ارزیابی الگوهای مختلف کشت مخلوط جو (*Hordeum vulgare* L.) و باقلا (*Vicia faba* L.) از طریق شاخص‌های رقابتی و اقتصادی

مهرو مجتبایی زمانی[1*] و شیلا نوروزی[2]

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۱۱/۸ ؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۲/۱۶)

چکیده

به‌منظور ارزیابی کشت مخلوط جو با باقلا و انتخاب مناسب‌ترین آرایش کاشت در شرایط آب‌وهوایی رامهرمز، این پژوهش در سال زراعی ۹۵ – ۱۳۹۴ به‌صورت طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ۸ تیمار و سه تکرار در مزرعه اجرا گردید. تیمارهای آزمایشی شامل کشت خالص جو با فواصل بین ردیف ۲۰ سانتی‌متر، کشت خالص باقلا با فواصل بین ردیف ۴۰ سانتی‌متر، ۵۰٪ جو + ۵۰٪ باقلا، ۷۵٪ جو + ۲۵٪ باقلا، ۲۵٪ جو + ۷۵٪ باقلا با فواصل بین ردیف ۳۰ سانتی‌متر و ۵۰٪ جو + ۵۰٪ باقلا، ۷۵٪ جو + ۲۵٪ باقلا، ۲۵٪ جو + ۷۵٪ باقلا با فواصل بین ردیف ۲۰ سانتی‌متر بود. در تمامی الگوهای کشت مخلوط، مقادیر ضریب ازدحام نسبی و نسبت رقابتی جو بیشتر از باقلا بود و ضریب غالبیت در گیاه جو مثبت و در باقلا منفی بود. مجموع عملکرد دو گیاه جو و باقلا، مقدار نسبت برابری زمین و مقادیر ضرایب ازدحام نسبی در فواصل ردیف کاشت ۳۰ سانتی‌متر بیشتر از ۲۰ سانتی‌متر بود و برتری این آرایش کاشت در مخلوط جو و باقلا را نسبت به فواصل ردیف ۲۰ سانتی‌متر نشان داد. حداکثر نسبت برابری زمین از مخلوط ۲۵٪ جو+ ۷۵٪ باقلا با فواصل ردیف کاشت ۳۰ سانتی‌متر (۱/۱۱) به‌دست آمد. در الگوی مذکور، مقدار شاخص افت واقعی عملکرد مثبت و مقادیر سودمندی کشت مخلوط و شاخص مزیت مالی نیز از سایر الگوها بزرگ‌تر بود که برتری این الگوی کشت و سودمندی این مخلوط نسبت به کشت خالص را نشان داد.

واژه‌های کلیدی: افت واقعی عملکرد، شاخص مزیت مالی، کشاورزی پایدار، نسبت برابری زمین

۱ و ۲. به‌ترتیب استادیار و دانشجوی سابق کارشناسی ارشد اگرواکولوژی، گروه کشاورزی، واحد رامهرمز، دانشگاه آزاد اسلامی، رامهرمز
*. مسئول مکاتبات، پست الکترونیکی: mahroo.mojtabaei@gmail.com

مقدمه

شیوه‌های کشاورزی رایج، تولید آینده را به قیمت افزایش تولید فعلی به خطر انداخته و با فشار بر منابع طبیعی، پایداری سیستم‌های کشاورزی را تهدید می‌کنند (۲۱). یکی از روش‌های مدیریت صحیح تولید محصولات زراعی که منجر به بهبود کارآیی مصرف منابع می‌شود، کشت مخلوط است (۲۳). در رابطه با انتخاب گیاهان در کشت مخلوط، بر تمرکز تحقیقات در زمینه کشت مخلوط غلات و لگوم به‌دلیل افزایش بهره‌وری منابع غذایی و آبی و نیاز کمتر به نهاده‌های خارجی (۲، ۱۳ و ۲۲)، شیوع کمتر آفات و بیماری‌ها (۳) و کنترل علف‌های هرز (۱ و ۱۲) توصیه شده است. در این نوع سیستم علاوه بر تأثیر لگوم در حفظ سلامتی خاک، بخشی از نیتروژن تثبیت شده در گره ریشه‌های لگوم می‌تواند در دسترس گیاه غیر لگوم قرار گیرد (۶). زیائو و همکاران (۲۶) با استفاده از ایزوتوپ N15 مقدار نیتروژن منتقل شده از باقلا به گندم در کشت مخلوط را معادل ۱۵ درصد از کل نیتروژن جذب شده توسط گندم گزارش کردند. هوآگارد نیلسن و همکاران (۱۴) اظهار داشتند که در کشت مخلوط جو و نخود از تلفات بی‌حاصل نیتروژن کاسته می‌شود و ضمن افزایش تثبیت نیتروژن اتمسفری، مصرف نیتروژن معدنی از اعماق خاک کاراتر از تک‌کشتی گیاه نخود فرنگی می‌شود. اسکندری و قنبری (۸) در بررسی کشت مخلوط ذرت و لوبیا چشم بلبلی گزارش کردند که جذب عناصر غذایی در همه تیمارهای کشت مخلوط بیشتر از کشت خالص است و مجموع عملکرد نسبی در تمامی تیمارهای کشت مخلوط بزرگ‌تر از یک به‌دست آمد. بهبود کمی و کیفی محصول و دستیابی به ثبات عملکرد در مخلوط جو و باقلا (۲ و ۹)، جو و نخود فرنگی (۱۳)، جو و نخود (۱۱ و ۱۲) و ذرت و باقلا (۱۷ و ۲۳) نیز گزارش شده است. در مطالعات مختلف به‌منظور ارزیابی سودمندی کشت مخلوط از شاخص‌هایی نظیر نسبت برابری زمین (Land Equivalent Ratio)، ضریب ازدحام نسبی (Relative Crowding Coefficient)، نسبت رقابتی (Competitive Ratio)، غالبیت (Aggressivity) و افت واقعی عملکرد (Actual Yield Loss or Gain)، استفاده شده است (۵، ۷، ۹ و ۱۰). هریک از این شاخص‌ها در ارزیابی کشت مخلوط اطلاعات ویژه‌ای را بازگو می‌کنند. نسبت برابری زمین بیانگر کارایی کشت مخلوط در استفاده از منابع در مقایسه با تک‌کشتی است. ولی، این نسبت میزان افت یا بهبود عملکرد هریک از گونه‌ها در مخلوط را مشخص نمی‌کند. بانیک و همکاران (۶) با معرفی شاخص افت واقعی عملکرد (AYL) اظهار داشتند که با استفاده از این شاخص افت یا بهبود عملکرد هرگونه در وضعیت کشت مخلوط نسبت به عملکردش در وضعیت کشت خالص مشخص شده و نسبت به سایر شاخص‌ها اطلاعات دقیق‌تری در مورد رقابت بین و درون گونه‌ای می‌دهد. ضریب ازدحام نسبی، نسبت رقابتی و غالبیت نیز اگرچه میزان اضافه محصول در مخلوط را نشان نمی‌دهند، ولی با اشاره به شدت رقابت بین دو گونه در تیمارهای مختلف مخلوط، قضاوت در مورد سودمندی مخلوط را تسهیل خواهد کرد (۱۱). ایلماز و همکاران (۲۷) با توجه به مقادیر ضریب غالبیت و نسبت رقابتی، اظهار داشتند که در مخلوط جو و ماشک، گیاه جو رقابتی‌تر عمل کرده و گیاه غالب شناخته می‌شود و به‌دلیل بالاتر بودن مقادیر نسبت برابری زمین و شاخص افت واقعی عملکرد در نسبت ۸۰٪ ماشک + ۲۰٪ جو در مقایسه با سایر نسبت‌ها، این نسبت را مخلوط مناسبی برای دست‌یابی به حداکثر عملکرد در واحد سطح دانستند. در بررسی کشت مخلوط گندم و باقلا توسط آگیگنهو و همکاران (۳) ، مخلوط ۱۰۰٪ گندم + ۳۷/۵٪ باقلا از بالاترین مقادیر ضریب ازدحام نسبی، نسبت برابری زمین و بیشترین عملکرد کل در مخلوط برخوردار بود و ایشان ترکیب مذکور را نسبت به کشت خالص هریک از گیاهان، سودمندترین ترکیب معرفی نمودند. در هرحال با توجه به این که هیچ کدام از شاخص‌های رقابتی ذکر شده اطلاعاتی در مورد سود اقتصادی حاصل از کشت مخلوط ارائه نمی‌دهند (۴)، استفاده از شاخص‌های اقتصادی نظیر سودمندی کشت مخلوط (Intercropping Advantage) و شاخص مزیت مالی

(Monetary Advantage Index) برای ارزیابی اقتصادی کشت مخلوط مفید خواهد بود (۶ و ۱۰). به گزارش لامعی هروانی (۱۶) در بررسی کشت مخلوط خلر با جو و تریتیکاله مقادیر شاخص‌های مزیت مالی و سودمندی کشت مخلوط در تمامی تیمارهای کشت مخلوط مثبت بود که گویای سودمندی اقتصادی کشت این گیاهان به‌صورت مخلوط در مقایسه با تک کشتی آنها است.

در استان خوزستان با توجه به مصرف دو منظوره گیاه جو در تغذیه انسان و دام و تحمل آن به تنش‌های گرما، خشکی، شوری و قلیائیت خاک، کشت جو از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. باقلا نیز به‌صورت دو منظوره در تغذیه انسان و دام مورد استفاده قرار می‌گیرد و به‌دلیل تأثیر آن بر افزایش حاصلخیزی خاک و تثبیت اتمسفری نیتروژن تقش تعیین کننده‌ای در بهبود شرایط زیستی و پایداری اکوسیستم‌های زراعی دارد (۹). با توجه به اهمیت کشت مخلوط در جهت تحقق اهداف کشاورزی پایدار، انتخاب بهترین ترکیب تیماری مخلوط جو و باقلا و انتخاب مناسب‌ترین آرایش کاشت در ترکیب تیماری مخلوط و بررسی آنها براساس شاخص‌های رقابتی و اقتصادی برای شرایط اقلیمی خاص هر منطقه ضروری به‌نظر می‌رسد.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در سال زراعی ۹۵ - ۱۳۹۴ در مزرعه‌ای واقع در منطقه جوبجی شهرستان رامهرمز واقع در استان خوزستان با عرض جغرافیایی ۳۱ درجه و ۱۶ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ۴۹ درجه و ۳۶ دقیقه شرقی و با ۱۵۰/۵ متر ارتفاع از سطح دریا اجرا شد. متوسط بارندگی سالیانه در این منطقه حدود ۲۹۷ میلی‌متر، متوسط دما ۲۶/۵ درجه سانتی‌گراد و متوسط حداکثر و حداقل دما به‌ترتیب ۳۲/۹ و ۱۹/۷ درجه سانتی‌گراد است. مشخصات خاک محل اجرای آزمایش در جدول ۱ ارائه شده است.

آزمایش در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ۸ تیمار و ۳ تکرار اجرا شد و برای پیاده‌سازی الگوهای مختلف کشت مخلوط از روش جایگزینی استفاده شد. هر کرت آزمایشی شامل ۸ ردیف به طول ۷ متر بود. تیمارهای آزمایش شامل ۷۵٪ جو + ۲۵٪ باقلا (سه ردیف جو، یک ردیف باقلا، سه ردیف جو، یک ردیف باقلا)، ۲۵٪ جو + ۷۵٪ باقلا (سه ردیف باقلا، یک ردیف جو، سه ردیف باقلا، یک ردیف جو) و ۵۰٪ جو + ۵۰٪ باقلا (یک ردیف درمیان جو و باقلا) با فواصل بین ردیف ۳۰ و ۲۰ سانتی‌متر، خالص جو با فواصل بین ردیف ۲۰ سانتی‌متر و خالص باقلا با فواصل بین ردیف ۴۰ سانتی‌متر بود. توزیع کود پایه برای هر گیاه با در نظر گرفتن الگوی کاشت در هر کرت و براساس توصیه کودی منتج از تجزیه خاک محل آزمایش به‌صورت نواری قبل از کاشت اعمال شد. برای گیاه باقلا ۲۵ کیلوگرم در هکتار اوره، ۱۰۰ کیلوگرم درهکتار سوپرفسفات تریپل و ۵۰ کیلوگرم در هکتار سولفات پتاسیم و برای گیاه جو ۷۵ کیلوگرم در هکتار اوره، ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار سوپرفسفات تریپل و ۴۰ کیلوگرم در هکتار سولفات پتاسیم مصرف شد. تاریخ کاشت نهم آذر ماه و تراکم در نظر گرفته شده برای جو (رقم کارون) ۲۵۰ بوته در مترمربع و برای باقلا (رقم شاخ‌بزی) ۲۵ بوته در مترمربع بود. در خطوط مربوط به کاشت باقلا در هر کپه دو بذر کاشته شد که پس از استقرار کامل بوته‌ها در مرحله ۴ برگی اقدام به تنک کردن باقلا شد. فواصل هر کپه روی هر ردیف به منظور حفظ تراکم در کاشت خالص باقلا، مخلوط با فواصل ردیف ۳۰ سانتی‌متر و مخلوط با فواصل ردیف ۲۰ سانتی‌متر به‌ترتیب ۱۰، ۱۳/۳ و ۲۰ سانتی‌متر در نظر گرفته شد. کود سرک نیتروژن به‌میزان ۲۵ کیلوگرم در هکتار در مرحله ۶ تا ۸ برگی باقلا مقارن با اواسط پنجه‌زنی جو براساس توصیه کودی منتج از تجزیه خاک محل آزمایش استفاده شد. آبیاری کرت‌ها به‌طور منظم و به‌نحوی انجام شد که گیاه با تنش کم آبی مواجه نشود. در طول فصل رشد نیز، علف‌های هرز چندین مرتبه به‌صورت دستی وجین شدند.

در پایان فصل رشد، عملکرد باقلا و جو با برداشت دو مترمربع از سطح هر کرت اندازه‌گیری شد. ارتفاع بوته جو و

جدول ۱. مشخصات خاک محل اجرای آزمایش

هدایت الکتریکی ($ds\ m^{-1}$)	pH	کربن آلی (٪)	نیتروژن (٪)	فسفر قابل جذب ($mg\ kg^{-1}$)	پتاسیم قابل جذب ($mg\ kg^{-1}$)	بافت
۶/۷	۷/۲۹	۰/۸۸	۰/۰۷۸	۶/۷	۲۰۶	سیلتی رسی

باقلا در ۹۵ روز پس از کاشت اندازه‌گیری شد. به‌منظور ارزیابی نسبت برابری زمین (LER) و LER جزئی باقلا و جو از رابطه ۱ استفاده گردید (۲۰). شاخص‌های رقابتی ضریب ازدحام نسبی (K)، غالبیت (A) جو و باقلا و نسبت رقابتی (CR) جو و باقلا با استفاده از روابط ۲ تا ۶ تعیین گردیدند (۶، ۱۹ و ۲۵) و برای محاسبه افت واقعی عملکرد (AYL) و AYL جزئی باقلا و جو از رابطه ۷ استفاده شد (۶).

(۱)

$$LER=(LER_{faba}+LER_{barley})=\left[\left(\frac{Y_{fb}}{Y_{ff}}\right)+\left(\frac{Y_{bf}}{Y_{bb}}\right)\right]$$

(۲)

$$K=(K_{faba}\times K_{barley})=\left(\left[\frac{Y_{fb}\times Z_{bf}}{(Y_{ff}-Y_{fb})Z_{fb}}\right]\times\left[\frac{Y_{bf}\times Z_{fb}}{(Y_{bb}-Y_{bf})Z_{bf}}\right]\right)$$

$$A_{barley}=\frac{Y_{bf}}{Y_{bb}\times Z_{bf}}-\frac{Y_{fb}}{Y_{ff}\times Z_{fb}} \quad (۳)$$

$$A_{faba}=\frac{Y_{fb}}{Y_{ff}\times Z_{fb}}-\frac{Y_{bf}}{Y_{bb}\times Z_{bf}} \quad (۴)$$

$$CR_{barley}=\frac{LER_{barley}}{LER_{faba}}\times\frac{Z_{fb}}{Z_{bf}} \quad (۵)$$

$$CR_{faba}=\frac{LER_{faba}}{LER_{barley}}\times\frac{Z_{bf}}{Z_{fb}} \quad (۶)$$

(۷)

$$AYL=(AYL_{faba}+AYL_{barley})=\left(\left[\left(\frac{Y_{fb}/Z_{fb}}{Y_{ff}/Z_{ff}}\right)-1\right]+\left[\left(\frac{Y_{bf}/Z_{bf}}{Y_{bb}/Z_{bb}}\right)-1\right]\right)$$

این روابط، Y_{fb} و Y_{bf} به‌ترتیب عملکرد باقلا و جو در کشت مخلوط، Y_{ff} و Y_{bb} به‌ترتیب عملکرد باقلا و جو در کشت خالص و Z_{fb} و Z_{bf} به‌ترتیب نسبت کاشت باقلا و جو در مخلوط هستند.

شاخص‌های اقتصادی مزیت مالی (MAI) و سودمندی کشت مخلوط (IA) نیز از روابط ۸ و ۹ محاسبه گردید (۶).

(۸)

$$MAI=\frac{\left[(Y_b\times P_b)+(Y_f\times P_f)\right]\times(LER-1)}{LER}$$

(۹)

$$IA=(IA_{barley}+IA_{faba})=\left[(AYL_{barley}\times P_{barley})+(AYL_{faba}\times P_{faba})\right]$$

در این روابط LER نسبت برابری زمین، Y_f و Y_b به‌ترتیب عملکرد باقلا و جو (کیلوگرم در هکتار) و P_f و P_b به‌ترتیب قیمت باقلا و جو (دلار به ازای هر کیلوگرم) می‌باشد. قیمت هر کیلوگرم جو ۱۰۰۲۸ ریال و قیمت هر کیلوگرم باقلای خشک ۳۰۰۰۰ ریال در نظر گرفته شد. سپس محاسبات براساس نرخ دلار دولتی ۳۰۰۰۰ ریال انجام شد.

پس از آزمون فرضیات تجزیه واریانس و اطمینان از نرمال بودن داده‌ها، تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SAS انجام شد. در صورت معنی‌دار بودن مقادیر F، تیمارها با آزمون LSD مورد مقایسه قرار گرفت.

نتایج و بحث

عملکرد و اجزای آن

براساس نتایج تجزیه واریانس، عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک جو در الگوهای مختلف کشت مخلوط جو و باقلا به‌طور معنی‌داری متفاوت بودند (جدول ۲). حداکثر عملکرد جو در کشت خالص جو با فواصل ردیف کاشت ۲۰ سانتی‌متر و مخلوط ۷۵٪ جو + ۲۵٪ باقلا با فواصل ردیف کاشت ۳۰ سانتی‌متر به‌دست آمد (جدول ۳). کمتر بودن عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک جو در الگوهای کشت ۲۵٪ جو + ۷۵٪ باقلا

جدول ۲. نتایج تجزیه واریانس الگوهای مختلف کشت مخلوط جو و باقلا برای عملکرد و اجزای عملکرد دانه و ارتفاع جو

منابع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات					
		عملکرد دانه	تعداد پنجه بارور در بوته	تعداد دانه در سنبله	وزن صد دانه	عملکرد بیولوژیک	ارتفاع بوته
بلوک	۲	۱۵۰۲۵۸/۳^{ns}	۰/۲۹^{ns}	۶۶/۹۰*	۰/۰۲^{ns}	۵۹۳۷۰۳۳/۳^{ns}	۹۱/۰۳*
تیمار	۶	۳۰۵۴۹۳۲/۹**	۱/۲۳**	۵۳/۶۵*	۰/۱۰*	۱۳۰۶۹۴۸۵/۷**	۴۸/۵۲*
خطا	۱۲	۱۹۴۲۸۰/۶	۰/۱۹	۱۴/۳۶	۰/۰۳	۱۶۰۸۰۱۶/۷	۱۵/۱۲
ضریب تغییرات (درصد)		۱۰/۹	۱۴/۵	۹/۱	۴/۱	۱۰/۴	۴/۳

* و **: به‌ترتیب معنی‌دار در سطوح احتمال پنج و یک درصد، ns: غیر معنی‌دار

جدول ۳. مقایسه الگوهای مختلف کشت مخلوط جو و باقلا برای میانگین عملکرد و اجزای عملکرد دانه و ارتفاع جو

تیمارها	عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار)	تعداد پنجه بارور در بوته	تعداد دانه در سنبله	وزن صد دانه (گرم)	عملکرد بیولوژیک (کیلوگرم در هکتار)	ارتفاع (سانتی‌متر)
۷۵٪ جو +۲۵٪ باقلا (۳۰)	۵۰۱۰/۰^{a}	۲/۲۰^{c}	۳۹/۴۳^{bc}	۳/۹۶^{b}	۱۳۹۴۳^{ab}	۸۶/۸۸^{b}
۲۵٪ جو + ۷۵٪ باقلا (۳۰)	۲۹۶۳/۳^{c}	۲/۹۶^{bc}	۴۳/۵۶^{ab}	۴/۴۰^{a}	۹۴۹۳^{c}	۹۰/۳۳^{ab}
۵۰٪ جو + ۵۰٪ باقلا (۳۰)	۴۱۸۳/۳^{b}	۲/۲۲^{c}	۴۱/۰۸^{bc}	۴/۳۸^{a}	۱۱۸۸۳^{b}	۹۲/۱۱^{ab}
۷۵٪ جو + ۲۵٪ باقلا (۲۰)	۳۸۴۱/۷^{b}	۳/۱۳^{ab}	۴۰/۱۷^{bc}	۴/۲۰^{ab}	۱۲۵۷۰^{b}	۸۸/۲۲^{b}
۲۵٪ جو + ۷۵٪ باقلا (۲۰)	۲۶۹۱/۷^{c}	۳/۷۶^{a}	۴۸/۴۲^{a}	۴/۳۹^{a}	۹۴۲۰^{c}	۸۵/۳۳^{b}
۵۰٪ جو + ۵۰٪ باقلا (۲۰)	۴۰۰۳/۳^{b}	۳/۷۶^{a}	۴۳/۸۵^{ab}	۴/۰۵^{b}	۱۲۹۲۷^{b}	۹۷/۲۲^{ab}
خالص جو (۲۰)	۵۵۰۰/۰^{a}	۳/۲۴^{ab}	۳۴/۹۰^{c}	۴/۱۳^{ab}	۱۴۹۰۰^{a}	۸۷/۴۴^{b}

(۳۰) و (۲۰) به‌ترتیب فواصل ردیف کاشت ۳۰ و ۲۰ سانتی‌متر است. در هر ستون میانگین‌های با حروف مشترک، براساس آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌داری ندارند.

با فواصل ردیف کاشت ۳۰ و ۲۰ به‌دلیل کاهش سهم جو در مخلوط و در نتیجه کاهش تعداد بوته جو در مخلوط است. در هر حال، نتایج نشان داد که کاهش عملکرد جو در مخلوط جو و باقلا به‌ویژه در فواصل ردیف کاشت ۳۰ سانتی‌متر، متناسب با کاهش سهم آن در مخلوط نیست. به‌طوری‌که با کاهش سهم جو از ۲۵ تا ۷۵ درصد در مخلوط نسبت به کشت خالص آن، عملکرد دانه جو از ۹ تا ۴۶ درصد در فواصل ردیف کاشت ۳۰ سانتی‌متر و از ۳۰ تا ۵۱ درصد در فواصل ردیف ۲۰ سانتی‌متر کاهش یافت (جدول ۳). به‌نظر می‌رسد که در این تحقیق، عدم تناسب بین کاهش سهم جو در مخلوط و کاهش عملکرد جو در مخلوط حاکی از تأثیر مثبت باقلا بر عملکرد هر بوته جو در مخلوط و افزایش عملکرد دانه هر بوته جو در شرایط مخلوط باشد. به‌نظر می‌رسد که تثبیت نیتروژن اتمسفری و آزادسازی اسیدهای ارگانیک توسط باقلا، دست‌یابی به عناصر غذایی در طول فصل رشد و مراحل بحرانی را برای گیاه همراه در مخلوط تسهیل می‌سازد (۱۷). بانیک و همکاران (۵) در بررسی مخلوط گندم- نخود، کاهش عملکرد استحصالی گندم از مخلوط نسبت به کشت خالص آن را به‌دلیل کاهش سهم گندم در کاشت

دانستند. ایشان اظهار داشتند که صرف‌نظر از نوع مخلوط و الگوی کاشت، کشت گندم در مخلوط نسبت به کشت خالص آن سودمند بود و هر بوته گندم در کشت مخلوط در مقایسه با کشت خالص از عملکرد بیشتری برخوردار بود که دلیل آن را به اثرات مکملی در مخلوط ناشی از استخراج کارآتر منابع در شرایط کشت مخلوط و تأثیر نخود بر میزان نیتروژن قابل دسترس برای گندم نسبت دادند. نتایج نشان داد که تأثیر مثبت باقلا بر عملکرد هر بوته جو از طریق تأثیر آن بر تعداد دانه در سنبله جو بوده است. به‌طوری‌که با افزایش سهم باقلا از ۲۵ تا ۷۵ درصد در مخلوط نسبت به کشت خالص جو، تعداد دانه در سنبله جو به‌طور متوسط در فواصل ردیف ۲۰ و ۳۰ سانتی‌متر از ۱۴ تا ۳۲ درصد افزایش یافت (جدول ۳). به‌نظر می‌رسد که به‌کارگیری یک ترکیب مناسب در مخلوط جو با باقلا، به استفاده کاراتر از منابع محیطی از قبیل نور، آب و عناصر غذایی و کاهش رقابت درون گونه‌ای در جو منجر خواهد شد که در نتیجه آن گیاه جو از این شرایط سود خواهد برد. این نتایج با یافته‌های اسلامی و همکاران (۹) در رابطه با کشت مخلوط جو و باقلا مطابقت دارد. حمزه‌ئی و همکاران (۱۲) نیز تأثیر الگوهای مختلف کشت مخلوط افزایشی جو و نخود را بر تعداد دانه در سنبله معنی‌دار گزارش کردند.

عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک باقلا نیز تحت تأثیر الگوهای مختلف کشت مخلوط قرار گرفتند (جدول ۴) و بیشترین مقدار عملکرد باقلا به تیمار کشت خالص باقلا تعلق داشت. با کاهش سهم باقلا در مخلوط، عملکرد نیز کاهش یافت و الگوی کاشت ۷۵٪ جو + ۲۵٪ باقلا با فواصل ردیف کاشت ۲۰ و ۳۰ سانتی‌متر از کمترین مقدار عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک برخوردار بودند (جدول ۵). نتایج نشان داد که با کاهش سهم باقلا از ۲۵ تا ۷۵ درصد در مخلوط، عملکرد دانه باقلا نسبت به کشت خالص آن از ۴۳/۳ تا ۸۲/۳ درصد در فواصل ردیف کاشت ۳۰ سانتی‌متر و از ۴۸/۳ تا ۸۴/۶ درصد در فواصل ردیف ۲۰ سانتی‌متر کاهش یافت. این موضوع حاکی از کاهش شدیدتر عملکرد باقلا در مقایسه با کاهش سهم آن در مخلوط است و تأثیر منفی کشت مخلوط جو و باقلا بر گیاه باقلا و عدم سودبری گیاه باقلا در مخلوط را نشان می‌دهد. بانیک و همکاران (۵) عملکرد بالاتر در وضعیت تک‌کشتی نخود را ناشی از اختلالات رقابتی کمتر در محیط رشد گیاه دانستند. کاهش عملکرد باقلا در مخلوط با جو توسط هیدوتو و همکاران (۱۵) نیز گزارش شده است. ایشان ضعیف بودن باقلا در رقابت با جو را دلیل کاهش عملکرد دانه و بیوماس باقلا بیان کردند. نتایج نشان داد که بیشترین تعداد شاخه جانبی در هر بوته و تعداد دانه در غلاف به کشت خالص باقلا و الگوی کاشت ۲۵٪ جو + ۷۵٪ باقلا با فواصل ردیف ۳۰ سانتی‌متر و پس از آن ۲۵٪ جو + ۷۵٪ باقلا با فواصل ردیف ۲۰ سانتی‌متر اختصاص داشت (جدول ۵). حمزه‌ئی و همکاران (۱۲) در بررسی کشت مخلوط افزایشی نخود و جو تعداد شاخه فرعی نخود در شرایط کشت مخلوط را کمتر از کشت خالص گزارش کردند و دلیل آن را افزایش رقابت به‌علت حضور سایر گونه‌ها در وضعیت کشت مخلوط و کاهش منابع محیطی در دسترس گیاه زراعی دانستند. بیشترین تعداد غلاف در بوته به تیمار باقلای خالص و پس از آن به تیمار ۲۵٪ جو + ۷۵٪ باقلا با فاصله ردیف کاشت ۳۰ سانتی‌متر تعلق داشت. کمترین تعداد غلاف در بوته به تیمارهای ۵۰٪ جو + ۵۰٪ باقلا به‌ترتیب با فواصل ردیف کاشت ۳۰ و ۲۰ سانتی‌متر اختصاص داشت (جدول ۵). به‌نظر می‌رسد که در این الگوها به‌دلیل قرار گرفتن هر ردیف باقلا بین دو ردیف جو، باقلا برای دریافت نور و مقابله با سایه‌اندازی جو، انرژی بیشتری را صرف رشد رویشی از جمله افزایش ارتفاع بوته کرده (جدول ۵) و منابع آسیمیلاتی کمتری را جهت تشکیل و رشد غلاف‌ها اختصاص داده است و بنابراین تعداد غلاف در بوته در مقایسه با کشت خالص باقلا و سایر الگوها کاهش یافته است. پیش از این نتایج مشابهی توسط آگیگنهو و همکاران (۲)، در کشت مخلوط باقلا با جو گزارش شده است.

مجموع عملکرد دانه دو گیاه جو و باقلا در فواصل ردیف کاشت ۳۰ سانتی‌متر بیشتر از ۲۰ سانتی‌متر بود (جدول ۷) که

جدول ۴. نتایج تجزیه واریانس الگوهای مختلف کشت مخلوط جو و باقلا برای عملکرد و اجزای عملکرد دانه و ارتفاع باقلا

منابع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات						
		عملکرد دانه	تعداد شاخه جانبی در هر بوته	تعداد غلاف در بوته	تعداد دانه در غلاف	وزن صد دانه	عملکرد بیولوژیک	ارتفاع بوته
بلوک	۲	۲۱۳۹۰/۵^{ns}	۰/۰۴۹^{ns}	۱/۱۶۸^{ns}	۰/۰۴۳^{ns}	۳۵۷/۱۰^{ns}	۲۷۱۱۵۷/۱^{ns}	۶۶/۶۸*
تیمار	۶	۴۶۳۴۲۶۶/۸**	۰/۴۲۶*	۱/۵۳۵*	۰/۱۴۲*	۵۶/۵۴^{ns}	۱۲۴۴۹۳۰۴/۸**	۱۴۰/۲۳**
خطا	۱۲	۸۶۱۹۰/۵	۰/۱۰۷	۰/۴۶۷	۰/۰۳۵	۱۶۹/۹۹	۲۸۰۳۵۷/۱	۸/۵۱
ضریب تغییرات (درصد)		۱۶/۹	۱۲/۷	۲۰/۹	۵/۸	۹/۸	۱۵/۳	۳/۹

* و **: به‌ترتیب معنی‌دار در سطوح احتمال پنج و یک درصد، ns: غیر معنی‌دار

جدول ۵. مقایسه الگوهای مختلف کشت مخلوط جو و باقلا برای میانگین عملکرد و اجزای عملکرد دانه و ارتفاع باقلا

تیمارها	عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار)	تعداد شاخه جانبی در هر بوته	تعداد غلاف در بوته	تعداد دانه در غلاف	وزن صد دانه (گرم)	عملکرد بیولوژیک (کیلوگرم در هکتار)	ارتفاع بوته (سانتی‌متر)
٪۷۵ جو + ٪۲۵ باقلا (۳۰)	۷۳۰/۰^{c}	۲/۳۶^{bc}	۳/۲۰^{bc}	۳/۰۳^{c}	۱۲۹/۹۰	۱۴۸۰/۰^{e}	۷۷/۶۶ ^{b}
٪۲۵ جو + ٪۷۵ باقلا (۳۰)	۲۳۴۰/۰^{b}	۳/۰۰^{a}	۴/۰۷^{ab}	۳/۵۲^{a}	۱۳۴/۳۳	۴۶۳۰/۰^{b}	۷۰/۲۲ ^{c}
٪۵۰ جو + ٪۵۰ باقلا (۳۰)	۱۱۵۰/۰^{c}	۲/۴۰^{bc}	۲/۶۰^{c}	۳/۱۲^{bc}	۱۳۱/۹۶	۲۷۰۶/۷^{c}	۷۶/۶۶ ^{b}
٪۷۵ جو + ٪۲۵ باقلا (۲۰)	۶۳۳/۳^{c}	۲/۳۳^{bc}	۲/۹۳^{bc}	۳/۰۰^{c}	۱۳۲/۱۳	۱۵۵۰/۰^{de}	۷۷/۸۸ ^{b}
٪۲۵ جو + ٪۷۵ باقلا (۲۰)	۲۱۳۳/۳^{b}	۲/۸۰^{ab}	۳/۰۰^{bc}	۳/۴۰^{ab}	۱۳۱/۴۷	۴۲۸۶/۷^{b}	۷۶/۰۰ ^{b}
٪۵۰ جو + ٪۵۰ باقلا (۲۰)	۱۰۴۶/۷^{c}	۲/۰۷^{c}	۲/۶۷^{c}	۳/۱۲^{bc}	۱۳۰/۸۱	۲۴۸۶/۷^{cd}	۸۳/۶۷ ^{a}
خالص باقلا (۴۰)	۴۱۲۳/۳^{a}	۳/۰۵^{a}	۴/۴۷^{a}	۳/۴۷^{a}	۱۴۲/۶۷	۷۱۷۰/۰^{a}	۶۲/۲۲ ^{d}

(۴۰)، (۳۰) و (۲۰) به‌ترتیب فواصل ردیف کاشت ۴۰، ۳۰ و ۲۰ سانتی‌متر است. در هر ستون میانگین‌های با حروف مشترک، براساس آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌داری ندارند.

برتری این آرایش کاشت در مخلوط جو و باقلا را نسبت به فواصل ردیف ۲۰ سانتی‌متر نشان می‌دهد. این موضوع حاکی از آن است که با وجود تراکم مشابه، آرایش کاشت و درجه دوری و نزدیکی گیاهان نسبت به هم بر عملکرد تأثیرگذار است (۱۸). با نفوذ بیشتر نور به داخل سایه‌انداز گیاهی در مخلوط با فواصل ردیف کاشت ۳۰ نسبت به ۲۰ سانتی‌متر، شرایط رشدی برای گیاه جو و باقلا بهبود یافته و از شدت رقابت بین گونه‌ای برای کسب نور کاسته شده است. به‌طوری‌که در تیمارهای مشابه از نظر نسبت کشت هر گیاه در مخلوط، تعداد شاخه جانبی و تعداد غلاف در بوته باقلا در فواصل ردیف ۳۰ نسبت به فواصل ردیف ۲۰ سانتی‌متر بیشتر شده است (جدول ۵).

نسبت برابری زمین

الگوهای مختلف کشت مخلوط جو و باقلا از نظر نسبت برابری زمین تفاوت معنی‌داری داشتند (جدول ۶). به استثنای مخلوط ۵۰٪ جو + ۵۰٪ باقلا با فواصل ردیف کاشت ۲۰ سانتی‌متر، LER جزئی جو در سایر الگوهای کشت مخلوط بزرگ‌تر از ۰/۵ بود. درحالی‌که LER جزئی باقلا در اغلب الگوهای کشت به استثنای مخلوط ۲۵٪ جو+ ۷۵٪ باقلا با فواصل ردیف ۲۰ و ۳۰ سانتی‌متر، کوچک‌تر از ۰/۵ به‌دست آمد (جدول ۷). این موضوع حاکی از آن است که سیستم مخلوط برای جو سودمند و برای باقلا زیانبار بوده است. حداکثر LER کل از مخلوط ۲۵٪ جو+ ۷۵٪ باقلا با فواصل ردیف کاشت ۳۰ سانتی‌متر (۱/۱۱) به‌دست آمد و پس از آن LER کل در الگوی ۷۵٪ جو+ ۲۵٪ باقلا با فواصل ردیف کاشت ۳۰ سانتی‌متر (۱/۰۹) بالا بود. به‌طورکلی در این آزمایش، بیشترین عملکرد کل و بیشترین LER از الگوی کشت مخلوط با فواصل ردیف ۳۰ سانتی‌متر به‌دست آمد (جدول ۷). LER بیشتر از یک حاکی از سودمندی کشت مخلوط بوده و این موضوع را نشان می‌دهد که در آرایش کشت مذکور، تسهیل بین‌گونه‌ای بیش از رقابت بین‌گونه‌ای است (۱۰). میانگین مقادیر LER کل در نسبت‌های مختلف الگوی کشت مخلوط با فواصل ردیف ۳۰ سانتی‌متر از ۱/۰۴ تا ۱/۱۱ متغیر بود و حاکی از آن است که در کشت خالص هر گیاه به ۴ تا ۱۱ درصد زمین بیشتری در مقایسه با مخلوط نیاز است تا عملکردی معادل مخلوط حاصل شود. در نتایجی مشابه، اسلامی و همکاران (۹) با مقایسه نسبت برابری زمین در ترکیب‌های مختلف کشت مخلوط جو و باقلا گزارش کردند که ترکیب ۷۵٪ باقلا + ۲۵٪ جو در تراکم بالا (LER=۱/۱۶) و ترکیب ۲۵٪ باقلا + ۷۵٪ جو در تراکم مطلوب (LER = ۱/۱۷) با بیش از ۱۵ درصد افزایش کارایی استفاده از زمین موجب بهبود عملکرد مخلوط نسبت به تک‌کشتی شدند. بانیک و همکاران (۵) نیز در بررسی کشت مخلوط گندم و نخود بیشترین LER را مربوط به مخلوط گندم و نخود با فواصل ردیف ۳۰ سانتی‌متر گزارش کردند و دلیل برتری کشت مخلوط بر کشت خالص را بهره‌وری و استخراج کاراتر منابع در کشت مخلوط دانستند. ایشان تأثیر نخود بر میزان نیتروژن قابل دسترس برای گندم و سرکوب بهتر علف‌های هرز در شرایط مخلوط را از دلایل این برتری دانستند. در بررسی کشت مخلوط جو و باقلا توسط هیدوتو و همکاران (۱۵) نیز نسبت برابری زمین در تمامی الگوهای کاشت از ۱/۳۲ تا ۱/۵۶ متغیر بود که مزیت کشت مخلوط بر کشت خالص را تأیید کرد.

ضرایب ازدحام نسبی، غالبیت و نسبت رقابتی

حداکثر ضریب ازدحام نسبی مخلوط (K) به الگوی ۷۵٪ جو + ۲۵٪ باقلا اختصاص داشت (جدول ۸) و سهم جو در افزایش آن بسیار بیشتر از باقلا است. مقادیر K کل در هر سه الگوی کشت مخلوط با فواصل ردیف ۳۰ سانتی‌متر، بزرگ‌تر از یک به‌دست آمد که سودمندی کشت مخلوط با این آرایش کشت را براساس این شاخص نشان می‌دهد. این نتایج با نتایج حاصل از نسبت برابری زمین در این آزمایش نیز مطابقت داشت، به‌طوری‌که در هر سه الگوی کشت مخلوط با فواصل ردیف ۳۰ سانتی‌متر، نسبت برابری زمین نیز بزرگتر از یک به‌دست آمد (جدول ۷). مقادیر K کل در دو الگوی کشت ۲۵٪ جو + ۷۵٪

جدول ۶. نتایج تجزیه واریانس الگوهای مختلف کشت مخلوط جو و باقلا برای مجموع عملکرد دانه جو و باقلا، نسبت برابری زمین (LER) و شاخص افت واقعی عملکرد (AYL)

منابع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات		درجه آزادی	میانگین مربعات		درجه آزادی	میانگین مربعات		
		مجموع عملکرد دانه	LER کل		LER جو	LER باقلا		AYL جو	AYL باقلا	AYl کل
بلوک	۲	۱۰۶۲۵۹/۴^{ns}	۰/۰۲۷**	۲	۰/۰۱۴^{ns}	۰/۰۰۳^{ns}	۲	۰/۰۰۷^{ns}	۰/۰۰۵^{ns}	۰/۰۲۴*
تیمار	۷	۸۸۴۰۱۶/۱**	۰/۰۱۸**	۶	۰/۱۰۲**	۰/۲۷۳**	۵	۰/۱۰۳**	۰/۰۱۱^{ns}	۰/۱۶۶**
خطا	۱۴	۱۰۹۹۵۹/۴	۰/۰۰۴	۱۲	۰/۰۰۷	۰/۰۰۵	۱۰	۰/۰۰۷	۰/۰۰۶	۰/۰۰۵
ضریب تغییرات (درصد)		۶/۶	۵/۸		۱۱/۲	۱۶/۰		۶/۹	۹/۹	۶/۶

* و **: به‌ترتیب معنی‌دار در سطوح احتمال پنج و یک درصد، ns: غیر معنی‌دار

جدول ۷. مقایسه الگوهای مختلف کشت مخلوط جو و باقلا برای میانگین مجموع عملکرد دانه جو و باقلا، نسبت برابری زمین و شاخص افت واقعی عملکرد

تیمارها	مجموع عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار)	نسبت برابری زمین (LER)			شاخص افت واقعی عملکرد (AYL)		
		جو	باقلا	کل	جو	باقلا	کل
۷۵٪ جو + ۲۵٪ باقلا (۳۰)	۵۷۴۰/۰^{a}	۰/۹۱۳^{a}	۰/۱۷۹^{cd}	۱/۰۹۲^{ab}	+۰/۲۱۷^{bc}	−۰/۲۸۴	−۰/۰۶۷^{b}
۲۵٪ جو + ۷۵٪ باقلا (۳۰)	۵۳۰۳/۳^{abc}	۰/۵۴۰^{c}	۰/۵۶۸^{b}	۱/۱۰۸^{a}	+۱/۱۶۱^{a}	−۰/۲۴۳	+۰/۹۱۸^{a}
۵۰٪ جو + ۵۰٪ باقلا (۳۰)	۵۳۳۳/۳^{abc}	۰/۷۶۵^{b}	۰/۲۷۹^{c}	۱/۰۴۴^{abc}	+۰/۵۲۹^{b}	−۰/۴۴۲	۰/۰۸۷^{b}
۷۵٪ جو + ۲۵٪ باقلا (۲۰)	۴۴۷۵/۰^{de}	۰/۷۰۲^{b}	۰/۱۵۳^{d}	۰/۸۵۵^{d}	−۰/۰۶۴^{c}	−۰/۳۸۸	−۰/۴۵۲^{c}
۲۵٪ جو + ۷۵٪ باقلا (۲۰)	۴۸۲۵/۰^{cd}	۰/۷۲۹^{b}	۰/۵۲۳^{b}	۱/۰۱۰^{abc}	+۰/۹۴۷^{a}	−۰/۳۰۲	+۰/۶۴۵^{a}
۵۰٪ جو + ۵۰٪ باقلا (۲۰)	۵۰۵۰/۰^{bcd}	۰/۴۸۷^{c}	۰/۲۵۴^{cd}	۰/۹۸۳^{c}	+۰/۴۵۸^{b}	−۰/۴۹۲	−۰/۰۳۴^{b}
خالص جو (۲۰)	۵۵۰۰/۰^{ab}	۱^{a}	–	۱^{bc}	–	–	–
خالص باقلا (۴۰)	۴۱۲۳/۳^{e}	–	۱^{a}	۱^{bc}	–	–	–

(۴۰)، (۳۰) و (۲۰) به‌ترتیب فواصل ردیف کاشت۴۰، ۳۰ و ۲۰ سانتی‌متر است. در هر ستون میانگین‌های با حروف مشترک، براساس آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌داری ندارند.

جدول ۸ مقادیر ضریب ازدحام نسبی، غالبیت و نسبت رقابتی در الگوهای مختلف کشت مخلوط جو و باقلا

تیمارها	ضریب ازدحام نسبی (K)			ضریب غالبیت (A)		نسبت رقابتی (CR)	
	جو	باقلا	کل	جو	باقلا	جو	باقلا
۷۵٪ جو + ۲۵٪ باقلا (۳۰)	+۷/۶۳	+۰/۶۶	+۵/۰۴	+۰/۰۰۵۰	-۰/۰۰۵۰	+۱/۷۵	+۰/۵۸
۲۵٪ جو + ۷۵٪ باقلا (۳۰)	+۳/۵۸	+۰/۴۶	+۱/۶۵	+۰/۰۱۴۱	-۰/۰۱۴۱	+۲/۹۴	+۰/۳۶
۵۰٪ جو + ۵۰٪ باقلا (۳۰)	+۳/۸۸	+۰/۳۹	+۱/۵۱	+۰/۰۰۹۷	-۰/۰۰۹۷	+۲/۸۳	+۰/۳۸
۷۵٪ جو + ۲۵٪ باقلا (۲۰)	+۱/۱۶	+۰/۵۴	+۰/۶۳	+۰/۰۰۳۲	-۰/۰۰۳۲	+۱/۵۶	+۰/۶۸
۲۵٪ جو+ ۷۵٪ باقلا (۲۰)	+۲/۹۶	+۰/۴۰	+۱/۱۸	+۰/۰۱۲۵	-۰/۰۱۲۵	+۲/۹۵	+۰/۳۷
۵۰٪ جو + ۵۰٪ باقلا (۲۰)	+۲/۸۶	+۰/۳۴	+۰/۹۷	+۰/۰۰۹۵	-۰/۰۰۹۵	+۲/۹۶	+۰/۳۵

باقلا و ۵۰٪ جو + ۵۰٪ باقلا با فواصل ردیف ۲۰ سانتی‌متر تقریباً معادل یک و در الگوی ۷۵٪ جو + ۲۵٪ باقلا کمتر از یک بود. این موضوع حاکی از آن است که کشت مخلوط با الگوی ۷۵٪ جو + ۲۵٪ باقلا با فواصل ردیف ۲۰ سانتی‌متر زیانبار بوده و عملکرد استحصالی از آن کمتر از مقدار قابل انتظار است. در این آزمایش، مقادیر K جزئی جو در تمامی الگوهای کشت مخلوط بیشتر از K جزئی باقلا بود. از طرفی، مقادیر مثبت ضریب غالبیت در تمامی الگوهای کشت مخلوط جو و باقلا مربوط به گیاه جو بود (جدول ۸). ضریب غالبیت گونه با علامت مثبت بیانگر غالبیت آن گونه در ترکیب مخلوط است (۹). از این‌رو در این آزمایش گیاه جو با ضریب غالبیت مثبت و داشتن K بزرگ‌تر، از توانایی رقابت و ازدحام بیشتری برخوردار بود و به‌عنوان گونه غالب شناخته شد. به بیان دیگر جو در مقایسه با باقلا از توانایی رقابتی بالاتری برخوردار بود و در طی دوره رشد از منابع بیشتری بهره برده است. بالاتر بودن مقادیر نسبت رقابتی (CR) جو در مقایسه با باقلا در تمامی الگوهای کشت مخلوط جو و باقلا در این آزمایش (جدول ۸) نیز حاکی از آن است که جو در رقابت توانمندتر از باقلا عمل کرده است. به‌نظر می‌رسد که ارتفاع بیشتر گیاه جو (جدول ۳) و نیز تراکم بالای این گیاه در واحد سطح از دلایل موفقیت آن در رقابت با باقلا باشد. این نتایج با یافته‌های دهیما و همکاران (۷)، اسلامی و همکاران (۹)، حمزه‌ئی و سیدی (۱۱) و ایلماز و همکاران (۲۷) مبنی بر غالب بودن جو در مخلوط مطابقت دارد.

شاخص افت واقعی عملکرد

مقادیر شاخص افت واقعی عملکرد جو در الگوهای مختلف کشت مخلوط جو و باقلا به‌طور معنی‌داری متفاوت بود (جدول ۶). به استثنای مخلوط ۷۵٪ جو + ۲۵٪ باقلا با فواصل ردیف کاشت ۲۰ سانتی‌متر، در سایر الگوهای کشت مخلوط مقادیر AYL جو مثبت بود که بیانگر بهبود عملکرد جو براساس هر بوته در مخلوط به‌دلیل اثر مثبت باقلا بر جو می‌باشد. درحالی‌که در تمامی الگوهای کشت مخلوط AYL باقلا منفی به‌دست آمد که حاکی از افت عملکرد باقلا در هر بوته به‌دلیل کشت مخلوط با جو است (جدول ۷). همچنین بزرگ‌تر بودن AYL جو نسبت به باقلا در تمامی الگوهای کشت مخلوط، تأیید کننده غالب بودن جو در مخلوط است. همین نتایج در این آزمایش براساس مقادیر K، A و CR نیز به‌دست آمد (جدول ۸) که همگی گویای غالبیت جو در مخلوط جو و باقلا و توانایی بیشتر آن در استفاده از منابع موجود در مخلوط است.

به‌طور میانگین کشت مخلوط منجر به ۵۴ درصد بهبود در عملکرد هر بوته جو و ۳۶ درصد افت عملکرد هر بوته باقلا شد. افزایش تقریباً صد درصدی عملکرد هر بوته جو در مخلوط ۲۵٪ جو + ۷۵٪ باقلا در فواصل ردیف ۳۰ (AYLba =۱/۱۶) و ۲۰ (AYLba =۰/۹۵) سانتی‌متری

نسبت به کشت خالص آن تأیید کننده تأثیر مثبت باقلا بر جو در مخلوط است (جدول ۷). رضایی و همکاران (۲۴) اظهار داشتند که افزایش عملکرد ذرت در مخلوط با باقلا به‌دلیل آزادسازی اسیدهای ارگانیک و تثبیت نیتروژن در ریشه‌های باقلا است. این اسیدها فسفر غیر محلول خاک را به حالت محلول درآورده و همراه با نیتروژن در اختیار ذرت قرار می‌دهند. مقادیر AYL کل در الگوهای مختلف کشت مخلوط جو و باقلا نیز به‌طور معنی‌داری متفاوت بود. بیشترین AYL کل در مخلوط ۲۵٪ جو + ۷۵٪ باقلا با فواصل ردیف ۳۰ و ۲۰ سانتی‌متر به‌دست آمد و مثبت بودن این مقادیر حاکی از سودمندی این مخلوط‌ها نسبت به کشت خالص است. با وجودی که در این آزمایش، الگوی ۷۵٪ جو + ۲۵٪ باقلا با فواصل ردیف ۳۰ سانتی‌متر از بیشترین مجموع عملکرد و ضریب ازدحام نسبی برخوردار بود و نسبت برابری زمین نیز در این الگو بزرگ‌تر از یک بود، مقدار AYL در این الگو منفی شد. در واقع بهبود ۲۲ درصدی عملکرد جو (AYLba =۰/۲۲) در این الگو نتوانست افت ۲۸ درصدی عملکرد باقلا (AYLfa= -۰/۲۸) را جبران کند و از این‌رو مخلوط غیر سودمند شد (AYL = -۰/۰۶۷). روشن است که این اطلاعات توسط LER قابل دست‌یابی نیست و این موضوع مزیت AYL را بین شاخص‌های مورد مطالعه نشان می‌دهد (۶ و ۷). با توجه به مقادیر AYL در الگوهای ۷۵٪ جو + ۲۵٪ باقلا با فواصل ردیف ۳۰ سانتی‌متر و ۵۰٪ جو + ۵۰٪ باقلا با فواصل ردیف ۲۰ و ۳۰ سانتی‌متر، افت عملکرد باقلا در مخلوط با جو در حدی است که با وجود بهبود عملکرد جو در هریک از این الگوها، ترکیب‌های مخلوط از سودمندی کافی برخوردار نشدند. به‌نظر می‌رسد که با کاهش سهم باقلا در مخلوط، سودبری و بهبود عملکرد جو از باقلا نیز کاهش یافته‌است. به‌طوری‌که این بهبود عملکرد در جو در حدی نیست که بتواند افت عملکرد در باقلا را جبران کند. کمترین مقدار AYL کل در مخلوط ۷۵٪جو + ۲۵٪ باقلا با فواصل ردیف ۲۰سانتی‌متر به‌دست آمد (جدول ۷) و زیانبار بودن این الگو را نشان داد. مقادیر AYL جزئی هر دو گیاه جو و باقلا در این الگوی کشت منفی بود. ضریب ازدحام نسبی و نسبت برابری زمین نیز در این الگو کمتر از یک بود.

شاخص‌های اقتصادی

مقادیر سودمندی کشت مخلوط (IA) برای گیاه جو در همه الگوهای کشت مخلوط به استثنای الگوی ۷۵٪جو + ۲۵٪ باقلا با فواصل ردیف ۲۰ سانتی‌متر، مثبت بود (جدول ۹) که نشانگر سودمندی کشت مخلوط برای گیاه جو می‌باشد. منفی بودن تمامی مقادیر IA برای گیاه باقلا حاکی از عدم سودمندی کشت مخلوط برای گیاه باقلا می‌باشد. این نتایج با مقادیر AYL جزئی جو و باقلا و شاخص‌های رقابتی K، A و CR در این آزمایش مطابقت داشت. دهیما و همکاران (۷) در بررسی کشت مخلوط ماشک و جو اظهار نمودند که جو می‌تواند تثبیت نیتروژن در ماشک را متأثر سازد، زیرا به‌دلیل سایه‌اندازی جو و کاهش دریافت نور توسط ماشک، قدرت گره‌زایی، رشد و توان رقابتی در ماشک کاهش می‌یابد. از میان الگوهای کشت مخلوط مورد مطالعه، فقط دو الگوی ۲۵٪ جو + ۷۵٪ باقلا با فواصل ردیف کاشت ۳۰ و ۲۰ سانتی‌متر از مقادیر مثبت IA برخوردار بودند و در سایر الگوها به‌دلیل منفی بودن مقادیر IA، سودمندی اقتصادی حاصل نشد. بالاترین مزیت مالی نیز در این آزمایش به الگوی ۲۵٪ جو + ۷۵٪ باقلا با فواصل ردیف ۳۰ سانتی‌متر اختصاص داشت (جدول ۹). الگوی مذکور از بالاترین LER و AYL نیز برخوردار بود که برتری این الگوی کشت و سودمندی قطعی آن را نشان می‌دهد. در مطالعه دهیما و همکاران (۷) نیز ترکیب‌های مخلوطی که از بالاترین IA و MAI برخوردار بودند، بالاترین LER را نیز داشتند. این موضوع با نتایج گوش (۱۰) نیز مطابقت دارد. کمترین میزان IA و MAI به الگوی ۷۵٪ جو + ۲۵٪ باقلا با فواصل ردیف ۲۰ سانتی‌متر اختصاص داشت که با توجه به مقادیر AYL جزئی جو و باقلا در این الگو (جدول ۷)، احتمالاً رقابت شدید این دو گیاه در این تیمار دلیل دست‌یابی به این نتایج است.

جدول ۹. مقادیر سودمندی کشت مخلوط و شاخص سود مالی در الگوهای مختلف کشت مخلوط جو و باقلا

تیمارها	سودمندی کشت مخلوط(IA)			شاخص مزیت مالی (MAI)
	جو	باقلا	کل	
۷۵٪ جو + ۲۵٪ باقلا (۳۰)	+۰/۰۷۳	−۰/۲۸۴	−۰/۲۱۱	+۱۹۷/۵
۲۵٪ جو + ۷۵٪ باقلا (۳۰)	+۰/۳۸۸	−۰/۲۴۳	+۰/۱۴۵	+۳۲۷/۸
۵۰٪ جو + ۵۰٪ باقلا (۳۰)	+۰/۱۷۷	−۰/۴۴۲	−۰/۲۶۵	+۹۴/۱
۷۵٪ جو + ۲۵٪ باقلا (۲۰)	−۰/۰۲۱	−۰/۳۸۸	−۰/۴۰۹	−۳۴۸/۱
۲۵٪ جو+ ۷۵٪ باقلا (۲۰)	+۰/۳۱۶	−۰/۳۰۲	+۰/۰۱۴	+۲۴/۸
۵۰٪ جو + ۵۰٪ باقلا (۲۰)	+۰/۱۵۳	−۰/۴۹۲	−۰/۳۳۹	−۴۸/۹

نتیجه‌گیری

با توجه به مشابه بودن دوره رشد جو و باقلا، این دو گیاه با هم رشد کرده و در یک زمان و مکان مشابه از منابع استفاده کردند. در تمامی الگوهای کشت مخلوط، جو با داشتن مقادیر بالاتر ضریب ازدحام نسبی، نسبت رقابتی و غالبیت گونه غالب در مخلوط شناخته شد. مقادیر LER جزئی و AYL جزئی جو نیز در تمامی الگوهای کشت مخلوط بیشتر از باقلا بود که بیانگر بهبود عملکرد هر بوته جو در مخلوط با باقلا و تأثیر مثبت باقلا بر گیاه جو است. مقادیر شاخص افت واقعی عملکرد در الگوی مخلوط ۲۵٪ جو + ۷۵٪ باقلا با فواصل ردیف کاشت ۳۰ سانتی‌متر برای گیاه جو حاکی از افزایش صد درصدی عملکرد هر بوته جو در الگوی مذکور بود. مقادیر AYL کل، نسبت برابری زمین و ضریب ازدحام نسبی بزرگتر از یک نیز در این الگو، برتری و سودمندی آن در مقایسه با سایر الگوها را در منطقه رامهرمز نشان داد. در مجموع براساس نتایج به‌دست آمده، به‌نظر می‌رسد که چگونگی الگو و آرایش کاشت گیاهان در مخلوط بر موفقیت کشت مخلوط تأثیرگذار است و با استفاده از شاخص‌های رقابتی و اقتصادی می‌توان سودمندترین الگو را شناسایی کرد. در بین شاخص‌های مورد مطالعه نیز، مقادیر افت واقعی عملکرد اطلاعات سودمندتری را برای شناسایی الگوی مناسب مخلوط جو و باقلا ارائه داد.

منابع مورد استفاده

1. Abdulahi, A., S. Nasrolahzadeh, A. Dabbagh Mohammadi Nasab, S. Zehtab Salmasi and S. Pourdad. 2014. Study on effect of weed interference and nitrogen fertilizer on performance of chickpea in intercropping with wheat. *Journal of Sustainable Agriculture and Production Science* 23 (4): 85-100 (In Farsi).
2. Agegnehu, G., A. Ghizam and W. Sinebo. 2006. Yield performance and land-use efficiency of barley and faba bean mixed cropping in Ethiopian highlands. *European Journal of Agronomy* 25: 202-207.
3. Agegnehu, G., A. Ghizam and W. Sinebo. 2008. Yield potential and land-use efficiency of wheat and faba bean mixed intercropping. *Agronomy for Sustainable Development* 28: 257-263.
4. Banik, P. 1996. Evaluation of wheat (*Triticum aestivum*) and legume intercropping under 1:1 and 2:1 row replacement series system. *Journal of Agronomy and Crop Science* 176: 289-294.
5. Banik, P., A. Midya, B. K. Sarkar and S. S. Ghose. 2006. Wheat and chickpea intercropping systems in an additive series experiment: advantages and weed smothering. *European Journal of Agronomy* 24: 325-332.
6. Banik, P., T. Sasmal, P. K. Ghosal and D. K. Bagchi. 2000. Evaluation of mustard (*Brassica campestris* var. Toria) and legume intercropping under 1:1 and 2:1 row-replacement series systems. *Journal of Agronomy and Crop Science* 185: 9–14.
7. Dhima, K. V., A. A. Lithourgidis, I. B. Vasilakoglou and C. A. Dordas. 2007. Competition indices of common vetch and cereal intercropping in two seeding ratio. *Field Crop Research* 100: 249-256.

8. Eskandari, H. and A. Ghanbari. 2011. Evaluation of competition and complementarity of Corn (*Zea mays*) and Cowpea (*Vigna sinensis*) intercropping for nutrient consumption. *Journal of Sustainable Agriculture and Production Science* 21 (2): 67-75 (In Farsi).
9. Eslami Khalili, F., H. Pirdashti and A. Motaghian. 2011. Evaluation of barley (*Hordeum vulgare* L.) and faba bean (*Vicia faba* L.) yield in different density and mixture intercropping via competition indices. *Journal of Agroecology* 3 (1):94-105 (In Farsi).
10. 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.
11. Hamzei, J. and M. Seyedi. 2014. Evaluation of barley (*Hordeum vulgare*) and chickpea (*Cicer arietinum*) intercropping systems using advantageous indices of intercropping under weed interference conditions. *Journals of Agronomy Sciences* 5(9): 1-12 (In Farsi).
12. Hamzei, J., M. Seyedi, G. Ahmadvand and M. A. Abutalebian. 2012. The effect of additive intercropping on weed suppression, yield and yield component of chickpea and barley. *Journal of Crop Production and Processing* 2 (3): 43-56 (In Farsi).
13. 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 Agroecosystems* 65: 289-300.
14. Hauggaard-Nielsen, H., M. K. Andersen, B. Jqrnsgaard and E. S. Jensen. 2006. Density and relative frequency effects on competitive interactions and resource use in pea–barley intercrops. *Field Crops Research* 95: 256-267.
15. Hidoto, L., G. Loha and T. Workayehu. 2015. Effect of barley (*Hordeum vulgare* L.) / faba bean (*Vicia fabae* L.) intercropping on productivity and land use efficiency in highlands of Southern Ethiopia. *Journal of Biology, Agriculture and Healthcare* 5 (14): 103-107.
16. Lamei Harvani, J. 2012. Technical and economical evaluation of mixed cropping grass pea with barley and triticale under dryland conditions in Zanjan province. *Journal of Crop Production and Processing* 2 (4): 93-102 (In Farsi).
17. Li, L., S. Yang, X. Li, F. Zhang and F. Christie. 1999. Inter specific complementary and competitive interactions between intercropped maize and faba. *Plant and Soil* 212: 105-114.
18. Mazaheri, D. 1998. Intercropping. Tehran University Publications. Tehran, Iran (In Farsi).
19. Mc Gilchrist, C. A. 1965. Analysis of competition experiments. *Biometrics* 21: 975-985.
20. Mead, R. and R. W. Willey. 1980. The concept of a land equivalent ratio and advantages in yields for intercropping. *Experimental Agriculture* 16: 217-228.
21. Nasiri Mahalati, M., A. R. Koocheki, P. Rezvani and A. R. Beheshti. 2005. Agroecology. Ferdowsi Univesity Press. Mashhad, Iran (In Farsi).
22. Ouda, S. A., T. E. Mesiry, E. F. Abdallah and M. S. Gaballah. 2007. Effect of water stress on the yield of soybean and maize grown under different intercropping patterns. *Australian Journal of Basic and Applied Sciences* 1(4): 578-585.
23. Rezaei Chianeh, E., A. Dabbagh Mohammadi Nassab, M. R. Shakiba, K. Ghassemi-Golezani and S. Aharizad. 2010. Evaluation of light interception and canopy characteristics in mono-cropping and intercropping of maize (*Zea mays* L.) and faba bean (*Vicia faba* L.). *Journal of Agroecology* 2 (3): 437-447 (In Farsi).
24. Rezaei Chianeh, E., A. Dabbagh Mohammadi Nassab, M. R. Shakiba, K. Ghassemi-Golezani and S. Aharizad. 2011. Study of some agronomical characteristics of maize in intercropping with faba bean. *Journal of Sustainable Agriculture and Production Science* 21 (1): 1-14 (In Farsi).
25. Willey, R. W. and M. R. Rao. 1980. A competitive ratio for quantifying competition between intercrops. *Experimental Agriculture* 16: 117-125.
26. Xiao, Y., L. Li and F. Zhang. 2004. Effect of root contact on interspecific competition and N transfer between wheat and faba bean using direct and indirect 15N techniques. *Plant and Soil* 262: 45- 54.
27. Yilmaz, S., A. Özel, M. Atak and M. Erayman. 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.

Journal of Crop Production and Processing
Vol. 7, No. 3, Fall 2017, Isfahan University of Technology, Isfahan, Iran.

Evaluation of Different Intercropping Patterns of Barley (*Hordeum vulgare* L.) and Faba Bean (*Vicia faba* L.) through Competitive and Economic Indices

M. Mojtabaie Zamani[1*] and SH. Norouzi[2]

(Received: January 27-2017; Accepted: May 6-2017)

Abstract

In order to evaluate the intercropping of barley-faba bean and choose the best planting pattern a field experiment was conducted in the growing seasons of 2015-2016 using a randomized complete block design with 8 treatments and 3 replications in Ramhormoz Khuzestan, Iran. The treatments were barley sole cropping with 20 cm spacing between rows, faba bean sole cropping with 40 cm spacing between rows, 50% barley + 50% faba bean, 75% barley + 25% faba bean, and 25% barley + 75% faba bean with 30 cm spacing between rows, and 50% barley + 50% faba bean, 75% barley + 25% faba bean, and 25% barley + 75% faba bean with 20 cm spacing between rows. In all barley-faba bean intercropping patterns, barley's relative crowding coefficient and the competitive ratio were higher than faba bean's. While aggression ability index of barley was positive, that of faba bean was negative. The total yield of barley and faba bean, land equivalent ratio, and relative crowding coefficient was higher in intercropping with 30 cm spacing between rows than that with 20 cm of spacing between rows, meaning that the former pattern was more effective than the latter one. The maximum land equivalent ratio (1.11) was obtained in the mixture of 25% barley + 75% faba bean with 30 cm row spacing. For the mentioned pattern, the actual yield loss index was positive and intercropping advantage and the monetary advantage were higher than other planting patterns, indicating the superiority and usefulness of this intercropping pattern compared to sole crops of barley and faba bean.

Keywords: Actual yield loss, Land equivalent ratio, Monetary advantage index, Sustainable agriculture

1, 2. Assistant Professor and Graduated MSc. Student of Agroecology, Respectively, Department of Agriculture, Ramhormoz Branch, Islamic Azad University, Ramhormoz, Iran.
*. Corresponding Author, Email: mahroo.mojtabaei@gmail.com