نشریه تولید و فرآوری محصولات زراعی و باغی
سال سیزدهم / شماره سوم / پاییز ۱۴۰۲/مقاله علمی-پژوهشی: صفحات ۳۱ تا ۴۸

بررسی عملکرد، اجزای عملکرد و شاخص‌های رقابتی کینوا (*Chenopodium quinoa* Willd) و لوبیا (*Phaseolus vulgaris* L.) در الگوهای مختلف کشت مخلوط

سکینه عبدی[1*]

(تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۱۰/۱۸ ؛ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۶/۰۴)

چکیده

به‌منظور بررسی الگوهای مختلف کشت مخلوط کینوا و لوبیا، آزمایش مزرعه‌ای به‌صورت بلوک‌های کامل تصادفی با هشت تیمار و سه تکرار در سال زراعی ۱۳۹۹-۱۳۹۸ در شهرستان اهر اجرا شد. تیمارهای آزمایشی شامل نسبت‌های جایگزینی یک ردیف لوبیا+ یک ردیف کینوا (۱:۱)، دو ردیف لوبیا+ یک ردیف کینوا (۱:۲)، سه ردیف لوبیا+ یک ردیف کینوا (۱:۳)، یک ردیف لوبیا+ دو ردیف کینوا (۲:۱)، سه ردیف لوبیا+ دو ردیف کینوا (۲:۳)، یک ردیف لوبیا+ سه ردیف کینوا (۳:۱)، دو ردیف لوبیا+ سه ردیف کینوا (۳:۲) و کشت خالص لوبیا و کینوا بود. نتایج نشان داد که الگوی کاشت بر کلیه صفات مورد بررسی کینوا و لوبیا اثر معنی‌دار داشت. بیشترین عملکرد دانه کینوا (۱۱۲۳ کیلوگرم در هکتار) از نسبت کشت (۱:۳) به‌دست آمد و بیشترین عملکرد بیولوژیک از کشت خالص (۲۶۲۵ کیلوگرم در هکتار) حاصل شد. عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک لوبیا در کشت خالص بیشتر از کشت مخلوط بود. مقادیر شاخص افت عملکرد واقعی کینوا در الگوهای مختلف کشت مخلوط بیشتر از عملکرد واقعی لوبیا بود که نشان‌دهنده این است که کینوا در کشت مخلوط مقاومت بیشتری نسبت به کاهش عملکرد در مقایسه با لوبیا دارد. بیشترین نسبت برابری زمین کل (۱/۸۴) از کشت مخلوط با نسبت (۲:۳) به‌دست آمد که معادل ۸۴ درصد افزایش در بهره‌وری استفاده از زمین نسبت به کشت خالص دو گونه بود و این نشان‌دهنده برتری کشت مخلوط در مقایسه با کشت خالص است.

واژه‌های کلیدی: سودمندی، شاخص غالبیت، عملکرد واقعی، نسبت رقابت

۱. استادیار دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی اهر، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران.
*: مسئول مکاتبات: پست الکترونیکی: s.abdi@tabrizu.ac.ir

مقدمه

کشاورزی پایدار به مدیریت صحیح منابع کشاورزی اطلاق می‌شود که در ضمن رفع نیازهای در حال تغییر بشری، کیفیت محیط زیست و ظرفیت منابع آب و خاک را نیز حفظ می‌کند (۳۱). یکی از روش‌های ایجاد پایداری و حفظ سلامت تولید در بوم نظام‌های کشاورزی استفاده از روش‌های کشت مخلوط است. کشت مخلوط به‌عنوان یکی از شیوه‌های زراعی هم راستا با اهداف اکولوژیک، افزایش کارآیی مصرف منابع و پایداری عملکرد را به همراه دارد (۲۳). کشت مخلوط به‌عنوان یکی از مهم‌ترین سیستم‌های کشاورزی پایدار، به‌دلیل افزایش تنوع و سود حاصل از آن‌ها در واحد سطح و زمان از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است (۴). نظام‌های کشت مخلوط برخلاف نظام‌های تک‌کشتی در راستای اصول اکولوژیک پیش می‌روند و در صورت بهره‌گیری مؤثر و گسترده از آنها ثبات و پایداری نظام‌های کشاورزی به‌ویژه در شرایط کم نهاده افزایش می‌یابد (۴). شرکت‌های کشاورزی (به‌ویژه در مناطقی با زمین، نیروی کار، مکانیزاسیون یا سرمایه محدود) ممکن است سیستم تولید مخلوط را ترجیح دهند که امکان استفاده بهتر از منابع موجود، حفاظت از باروری خاک، جلوگیری از فرسایش، اطمینان از کنترل علف‌های هرز و استفاده از نیروی کار خانگی را فراهم می‌کند (۴۰). کشت مخلوط زمانی سودمند است که عملکرد دانه مخلوط، بیش‌تر از حداکثر محصول تک کشتی باشد. اضافه عملکرد به‌دست آمده را می‌توان به استفاده بهتر از منابع موجود توسط دو گیاه و اختلافات مورفولوژیک و فیزیولوژیک بین آنها و کم‌تر بودن علف‌هرز در سیتم کشت مخلوط نسبت داد (۱۸).

کینوا (*Chenopodium quinoa* Willd) منبعی غنی از عناصر غذایی، فیبر و پروتئین (۱۲/۹ تا ۱۶/۵ درصد) است که توانایی تأمین همه ۱۰ اسیدهای آمینه ضروری برای انسان را دارا می‌باشد. رقم تی‌تی‌کاکا نیز با خصوصیات زودرسی، بی‌تفاوتی نسبت به طول روز، دارای گل‌آذین سنبله مرکب متراکم، میانگین ارتفاع ۹۰ سانتی‌متر و نسبتاً تلخ از نظر میزان ساپونین قابل تمایز نسبت به سایر ارقام کینوا می‌باشد. به‌دلیل تنوع اقلیمی در ایران و امکان کشت و کار گیاهان مختلف، کینوا از نظر تولید به‌خصوص در مناطق خشک و نیمه‌خشک موجب تنوع در محصولات زراعی، تولید پایدار و امنیت غذایی خواهد شد (۱۹).

لوبیا (*Phaseolus vulgaris* L.) یکی از حبوبات مهم است که به‌صورت مستقیم مورد استفاده انسان قرار می‌گیرد و حدود ۵۰ درصد از تولید حبوبات جهان را شامل می‌شود. دانه لوبیا دارای ۲۰-۲۵ درصد پروتئین و ۶۰-۵۰ درصد کربوهیدرات است، به‌طوری‌که مقدار پروتئین آن ۲ تا ۳ برابر غلات و ۱۰ تا ۲۰ برابر گیاهان نشاسته‌ای است. در ایران لوبیا در میان حبوبات از نظر سطح زیر کشت پس از نخود و عدس در جایگاه سوم و از نظر عملکرد پس از نخود در جایگاه دوم قرار دارد (۱۲). کشت این گیاه به‌دلیل تثبیت بیولوژیکی نیتروژن، موجب تقویت خاک‌های زراعی شده و از نظر اکولوژیکی نقش مهمی در پایداری اکوسیستم‌های زراعی ایفا می‌نماید (۱۲).

کشت لگوم‌ها در مخلوط با گیاهان سایر تیره‌ها، مزیت‌های فراوانی دارد که کارکردهای سازگار با محیط زیست و عملکرد پایدار را افزایش می‌دهند (۱۰) از مهم‌ترین دلایل افزایش تولید در کشت مخلوط نسبت به تک کشتی، استفاده بهتر از عوامل محیطی مانند نور، آب، نیتروژن و مواد غذایی موجود در خاک است. در واقع، کاهش رقابت منفی بین گیاهان کشت شده در کشت مخلوط، کلید اصلی رسیدن به عملکرد بالا می‌باشد (۴۹). کشت مخلوط زمانی موفقیت‌آمیز است که مجموع رقابت بین‌گونه‌ای برای کسب منابع از مجموع رقابت درون‌گونه‌ای کم‌تر باشد. بنابراین، نحوه کاشت گونه‌های مجاور در یک بوم‌نظام اهمیت به‌سزایی در میزان و کیفیت گیاهان مختلف دارد. در واقع مزیت نظام‌های کشت مخلوط جهت افزایش عملکرد به عوامل مختلفی از جمله ترکیب گیاهان، نوع رقم، تراکم گیاهی، سهم هر یک از گونه‌ها در کشت مخلوط، فاصله قرارگیری از یکدیگر و حاصل‌خیزی خاک بستگی دارد (۲۴). برای پایداری و اطمینان از تأمین

جدول ۱. برخی مشخصات فیزیکوشیمیایی خاک

هدایت الکتریکی (ds/m)	کربن آلی (٪)	اسیدیته خاک	رس (٪)	سیلت (٪)	شن (٪)	نیتروژن (٪)	فسفر (mg/kg)	پتاسیم (mg/kg)
۰/۵۲	۰/۷۸	۷/۲۵	۳۲	۴۴	۲۴	۰/۰۳	۹/۸	۳۲۴

نیازهای غذایی بشر، لازم است سیستم‌های کشاورزی از طریق وارد کردن گونه‌های زراعی جدید و یا گیاهان فراموش شده در الگوهای مختلف کشت، زمینه را برای ثبات تولید و امنیت غـذایی بشـر فـراهم سـازد (۴۳). در کشت مخلوط اغلب میزان زیست‌توده و عملکرد دانه گیاهان به‌دلیل استفاده بهینه از منابع محیطی از قبیل آب، نور و مواد غذایی بهبود می‌یابد؛ به نظر می‌رسد به‌دلیل آشیان اکولوژیکی متفاوت ریشه و تفاوت‌های مربوط به هر رقم نیز مربوط باشد. هم‌چنین در الگوهای کشت مخلوط هر اندازه شباهت گیاهان همراه در مخلوط از لحاظ اکولوژیکی، مورفولوژیکی و فیزیولوژیکی کم‌تر باشد، استفاده از منابع محیطی مانند نور، به حداکثر میزان خود رسیده و در این شرایط کارآیی مصرف نور افزایش می‌یابد، به‌طوری‌که تسهیم مواد فتوسنتزی به مخازن بییش‌تر می‌شود و در نتیجه عملکرد افزایش می‌یابد (۴۱).

گیاه کینوا که در بسیاری از مطالعات برای بررسی کیفیت تغذیه‌ای مورد استفاده قرار گرفته است (۱ و ۴۱)، غیر از مطالعه کشت مخلوط آن با گیاهان سیب‌زمینی در سال‌های اخیر (۱۱)، در کشت‌های مخلوط دیگر مورد بررسی قرار نگرفته است به‌همین دلیل، پژوهش حاضر با هدف ارزیابی عملکرد و صفات کمی و کیفی گیاه کینوا در کشت مخلوط با لوبیا و تعیین بهترین نسبت کشت مخلوط این دو گیاه به‌منظور حصول بیش‌ترین عملکرد و بالاترین میزان شاخص‌های سودمندی اجرا شد.

مواد و روش‌ها

به‌منظور بررسی کشت مخلوط کینوا و لوبیا، پژوهشی در سال زراعی ۱۳۹۹-۱۳۹۸ در مزرعه‌ای در استان آذربایجان‌شرقی و در منطقه گرنگاه واقع در جنوب شهرستان اهر با مختصات ۳۸ درجه و ۲۸ دقیقه عرض شمالی و ۴۷ درجه و ۴ دقیقه طول شرقی اجرا شد. آزمایش به‌صورت بلوک‌های کامل تصادفی با هشت تیمار و سه تکرار اجرا شد. تیمارهای آزمایشی شامل نسبت‌های جایگزینی یک ردیف لوبیا+ یک ردیف کینوا (۱:۱)، دو ردیف لوبیا+ یک ردیف کینوا (۱:۲)، سه ردیف لوبیا+ یک ردیف کینوا (۱:۳)، یک ردیف لوبیا+ دو ردیف کینوا (۲:۱)، سه ردیف لوبیا+ دو ردیف کینوا (۲:۳)، یک ردیف لوبیا+ سه ردیف کینوا (۳:۱)، دو ردیف لوبیا+ سه ردیف کینوا (۳:۲)، کشت خالص لوبیا و کشت خالص کینوا بود. قبل از اجرای آزمایش سه نمونه خاک (از عمق صفر تا ۳۰ سانتی‌متر) به‌صورت تصادفی از قسمت‌های مختلف محل اجرای آزمایش برداشته و خصوصیات فیزیکی و شیمیایی آن اندازه‌گیری شد (جدول ۱).

عملیات آماده‌سازی بستر کاشت شامل شخم و دیسک در نیمه اول آبان ماه سال ۱۳۹۸ بود که به میزان ۲۵ تن در هکتار کود دامی کاملاً پوسیده نیز به خاک مزرعه اضافه شد، یک دیسک سبک نیز قبل از کشت زده شد. واحدهای آزمایشی به ابعاد ۳×۴ متر بود که هر واحد آزمایشی شامل شش ردیف با فاصله ۵۰ سانتی‌متر از یکدیگر بود. فاصله بین واحدهای آزمایشی نیم متر و بین بلوک‌ها یک متر در نظر گرفته شد. ارقام گیاهی مورد استفاده در پژوهش حاضر رقم تی‌تی‌کاکا برای کینوا و رقم تلاش برای لوبیا بود. کشت هر دو گیاه مورد تحقیق به‌صورت هم‌زمان و در نهم اردیبهشت ماه (۱)، در دو سمت پشته‌ها و با فاصله یکسان ۱۰ سانتی‌متر بین هر بوته در ردیف انجام شد. در کل تراکم گیاهان در هر کرت و هر تیمار کشت مخلوط ثابت بود و تنها آرایش کشت آنها در

ردیف‌های کنار هم تغییر نمود. بذور لوبیا قبل از کاشت با باکتری ریزوبیوم فازئولی آغشته شد. بلافاصله بعد از کاشت، آبیاری شد و آبیاری‌های بعدی بر حسب شرایط اقلیمی منطقه هر هفت روز یک بار تا پایان فصل رشد ادامه یافت. برای مبارزه با علف‌های هرز، وجین دستی در مرحله ۳ تا ۴ برگی انجام شد و فاصله بوته‌ها روی ردیف با اجرای تنک تنظیم شد. برداشت کینوا در تاریخ ۱۹ مرداد و لوبیا با مشاهده زرد شدن غلاف‌ها در تاریخ دوم شهریور صورت گرفت. همزمان با برداشت، اجزای عملکرد شامل ارتفاع بوته، تعداد دانه در بوته و وزن هزاردانه گیاه کینوا و وزن صد دانه گیاه لوبیا، از ۱۰ بوته اندازه‌گیری شد. برای اندازه‌گیری عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک، پس از حذف حاشیه، محصول یک متر مربع از هر کرت به‌صورت دستی کف‌بر و برداشت شده و پس از تعیین رطوبت، عملکرد بیولوژیک محاسبه شد. برای اندازه‌گیری عملکرد دانه، نمونه‌های مربوط به هر کرت آزمایشی به‌صورت جداگانه توزین و سپس به مدت ۴۸ ساعت در آون در دمای ۷۵ درجه سانتی‌گراد خشکانده شده و مجددا توزین شدند و عملکرد دانه با احتساب رطوبت ۱۲٪ محاسبه شد. برای اندازه‌گیری درصد پروتئین دانه یک نمونه ۱۰۰ گرمی از هر تیمار خشک شده انتخاب و پس از آسیاب شدن یک گرم از هر تیمار توزین و طی مراحل مختلف آزمایش توسط دستگاه کجلدال (2300 Unit Analyzer Kj، دانمارک) مقدار نیتروژن نمونه‌ها به‌صورت درصد تعیین شد. و برای محاسبه شاخص‌های رقابتی از معادلات ۱ تا ۵ استفاده شد.

$$LER = (\frac{Yqi}{Yq}) + (\frac{Ypi}{Yp})$$

[۱] نسبت برابری زمین

$$LERq = (\frac{Yqi}{Yq})$$

$$LERp = (\frac{Ypi}{Yp})$$

$$K = Kq \times Kp$$

[۲] ضریب ازدحام نسبی

$$Kq = \frac{YqiZpi}{(Yq - Yqi)Zqi}$$

$$Kp = \frac{YpiZqi}{(Yp - Ypi)Zpi}$$

[۳] شاخص غالبیت

$$Aq = (\frac{Yqi}{YqZqi}) - (\frac{Ypi}{YpZpi})$$

$$Ap = \left(\frac{Ypi}{Yp\ Zpi}\right) - \left(\frac{Yqi}{Yq\ Zqi}\right)$$

$$Ap = (\frac{Ypi}{YpZpi}) - (\frac{Yqi}{YqZqi})$$

[۴] نسبت رقابت

$$CRq = (\frac{LERq}{LERp})(\frac{Zpi}{Zqi})$$

$$CRp = (\frac{LERp}{LERq})(\frac{Zqi}{Zpi})$$

$$ALY = ALY_q \times ALY_p$$

[۵] شاخص عملکرد واقعی

$$ALYq = (\frac{Yqi / Zqi}{Yq / Zq}) - 1$$

$$ALYp = (\frac{Ypi / Zpi}{Yp / Zp}) - 1$$

Yqi: عملکرد کینوا در کشت مخلوط
Zqi: نسبت کینوا در کشت مخلوط
Yq: عملکرد کینوا در کشت خالص
Zq: نسبت کینوا در کشت خالص
Ypi: عملکرد لوبیا در کشت مخلوط
Zpi: نسبت لوبیا در کشت مخلوط
Yp: عملکرد لوبیا در کشت خالص
Zq: نسبت لوبیا در کشت خالص

جهت تجزیه و تحلیل آماری از نرم‌افزار کامپیوتری MSTAT-C و برای مقایسه میانگین تیمارها از آزمون دانکن در سطح احتمال خطای یک درصد استفاده شد. برای آزمون نرمال بودن، نرم‌افزار MINITAB (نسخه ۱۴) مورد استفاده قرار گرفت.

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که ارتفاع بوته، وزن هزار دانه (کینوا)، وزن صد دانه (لوبیا)، پروتئین دانه، عملکرد دانه،

عملکرد بیولوژیک و تعداد دانه در بوته تحت تاثیر نسبت‌های مختلف کشت مخلوط در سطح احتمال یک درصد قرار گرفت (جداول ۲ و۳).

صفات رشدی، عملکرد و اجزای عملکرد کینوا

ارتفاع بوته

کشت مخلوط کینوا با لوبیا سبب افزایش معنی‌دار ارتفاع بوته کینوا نسبت به کشت خالص آن شد (جدول ۴). بیشترین ارتفاع بوته مربوط به نسبت کشت سه ردیف لوبیا + یک ردیف کینوا (۱:۳) بود که نسبت به کشت خالص افزایش ۵۵/۴۴ درصدی داشت و نسبت‌های کشت یک ردیف لوبیا + یک ردیف کینوا (۱:۱)، دو ردیف لوبیا + یک ردیف کینوا (۱:۲) و سه ردیف لوبیا + دو ردیف کینوا (۲:۳) در رده‌های بعدی قرار گرفتند. کمترین ارتفاع بوته کینوا نیز مربوط به کشت خالص (۶۰/۶۹ سانتی‌متر) بود که اختلاف معنی‌داری با نسبت ۲:۱ نداشت (جدول ۴). افزایش ارتفاع بوته کینوا در کشت مخلوط را می‌توان به سایه‌اندازی و رقابت نوری بین بوته‌ها نسبت داد، چرا که رقابت بر سر نور باعث می‌شود تا گیاهان سرمایه‌گذاری بیشتری برای افزایش ارتفاع بوته داشته باشند (۱۴). محققان گزارش کردند که در شرایط سایه به دنبال کاهش نسبت نور قرمز به قرمز دور و کاهش میزان تشعشعات فعال فتوسنتزی، افزایش ارتفاع گیاهان قابل انتظار است (۴۵). در بررسی کشت مخلوط نخود و گندم، حداکثر ارتفاع بوته نخود مربوط به تیمار کشت مخلوط ۱۰۰ درصد نخود و ۱۰۰ درصد گندم گزارش شده است (۲۰). همچنین در کشت مخلوط سویا و ارزن، گزارش شده است که حضور ارزن در بین ردیف‌های سویا باعث افزایش ارتفاع سویا شد (۲).

وزن هزار دانه

وزن هزار دانه کینوا در نسبت‌های مختلف کشت مخلوط در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بوده (جدول ۲) و در نسبت‌های مختلف کشت مخلوط بیش‌تر از کشت خالص بود و کمترین وزن هزار دانه از کشت خالص کینوا (۱/۹۵ گرم) به‌دست آمد، از طرفی بیش‌ترین وزن هزار دانه (۳/۷۳ گرم) از نسبت کشت مخلوط دو ردیف لوبیا + سه ردیف کینوا به‌دست آمد که حاکی از اختلاف ۹۰/۹۵ درصدی نسبت به کشت خالص بود (جدول ۴). وزن هزاردانه کینوا در نسبت‌های کشت سه ردیف لوبیا + دو ردیف کینوا (۲:۳) و سه ردیف لوبیا + دو ردیف کینوا (۳:۱) در رده دوم قرار گرفت. بیشتر بودن میانگین وزن بذر در بوته در کشت مخلوط کینوا و لوبیا با الگوی کشت دو ردیف لوبیا + سه ردیف کینوا را می‌توان به کم‌تر بودن تعداد دانه در بوته گیاه کینوا در الگوی کشت مذکور دانست (جدول ۴). کلانتری خاندانی و همکاران (۲۲) در کشت مخلوط ذرت با سویا، بالاترین وزن صد دانه را از کشت خالص گزارش کردند. در بررسی انجام شده در کشت مخلوط چند گونه غله با شلغم، وزن هزار دانه در تیمارهای مخلوط با خالص اختلاف معنی‌داری نداشت (۴۲). افزایش تراکم کلزا (*Brassica napus* L.) در کشت مخلوط کلزا و باقلا (*Vivia faba* L.) نیز موجب افزایش تعداد غلاف در هر گیاه، تعداد دانه در هر غلاف و وزن هزار دانه شد (۴۷).

تعداد دانه در هر بوته

تعداد دانه در بوته کینوا در سطح احتمال یک درصد تحت تاثیر نسبت‌های مختلف کشت مخلوط با لوبیا قرار گرفت (جدول ۴)، به‌طوری‌که بیشترین تعداد دانه در بوته (۴۷۴۷) متعلق به نسبت کشت سه ردیف لوبیا + یک ردیف کینوا بود که نسبت به کشت خالص کینوا ۶۱/۶ درصد افزایش در تعداد دانه در بوته کینوا نشان داد، درحالی‌که نسبت‌های کشت یک ردیف لوبیا + دو ردیف کینوا (۲:۱)، یک ردیف لوبیا + سه ردیف کینوا (۳:۱)، دو ردیف لوبیا + سه ردیف کینوا (۳:۲) و کشت خالص کینوا، کمترین تعداد دانه در بوته را داشتند (جدول ۴). به نظر می‌رسد کـه تثبیـت نیتـروژن و آزادسـازی اسیدهای آلی توسط گیاه لوبیا، دسترسی بـه عناصـرغذایی در طـول فصل رشد و مراحل بحرانی را برای گیاه کینوا داشته و سبب افزایش

جدول ۲. تجزیه واریانس (میانگین مربعات) عملکرد و اجزای آن در گیاه کینوا تحت تاثیر نسبت‌های کشت مخلوط جایگزینی با لوبیا

منابع تغییرات	درجه آزادی	ارتفاع بوته	وزن هزار دانه	پروتئین دانه	عملکرد دانه	عملکرد بیولوژیک	تعداد دانه در بوته
تکرار	۲	۴/۵۶**	۰/۰۱۳*	۰/۰۰۱**	۱۱۰^{ns}	۵۶۳۴^{ns}	۲۳۳۵^{ns}
نسبت‌های کشت مخلوط	۷	۴۴۲**	۱/۲۴**	۰/۳۵**	۵۸۴۹۸**	۲۹۳۹۷۴**	۱۴۰۵۷۵۹**
خطا	۱۴	۶/۰۹	۰/۰۰۴	۰/۰۰۱	۱۰۱	۲۴۹۱	۵۲۰۳
ضریب تغییرات (٪)		۳/۲۳	۵/۵۵	۹/۰۲	۹/۰۱	۹/۲۲	۲/۰۶

ns، **، *: عدم معنی‌داری و معنی‌دار در سطح احتمال یک و پنج درصد.

جدول ۳. تجزیه واریانس (میانگین مربعات) عملکرد و اجزای آن در گیاه لوبیا تحت تاثیر نسبت‌های کشت مخلوط جایگزینی با کینوا

منابع تغییرات	درجه آزادی	ارتفاع بوته	وزن صد دانه	پروتئین دانه	عملکرد دانه	عملکرد بیولوژیک	تعداد دانه در بوته
تکرار	۲	۱۲/۹*	۰/۹۱^{ns}	۰/۸۰*	۳۷۳۵*	۲۳۸۵۸^{ns}	۱/۶۲^{ns}
نسبت‌های کشت مخلوط	۷	۵۸۹**	۳۶۱**	۴۵/۱**	۳۰۱۵۷۵**	۳۷۱۲۴۲**	۱۲۴**
خطا	۱۴	۲/۳۱	۱/۶۱	۰/۲۴	۷۶۶	۱۳۸۲	۱/۲۹
ضریب تغییرات (٪)		۲/۸۸	۴/۵۳	۷/۲۲	۵/۱۶	۷/۱۳	۲/۶۳

ns، **، *: عدم معنی‌داری و معنی‌دار در سطح احتمال یک و پنج درصد.

جدول ۴. مقایسه میانگین صفات مورد بررسی کینوا تحت تاثیر نسبت‌های کشت مخلوط جایگزینی با لوبیا

تیمارهای آزمایشی	ارتفاع بوته کینوا (سانتی‌متر)	وزن هزاردانه کینوا (گرم)	پروتئین دانه کینوا (درصد)	عملکرد دانه کینوا (کیلوگرم در هکتار)
یک ردیف لوبیا + یک ردیف کینوا (۱:۱)	۸۳/۲^{b}	۲/۱۹^{f}	۲/۹۹^{g}	۹۷۱^{d}
دو ردیف لوبیا + یک ردیف کینوا (۱:۲)	۳۰/۸^{b}	۲/۵۸^{e}	۳/۲۵^{e}	۱۰۷۰^{b}
سه ردیف لوبیا + یک ردیف کینوا (۱:۳)	۹۴/۳^{a}	۲/۸۴^{d}	۳/۳۵^{d}	۱۱۲۳^{a}
یک ردیف لوبیا + دو ردیف کینوا (۲:۱)	۶۰/۹^{d}	۳/۱۴^{c}	۳/۴۸^{c}	۸۸۳^{e}
سه ردیف لوبیا + دو ردیف کینوا (۲:۳)	۸۳/۶^{b}	۳/۴۴^{b}	۳/۹۳^{a}	۱۰۴۵^{c}
یک ردیف لوبیا + سه ردیف کینوا (۳:۱)	۷۱/۳^{c}	۳/۴۹^{b}	۳/۰۳^{fg}	۸۱۷^{f}
دو ردیف لوبیا + سه ردیف کینوا (۳:۲)	۷۱/۸^{c}	۳/۷۴^{a}	۳/۷۴^{b}	۸۰۱^{f}
کشت خالص	۶۰/۷^{d}	۱/۹۶^{g}	۳/۰۸^{f}	۷۴۶^{g}

در هر ستون میانگین‌هایی که دارای حرف مشابه هستند براساس آزمون دانکن در سطح احتمال یک درصد اختلاف معنی‌دار ندارند

تعداد دانه در بوته این گیاه شده است. نتایج پژوهش عبدی (۱) نشان داد که گیاه کینوا در این منطقه در تاریخ کاشت ۵ اردیبهشت بیشترین بهره‌وری را نسبت به نیتروژن داشت. این نتایج با یافته‌های حاصل از کشت مخلوط تأخیری آفتابگردان و باقلا نیز مطابقت داشت (۳۴). هاوگارد نیلسن و همکاران (۱۷) مشاهده کردند که در کشت خالص

به‌دلیل افزایش رقابت درون‌گونه‌ای، کاهش اجزای عملکرد گیاهان حاصل شد، اما در کشت مخلوط به‌دلیل وارد کردن گونه همراه و کاهش رقابت درون‌گونه‌ای بهبود اجزای عملکرد به‌دست آمد. به نظر می‌رسد که در کشت مخلوط با الگوی کشت سه ردیف لوبیا + یک ردیف کینوا، شرایط مطلوبی برای بوته‌های کینوا در دستیابی به شرایط و منابع محیطی از جمله فراهم شدن نیتروژن حاصل از جزء لوبیا و بهره‌برداری مطلوب‌تر از این منابع بر تعداد دانه در بوته افزوده شده، اما با افزایش تعداد ردیف‌ها، به‌دلیل کاهش اثرات تسهیل و تکمیل‌کنندگی دو گونه از تعداد دانه در بوته کاسته شده است که حاکی از هم‌سو بودن نتایج پژوهش حاضر با نتایج رضایی چیانه و دباغ محمدی نسب (۳۶) بود. در کشت مخلوط سویا و نعناع مشخص شد که تعداد غلاف در بوته سویا در کشت مخلوط به‌دلیل افزایش بهره‌وری در استفاده از منابع، بالاتر از کشت خالص بوده است (۲۵). در کشت مخلوط افزایشی ذرت و ماش، تعداد غلاف در بوته نسبت به کشت خالص افزایش یافته است که محققان این افزایش را به‌علت تراکم کمتر ماش نسبت به شرایط کشت خالص و همچنین سرکوبی بیش‌تر علف‌های هرز گزارش کردند (۱۵).

درصد پروتئین دانه

درصد پروتئین دانه کینوا در نسبت‌های مختلف کشت مخلوط با لوبیا، تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد نشان داد (جدول ۲). نتایج حاصل از مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که بیشترین درصد پروتئین دانه کینوا (۳/۹۳ درصد) به تیمار سه ردیف لوبیا + دو ردیف کینوا (۲:۳) تعلق داشت و تیمار کشت دو ردیف لوبیا + سه ردیف کینوا (۳:۲) در رتبه بعدی قرار گرفت. کمترین درصد پروتئین دانه کینوا (۳/۰۳ درصد) از نسبت کشت یک ردیف لوبیا + سه ردیف کینوا (۳:۱) حاصل شد که اختلاف معنی‌داری با کشت خالص گیاه کینوا (۳/۰۸ درصد) نداشت (جدول ۴). با توجه به پارامتر تعداد دانه در بوته گیاه کینوا در کشت خالص و نسبت‌های مختلف کشت مخلوط (جدول ۴) می‌توان عنوان نمود که بالا بودن درصد پروتئین دانه در نسبت کشت سه ردیف لوبیا + دو ردیف کینوا به‌دلیل کم بودن تعداد دانه در این الگوی کشت بوده و از آنجایی‌که افزایش تثبیت نیتروژن حاصل از جزء لوبیا، سبب افزایش میزان پروتئین دانه نیز می‌شود بنابراین پروتئین بیشتری در تعداد کم دانه ذخیره شده است. در کشت مخلوط لوبیا چیتی و بزرک نیز (۳۲) مشاهده شد که کمترین مقدار پروتئین دانه لوبیا چیتی (۲۰/۹۲ درصد) از تیمار کشت خالص و بیشترین میزان پروتئین دانه (۲۵/۵ درصد) از کشت مخلوط ردیفی (یک ردیف لوبیا+ یک ردیف بزرک) حاصل شد. هر چند تفاوت معنی‌داری بین کشت مخلوط ردیفی از نظر میزان پروتئین دانه با الگوهای کشت مخلوط یک ردیف لوبیا + دو ردیف بزرک و دو ردیف لوبیا+ دو ردیف بزرک مشاهده نشد (۳۲) که با نتایج حاصل از پژوهش حاضر مطابقت داشت.

عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک

بیشترین عملکرد دانه کینوا (۱۱۲۳ کیلوگرم در هکتار) از نسبت کشت سه ردیف لوبیا + یک ردیف کینوا (۱:۳) به‌دست آمد (جدول ۴) در حالی‌که کم‌ترین مقدار آن از کشت خالص و با مقدار ۷۴۶ کیلوگرم در هکتار و با ۵۰/۴۹ درصد کاهش نسبت به الگوی کشت مخلوط سه ردیف لوبیا + یک ردیف کینوا (۱:۳) حاصل شد، این درحالی است که بیشترین عملکرد بیولوژیک از کشت خالص (۲۶۲۵ کیلوگرم در هکتار) و نسبت کشت مخلوط یک ردیف لوبیا + یک ردیف کینوا (۲۵۶۶ کیلوگرم در هکتار) به‌دست آمد و عملکرد بیولوژیک نسبت کشت سه ردیف لوبیا + یک ردیف کینوا (۱:۳) در رده بعدی قرار گرفت. نسبت کشت یک ردیف لوبیا + دو ردیف کینوا (۲:۱) با مقدار عملکرد بیولوژیک ۱۶۹۸ کیلوگرم در هکتار، کمترین مقدار را داشت به‌نحوی که با کاهش عملکرد بیولوژیک ۵۴/۵ درصدی نسبت به کشت خالص مواجه بود (جدول ۴). با توجه به نتایج به‌نظر می‌رسد تعداد دانه در بوته، در حقیقت

ظرفیت مخزن گیاه را تعیین می‌کند و هر چه تعداد دانه بیشتر باشد، گیاه دارای مخزن بزرگتری برای دریافت مواد فتوسنتزی است و در نهایت افزایش این صفت منجر به افزایش عملکرد دانه خواهد شد، به عبارت دیگر کشت مخلوط شرایط را برای رشد کینوا نسبت به کشت خالص بهتر فراهم کرده است. از طرفی گیاه کینوا در الگوی کشت سه ردیف لوبیا + یک ردیف کینوا دارای رقابت بین‌گونه‌ای کم‌تری در مقایسه با رقابت درون‌گونه‌ای بود و باعث شد تا گیاه همراه لوبیا در این الگو برای آشیان‌های اکولوژیکی یکسان رقابت نکرده که در نهایت منجر به افزایش عملکرد در این شرایط، در مقایسه با سایر الگوهای مخلوط شود، همچنین به‌نظر می‌رسد که افزایش حضور گیاه لوبیا از طریق کاهش رقابت درون‌گونه‌ای بین بوته‌های کینوا باعث بهبود خصوصیات رشد و عملکرد کینوا شده است. چاپاگین و رایزمن (۷) عملکرد در کشت مخلوط ذرت با لوبیا چشم بلبلی را نسبت به کشت خالص، بالاتر عنوان نمودند. علیزاده و همکاران (۳) نیز با بررسی اثر الگوهای کشت مخلوط ریحان و لوبیا اظهار داشتند که بهره‌گیری از کشت مخلوط موجب بهبود عملکرد شد. مطالعات نشان داده است که عملکرد بیولوژیک ذرت در کشت مخلوط با یونجه در مقایسه با کشت خالص کاهش داشته است (۴۸). وحیدی و همکاران (۴۳) گزارش کردند که بیشترین عملکرد بیولوژیک کینوا در بین نسبت‌های کاشت، به تک‌کشتی کینوا در تراکم ۴۰ بوته در مترمربع با عملکرد بیولوژیک ۸۴۶۳ کیلوگرم در هکتار و کم‌ترین مقدار به کشت مخلوط ۲۵ درصد کینوا و ۷۵ درصد ارزن اختصاص یافت (۴۳).

صفات رشدی، عملکرد و اجزای عملکرد لوبیا

ارتفاع بوته

مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که بالاترین ارتفاع بوته لوبیا (۷۹/۴ سانتی‌متر) و کوتاه‌ترین (۳۷/۸ سانتی‌متر) آن به‌ترتیب از کشت خالص لوبیا و نسبت کشت مخلوط سه ردیف لوبیا + یک ردیف کینوا (۱:۳) به‌دست آمد (جدول ۵). در بین الگوهای کشت مخلوط بالاترین ارتفاع بوته لوبیا از نسبت کشت یک ردیف لوبیا + دو ردیف کینوا حاصل شد که کاهش ۲۵/۳۱ درصدی نسبت به کشت خالص لوبیا داشت (جدول ۵). به‌نظر می‌رسد که علت کاهش ارتفاع بوته لوبیا در کشت مخلوط به‌دلیل رقابت بین بوته‌ها بر سر آب، مواد غذایی و فضای زیستی باشد که سبب کاهش جذب نور، کاهش رشد و فتوسنتز لوبیا شده و به‌دنبال آن، ارتفاع آن را در کشت مخلوط کاهش داده است. رضایی چیانه و همکاران (۳۴) در کشت مخلوط زنیان و شنبلیله نشان دادند که ارتفاع بوته شنبلیله در کشت مخلوط به‌دلیل رقابت برون‌گونه‌ای به‌طور معنی‌داری کاهش داشته است. در مطالعات رضایی چیانه و پیرزاد (۳۳) روی کشت مخلوط بادرشبی و لوبیا مشاهده شد که بیشترین (۵۲/۳۳ سانتی‌متر) و کمترین (۳۴ سانتی‌متر) ارتفاع بوته لوبیا به‌ترتیب به کشت خالص لوبیا و الگوی کشت مخلوط سه ردیف بادرشبی+ یک ردیف لوبیا تعلق داشت به‌طوری‌که ارتفاع بوته لوبیا در این الگوی کشت مخلوط نسبت به کشت خالص ۳۵ درصد کاهش داشته است که با نتایج حاصل از پژوهش حاضر مطابقت داشت.

وزن صد دانه

وزن صد دانه لوبیا در کشت خالص (۴۸/۷۱ گرم) بیشترین مقدار را داشت (جدول ۵)، درحالی‌که کم‌ترین مقدار آن از نسبت‌های کشت مخلوط یک ردیف لوبیا + دو ردیف کینوا و یک ردیف لوبیا + سه ردیف کینوا به‌دست آمد. نسبت کشت مخلوط یک ردیف لوبیا + یک ردیف کینوا (۱:۱)، بعد از کشت خالص در رده بعدی به‌لحاظ وزن صد دانه قرار گرفت (جدول ۵). به احتمال زیاد با افزایش تعداد ردیف‌های کاشت گیاه کینوا در کشت مخلوط، با کاهش جذب نور کانوپی و درنتیجه تولید مواد فتوسنتزی کمتر، گیاه لوبیا امکان انتقال مواد فتوسنتزی کمتری به مخازن (دانه‌ها) داشته و وزن دانه کاهش یافته که با نتایج وانگ و همکاران (۴۴) هم‌خوانی دارد. از طرفی با افزایش تعداد دانه در بوته سهم هر یک از اندام‌های زایشی از مواد

جدول ۵. مقایسه میانگین صفات مورد بررسی لوبیا تحت تاثیر نسبت‌های کشت مخلوط جایگزینی با کینوا

تیمارهای آزمایشی	ارتفاع بوته لوبیا (سانتی‌متر)	وزن صد دانه لوبیا (گرم)	پروتئین دانه لوبیا (درصد)	عملکرد دانه لوبیا (کیلوگرم در هکتار)
یک ردیف لوبیا + یک ردیف کینوا (۱:۱)	۴۴/۳^{e}	۳۶/۴^{b}	۲۱/۳^{d}	۱۵۳۴^{e}
دو ردیف لوبیا + یک ردیف کینوا (۱:۲)	۳۹/۷^{f}	۲۵/۶^{d}	۱۸/۶^{ef}	۱۴۷۲^{e}
سه ردیف لوبیا + یک ردیف کینوا (۱:۳)	۳۷/۸^{f}	۳۲/۵^{c}	۱۸/۴^{ef}	۱۲۸۶^{f}
یک ردیف لوبیا + دو ردیف کینوا (۲:۱)	۶۳/۴^{b}	۱۵/۹^{f}	۲۸/۲^{a}	۱۹۳۹^{b}
سه ردیف لوبیا + دو ردیف کینوا (۲:۳)	۴۵/۳^{e}	۲۷/۴^{d}	۱۹/۳^{e}	۱۵۳۱^{e}
یک ردیف لوبیا + سه ردیف کینوا (۳:۱)	۵۸/۱^{c}	۱۷/۹^{ef}	۲۵/۷^{b}	۱۷۴۵^{c}
دو ردیف لوبیا + سه ردیف کینوا (۳:۲)	۵۳/۷^{d}	۱۹/۶^{e}	۲۳/۸^{c}	۱۶۲۴^{d}
کشت خالص	۷۹/۵^{a}	۴۸/۷^{a}	۱۷/۶^{f}	۲۳۰۲^{a}

در هر ستون میانگین‌هایی که دارای حرف مشابه هستند براساس آزمون دانکن در سطح احتمال یک درصد اختلاف معنی‌دار ندارند

فتوسنتزی کاهش یافته در نتیجه وزن هزار دانه کاهش می‌یابد. در یک بررسی که در کشت مخلوط درهم جو بهاره (*Hordeum vulgare* L.) و ماشک گل‌خوشه‌ای صورت گرفت، با افزایش تراکم بوته ماشک و جو وزن هزار دانه جو کاهش پیدا کرد، زیرا با افزایش تراکم گیاهی مواد فتوسنتزی باید در تعداد بیشتری از مخازن توزیع شود و این امر باعث کاهش وزن هزار دانه شد (۲۱). از طرفی در آزمایشی که روی کشت مخلوط لوبیا و کنجد صورت گرفت، با افزایش تراکم دو گیاه در ترکیب‌های مختلف کشت مخلوط افزایشی، از وزن هزار دانه کنجد کاسته شد (۱۳). طی گزارشی وزن صد دانه لوبیا در نسبت‌های مختلف کشت مخلوط با زنیان نسبت به کشت خالص افزایش نشان داد (۲۴).

تعداد دانه در بوته

بیشترین تعداد دانه در بوته لوبیا در نسبت‌های کشت مخلوط یک ردیف لوبیا + دو ردیف کینوا (۲:۱)، دو ردیف لوبیا + سه ردیف کینوا (۳:۲) و یک ردیف لوبیا + سه ردیف کینوا (۳:۱) به‌ترتیب با مقادیر ۵۰/۳۳، ۵۰/۰۰ و ۴۷/۶۷ عدد بود که نسبت به کمترین تعداد آن (۳۲/۶ عدد) در کشت خالص لوبیا به‌ترتیب افزایش ۵۴/۱، ۵۳/۱ و ۴۵/۹ درصدی داشت (جدول ۵). در کشت خالص نفوذ نور به داخل کانوپی کم شده و جذب نور توسط اندام‌های فتوسنتزکننده و انتقال آسیمیلات به اندام زایشی کاهش یافته، درنتیجه تعداد دانه کم‌تری در بوته تشکیل شد (۳۰)، از طرفی به‌نظر می‌رسد افزایش رقابت درون‌گونه‌ای کینوا در الگوهای کشت مخلوط ۲:۱، ۳:۲ و ۳:۱ دلیل افزایش تعداد دانه در بوته لوبیا باشد. صدرا و حمزه‌ئی (۳۷) نشان دادند که در تیمار یک ردیف تریتیکاله و یک ردیف ماشک، به‌دلیل الگوی مناسب کاشت، رقابت بین‌گونه‌ای کمتر از رقابت درون‌گونه‌ای است و درنتیجه تمایز آشیان اکولوژیک، استفاده کارآمدتری از منابع محیطی صورت می‌گیرد و تعداد دانه افزایش می‌یابد. در تحقیق انجام شده در کشت مخلوط جو بهاره با ماشک گل خوشه‌ای نیز کشت مخلوط در مقایسه با تک کشتی، افزایش تعداد دانه در سنبله جو را نشان داد (۲۱). خرم‌دل و همکاران (۲۴) در کشت مخلوط جایگزینی لوبیا و زنیان، بالاترین تعداد دانه در بوته را از کشت ۷۵ درصد لوبیا + ۲۵ درصد زنیان به‌دست آوردند.

درصد پروتئین دانه

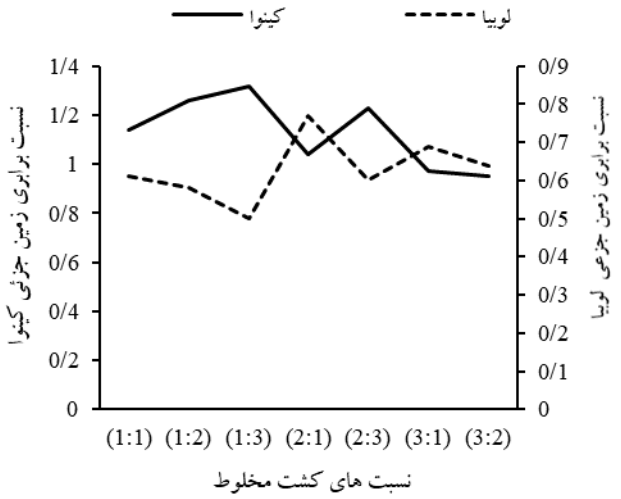
درصد پروتئین دانه لوبیا در کشت مخلوط بیشتر از کشت خالص بود. در بین نسبت‌های مختلف کشت مخلوط، نسبت

کشت مخلوط یک ردیف لوبیا + دو ردیف کینوا (۲:۱) با ۲۸/۲ درصد، بیشترین مقدار را داشت (جدول ۵) و نسبت‌های کشت دو ردیف لوبیا + یک ردیف کینوا (۱:۲) و سه ردیف لوبیا + یک ردیف کینوا (۱:۳) کمترین مقدار درصد پروتئین دانه لوبیا را در کشت مخلوط با کینوا داشت (جدول ۵) به‌نحوی که اختلاف معنی‌داری با کشت خالص لوبیا نداشتند. نتایج برخی مطالعات نشان داده است که وقتی بقولات در کنار گونه دیگر به‌صورت کشت مخلوط قرار می‌گیرند، به‌دلیل اثر مکملی جزء بقولات جهت تثبیت نیتروژن مقدار بیشتری از نیتروژن تحریک‌شده و درنتیجه تعداد گره فعال و سرعت و تشکیل آنها افزایش می‌یابد (۲۸) و افزایش تثبیت نیتروژن حاصل از جزء بقولات، سبب افزایش میزان پروتئین دانه نیز می‌شود. در تحقیق شاکر کوهی و همکاران (۳۹) نیز افزایش میزان پروتئین دانه حبوبات در کشت مخلوط سورگوم و ماش نسبت به کشت خالص گزارش شده است که با نتایج حاصل از پژوهش حاضر مطابقت داشت.

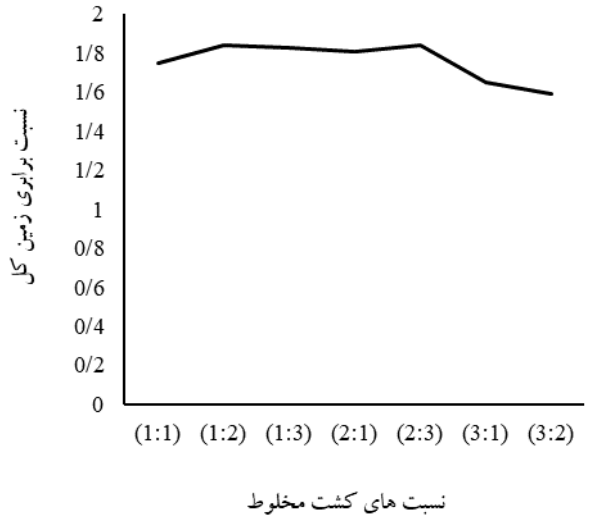
عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک

عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک لوبیا در کشت خالص بیشتر از کشت مخلوط بود (جدول ۵) به نحوی که بیشترین مقدار عملکرد دانه (۲۳۰۲ کیلوگرم در هکتار) و عملکرد بیولوژیک (۳۱۶۳ کیلوگرم در هکتار) از کشت خالص به‌دست آمد. در مورد عملکرد دانه، کمترین آن با مقدار۱۲۸۶ کیلوگرم در هکتار از نسبت کشت سه ردیف لوبیا + یک ردیف کینوا (۱:۳) و در مورد عملکرد بیولوژیک از نسبت کشت سه ردیف لوبیا + دو ردیف کینوا و با مقدار ۲۰۹۹ کیلوگرم در هکتار به‌دست آمد که نشان‌دهنده کاهش عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک به‌ترتیب ۷۸/۹ و ۵۰/۷ درصدی نسبت به کشت خالص لوبیا بود (جدول ۵). بالا بودن عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیکی لوبیا در کشت خالص می‌تواند به‌دلیل عدم وجود رقابت بین‌گونه‌ای باشد که تحت این شرایط هر بوته لوبیا برای آشیان اکولوژیکی یکسان رقابت نکرده و تمامی منابع موجود در اختیار لوبیا قرار گرفته است که این موضوع می‌تواند یکی از عوامل افزایش عملکرد این گیاه در کشت خالص باشد ولی در کشت مخلوط ردیفی به‌دلیل افزایش رقابت برون‌گونه‌ای امکان رشد بهتر و بیشتر برای بوته‌ها فراهم نشده و درنتیجه باعث افت عملکرد هر دو گونه شده است. عملکرد در کشت مخلوط زمانی به بیشترین میزان خود می‌رسد که هر گونه، آشیان اکولوژیکی مربوط به خود را اشغال کرده و رقابت میان گونه‌ها در حداقل خود باشد (۶). در تحقیقات سایر محققان نیز کاهش عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیکی حبوبات در کشت مخلوط ذرت و نخود توسط مائو و همکاران (۲۶) و کشت مخلوط ذرت و سویا توسط حمزه‌ئی و قمری رحیم (۱۶) نیز نسبت به کشت خالص گزارش شده است. سیدی و همکاران (۳۸) در ارزیابی کشت مخلوط جایگزینی نخود و جو، علت کاهش عملکرد دانه در کشت مخلوط نسبت به تک کشتی را افزایش رقابت بین‌گونه‌ای و محدودیت منابع در دسترس بیان کردند. کاهش عملکرد بیولوژیک لوبیا در الگوهای مختلف کشت مخلوط نسبت به کشت خالص به منفی بودن غالبیت و همچنین کمتر بودن نسبت رقابت این گیاه در برابر کینوا مربوط می‌شود. به‌طور مشابه، رضایی چیانه و همکاران (۳۵) نتیجه گرفتند که عملکرد ماده خشک در کلیه الگوهای کشت مخلوط ریحان و لوبیا کمتر از کشت خالص بود. رضایی چیانه (۳۲) نیز در مطالعه خود روی کشت مخلوط بزرک و لوبیا نشان داد که بیشترین عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیکی لوبیا از کشت خالص به‌دست آمد. به گونه‌ای که با الگوی کشت مخلوط دو ردیف لوبیا+ دو ردیف بزرک در یک سطح آماری قرار گرفت. همچنین محققین عنوان نمودند در کشت مخلوط ذرت و سویا، بالاترین عملکرد بیولوژیک مربوط به کشت خالص ذرت بود (۲۲). وحیدی و همکاران (۴۳) گزارش دادند که بیشترین عملکرد بیولوژیک ارزن معمولی در نسبت‌های کشت، به تک کشتی ارزن معمولی و کمترین مقدار عملکرد بیولوژیک ارزن معمولی به کشت مخلوط ۲۵ درصد ارزن معمولی و ۷۵ درصد کینوا با کاهش ۷۵ درصدی نسبت به تک‌کشتی ارزن اختصاص یافت.

الف



ب



شکل ۱. نتایج نسبت برابری زمین جزئی لوبیا و کینوا (الف) و نسبت برابری زمین کل (ب) در کشت مخلوط لوبیا و کینوا

شاخص‌های رقابتی کشت مخلوط

نسبت برابری زمین (Land Equivalent Ratio)

نسبت برابری زمین (LER) کینوا در تمام الگوهای کشت مخلوط با لوبیا غیر از کشت یک ردیف لوبیا + سه ردیف کینوا (۳:۱) و دو ردیف لوبیا + سه ردیف کینوا (۳:۲)، بیشتر از یک بود (شکل ۱- الف). به‌طوری‌که نسبت برابری زمین جزئی کینوا در کشت مخلوط بیشتر از لوبیا مشاهده شد که می‌توان چنین نتیجه‌گیری نمود که کینوا از کشت مخلـوط بـا لوبیا اثـر مثبـت پذیرفته است. بیشترین نسبت برابری زمین مربوط به الگوی کاشت سه ردیف لوبیا +یک ردیف کینوا (۱/۳۲) بود یعنی ۳۲ درصد سطح زیر کشت بیش‌تری نسبت به کشت خالص لازم است تا محصولی معادل با کشت مخلوط با الگوی سه ردیف لوبیا +یک ردیف کینوا حاصل شود (شکل ۱- ب)، در حالی که نسبت برابری زمین لوبیا (شکل ۱- الف) در الگوی کشت یک ردیف لوبیا + دو ردیف کینوا بیشترین مقدار را داشت (۰/۷۷) به نحوی که در تمام الگوهای کشت شاخص برابری زمین جزئی لوبیا کمتر از واحد بود (شکل ۱- الف). شاخص نسبت برابری زمین کل در تمام الگوهای کشت مخلوط کینوا و لوبیا بیشتر از یک بود (شکل ۱- ب) که بدین معنی است که در کشت مخلوط سود مثبت وجود دارد و این موضوع نشان می‌دهد که تسهیل بین‌گونه‌ای بیش از رقابت بین-گونه‌ای بوده است. بیش‌ترین مقدار این صفت به الگوی کشت دو ردیف لوبیا + یک ردیف کینوا و سه ردیف لوبیا + دو ردیف کینوا (۱/۸۴) تعلق داشت از طرفی کمترین مقدار نسبت برابری زمین کل نیز متعلق به الگوی کشت دو ردیف لوبیا + سه ردیف کینوا با مقدار ۱/۵۹ بود. بر اساس مقادیر نسبت برابری زمین، ۸۴-۵۹ درصد سطح زیر کشت بیشتری در کشت خالص نیاز است تا عملکردی مشابه کشت مخلوط حاصل شود. استفاده کارآمد از منابع محیطی، تبادل مواد غذایی، افزایش توانایی رقابتی در کنترل علف‌های هرز، تثبیت نیتروژن، وجود اختلاف در سیستم ریشه‌ای اجزای مخلوط و جذب بیشتر تشعشع دلیل افزایش نسبت برابری زمین در کشت مخلوط می-باشد (۴). دباغ محمدی نسب و همکاران (۹) در ارزیابی کشت مخلوط ذرت و سه رقم لوبیا با کاربرد کودهای زیستی و شیمیایی گزارش کردند که بیشترین عملکرد اقتصادی لوبیا و ذرت از کشت خالص به‌دست آمد و در تمام تیمارهای مخلوط نسبت برابری زمین نسبت برابری زمین بالاتر از یک بود که این امر نشان‌دهنده برتری کشت مخلوط در مقایسه با کشت خالص

می‌باشد. در نتایج حاصل از کشت مخلوط افزایشی ذرت شیرین و ماش نسبت برابری زمین در تمامی تیمارهای مخلوط بیشتر از یک گزارش شده است (۱۵). در یک بررسی روی کشت مخلوط باقلا و گندم طی دو سال متوالی، نسبت برابری زمین بین ۱/۸۵ تا ۲/۰۲ بود (۸). پژوهش رضایی چیانه (۳۲) نشان داد که نسبت برابری زمین کل در الگوهای مختلف کشت لوبیا و بزرک بالاتر از یک بود که نشان‌دهنده برتری کشت مخلوط نسبت به کشت خالص دو گونه بود. کمترین نسبت برابری زمین (۱/۰۵) از کشت مخلوط یک ردیف لوبیا+ یک ردیف بزرک و بالاترین مقدار آن (۱/۸۹) از کشت مخلوط دو ردیف لوبیا+ دو ردیف بزرک حاصل شد که نشان دهنده ۸۹ درصدی افزایش سودمند زراعی نسبت به کشت خالص دو گونه دارد.

شاخص افت عملکرد واقعی (Actual Yield Loss)

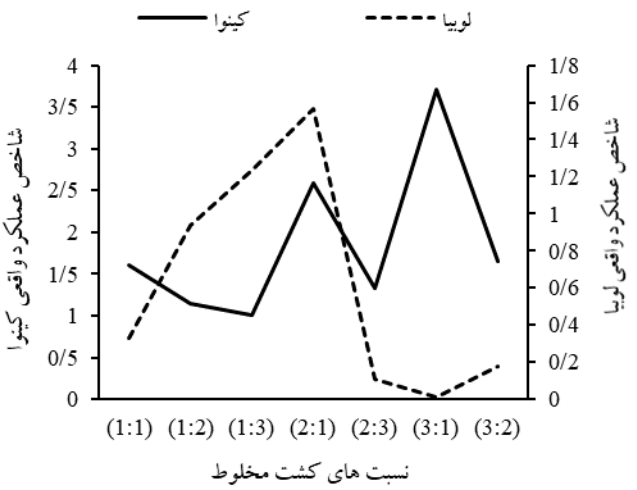
مقادیر شاخص افت عملکرد واقعی کینوا در الگوهای مختلف کشت مخلوط بیشتر از عملکرد واقعی لوبیا بود (شکل ۲- الف) که نشان‌دهنده این است که کینوا در کشت مخلوط مقاومت بیشتری نسبت به کاهش عملکرد در مقایسه با لوبیا دارد. بیشترین مقدار شاخص عملکرد واقعی کل مربوط به الگوی کشت یک ردیف لوبیا + سه ردیف کینوا بوده و در تمام الگوهای کشت این مقدار مثبت بود که بیانگر تاثیر مفید این دو گیاه بر یکدیگر و سودمندی کشت مخلوط بوده است (شکل ۲- ب).

احمدوند و حاجی نیا (۲) در بررسی کشت مخلوط ارزن با سویا، مشخص کردند در نسبت‌های مختلف کشت مخلوط افت واقعی عملکرد وجود نداشت. نجفی و همکاران (۲۹) نیز در کشت مخلوط ذرت با لوبیا دریافتند که در تمام تیمارهای مخلوط مقدارشاخص عملکرد واقعی مثبت بود و افت عملکرد وجود نداشت و دلیل آن را به استفاده بهینه از منابع محیطی و حداقل رقابت بین‌گونه‌ای و درون گونه‌ای نسبت دادند. وحیدی و همکاران (۴۳) با بررسی کشت مخلوط ارزن معمولی و کینوا و با توجه به شاخص عملکرد واقعی نشان دادند که ارزن معمولی بیشتر تحت تأثیر افزایش تراکم یا به عبارتی رقابت درون‌گونه‌ای قرار گرفته است، درحالی‌که کینوا بیشتر متأثر از عامل نسبت‌های کاشت و رقابت بین‌گونه‌ای بوده است.

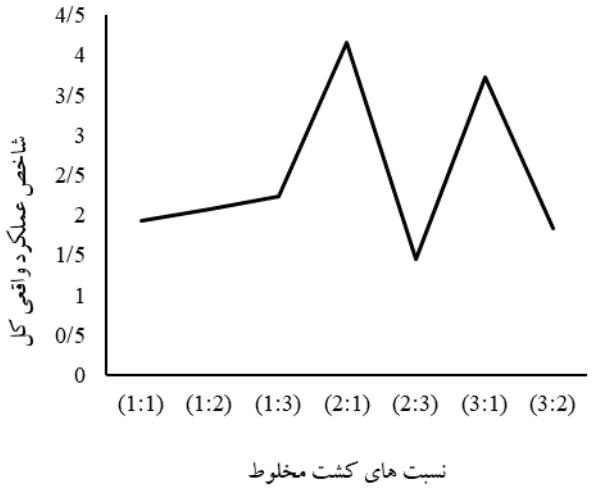
شاخص غالبیت (Aggressivity Index) و نسبت رقابت (Competition Ratio)

شاخص غالبیت بیانگر معیاری از ارتباطات رقابتی بین دو گیاه در کشت مخلوط است. نتایج نشان داد که میزان غالبیت در کینوا غیر از الگوی کشت سه ردیف لوبیا + یک ردیف کینوا (۱:۳) در تمام الگوهای کشت دیگر مثبت بوده است (شکل ۳- الف). این درحالی است که این شاخص در تمام الگوهای کشت لوبیا منفی بود که نشان‌دهنده توانایی رقابتی بیشتر کینوا نسبت به لوبیا است (۱۴). در پژوهش حاضر نتایج غالبیت با نتایج نسبت رقابت مطابقت داشت (شکل‌های ۳- الف و ب) به‌نحوی که در همه نسبت‌های کشت میزان نسبت رقابت کینوا بالاتر از یک است، غیر از الگوی کشت سه ردیف لوبیا + یک ردیف کینوا (۱:۳) که حاکی از غالب بودن گیاه کینوا در کشت مخلوط در الگوهای مختلف کشت نسبت به لوبیا است. شاخص غالبیت، رابطه رقابتی بین دو گیاه در کشت مخلوط را نشان می‌دهد. اگر این ضریب برابر صفر باشد نشان می‌دهد که بین دو گونه هیچ نوع رقابتی وجود ندارد و به عبارت دیگر رقابت درون‌گونه‌ای با برون‌گونه‌ای برابر است. علامت‌های مثبت و منفی به‌ترتیب نشان‌دهنده غالب و مغلوب بودن گونه‌ها است. مشهدی و همکاران (۲۷) در بررسی کشت مخلوط گندم با نخود زراعی گزارش کردند گندم گیاه غالب و نخود مغلوب بود. در بررسی کشت مخلوط سویا و آویشن مشخص شد که میزان غالبیت در همه نسبت‌های کشت برای سویا مثبت و برای آویشن منفی بود که بیانگر توانایی رقابتی بیش‌تر سویا نسبت به آویشن می‌باشد (۴۶). در تحقیقات صورت گرفته در کشت مخلوط جو با نخود فرنگی و کنجد با لوبیا چشم بلبلی غالبیت یک گونه در مخلوط گزارش شده است (۵ و ۳۰).

الف

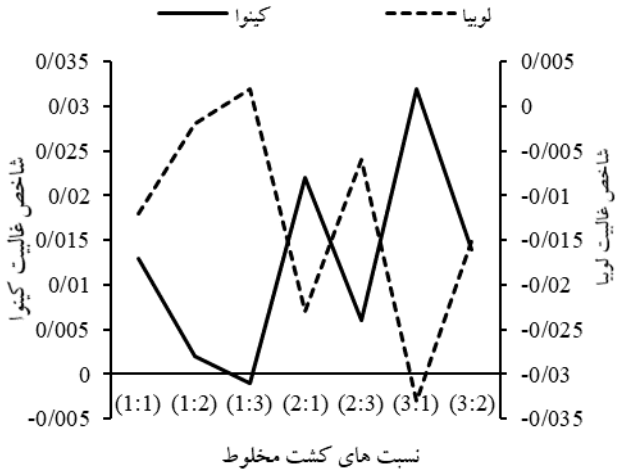


ب

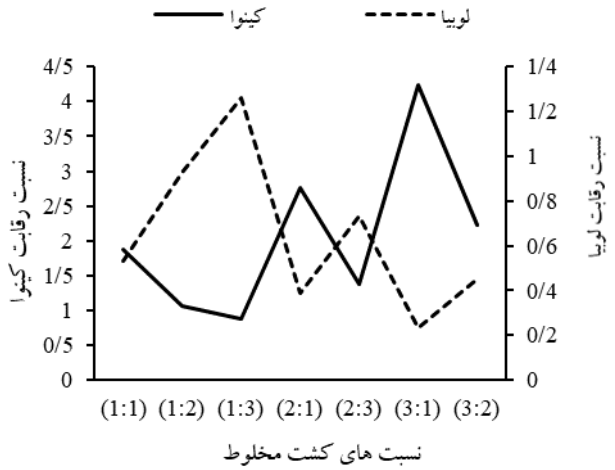


شکل ۲. نتایج شاخص عملکرد واقعی لوبیا و کینوا (الف) و شاخص عملکرد واقعی کل (ب) در کشت مخلوط لوبیا و کینوا

الف



ب



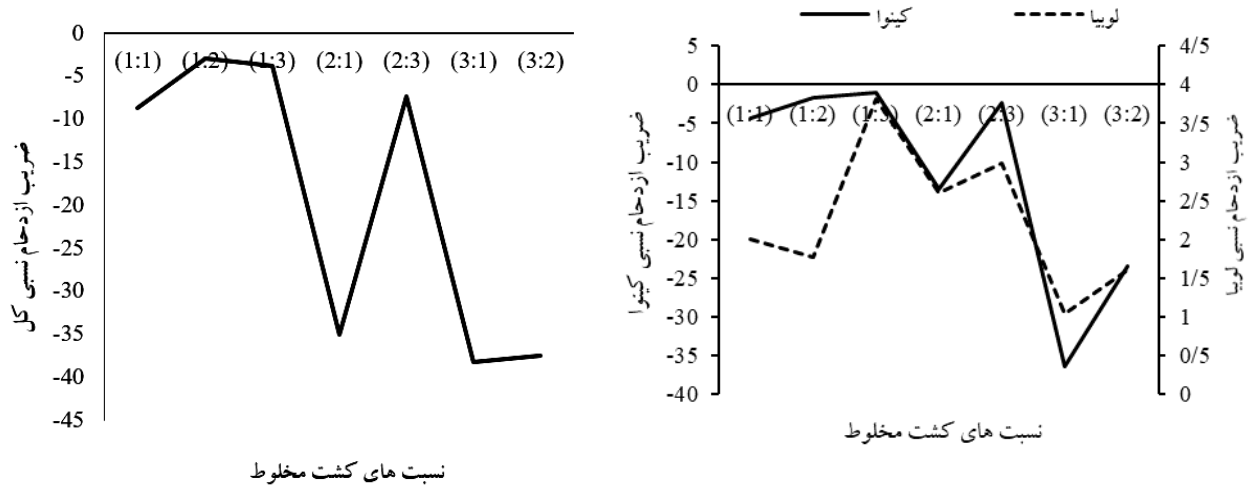
شکل ۳. نتایج شاخص غالبیت لوبیا و کینوا (الف) و نسبت رقابت لوبیا و کینوا (ب) در کشت مخلوط لوبیا و کینوا

ضریب ازدحام نسبی (Relative Crowding Coefficient)

ضریب ازدحام نسبی میزان رقابت بین دو گونه را نشان می‌دهد که حاکی از غالبیت یک گونه نسبت به گونه دیگر کشت مخلوط است. ضریب ازدحام نسبی کینوا در همه نسبت‌های کشت کمتر از یک و برای لوبیا بیشتر از یک بود (شکل ۴- الف) که بیانگر برتری عملکرد لوبیا در کشت مخلوط بود. بیشترین مقدار این شاخص در لوبیا متعلق به الگوی کشت سه ردیف لوبیا + یک ردیف کینوا بود (۱:۳). هر اندازه مقدار ضریب ازدحام نسبی بزرگ‌تر باشد بدان معنی است که هر دو گیاه در کشت مخلوط اثرات رقابتی کمتری بر یکدیگر دارند و در نتیجه کارایی کشت مخلوط افزایش خواهد یافت (۱۴) با توجه به نتایج پژوهش حاضر (شکل ۴- ب) کم بودن ضریب

ازدحام نسبی کل حاکی از رقابت بین‌گونه‌ای قوی بین گیاهان در کشت مخلوط است. نتایج پژوهش وحیدی و همکاران (۴۳)

الف **ب**



شکل ۴. نتایج ضریب ازدحام نسبی لوبیا و کینوا (الف) و ضریب ازدحام نسبی کل (ب) در کشت مخلوط لوبیا و کینوا

در کشت مخلوط ارزن معمولی و کینوا نیز با نتایج پژوهش حاضر مطابقت داشت.

نتیجه‌گیری کلی

با توجه به نتایج پژوهش حاضر بیشترین مقدار شاخص عملکرد واقعی کل مربوط به الگوی کشت یک ردیف لوبیا + سه ردیف کینوا بوده و در تمام الگوهای کشت این مقدار مثبت بود که بیانگر تاثیر مفید این دو گیاه بر یکدیگر و سودمندی کشت مخلوط بوده است. نتایج نشان داد کم بودن ضریب ازدحام نسبی کل حاکی از رقابت بین‌گونه‌ای قوی بین گیاهان در کشت مخلوط است به‌طوری‌که میزان غالبیت در کینوا در الگوهای کشت مورد بررسی بیشتر از گیاه لوبیا بود. بیشترین مقدار عملکرد دانه کینوا و لوبیا به‌ترتیب از الگوی کشت ۱:۳ و کشت خالص حاصل شد و بیشترین ارتفاع بوته و تعداد دانه در بوته کینوا نیز از الگوی کشت ۱:۳ به‌دست آمد. شاخص نسبت برابری زمین کل در تمام الگوهای کشت مورد بررسی بیشتر از یک بود و بیشترین مقدار آن (۱/۸۴) از الگوی کشت ۲:۳ حاصل شد. به‌نظر می‌رسد الگوهای کشت سه دریف لوبیا+ یک ردیف کینوا و سه دریف لوبیا+ دو ردیف کینوا می‌تواند برای ایجاد پایداری و ثبات تولید در افزایش درآمد اقتصادی و بهره-وری استفاده از زمین‌های کشاورزی و بهبود تولید کینوا به‌طور قابل ملاحظه‌ای موثر باشد.

منابع مورد استفاده

1. Abdi, S. 2022. Effect of sowing date and different levels of nitrogen on qualitative and quantitative characteristics of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd) in Ahar. *Journal of Crop production and processing* 12(1): 151-170. (In Farsi).
2. Ahmadvand, G. and S. Hajinia. 2016. Ecological aspects of replacement intercropping patterns of soybean (*Glycine max* L.) and millet (*Panicum miliaceum* L.). *Journal of Agroecology* 7(4): 485-498. (In Farsi).
3. Alizadeh, Y., A. Koocheki and M. Nassiri Mahallati. 2010. Yield, yield components and potential weed control of

intercropping bean (*Phaseolus vulgaris*) with sweet basil (*Ocimum basilicum*). *Iranian Journal of Field Crop Research* 7(2): 541-553. (In Farsi).

4. Amani Machiani, M., E. Rezaei-Chiyaneh, A. Javanmard, F. Maggi and M. R. Morshedloo. 2019. Evaluation of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) seed yield and quali-quantitative production of the essential oils from fennel (*Foeniculum vulgare*) and dragonhead (*Dracocephalum moldavica*) in intercropping system under humic acid application. *Journal of Cleaner Production* 235: 112-122.
5. Amini-Far, J., M. Ramrodi, M. Geloe and Gh. Mohsen-Abadi. 2016. Assessment of sesame-cowpea intercrops function by competition indices. *Research in Crop Ecosystems* 3(1): 1-9. (In Farsi).
6. Chapagain, T. and A. Riseman. 2014. Barley–pea intercropping: Effects on land productivity, carbon and nitrogen transformations. *Field Crops Research* 166: 18-25.
7. Chapagain, T. and A. Riseman. 2018. Nitrogen and carbon transformations, water use efficiency and ecosystem productivity in monocultures and wheat-bean intercropping systems. *Nutrient Cycling in Agroecosystems* 101(1): 107-121.
8. Chen, P., C. Song, X. Liu, M. Zhou, L. Yang, H. Zhang and X. C. Wang. 2019. Yield advantage and nitrogen fate in an additive maize-soybean relay intercropping system. *Science of the Total Environment* 657: 987-999.
9. Dabbagh Mohammadi Nassab, A., R. Amini and E. Tamari. 2015. Evaluation of maize (*Zea mays* L.) and three cultivars of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) intercropping with application of biofertilizers and chemical fertilizers. *Journal of Agricultural Science and Sustainable Production* 25(1): 99-113.
10. Duchene, O., J. Vian and F. Celette. 2017. Intercropping with legume for agroecological cropping systems: complementarity and facilitation processes and the importance of soil micro-organisms. *A review Agriculture Ecosystem Environment* 240: 148-161.
11. Eslami, S. V. 2016. Effect of weeds control on crop growth and yield in additive quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd) and potato (*Solanum tubersum* L.) intercropping. *Iranian Journal of Field Crops Research* 14 (1): 200-214.
12. Food FAO. 2017. Food outlook: Biannual report on global food markets. Available online at: www.fao.org/3/I8080e/I8080e.pdf. Accessed November 2017.
13. Ghale- Noyee, S., A. Koocheki, M. N. P. Yazdi and M. Jahan. 2017. Effect of different treatments of mixed and row intercropping on yield and yield components of sesame and bean. *Iranian Journal of Field Crops Research* 15(3): 588-602. (In Farsi)
14. Ghasemian, V., J. Shafagh and A. Pirzad. 2017. Effect of fertilizer treatments and irrigation regimes on *Lallemantia iberica* seed mucilage yield and compounds. *Journal of Agricultural Science and Sustainable Production* 27(3): 17-31.
15. Gholi- Nejad, A., A.Yadavi, M. Movahhedi Dehnavi and H. Farajee. 2018. The effect of additive intercropping on yield and yield components of sweet corn (*Zea mays* L. *var. Saccharata*) and mungbean (*Vigna radiate* L.) and weed biomass. *Journal of Agroecology* 10(1): 120-134. (In Farsi).
16. Hamzei, J. and N. Ghamari Rahim. 2014. Evaluation of corn-soybean intercropping advantages using agronomic and weed control efficiency indices. *Journal of Agricultural Science and Sustainable Production* 24(3): 61-73.
17. Hauggaard-Nielsen, H., M. Gooding, P. Ambus, G. Corre-Hellou, Y. Crozat, C. Dahlmann, A. Dibet, P. Fragstein, A. Pristeri, M. Monti and E. S. Jensen. 2009. Pea–barley intercropping for efficient symbiotic N2-fixation, soil N acquisition and use of other nutrients in European organic cropping systems. *Field Crops Research* 113: 64-71.
18. Hemayati, S., A. Siadat and F. Sadeghzade. 2012. Evaluation of intercropping of two corn hybrids in different densities. *Iranian Journal of Agricultural Science* 25: 73-87. (In Farsi).
19. Jamali, S., H. Sharifan, A. Hezarjaribi and N. A. Sepahvand. 2016. The effect of different levels of salinity on germination and growth indices of two cultivars of quinoa. *Journal of Soil and Water Conservation* 6: 98-110. (In Farsi).
20. Javanmard, A., A. Rostami, M. Nouraein and G. Gharekhany. 2016. Agronomical, ecological and economical evaluation of wheat- chickpea intercropping under rainfed condition of Maragheh. *Agricultural Science and Sustainable Production* 26(1): 19-37. (In Farsi).
21. Kahraryan, B., F. Farahvash, S. Mohammadi, B. Mirshekari and V. Rashidi. 2018. Evaluation of barley (*Hordeum vulgare* L.) and vetch (*Vicia villosa* Roth.) intercropping. *Journal of Crop Ecophysiology* 4(48): 651-670. (In Farsi).

22. Kalantari-Khandani, S., A. Koocheki and M. Nassiri-Mahallati. 2018. Effects of maize-soybean cultivars as replacement series in intercropping on yield and land equivalent ratio. *Applide Research Field Crops* 31(2): 21-45 (In Farsi).
23. Karimian, M. A., B. Mir, F. Bidranameni and A. Keshtehgar. 2020. Effects of manure and different intercropping patterns on quantitative and qualitative yield of roselle (*Hibiscus Sabdariffa*) and cowpea (*Phasaeolous vulgaris*). *Journal of Crop Science Research in Arid Regions* 2(1): 113-125.
24. Khoramdel, S., A. Sia-margoe and Gh. Mahmodi. 2017. Study the effect in replacement and additive intercropping ajowan (*Trachyspermum ammi* L.) with bean (*Phaseolus vulgaris* L.) in yield and yield component. *Journal of Crop Production* 9(1): 1-24. (In Farsi).
25. Maeffei, M. and M. Mucciarelli. 2003. Essential oil yield in peppermint/ soybean strip intercropping. *Field Crops Research* 84: 229-240.
26. Mao, L., L. Zhang, W. Li, W. Van der Werf, J. Sun, H. Spiertz and L. Li. 2012. Yield advantage and water saving in maize/pea intercrop. *Field Crops Research* 138: 11-20.
27. Mashhadi, T., A. Nakh-Zari and H. Sabouri. 2015. Evaloution of competitive in Intercropping in (*Triticum aestivum* L.) and (*Cicer arietinum* L.) under nitrogen fertilizer. *Journal of Agroecology* 7(3): 344-355.
28. Mikic, A., B. Cupinax, D. Rubiales, V. Mihailovi, L. Sarunaitek, J. Fustec, S. Antanasovicx, D. Krsticx, L. Bedoussac, L. Zoricx, V. DorCevic, V. Peric and M. Srebri. 2014. Models, developments, and perspectives of mutual legume intercropping. *Journal of Advances in Agronomy* 130: 1-83.
29. Najafi, N., S. Mardomi and S. Oustan. 2013. The effect of waterlogging, sewage sludge and manure on selected macronutrients and sodium uptake by sunflower plant in a loamy sand soil. *Journal of Water Soil-Ferdowsi University of Mashhad* 26: 619-636. (In Farsi).
30. Nakhzari, A., O. Dehghan pour and O. Rahemi-Kahrizaki. 2016. Influence of nitrogen levels and intercropping mix ratio of replacement series of forage yield and barley and pea competition indicators. *Journal of Crop Production* 9(1): 199-214.
31. Philipp, A. 2009. What is sustainable agriculture? Empirical evidence of diverging views in Switzerland and New Zealand. *Journal Ecological Economics* 68(6): 1872-1882.
32. Rezaei- Chiyaneh, E. 2016. Intercropping of flax seed (*Linum usitatissimum* L.) and pinto bean (*Phaseolus vulgaris* L.) under foliar application of iron nano chelated and zinc. *Journal of Agricultural Science and Sustainable Production* 26(1): 39-56.
33. Rezaei chiyaneh, E. and A. Pirzad. 2015. Evaluation of yield and advantages of row intercropping of bean (*Phseolus vulgaris* L.) and moldavian balm (*Dracocephalum moldavica* L.) at low input conditions. *Research in Crop Ecosystems* 2(3): 37-51.
34. Rezaei- Chiyaneh, E., M. Tajbakhsh and S. Fotohi Chiyaneh. 2015. Yield and yield components of fenugreek (*Trigonella foenum-graecum* L.) in strip intercropping with ajowan (*Carum copticum* L.) influenced by bio and chemical fertilizer. *Journal of Agricultural Science and Sustainable Production* 24(4): 1-15.
35. Rezaei-Chiyaneh, E., M. Amani Machiani, A. Javanmard, H. Mahdavikia, F. Maggi and M. R. Morshedloo. 2020. Vermicompost application in different intercropping patterns improves the mineral nutrient uptake and essential oil compositions of sweet basil (*Ocimum basilicum* L.). *Journal of Soil Science and Plant Nutrition* 5: 1-17.
36. Rezaei-chiyaneh, E. and A. Dabbagh Mohammadi Nasab. 2014. Evaluation of integrated application of biofertilizers on quantitative and qualitative yield of Ajowan in strip intercropping with of fenugreek. *Journal of Agroecology* 6(3): 582-594.
37. Sadra, T and J. Hamzei. 2021. Evaluation of the Fficiemcy of Triticale (*Tritico secale* Wittmack) Intercropping with winter vetch (*Vicia villosa* L.) by competitive indices under different tillage systems. *Journal of Agricultural Science and Sustainable Production* 31(3): 1-18. (In Farsi).
38. Seyedi, M., J. Hamzei, G. Ahmadvand and M. A. Abutalebian. 2014. The evoulation of weed suppression and crop production in barley-chickpea intercrops. *Agricultural Science and Sustainable Production* 23(3): 101-114. (In Farsi).
39. Shaker-Koohi, S., S. Nasrollahzadeh and Y. Raei. 2014. Evaluation of chlorophyll value, protein content and yield of sorghum (*Sorghum bicolor* L.)/mungbean (*Vigna radiate* L.) intercropping. *International Journal of Biosciences*

4: 136-143.
40. Takil, E., N. Kayan and Y. Altay. 2020. The effects of different sowing patterns and of corn-beans intercropping systems on yield and yield components. *Harran Journal of Agricultural and Food Science* 24(1): 111-125.
41. Tan, M. and S. Temel. 2018. Performance of some quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) genotypes grown in different climate conditions. *Turkish Journal of Field Crops* 23(2): 180-186.
42. Tuulos, A., M. M. Turakainen, J. Kleemolaand and P. Makela. 2015. Yield of spring cereals in mixed stands with under sown winter turnip rape. *Field Crop Research* 174: 71-78.
43. Vahidi, H., S. Mahmoodi, S. Parsa and H. R. Fallahi. 2021. Evaluation the yield and intercropping indices of millet *(Panicum miliaceaum* L.) and quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) under effect of plant density and cultivation ratios in Birjand region. *Journal of Agroecology* 13(3): 471-488.
44. Wang, Z., X. Zhao, P. Wu, J. He, X. Chen, Y. Gao and X. Cao. 2015. Radiation interception and utilization by wheat/maize strip intercropping systems. *Journal of Agricultural and Forest Meteorology* 204: 58-66.
45. Yang, F., S. Huang, R. Gao, W. Liu, T. Yong, X. Wang, X. Wu and W. Yang. 2014. Growth of soybean seedling in relay strip intercropping systems in relation to light quantity and red: far- red ratio. *Field Crops Research* 155: 245-253.
46. Yilmaz, S., A. Ozel, 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.
47. Zabih, V. and S. Saeedipour. 2015. Effect of different planting pattern of (rapeseed-broad bean) using replacement series method on yield performance of rapeseed and weed biomass. *Journal of Agronomy* 14 (4): 286-291.
48. Zhang, G., Z. Yang and S. Dong. 2011. Interspecific competitiveness affects the total biomass yield in an alfalfa and corn intercropping system. *Field Crop Research* 124: 66-73.
49. Zhao, J. H., J. H. Sun and W. Q. Li. 2018. Effect of maize sowing date on yield and interspecific competition in soybean/maize intercropping system. *Chinese Journal of Eco-Agriculture* 26(11): 1634-1642.

Journal of Crop Production and Processing
Vol. 13, No. 3, Fall 2023, Isfahan University of Technology, Isfahan, Iran.

Evaluation of Yield, Yield Components and Competitive Indices in Different Patterns of Intercropping on Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd) and Bean (*Phaseolus vulgaris* L.)

S. Abdi [1*]

(Received: January 08-2023; Accepted: August 26-2023)

Abstract

In order to investigate the effects of different intercropping arrangements on quinoa and bean, a field experiment based on randomized complete block design (RCBD) was conducted with three replications during growing season of 2019-2020 in Ahar, northwest of Iran. The treatments included different intercropping patterns consisting of 1 row of quinoa + 1 row of bean (1:1), 1 row of quinoa + 2 row of bean of quinoa (1:2), 1 row of quinoa + 3 row of bean of quinoa (1:3), 2 row of quinoa + 1 row of bean of quinoa (2:1), 2 row of quinoa + 3 row of bean of quinoa (2:3), 3 row of quinoa + 1 row of bean of quinoa (3:1), 3 row of quinoa + 2 row of bean of quinoa (3:2) and sole cropping of quinoa and bean. Results showed that intercropping patterns had significant effect on all of the studied traits of quinoa and bean. The maximum grain yield (1123.4 kg/ha) and biological yield (2625.25 kg/ha) of quinoa were obtained at 2 row of quinoa + 3 row of bean in quinoa and sole cropping, respectively. The maximum grain yield and biological yield for bean were achieved at sole cropping. The average yield loss (AYL) index of quinoa in different arrangements of intercropping was higher than the AYL of bean, which indicates that quinoa in intercropping is more resistant to yield reduction compared to bean. The highest land equivalent ratio (LER) values (1.84) were obtained from 2 row of quinoa + 3 row of bean arrangement. This means that intercropping improved land use efficiency by 84%, compared with monocropping.

Keywords: Actual Yield, Aggressivity Index, Benefits, Competition Ratio

1. Assistant professor, Ahar Faculty of Agriculture and Natural Resources, University of Tabriz, Tabriz, Iran.
*: Corresponding Author, Email: s.abdi@tabrizu.ac.ir