲	۸/۶	۰/۰۹	لومی



شکل ۱- نوسانات بارندگی (میلی‌متر) و دما (درجه سانتی‌گراد) در طول فصل زراعی محل انجام آزمایش. خط ممتد بارندگی و خط شکسته دما را نشان می‌دهند.

متر مربع تعیین شد. با احتساب میانگین وزن صد دانه و درصد قوه نامیه نخود علوفه‌ای (۹/۹۵ گرم و ۹۶ درصد) و جو (۴/۰۵ گرم و ۹۸ درصد) مقادیر بذر مصرفی در زراعت تک کشتی این گیاهان به ترتیب ۲۵۹ و ۱۸۰ کیلوگرم در هکتار بود. با توجه به تفاوت تراکم بهینه جو و نخود علوفه‌ای در واحد سطح، واحد گیاهی محاسبه گردید. به عنوان مثال در کلیه تیمارهای مخلوط ۵۰ درصد جو و ۵۰ درصد نخود علوفه‌ای (با تراکم ۲۵۰ بوته در متر مربع)، ۱۷۵ گیاه جو با ۱۲۵ بوته نخود علوفه‌ای در هر متر مربع کشت شدند. بنابراین واحد گیاهی در کشت مخلوط برابر با یک گیاه نخود علوفه‌ای و ۱/۴ گیاه جو بود. مقادیر بذر مصرفی نخود علوفه‌ای و جو در این نسبت کشت به ترتیب ۱۲۹ و ۹۰ کیلوگرم در هکتار در نظر گرفته شد. به همین ترتیب برای تیمار ۲۵ درصد جو + ۷۵ درصد نخود علوفه‌ای با تراکم ۲۵۰ بوته در متر مربع، ۸۸ بوته جو با ۱۸۸ بوته نخود علوفه‌ای در هر متر مربع کشت شد. در تیمار ۷۵ درصد جو + ۲۵ درصد نخود علوفه‌ای با تراکم ۲۵۰ بوته در متر مربع، ۲۶۳ بوته جو با ۶۳ بوته نخود علوفه‌ای کشت شد. در تراکم ۱۰۰ بوته نخود علوفه‌ای و با نسبت‌های ۵۰ درصد جو + ۵۰ درصد نخود علوفه‌ای، ۷۵ درصد جو + ۲۵ درصد نخود علوفه‌ای، ۲۵ درصد

آزمایش بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ۲۱ تیمار و در سه تکرار اجرا شد. تیمارها شامل کشت خالص جو، کشت خالص نخود علوفه‌ای، کشت مخلوط ۷۵ درصد جو + ۲۵ درصد نخود علوفه‌ای، ۵۰ درصد جو + ۵۰ درصد نخود علوفه‌ای و ۲۵ درصد جو + ۷۵ درصد نخود علوفه‌ای بودند. در کلیه تیمارها نخود علوفه‌ای با تراکم‌های ۱۰۰، ۱۵۰، ۲۰۰، ۲۵۰ و ۳۰۰ بوته در متر مربع کشت شد. فاصله بین کرت‌های مجاور در یک بلوک و فاصله بین بلوک‌ها به ترتیب ۰/۵ و ۲ متر در نظر گرفته شد.

بذور نخود علوفه‌ای با نام تجاری گرین آرو و جو رقم آبیدر از مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی کردستان تهیه شدند. قبل از کاشت بذور، به‌منظور پیشگیری از بیماری‌های قارچی، بذرها با سم بنومیل (با فرمول شیمیایی  $C_{13}H_{17}N_4O_3$ ) به میزان ۲ در هزار ضدعفونی شدند. قبل از کاشت ۸۰ کیلوگرم در هکتار اوره و ۴۰ کیلوگرم در هکتار سوپر فسفات تریپل به خاک اضافه شد. در این آزمایش هر کرت شامل هشت خط کاشت به طول ۶ متر بود. فواصل بین خطوط کاشت ۲۰ سانتی‌متر و بذور در عمق ۵ سانتی‌متری در ۱۵ مهرماه ۱۳۹۴ در ردیف‌های ذکر شده به صورت درهم کشت شدند. تراکم مطلوب برای جو ۳۵۰ بوته در

$$LER_s = (Y_{bp} / \text{Max}. Y_{bb}) + (Y_{pb} / \text{Max}. Y_{pp}) \quad (\text{رابطه } ۲)$$

در این رابطه  $LER_s$ : نسبت برابری زمین معمولی،  $LER_s$ : نسبت برابری زمین استاندارد،  $Y_{bp}$  عملکرد علوفه خشک جو در کشت مخلوط،  $Y_{bb}$  عملکرد علوفه جو در کشت خالص،  $Y_{pb}$  عملکرد علوفه خشک جو در کشت مخلوط،  $\text{Max}. Y_{bb}$ : حداکثر عملکرد علوفه جو در کشت خالص و  $\text{Max}. Y_{pp}$ : حداکثر عملکرد علوفه جو در کشت خالص می‌باشد.

نسبت رقابت (CR)، شاخص مهمی برای دانستن توانایی رقابت یک محصول با محصول دیگر است (ویلی و رائو ۱۹۸۰). با بررسی مفهومی به نام شاخص رقابت اگر چه میزان اضافه محصول نشان داده نمی‌شود، ولی با اشاره به شدت رقابت بین دو گونه در تیمارهای مختلف مخلوط می‌توان نسبت به سودمندی کشت مخلوط قضاوت کرد (دهیما و همکاران ۲۰۰۷).

$$CR_p = (LER_p / LER_b) \times (Z_{bi} / Z_{pi}) \quad (\text{رابطه } ۳)$$

$$CR_b = (LER_b / LER_p) \times (Z_{pi} / Z_{bi})$$

$LER_p$ : نسبت برابری زمین خود علوفه‌ای،  $LER_b$ : نسبت برابری زمین جو،  $Z_{bi}$  نسبت جو در مخلوط،  $Z_{pi}$  نسبت خود علوفه‌ای در مخلوط.

ضریب ازدحام نسبی (RCC)، میزان رقابت بین گیاهانی را نشان می‌دهد که با استفاده از روش جایگزینی به صورت مخلوط کشت شده‌اند. ضریب ازدحام نسبی به صورت زیر قابل محاسبه است (لایتورگایدیس و همکاران ۲۰۱۱).

$$RCC_p = [(Y_{pi} \times Z_{bi}) / (Y_p - Y_{pi}) \times Z_{pi}] \quad (\text{رابطه } ۴)$$

$$RCC_b = [(Y_{bi} \times Z_{pi}) / (Y_b - Y_{bi}) \times Z_{bi}]$$

$$RCC = K = RCC_p \times RCC_b$$

$Y_{pi}$ : عملکرد خود علوفه‌ای در کشت مخلوط،  $Z_{bi}$  نسبت جو در کشت مخلوط با خود،  $Y_p$ : عملکرد خود علوفه-

جو + ۷۵ درصد خود علوفه‌ای به ترتیب ۱۷۵ بوته جو + ۵۰ بوته خود علوفه‌ای، ۲۶۲ بوته جو + ۲۵ بوته خود علوفه‌ای، ۸۸ بوته جو + ۷۵ بوته خود علوفه‌ای کشت شد. برای سایر تیمارها نیز بر اساس تراکم مطلوب هر کدام از گیاهان و نسبت کشت میزان بذر مورد نیاز تعیین شد.

در مرحله برداشت، پس از حذف اثرات حاشیه‌ای، نمونه برداری در سطح ۳/۲ متر مربع از چهار ردیف میانی هر کرت انجام گرفت. در این مرحله، خود علوفه‌ای در مرحله ۵۰ درصد گلدهی بود که با مرحله شیری و ابتدای خمیری جو همزمان بود. پس از تفکیک، علوفه برداشت شده در هوای آزاد به اندازه‌های خشک شد که وزن آن در چند توزین متوالی به حالت ثابت درآمده و مقادیر ثبت شده به عنوان عملکرد خشک علوفه در نظر گرفته شدند.

برای ارزیابی سودمندی کشت مخلوط از شاخص‌های نسبت برابری زمین ( $LER$ )، شاخص سودمندی اقتصادی ( $MAI$ )، سودمندی کشت مخلوط ( $IA$ )، ضریب ازدحام نسبی ( $RCC$ )، نسبت رقابت ( $CR$ )، شاخص غالبیت ( $A$ )، کاهش عملکرد واقعی ( $AYL$ ) و شاخص بهره‌روی سیستم ( $SPI$ ) استفاده شد. نسبت برابری زمین معمولی براساس سطح زیر کشت محاسبه می‌گردد و مشخص می‌کند که برای به دست آوردن محصول حاصل از یک هکتار کشت مخلوط، چه مقدار زمین به صورت تک کشتی نیاز است تا همان مقدار محصول حاصل شود (ویلی ۱۹۷۹). اگر مقدار  $LER$  کوچکتر از یک باشد کشت خالص بر کشت مخلوط برتری داشته و اگر مقدار  $LER$  بزرگتر از یک باشد کشت مخلوط سودمندی بیشتری نسبت به کشت خالص داشته است (یلماز و همکاران ۲۰۱۵). برای تعیین این شاخص، عملکرد نسبی هر جزء محاسبه می‌شود و مجموع آنها میزان  $LER$  را مشخص می‌سازد.

$$LER = (Y_{bp} / Y_{bb}) + (Y_{pb} / Y_{pp}) \quad (\text{رابطه } ۱)$$

$$SPI = (S_p/S_b) \times (Y_p + Y_b) \quad (\text{رابطه ۷})$$

$S_p$ : عملکرد نخود علوفه‌ای در تک کشتی،  $S_b$ : عملکرد علوفه جو در کشت خالص،  $Y_p$ : عملکرد نخود علوفه‌ای در کشت مخلوط و  $Y_b$ : عملکرد علوفه جو در کشت مخلوط.

جهت تعیین سودمندی اقتصادی از شاخص‌های سودمندی اقتصادی (MAI) و سودمندی کشت مخلوط (IA) استفاده شد (لایتورگایدیس و همکاران ۲۰۱۱). در محاسبات این دو شاخص، بهای هر تن علوفه خشک نخود علوفه‌ای و جو به ترتیب ۴۸۰ و ۳۷۲ هزار تومان در نظر گرفته شد.

$$IA = IA_p + IA_b \quad (\text{رابطه ۸})$$

$$IA_p = AYL_p \times P_p$$

$$IA_b = AYL_b \times P_b$$

$$MAI = (Y_{pi} \times P_p + Y_{bi} \times P_b) \times [(LER - 1) / LER] \quad (\text{رابطه ۹})$$

$IA_p$ : سودمندی مخلوط نخود علوفه‌ای،  $IA_b$ : سودمندی مخلوط جو،  $AYL_p$ : کاهش واقعی عملکرد علوفه نخود علوفه‌ای،  $P_p$ : قیمت علوفه خشک نخود علوفه‌ای،  $AYL_b$ : کاهش واقعی عملکرد جو،  $P_b$ : قیمت علوفه خشک جو،  $Y_{pi}$ : عملکرد علوفه نخود در کشت مخلوط،  $Y_{bi}$ : عملکرد علوفه جو در کشت مخلوط. در نهایت پس از اطمینان از نرمال بودن داده‌ها، تجزیه واریانس با نرم‌افزار MSTATC و مقایسه میانگین‌ها با آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵ درصد صورت گرفت.

## نتایج و بحث

### عملکرد علوفه خشک جو

عملکرد علوفه خشک جو تحت تأثیر الگوی‌های مختلف کشت قرار گرفت (جدول ۲). کشت خالص جو با ۳۵۲۰/۲ کیلوگرم در هکتار دارای بیشترین عملکرد علوفه خشک بود و بعد از آن تیمار ۷۵ درصد جو + ۲۵ درصد نخود علوفه‌ای در تراکم ۱۰۰ بوته در متر مربع با میانگین ۳۲۸۶/۷ کیلوگرم در هکتار قرار گرفت.

ای در تک کشتی،  $Z_{pi}$ : نسبت نخود علوفه‌ای در کشت مخلوط،  $Y_b$ : عملکرد جو در تک کشتی،  $Y_{bi}$ : عملکرد جو در کشت مخلوط.

شاخص غالبیت (A)، میزان غالبیت گیاهان را نسبت به همدیگر در کشت مخلوط نشان می‌دهد و توسط معادله زیر محاسبه می‌گردد (هاگارد نیلسن و همکاران ۲۰۰۹).

$$A_p = (Y_{pi}/Y_p \times Z_{pi}) - (Y_{bi}/Y_b \times Z_{bi}) \quad (\text{رابطه ۵})$$

$$A_b = (Y_{bi}/Y_b \times Z_{bi}) - (Y_{pi}/Y_p \times Z_{pi})$$

$Y_{pi}$ : عملکرد علوفه نخود در کشت مخلوط،  $Y_p$ : عملکرد نخود علوفه‌ای در کشت خالص،  $Z_{pi}$ : نسبت نخود در کشت مخلوط،  $Y_{bi}$ : عملکرد علوفه جو در کشت مخلوط،  $Y_b$ : عملکرد علوفه جو در کشت خالص،  $Z_{bi}$ : نسبت جو در کشت مخلوط با نخود علوفه‌ای.

جهت بدست آوردن افت واقعی عملکرد (AYL) از رابطه زیر استفاده شد. عدد حاصل از AYL در صورتی که هدف مقایسه عملکرد بر اساس یک گیاه باشد، براساس سودمندی یا عدم سودمندی کشت مخلوط می‌تواند مثبت یا منفی باشد (دهیما و همکاران ۲۰۰۷).

$$AYL_p = [(Y_{pi}/Z_{pi}) / (Y_p/Z_p)] - 1 \quad (\text{رابطه ۶})$$

$$AYL_b = [(Y_{bi}/Z_{bi}) / (Y_b/Z_b)] - 1$$

$Y_{pi}$ : عملکرد نخود علوفه‌ای در کشت مخلوط،  $Z_{pi}$ : نسبت نخود علوفه‌ای در کشت مخلوط،  $Y_p$ : عملکرد نخود علوفه‌ای در تک کشتی،  $Z_p$ : نسبت نخود علوفه‌ای در کشت خالص،  $Y_{bi}$ : عملکرد علوفه جو در کشت مخلوط،  $Z_{bi}$ : نسبت جو در کشت مخلوط،  $Y_b$ : عملکرد علوفه جو در کشت خالص،  $Z_b$ : نسبت جو در کشت خالص.

برای تعیین شاخص بهره‌روی سیستم (SPI) کشت مخلوط از فرمول زیر استفاده شد (لایتورگایدیس و همکاران ۲۰۱۱).

(۲۰۱۴) و صادق‌پور و همکاران (۲۰۱۳) نیز نتایج مشابهی گزارش کردند. با توجه به افزایش توانایی گونه‌های همراه در کشت مخلوط برای جذب آب و مواد غذایی تحت تأثیر انتخاب آرایش و تراکم مناسب کشت، به نظر می‌رسد در بین نسبت‌های مختلف کشت و تراکم‌های نخود علوفه‌ای، تیمار ۷۵ درصد جو + ۲۵ درصد نخود علوفه‌ای با تراکم ۱۰۰ بوته در متر مربع دارای رقابت برون‌گونه‌ای کمتری نسبت به رقابت درون‌گونه‌ای بوده و همین امر منجر به افزایش عملکرد نسبت به سایر تیمارهای مخلوط شده است. نخزری‌مقدم (۲۰۱۳) نتیجه گرفت که در تیمارهای کشت مخلوط ۲۵ درصد نخود فرنگی + ۷۵ درصد جو، ۵۰ درصد نخود فرنگی + ۵۰ درصد جو و ۷۵ درصد نخود فرنگی + ۲۵ درصد جو، عملکرد علوفه جو به ترتیب ۵/۷، ۲۷/۹۱ و ۴۱/۸۴ درصد نسبت به تیمار کشت خالص جو کاهش یافت.

کمترین عملکرد علوفه خشک جو نیز در تیمارهای ۷۵ درصد نخود علوفه‌ای (در تراکم‌های ۱۵۰، ۲۰۰، ۲۵۰ و ۳۰۰ بوته در متر مربع) + ۲۵ درصد جو با میانگین ۱۲۵۱/۸ کیلوگرم حاصل شد که نسبت به کشت خالص جو ۶۴/۴۳ درصد کاهش یافت (جدول ۳). می‌توان بیان کرد که اضافه شدن بوته‌های نخود علوفه‌ای به کشت مخلوط تأثیر معنی‌داری در کاهش عملکرد علوفه جو داشته که این کاهش عملکرد از طریق افزایش عملکرد علوفه لگوم جبران خواهد شد و این از مزیت‌های کشت مخلوط محسوب می‌شود (قش ۲۰۰۴). آگیگنهو و همکاران (۲۰۰۶) کاهش بیوماس در کشت مخلوط را به غیریکنواختی محیط آن نسبت به کشت خالص نسبت دادند. همچنین کانتیریراس گویا و همکاران (۲۰۰۹) نتیجه گرفتند که با افزایش تراکم لوبیای بالارونده در کشت مخلوط با ذرت، تولید ماده خشک ذرت کاهش یافت. ابراهیم و همکاران (۲۰۱۴)، استولز و نادیاو

جدول ۲- نتایج تجزیه واریانس عملکرد علوفه خشک جو در الگوهای مختلف کشت

منابع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات عملکرد علوفه خشک جو
بلوک	۲	۱۳۷۹۶/۶۱**
تیمار	۱۵	۱۶۲۲۹/۲۱**
اشتباه آزمایشی	۳۰	۸۰۸/۶۸
ضریب تغییرات (درصد)		۱۳/۶۳

\*\* معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد می باشد.

### عملکرد علوفه خشک نخود علوفه‌ای

نتایج تجزیه واریانس (جدول ۴) بیانگر تفاوت معنی‌دار بین تیمارها از لحاظ عملکرد علوفه خشک نخود علوفه‌ای است. بیشترین عملکرد علوفه خشک نخود علوفه‌ای به کشت خالص نخود با تراکم‌های ۳۰۰ و ۲۵۰ بوته در متر مربع تعلق داشت و کمترین میزان آن در تیمارهای ۷۵ درصد جو + ۲۵ درصد نخود (در کلیه تراکم‌های نخود) مشاهده شد (جدول ۵). کاهش سطح اشغال شده توسط نخود علوفه‌ای و همچنین رقابت در

جهت دستیابی به نور باعث افزایش ارتفاع بوته‌های نخود، کاهش شاخه‌های فرعی آن و در نهایت کاهش عملکرد علوفه خشک آن گردید (رس و همکاران ۲۰۰۴). اضافه شدن جو به کشت خالص نخود تأثیر معنی‌داری در کاهش عملکرد علوفه نخود داشت. کاهش عملکرد لگوم‌ها در کشت مخلوط جایگزینی به بهره‌برداری بیشتر منابع توسط گراس‌ها و کاهش سهم لگوم‌ها نسبت داده شده است (جهانزاد و همکاران ۲۰۱۱، استریدهرست و همکاران ۲۰۰۸). جنسن و همکاران



(۱۹۹۶) گزارش کردند بیشترین عملکرد نخود در کشت مخلوط جو با نخود از تیمار کشت خالص نخود به میزان ۳۷۰ گرم در متر مربع بدست آمد.

جدول ۳- مقایسه میانگین عملکرد علوفه خشک جو در الگوهای مختلف کشت

عملکرد علوفه خشک جو (گرم در متر مربع)	تراکم نخود علوفه‌ای	الگوهای کشت
۳۵۲/۰۲ <sup>a</sup>	-	کشت خالص جو
۱۷۹/۰۳ <sup>fgh</sup>	۱۰۰	۲۵ درصد جو + ۷۵ درصد نخود
۲۶۱/۱۲۱ <sup>cd</sup>	۱۰۰	۵۰ درصد جو + ۵۰ درصد نخود
۳۲۸/۶۷ <sup>ab</sup>	۱۰۰	۷۵ درصد جو + ۲۵ درصد نخود
۱۴۷/۵۳ <sup>ghij</sup>	۱۵۰	۲۵ درصد جو + ۷۵ درصد نخود
۲۳۳/۷۱ <sup>de</sup>	۱۵۰	۵۰ درصد جو + ۵۰ درصد نخود
۲۹۱/۹۶ <sup>bc</sup>	۱۵۰	۷۵ درصد جو + ۲۵ درصد نخود
۱۲۹/۰۳ <sup>hji</sup>	۲۰۰	۲۵ درصد جو + ۷۵ درصد نخود
۱۹۷/۸۸ <sup>efg</sup>	۲۰۰	۵۰ درصد جو + ۵۰ درصد نخود
۲۶۲/۳۲ <sup>cd</sup>	۲۰۰	۷۵ درصد جو + ۲۵ درصد نخود
۱۲۰/۹۹ <sup>ij</sup>	۲۵۰	۲۵ درصد جو + ۷۵ درصد نخود
۱۹۸/۰۱ <sup>efg</sup>	۲۵۰	۵۰ درصد جو + ۵۰ درصد نخود
۲۴۵/۹۸ <sup>cde</sup>	۲۵۰	۷۵ درصد جو + ۲۵ درصد نخود
۱۰۳/۱۷ <sup>j</sup>	۳۰۰	۲۵ درصد جو + ۷۵ درصد نخود
۱۶۴/۱۵ <sup>ghi</sup>	۳۰۰	۵۰ درصد جو + ۵۰ درصد نخود
۲۲۵/۲۶ <sup>def</sup>	۳۰۰	۷۵ درصد جو + ۲۵ درصد نخود

حروف متفاوت نشانگر اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد براساس آزمون دانکن است.

جدول ۴- نتایج تجزیه واریانس عملکرد علوفه خشک نخود علوفه‌ای در الگوهای مختلف کشت

میانگین مربعات عملکرد علوفه خشک جو	درجه آزادی	منابع تغییر
۱۲۵۴/۷۵ <sup>**</sup>	۲	بلوک
۱۶۴۲/۵۸ <sup>**</sup>	۱۹	تیمار
۵۴/۴۹۶	۳۸	اشتباه آزمایشی
۱۶/۰۷		ضریب تغییرات (درصد)

<sup>\*\*</sup> معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد می باشد.

#### نسبت برابری زمین

به ترتیب معادل ۱/۲۵ و ۱/۲۳ به تیمارهای ۲۵ درصد جو + ۷۵ درصد نخود علوفه‌ای و ۵۰ درصد جو + ۵۰ درصد نخود علوفه‌ای در تراکم ۱۰۰ بوته در متر مربع نخود و کمترین میزان هم به تیمارهای ۷۵ درصد جو + ۲۵ درصد نخود در تراکم‌های ۲۰۰، ۲۵۰ و ۳۰۰ بوته

نسبت برابری زمین در اکثر الگوهای کشت مخلوط بیشتر از یک بود که نشان دهنده برتری کشت مخلوط جو با نخود علوفه‌ای نسبت به کشت خالص دو گیاه می‌باشد. همچنین، بیشترین میزان نسبت برابری زمین

**جدول ۵- عملکرد علوفه خشک نخود علوفه‌ای (گرم در متر مربع) در الگوهای مختلف کشت**

تراکم نخود علوفه‌ای (بوته در متر مربع)					
۳۰۰	۲۵۰	۲۰۰	۱۵۰	۱۰۰	الگوی کشت
۹۳/۷۵ <sup>a</sup>	۸۳/۴۸ <sup>ab</sup>	۷۳/۶۴ <sup>bc</sup>	۶۴/۴۳ <sup>cd</sup>	۵۲/۳۴ <sup>cde</sup>	کشت خالص نخود
۷۰/۳۳ <sup>c</sup>	۶۲/۵۹ <sup>cd</sup>	۵۵/۲۳ <sup>de</sup>	۴۸/۳۳ <sup>efg</sup>	۳۹/۲۵ <sup>gh</sup>	۲۵ درصد جو + ۷۵ درصد نخود
۴۶/۸۷ <sup>efg</sup>	۴۱/۷۴ <sup>fgh</sup>	۳۶/۸۲ <sup>ghi</sup>	۳۲/۲۰ <sup>hij</sup>	۲۶/۰۵ <sup>ijk</sup>	۵۰ درصد جو + ۵۰ درصد نخود
۲۳/۴۴ <sup>ijkl</sup>	۲۰/۸۷ <sup>ijkl</sup>	۱۸/۴۰ <sup>kl</sup>	۱۶/۱۰ <sup>kl</sup>	۱۳/۰۸ <sup>l</sup>	۷۵ درصد جو + ۲۵ درصد نخود

حروف متفاوت نشانگر اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد براساس آزمون دانکن است.

۲۰۱۸؛ استولز و نادیاو (۲۰۱۴). این موضوع نشان می‌دهد که اجزای کشت مخلوط از منابع محیطی به صورت مکمل استفاده می‌کنند (حمزه‌ئی و بابایی ۲۰۱۶). به عبارت دیگر، رقابت بین‌گونه‌ای کمتر از رقابت درون گونه‌ای بود (ویلی ۱۹۷۹). 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 در الگوهای مختلف کشت مخلوط باشد. قنبری بنجار و لی (۲۰۰۲) ذکر کردند که افزایش LER در کشت مخلوط به بالاتر از یک به دلیل افزایش راندمان استفاده از منابع محیطی و افزایش جذب نیتروژن است. رضایی چیانه و قلی نژاد (۲۰۱۵) نتیجه گرفتند که نسبت برابری زمین در کلیه الگوهای مختلف کشت مخلوط نخود و سیاهدانه بیشتر از یک بدست آمد که دلیل آن را به استفاده بهتر از منابع موجود توسط دو گیاه و اختلافات مورفولوژیکی و فیزیولوژیکی بین آن‌ها و کمتر بودن علف‌های هرز در کشت مخلوط نسبت به کشت خالص بیان کردند. در مطالعه‌ای دیگر مشخص شد که در کشت مخلوط ذرت و ریحان، شاخص LER در همه الگوهای کشت مخلوط بیشتر از یک بدست آمد (معبودی پيله‌سوار و سلماسی ۲۰۱۷) که با نتایج آزمایش حاضر همخوانی دارد.

در متر مربع و تیمار ۵۰ درصد جو + ۵۰ درصد نخود علوفه‌ای با تراکم ۳۰۰ بوته در متر مربع تعلق داشت (جدول ۶). LER جزئی نخود علوفه‌ای با افزایش سهم آن در کشت مخلوط افزایش یافت، به طوری که میزان LER نخود در نسبت‌های ۷۵ درصد نخود + ۲۵ درصد جو در همه تراکم‌های نخود بیشتر از ۰/۵ بوده است. بنابراین در این نسبت و در تراکم‌های ۱۵۰، ۲۰۰، ۲۵۰ و ۳۰۰ بوته لگوم مورد مطالعه، سودمندی برای نخود بیشتر از جو می‌باشد (چن همکاران ۲۰۰۴). بر اساس LER معمولی، اگر چه کشت مخلوط نسبت به کشت خالص برتری داشت، ولی انتخاب سیستم مناسب کشت مخلوط نیز در این زمینه مؤثر می‌باشد، به طوری که براساس نسبت برابری زمین استاندارد، بیشترین مقدار این نسبت به تیمار ۷۵ درصد نخود + ۲۵ درصد جو با تراکم ۳۰۰ بوته مربوط بود. بر اساس نسبت برابری زمین کشت مخلوط ۲۵-۲۳ درصد کارآیی بیشتری نسبت به کشت خالص در استفاده از زمین دارد و یا به عبارت دیگر کشت خالص هر یک از گونه‌ها نیاز به ۲۵-۲۳ درصد سطح زیرکشت اضافی دارند تا عملکردی معادل یک هکتار کشت مخلوط تولید کنند. علت برتری کشت مخلوط دو گونه نسبت به کشت خالص دو گیاه را می‌توان به اثر مکملی گیاهان در استفاده بهینه از منابعی نظیر نیتروژن و آب و به تبع آن کاهش تقاضا برای نهاده‌های خارجی نسبت داد (امانی ماچیان و همکاران

جدول ۶- نسبت برابری زمین معمولی و استاندارد در الگوهای مختلف کشت مخلوط.

نسبت برابری زمین استاندارد	نسبت برابری زمین			تراکم نخود علوفه‌ای	سیستم کشت مخلوط
	کل	جو	نخود علوفه‌ای		
۰/۹۲	۱/۲۵	۰/۵۱	۰/۷۴	۱۰۰	۲۵ درصد جو + ۷۵ درصد نخود
۱/۰۱	۱/۲۳	۰/۷۴	۰/۴۹	۱۰۰	۵۰ درصد جو + ۵۰ درصد نخود
۱/۰۷	۱/۱۸	۰/۹۳	۰/۲۵	۱۰۰	۷۵ درصد جو + ۲۵ درصد نخود
۰/۹۳	۱/۱۶	۰/۴۱	۰/۷۵	۱۵۰	۲۵ درصد جو + ۷۵ درصد نخود
۱/۰۰	۱/۱۵	۰/۶۶	۰/۴۹	۱۵۰	۵۰ درصد جو + ۵۰ درصد نخود
۱/۰۰	۱/۰۷	۰/۸۲	۰/۲۵	۱۵۰	۷۵ درصد جو + ۲۵ درصد نخود
۰/۹۵	۱/۱۱	۰/۳۶	۰/۷۵	۲۰۰	۲۵ درصد جو + ۷۵ درصد نخود
۰/۹۵	۱/۰۶	۰/۵۶	۰/۵۰	۲۰۰	۵۰ درصد جو + ۵۰ درصد نخود
۰/۹۴	۰/۹۹	۰/۷۴	۰/۲۴	۲۰۰	۷۵ درصد جو + ۲۵ درصد نخود
۱/۰۱	۱/۰۹	۰/۳۴	۰/۷۴	۲۵۰	۲۵ درصد جو + ۷۵ درصد نخود
۱/۰۰	۱/۰۶	۰/۵۶	۰/۵۰	۲۵۰	۵۰ درصد جو + ۵۰ درصد نخود
۰/۹۲	۰/۹۴	۰/۶۹	۰/۲۵	۲۵۰	۷۵ درصد جو + ۲۵ درصد نخود
۱/۱۱	۱/۱۱	۰/۳۶	۰/۷۵	۳۰۰	۲۵ درصد جو + ۷۵ درصد نخود
۰/۹۶	۰/۹۶	۰/۴۶	۰/۵۰	۳۰۰	۵۰ درصد جو + ۵۰ درصد نخود
۰/۸۸	۰/۸۸	۰/۶۳	۰/۲۵	۳۰۰	۷۵ درصد جو + ۲۵ درصد نخود

## شاخص‌های رقابتی

نسبت رقابت (CR) در مقایسه با ضریب ازدحام نسبی (RCC) و غالبیت (A) شاخص بهتری در بررسی رقابت بین گیاهان در کشت مخلوط می‌باشد و نتیجه بهتری از توانایی رقابت گیاهان در کشت مخلوط می‌دهد (یلماز و همکاران ۲۰۱۵). جدول ۷ نشان می‌دهد که نسبت رقابت جو در همه تیمارها به استثنای تیمار ۷۵ درصد جو + ۲۵ درصد نخود با تراکم‌های ۲۰۰ و ۳۰۰ بوته در متر مربع و تیمار ۵۰ درصد جو + ۵۰ درصد نخود با تراکم‌های ۲۵۰ و ۳۰۰ بوته در متر مربع و ۲۵ درصد جو + ۷۵ درصد نخود علوفه‌ای با تراکم ۲۵۰ بوته در متر مربع بیشتر از نسبت رقابتی نخود علوفه‌ای بود. مشاهده می‌شود در اکثر تیمارها نسبت رقابت نخود علوفه‌ای کمتر از ۱ بوده است. کمتر بودن نسبت رقابت به این معنی است که آن گونه می‌تواند با گونه دیگر به صورت مخلوط کشت شود ولی اگر نسبت

رقابت گونه‌ای بیشتر از یک باشد مفهوم آن این است که آن گونه در کشت مخلوط از غالبیت برخوردار است (لایتورگایدیس و همکاران ۲۰۱۱).

مقادیر افت واقعی عملکرد (AYL) اطلاعات دقیق‌تری نسبت به دیگر شاخص‌ها درباره رقابت درون و برون گونه‌ای محصولات و رفتار هر گونه در کشت مخلوط می‌دهد (دباغ محمدی نسب و همکاران ۲۰۱۱). طبق جدول ۷ بیشترین میزان AYL مربوط به تیمار ۷۵ درصد جو + ۲۵ درصد نخود علوفه‌ای با تراکم‌های ۱۰۰ و ۱۵۰ بوته در متر مربع مربوط بود و کمترین میزان AYL هم به تیمار ۲۵ درصد جو + ۷۵ درصد نخود در تراکم‌های ۲۵۰ بوته در متر مربع تعلق داشت. مثبت بودن AYL در همه الگوهای کشت بیانگر تأثیر مفید این گیاهان بر روی همدیگر و سودمندی کشت مخلوط می‌باشد (بانیک و همکاران ۲۰۰۶). همچنین بیانگر آن است که محصول واقعی این گیاهان در کشت مخلوط بیشتر از محصول

رعایت اصلی تولید حمایتی بود، به عبارت دیگر مساعدت در این الگوی کشت وجود دارد (الله‌دادی و همکاران ۲۰۱۳).

پیش بینی شده بوده و از عوامل محیطی استفاده بیشتری کرده‌اند (زو و همکاران ۲۰۰۸). بنابراین، می‌توان نتیجه گرفت که کشت مخلوط جایگزینی دارای

جدول ۷- نسبت رقابت و کاهش واقعی عملکرد در کشت مخلوط جو با نخود علوفه‌ای

کاهش واقعی عملکرد (AYL)			نسبت رقابت (CR)		تراکم نخود	سیستم کشت مخلوط
کل	جو	نخود	جو	نخود	علوفه‌ای	
۱/۰۳	۱/۰۳	۰/۰۰۰۱۸	۲/۰۳	۰/۴۹	۱۰۰	۲۵ درصد جو + ۷۵ درصد نخود
۱/۹۶	۱/۹۶	۰/۰۰۰۴۶۰	۱/۴۹	۰/۶۷	۱۰۰	۵۰ درصد جو + ۵۰ درصد نخود
۲/۷۳	۲/۷۳	۰/۰۰۰۰۲	۱/۲۴	۰/۸۰	۱۰۰	۷۵ درصد جو + ۲۵ درصد نخود
۰/۶۷	۰/۶۷	۰/۰۰۰۰۱	۱/۶۷	۰/۵۹	۱۵۰	۲۵ درصد جو + ۷۵ درصد نخود
۱/۶۵	۱/۶۵	۰/۰۰۰۰۴۸	۱/۳۲	۰/۷۵	۱۵۰	۵۰ درصد جو + ۵۰ درصد نخود
۲/۳۱	۲/۳۱	۰/۰۰۰۰۵	۳/۳۱	۰/۹۰	۱۵۰	۷۵ درصد جو + ۲۵ درصد نخود
۰/۴۶	۰/۴۶	۰/۰۰۰۰۱	۱/۴۶	۰/۶۸	۲۰۰	۲۵ درصد جو + ۷۵ درصد نخود
۱/۲۴	۱/۲۴	۰/۰۰۰۰۴	۱/۱۲	۰/۸۸	۲۰۰	۵۰ درصد جو + ۵۰ درصد نخود
۱/۹۸	۱/۹۸	۰/۰۰۰۲۰	۰/۹۹	۱/۰۱	۲۰۰	۷۵ درصد جو + ۲۵ درصد نخود
۰/۳۷	۰/۳۷	۰/۰۰۰۲۹	۱/۳۷	۲/۱۸	۲۵۰	۲۵ درصد جو + ۷۵ درصد نخود
۱/۲۴	۱/۲۴	۰/۰۰۰۰۸	۱/۱۲	۲/۶۶	۲۵۰	۵۰ درصد جو + ۵۰ درصد نخود
۱/۷۹	۱/۷۹	۰/۰۰۰۰۸	۰/۹۳	۰/۱۱	۲۵۰	۷۵ درصد جو + ۲۵ درصد نخود
۰/۴۷	۰/۴۷	۰/۰۰۰۰۷	۱/۴۷	۰/۶۷	۳۰۰	۲۵ درصد جو + ۷۵ درصد نخود
۰/۸۶	۰/۸۶	۰/۰۰۰۰۷	۰/۹۳	۱/۰۷	۳۰۰	۵۰ درصد جو + ۵۰ درصد نخود
۱/۵۵	۱/۵۵	۰/۰۰۰۰۷	۰/۸۵	۱/۱۷	۳۰۰	۷۵ درصد جو + ۲۵ درصد نخود

ژانگ و همکاران (۲۰۱۱) نتیجه گرفتند که مقادیر ضریب ازدحام نسبی بالاتر یونجه نسبت به ذرت بیانگر غالب بودن آن در همه الگوهای کشت مخلوط می‌باشد. آگیگنیهو و همکاران (۲۰۰۶) بیان کردند که در کشت مخلوط غلات و لگوم‌ها، همیشه غلات گیاه غالب نمی‌باشند. این یافته‌ها با محاسبه شاخص غالبیت بهتر نمایان می‌شود (جدول ۸). غالبیت شاخصی است که بیانگر اختلاف عملکرد نسبی دو گونه می‌باشد و این شاخص در حالت کلی شدت رقابت را به صورت کمی نشان می‌دهد (دباغ‌محمدی‌نسب و همکاران ۲۰۱۱). شاخص غالبیت نخود علوفه‌ای نسبت به جو در تیمارهای ۷۵ درصد جو + ۲۵ درصد نخود با تراکم‌های ۲۰۰، ۲۵۰ و ۳۰۰ بوته در متر مربع و تیمار ۵۰ درصد

مقادیر ضریب ازدحام نسبی نخود علوفه‌ای در تیمارهای ۷۵ درصد جو + ۲۵ درصد نخود با تراکم‌های ۲۰۰، ۲۵۰ و ۳۰۰ بوته در متر مربع و تیمار ۵۰ درصد جو + ۵۰ درصد نخود با تراکم ۳۰۰ بوته بیشتر از ضریب ازدحام نسبی جو بوده است (جدول ۸). این بدان معنی است که نخود در این ترکیبات غالب و از نظر رقابتی برتر می‌باشد. افزایش LER جزئی نخود در این تیمارها نیز این غالبیت را نشان می‌دهد (جدول ۸). همچنین ضریب ازدحام نسبی کل الگوهای ذکر شده کمتر از یک بود، که عدم سودمندی این الگوهای کشت را در شرایط دیم نشان می‌دهد. واسیلاکوگلو و دهیما (۲۰۰۸) نتیجه گرفتند که در کشت مخلوط جو-شیدربرسیم، ضریب ازدحام نسبی کل کمتر از یک بود.

غالب بوده و بهتر می‌تواند از منابع محیطی استفاده کرده و عملکرد کل سیستم مخلوط را تحت تأثیر قرار دهد. واسیلاکولو و دهیما (۲۰۰۸) بیان کردند شبدر برسیم در بعضی از تراکم‌ها نسبت به جو گونه غالب بود.

جو+ ۵۰ درصد نخود با تراکم ۳۰۰ بوته مثبت بوده و این بیانگر غالب بودن آن در این الگوهای کشت می‌باشد، که با نتایج ضریب ازدحام نسبی و نسبت رقابت مطابقت دارد. ژانگ و همکاران (۲۰۱۱) در کشت مخلوط ذرت با یونجه مشاهده کردند که یونجه گیاه

جدول ۸- غالبیت و ضریب ازدحام نسبی در کشت مخلوط جو با نخود علوفه‌ای

غالبیت (A)		ضریب ازدحام نسبی (RCC)			تراکم نخود علوفه‌ای	سیستم کشت مخلوط
جو	نخود	کل	نخود	جو		
۱/۰۴	-۱/۰۴	۳/۰۶	۰/۹۹	۳/۱۰	۱۰۰	۲۵ درصد جو+ ۷۵ درصد نخود
۰/۴۹	-۰/۴۹	۲/۸۴	۰/۹۹	۲/۸۷	۱۰۰	۵۰ درصد جو+ ۵۰ درصد نخود
۰/۲۵	-۰/۲۵	۴/۶۹	۱/۰۰	۴/۶۹	۱۰۰	۷۵ درصد جو+ ۲۵ درصد نخود
۰/۶۸	-۰/۶۸	۲/۱۶	۱/۰۰	۲/۱۶	۱۵۰	۲۵ درصد جو+ ۷۵ درصد نخود
۰/۳۳	-۰/۳۳	۱/۹۵	۰/۹۹	۱/۹۷	۱۵۰	۵۰ درصد جو+ ۵۰ درصد نخود
۰/۱۱	-۰/۱۱	۱/۶۰	۰/۹۹	۱/۶۲	۱۵۰	۷۵ درصد جو+ ۲۵ درصد نخود
۰/۴۷	-۰/۴۷	۱/۷۳	۱/۰۰	۱/۷۳	۲۰۰	۲۵ درصد جو+ ۷۵ درصد نخود
۰/۱۲	-۰/۱۲	۱/۲۷	۰/۹۹	۱/۲۸	۲۰۰	۵۰ درصد جو+ ۵۰ درصد نخود
-۰/۰۰۶	۰/۰۰۶	۰/۹۶	۰/۹۹	۰/۹۷	۲۰۰	۷۵ درصد جو+ ۲۵ درصد نخود
۰/۳۸	-۰/۳۸	۱/۵۴	۰/۹۸	۱/۵۷	۲۵۰	۲۵ درصد جو+ ۷۵ درصد نخود
۰/۱۳	-۰/۱۳	۰/۶۳	۰/۴۹	۱/۲۸	۲۵۰	۵۰ درصد جو+ ۵۰ درصد نخود
-۰/۰۶۸	۰/۰۶۸	۰/۷۶	۰/۹۹	۰/۷۷	۲۵۰	۷۵ درصد جو+ ۲۵ درصد نخود
۰/۴۸	-۰/۴۸	۱/۷۶	۱/۰۰	۱/۷۶	۳۰۰	۲۵ درصد جو+ ۷۵ درصد نخود
-۰/۰۷	۰/۰۷	۰/۸۶	۰/۹۹	۰/۸۷	۳۰۰	۵۰ درصد جو+ ۵۰ درصد نخود
-۰/۱۵	۰/۱۵	۰/۵۹	۱/۰۰	۰/۵۹	۳۰۰	۷۵ درصد جو+ ۲۵ درصد نخود

### شاخص‌های اقتصادی

براساس جدول ۹ مقادیر شاخص سودمندی اقتصادی در همه الگوها به استثنای تیمارهای ۷۵ درصد جو+ ۲۵ درصد نخود علوفه‌ای در تراکم‌های ۲۰۰، ۲۵۰ و ۳۰۰ بوته در متر مربع و تیمار ۵۰ درصد جو+ ۵۰ درصد نخود علوفه‌ای با تراکم ۳۰۰ بوته در متر مربع مثبت بود که با نتایج LER مطابقت داشت. مثبت بودن این شاخص گویای سودمندی و مزیت اقتصادی کشت مخلوط نخود علوفه‌ای با جو و استفاده بهتر از منابع در دسترس توسط این دو گیاه در مقایسه با کشت خالص دو گیاه می‌باشد. در بین الگوهای

مختلف کشت مخلوط، بیشترین میزان سودمندی اقتصادی (MAI) به ترتیب در تیمارهای ۵۰ درصد جو+ ۵۰ درصد نخود (۴۹/۸۷) در تراکم ۱۰۰ بوته در مربع نخود مشاهده شد. قوش (قش ۲۰۰۴) و لایتورگایدیس و همکاران (۲۰۱۱) گزارش کردند که بالا بودن مقادیر نسبت برابری زمین و ضریب تراکم نسبی در تیمارهای کشت مخلوط سبب افزایش مقادیر شاخص MAI می‌شود. میزان شاخص IA در همه الگوها مثبت بود که بیانگر سودمندی کشت مخلوط این دو گیاه در شرایط دیم است. مشاهده می‌شود در همه تراکم‌های کشت

نخود علوفه‌ای، بیشترین میزان شاخص سودمندی کشت مخلوط به نسبت ۷۵ درصد جو + ۲۵ درصد نخود تعلق داشت و از این بین بالاترین شاخص IA به تیمار ۷۵ درصد جو + ۲۵ درصد نخود علوفه‌ای با تراکم ۱۰۰ بوته در متر مربع و بعد از آن به تیمار ۷۵ درصد جو + ۲۵ درصد نخود علوفه‌ای با تراکم ۱۵۰ بوته مربوط بود.

شاخص بهره‌وری سیستم (SPI) از دیگر شاخص‌های ارزیابی اقتصادی کشت مخلوط می‌باشد که داده

های آن با استاندارد کردن محصول زراعت ثانوی بر مبنای محصول زراعت اصلی به دست می‌آید (آگنهو و همکاران ۲۰۰۶). طبق جدول ۶ شاخص بهره‌وری سیستم در تمامی الگوهای کشت مخلوط مثبت می‌باشد که این نشان دهنده سودمندی کشت مخلوط می‌باشد و بیشترین میزان شاخص بهره‌وری سیستم به تیمار ۷۵ درصد جو + ۲۵ درصد نخود علوفه‌ای و بعد از آن به تیمار ۵۰ درصد جو + ۵۰ درصد نخود علوفه‌ای با تراکم ۱۰۰ بوته در متر مربع مربوط بود.

جدول ۹- شاخص سودمندی مخلوط، سودمندی اقتصادی و بهره‌وری سیستم در کشت مخلوط جو با نخود علوفه‌ای

شاخص بهره‌وری سیستم	شاخص سودمندی اقتصادی	سودمندی کشت مخلوط			تراکم نخود علوفه‌ای	سیستم کشت مخلوط
		کل	نخود	جو		
۱۴۶۷/۹	۴۳/۸۷	۹۶/۱۷	-۰/۰۲	۹۶/۱۹	۱۰۰	۲۵ درصد جو + ۷۵ درصد نخود
۱۹۳۱/۲	۵۲/۹۶	۱۸۲/۳۹	-۰/۵۵	۱۸۲/۹	۱۰۰	۵۰ درصد جو + ۵۰ درصد نخود
۲۲۹۸/۲	۴۹/۸۷	۲۵۴/۳۳	-۰/۰۰۲	۲۵۴/۳	۱۰۰	۷۵ درصد جو + ۲۵ درصد نخود
۱۰۷۰/۱	۲۸/۲۳	۶۲/۹۰	۰/۰۰۰۶	۶۲/۹۰	۱۵۰	۲۵ درصد جو + ۷۵ درصد نخود
۱۴۵۲/۸	۳۶/۰۱	۱۵۳/۹۲	-۰/۰۵۷	۱۵۳/۹۷	۱۵۰	۵۰ درصد جو + ۵۰ درصد نخود
۱۶۸۳/۱	۲۱/۳۹	۲۱۵/۵۳	-۰/۰۰۵۶	۲۱۵/۵۳	۱۵۰	۷۵ درصد جو + ۲۵ درصد نخود
۸۸۰/۸	۱۹/۴۴	۴۳/۳۶	۰/۰۰۱۶	۴۳/۳۵	۲۰۰	۲۵ درصد جو + ۷۵ درصد نخود
۱۱۲۱/۹	۱۳/۳۴	۱۱۶/۱۱	۰/۰۰۴۹	۱۱۶/۱۱	۲۰۰	۵۰ درصد جو + ۵۰ درصد نخود
۱۳۴۱/۹	-۱/۳۰	۱۸۴/۱۸	-۰/۰۲۴۴	۱۸۴/۲۱	۲۰۰	۷۵ درصد جو + ۲۵ درصد نخود
۷۷۴/۱	۱۶/۰۴	۳۴/۸۲	-۰/۰۳۵۰	۳۴/۸۶	۲۵۰	۲۵ درصد جو + ۷۵ درصد نخود
۱۰۱۰/۱	۱۳/۷۷	۱۱۶/۲۴	-۰/۰۱۰۱	۱۱۶/۲۵	۲۵۰	۵۰ درصد جو + ۵۰ درصد نخود
۱۱۲۵/۲	-۱۳/۷۰	۱۶۶/۹۴	-۰/۰۱۰۱	۱۶۶/۹۵	۲۵۰	۷۵ درصد جو + ۲۵ درصد نخود
۷۵۲/۸	۲۱/۹۸	۴۴/۵۷	۰/۰۰۹۰	۴۴/۵۶	۳۰۰	۲۵ درصد جو + ۷۵ درصد نخود
۷۹۲/۳	-۷/۲۹	۸۰/۴۶	-۰/۰۰۹۰	۸۰/۴۷	۳۰۰	۵۰ درصد جو + ۵۰ درصد نخود
۹۳۳/۸	-۲۹/۳۹	۱۴۵/۰۵	۰/۰۰۹۰	۱۴۵/۰۵	۳۰۰	۷۵ درصد جو + ۲۵ درصد نخود

### نتیجه‌گیری کلی

نتایج این پژوهش نشان داد که عملکرد علوفه خشک نخود علوفه‌ای و جو تحت تأثیر معنی‌دار الگوهای کاشت قرار گرفتند. بیشترین عملکرد علوفه خشک جو در کشت خالص جو بدست آمد که تفاوت معنی داری با تیمار ۷۵ درصد جو + ۲۵ درصد نخود علوفه‌ای با تراکم

۱۰۰ بوته در متر مربع نداشت. همچنین بیشترین و کمترین عملکرد علوفه خشک نخود علوفه‌ای در کشت خالص نخود با تراکم ۳۰۰ بوته در متر مربع و تیمار ۷۵ درصد جو + ۲۵ درصد نخود علوفه‌ای با تراکم ۱۰۰ بوته در متر مربع بدست آمد. بررسی شاخص‌های رقابتی نشان داد که در اکثر الگوهای کشت نسبت

مربع در شرایط دیم سودمندی بیشتری نسبت به سایر تراکم‌های کشت داشت. بنابراین کشت مخلوط جو با نخود علوفه‌ای در تراکم‌های پایین آن با تولید عملکرد مناسب می‌تواند جایگزین مناسبی برای آیش در شرایط دیم مراغه باشد.

رقابت نخود علوفه‌ای کمتر از یک بوده است. این بدان معنی است که نخود علوفه‌ای می‌تواند با جو به صورت مخلوط کشت شود. علاوه بر این، با توجه به شاخص‌های اقتصادی می‌توان بیان کرد که کشت مخلوط جو با نخود علوفه‌ای در تراکم ۱۰۰ بوته در متر

#### منابع مورد استفاده

- Agegnehu G, Ghizaw A and Sinebo W, 2006. Yield performance and land-use efficiency of barley and faba bean mixed cropping in Ethiopian highlands. *European Journal of Agronomy*, 25: 202–207.
- Allahdadi M, Shakiba MR, Dabbagh Mohammadi Nasab A and Amini R. 2013. Evaluation of yield and advantages of soybean (*Glycine max* (L.) Merrill.) and calendula (*Calendula officinalis* L.) intercropping systems. *Journal of Sustainable Agriculture and Production Science*, 23(3): 47-58. (In Persian).
- Amani Machiani M., Javanmard A., Morshedloo MR and Maggi F. 2018. Evaluation of yield, essential oil content and compositions of peppermint (*Mentha piperita* L.) intercropped with faba bean (*Vicia faba* L.). *Journal of Cleaner Production*, 171: 529-537.
- Banik P, Midya A, Sarkar BK and Ghose SS, 2006. Wheat and chickpea intercropping systems in an additive series experiment: Advantages and weed smothering. *European Journal of Agronomy*, 24: 325-332.
- Cao S, Luo H, Jin M, Jin S, Duan X, Zhou Y, Chen W, Liu T, Jia Q, Zhang B, Huang J, Wang X, Shang X and Sun Z, 2015. Intercropping influenced the occurrence of stripe rust and powdery mildew in wheat. *Crop Protection*, 70: 40-46.
- Chapagain T and Riseman A, 2014. Barley-pea intercropping: Effects on land productivity, carbon and nitrogen transformations. *Field Crops Research*, 166: 18-25.
- Chen C, Westcott M, Neill K, Wickman D and Knox M, 2004. Row configuration and nitrogen application for barley- pea intercropping in Montana. *Agronomy Journal*, 96: 1730-1738.
- Contreras-Govea FE, Muck RE, Armstrong KL and Abrecht KA, 2009. Nutritive value of corn silage in mixture with climbing beans. *Animal Feed Science and Technology*, 150: 1-8.
- Dabbagh Mohammadi Nasab A, Amon T and Kaul HP, 2011. Competition and yield in intercrops maize and sunflower for biogas. *Industrial Crops and Products*, 34: 1203-1211.
- Dhima KV, Lithourgidis AS, Vasilakoglou IB and Dordas CA, 2007. Competition indices of common vetch and cereal intercrops in two seeding ratio. *Field Crops Research*, 100: 249–256.
- Ghanbari-Bonjar A and Lee H, 2002. Intercropped field beans (*Vicia faba*) and wheat (*Triticum aestivum*) for whole crop forage: Effect of nitrogen on forage yield and quality. *Agricultural Science*, 38: 311-315.
- Ghosh PK, 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.
- Hamzei J and Babaei M. 2017. Study of quality and quantity of yield and land equivalent ratio of sunflower in intercropping series with bean. *Journal of Agroecology*, 8(4): 490-504. (In Persian).
- Hauggaard-Nielsen H, Gooding M, Ambus P, Corre-Hellou G, Crozat Y, Dahlmann C, Dibet A, von Fragstein P, Pristeri A, Monti M and Jensen ES, 2009. Pea–barley intercropping for efficient symbiotic N<sub>2</sub>-fixation, soil N acquisition and use of other nutrients in European organic cropping systems. *Field Crops Research*, 113: 64–71.

- Ibrahim M, Ayub M, Maqbool MM, Nadeem SM, Haq T, Hussain S, Ali A and Lauriault LM, 2014. Forage yield components of irrigated maize-legume mixtures at varied seed ratios. *Field Crops Research*, 169: 140-144.
- Jahanzad E, Sadeghpour A, Hashemi M and Zandvakili O, 2011. Intercropping Millet with Soybean for forage yield and quality. American Society of America, Northeastern Branch Chesapeake, MD, Abstract.
- Jensen ES, 1996. Grain yield, symbiotic N<sub>2</sub> fixation and interspecific competition for inorganic N in pea-barley intercrops. *Plant and Soil*, 182: 25-38.
- Kassam A and Brammer H, 2013. Combining sustainable agricultural production with economic and environmental benefits. *Geographical Journal*, 179: 11-18.
- Lameie-Harvani J. 2013. Assessment of dry forage and crude protein yields, competition and advantage indices in mixed cropping of annual forage legume crops with barley in rain fed conditions of Zanzan province in Iran. *Seed and Plant Production Journal*, 2(29): 169-183. (In Persian).
- Lithourgidis AS, Vlachostergios DN, Dordas CA and Damalas CA, 2011. Dry matter yield, nitrogen content, and competition in pea-cereal intercropping systems. *European Journal of Agronomy*, 34: 287-294.
- Mabudi Bilesuar H and Zehtab Salmasi S. 2017. Evaluation of yield and advantages of corn (*Zea mays* L.) and sweet basil (*Ocimum basilicum* L.) intercropping. *Journal of Sustainable Agriculture and Production Science*. 27(1): 1-11.
- Morales REJ, Escalante EJA, Sosa CL and Volke HVH, 2009. Biomass, yield and land equivalent ratio of *Helianthus annuus* L. in sole crop and intercropped with *Phaseolus vulgaris* L. in high valleys of Mexico. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 10(3): 431-439.
- Nakhzari Moghadam A. 2013. Evaluation of forage yield and quality from intercropping barley and mustard in different planting dates. *Electronic Journal of Crop Production*. 5(4): 173-189. (In Persian).
- Nassiri Mahallati M, Koocheki A, Mondani F, Feizi H and Amirmoradi S, 2015. Determination of optimal strip width in strip intercropping of maize (*Zea mays* L.) and bean (*Phaseolus vulgaris* L.) in Northeast Iran. *Journal of Cleaner Production*, 106: 343-350.
- Rezaei-Chiyaneh E and Gholinezhad E. 2015. Study of agronomic characteristics and advantage indices in intercropping of additive series of chickpea (*Cicer arietinum* L.) and black cumin (*Nigella sativa* L.). *Journal of Agroecology*, 7(3): 381-396. (In Persian).
- Ross SM, King JR, Donovan JTO and Spaner D, 2004. Intercropping berseem clover with barley and oat cultivars for forage. *Agronomy Journal*, 96: 1719-1729.
- Sadeghpour A, Jahanzad E, Esmaili A, Hosseini MB and Hashemi M, 2013. Forage yield, quality and economic benefit of intercropped barley and annual medic in semi-arid conditions: Additive series. *Field Crops Research*, 148: 43-48.
- Shakour Zadeh A, Alizadeh K, Pour Yousef M and Ghaffari AA. 2012. Study of density and mixed ratios on forage qualitative and quantitative yield in intercropping of barley and vetch under dryland conditions. *Iranian Journal of Dry Land Farming*, 1: 63-74. (In Persian).
- Singh M, Singh UB, Ram M, Yadav A and Chanotiya CS, 2013. Biomass yield, essential oil yield and quality of geranium (*Pelargonium graveolens* L.) as influenced by intercropping with garlic (*Allium sativum* L.) under subtropical and temperate climate of India. *Industrial Crops and Products*, 46: 234-237.
- Stolts E and Nadeau E, 2014. Effect of intercropping on yield, weed incidence, forage quality, soil residual N in organically grown forage maize and faba bean. *Field Crops Research*, 169: 21-29.
- Strydhorst SM, King JR, Lopetinsky KJ and Harker KN, 2008. Forage potential of intercropping barley with faba bean, lupin, or field pea. *Agronomy Journal*, 100: 182-190.



- Tosti G, Benincasa P and Giuiducci M, 2010. Competition and Facilitation in Hairy vetch- Barley intercrops. Italian Journal of Agronomy Rivista di Agronomia, 3: 239-247.
- Vasilakoglou I and Dhima K, 2008. Forage yield and competition indices of berseem clover intercropped with barley. Agronomy Journal, 100: 1749–1756.
- Willey RW, 1979. Intercropping- its importance and research needs. Part 1. Competition and yield advantages. Field Crops Abstracts, 32: 1-13.
- Willey RW and Rao MR, 1980. A competitive ratio for quantifying competition between intercrops. Experimental Agriculture, 16:117–125.
- Willey RW, 1990. Resource use in intercropping system. Agricultural Water Management, 17: 215-321.
- Xu BC, Li FM and Shan L, 2008. Switch grass and milk vetch intercropping under 2:1 row replacement in semiarid region, northwest China: Aboveground biomass and water use efficiency. European Journal of Agronomy, 228: 485-492.
- Yaseen M, Singh M and Ram D, 2014. Growth, yield and economics of vetiver (*Vetiveria zizanioides* L. Nash) under intercropping system. Industrial Crops and Products, 61: 417-421.
- Yilmaz S, Ozel A, Atak M and Eraymanm M, 2015. Effects of seeding rates on competition indices of barley and vetch intercropping systems in the eastern Mediterranean. Turkish Journal of Agriculture and Forestry, 39: 135-143.
- Zhang G, Yang Z and Dong S, 2011. Interspecific competitiveness affects the total biomass yield in an alfalfa and corn intercropping system. Field Crops Research, 124: 66-73.