

Yield response and Intercropping Index of Quinoa and Guar medicinal plants to different ratios of intercropping in Mashhad condition

Sahar Araghian¹ | Reza Sadrabadi Haghghi^{2*} | Mohsen Ghasemi³ |
Alireza Sohani Darban⁴

¹ Department of Agricultural Science, Mashhad Branch, Islamic Azad University, Mashhad, Iran

² Department of Agricultural Science, Mashhad Branch, Islamic Azad University, Mashhad, Iran, Email: rsadrabadi@mshdiau.ac.ir

³ Department of Agricultural Science, Mashhad Branch, Islamic Azad University, Mashhad, Iran

⁴ Department of Agricultural Science, Mashhad Branch, Islamic Azad University, Mashhad, Iran

Article Info

Article type:
Research Full Paper

Article history:
Received: 2021/04/30
Revised: 2021/08/05
Accepted: 2021/09/05

Keywords:
Guar
Intercropping
Land Equivalent ratio
Plant density
Quinoa

ABSTRACT

Background and objectives: Due to the increasing population and food shortage, increasing agricultural production is becoming more important, increasing the area under cultivation and increasing yield per unit area are two ways to increase agricultural production. Mixed cultivation is a low-income agricultural method that aims to make optimal use of land, light and water to produce a desirable level of crops.

Materials and methods: In order to investigate the effect of intercropping and different densities of quinoa and guar cultivation in the climatic conditions of Mashhad in May 2019 in the research farm of the Faculty of Agriculture, Islamic Azad University located in Golbahar. This factorial study was conducted in a randomized complete block design with three replications. Factors tested included (Q: pure culture of quinoa, G: pure culture of guar and quinoa + guar in 1: 1, 1: 2 and 2: 1 row ratio) and plant density (D1: 10 plants, D2: 15 and D3: 20 plants per square meter). Plant density was adjusted by changing the distance between plants on the row. Row spacing treatments included: 20 cm equivalent to 10 plants per square meter, 15 cm, and equivalent to 15 plants per square meter and 10 cm, equivalent to 20 plants per square meter.

Results: The results showed that the main and interaction effects of intercropping ratios and plant density on quinoa and guar seed yield and different indices of intercropping usefulness (land Equivalent ratio (LER), actual guar and quinoa yield reduction ratio, relative quinoa and guar congestion coefficient, the income equality ratio and the usefulness of intercropping were significant at the level of 1% probability. So that the highest yield of quinoa and guar seeds with 1480 and 2655 g m⁻² of quinoa and guar mixed cultivation treatments with ratios of 2 rows of quinoa and 1 row of guar at a density of 10 plants m⁻² and for guar from mono-culture treatment, respectively. The lowest yields of quinoa and guar seeds with an average of 115 and 269 g m⁻² were obtained from the density of 20 plants per square meter and the ratio of mixed cultivation of two rows of quinoa and 1 guar gum, which is due to intra-species competition due to increase plant density. The highest amount of quinoa LER and total was related to the treatment of two rows of quinoa and one row of guar gum at a density of 15 plants per square meter. For Guar gum, the LER level in all studied

treatments was less than one. The total LER in 2G: 1Q treatment was less than one in all three densities, which indicates that increasing the share of guar in the composition, led to a decrease in total LER. This may be due to the very low yield of guar gum in 2G: 1Q treatment. In the other treatments studied, the LER level was higher than one, which indicates the usefulness of intercropping compared to pure culture.

Conclusion: According to the results, the planting density of 10 plants per square meter was the best planting density and the ratio of mixed cultivation of 2 quinoa rows and a row of guar was the best treatment in this study, which can be recommended to farmers.

Cite this article: Araghian, S., Sadrabadi Haghighi, R., Ghasemi, M., Sohani Darban, A.R. 2022. Yield response and Intercropping Index of Quinoa and Guar medicinal plants to different ratios of intercropping in Mashhad condition. *Crop Production Journal*, 14 (4), 85-104.



© The Author(s).

DOI: 10.22069/EJCP.2022.19011.2417

Publisher: Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources



واکنش عملکرد و شاخص های کشت مخلوط گیاهان دارویی کینوا و گوار به نسبت های مختلف کشت مخلوط در شرایط اقلیمی مشهد

سحر عراقیان^۱ | رضا صدرآبادی حقیقی^{۲*} | محسن قاسمی^۳ | علیرضا سوهانی دربان^۴

۱. گروه علوم کشاورزی، واحد مشهد، دانشگاه آزاد اسلامی، مشهد، ایران

۲. گروه علوم کشاورزی، واحد مشهد، دانشگاه آزاد اسلامی، مشهد، ایران، رایانامه: rsadrabadi@mshdiau.ac.ir

۳. گروه علوم کشاورزی، واحد مشهد، دانشگاه آزاد اسلامی، مشهد، ایران

۴. گروه علوم کشاورزی، واحد مشهد، دانشگاه آزاد اسلامی، مشهد، ایران

اطلاعات مقاله	چکیده
نوع مقاله:	سابقه و هدف: با توجه به افزایش روزافزون جمعیت و کمبود مواد غذایی، افزایش تولیدات کشاورزی بیش از پیش اهمیت می یابد. افزایش سطح زیر کشت و افزایش عملکرد در واحد سطح دو روش افزایش تولیدات کشاورزی محسوب می شوند. کشت مخلوط یک روش کشاورزی کم نهاده است که هدف آن استفاده بهینه از زمین، نور و آب به منظور تولید سطح مطلوبی از گیاهان زراعی است.
مقاله کامل علمی-پژوهشی	
تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۰۲/۱۰	
تاریخ ویرایش: ۱۴۰۰/۰۵/۱۴	
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۶/۱۴	
واژه های کلیدی:	مواد و روش ها: به منظور بررسی اثر کشت مخلوط و تراکم های مختلف کشت کینوا و گوار آزمایشی در شرایط اقلیمی مشهد در اردیبهشت ماه سال ۱۳۹۸ در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه آزاد اسلامی واقع در شهر گلپهار اجرا گردید. این پژوهش به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک های کامل تصادفی در سه تکرار انجام گرفت. فاکتورهای مورد آزمایش شامل کشت خالص کینوا (Q)، کشت خالص گوار (G) و کینوا + گوار در نسبت ردیف ۱:۱، ۱:۲ و ۲:۱ و تراکم بوته (D1: ۱۰ بوته در مترمربع، D2: ۱۵ بوته در مترمربع و D3: ۲۰ بوته در مترمربع) بود. تراکم بوته از طریق تغییر در فاصله بوته ها در روی ردیف تنظیم شد. تیمارهای فاصله روی ردیف شامل: ۲۰ سانتی متر معادل با ۱۰ بوته در مترمربع، ۱۵ سانتی متر، معادل با ۱۵ بوته در مترمربع و ۱۰ سانتی متر، معادل با ۲۰ بوته در مترمربع بودند.
تراکم بوته	
کینوا	
کشت مخلوط	
گوار	
نسبت برابری زمین	
	یافته ها: نتایج نشان داد که اثر اصلی و متقابل نسبت های کشت مخلوط و تراکم بوته بر عملکرد دانه کینوا و گوار و شاخص های مختلف سودمندی کشت مخلوط (نسبت برابری زمین (LER)، شاخص کاهش واقعی عملکرد گوار و کینوا، ضریب ازدحام نسبی کینوا و گوار، نسبت برابری درآمد و سودمندی کشت مخلوط) در سطح احتمال ۱ درصد معنی دار بود. به طوری که بالاترین عملکرد دانه کینوا و گوار به ترتیب با مقادیر ۱۴۸۰ و ۲۶۵۵ گرم در مترمربع به ترتیب از تیمارهای کشت مخلوط کینوا و گوار با نسبت های ۲:۱ ردیف کینوا و ۱ ردیف گوار در تراکم ۱۰ بوته در مترمربع و برای گوار از تیمار کشت خالص گوار از همین تراکم بوته به دست آمد. کم ترین مقادیر عملکرد دانه کینوا و گوار نیز با میانگین ۱۱۵ و ۲۶۹ گرم در متر مربع از تراکم کشت ۲۰ بوته در مترمربع و از نسبت کشت مخلوط دو ردیف کینوا و ۱ ردیف گوار به دست آمد که دلیل این امر را می توان رقابت درون گونه ای به دلیل افزایش تراکم بوته دانست. همچنین، نتایج نشان داد که بیش ترین میزان LER کینوا و کل مربوط به تیمار دو ردیف کینوا و یک

ردیف گوار در تراکم ۱۵ بوته در مترمربع بود. برای گیاه گوار میزان LER در همه تیمارهای مورد مطالعه، کم تر از یک بود. میزان LER کل در تیمار 2G:1Q در هر سه تراکم مورد مطالعه کم تر از یک بود که نشان می دهد افزایش سهم گوار در میزان ترکیب، منجر به کاهش LER کل شد. این امر ممکن است به دلیل عملکرد بسیار کم دانه گوار در تیمار 2G:1Q باشد. در بقیه تیمارهای مورد مطالعه، میزان LER بالاتر از یک بود، که سودمندی کشت مخلوط نسبت به کشت خالص را نشان می دهد.

نتیجه گیری: بنابر نتایج به دست آمده تراکم کشت ۱۰ بوته در مترمربع بهترین تراکم کشت و نسبت کشت مخلوط ۲ ردیف کینوا و یک ردیف گوار بهترین تیمار در این تحقیق به دست آمد که می توان این ترکیب کاشت را به کشاورزان توصیه نمود.

استناد: عراقیان، س.، صدرآبادی حقیقی، ر.، قاسمی م.، سوهانی دربان، ع.ر. (۱۴۰۰). واکنش عملکرد و شاخص های کشت مخلوط گیاهان دارویی کینوا و گوار به نسبت های مختلف کشت مخلوط در شرایط اقلیمی مشهد. تولید گیاهان زراعی، ۱۴ (۴)، ۸۵-۱۰۴.

DOI: 10.22069/EJCP.2022.19011.2417



© نویسندگان.

ناشر: دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

مقدمه

با توجه به افزایش روزافزون جمعیت و کمبود مواد غذایی، افزایش تولیدات کشاورزی بیش از پیش اهمیت می‌یابد. افزایش سطح زیرکشت و افزایش عملکرد در واحد سطح دو روش افزایش تولیدات کشاورزی محسوب می‌شوند (۲۴). با این وجود، راه مهم‌تر دیگری وجود دارد که بدون متحمل شدن هزینه‌های اضافی و با استفاده از آب و کود موجود بتوان تولید بیش‌تری نمود و آن استفاده از زمان است که شامل افزایش تولیدات کشاورزی در واحد سطح با کشت بیش از یک گیاه در یک سال زراعی می‌باشد. کشت مخلوط زمانی موفقیت آمیز است که مجموع رقابت بین گونه‌ای برای کسب منابع از مجموع رقابت درون گونه‌ای کم‌تر باشد. گیاهان در سیستم مخلوط را می‌توان طوری انتخاب کرد که یک گونه مستقیماً از تغییرات محیطی، که به‌وسیله دیگر گونه‌ها در کشت مخلوط پدید می‌آید، سود ببرد (۸). کشت مخلوط به دلیل رقابت گیاهان با علف‌های هرز از رشد و توسعه آن‌ها ممانعت به عمل می‌آورد و این امر با وجود عدم کاربرد علف‌کش، به افزایش تولید در این نوع سیستم کشت منجر شود. از طرفی، چون مصرف سموم گیاهی در این سیستم کم‌تر است، میزان آلودگی محیط زیست نیز به همان نسبت تقلیل خواهد یافت (۴۳).

کشت مخلوط یک روش کشاورزی کم‌نهاد است که هدف آن استفاده بهینه از زمین، نور و آب به منظور تولید سطح مطلوبی از گیاهان زراعی است (۱۰). در الگوی کشت مخلوط عواملی هم‌چون نوع گیاه زراعی (۳۱)، نسبت تراکمی (۱۱) و واکنش‌های رقابتی (۴۴) هر یک از گیاهان در مخلوط، در رشد مناسب هر دو یا یکی از گونه‌های زراعی مؤثر می‌باشند. در کشت مخلوط، استفاده از گیاهان تیره لگومینوز به‌دلیل ویژگی منحصر به فرد آنها در تثبیت بیولوژیک نیتروژن و تولید

پروتئین بالا، کارآیی سیستم را افزایش می‌دهد (۲۰). لگوم‌ها بهترین ترکیب در کشاورزی حفاظتی (۲۶) و یک راه‌کار زراعی برتر و مهم‌ترین الگوی تولید محصول در کشورهای پیشرفته و در حال توسعه به‌ویژه در شرایط محدودیت منابع آبی به شمار می‌روند (۴۳). از عوامل مهم دیگر تعیین‌کننده عملکرد گیاهان زراعی، رعایت فاصله کشت روی ردیف مناسب یا به عبارتی رعایت تراکم مطلوب می‌باشد. اگر از تعداد بوته مناسب در واحد زمین بهره‌برداری نشود، در واقع از پتانسیل موجود بهره لازم برده نشده است. (۱۸). تراکم کاشت یکی از مهم‌ترین تصمیمات مدیریتی است که سبب کنترل رقابت بین گیاهان در سیستم‌های کاشت مخلوط می‌شود (۳۳).

محققان زیادی برتری کشت مخلوط نسبت به کشت خالص را بیان داشته‌اند. علیزاده و همکاران (۲۰۰۹) بیان داشتند که در کشت مخلوط لوبیا با ریحان رویشی، اختلاف معنی‌داری در درصد اسانس بین تیمارها مشاهده نشد، اما عملکرد اسانس در کشت خالص و کشت مخلوط چهار ریحان دو لوبیا در شرایط کنترل علف هرز بیش‌تر از همه تیمارها بود (۶). در گیاه لوبیا نیز تعداد دانه و غلاف در بوته، عملکرد اقتصادی، عملکرد زیستی و ارتفاع بوته بین تیمارهای مختلف اختلاف معنی‌داری داشت، ولی تعداد دانه در غلاف، شاخص برداشت، تعداد شاخه در بوته و وزن صد دانه تحت تاثیر تیمارها قرار نگرفت. همچنین، ارزیابی نسبت برابری زمین (LER^۱) نشان داد که تقریباً تمامی تیمارهای کشت مخلوط با لوبیا بر کشت خالص آن‌ها برتری دارد. نسبت برابری (LER) زمین معیاری از جذب نور در جامعه گیاهان مخلوط است. اگر میزان برابری زمین بیش‌تر از یک باشد نشان‌دهنده بهبود جذب نور است. همچنین، LER بیش‌تر از یک می‌تواند ناشی از کارایی

خشک، نواحی سرد یا گرم، ناحیه‌های با ارتفاع بیش از ۴۰۰۰ متر از سطح دریا، بیش‌تر نواحی آمریکای آسیا و اروپا قابلیت سازگاری بالایی دارد (۱۹). گوار (*Cyamopsis tetragonoloba* L.) گیاهی یک‌ساله از خانواده فاباسه از تیره نیامداران و خانواده لگوم، گیاهی خود گرده‌افشان و بومی هند و پاکستان است و برای کشور ما یک گیاه غیربومی محسوب می‌شود (۱۳). گوار گیاهی روز بلند با عادت رشدی سریع، گزینه‌ای مناسب برای تولید دانه در مناطق خشک و نیمه‌خشک است (۷). تعیین یک سیستم کشت مخلوط مطلوب جهت استفاده کارآمدتر از منابع و افزایش سودمندی به انتخاب گیاهان با ساختار تاج پوشش و سیستم ریشه‌ای متفاوت بستگی دارد که در استفاده مکانی و زمانی از منابع محیطی، متفاوت عمل نموده و بنابراین، از نور، آب و عناصر غذایی به نحو کارآمدتری استفاده می‌نمایند. کینوا و گوار به لحاظ ساختار تاج پوشش و سیستم توزیع ریشه متفاوت هستند. بنابراین، به نظر می‌رسد قادر خواهند بود به عنوان دو جزو مناسب در یک کشت بوم در کنار یکدیگر حضور پیدا کنند. هدف از این پژوهش تعیین مناسب‌ترین الگوی کشت مخلوط کینوا و گوار در راستای افزایش بهره‌وری از فضا و ارتقای عملکرد کمی و کیفی این دو گیاه در شرایط اقلیمی خراسان رضوی می‌باشد.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در اردیبهشت ماه سال ۱۳۹۸ در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه آزاد اسلامی واقع در شهر گلپه‌ار (۳۵ کیلومتری شمال غربی مشهد) در عرض شمالی ۳۶ درجه و ۱۷ دقیقه و در طول شرقی ۵۹ درجه و ۳۶ دقیقه و ارتفاع ۹۷۰ متر از سطح دریا انجام شد. متوسط بارندگی سالیانه ۲۸۶ میلی‌متر و حداکثر و حداقل دمای مطلق سالانه

مصرف نور بالاتر در مخلوط در مقایسه با کشت خالص باشد (۳۶). نقش اختلاف مورفولوژیک در دستیابی به LER بالاتر توسط سلیم (۲۰۰۳) در کشت مخلوط آفتابگردان و ماش، همچنین دوا و همکاران (۲۰۰۵) در کشت مخلوط سیب‌زمینی و لوبیا سبز گزارش شده است (۱۵). سینگ (۲۰۰۷) اعلام کرد که با کشت مخلوط آفتابگردان و لوبیا LER به ۱/۲۵ رسید (۴۱). سادی و المتولی (۲۰۰۹) طی آزمایشی اعلام کردند که با کشت مخلوط آفتابگردان و سویا مقدار نسبت برابر زمین به ۱/۳۷ رسید (۳۹). همچنین، احمدی و همکاران (۲۰۱۰) در مطالعه‌ای که بر روی ارزیابی عملکرد و شاخص‌های سودمندی کشت مخلوط جو و ماشک گل‌خوشه‌ای انجام داد، مشاهده کردند که بیش‌ترین میزان کاهش یا افزایش عملکرد واقعی AYL متعلق به تیمار افزایشی ۱۰۰:۱۵ می‌باشد که برابر ۷/۴۳ است و کم‌ترین میزان این شاخص مربوط به تیمار افزایشی ۱۰۰:۴۵ است که معادل ۲/۰۶ می‌باشد (۱۰).

گیاه کینوا (*Chenopodium quinoa* Willd) از خانواده Amaranthaceae و زیر خانواده Chenopodiaceae دارای دانه‌های خوراکی سرشار از پروتئین است که جزو شبه غلات دسته‌بندی می‌شود (۴۰). کینوا گیاهی یک‌ساله، پهن برگ، دولپه دارای ریشه‌ایی با نفوذپذیری عمیق و به مادر دانه‌ها معروف است (۳۲). دانه‌های آن منبع غنی از روغن با کیفیت بالا، پروتئین، آنتی‌اکسیدان‌های طبیعی، مواد معدنی و ویتامین‌ها هستند (۴۶). طبق مستندات موجود، کینوا یک گیاه شورزیست اختیاری و امیدبخش برای تامین کالری مورد نیاز بشر می‌باشد که کشت آن تا سطح شوری آب دریا امکان‌پذیر است (۲). نتایج بسیاری از تحقیقات نشان داده است که کشت رقم‌های مختلف کینوا به طیف گسترده‌ای از شرایط اقلیمی مانند ناحیه‌های با بارندگی بالا یا

نمونه خاک به صورت تصادفی از عمق ۳۰ - ۰ سانتی متری به منظور تجزیه خصوصیات فیزیکی و شیمیایی تهیه و به آزمایشگاه منتقل و تجزیه گردید.

در این منطقه به ترتیب ۲۲ و ۲۷/۸- درجه سانتی گراد است. آب و هوای منطقه بر اساس روش آمبرژه سرد و خشک است. پس از انتخاب محل اجرای طرح قبل از انجام هرگونه عملیات آماده سازی زمین، از مزرعه

جدول ۱- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک منطقه مورد آزمایش.

Table 1. Physical and chemical properties of soil in the tested area.

عمق (سانتی متر) Deep(cm)	اسیدیته خاک pH	هدایت الکتریکی (دسی زیمنس بر متر) Electrical conductivity (dS/m)	ماده آلی (درصد) OC(%)	نیتروژن (میلی گرم در کیلوگرم) Nitrogen (Mg/kg)	فسفر (میلی گرم در کیلوگرم) Phosphorus(Mg/kg)	پتاس قابل جذب (میلی گرم در کیلوگرم) Absorbable potash(Mg/kg)	شن (درصد) Sand (%)	سیلیت (درصد) Silit(%)	رسی (درصد) clay(%)
0-30	7.78	1.46	0.251	0.031	17.39	143	40	31	29

۶ ردیف با فاصله ۵۰ سانتی متر برابر بود. این آزمایش دارای ۳ بلوک و هر بلوک شامل ۱۵ کرت بود. طول هر کرت ۶ متر و عرض آن ۳ متر و فاصله بین دو کرت ۵۰ سانتی متر و فاصله بین هر بلوک با بلوک مجاور ۱ متر در نظر گرفته شد. کشت هر دو گیاه در ۲۱ اردیبهشت ماه سال ۱۳۹۸ و به روش دستی و به صورت خشکه کاری و هم زمان با هم انجام گردید. بعد از کاشت بلافاصله نسبت به آبیاری اقدام شد. آبیاری به صورت قطره ایی و به وسیله تیپ انجام گرفت. پس از سبز شدن کینوا و گوار دور آبیاری هر ۷ روز یکبار تنظیم شد. در طول فصل رشد به دلیل توجه به مبانی پایداری و کشاورزی اکولوژیک و کم نهاده و کشت ارگانیک، از هیچ گونه کود و سموم حشره کش و آفت کش استفاده نگردید و علف های هرز هم از طریق وجین دستی کنترل گردید. در پایان فصل رشد به منظور ارزیابی عملکرد و اجزای عملکرد از هر کرت به صورت تصادفی ۵ بوته کینوا و ۵ بوته گوار برداشت گردید. برای اندازه گیری عملکرد دانه بعد از حذف ردیف های حاشیه ای و نیم متر از بالا و پایین هر کرت برای هر گیاه جهت

این پژوهش به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک های کامل تصادفی در سه تکرار انجام گرفت. فاکتورهای مورد آزمایش شامل (کشت خالص کینوا (Q)، کشت خالص گوار (G) و کینوا + گوار در نسبت ردیف ۱:۱، ۱:۲ و ۲:۱) و تراکم بوته (D1: ۱۰ بوته در متر مربع، D2: ۱۵ بوته در متر مربع و D3: ۲۰ بوته در متر مربع) بود. تراکم بوته از طریق تغییر در فاصله بوته ها در روی ردیف تنظیم شد. تیمارهای فاصله روی ردیف شامل: ۲۰ سانتی متر معادل با ۱۰ بوته در متر مربع، ۱۵ سانتی متر، معادل با ۱۵ بوته در متر مربع و ۱۰ سانتی متر، معادل با ۲۰ بوته در متر مربع بودند. جهت آماده سازی زمین ابتدا عملیات شخم انجام و سپس جهت تسطیح زمین از دیسک و لوور استفاده شد. آن گاه به وسیله دستگاه جوی و پشته ساز، جوی و پشته هایی به عرض ۵۰ سانتی متر ایجاد گردید و بلوک بندی زمین جهت اعمال تیمارهای مورد نظر انجام شد. فاصله بین ردیف ها ثابت و برابر ۵۰ سانتی متر و فاصله روی ردیف ها (بین بوته ها) بر اساس تراکم و نسبت مورد نظر تغییر کرد. داخل هر کرت ۶ ردیف جهت کشت ایجاد شد. هر کرت شامل

میزان رقابت بین کینوا (a) و گوار (b) است، ابتدا با استفاده از رابطه ۲ ضریب نسبی تراکم هر یک از دو گونه محاسبه شده و سپس ضریب ازدحام نسبی از رابطه ۳ به دست آمد:

$$K_a = Y_{ab} * Z_{ba} / (Y_{aa} - Y_{ab}) * Z_{ab} \quad \text{رابطه ۲:}$$

$$RCC = K_a * K_b \quad \text{رابطه ۳:}$$

در این روابط k_a ضریب نسبی تراکم گونه a ، Y_{aa} محصول گونه a در تک کشتی، Y_{ab} محصول گونه a در کشت مخلوط با گونه b ، Z_{ab} نسبت مخلوط گونه a و Z_{ba} نسبت مخلوط گونه b می‌باشند.

شاخص کاهش واقعی عملکرد (Actual yield loss)

برای ارزیابی رفتار هر یک از گونه‌ها در کشت مخلوط و همچنین رقابت بین و درون گونه‌ای اجزای مخلوط هم از این شاخص می‌توان استفاده کرد. این شاخص میزان کاهش واقعی عملکرد هر یک از اجزای مخلوط را در مقایسه با کشت خالص مربوطه براساس نسبت‌های کشت مورد مطالعه نشان می‌دهد. این شاخص به نوعی افزایش و یا کاهش محصول هر یک از گیاهان را در مقایسه با محصول پیش‌بینی شده ارزیابی می‌کند و گیاهان غالب و مغلوب را در کشت مخلوط مشخص می‌سازد. مقدار کاهش واقعی عملکرد در گونه کینوا به عنوان گونه a از رابطه ۴ و در گوار به عنوان گونه b از رابطه ۵ به دست آمد.

$$AYL_a = [LER_a * (100/Z_{ab}) - 1] \quad \text{رابطه ۴:}$$

$$AYL_b = [LER_b * (100/Z_{ba}) - 1] \quad \text{رابطه ۵:}$$

که در این روابط Z_{ab} درصد گونه a در کشت مخلوط و Z_{ba} درصد گونه b در کشت مخلوط می‌باشند.

سودمندی کشت مخلوط (Intercropping Advantage)

در دنیای امروز تعیین الگوی کشت محصولات زراعی، بیشتر از عملکرد بر اساس سودمندی اقتصادی صورت می‌پذیرد که این شاخص از رابطه ۶ محاسبه شد.

محاسبه عملکرد دانه نمونه‌گیری شد و همچنین، شاخص‌های مخلوط هم مورد بررسی قرار گرفت. عملیات برداشت برای کینوا در تاریخ ۲۳ شهریور صورت گرفت. در اواخر فصل رشد گیاه تعداد ۵ بوته از هر کرت به طور تصادفی انتخاب شد و برخی صفات مرتبط با رشد رویشی و اجزای عملکرد گیاه مورد سنجش قرار گرفت. برداشت گوار در زمان زرد شدن حدود ۸۰ درصد غلاف‌ها و برگ‌های گیاه و در تاریخ ۱۷ مهر ماه صورت گرفت. در مجموع زمان برداشت وقتی بود که حدود ۸۰ درصد غلاف‌ها خشک شده و برگ‌ها دچار ریزش شد. آبیاری نیز از دو هفته قبل از برداشت قطع شد. معیارهای متعددی جهت ارزیابی مزیت کشت مخلوط مورد استفاده قرار می‌گیرد. از جمله این معیارها می‌توان به شاخص‌هایی هم‌چون نسبت برابری زمین (LER)، ضریب ازدحام نسبی^۱ (RCC)، شاخص کاهش واقعی عملکرد^۲ (AYL)، سودمندی کشت مخلوط^۳ (IA) و نسبت برابری درآمد^۴ (IER) اشاره کرد که در این پژوهش جهت بررسی سودمندی اجزای کشت مخلوط در شرایط اختلاط نسبت به تک کشتی، از آن‌ها استفاده شد. برای ارزیابی سودمندی زراعت مخلوط و مقایسه آن با زراعت تک کشتی، از شاخص نسبت برابری زمین (LER) استفاده شد که برابر با مقدار زمین لازم در کشت خالص برای تولید همان مقدار محصول در کشت مخلوط است و از طریق رابطه ۱ به دست آمد:

$$LER = LER_q + LER_G = Y_{qi}/Y_{qs} + Y_{Gi}/Y_{Gs} \quad \text{رابطه ۱:}$$

در این رابطه Q = کینوا، G = گوار، i = کشت مخلوط و s = کشت خالص می‌باشند.

برای محاسبه ضریب ازدحام نسبی (Relative Crowding Coefficient) که در واقع معرف

1. Relative Crowding Coefficient
2. Actual Yield Loss
3. Intercropping Advantage
4. Income Equivalency Ratio

نتایج و بحث

عملکرد در واحد سطح گوار: نتایج تجزیه واریانس ارائه شده در جدول ۱ نشان داد که اثرات اصلی و متقابل نسبت‌های کشت مخلوط و تراکم بوته بر عملکرد دانه گوار در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار بود. براساس نتایج مقایسه میانگین‌ها بیش‌ترین عملکرد دانه با میانگین ۲۶۵۵ گرم در متر مربع تیمار کشت خالص و تراکم ۱۰ بوته در متر مربع حاصل شد و کم‌ترین میزان نیز با میانگین ۲۹۶ گرم در متر مربع به ترتیب از تیمار ۲:۱ کینوا به گوار (2Q:1G) و تراکم کشت ۲۰ بوته در متر مربع حاصل شد (شکل ۱).

بین کینوا در کشت مخلوط و عملکرد گوار در تیمارهای مخلوط رابطه منفی وجود داشت. این نشان داد که کینوا محصول غالب است. در نسبت‌های بالای کینوا در کشت مخلوط، گوار قادر به رقابت با کینوا از نظر به‌دست آوردن منابع و تولید عملکرد دانه مناسب نبود. نتایج نشان داد که عملکرد گوار در کشت مخلوط با کینوا به دلیل رقابت بین اجزای مخلوط و غالب بودن گیاه کینوا، کاهش یافت. بیش‌ترین عملکرد گوار (۲۶۵۵ کیلوگرم در هکتار) مربوط به تک کشتی و تراکم ۱۰ بوته در هکتار بود. در حالی که بیش‌ترین عملکرد کینوا (۱۴۸۰ کیلوگرم در هکتار)، در تیمار دو ردیف کینوا و یک ردیف گوار و تراکم ۱۰ بوته در هکتار تولید شد. در کشت مخلوط نخود و کتان نیز عملکرد نخود کاهش معنی‌داری نشان داد که دلیل این امر غالب بودن کتان در کشت مخلوط بود (۳). مومن کیخا و همکاران (۲۰۱۷)، اعلام کردند که در کشت مخلوط گوار و آفتابگردان، حداکثر عملکرد گوار مربوط به تیمار ۷۵ درصد گوار و ۲۵ آفتابگردان بود (۲۷).

$$\text{رابطه ۶: } IA = [(P_a/P_a+P_b) * AYL_b] + [(P_b/P_a+P_b) * AYL_a]$$

در این رابطه P_a = قیمت واحد محصول a و P_b = قیمت واحد محصول b، AYL_a = کاهش یا افزایش عملکرد واقعی جزء a، AYL_b = کاهش یا افزایش عملکرد واقعی جزء b می‌باشند.

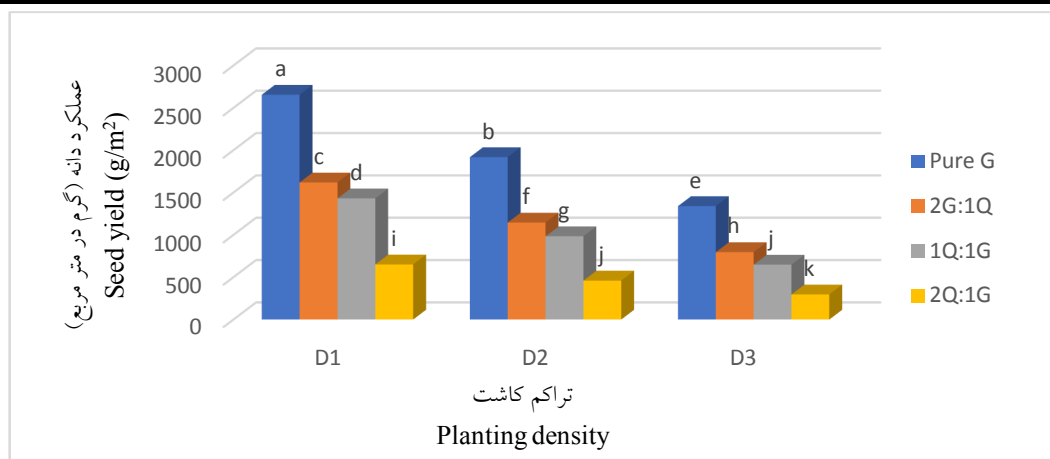
نسبت برابری درآمد (IER Income Equivalency Ratio):

نسبت برابری درآمد از نظر مفهومی مشابه نسبت برابری زمین است به جز اینکه عملکرد از لحاظ درآمد خالص به جای بهره‌وری محصول گیاهی اندازه‌گیری می‌شود. زیرا درآمد یک تابعی از عملکرد و قیمت محصول است. حتی اگر پاسخ زراعی سازگار باشد، نسبت برابری درآمد برای کشت‌های مخلوط ممکن است در سال‌های مختلف همچنان که قیمت محصول نوسان می‌کند، متفاوت باشد. این شاخص را می‌توان با جمع کشت مخلوط به نسبت‌های عملکرد محصول به تنهایی یا (درآمد خالص) هر محصول موجود در سیستم کشت مخلوط تعیین کرد. این شاخص از رابطه ۷ به‌دست آمد.

$$\text{رابطه ۷: } IER = (EY_a/EY_{ab}) + (EY_b/EY_{ba})$$

در این رابطه IER = نسبت برابری درآمد، EY_a = درآمد حاصل از گونه a در کشت خالص، EY_{ab} = درآمد حاصل از گونه a در کشت مخلوط، EY_b = درآمد حاصل از گونه b در کشت خالص و EY_{ba} = درآمد حاصل از گونه b در کشت مخلوط می‌باشند.

داده‌های حاصل از آزمایش و میانگین شاخص‌های اندازه‌گیری شده با استفاده از نرم افزار آماری SAS ver 9.1 مورد تجزیه واریانس قرار گرفتند. مقایسه میانگین تیمارها نیز توسط نرم افزار MSTAT-C با آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد انجام شد.



شکل ۱- اثر متقابل کشت مخلوط و تراکم کاشت، بر عملکرد گیاه گوار (D1، D2 و D3 به ترتیب تراکم ۱۰، ۱۵ و ۲۰ بوته در مترمربع).

Figure 1- Interaction of intercropping and planting density on guar yield (D1, D2 and D3, density of 10, 15 and 20 plants per square meter, respectively).

جدول ۱- نتایج تجزیه واریانس ویژگی‌های کمی گیاه گوار.

Table 1- Results of analysis of variance of quantitative characteristics of guar.

منابع تغییر S.O.V	درجه آزادی Df	عملکرد دانه گوار Grain yield of guar	عملکرد دانه کینوا Grain yield of quinoa
بلوک Block	2	28732**	8138**
نسبت کشت مخلوط Intercropping rate	3	3465486**	1412682**
تراکم Density	2	2023882**	1100274**
کشت مخلوط * تراکم Intercropping rate * Density	6	116832**	67678**
خطا Error	22	752	551

* و ** به ترتیب نشان‌دهنده تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد هستند.

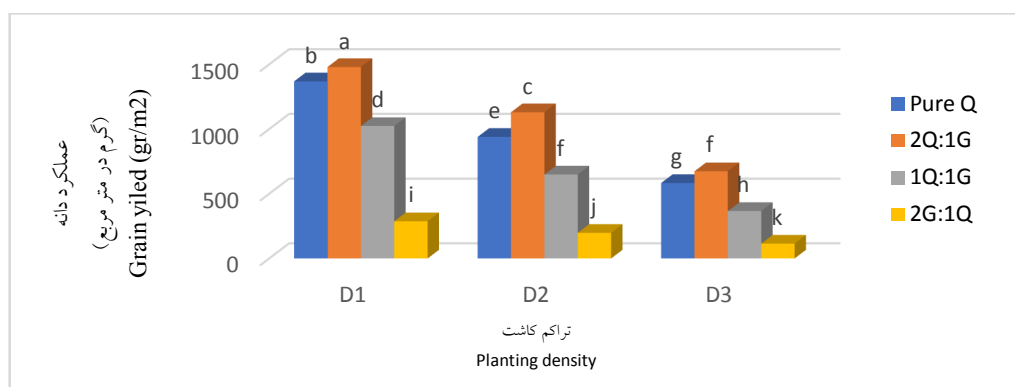
* and ** indicate significance at 5% and 1% probability levels, respectively.

دانه شد. بهترین تراکم بوته از نظر عملکرد دانه کینوا ۱۰ بوته در متر مربع بود (شکل ۲). یکی از دلایل بالاتر بودن عملکرد گیاه در کشت مخلوط نسبت به تک کشتی، توانایی گیاهان مختلف در اشغال لایه‌های مختلف خاک است بدون آن که بین آن‌ها رقابت وجود داشته باشد (۴۲). همچنین، گونه‌هایی که به صورت مخلوط کاشته می‌شوند، از طریق هم‌پوشانی ساختار کانوپی یکدیگر، می‌توانند جذب نور و در نتیجه میزان فتوسنتز را افزایش دهند، در نتیجه تجمع ماده خشک در این نوع کشت، نسبت به تک کشتی،

عملکرد دانه کینوا: عملکرد دانه کینوا به طور معنی‌داری تحت تأثیر نسبت کشت ($p < 0.01$)، تراکم بوته ($p < 0.01$) و اثر متقابل تیمارها ($p < 0.01$) قرار گرفت (جدول ۱). بیش‌ترین عملکرد دانه با میانگین ۱۴۸۰ کیلوگرم در هکتار از تیمار دو ردیف کینوا و یک ردیف گوار، در تراکم بوته ۱۰ بوته در متر مربع تولید گردید. عملکرد دانه در سایر نسبت‌های ترکیب کشت مخلوط در مقایسه با کشت خالص کاهش نشان داد و در همه تراکم‌ها، کاهش سهم کینوا در کشت مخلوط، منجر به کاهش عملکرد

میزان تراکم بوته باعث افزایش عملکرد دانه در واحد سطح تا تراکم بهینه می گردد، اما پس از آن، تحت تأثیر رقابت، عملکرد دانه ثابت مانده و در برخی موارد تا حدی کاهش نشان می دهد (۱۲). وانگ و همکاران (۲۰۲۰) گزارش کردند که عملکرد کینوا، در تراکم ۴۰ بوته در مترمربع به طور قابل توجهی در مقایسه با ۲۰ بوته در مترمربع کاهش یافت (۴۵). ارازو و همکاران (۲۰۱۶) اعلام کردند که افزایش تراکم بوته از ۷۰,۰۰۰ به ۴۶۰,۰۰۰ بوته در هکتار، منجر به کاهش عملکرد دانه می شود (۱۶).

افزایش می یابد (۲۲). مورالس و همکاران (۲۰۰۹) و نصراللهزاده اصل و همکاران (۲۰۱۲) اعلام کردند که در نسبت های بالای کشت مخلوط، عملکرد گیاه کاهش می یابد (۳۰). به نظر می رسد که در این شرایط، رقابت برون گونه ای برای منابع به ویژه نور افزایش یافته و عملکرد دانه کینوا کاهش می یابد. کاندھرو و همکاران (۲۰۰۷) طی پژوهشی بر کشت مخلوط آفتابگردان و ماش، اعلام کردند که عملکرد دانه آفتابگردان در حالت کشت مخلوط نسبت به کشت خالص ۲۲ درصد کاهش یافت که به علت افزایش یافتن رقابت برون گونه ای بود (۲۱). افزایش



شکل ۲- اثر متقابل کشت مخلوط و تراکم کاشت بر عملکرد گیاه کینوا (D1, D2, D3 به ترتیب تراکم ۱۰، ۱۵ و ۲۰ بوته در مترمربع).

Figure 2- Interaction of intercropping and planting density on quinoa yield (D1, D2 and D3, density of 10, 15 and 20 plants per square meter, respectively).

جدول ۲- نتایج تجزیه واریانس ویژگی های کشت مخلوط.

Table 2- Analysis of variance characteristics of intercropping

منابع تغییر S.O.V	درجه آزادی Df	نسبت برابری زمین LER	ضریب ازدحام نسبی گوار RCCG	ضریب ازدحام نسبی کینوا RCCQ	ضریب ازدحام نسبی کل RCCT	شاخص کاهش واقعی عملکرد گوار AYLQ	شاخص کاهش واقعی عملکرد کینوا AYLQ	نسبت برابری درآمد IER	سودمندی کشت مخلوط IA
بلوک Block	2	0.01 ^{ns}	0.04 ^{**}	1.43 ^{ns}	0.72 ^{ns}	0.01 ^{ns}	0.011 ^{ns}	0.003 ^{ns}	0.01 ^{ns}
نسبت کشت مخلوط Intercropping rate	3	0.69 ^{**}	0.45 ^{**}	118.91 ^{**}	67.14 ^{**}	0.19 ^{**}	2.91 ^{**}	1.998 ^{**}	0.95 ^{**}
تراکم Density	2	0.033 [*]	0.031 ^{**}	2.77 [*]	0.66 ^{ns}	0.05 ^{ns}	0.01 [*]	0.004 [*]	0.02 [*]
کشت مخلوط * تراکم Intercropping rate * Density	6	0.035 [*]	0.024 [*]	6.14 ^{**}	4.44 ^{**}	0.01 ^{**}	0.032 ^{**}	0.009 [*]	0.02 [*]
خطا Error	22	0.011	0.003	0.514	0.311	0.022	0.0021	0.0018	0.002

^{ns}, * و **: به ترتیب غیرمعنی دار، معنی دار در سطح احتمال ۵ درصد و معنی دار در سطح احتمال ۱ درصد.

ns, * and **: Non-significant, Significant at 5% of probability level and Significant at 1% of probability level, respectively.

زمین بیش از یک نشان‌دهنده برتری کشت مخلوط نسبت به تک کشتی و کم‌تر از یک برتری کشت خالص است (۱۴). بیش‌ترین میزان LER کینوا و کل مربوط به تیمار دو ردیف کینوا و یک ردیف گوار در تراکم ۱۵ بوته در متر مربع بود. برای گیاه گوار میزان LER در همه تیمارهای مورد مطالعه، کم‌تر از یک بود. میزان LER کل در تیمار 2G:1Q در هر سه تراکم مورد مطالعه کم‌تر از یک بود که نشان می‌دهد افزایش سهم گوار در میزان ترکیب، منجر به کاهش LER کل شد. این امر ممکن است به دلیل عملکرد بسیار کم دانه گوار در تیمار 2G:1Q باشد. در بقیه تیمارهای مورد مطالعه، میزان LER بالاتر از یک بود، که سودمندی کشت مخلوط نسبت به کشت خالص را نشان داد (جدول ۴).

کشت مخلوط: کشت مخلوط یکی از روش‌های رایج مورد استفاده در نظام‌های کشاورزی پایدار است که نقش مهمی در افزایش تولید و ثبات عملکرد به جهت بهبود استفاده از منابع و عوامل محیطی دارد (۶). معیارهای متعددی جهت ارزیابی مزیت کشت مخلوط مورد استفاده قرار می‌گیرد. از جمله این معیارها می‌توان به شاخص‌هایی هم‌چون نسبت برابری زمین (LER)، ضریب ازدحام نسبی (RCC)، شاخص کاهش واقعی عملکرد (AYL) سودمندی کشت مخلوط (IA) و نسبت برابری درآمد (IER) اشاره کرد. نسبت برابری زمین: نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر متقابل تیمارها بر نسبت برابری زمین معنی‌دار شد ($p < 0.05$) (جدول ۳). نسبت برابری

جدول ۴- نسبت برابری زمین در کشت مخلوط نسبت‌های مختلف کاشت کینوا و گوار در تراکم‌های مورد مطالعه.

Table 4- Land equilibrium ratio in intercropping different quinoa and guar planting ratios in study densities.

تیمار	نسبت برابری زمین کینوا	نسبت برابری زمین گوار	نسبت برابری زمین کل
treatment	LER Q	LER G	LER T
2Q:1G; 10	1.08	0.25	1.33
2Q:1G; 15	1.21	0.24	1.44
2Q:1G; 20	1.16	0.22	1.38
1Q:1G; 10	0.75	0.54	1.29
1Q:1G;15	0.69	0.51	1.20
1Q:1G;20	0.63	0.40	1.03
2G:1Q;10	0.21	0.61	0.82
2G:1Q;15	0.21	0.68	0.89
2G:1Q;20	0.20	0.59	0.79

می‌شود. این شاخص عبارت است از سطح زمین مورد نیاز در کشت خالص جهت حصول عملکرد به‌دست آمده از یک هکتار کشت مخلوط که در کشت مخلوط این مقدار معمولاً بیش از یک می‌شود و نشان‌دهنده این است که برای به‌دست آوردن عملکرد برابر با محصول یک هکتار زراعت مخلوط باید بیش‌تر از یک هکتار زمین به صورت خالص مورد

یکی از روش‌های ارزیابی کشت مخلوط نسبت برابری زمین است. این معیار تعیین می‌کند که زارع در حالت تک کشتی چه میزان زمین لازم دارد تا محصولی معادل محصول تولید شده از کشت مخلوط تولید شود (۲۵). این نسبت به عنوان شاخصی از برتری کشت مخلوط و درآمد خالص اقتصادی برای ارزیابی راندمان سیستم‌های متفاوت کشت به کار برده

بیش تر از یک بود که این امر به بیش تر بودن شاخص سطح برگ کل در تیمارهای مخلوط نسبت به خالص نسبت داده شد که خود افزایش جذب نور و افزایش عملکرد در این تیمارها را به همراه داشت (۳۵).

ضریب ازدحام نسبی: اثر متقابل تیمارها بر ضریب ازدحام نسبی معنی دار شد ($p < 0.05$) (جدول ۳). براساس تعاریف، مثبت بودن ضریب ازدحام نسبی نشان دهنده سودمند بودن کشت مخلوط نسبت به زراعت تک کشتی است (۳۸). بیش ترین ضریب ازدحام نسبی در کشت گوار (۱/۱۷)، مربوط به تیمار یک ردیف کینوا و یک ردیف گوار، در تراکم ۱۰ بوته در متر مربع بود. در مورد کینوا نیز بیش ترین ضریب ازدحام نسبی (۲/۹۹) در همین تیمار مشاهده شد. در کشت مخلوط مشاهده شد که در همه تراکم های مورد مطالعه، کاشت دو ردیف گوار و یک ردیف کینوا موجب منفی شدن ضریب ازدحام نسبی گردید که نشان دهنده سودمند نبودن این نسبت کاشت بود. ضریب ازدحام نسبی در بقیه تیمارها مثبت شد. بیش ترین ضریب ازدحام نسبی کل مربوط به تیمار یک ردیف کینوا و یک ردیف گوار، در تراکم ۱۰ بوته در متر مربع بود (جدول ۵).

کشت قرار گیرد. هنگامی که نسبت برابری زمین بیش از یک باشد نشان دهنده وجود روابط متقابل مثبت بین اجزای گیاهی مخلوط نسبت به کشت خالص بوده و بیان کننده برتری کشت مخلوط نسبت به خالص است (۱۷). در پژوهش دیگری، نخ زری مقدم و همکاران (۲۰۱۶)، در آزمایشی تأثیر سطوح نیتروژن و نسبت های کشت مخلوط سری جایگزینی بر عملکرد علوفه و شاخص های رقابت جو و نخودفرنگی مورد بررسی قرار دادند (۲۹). نتایج نشان داد که نسبت برابری زمین در تیمارهای کشت مخلوط کم تر از یک بود که نشان دهنده نامطلوب بودن کشت مخلوط جو و نخود فرنگی از این نظر می باشد (۲۹). مومن کیخا و همکاران (۲۰۱۷) با بررسی نسبت های مختلف کاشت در کشت هم زمان گوار و آفتابگردان، مشاهده کردند که میزان LER در همه تیمارهای مورد مطالعه بالاتر از یک بود که نشان دهنده برتری کشت مخلوط نسبت به کشت خالص بود (۲۷). بانیک و همکاران (۲۰۰۶)، با بررسی کشت مخلوط نخود و گندم، ملاحظه کردند که تولید کل و ظرفیت استفاده از زمین در تیمارهای کشت مخلوط بیش تر از کشت خالص هر دو گیاه بود (۹). در آزمایش رضوان بیدختی (۲۰۰۴) نسبت برابری زمین در مخلوط ذرت و لوبیا

جدول ۵- ضریب ازدحام نسبی کشت مخلوط نسبت های مختلف کاشت کینوا و گوار در تراکم های مورد مطالعه.

Table 5- Relative congestion coefficient of mixed culture of different ratios of quinoa and guar in the studied densities.

تیمار treatments	ضریب ازدحام نسبی گوار RCCG	ضریب ازدحام نسبی کینوا RCCQ	ضریب ازدحام نسبی کل RCCT
2Q:1G; 10	0.65	0.49	0.41
2Q:1G; 15	0.63	0.54	0.4
2Q:1G; 20	0.57	0.53	0.35
1Q:1G; 10	1.17	2.99	3.49
1Q:1G; 15	1.05	2.24	2.38
1Q:1G; 20	0.94	1.71	1.61
2G:1Q; 10	0.78	-3.89	-2.17
2G:1Q; 15	0.75	-3.05	-1.9
2G:1Q; 20	0.73	-7.11	-4.65

محصول واقعی کینوا در کشت مخلوط بیش از محصول پیش‌بینی شده در سیستم تک کشتی است. این امر ممکن است به خاطر نقش گیاه گوار در تثبیت نیتروژن و در دسترس قرار گرفتن مقاداری از این نیتروژن تثبیت شده برای گیاه کینوا باشد (جدول ۶). در نسبت‌های کاشت یک ردیف گوار و یک ردیف کینوا در تراکم ۱۰ و ۱۵ بوته در متر مربع، عدد کاهش واقعی عملکرد برای گوار مثبت شد، اما در سایر نسبت‌های کاشت و تراکم‌های مورد مطالعه، مقدار این عدد برای گوار منفی گردید که نشان‌دهنده کاهش عملکرد گوار در در فضای اشغال شده نسبت به کشت خالص بود. مقدار کاهش واقعی عملکرد مخلوط، در نسبت‌های کشت دو ردیف گوار و یک ردیف کینوا در همه تراکم‌های مورد مطالعه منفی شد. اما در سایر نسبت‌های کشت مخلوط، در همه تراکم‌های مورد مطالعه مقدار این عدد مثبت شد. این امر نشان داد که در این تیمارها، عملکرد مخلوط بیش تری در فضای اشغال شده نسبت به کشت خالص هر یک از دو گیاه در این فضا تولید شد (جدول ۶).

قلی‌پور و شریفی (۲۰۱۸)، با ارزیابی عملکرد و شاخص‌های سودمندی در نسبت‌های گوناگون کشت مخلوط لوبیا و آفتابگردان، مشاهده کردند که ضریب ازدحام نسبی در نسبت‌های کشت ۷۵:۲۵ و ۵۰:۵۰ برای آفتابگردان بیش‌تر از یک بود، بنابراین، این گونه به‌عنوان گیاه غالب و لوبیا به‌عنوان گیاه مغلوب اعلام شد (۱۷).

کاهش یا افزایش واقعی عملکرد: اثر متقابل تیمارها بر کاهش یا افزایش واقعی عملکرد معنی‌دار شد ($p < 0.01$) (جدول ۳). کاهش عملکرد واقعی، کاهش عملکرد یا سودمندی هر گیاه را در کشت مخلوط در مقایسه با کشت خالص نشان می‌دهد. علامت مثبت نشان‌دهنده افزایش عملکرد واقعی و علامت منفی نشان‌دهنده کاهش عملکرد واقعی کشت مخلوط نسبت به تک کشتی می‌باشد (۹). نتایج نشان داد که کشت کینوا به همراه دو ردیف گوار، در همه سطوح تراکم بوته، باعث کاهش عملکرد واقعی این گیاه شد، که نشان‌دهنده اثر منفی رقابت بین گونه‌ای است. اما در سایر نسبت‌های کشت مخلوط، برآورد کاهش عملکرد واقعی مثبت شد که نشان‌دهنده آن بود که

جدول ۶- کاهش واقعی عملکرد اجزای کاشت مخلوط کینوا و گوار در تراکم‌های مورد مطالعه.

Table 6- Actual reduction of yield of planting components of intercropping quinoa and guar in the studied densities.

تیمار Treatments	شاخص کاهش واقعی عملکرد کینوا AYLQ	شاخص کاهش واقعی عملکرد گوار AYLG	کاهش عملکرد واقعی کل AYLT
2Q:1G; 10	0.64	-0.26	0.38
2Q:1G; 15	0.83	-0.27	0.55
2Q:1G; 20	0.75	-0.33	0.42
1Q:1G; 10	0.50	0.08	0.57
1Q:1G; 15	0.38	0.03	0.41
1Q:1G; 20	0.26	-0.19	0.07
2G:1Q; 10	-0.36	-0.08	-0.44
2G:1Q; 15	-0.36	0.03	-0.33
2G:1Q; 20	-0.40	-0.10	-0.50

کشت مخلوط منجر به کاهش واقعی عملکرد پنبه و افزایش واقعی عملکرد بادام زمینی و سورگوم گردید

عاصیم و همکاران (۲۰۰۸) با بررسی کشت مخلوط پنبه با بادام‌زمینی و سورگوم نتیجه گرفتند که

شد. بیشترین نسبت برابری درآمد مربوط به تیمار دو ردیف کینوا و یک ردیف گوار و تراکم ۱۵ بوته در متر مربع بود که نشان‌دهنده برتری اقتصادی این تیمار نسبت به بقیه نسبت‌های کاشت بود (جدول ۷).

جدول ۷- نسبت برابری درآمد کشت مخلوط نسبت‌های مختلف کاشت کینوا و گوار در تراکم‌های مورد مطالعه.

Table 7- Income equivalency ratio in intercropping rate of quinoa and guar in the studied densities.

Treatments	نسبت برابری درآمد
2Q:1G; 10	1.75
2Q:1G; 15	1.80
2Q:1G; 20	1.69
1Q:1G; 10	1.29
1Q:1G; 15	1.20
1Q:1G; 20	1.11
2G:1Q; 10	0.46
2G:1Q; 15	0.45
2G:1Q; 20	0.42

از آن جا که نسبت برابری درآمد کشت مخلوط تابعی از دو صفت عملکرد و ارزش ریالی گیاه است، حتی در صورت ثابت ماندن عملکرد در سال‌های مختلف، این شاخص می‌تواند تغییر کند. پودار و همکاران (۲۰۱۷)، با بررسی ضرایب اقتصادی مربوط به کشت مخلوط نخود با گشنیز، شنبلیله و کرفس، اعلام کردند که بیشترین ضریب IER با میزان ۲/۰۳ مربوط به کشت مخلوط نخود با گیاهان نامبرده بود و تک کشتی نخود، گشنیز و شنبلیله بازده اقتصادی کمتری نسبت به کشت مخلوط داشت (۳۴). در مورد گیاه کرفس، به خاطر قیمت بالای عرضه در بازار، تک کشتی، نسبت درآمدی بالاتری نسبت به کشت مخلوط نشان داد.

سودمندی کشت مخلوط: اثر متقابل تیمارها بر سودمندی کشت مخلوط معنی‌دار شد ($p < 0.01$) (جدول ۳). علامت مثبت شاخص سودمندی کشت مخلوط بیانگر سودمندی اقتصادی کشت مخلوط است و علامت منفی نشان‌دهنده کاهش سودمندی

(۱). بیشترین کاهش واقعی عملکرد پنبه در مخلوط با سورگوم به علت سایه‌اندازی زود هنگام آن در اوایل دوره رشد پنبه بود. نتایج آزمایش نخزری مقدم و همکاران (۲۰۱۶) نیز نشان داد که کاهش عملکرد واقعی نیز در جو مثبت و در نخودفرنگی منفی بود (۲۹). لامعی هروانی و همکاران (۲۰۱۲) با بررسی کشت مخلوط خلر با جو و ترتیکاله اعلام کردند که در کلیه تیمارهای کشت مخلوط مقادیر کاهش واقعی عملکرد گیاهان جو و ترتیکاله مثبت بود که نشان‌دهنده آن است که محصول واقعی این گیاهان در کشت مخلوط بیش از محصول پیش‌بینی شده بود، زیرا از عوامل محیطی مؤثر در رشد استفاده بیش‌تری کردند (۲۳). احمدی و همکاران (۲۰۰۷) با ارزیابی عملکرد و شاخص‌های سودمندی در کشت مخلوط جو و ماشک گل خوشه‌ای، گزارش کردند که میزان AYL در همه تیمارها مثبت بود که نشان‌دهنده برتری کشت مخلوط به کشت خالص در همه نسبت‌های مورد بررسی بود. همچنین، نتایج نشان داد که بیشترین میزان کاهش یا افزایش واقعی عملکرد، مربوط به تیمار ۱۵ : ۱۰۰ (ماشک گل خوشه‌ای و جو) بود (۴). آن‌ها دلیل این امر را نقش ماشک گل خوشه‌ای در تثبیت نیتروژن خاک و قرار دادن نیتروژن در اختیار گیاه همراه عنوان کردند (۴).

نسبت برابری درآمد: اثر متقابل تیمارها بر نسبت برابری درآمد معنی‌دار شد ($p < 0.05$) (جدول ۳). IER بالاتر از یک، نشان‌دهنده سودمندی اقتصادی کشت مخلوط نسبت به تک کشتی است. نتایج نشان داد که در همه تراکم‌های مورد بررسی، افزایش سهم گوار در نسبت کاشت، سبب کاهش IER به کم‌تر از یک شد که نشان‌دهنده عدم سودمندی این نسبت کاشت مخلوط در مقایسه با کشت خالص بود. نسبت برابری درآمد برای بقیه تیمارهای کشت مخلوط بالاتر از یک

بررسی سودمندی کشت مخلوط نخود، گشنیز، شنبلیله و کرفس، اعلام کردند که کشت مخلوط نخود و گشنیز، سبب کاهش سودمندی گردید که به دلیل ارزش پولی کم گشنیز بود. اما سودمندی کشت مخلوط نخود با سایر گیاهان مورد بررسی، مثبت بود (۳۴). احمدی و همکاران (۲۰۱۰)، اعلام کردند که در کشت مخلوط ماشک گل خوشه‌ای و جو، بیش‌ترین میزان سودمندی کشت مخلوط مربوط به تیمار ۱۵:۱۰ بود که عنوان شد احتمالاً این نتیجه ناشی از استفاده بهتر از منابع موجود مانند نور، آب و مواد غذایی در این تیمار عنوان بود (۴).

نتیجه‌گیری کلی

نتایج نشان داد که بیش‌ترین میزان LER کینوا و کل مربوط به تیمار دو ردیف کینوا و یک ردیف گوار در تراکم ۱۵ بوته در مترمربع بود. برای گیاه گوار میزان LER در همه تیمارهای مورد مطالعه، کم‌تر از یک بود. میزان LER کل در تیمار 2G:1Q در هر سه تراکم مورد مطالعه کم‌تر از یک بود که نشان داد افزایش سهم گوار در میزان ترکیب، منجر به کاهش LER کل شد. این امر ممکن است به دلیل عملکرد بسیار کم دانه گوار در تیمار 2G:1Q باشد. در بقیه تیمارهای مورد مطالعه، میزان LER بالاتر از یک بود که سودمندی کشت مخلوط نسبت به کشت خالص را نشان می‌دهد. بنابر نتایج به‌دست آمده تراکم کشت ۱۰ بوته در متر مربع بهترین تراکم کشت و نسبت کشت مخلوط ۲ ردیف کینوا و یک ردیف گوار بهترین تیمار در این تحقیق به‌دست آمد که می‌توان این ترکیب کاشت را به کشاورزان توصیه نمود.

منابع

1. Aasim, M., Umer, E.M. and Karim, A. 2008. Yield and competition indices of intercropping cotton (*Gossypium hirsutum* L.) using different planting patterns. *Tarim Bilim. Derg.* 14: 4. 326-333.

اقتصادی می‌باشد (۹). بررسی شاخص سودمندی کشت مخلوط نشان داد که کشت دو ردیف گوار و یک ردیف کینوا در همه تراکم‌های مورد بررسی، سبب کاهش سودمندی اقتصادی کشت مخلوط گردید. بیش‌ترین سودمندی اقتصادی مربوط به تیمار دو ردیف کینوا و یک ردیف گوار در تراکم ۱۵ بوته در مترمربع بود و کم‌ترین سودمندی اقتصادی از کاشت دو ردیف گوار و یک ردیف کینوا در تراکم ۲۰ بوته در مترمربع عاید شد (جدول ۸).

جدول ۸- سودمندی کشت مخلوط نسبت‌های مختلف کاشت کینوا و گوار در تراکم‌های مورد مطالعه.

Table 8- Intercropping advantage of intercropping of different ratios of quinoa and guar in the studied densities.

تیمار Treatments	سودمندی کشت مخلوط Intercropping Advantage
2Q:1G; 10	0.31
2Q:1G; 15	0.42
2Q:1G; 20	0.35
1Q:1G; 10	0.34
1Q:1G;15	0.25
1Q:1G;20	0.09
2G:1Q;10	-0.26
2G:1Q;15	-0.22
2G:1Q;20	-0.29

نتایج برخی تحقیقات نشان می‌دهد که در کشت مخلوط ذرت و لوبیا (۱۲) و در کشت مخلوط یولاف و جو با ماشک (۱۴) این شاخص در لگوم منفی و در غله مثبت بود. در بررسی عاصیم و همکاران (۲۰۰۸) روی کشت مخلوط پنبه با سورگوم و بادام‌زمینی، نتایج نشان داد که به دلیل سایه اندازی سورگوم روی پنبه این شاخص در پنبه منفی بود و سودمندی اقتصادی نداشت (۱). پودار و همکاران (۲۰۱۷)، با

2. Adolf VI, Jacobsen S.E. and Shabala S. 2013. Salt tolerance mechanisms in quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.). *Environ Exp. Bot.* 92: 43-54.

3. Ahlawat I.P.S. and Gangaiyah, B. 2010. Effect of land configuration and irrigation

- on sole and linseed (*Linum usitatissimum*) intercropped chickpea (*Cicer arietinum*). Indian J. Agri. Sci. 80: 3.250-253.
4. Ahmadi, A., Dabbagh Mohammadi Nasab, A., Zehtab Salmasi, S., Amini, R. and Jan Mohammadi, H. 2010. Yield evaluation and usefulness indices in intercropping of barley and vetch. J. Agric Know Sustain Prod. 20: 2. 76-87.
 5. Alizadeh, Y., Koocheki, A. and Nassiri Mahallati, M. 2010. Yield, yield components and potential weed control of intercropping bean (*Phaseolus vulgaris* L.) with sweet basil (*Ocimum basilicum* L.). Iran J. Field Crops Res. 7: 2. 541-553. (In Persian).
 6. Alizadeh, Y., Koocheki, A. and Nassiri mahallati, M. 2011. Investigating of growth characteristics, yield, yield components and potential weed control in intercropping of bean (*Phaseolus vulgaris* L.) and vegetative sweet basil (*Ocimum basilicum* L.). Agroecol. 2: 3.383-397. (in Persian).
 7. Ashraf, M.Y., Akhtar, K., Sarwar, G. and Ashraf, M. 2002. Evaluation of arid and semi-aridecotypes of guar (*Cyamopsis tetragonoloba* L.) for salinity (NaCl) tolerance. J. Arid Environ. 52: 473-482.
 8. Banik, B., Midya, A., Sarkar, B.K. and Ghose, S.S. 2006. Wheat and chickpea intercropping systems in an additive series experiment: Advantages and weed smothering. Eur. J. Agric. 24: 325-332.
 9. Banik, P., Sasmal, T., Ghosal, P.K. and Bagchi, D.K. 2000. Evaluation of mustard (*Brassica campestris* var. *Toria*) and legume intercropping under 1:1 and 2:1 row replacement series system. J. Agron. Crop Sci. 185: 9-14.
 10. Bhatnagar, P., Kaul, M. K. and Singh, J. 2007. Effect of intercropping in Kinnow based production system. Indian J. Arid Hort. 2:15-17
 11. Bhatti, I.H., Ahmad, R., Jabbar, A., Virk, Z. A., and Aslam, M. 2008. Agro-Economic performance of mung bean intercropped in sesame under different planting patterns. Pak. J. Agric. Sci. 45: 3. 25-28.
 12. Bismillah Khan, M., Asif, M., Aman, M. and Ahmad, T. 2002. Impact of Intrarow Spacing on Growth and Yield of Some Maize Cultivars. J. Res (sci), Bahand Zakariya Univ. 13:135-138.
 13. Deka, K.K., Das, M.R., Bora, P. and Mazumder, N. 2015. Effect of sowing dates and spacing on growth and yield of cluster bean (*Cyamopsis tetragonoloba*) in subtropical climate of Assam, India. Indian. J. Agric. Res. 49: 3. 250-254.
 14. Dhima, K.V., Lithourgidis, A.S. and Vasilakoglou, I.B. 2007. Competition indices of common vetch and cereal intercrops in two seeding ratio. Field Crop. Res. 100: 249-256.
 15. Dua, V.K., Lal, S.S. and Govindakrishnan, P.M. 2005. Production potential and competition indices in potato French bean intercropping system in Shimla Hills. Indian J. Agric. Sci. 75: 321-323.
 16. Erazzú, L.E., González, J.A., Buedo, S.E., and Prado, F.E.. 2016. Effects of sowing density on Chenopodium quinoa (quinoa), Incidence on morphological aspects and grain yield in Var. CICA growing in Amaicha del Valle, Tucumán, Arge. Lilloa. 53: 1. 12-22.
 17. Gholipour, M. and Sharifi, P. 2018. Evaluation yield and benefit index in intercropping rate in bean and sunflower. J. plant Ecophysiol. 33. 127-137.
 18. Haghghatnia, H., Dastfal, M. and Barati, V. 2008. The effect of different crop rotation systems on wheat yield and some soil properties. Seed. Seedling Mag. 24: 2. 280-265.
 19. Jacobsen, S. E. 2003. The worldwide potential for quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.). Food rev int. 19: 1. 167-177.
 20. Javanshir, A., Dabbagh Mohammady Nassab, A., Hamidi, A. and Gholipoor, M. 2000. Ecology of intercropping. Ferdowsi University of Mashhad Press. 224 p. (In Persian)
 21. Kandhro, M.N., Tunio, S.D., Memon, H.R. and Ansari, M.A. 2007. Growth and yield of sunflower under influence of mungbean intercropping. Pak J. Agric Res. 23: 9-13.
 22. Koochaki, A., Nasiri Mahallati, M., Mendney, F., Faizi, H., and Amir Moradi, Sh. 2009. Evaluation of absorption and light consumption efficiency by corn and

- bean mixed cultivation canopy. *J. Agric Ecol*, 1: 1. 23-31.
23. Lamei Harvani, J. 2012. Technical and economical evaluation of mixed cropping lathyrus with barley and triticale under dryland conditions in Zanzan province. *JCPP*. 2: 93-103. (In Persian)
 24. Mazaheri, D. 1998. Intercropping. Tehran, Iran. 262 p. (in Persian)
 25. Mazaheri, D. 2008. Mixed farming. University of Tehran Press. Second edition.
 26. Meyer, R. 2010. Low-input intensification in agriculture chances for small-scale farmers in developing countries. *Gaia-Ecol Perspect Sci Soc*. 19: 4. 263-268.
 27. Momen Kikha, M., Khomri, A. and Frouzandeh, M. 2017. Evaluation of yield and ecophysiological aspects of mixed cultivation of guar (*Cyamopsis tetragonoloba* L.) and sunflower (*Helianthus annuus* L.) under the influence of different levels of nitrogen. *J. Agric. Ecol*. 9: 4. 1050-1069.
 28. Morales, R.E.J., Escalante, E.J.A., Sosa, C.L. and Volke, H.V.H. 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. *Tropic. Subtrop. Agric. Ecosyst*. 10: 431-439.
 29. Nakh Zari Moghaddam, A., Dehghanpour Incheh Borun, A. and Rahmi Karizki, A. 2016. The effect of nitrogen levels and cultivation ratios of alternative series on forage yield, barley, and pea competition indices. *J. Crop Prod*. 9: 1. 199-214.
 30. Nasrallahzadeh Asl, A., Chaveshgholi, E., Valizadegan, R. and Nasrallahzadeh. V. 2012. Evaluation of mixed culture of sunflower and pinto beans by additive method. *J. Agric. Knowl. Sustain Prod*. 22:2. 79-90.
 31. Oroka, F.O. and Omoregie, A.U. 2007. Competition in rice-cowpea intercrops as affected by nitrogen fertilization and plant population. *Sci Agric (Piracicaba, Braz)*. 64: 621-629.
 32. Panuccio, M.R., Jacobsen, S.E., Akhtar, S.S. and Muscolo, A. 2014. Effect of saline water on seed germination and early seedling growth of the halophyte quinoa. *AoB PLANTS* 6: plu047.
 33. Peksen, E., and Gulumser, A. 2013. Dwarf bean (*Phaseolus vulgaris* L.) affected by planting arrangements, planting rates and relative time of sowing. *Int. J. Curr. Microbiol. Appl. Sci*. 2: 290-299.
 34. Poddar1, R., Kundu, R. and Kumar, S. 2017. Assessment of chickpea-spices intercropping productivity using competitive indices under irrigated conditions of haryana. *Agric. Res*. 6: 3.241-247.
 35. Rezwan Bidakhti, Sh. 2004. Comparison of different cultivation compositions in maize and bean mixture. Master Thesis in Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad. 124 p.
 36. Sadrabadi Haghghi, R. 1999. Effect of supplemental irrigation and cultivation of wheat interferes with hairy vetch Dryland farming in a low input system. PhD dissertation of Agronomy, Faculty of Agriculture, Islamic Azad University, Sci and Res. (in Persian)
 37. Saleem, R., Umar, F. M. and Ahmed, R. 2003. Bioeconomic assessment of different sunflower based intercropping systems at different geometric configurations. *Pak. J. Biol. Sci*. 6: 1187-1190.
 38. Sarlak, Sh. and Aghaalikhani, M. 2009. Effect of plant density and mixing ratio on crop yield in sweet corn (*Zea mays* L. var Saccharata) and mungbean (*Vigna radiata* L.) intercropping. *Iran. J. Crop. Sci*. 11: 4. 367-380. (In Persian)
 39. Saady, H.S. and Elmetwally, I. M. 2009. Weed management under different patterns of sunflower- soybean intercropping. *J. Cent Eur. Agric*. 10: 41-52.
 40. Sepahvand, N.A., Tavazoa, M. and Kohbazi, M. 2010. Quinoa valuable plant for alimentary security and adaptation agricultural in Iran. 11th National Iranian Crop Science Congress. 24-26 Jul. Tehran. (In Persian)
 41. Singh, J.K. 2007. Response of sunflower (*Helianthus annuus*) and French bean (*Phaseolus vulgaris*) Intercropping to different row ratios and nitrogen levels under rain fed conditions of temperate Kashmir. *Indian. J. Agric*. 52: 36-39.

42. Strydhorst, S.M., King, J.R., Lopetinsky, K.J. and Neil-Harker, K. 2008. Forage potential of intercropping barley with faba bean, lupin, or field pea. *Agron. J.* 100: 182-190.
43. Tsubo, M., Walker, S. and Ogindo, H.O. 2005. A simulation model of cereal-legume intercropping systems for semi-arid regions: II. Model application. *Field Crops Res.* 93: 1. 23-33.
44. Wahla, I.H., Ahmad, R., Ehsanullah, Ahmad, A. and Jabbar, A. 2009. Competitive function of components crops in some barley based intercropping systems. *Int. J. Agric Biol.* 11: 69-72.
45. Wang, N. Wang, F. Shock, C.C. Meng, Ch. and Qiao, L. 2020. Effects of management practice on quinoa growth, seed yield and quality. *Agric.* 10: 445.
46. Werker, A. R. and Jaggard, K. W. 1998. Dependence of sugar beet yield on light interception and evapotranspiration. *Agric. For. Meteorol.* 89: 229-240.
47. Weston, L.A. 1996. Utilization of allelopathy for weed management in agroecosystems. *Agric. J.* 88: 860-866.
48. Yilmaz, S., Atak, M. and Erayman, M. 2008. Identification of advantages of maize legume intercropping over solitary cropping through competition incides in the East Mediterranean region. *Turk. J. Agric. For.* 32: 111-119.

