

Effect of different intercropping patterns of common millet and cow pea on yield and yield components

Ali Amiri¹, Batul Mahdavi^{*2}, Mina Rafiee³

1. M.Sc. Graduate, Dept. of Genetic and Crop Production, Agriculture College, Vali-e-Asr University of Rafsanjan, Rafsanjan, Iran. E-mail: aliamirim1357@gmail.com
2. Corresponding Author, Associate Prof., Dept. of Genetic and Crop Production, Agriculture College, Vali-e-Asr University of Rafsanjan, Rafsanjan, Iran. E-mail: b.mahdavi@vru.ac.ir
3. Ph.D. Student, Dept. of Genetic and Crop Production, Agriculture College, Vali-e-Asr University of Rafsanjan, Rafsanjan, Iran. E-mail: minarafiee1989@gmail.com

Article Info

Article type:

Full Length Research Paper

Article history:

Received: 03.09.2022

Revised: 05.25.2022

Accepted: 08.30.2022

Keywords:

Land equivalent ratio,
Mixed Cropping,
Protein percentage,
Seed yield

ABSTRACT

Background and Objectives: Intercropping systems play an important role in increasing crop quality, yield and environmental quality through the optimal use of soil, light and water nutrients. Due to the importance of intercropping for sustainable agricultural development, this study will be conducted in order to investigate the intercropping of common millet-cowpea under the alternative and incremental model.

Materials and Methods: This experiment was conducted based on a randomized complete blocks design with three replications to evaluate the yield and yield components of common millet (v. Pishahang) and cow pea (v. Mashhad) in intercropping. Treatments included 100% common millet (control), 100% cow pea (control), 25% common millet + 75% cow pea, 50% common millet + 50% cow pea, 75% common millet + 25% cow pea, 100% common millet + 25% cow pea, 25% common millet + 100% cow pea, 100% common millet + 50% cow pea and 50% common millet + 100% cow pea. The studied traits were yield and yield components for both plants. Also, LER calculated for both plants.

Results: The results of mean comparison of common millet showed that tiller number in common millet in 75% common millet + 25% cowpea and 100% common millet + 50% cowpea and seed number in plant in 25% common millet + 100% cowpea as compared to control (100% common millet) had the highest increase (41% and 40%, respectively) and the highest decrease (86%) among studied traits, respectively. It was also found that seed yield of common millet in 75% common millet + 25% cowpea and 25% common millet + 100% cowpea when compared to control (100% common millet) had the most increase (24%) and the most decrease (31%). Also, the results of cluster analysis in common millet showed that eight cultivated ratios were divided into three clusters and two cultivated ratios 50% common millet + 50% cowpea and 50% common millet + 100% cowpea were introduced as the best cultivated ratios in common millet. In addition, it was found that seed yield of cowpea decreased in all cultivated ratios with compared to control. However, the greatest decrease was in the cultivated ratios 25% cowpea+ 100% common millet and 25% cowpea+ 75% common millet. The cluster analysis results in cowpea showed that the eight cultivated ratios were divided into two clusters, and two cultivated ratios, control (100% cowpea) and 100%

cowpea+ 25% common millet were known as the best cultivated ratios of cowpea. By calculating the land equivalent ratio found that this parameter was more than one in all cultivated ratios, which showed the superiority of mixed cultivation. However, the land equivalent ratio in the cultivated ratios 75% millet + 25% cowpea and 25% millet + 100% cowpea had the highest and lowest land equivalent ratio, respectively.

Conclusion: The results showed that the common millet with cowpea intercropping increased yield and yield components compared to monoculture. The best additive intercropping treatment was 50% common millet + 50% cowpea and 50% common millet + 100% cowpea. LER was much higher than one in all of the intercropping ratios, which indicates an increase in agricultural efficiency and usefulness of different ratios of intercropping crops of common millet and cowpea compared to their pure culture.

Cite this article: Amiri, Ali, Mahdavi, Batul, Rafiee, Mina. 2023. Effect of different intercropping patterns of common millet and cow pea on yield and yield components. *Journal of Plant Production Research*, 29 (4), 203-230.



© The Author(s).

DOI: 10.22069/JOPP.2022.19987.2920

Publisher: Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources

تأثیر الگوهای مختلف کشت مخلوط ارزن معمولی و لوبیا چشم‌بلبلی بر عملکرد و اجزای عملکرد آنها

علی امیری^۱، بتول مهدوی^{۲*}، مینا رفیعی^۳

۱. دانش‌آموخته کارشناسی ارشد گروه ژنتیک و تولید گیاهی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ولی‌عصر (عج) رفسنجان، رفسنجان، ایران.
رایانامه: aliamirim1357@gmail.com
۲. نویسنده مسئول، دانشیار گروه ژنتیک و تولید گیاهی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ولی‌عصر (عج) رفسنجان، رفسنجان، ایران.
رایانامه: b.mahdavi@vru.ac.ir
۳. دانشجوی دکتری گروه ژنتیک و تولید گیاهی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ولی‌عصر (عج) رفسنجان، رفسنجان، ایران.
رایانامه: minarafiee1989@gmail.com

اطلاعات مقاله	چکیده
نوع مقاله: مقاله کامل علمی- پژوهشی	سابقه و هدف: سامانه‌های کشت مخلوط از طریق استفاده بهینه از مواد مغذی، زمین، نور، آب و خاک نقش مهمی در افزایش کیفیت و عملکرد محصول و کیفیت محیط زیست دارند. با توجه به اهمیت کشت مخلوط در راستای توسعه پایدار کشاورزی، این پژوهش به منظور بررسی کشت مخلوط ارزن معمولی- لوبیا چشم‌بلبلی تحت الگوی جایگزینی و افزایشی انجام شد.
تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۱۲/۱۸	
تاریخ ویرایش: ۱۴۰۱/۰۳/۰۴	
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۰۶/۰۸	
واژه‌های کلیدی: درصد پروتئین، عملکرد دانه، کشت مخلوط، نسبت برابری زمین	مواد و روش‌ها: این آزمایش در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار به منظور ارزیابی عملکرد و اجزای عملکرد کشت مخلوط ارزن معمولی (رقم پیشاهنگ) و لوبیا چشم‌بلبلی (رقم مشهد) انجام شد. تیمارهای آزمایش شامل کشت خالص ارزن معمولی و لوبیا چشم‌بلبلی، ۲۵ درصد ارزن معمولی + ۷۵ درصد لوبیا چشم‌بلبلی، ۵۰ درصد ارزن معمولی + ۵۰ درصد لوبیا چشم‌بلبلی، ۷۵ درصد ارزن معمولی + ۲۵ درصد لوبیا چشم‌بلبلی، ۱۰۰ درصد ارزن معمولی + ۲۵ درصد لوبیا چشم‌بلبلی، ۲۵ درصد لوبیا چشم‌بلبلی، ۵۰ درصد لوبیا چشم‌بلبلی، ۱۰۰ درصد لوبیا چشم‌بلبلی بود. علاوه بر ارزیابی عملکرد و اجزای عملکرد، نسبت برابری زمین برای هر دو گیاه نیز محاسبه شد.
	یافته‌ها: نتایج حاصل از مقایسه میانگین در گیاه ارزن نشان داد که صفت تعداد پنجه در بوته ارزن در نسبت‌های کشت ۷۵ درصد ارزن + ۲۵ درصد لوبیا چشم‌بلبلی و ۱۰۰ درصد ارزن + ۵۰ درصد لوبیا چشم‌بلبلی و صفت تعداد دانه در بوته در نسبت کشت ۲۵ درصد ارزن +

۱۰۰ درصد لوبیا چشم‌بلبلی در مقایسه با شاهد (۱۰۰ درصد ارزن) به ترتیب بیش‌ترین افزایش (به‌ترتیب ۴۱ درصد و ۴۰ درصد) و بیش‌ترین کاهش (۸۶ درصد) را در بین صفات مورد مطالعه داشتند. هم‌چنین مشخص گردید عملکرد دانه ارزن معمولی در نسبت‌های کشت ۷۵ درصد ارزن + ۲۵ درصد لوبیا چشم‌بلبلی و ۲۵ درصد ارزن + ۱۰۰ درصد لوبیا چشم‌بلبلی بیش‌ترین و کم‌ترین عملکرد دانه را داشتند و در مقایسه با شاهد به‌ترتیب عملکرد دانه را ۲۴ درصد افزایش و ۳۱ درصد کاهش دادند. نتایج تجزیه گروه در ارزن معمولی نشان داد که هشت تیمار مورد مطالعه در مجموع در سه گروه شامل دو تیمار ۵۰ درصد ارزن + ۵۰ درصد لوبیا چشم‌بلبلی و ۵۰ درصد ارزن + ۱۰۰ درصد لوبیا چشم‌بلبلی به عنوان بهترین نسبت‌های کشت در ارزن معمولی بود. علاوه بر این مشخص گردید که عملکرد دانه لوبیا چشم‌بلبلی در تمام تیمارها در مقایسه با شاهد کاهش یافت. با این‌حال بیش‌ترین کاهش مربوط به نسبت‌های کشت ۲۵ درصد لوبیا چشم‌بلبلی + ۱۰۰ درصد ارزن و ۲۵ درصد لوبیا چشم‌بلبلی + ۷۵ درصد ارزن بود. نتایج تجزیه گروه لوبیا چشم‌بلبلی نشان داد که هشت تیمار مورد مطالعه در مجموع در دو گروه قرار گرفتند و دو تیمار شاهد (۱۰۰ درصد لوبیا چشم‌بلبلی) و نسبت کشت ۱۰۰ درصد لوبیا چشم‌بلبلی + ۲۵ درصد ارزن به عنوان بهترین نسبت‌های کشت لوبیا شناخته شدند. با محاسبه نسبت برابری زمین کل مشخص شد که میزان این شاخص در تمام تیمارها بیش از یک می‌باشد که این موضوع برتری کشت مخلوط را روشن می‌سازد. با این‌حال نسبت برابری زمین در نسبت‌های کشت ۷۵ درصد ارزن + ۲۵ درصد لوبیا چشم‌بلبلی و ۲۵ درصد ارزن + ۱۰۰ درصد لوبیا چشم‌بلبلی به ترتیب بیش‌ترین و کم‌ترین نسبت برابری زمین کل را داشتند.

نتیجه‌گیری: نتایج نشان داد که کشت مخلوط ارزن معمولی با لوبیا چشم‌بلبلی منجر به افزایش عملکرد و اجزای عملکرد در مقایسه با کشت خالص گردید. بهترین نسبت‌های کشت مخلوط تیمار ۵۰ درصد ارزن معمولی + ۵۰ درصد لوبیا چشم‌بلبلی و ۵۰ درصد ارزن معمولی + ۱۰۰ درصد لوبیا چشم‌بلبلی بود. در همه نسبت‌های مخلوط LER بالاتر از یک بود که این امر نشان‌دهنده افزایش کارایی و سودمندی زراعی نسبت‌های مختلف کشت مخلوط دو گیاه ارزن معمولی و لوبیا چشم‌بلبلی نسبت به کشت خالص آن‌ها است.

استناد: امیری، علی، مهدوی، بتول، رفیعی، مینا (۱۴۰۱). تأثیر الگوهای مختلف کشت مخلوط ارزن معمولی و لوبیا چشم‌بلبلی بر عملکرد و اجزای عملکرد آن‌ها. نشریه پژوهش‌های تولید گیاهی، ۲۹ (۴)، ۲۳۰-۲۰۳.

DOI: 10.22069/JOPP.2022.19987.2920



© نویسندگان.

ناشر: دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

مقدمه

در نظام‌های معمول کشاورزی و تک‌کشتی، اگرچه عملکرد بالا در واحد سطح قادر به تامین نیازهای تغذیه‌ای جمعیت در حال رشد در برخی مناطق است، اما این سامانه مستلزم هزینه‌های مستقیم و غیرمستقیم و انرژی ناشی از سوخت‌های فسیلی است (۱). از این رو، یکی از شیوه‌های هم‌راستا با اهداف بوم‌شناختی، کشت مخلوط است. این نظام علاوه بر حفظ ثبات و تعادل بوم‌شناختی، اهدافی مانند بهره‌برداری حداکثر از منابع محیطی مانند آب، خاک، مواد غذایی، افزایش کمی و کیفی عملکرد، کاهش خسارات ناشی از آفات، بیماری‌ها و علف‌های هرز و بالاخره بهبود شرایط اجتماعی مانند ثبات بیشتر اقتصادی و تغذیه مناسب انسان را دنبال می‌کند (۲). کشت مخلوط عبارت است از رشد هم‌زمان دو یا چند محصول در یک منطقه (۳). نظام‌های کشت مخلوط از طریق استفاده بهینه از مواد مغذی، زمین، نور، آب و خاک نقش مهمی در افزایش کیفیت و عملکرد محصول و کیفیت محیط زیست دارند (۴). کشت مخلوط وابستگی شدید به نهاده‌های خارجی را در مقایسه با زراعت تک‌کشتی کاهش می‌دهد (۵). کشت مخلوط غلات و حبوبات به‌طور خاص برای جذب مکمل نیتروژن مورد حمایت قرار گرفته است، زیرا غلات و حبوبات علاوه بر این‌که نیتروژن را از محلول خاک به دست می‌آورند، می‌توانند نیتروژن را از طریق همزیستی با باکتری‌های تثبیت‌کننده نیتروژن در گره‌های ریشه تثبیت کنند (۶). کشت مخلوط حبوبات و غلات، دامنه بیشتری را برای به حداقل رساندن اثرات سوء رطوبت و مواد مغذی علاوه بر بهبود بهره‌وری بوم‌نظام و سلامت خاک فراهم می‌کند. هدف اصلی از این نوع کشت مخلوط، اطمینان از تولید بهتر و پایدار است (۳).

ارزن معمولی (*Panicum miliaceum* L.) گیاهی است چهار کربنه و متعلق به خانواده گرامینه

است. این گیاه به عنوان علوفه برای حیوانات و در نساجی استفاده می‌شود. ارزن معمولی منبع غنی از ریز مغذی‌هایی مانند آهن، روی، مس و منگنز و ویتامین‌ها است (۷). ارزن معمولی نیاز آبی بسیار کمی دارد و از دلایل تحمل این گیاه به خشکی، می‌توان به فصل رشد کوتاه آن اشاره نمود (۸) بنابراین در شرایط کمبود آب نسبت به سایر گیاهان زراعی، محصول قابل‌قبولی تولید می‌کند (۹). لوبیا چشم‌بلبلی (*Vigna sinensis* L.) یک محصول مناسب فصل گرم و متعلق به خانواده حبوبات است، گیاهی علفی و یک‌ساله با رشد کم، بوته‌ای و تا حدی رونده می‌باشد و به دلیل داشتن پروتئین و کربوهیدرات زیاد بسیار مغذی است (۱۰). لوبیا چشم‌بلبلی به دلیل توانایی تحمل خشکسالی، دوره رشد کوتاه و استفاده چندمنظوره به عنوان دانه و علوفه، یک محصول جایگزین بسیار جذاب برای کشاورزان مناطق کویری و مستعد خشکسالی با بارندگی کم و نامنظم می‌باشد (۱۱). این گیاه به دلیل قدرت تثبیت نیتروژن (همزیستی با باکتری‌های ریزوبیوم) توانایی رشد در خاک‌های فقیر را دارد و در بهبود این خاک‌ها نقش دارد (۱۲). لوبیا چشم‌بلبلی به سرما و یخبندان حساس است و در سرما رشدش متوقف و در یخبندان از بین می‌رود (۱۳).

گزارش شده است که تولید ماده خشک در کشت مخلوط خلر (*Lathyrus sativus*) با جو (*Hordeum vulgare*) و تریکاله (*Triticosecale*) بیشتر از کشت خالص است (۱۴). در بررسی کشت مخلوط ارزن معمولی و ماش گزارش شده است که در گیاه ماش، بالاترین عملکرد از کشت خالص آن به دست آمد (۱۵). گزارش شده است که در کشت مخلوط یولاف و ماشک بیش‌ترین ارتفاع و عملکرد یولاف در کشت مخلوط در نسبت ۷۵ درصد یولاف و ۲۵ درصد ماشک مشاهده شد (۱۶). باریوتسا و همکاران (۲۰۰۸) گزارش کردند که با افزایش

بعدی در تناوب استفاده می‌کنند (۲۱). با توجه به اهمیت کشت مخلوط در راستای توسعه پایدار کشاورزی این پژوهش به منظور بررسی کشت مخلوط ارزن معمولی- لوبیا چشم‌بلبلی تحت الگوهای جایگزینی و افزایشی انجام شد.

مواد و روش‌ها

این پژوهش به منظور بررسی تأثیر الگوهای مختلف کشت مخلوط ارزن معمولی و لوبیا چشم‌بلبلی بر رشد و عملکرد این دو گیاه در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی جنوب کرمان در نیمه دوم تیرماه (تاریخ کاشت رایج در این منطقه) سال ۱۳۹۷ انجام شد. این مرکز در فاصله ۱۸ کیلومتری شهرستان جیرفت، دارای طول جغرافیایی ۵۷ درجه و ۵۱ دقیقه شرقی، عرض جغرافیایی ۲۸ درجه و ۳۳ دقیقه شمالی، ارتفاع از سطح دریا ۶۲۷ متر، متوسط بارندگی سالیانه ۱۴۰ میلی‌متر، بیشینه دما ۴۸ درجه سانتی‌گراد، کمینه دما ۱ درجه سانتی‌گراد و رطوبت نسبی ۵۵ تا ۶۵ درصد در جنوب شرقی استان کرمان واقع شده است. تیمارهای آزمایشی شامل کشت خالص ارزن معمولی، کشت خالص لوبیا چشم‌بلبلی، ۲۵ درصد ارزن معمولی + ۷۵ درصد لوبیا چشم‌بلبلی، ۵۰ درصد ارزن معمولی + ۵۰ درصد لوبیا چشم‌بلبلی، ۷۵ درصد ارزن معمولی + ۲۵ درصد لوبیا چشم‌بلبلی، ۱۰۰ درصد ارزن معمولی + ۲۵ درصد لوبیا چشم‌بلبلی، ۲۵ درصد ارزن معمولی + ۱۰۰ درصد لوبیا چشم‌بلبلی، ۱۰۰ درصد ارزن معمولی + ۵۰ درصد لوبیا چشم‌بلبلی، ۵۰ درصد ارزن معمولی + ۱۰۰ درصد لوبیا چشم‌بلبلی بود. رقم مورد استفاده ارزن معمولی پیشاهنگ بود و در لوبیا چشم‌بلبلی از رقم مشهد استفاده شد.

جهت شناسایی خصوصیات کمی و کیفی خاک محل آزمایش، نمونه‌های تصادفی از عمق صفر تا ۳۰

تراکم در کشت مخلوط درهم ذرت و شبدر (*Trifolium resupinatum* L.) عملکرد هر دو گیاه افزایش یافت (۱۶). در بررسی اثر الگوی کاشت و ارقام مختلف در سیستم کشت مخلوط لوبیا چشم‌بلبلی با غلات، عملکرد دانه و کل تحت شرایط همه الگوهای کاشت و ارقام معنی‌دار بود و رقم اصلاح‌شده لوبیا چشم‌بلبلی در نظام مخلوط ذرت- لوبیا چشم‌بلبلی، عملکرد دانه بیش‌تری از رقم محلی نسبت به نظام سورگوم- لوبیا چشم‌بلبلی تولید کرد (۱۷). معیاری که اغلب جهت ارزیابی در مؤثر بودن کشت مخلوط مورد استفاده قرار می‌گیرد، نسبت برابری زمین می‌باشد. این معیار نسبت میزان زمین لازم برای تک‌کشتی‌ها را در مقایسه با کشت مخلوط نشان می‌دهد و عبارت از نسبت سطح زمین لازم برای سیستم تک‌کشتی جهت حصول عملکرد معادل سیستم مخلوط می‌باشد (۱۸). بیش‌تر بودن نسبت برابری زمین از یک را در کشت مخلوط می‌توان به عواملی مانند استفاده کارآمد از منابع محیطی، تبادل مواد غذایی، افزایش توانایی رقابتی در کنترل علف‌های هرز، تثبیت نیتروژن حاصل از بقولات و هم‌چنین وجود اختلاف در ساختار ریشه‌ای و نیازهای فیزیولوژیک و ریخت‌شناسی اجزای مخلوط و جذب بیش‌تر تشعشع در تیمارهای مخلوط نسبت داد (۱۹). یکی از روش‌های افزایش مواد غذایی خاک‌ها، کشت گیاهان خانواده بقولات می‌باشد؛ زیرا این گیاهان نقش‌های مهمی در حفظ حاصلخیزی خاک در سیستم‌های کشاورزی داشته و باعث کاهش استفاده از کودهای شیمیایی می‌باشند (۲۰). در همزیستی بقولات با باکتری‌های جنس ریزوبیوم علاوه بر این که بخش اصلی نیتروژن تثبیت‌شده به مصرف گیاه می‌رسد، خاک نیز از لحاظ نیتروژن تقویت می‌شود. در نظام‌های کشاورزی معمول از گیاهان لگوم به‌عنوان منبعی برای تامین نیتروژن برای محصول

سانتی متری تهیه شد. نمونه‌ها با هم ترکیب و یک نمونه مرکب تهیه و به آزمایشگاه منتقل و تجزیه

جدول ۱- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک (عمق ۰-۳۰ سانتی متر) محل انجام آزمایش.

Table 1. Physical and chemical characteristics of experimental soil (0-30 cm depth).

اسیدیته pH	هدایت الکتریکی Electrical conductivity (dS.m ⁻¹)	نیتروژن کل (درصد) Total nitrogen (%)	فسفر قابل جذب Absorbable phosphorus (mg/kg)	پتاسیم قابل جذب Absorbable potassium (mg/kg)	بافت Texture
7.3	1.3	0.015	12.1	153	شنی لومی Sandy loam

گرفت. برداشت اول برای ارزیابی عملکرد علوفه تر و خشک در مرحله ۵۰ درصد شیری دانه از سطح ۰/۵ مترمربع انجام شد. برای تعیین عملکرد علوفه خشک، نمونه‌ها در دمای ۶۵ درجه سانتی‌گراد به مدت ۷۲ ساعت در آون خشک و سپس وزن شدند. در مرحله رسیدگی فیزیولوژیک، با در نظر گرفتن اثر حاشیه‌ای (۲۵ سانتی‌متر)، تعداد ۱۰ بوته از هر گیاه به‌طور تصادفی برداشت شد و سپس در گیاه ارزن معمولی (برداشت دوم) صفاتی مانند ارتفاع بوته، تعداد پنجه در بوته، تعداد پانیکول در هر بوته، تعداد دانه در پانیکول، تعداد دانه در بوته، وزن هزاردانه و در گیاه لویا چشم‌بلیلی ارتفاع بوته، تعداد غلاف بارور در بوته، تعداد دانه در غلاف و وزن هزاردانه اندازه‌گیری شد. عملکرد دانه و زیستی در ۵۰ درصد مساحت هر کرت و با رعایت اثر حاشیه اندازه‌گیری شد. در این پژوهش برای بررسی نسبت برابری زمین از معادله زیر استفاده شد (۲۲).

$$LER = \left(\frac{Y_{ab}}{Y_{aa}}\right) + \left(\frac{Y_{ba}}{Y_{bb}}\right) \quad (1)$$

که در آن، Y_{ab} عملکرد گیاه a در کشت مخلوط، Y_{ba} عملکرد گیاه b در کشت مخلوط، Y_{aa} عملکرد گیاه a در کشت مخلوط، Y_{bb} عملکرد گیاه b در کشت خالص.

یک روز قبل از کشت زمین با گاوآهن برگردان‌دار شخم و سپس دیسک زده شد و با لولر تسطیح گردید و به وسیله فاروئر جوی و پشته‌هایی به فاصله ۷۵ سانتی‌متر بر روی زمین ایجاد گردید. کاشت هر دو گیاه به صورت جوی و پشته و با فاصله ۷۵ سانتی‌متر بین ردیف و ۱۵ سانتی‌متر روی ردیف در نیمه دوم تیرماه سال ۱۳۹۷ به صورت هم‌زمان انجام گرفت. کودهای نیتروژن (از منبع اوره به میزان ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار)، پتاسیم (از منبع سولفات پتاسیم به میزان ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار) و فسفر (از منبع سوپرفسفات تریپل به میزان ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار) قبل از کاشت و بر اساس نتیجه آزمون خاک و نیاز کودی هر دو گیاه اضافه شدند. بر اساس این طرح هر واحد آزمایشی شامل ۸ ردیف کشت به طول ۴ متر بود. آبیاری بلافاصله بعد از کاشت به صورت قطره‌ای انجام شد. در طول فصل رشد آبیاری هر ۷ روز یکبار انجام گرفت. در طی فصل رشد به منظور جلوگیری از رشد علف‌های هرز در مرحله چهار برگی و سه هفته پس از آن عملیات وجین با دست انجام شد. سموم شیمیایی علف‌کش و آفت‌کش در این آزمایش استفاده نشد. برداشت لویا و ارزن معمولی پس از کامل شدن دوره رشد در آبان ماه بعد از مرحله رسیدگی فیزیولوژیک انجام گرفت. برداشت گیاه ارزن معمولی پیش‌آهنگ در دو مرحله صورت

اولیه به دست آمده از تجزیه کلاستر به کمک تجزیه واریانس چندمتغیره و تجزیه تابع تشخیص مورد ارزیابی قرار گرفت. نتایج تجزیه گروه نشان داد که هشت تیمار مورد مطالعه در مجموع در سه گروه قرار گرفت. برای تجزیه و تحلیل داده‌ها از نرم‌افزار SAS استفاده شد و مقایسه میانگین تیمارها با استفاده از آزمون چنددامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد انجام گرفت.

نتایج و بحث

صفات مربوط به ارزن معمولی: نتایج حاصل از تجزیه واریانس برای صفات مورد بررسی در گیاه ارزن معمولی نشان داد که نسبت‌های مختلف کشت ارزن معمولی با لوبیا چشم‌بلبلی از نظر همه صفات مورد مطالعه به غیر از وزن هزاردانه اختلاف معنی‌داری با یکدیگر داشتند که می‌تواند دلیلی بر وجود تنوع قابل‌توجه و معنی‌دار در بین نسبت‌های مختلف کشت باشد (جدول ۲).

برای تعیین درصد نیتروژن دانه در هر دو گیاه از روش کجلدال استفاده شد. در این پژوهش قبل از اجرای آزمایش با نمونه‌برداری از عمق ۳۰-۰ سانتی‌متری از سطح خاک، مشخصات خاک اندازه‌گیری شد که با توجه به جدول ۱، میزان نیتروژن خاک ۰/۰۱۵ درصد برآورد گردید. پس از پایان پژوهش دوباره از عمق ۳۰-۰ سانتی‌متری سطح خاک از درون تک‌تک کرت‌های آزمایشی نمونه خاک تهیه و به آزمایشگاه خاک ارسال گردید. برای به دست آوردن درصد پروتئین علوفه ارزن معمولی از ضریب ۵/۸۳ استفاده شد و برای تبدیل نیتروژن دانه لوبیا و ارزن معمولی به پروتئین از ضریب ۶/۲۵ استفاده شد (۲۳، ۲۴).

در این پژوهش تجزیه کلاستر (تجزیه خوشه‌ای) با استفاده از نرم‌افزار SPSS نسخه ۲۵ انجام گرفت. به‌منظور مقایسه نسبت‌های مختلف کشت مخلوط با یکدیگر از لحاظ همه صفات زراعی مورد مطالعه، از تجزیه گروه به روش وارد استفاده گردید. نقطه برش دندروگرام بر اساس تغییر ناگهانی در اختلاف دو فاصله ادغام متوالی انجام گرفت. صحت گروه‌بندی

جدول ۲- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) صفات کمی ارزن معمولی در کشت مخلوط با لوبیا چشم‌بلبلی.

Table 2. Analysis of variance (mean of squares) on quantitative traits of common millet in different intercropping ratios with cow pea.

پروتئین علوفه	پروتئین دانه	عملکرد دانه	عملکرد علوفه خشک	تعداد دانه در خوشه مرکب	تعداد خوشه مرکب در بوته	وزن هزاردانه	تعداد پنجه در بوته	ارتفاع بوته	درجه آزادی	منابع تغییرات S.O.V
Forage protein	Seed protein	Seed yield	Dry forage yield	Seeds number per panicle	Panicle number per plant	1000 seed weight	Tiller number per plant	Plant height	d.f	
3.52**	10.47**	0.40**	6.53*	1773.73**	0.24 ^{ns}	0.01 ^{ns}	9.99*	506.41*	2	تکرار Replication
3.86**	4.92**	0.41**	7.83**	12229.07**	3.97**	0.07 ^{ns}	31.75**	990.88**	7	نسبت کشت مخلوط Intercropping ratio
1.15	0.79	0.04	1.57	107.92	0.46	0.03	2.06	115.43	14	خطا Error
10.05	9.75	11.65	19.9	15.13	16.9	6.72	14.05	10.41		ضریب تغییرات (درصد) CV (%)

^{ns}، ^{**} و ^{*} به ترتیب عدم وجود اختلاف معنی‌دار، معنی‌دار در سطح ۱ و ۵ درصد می‌باشد

^{ns}، ^{**} and ^{*} Non significant, significant at $P \leq 0.01$ and 0.05 , respectively

ارزن معمولی حاصل شد و بیشترین ارتفاع لوبیا تپاری و ارزن معمولی از تیمار نسبت کشت ۵۰:۵۰ لوبیا تپاری- ارزن معمولی به دست آمد (۲۵). هم‌چنین با انجام پژوهشی در کشت مخلوط ذرت و سویا در نسبت‌های مختلف کشت مشاهده گردید که بیشترین ارتفاع بوته ذرت در کشت خالص ذرت مشاهده گردید اما در نسبت کشت ۱:۲ ذرت- سویا با این‌که ارتفاع بوته ذرت نسبت به کشت خالص کم‌تر بود اما در مقایسه با دیگر نسبت‌های کشت مخلوط بیش‌تر بود (۲۶).

بیش‌ترین تعداد پنجه در ارزن معمولی به ترتیب در نسبت کشت ۷۵ درصد ارزن معمولی + ۲۵ درصد لوبیا چشم‌بلبلی و ۱۰۰ درصد ارزن معمولی + ۵۰ درصد لوبیا چشم‌بلبلی مشاهده شد (جدول ۳). بعد از آن نسبت‌های کشت ۵۰ درصد ارزن معمولی + ۵۰ درصد لوبیا چشم‌بلبلی و نسبت کشت ۱۰۰ درصد ارزن معمولی + ۲۵ درصد لوبیا چشم‌بلبلی نیز در مقایسه با کشت خالص ارزن معمولی (۱۰۰ درصد ارزن معمولی) به ترتیب ۲۲ درصد و ۲۰ درصد تعداد پنجه را افزایش دادند. همان‌طور که نتایج فوق نشان داد مشخص گردید که در نسبت‌های فوق، کشت مخلوط ارزن معمولی و لوبیا چشم‌بلبلی اثر مثبت و معنی‌داری در افزایش تعداد پنجه در ارزن معمولی داشته است. در نسبت‌های کشت ۲۵ درصد ارزن معمولی + ۱۰۰ درصد لوبیا چشم‌بلبلی و ۲۵ درصد ارزن معمولی + ۷۵ درصد لوبیا چشم‌بلبلی کمترین تعداد پنجه در بوته را داشتند.

مقایسه میانگین‌ها نشان داد که ارزن معمولی در نسبت کشت ۵۰ درصد ارزن معمولی + ۵۰ درصد لوبیا چشم‌بلبلی بیش‌ترین ارتفاع بوته را داشت (جدول ۳). علاوه بر این مشخص گردید که نسبت‌های کشت ۷۵ درصد ارزن معمولی + ۲۵ درصد لوبیا چشم‌بلبلی، نسبت کشت ۵۰ درصد ارزن معمولی + ۱۰۰ درصد لوبیا چشم‌بلبلی و نسبت کشت ۱۰۰ درصد ارزن معمولی + ۵۰ درصد لوبیا چشم‌بلبلی در مقایسه کشت خالص ارزن معمولی به ترتیب در حدود ۱۵، ۱۰ و ۱۳ درصد افزایش ارتفاع بوته داشته‌اند. در این پژوهش نیز محقق شد که در نسبت‌های فوق، گیاه ارزن معمولی توانسته است از نیتروژنی که توسط گیاه لوبیا چشم‌بلبلی در خاک تثبیت شده است، استفاده بهینه را داشته باشد. بنابراین این نسبت‌های کشت، ارتفاع بوته بیش‌تری داشته است. هم‌چنین نتایج مقایسه میانگین نشان داد که بقیه نسبت‌های کشت مخلوط، باعث ایجاد رقابت بین ارزن معمولی و لوبیا چشم‌بلبلی شده و این امر باعث کاهش ارتفاع بوته در ارزن معمولی گردیده است. به طوری‌که کم‌ترین ارتفاع بوته در نسبت کشت ۲۵ درصد ارزن معمولی + ۱۰۰ درصد لوبیا چشم‌بلبلی به دست آمد. در این نسبت‌های کشت به نظر می‌رسد به دلیل رقابت بین لوبیا و ارزن معمولی برای استفاده از منابع موجود، شرایط رشد رویشی برای گیاه ارزن معمولی محدود شده و این امر باعث کاهش ارتفاع در ارزن معمولی شده است. بدخشان و همکاران (۲۰۱۸) گزارش کردند که کم‌ترین میزان ارتفاع لوبیا تپاری و ارزن معمولی از تیمار کشت خالص لوبیا تپاری و

جدول ۳- مقایسه میانگین‌های صفات کمی گیاه ارزن معمولی در شرایط کشت خالص و مخلوط با لوبیا چشم‌بلبلی.

Table 3. Mean Comparisons of quantitative traits of common millet in different intercropping ratios with cow pea.

پروتئین علوفه Forage protein (%)	پروتئین دانه Seed protein (%)	عملکرد دانه Seed yield (kg.ha ⁻¹)	عملکرد علوفه خشک Dry forage yield (kg.ha ⁻¹)	تعداد دانه در خوشه مرکب Seeds number per panicle	تعداد خوشه مرکب در بوته Panicle number per plant	تعداد پنجه در بوته Tiller number per plant	ارتفاع بوته Plant height (cm)	نسبت‌های کشت مخلوط Intercropping ratios
7.01 ^c	11.138 ^e	1.823 ^{bc}	6.785 ^a	246.530 ^c	4.428 ^a	9.68 ^b	101.67 ^{bd}	کشت خالص (۱۰۰ درصد ارزن معمولی) Monoculture (100% M)
7.53 ^{bc}	12.025 ^{de}	1.636 ^{cd}	6.347 ^{ab}	250.184 ^{bc}	4.162 ^a	11.64 ^{ab}	95.378 ^{cd}	100%M+25% C
9.20 ^{ab}	13.327 ^{ab}	1.912 ^{ac}	7.194 ^a	268.149 ^{ac}	4.554 ^a	13.57 ^a	115.25 ^{ac}	100% M+50% C
9.75 ^a	14.983 ^a	1.248 ^e	3.226 ^c	117.904 ^d	1.837 ^b	4.78 ^c	73.393 ^e	25% M+100% C
9.74 ^a	14.331 ^{ab}	1.306 ^{de}	4.433 ^{bc}	132.776 ^d	2.813 ^b	6.15 ^c	83.571 ^{de}	25%M+75% C
9.76 ^a	14.153 ^{ac}	1.836 ^{bc}	7.546 ^a	243.325 ^c	4.461 ^a	10.62 ^b	111.95 ^{ac}	50%M+100% C
9.14 ^{ab}	13.208 ^{bd}	2.213 ^{ab}	7.830 ^a	270.136 ^a	4.725 ^a	11.78 ^{ab}	127.19 ^a	50% M+50% C
7.68 ^{ac}	12.507 ^{ce}	2.264 ^a	6.952 ^a	281.940 ^a	5.395 ^a	13.66 ^a	116.52 ^{ab}	75% M+25% C

C and M: به ترتیب نشان‌دهنده لوبیا چشم‌بلبلی و ارزن معمولی هستند

C and M: are Cow pea and Common millet, respectively

در هر ستون میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک تفاوت معنی‌داری براساس آزمون دانکن ندارند ($P \leq 0.05$)

The means followed by the same letters in each column are not significantly different based on Duncan test ($P \leq 0.05$)

معمولی و سویا در شرایط تنش کم‌آبی بیش‌ترین تعداد خوشه در بوته در نسبت‌های کشت (۵۰ درصد سویا و ۵۰ درصد ارزن معمولی) و (۶۷ درصد سویا و ۳۳ درصد ارزن معمولی) در شرایط عدم تنش کم‌آبی بدست آمد و کم‌ترین تعداد خوشه در بوته ارزن در کشت خالص ارزن در شرایط تنش شدید کم‌آبی گزارش گردید (۲۷). با انجام آزمایشی به‌منظور بهبود رشد و عملکرد برنج قرمز در کشت مخلوط با بادام زمینی گزارش گردید که بیش‌ترین تعداد خوشه مرکب در نظام کشت مخلوط نسبت به کشت خالص برنج مشاهده شد (۲۸).

نتایج مقایسه میانگین نشان داد که ارزن معمولی در نسبت‌های کشت ۷۵ درصد ارزن معمولی + ۲۵ درصد لوبیا چشم‌بلبلی و ۵۰ درصد ارزن معمولی + ۵۰ درصد لوبیا چشم‌بلبلی بیش‌ترین تعداد دانه در

بیش‌ترین تعداد خوشه مرکب در بوته ارزن معمولی به‌ترتیب در نسبت‌های کشت ۷۵ درصد ارزن معمولی + ۲۵ درصد لوبیا چشم‌بلبلی، ۵۰ درصد ارزن معمولی + ۵۰ درصد لوبیا چشم‌بلبلی، ۱۰۰ درصد ارزن معمولی + ۵۰ درصد لوبیا چشم‌بلبلی و ۱۰۰ درصد ارزن معمولی + ۱۰۰ درصد لوبیا چشم‌بلبلی مشاهده شد (جدول ۳). نسبت‌های کشت ۲۵ درصد ارزن معمولی + ۷۵ درصد لوبیا چشم‌بلبلی و ۲۵ درصد ارزن معمولی + ۱۰۰ درصد لوبیا چشم‌بلبلی کم‌ترین تعداد خوشه مرکب در بوته را داشتند. علت کاهش تعداد خوشه مرکب در این تیمار می‌تواند کاهش تراکم گیاه زراعی ارزن معمولی باشد که این موضوع باعث کاهش تعداد پنجه‌های بارور و در نهایت تعداد خوشه مرکب در بوته ارزن معمولی شده است. با انجام آزمایشی در کشت مخلوط ارزن

کشت خالص ارزن در شرایط تنش شدید کم‌آبی کم‌ترین تعداد دانه در خوشه را داشت و به‌نظر می‌رسد که ارزن در کشت مخلوط از عوامل رشد مانند نیتروژن و آب بهره‌برداری بیش‌تری کرده که این عوامل در نهایت موجب بهبود تعداد دانه در خوشه شده است (۲۷).

نتایج مقایسه میانگین نشان داد که ارزن معمولی به‌ترتیب در نسبت‌های کشت ۵۰ درصد ارزن معمولی + ۵۰ درصد لوبیا چشم‌بلبلی، ۵۰ درصد ارزن معمولی + ۱۰۰ درصد لوبیا چشم‌بلبلی، ۱۰۰ درصد ارزن معمولی + ۵۰ درصد لوبیا چشم‌بلبلی و ۷۵ درصد ارزن معمولی + ۲۵ درصد لوبیا چشم‌بلبلی بیش‌ترین عملکرد علوفه خشک را داشتند (جدول ۴). با این‌حال این تیمارها اختلاف معنی‌داری با کشت خالص (۱۰۰ درصد ارزن معمولی) نداشتند. هم‌چنین نسبت کشت ۲۵ درصد ارزن معمولی + ۱۰۰ درصد لوبیا چشم‌بلبلی کم‌ترین عملکرد علوفه خشک را داشت (جدول ۴). پاک گوهر و همکاران (۲۰۱۴) گزارش کردند که عملکرد علوفه خشک ارزن معمولی در نسبت‌های ۷۵ درصد ارزن معمولی + ۲۵ درصد خلر و ۵۰ درصد ارزن معمولی + ۵۰ درصد خلر تفاوت معنی‌داری با کشت خالص ارزن معمولی نداشتند (۳۰). بالا بودن عملکرد دانه و زیستی لوبیا چیتی در کشت خالص می‌تواند به‌دلیل عدم وجود رقابت بین‌گونه‌ای باشد که تحت این شرایط هر بوته لوبیا برای آشیانه‌ای بوم‌شناختی 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. عملکرد در کشت مخلوط زمانی به بیش‌ترین میزان خود می‌رسد که هر گونه آشیانه بوم‌شناختی مربوط به خود را اشغال کرده باشد و رقابت میان گونه‌ها در حداقل باشد (۳۱). بیش‌ترین عملکرد علوفه تر در سورگوم در کشت مخلوط با ماشک گل‌خوشه‌ای در شرایط

خوشه مرکب را داشتند (جدول ۳). هم‌چنین نسبت‌های کشت ۲۵ درصد ارزن معمولی + ۷۵ درصد لوبیا چشم‌بلبلی و ۲۵ درصد ارزن معمولی + ۱۰۰ درصد لوبیا چشم‌بلبلی کم‌ترین تعداد دانه در خوشه مرکب را داشتند در این نسبت‌های کشت به‌دلیل افزایش رقابت درون‌گونه‌ای و به‌خصوص برون‌گونه‌ای باعث شده است که یکی از مهم‌ترین اجزای عملکرد دانه در ارزن معمولی تحت تأثیر شرایط رقابتی قرار گرفته و باعث کاهش تعداد دانه در خوشه مرکب گشته است. این نتیجه به خوبی روشن می‌سازد که گیاه ارزن معمولی به رقابت‌های برون‌گونه‌ای حساسیت بیش‌تری دارد. چرا که همان‌طور که مشخص شد چنان‌چه میزان تراکم لوبیا در مقایسه با ارزن معمولی بین ۲۵ تا ۵۰ درصد باشد باعث می‌شود تعداد دانه در پانیکول بین ۱۰ تا ۱۴ درصد افزایش یابد ولی چنان‌چه میزان تراکم لوبیا در مقایسه با ارزن معمولی بین ۷۵ تا ۱۰۰ درصد باشد، تعداد دانه در خوشه مرکب بین ۴۶ تا ۵۲ درصد کاهش می‌یابد. به‌دست آوردن مواد مغذی بیش‌تر تحت نظام کشت مخلوط، مزیت این نظام را نسبت به کشت خالص تأیید می‌کند که منجر به بالاترین تجمع ماده خشک و عملکرد می‌شود. می‌توان گفت الگوهای مختلف کاشت به‌طور قابل‌توجهی بر محیط نوری تحت نظام کشت مخلوط تأثیر می‌گذارد و سایه به‌طور قابل‌توجهی بر بهره‌وری بین کشت‌ها تأثیر می‌گذارد و نور خورشید نقش مهمی در افزایش سرعت فتوسنتز و عملکرد ایفا می‌کند (۲۹). با انجام پژوهشی در کشت مخلوط ارزن معمولی و سویا در شرایط تنش خشکی مشاهده گردید که نسبت‌های کشت (۳۳) درصد سویا و ۶۷ درصد ارزن معمولی، (۵۰ درصد سویا و ۵۰ درصد ارزن معمولی) و (۶۷ درصد سویا و ۳۳ درصد ارزن معمولی) در شرایط عدم تنش کم‌آبی، بیش‌ترین تعداد دانه در خوشه ارزن را دارا بودند و

داشتند (جدول ۳). از طرفی مشخص گردید که تیمار کشت خالص (۱۰۰ درصد ارزن معمولی) کم‌ترین مقدار پروتئین علوفه را داشت. این صفت همانند صفت میزان پروتئین دانه تحت تأثیر میزان نیتروژن تثبیت شده در خاک توسط گیاه لوبیا چشم‌بلبلی قرار گرفت. به نظر می‌رسد در کشت‌های مخلوط، ارزن معمولی و لوبیا چشم‌بلبلی به صورت مکمل عمل کردند به طوری که میزان پروتئین علوفه ارزن معمولی در تمام کشت‌های مخلوط بیش‌تر از کشت خالص ارزن معمولی بود. از طرف دیگر نسبت کشت ۲۵ درصد ارزن معمولی + ۱۰۰ درصد لوبیا چشم‌بلبلی بیش‌ترین مقدار پروتئین دانه را داشت. این تیمار در مقایسه با کشت خالص (۱۰۰ درصد ارزن معمولی) حدوداً ۳۵ درصد پروتئین دانه را افزایش داد. از طرفی مشخص گردید که تیمار کشت خالص ارزن معمولی (۱۰۰ درصد ارزن معمولی) کم‌ترین مقدار پروتئین دانه را داشت. یکی از عوامل اصلی جهت تولید پروتئین در گیاه وجود منابع نیتروژن می‌باشد. به طوری که با افزایش میزان دسترسی به نیتروژن باعث افزایش میزان پروتئین در گیاه می‌شود. در این پژوهش مشخص گردید با کشت لوبیا چشم‌بلبلی میزان نیتروژن در خاک افزایش یافت (جدول ۸) این امر باعث شد که گیاه ارزن معمولی در کشت مخلوط با لوبیا چشم‌بلبلی در مقایسه با کشت خالص از میزان نیتروژن بیش‌تری برخوردار باشد. بنابراین نتایج نشان داد که تمامی نسبت‌های کشت مخلوط میزان پروتئین بیش‌تری نسبت به کشت خالص ارزن معمولی داشتند. از آن‌جا که پروتئین خام با میزان نیتروژن در گیاه ارتباط مستقیم دارد، بنابراین، جذب نیتروژن در کشت مخلوط می‌تواند موجب افزایش پروتئین خام در کشت مخلوط شود و در کشت مخلوط ارزن معمولی با خلر مشاهده گردید پروتئین خام در تمام نسبت‌های کشت مخلوط ارزن بیش‌تر از کشت خالص این گیاه بود (۳۰). با انجام آزمایشی در کشت مخلوط ذرت و

کنترل کامل علف‌های هرز گزارش شد که یکی از دلایل عملکرد بیش‌تر سورگوم می‌تواند این باشد که در کشت مخلوط، گیاهان می‌توانند از منابع زیست‌محیطی به شیوه‌ای بهتر با رقابت کم‌تر برای آب، غذا و نور استفاده کنند و توانایی هر گیاه برای رقابت در کشت مخلوط ثابت نیست، بلکه تابعی از تغییر تراکم گیاه است (۳۲).

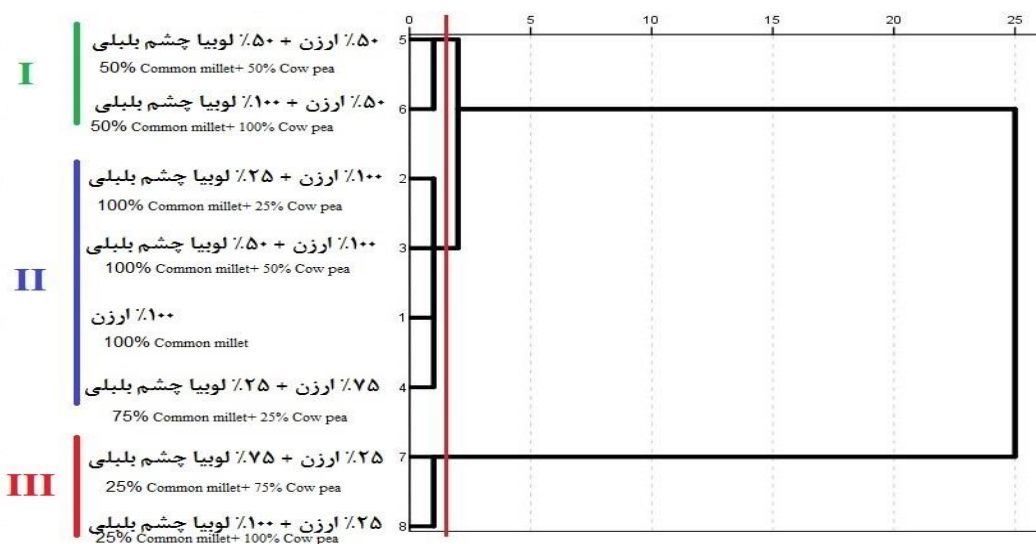
بیش‌ترین عملکرد دانه گیاه ارزن معمولی در نسبت‌های کشت ۲۵ درصد ارزن معمولی + ۷۵ درصد لوبیا چشم‌بلبلی، ۵۰ درصد ارزن معمولی + ۵۰ درصد لوبیا چشم‌بلبلی و ۱۰۰ درصد ارزن معمولی + ۵۰ درصد لوبیا چشم‌بلبلی مشاهده شد (جدول ۳). نسبت کشت ۲۵ درصد ارزن معمولی + ۱۰۰ درصد لوبیا چشم‌بلبلی کم‌ترین عملکرد دانه را داشت. از آن‌جایی که در کشت مخلوط ارزن معمولی با لوبیا چشم‌بلبلی تعداد دانه در بوته و وزن هزاردانه افزایش یافت بنابراین عملکرد دانه ارزن معمولی نیز افزایش یافت. در کشت مخلوط ارزن مرواریدی و ماش گزارش گردید که عملکرد دانه در ارزن مرواریدی در شرایط کشت مخلوط ۳۶ درصد افزایش یافت (۳۳). کاهش عملکرد دانه ذرت در کشت مخلوط ذرت و سویا نسبت به کشت خالص مشاهده شد (۳۴). بیش‌ترین عملکرد دانه کنجد در کشت خالص و نسبت‌های کشت ۱۰۰ درصد کنجد و ۱۰ درصد لوبیا، ۱۰۰ درصد کنجد و ۲۰ درصد لوبیا و ۱۰۰ درصد کنجد و ۳۰ درصد لوبیا و کم‌ترین عملکرد دانه در نسبت کشت ۱۰ درصد کنجد و ۱۰۰ درصد لوبیا گزارش شد (۳۵).

نتایج مقایسه میانگین نشان داد که نسبت‌های کشت ۲۵ درصد ارزن معمولی + ۱۰۰ درصد لوبیا چشم‌بلبلی، ۲۵ درصد ارزن معمولی + ۷۵ درصد لوبیا چشم‌بلبلی و ۵۰ درصد ارزن معمولی + ۱۰۰ درصد لوبیا چشم‌بلبلی بیش‌ترین مقدار پروتئین علوفه را

لحاظ همه صفات مورد مطالعه در کشت مخلوط بهتر از کشت خالص بود. بنابراین تیمارهای داخل این گروه به عنوان بهترین نسبت های کشت در ارزن معمولی شناخته شدند. به عبارت دیگر در این گروه کشت مخلوط ارزن معمولی با لوبیا چشم بلبلی باعث بهبود رشد و عملکرد دانه ارزن معمولی شده است. برای ارزیابی دقیق تر نتایج تجزیه گروه، میانگین صفات در هر گروه و تفاوت آن با میانگین کل محاسبه گردید (جدول ۴). نتایج این جدول به خوبی نشان داد که تیمارهای گروه اول از لحاظ همه صفات مورد مطالعه، میانگینی بالاتر از میانگین جامعه مورد مطالعه داشتند. به طوری که صفت ارتفاع بوته (۱۶/۴۵ سانتی متر)، تعداد پنجه (۰/۹۶ عدد)، تعداد خوشه مرکب (۰/۵۵ عدد)، تعداد دانه در خوشه مرکب (۳۰/۳ عدد)، عملکرد علوفه خشک (۱/۴۰ تن در هکتار) و عملکرد دانه (۰/۲۵ تن در هکتار) بیش تر از میانگین کل جامعه داشتند.

سورگوم با سویا در نسبت های مختلف کاربرد نیتروژن گزارش گردید که بیش ترین میزان پروتئین موجود در دانه های ذرت در کشت مخلوط با سویا و در صورت تامین ۱۰۰ درصد میزان توصیه شده نیتروژن بود اما در کشت مخلوط سورگوم و سویا در صورت تامین ۷۵ درصد میزان توصیه شده نیتروژن مشاهده شد (۳۶). در بررسی کشت مخلوط خلر و جو بیش ترین عملکرد پروتئین علوفه را در نسبت کشت ۵۰:۵۰ به دست آوردند (۳۷).

تجزیه خوشه ای در ارزن معمولی: به منظور مقایسه نسبت های مختلف کشت مخلوط با یکدیگر از لحاظ کلیه صفات زراعی مورد مطالعه، از تجزیه گروه به روش وارد^۱ استفاده گردید (شکل ۱). نتایج تجزیه گروه نشان داد که هشت تیمار مورد مطالعه در مجموع در سه گروه قرار گرفت. گروه اول شامل دو تیمار ۵۰ درصد ارزن معمولی + ۵۰ درصد لوبیا چشم بلبلی و ۵۰ درصد ارزن معمولی + ۱۰۰ درصد لوبیا چشم بلبلی بود. در این گروه گیاه ارزن معمولی از



شکل ۱- دندروگرام حاصل از تجزیه گروه ارزن معمولی در کشت مخلوط با لوبیا چشم بلبلی از لحاظ همه صفات زراعی مورد مطالعه.

Fig. 1. Dendrogram obtained from the analysis of common millet in intercropping with cow pea in terms of all studied agronomic traits.

صفات در هر گروه و تفاوت آن با میانگین کل مشخص گردید (جدول ۱) که صفت ارتفاع بوته (۱/۹ سانتی‌متر)، تعداد پنجه (۱/۹ عدد)، تعداد خوشه مرکب (۰/۵۹ عدد)، تعداد دانه در خوشه مرکب (۳۵/۳ عدد)، عملکرد علوفه خشک (۰/۵۳ تن در هکتار) و عملکرد دانه (۰/۱۳ تن در هکتار) بیش‌تر از میانگین کل جامعه بودند.

گروه دوم شامل چهار تیمار با نسبت‌های کشت ۱۰۰ درصد ارزن معمولی + ۲۵ درصد لوبیا چشم‌بلبلی، ۱۰۰ درصد ارزن معمولی + ۵۰ درصد لوبیا چشم‌بلبلی، کشت خالص (۱۰۰ درصد ارزن معمولی) و ۷۵ درصد ارزن معمولی + ۲۵ درصد لوبیا چشم‌بلبلی بود (شکل ۱). در این گروه، تیمارهای مورد مطالعه از لحاظ همه صفات اختلاف معنی‌داری با کشت خالص (۱۰۰ درصد ارزن معمولی) نداشتند. با محاسبه میانگین

جدول ۴- میانگین صفات مورد مطالعه در ارزن معمولی در هر گروه.

Table 4. Mean of studied traits in common millet in each group.

تعداد دانه در خوشه مرکب Seeds number per panicle	تعداد خوشه مرکب در بوته Panicle number per plant	تعداد پنجه در بوته Tiller number per plant	ارتفاع بوته Plant height	
256.7 – 30.3	4.5 – 0.55	11.2-0.96	119.5 ^a -16.45 ^b	I گروه Group I
261.7 – 35.3	4.6 – 0.59	12.1 – 1.9	107.2-1.90	II گروه Group II
125.3 – (-101.1)	2.3 – (-1.72)	5.4 – (-4.7)	78.4 – (-24.6)	III گروه Group III
226.3	4.1	10.2	103.1	میانگین کل Total average

a- میانگین صفت در داخل گروه

a- Average trait within the group

b- اختلاف میانگین صفت در داخل گروه از میانگین کل

b- The difference between the mean traits within the group from the total mean

ادامه جدول ۴-

Continue Table 4.

پروتئین علوفه (درصد) forage protein %	پروتئین دانه (درصد) Seed protein %	عملکرد دانه Seed yield	عملکرد علوفه خشک Dry forage yield	
11.41 – 0.73	13.68 – 0.47	2.02 – 0.25	7.69 – 1.40	I گروه Group I
9.81 – (-0.87)	12.25 – (-0.96)	1.91 – 0.13	6.82 – 0.53	II گروه Group II
11.7 – 1.02	14.66 – 1.45	1.28 – (-0.50)	3.83 – (-2.46)	III گروه Group III
10.68	13.21	1.78	6.29	میانگین کل Total average

a- میانگین صفت در داخل گروه

a- Average trait within the group

b- اختلاف میانگین صفت در داخل گروه از میانگین کل

b- The difference between the mean traits within the group from the total mean

مشخص گردید (جدول ۴) که صفت ارتفاع بوته (۲۴/۶- سانتی متر)، تعداد پنجه (۴/۷- عدد)، تعداد دانه در بوته (۴۸۴/۷- عدد)، وزن دانه در خوشه مرکب (۰/۰۲- گرم)، عملکرد علوفه خشک (۲/۴۶- تن در هکتار) و عملکرد دانه (۰/۵۰- تن در هکتار) کم تر از میانگین کل جامعه بودند.

صفات مربوط به لوبیا چشم‌بلبلی: نتایج حاصل از تجزیه واریانس برای صفات مورد بررسی در گیاه لوبیا چشم‌بلبلی نشان داد که همه صفات مورد مطالعه اختلاف معنی‌داری با یکدیگر داشتند (جدول ۵).

گروه سوم شامل دو تیمار با نسبت‌های کشت ۲۵ درصد ارزن معمولی + ۷۵ درصد لوبیا چشم‌بلبلی و ۲۵ درصد ارزن معمولی + ۱۰۰ درصد لوبیا چشم‌بلبلی بود (شکل ۱). در این گروه کشت مخلوط ارزن معمولی با لوبیا چشم‌بلبلی باعث رقابت بین این دو گیاه شده و این امر در مجموع باعث کاهش عملکرد و اجزای عملکرد در ارزن معمولی گردیده است. بنابراین اکیداً توصیه می‌شود در کشت‌های اقتصادی ارزن معمولی و لوبیا چشم‌بلبلی به هیچ‌وجه از نسبت‌های فوق استفاده نشود. با محاسبه میانگین صفات در هر گروه و تفاوت آن با میانگین کل

جدول ۵- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) صفات کمی در لوبیا چشم‌بلبلی در کشت مخلوط با ارزن معمولی.

Table 5. Analysis of variance (mean of squares) on quantitative traits of cow pea in different intercropping ratios with common millet.

پروتئین	عملکرد	عملکرد	وزن	تعداد دانه	تعداد غلاف	تعداد شاخه	ارتفاع	درجه	منابع تغییرات
دانه	زیستی	دانه	هزاردانه	در غلاف	بارور در بوته	در بوته	بوته	آزادی	S.O.V
Seed protein	Biological yield	Seed yield	1000 seed weight	Seeds number per pods	Fertile pods number per plant.	Branches number per plant.	Plant height	d.f	
87.55**	10.45**	0.02 ^{ns}	172.7 ^{ns}	3.08*	1.6**	3.6*	1109.1**	2	تکرار Replication
41.63**	17.61**	0.91**	3175.04**	27.52**	21.7**	40.8**	1668.3**	7	نسبت کشت مخلوط Intercropping ratio
5.6	0.45	0.04	82.23	0.53	1.1	0.5	35.6	14	خطا Error
18.5	15.9	18.1	16.3	8.2	11.6	18.5	15.9		ضریب تغییرات (درصد) Cv (%)

، ** و * به ترتیب عدم وجود اختلاف معنی‌دار، معنی‌دار در سطح ۱ و ۵ درصد می‌باشد
ns, ** and * Non significant, significant at P≤0.01 and 0.05, respectively

(جدول ۶). هم‌چنین در نسبت‌های کشت ۲۵ درصد لوبیا چشم‌بلبلی + ۷۵ درصد ارزن معمولی و ۲۵ درصد لوبیا چشم‌بلبلی + ۱۰۰ درصد ارزن معمولی کم‌ترین ارتفاع بوته لوبیا چشم‌بلبلی مشاهده شد. در این پژوهش مشخص گردید که گیاه لوبیا چشم‌بلبلی

در لوبیا چشم‌بلبلی نتایج مقایسه میانگین نشان داد که تیمار کشت خالص لوبیا چشم‌بلبلی (۱۰۰ درصد لوبیا چشم‌بلبلی) بیش‌ترین ارتفاع بوته را داشت با این حال اختلاف معنی‌داری با نسبت کشت ۱۰۰ درصد لوبیا چشم‌بلبلی + ۵۰ درصد ارزن معمولی نداشت

است. از طرفی دیگر در آزمایشی بر روی کشت مخلوط نخود و گندم مشاهده گردید که بیشترین ارتفاع بوته نخود در کشت مخلوط ۱۰۰ درصد نخود و ۱۰۰ درصد ذرت و کمترین ارتفاع بوته نخود در کشت خالص نخود مشاهده گردید (۳۸). بالاترین ارتفاع بوته در گیاه چای ترش در شرایط کشت خالص نسبت به کشت مخلوط با لوبیا چشم‌بلبلی و با کاربرد ۳۰ تن در هکتار کود دامی گزارش شد (۳۹).

تحت تأثیر رقابت برون‌گونه‌ای قرار گرفته است. به طوری که با افزایش میزان تراکم، ارزن معمولی ضمن این که باعث افزایش سایه‌اندازی بر روی لوبیا چشم‌بلبلی شده باعث افزایش رقابت برای جذب مواد غذایی، نور و منابع آبی گردیده است. این عوامل در مجموع باعث شده است که گیاه لوبیا چشم‌بلبلی به خصوص در تراکم‌های بالای ارزن معمولی، گیاه مغلوب واقع شده و باعث کاهش رشد رویشی و در نتیجه کاهش ارتفاع گیاه لوبیا چشم‌بلبلی گردیده

جدول ۶- مقایسه میانگین‌های صفات کمی گیاه لوبیا چشم‌بلبلی در شرایط کشت خالص و مخلوط با ارزن معمولی.

Table 6. Mean Comparisons of quantitative traits of cow pea in different intercropping ratios with common millet.

پروتئین	عملکرد	عملکرد دانه	وزن	تعداد دانه	تعداد غلاف	تعداد شاخه	ارتفاع بوته	نسبت‌های کشت مخلوط
دانه	زیستی	Seed yield	هزارانه	در غلاف	بارور در بوته	در بوته	Plant height	Intercropping ratios
Seed protein (%)	Biological yield (kg.ha ⁻¹)	(kg.ha ⁻¹)	1000 seed weight (g)	Seeds number per pods	Fertile pods number per plant	Branches number per plan	(cm)	
27.086 ^{ab}	12.173 ^a	3.431 ^a	185.282 ^a	12.186 ^a	11.689 ^a	13.560 ^a	129.484 ^a	کشت خالص (۱۰۰ درصد لوبیا چشم‌بلبلی) Monoculture (100% Cow pea)
28.891 ^a	10.489 ^b	2.973 ^b	164.717 ^b	11.879 ^a	12.267 ^a	12.365 ^a	116.184 ^b	100% C+25% M
23.625 ^{bc}	9.838 ^{bc}	3.180 ^{ab}	163.548 ^b	10.303 ^b	11.990 ^a	12.242 ^a	126.669 ^a	100% C+50% M
20.954 ^c	4.548 ^f	1.981 ^d	93.300 ^e	3.734 ^e	5.615 ^c	3.216 ^d	68.014 ^e	25% C+100% M
19.689 ^c	6.380 ^e	1.980 ^d	97.812 ^e	5.562 ^d	5.879 ^c	5.536 ^c	71.285 ^e	25% C+75% M
20.472 ^c	7.573 ^d	2.441 ^c	136.339 ^d	7.179 ^c	7.437 ^{bc}	6.458 ^c	87.472 ^d	50% C+100% M
19.403 ^c	7.833 ^d	2.812 ^{bc}	144.461 ^{cd}	9.633 ^b	8.555 ^b	8.450 ^b	99.544 ^c	50% C+50% M
19.329 ^c	9.149 ^c	3.115 ^{ab}	156.002 ^{bc}	10.051 ^b	8.583 ^b	9.758 ^b	107.047 ^{bc}	75% C+25% M

C و M: به ترتیب نشان‌دهنده لوبیا چشم‌بلبلی و ارزن معمولی هستند

C and M: are Cow pea and Common millet, respectively

در هر ستون میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک تفاوت معنی‌داری براساس آزمون دانکن ندارند (P≤۰/۰۵)

The means followed by the same letters in each column are not significantly different based on Duncan test (P≤0.05)

لوبیا چشم‌بلبلی + ۲۵ درصد ارزن معمولی، ۱۰۰ درصد لوبیا چشم‌بلبلی + ۵۰ درصد ارزن معمولی مشاهده شد با این حال این تیمارها اختلاف معنی‌داری با کشت خالص لوبیا چشم‌بلبلی (۱۰۰ درصد لوبیا چشم‌بلبلی) نداشتند هم‌چنین در بقیه تیمارها، تعداد غلاف بارور در لوبیا چشم‌بلبلی کاهش یافته است به‌طوری‌که در نسبت‌های کشت ۲۵ درصد لوبیا چشم‌بلبلی + ۷۵ درصد ارزن معمولی و ۲۵ درصد لوبیا چشم‌بلبلی + ۱۰۰ درصد ارزن معمولی کم‌ترین تعداد غلاف بارور در بوته را داشتند (جدول ۶). این صفت از مهم‌ترین صفات اجزای عملکرد در لوبیا چشم‌بلبلی می‌باشد که تحت تأثیر صفات ارتفاع بوته و تعداد شاخه‌های جانبی در لوبیا چشم‌بلبلی قرار می‌گیرد. چرا که با افزایش ارتفاع بوته باعث افزایش تعداد شاخه‌های جانبی در لوبیا چشم‌بلبلی قرار می‌گیرد. چرا که با افزایش ارتفاع بوته باعث افزایش تعداد شاخه‌های جانبی در گیاه شده و این امر در نهایت باعث افزایش تعداد غلاف در گیاه می‌گردد. در این پژوهش مشخص گردید که گیاه لوبیا چشم‌بلبلی در رقابت با ارزن معمولی به‌خصوص در تراکم‌های بالا توانایی رقابت برون گونه‌ای ندارد و مغلوب شده است. بنابراین در این تراکم‌ها، لوبیا چشم‌بلبلی از رشد رویشی خوبی برخوردار نبوده و ضمن کاهش ارتفاع بوته و تعداد شاخه جانبی متعاقباً باعث کاهش تعداد غلاف بارور در گیاه لوبیا شده است.

در تمام تیمارها تعداد دانه در غلاف و وزن هزاردانه لوبیا چشم‌بلبلی نسبت به کشت خالص لوبیا چشم‌بلبلی (۱۰۰ درصد لوبیا چشم‌بلبلی) کاهش یافت (جدول ۶). کشت خالص لوبیا چشم‌بلبلی (۱۰۰ درصد لوبیا چشم‌بلبلی) بیش‌ترین تعداد دانه در غلاف را داشت و اختلاف معنی‌داری با نسبت کشت ۱۰۰ درصد لوبیا چشم‌بلبلی + ۲۵ درصد ارزن معمولی نداشت. هم‌چنین نسبت کشت ۲۵ درصد لوبیا چشم‌بلبلی + ۱۰۰ درصد ارزن معمولی کم‌ترین تعداد دانه در غلاف را داشت (جدول ۶). در این پژوهش

در تمام نسبت‌های کشت مخلوط تعداد شاخه در بوته لوبیا چشم‌بلبلی نسبت به کشت خالص لوبیا چشم‌بلبلی (۱۰۰ درصد لوبیا چشم‌بلبلی) کاهش یافت (جدول ۶). کشت خالص لوبیا چشم‌بلبلی (۱۰۰ درصد لوبیا چشم‌بلبلی) بیش‌ترین تعداد شاخه را داشت با این حال اختلاف معنی‌داری با نسبت‌های کشت ۱۰۰ درصد لوبیا چشم‌بلبلی + ۲۵ درصد ارزن معمولی و ۱۰۰ درصد لوبیا چشم‌بلبلی + ۵۰ درصد ارزن معمولی نداشت. هم‌چنین نتایج مقایسه میانگین نشان داد که نسبت کشت ۲۵ درصد لوبیا چشم‌بلبلی + ۱۰۰ درصد ارزن معمولی کم‌ترین تعداد شاخه در بوته را داشت. در این پژوهش مشخص گردید افزایش تراکم ارزن معمولی، باعث افزایش سایه‌اندازی و محدود شدن شرایط رشد رویشی در لوبیا چشم‌بلبلی و متعاقباً باعث کاهش تعداد شاخه‌های جانبی گشته است. در پژوهشی بیش‌ترین تعداد شاخه فرعی نخود در تیمار تک‌کشتی نخود مشاهده گردید که تفاوت معنی‌داری با نسبت ۱:۲ با گندم نداشت و کم‌ترین تعداد شاخه فرعی در بوته در تیمار کشت مخلوط ۱۰۰ درصد نخود با ۱۰۰ درصد گندم مشاهده گردید (۳۸). در بررسی کشت مخلوط سیاه‌دانه و شنبلله مشخص گردید که بیش‌ترین و کم‌ترین تعداد شاخه جانبی در بوته سیاه‌دانه به ترتیب از کشت خالص سیاه‌دانه و تیمار کشت مخلوط افزایشی ۱۰۰ درصد سیاه‌دانه و ۱۰۰ درصد سیاه‌دانه به‌دست آمد و علت کاهش تعداد شاخه جانبی سیاه‌دانه در نسبت‌های کشت مخلوط، به احتمال زیاد به دلیل ارتفاع بیش‌تر گیاه شنبلله و افزایش تعداد شاخه جانبی آن می‌باشد که باعث شده این گیاه در رقابت بین‌گونه‌ای، به جای تعداد شاخه بیش‌تر، بر ارتفاع خود بیفزاید تا از توان رقابتی بهتری برای رشد بهره‌بردار (۱۹).

بیش‌ترین تعداد غلاف بارور در بوته لوبیا چشم‌بلبلی به‌ترتیب در نسبت‌های کشت ۱۰۰ درصد

دانه در غلاف لوبیا در کشت خالص و مخلوط مشاهده نگردید (۴۳). در آزمایشی بیش‌ترین و کم‌ترین تعداد دانه در غلاف به‌ترتیب به تیمارهای کشت خالص نخود و ۱۰۰ درصد نخود + ۱۰۰ درصد گندم تعلق داشت که با تغییر نظام کشت از تک‌کشتی به کشت مخلوط تعداد دانه در بوته کاهش می‌یابد، این کاهش را می‌توان به رقابت گندم با نخود بر سر مواد غذایی و سایه‌اندازی گندم روی نخود (کاهش نور دریافتی) نسبت داد که سبب کاهش شدت فتوسنتز و تولید کربوهیدرات‌ها و در نتیجه کاهش رشد می‌شود (۳۸).

نتایج مقایسه میانگین نشان داد که در تمام تیمارها عملکرد زیستی لوبیا چشم‌بلبلی در مقایسه با کشت خالص لوبیا چشم‌بلبلی (۱۰۰ درصد لوبیا چشم‌بلبلی) کاهش یافتند (جدول ۶) و کشت خالص لوبیا چشم‌بلبلی (۱۰۰ درصد لوبیا چشم‌بلبلی) بیش‌ترین عملکرد بیولوژیک را داشت. هم‌چنین نتایج نشان داد که لوبیا چشم‌بلبلی در نسبت کشت ۲۵ درصد لوبیا چشم‌بلبلی + ۱۰۰ درصد ارزن معمولی کم‌ترین عملکرد بیولوژیک را داشت. عدم وجود رقابت بین‌گونه‌ای امکان رشد بیش‌تری را برای بوته‌ها فراهم نموده و در نتیجه بر وزن خشک آن افزوده شد. بهبود قابلیت دسترسی به عناصر غذایی به دلیل اسیدی شدن محیط ریزوسفر و آزادشدن حاملان آهن از ریشه می‌تواند باعث افزایش عملکرد بیولوژیک گیاهان در کشت مخلوط شود. در الگوهای کشت مخلوط، هرچه شباهت گیاهان موجود از نظر بوم‌شناسی، مورفولوژیکی و فیزیولوژیکی کم‌تر باشد، میزان استفاده از منابع محیطی مانند نور به حداکثر رسیده و کارایی مصرف نور افزایش می‌یابد، به‌طوری‌که تسهیم مواد فتوسنتزی به غلاف‌ها بیش‌تر و در نتیجه عملکرد افزایش می‌یابد (۴۴). کشت مخلوط ذرت و لوبیا در مقایسه با نظام تک‌کشتی ذرت و لوبیا کارایی مصرف انرژی بالاتری

مشخص گردید که در نسبت‌های کشت که تراکم ارزن معمولی بالا می‌باشد به دلیل شرایط نامطلوب رشد، رقابت برون‌گونه‌ای و کاهش فتوسنتز و متعاقباً کاهش ذخیره مواد فتوسنتزی، وزن هزاردانه کاهش یافته است. از آن‌جایی‌که تعداد غلاف در بوته به‌عنوان مهم‌ترین جزء تعیین‌کننده عملکرد هر گیاهی مطرح می‌باشد، بنابراین کاهش تعداد غلاف در کشت مخلوط افزایش آن هم به‌دلیل کاهش تعداد گل‌های بارور در گیاه در نتیجه رقابت درون‌گونه‌ای (رقابت بر سر جذب نور و مواد غذایی) به کاهش عملکرد منجر خواهد شد (۳۸). در کشت مخلوط لوبیا و آفتابگردان مشاهده گردید که بیش‌ترین تعداد غلاف در بوته لوبیا در کشت خالص لوبیا و پس از آن در نسبت کشت ۷۵ درصد لوبیا و ۲۵ درصد آفتابگردان مشاهده گردید و به‌نظر می‌رسد حداکثر بودن تراکم لوبیا در کشت خالص موجب شده که این گیاه از عوامل محیطی به نحو بهینه‌ای استفاده کرده باشد و در نتیجه حداکثر عملکرد دانه تولید شده باشد (۴۰). بیش‌ترین تعداد غلاف در بوته و دانه در بوته کلزا در کشت خالص آن نسبت به کشت مخلوط با نخود گزارش شد (۴۱). تعداد کم‌تر دانه در غلاف می‌تواند به‌دلیل رقابت زیاد برای منابع در بین محصولات تشکیل‌دهنده باشد. علاوه بر این، تعداد بیش‌تر دانه در غلاف در لوبیا معمولی معمولاً به دلیل رقابت کم‌تر برای منابع در واحد سطح زیر کشت نسبت به کشت مخلوط با ذرت گزارش شد (۴۲). از طرفی دیگر با انجام پژوهشی در کشت مخلوط لوبیا با ذرت مشاهده گردید که بیش‌ترین وزن هزاردانه لوبیا در کشت مخلوط لوبیا با ذرت و کم‌ترین میزان این صفت در کشت خالص مشاهده گردید در صورتی‌که حداکثر تعداد غلاف در بوته لوبیا در کشت خالص لوبیا و حداقل میزان این صفت در کشت مخلوط با ذرت مشاهده گردید هم‌چنین تفاوت معنی‌داری بر تعداد

لوبیا چشم‌بلبلی در نسبت کشت ۱۰۰ درصد لوبیا چشم‌بلبلی + ۲۵ درصد ارزن معمولی بیش‌ترین پروتئین دانه را داشت. این تیمار در مقایسه با کشت خالص (۱۰۰ درصد لوبیا چشم‌بلبلی) ۶ درصد پروتئین دانه را افزایش داد (جدول ۶). هم‌چنین نتایج نشان داد که در بقیه تیمارها، رقابت بین ارزن معمولی و لوبیا چشم‌بلبلی باعث کاهش پروتئین دانه در لوبیا چشم‌بلبلی گردیده است. به‌طوری‌که در نسبت‌های کشت ۲۵ درصد لوبیا چشم‌بلبلی + ۱۰۰ درصد ارزن معمولی، ۵۰ درصد لوبیا چشم‌بلبلی + ۱۰۰ درصد ارزن معمولی، ۲۵ درصد لوبیا چشم‌بلبلی + ۷۵ درصد ارزن معمولی، ۵۰ درصد لوبیا چشم‌بلبلی + ۵۰ درصد ارزن معمولی و ۷۵ درصد لوبیا چشم‌بلبلی + ۲۵ درصد ارزن معمولی کم‌ترین مقدار پروتئین دانه را داشتند. زیاد بودن میزان پروتئین خام در لگوم‌ها نسبت به غلات را پژوهش‌گران زیادی گزارش کرده‌اند و دلیل آن را به بالا بودن کارایی استفاده از نیتروژن در این گیاهان نسبت داده‌اند. بنابراین با وجود تفاوت در میزان پروتئین خام لگوم‌های مختلف، در کشت مخلوط گیاهان علوفه‌ای، با افزایش لگوم، میزان عملکرد پروتئین افزایش می‌یابد (۴۹). افزایش محتوای پروتئین دانه لوبیا در کشت مخلوط لوبیا و پنبه گزارش گردید (۵۰).

تجزیه خوشه‌ای در لوبیا چشم‌بلبلی: به‌منظور مقایسه نسبت‌های مختلف کشت مخلوط با یکدیگر از لحاظ همه صفات زراعی مورد مطالعه، از تجزیه گروه به روش وارد استفاده گردید (شکل ۲). نتایج تجزیه گروه نشان داد که هشت تیمار مورد مطالعه در مجموع در دو گروه قرار گرفتند. گروه I شامل دو تیمار کشت خالص (۱۰۰ درصد لوبیا چشم‌بلبلی) و نسبت کشت ۱۰۰ درصد لوبیا چشم‌بلبلی + ۲۵ درصد ارزن معمولی بود. این دو تیمار اختلاف معنی‌داری از لحاظ همه صفات زراعی مورد مطالعه در لوبیا

داشتند که منجر به استفاده از نظام کشت مخلوط شد. این نیز می‌تواند به‌دلیل تأمین نیتروژن توسط لوبیا برای کشت مخلوط با ذرت باشد. بهبود عملکرد زیستی محصول در نظام‌های کشت مخلوط در مقایسه با سیستم‌های تک‌کشتی ممکن است به دلیل توانایی بهتر گونه‌ها در جذب نور و حداکثر استفاده از منابع بیوفیزیکی نسبت به محصولاتی باشد که به‌طور جداگانه تحت نظام تک‌کشتی رشد می‌کنند (۴۵). بیش‌ترین عملکرد زیستی سویا در کشت خالص آن به‌دست آمد و کم‌ترین میزان این صفت در کشت مخلوط با ذرت مشاهده شد (۴۶). در کشت مخلوط شنبلیله و سیاه‌دانه بیش‌ترین عملکرد دانه و زیستی شنبلیله از کشت خالص و تیمار ۲۵ درصد سیاه‌دانه + ۱۰۰ درصد شنبلیله به‌دست آمد (۱۹).

در تمام نسبت‌های کشت مخلوط عملکرد دانه لوبیا چشم‌بلبلی در مقایسه با کشت خالص آن (۱۰۰ درصد لوبیا چشم‌بلبلی) کاهش یافت. کشت خالص لوبیا چشم‌بلبلی (۱۰۰ درصد لوبیا چشم‌بلبلی) بیش‌ترین عملکرد دانه را داشت (جدول ۶). هم‌چنین نتایج نشان داد که نسبت‌های کشت ۲۵ درصد لوبیا چشم‌بلبلی + ۱۰۰ درصد ارزن معمولی و ۲۵ درصد لوبیا چشم‌بلبلی + ۷۵ درصد ارزن معمولی کم‌ترین عملکرد دانه را داشتند. در کشت مخلوط لوبیا با ذرت نیز بیش‌ترین عملکرد دانه لوبیا در کشت خالص و کم‌ترین عملکرد دانه در کشت مخلوط با ذرت گزارش شده است (۴۷). هم‌چنین گزارش شده است که در کشت مخلوط لوبیا و ذرت، بیش‌ترین عملکرد دانه لوبیا در کشت خالص لوبیا مشاهده گردید و کشت مخلوط عملکرد دانه را کاهش داد زیرا گیاه در نظام تک‌کشتی از مزایای بیش‌تری در استفاده از منابع محیطی دارد (۴۸). با انجام پژوهشی در کشت مخلوط نخود و زیره سبز گزارش گردید که بیش‌ترین عملکرد نخود در کشت خالص آن مشاهده شد (۳۵).

میانگین جامعه مورد مطالعه داشتند. به طوری که صفت ارتفاع بوته (۲۲/۲ سانتی‌متر)، تعداد شاخه (۴/۳ عدد)، تعداد غلاف بارور (۲/۹ عدد)، تعداد دانه در غلاف (۳/۳ عدد)، وزن هزاردانه (۳۲/۴ گرم)، عملکرد زیستی (۲/۸۲ تن در هکتار) و عملکرد دانه (۰/۴۶ تن در هکتار) بیش‌تر از میانگین کل بودند.

چشم‌بلیبی نداشتند و هر دو به‌عنوان بهترین نسبت‌های کشت لوبیا شناخته شدند. برای ارزیابی دقیق‌تر نتایج تجزیه گروه، میانگین صفات در هر گروه و تفاوت آن با میانگین کل محاسبه گردید (جدول ۷). نتایج این جدول به خوبی نشان داد که تیمارهای گروه اول از لحاظ همه صفات مورد مطالعه، میانگینی بالاتر از

جدول ۷- میانگین صفات مورد مطالعه در لوبیا چشم‌بلیبی در هر گروه.

Table 7. Mean of studied traits in cow pea in each group.

تعداد دانه در غلاف Seeds number per pods	عملکرد دانه Seed yield	عملکرد زیستی Biological yield	وزن هزاردانه 1000 seed weight	تعداد غلاف بارور در بوته Fertile pods number per plant	تعداد شاخه در بوته Branches number per plan	ارتفاع بوته Plant height	
12.1-3.3	3.20-0.46	11.33-2.82	175.0-32.4	11.9-2.9	12.9-4.3	122.8 ^a -22.2 ^b	I گروه Group I
7.7-(-1.1)	2.58-(-0.16)	7.55-(-0.96)	131.9-(-10.7)	8.1-(-0.9)	7.6-(-1.0)	93.3-(-7.2)	II گروه Group II
8.8	2.74	8.51	142.6	9.0	8.6	100.57	میانگین کل Total average

a- میانگین صفت در داخل گروه

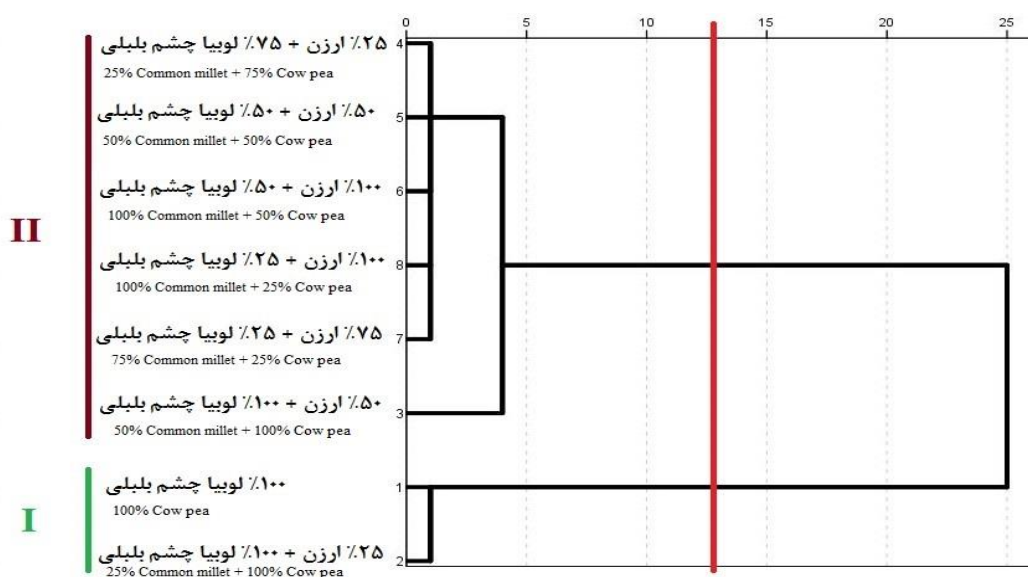
a- Average trait within the group

b- اختلاف میانگین صفت در داخل گروه از میانگین کل

b- The difference between the mean traits within the group from the total mean

با ارزش معمولی دچار رقابت شده و این امر در مجموع باعث کاهش عملکرد و اجزای عملکرد در لوبیا چشم‌بلیبی گردیده است. با محاسبه اختلاف میانگین صفات این گروه از میانگین کل مشخص گردید که صفت ارتفاع بوته (۷/۲- سانتی‌متر)، تعداد شاخه (۱/۰- عدد)، تعداد غلاف بارور (۰/۹- عدد)، تعداد دانه در غلاف (۱/۱- عدد)، وزن تک‌دانه (۰/۰۱- گرم)، وزن هزاردانه (۱۰/۷- گرم)، عملکرد زیستی (۰/۹۶- تن در هکتار) و عملکرد دانه (۰/۱۶- تن در هکتار) کم‌تر از میانگین کل بودند.

از طرفی گروه II شامل شش تیمار با نسبت‌های کشت ۱۰۰ درصد لوبیا چشم‌بلیبی + ۵۰ درصد ارزن معمولی، ۲۵ درصد لوبیا چشم‌بلیبی + ۷۵ درصد ارزن معمولی، ۲۵ درصد لوبیا چشم‌بلیبی + ۱۰۰ درصد ارزن معمولی، ۵۰ درصد لوبیا چشم‌بلیبی + ۱۰۰ درصد ارزن معمولی، ۵۰ درصد لوبیا چشم‌بلیبی + ۷۵ درصد ارزن معمولی و ۷۵ درصد لوبیا چشم‌بلیبی + ۲۵ درصد ارزن معمولی بود (جدول ۷). همان‌طور که قبلاً در مقایسه میانگین صفات مورد مطالعه در لوبیا چشم‌بلیبی مشخص شد، این گیاه در کشت مخلوط



شکل ۲- دندروگرام حاصل از تجزیه گروه لوبیا چشم‌بلبلی در کشت مخلوط با ارزن معمولی از لحاظ همه صفات زراعی مورد مطالعه.

Fig. 2. Dendrogram obtained from the analysis of cow pea in intercropping with common millet in terms of all studied agronomic traits.

می‌دهد که از آنجایی که میزان تراکم لوبیا چشم‌بلبلی در تیمارهای مختلف متفاوت می‌باشد. بنابراین میزان نیتروژن تثبیت‌شده در تیمارهای مختلف متفاوت است.

نیتروژن خاک در کشت مخلوط ارزن معمولی با لوبیا چشم‌بلبلی: نتایج حاصل از تجزیه واریانس صفت نیتروژن خاک نشان داد (جدول ۸) که بین تیمارهای مختلف آزمایش، اختلاف کاملاً معنی‌داری از لحاظ این صفت وجود دارد. این نتیجه نشان

جدول ۸- تجزیه واریانس نیتروژن خاک در کشت مخلوط ارزن معمولی با لوبیا چشم‌بلبلی.

Table 8. Analysis of variance of soil nitrogen in common millet intercropping with cow pea.

میانگین مربعات نیتروژن خاک Average squares of soil nitrogen	درجه آزادی d.f	منابع تغییرات S.O.V
0.00025**	3	تکرار Replication
0.00032**	8	نسبت کشت مخلوط Intercropping ratio
0.000011	24	خطا Error
13.1		ضریب تغییرات (درصد) Cv (%)

ns, ** و * به ترتیب عدم وجود اختلاف معنی‌دار و معنی‌دار در سطح ۱ و ۵ درصد می‌باشد

ns, ** and * Non significant and significant at $P \leq 0.01$ and 0.05 , respectively

فراوانی برخوردار هستند (۵۱). علاوه بر این، افزایش ذخیره نیتروژن خاک در حضور حبوبات با تنوع گونه‌ای بیش‌تر را می‌توان با تأمین نیتروژن خاک و کاهش قابل‌توجه در تلفات نیتروژن توضیح داد. نتایج پژوهشی نشان داد که ذخیره متوسط نیتروژن خاک در حضور حبوبات ۷۸/۰۱ درصد تا ۱۰۰-۰ سانتی‌متر عمق خاک افزایش یافته است و نشان داده شد که بین حبوبات و خواص خاک ارتباط معنی‌داری وجود دارد و وجود حبوبات میزان نیتروژن و کربن خاک را افزایش می‌دهد (۵۲).

نتایج حاصل از مقایسه میانگین نشان داد (جدول ۹) که کرت‌های ۱۰۰ درصد لوبیا چشم‌بلبلی و ۱۰۰ درصد ارزن معمولی به‌ترتیب با ۰/۳۸ و ۰/۱۵ درصد بیش‌ترین و کم‌ترین میزان نیتروژن در خاک را داشتند. در این پژوهش به خوبی مشخص گردید که با افزایش تراکم بوته لوبیا چشم‌بلبلی و کاهش تراکم ارزن معمولی در واحد کرت، میزان تثبیت نیتروژن در خاک افزایش یافت. لوبیا چشم‌بلبلی از خانواده بقولات بوده و گیاهان این خانواده به‌دلیل توانایی تثبیت زیستی نیتروژن از مزیت‌های بوم‌شناختی

جدول ۹- تأثیر کشت مخلوط ارزن معمولی با لوبیا چشم‌بلبلی بر نیتروژن خاک.

Table 9. Effect of in common millet intercropping with cow pea on soil nitrogen.

نسبت کشت مخلوط Intercropping ratio	نیتروژن خاک (درصد) Soil nitrogen (%)
100% M	0.015 ^e
100% M+25% C	0.024 ^{cd}
100% M+50% C	0.027 ^{ed}
100% C	0.038 ^a
25% M+100% C	0.031 ^b
25% M+75% C	0.028 ^{bd}
50% M+100% C	0.030 ^{bc}
50% M+50% C	0.023 ^d
75% M+25% C	0.023 ^d

C and M: به ترتیب نشان‌دهنده لوبیا چشم‌بلبلی و ارزن معمولی هستند

C and M: are Cow pea and Common millet, respectively

در هر ستون میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک تفاوت معنی‌داری براساس آزمون دانکن ندارند ($P \leq 0.05$)

The means followed by the same letters in each column are not significantly different based on Duncan test ($P \leq 0.05$)

برابری زمین ارزن نشان داد (جدول ۱۱) که نسبت‌های کشت ۷۵ درصد ارزن + ۲۵ درصد لوبیا چشم‌بلبلی و ۵۰ درصد ارزن + ۵۰ درصد لوبیا چشم‌بلبلی بیش‌ترین نسبت برابری زمین را داشتند. از طرفی دیگر مشخص گردید که نسبت‌های کشت ۲۵ درصد ارزن + ۷۵ درصد لوبیا چشم‌بلبلی و ۲۵ درصد

نسبت برابری زمین در کشت مخلوط ارزن معمولی با لوبیا چشم‌بلبلی: نتایج حاصل از تجزیه واریانس نسبت برابری زمین نشان داد (جدول ۱۰) که اثر نسبت‌های مختلف کشت بر نسبت برابری زمین ارزن، لوبیا چشم‌بلبلی و کل در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود. نتایج حاصل از مقایسه میانگین نسبت

نسبت برابری زمین در هر دو سال و برای همه ترکیب‌های کشت مخلوط بیش‌تر از یک بود (۵۳). با مطالعه اثر کشت مخلوط آفتاب‌گردان و لوبیا چیتی گزارش گردید که بالاترین نسبت برابری زمین به تیمار کشت مخلوط ۱۰۰ درصد آفتاب‌گردان + ۵۰ درصد لوبیاچیتی تعلق داشت (۵۴). با انجام آزمایشی در کشت مخلوط ارزن رقم پیشاهنگ و بادام‌زمینی مشاهده گردید که بالاترین نسبت برابری زمین در مخلوط ۱۰۰ درصد + ۱۰۰ درصد به‌دست آمد (۵۵). در پژوهش علیزاده و همکاران (۱۴۰۰) نسبت برابری زمین در تمامی نسبت‌های کشت مخلوط بیش‌تر از یک و یا نزدیک به یک بود که نشان‌دهنده مفید بودن کشت مخلوط باقلا و رازیانه بوده و بهره‌برداری بهینه از منابع محیطی توسط هر جز گیاهی انجام می‌گیرد (۱۸). با انجام پژوهشی در کشت مخلوط سیاه‌دانه و شنبلیله مشاهده شد که بین نسبت‌های مختلف کشت مخلوط بیش‌ترین میزان LER کل در تیمار ۷۵ درصد سیاه‌دانه + ۱۰۰ درصد شنبلیله و کم‌ترین آن به تیمار ۲۵ درصد سیاه‌دانه + ۱۰۰ درصد شنبلیله مشاهده شد (۱۹).

ارزن + ۱۰۰ درصد لوبیا چشم‌بلبلی کم‌ترین نسبت برابری زمین ارزن را داشتند. نسبت‌های کشت ۱۰۰ درصد ارزن + ۵۰ درصد لوبیا چشم‌بلبلی و ۷۵ درصد ارزن + ۲۵ درصد لوبیا چشم‌بلبلی بیش‌ترین نسبت برابری زمین لوبیا چشم‌بلبلی را داشتند. از طرفی دیگر مشخص گردید که نسبت‌های کشت ۲۵ درصد ارزن + ۷۵ درصد لوبیا چشم‌بلبلی و ۲۵ درصد ارزن + ۱۰۰ درصد لوبیا چشم‌بلبلی کم‌ترین نسبت برابری زمین لوبیا چشم‌بلبلی را داشتند (جدول ۱۱). هم‌چنین نسبت‌های کشت ۷۵ درصد ارزن + ۲۵ درصد لوبیا چشم‌بلبلی و ۵۰ درصد ارزن + ۵۰ درصد لوبیا چشم‌بلبلی نسبت برابری زمین کل را داشتند. از طرفی دیگر مشخص گردید که نسبت‌های کشت ۲۵ درصد ارزن + ۷۵ درصد لوبیا چشم‌بلبلی و ۲۵ درصد ارزن + ۱۰۰ درصد لوبیا چشم‌بلبلی کم‌ترین نسبت برابری زمین کل را داشتند. بنابراین به‌طور کلی با توجه به این‌که نسبت برابری زمین کل در تمامی تیمارها بیش از یک می‌باشد بنابراین این نتیجه اهمیت و برتری کشت مخلوط را روشن می‌سازد. با انجام پژوهشی در کشت مخلوط ذرت با لگوم‌ها گزارش شده است که

جدول ۱۰- تجزیه واریانس نسبت برابری در کشت مخلوط ارزن معمولی با لوبیا چشم‌بلبلی.

Table 10. Analysis of variance of Land equivalent ratio in common millet intercropping with cow pea.

نسبت برابری زمین Land equivalent ratio			درجه آزادی	منابع تغییرات S.O.V
کل Total	لوبیا چشم‌بلبلی cow pea	ارزن معمولی common millet	d.f	
0.141**	0.003 ^{ns}	0.119**	2	تکرار Replication
0.369**	0.066**	0.146**	6	نسبت‌های کشت Intercropping ratio
0.009	0.005	0.014	12	خطا Error
5.6	8.8	12.3	---	ضریب تغییرات (درصد) Cv (%)

^{ns}, **, * و * به ترتیب عدم وجود اختلاف معنی‌دار و معنی‌دار در سطح ۱ و ۵ درصد می‌باشد

^{ns}, **, * and * Non significant and significant at $P \leq 0.01$ and 0.05 , respectively

جدول ۱۱- تأثیر کشت مخلوط ارزن معمولی با لوبیا چشم‌بلبلی بر نسبت برابری زمین.

Table 11. Effect of in common millet intercropping with cow pea on Land equivalent ratio.

نسبت برابری زمین Land equivalent ratio			نسبت کشت مخلوط Intercropping ratio
کل Total	لوبیا چشم‌بلبلی cow pea	ارزن معمولی common millet	
1.76 ^b	0.87 ^a	0.90 ^{cd}	100%M+25%C
1.98 ^a	0.93 ^a	1.05 ^{ac}	100%M+50%C
1.26 ^c	0.58 ^c	0.68 ^d	25% M+100% C
1.29 ^c	0.58 ^c	0.72 ^d	25%M+75% C
1.72 ^b	0.71 ^b	1.01 ^{bc}	50%M+100% C
2.03 ^a	0.82 ^{ab}	1.21 ^{ab}	50% M+50% C
2.15 ^a	0.91 ^a	1.24 ^a	75% M+25% C

C و M: به ترتیب نشان‌دهنده لوبیا چشم‌بلبلی و ارزن معمولی هستند

C and M: are Cow pea and Common millet, respectively

در هر ستون میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک تفاوت معنی‌داری براساس آزمون دانکن ندارند ($P \leq 0.05$)

The means followed by the same letters in each column are not significantly different based on Duncan test ($P \leq 0.05$)

نتیجه‌گیری کلی

چشم‌بلبلی) کاهش یافتند. نتایج تجزیه گروه برای لوبیا چشم‌بلبلی نشان داد که هشت تیمار مورد مطالعه در مجموع در دو گروه قرار گرفتند. گروه I شامل دو تیمار کشت خالص (۱۰۰ درصد لوبیا چشم‌بلبلی) و نسبت کشت ۱۰۰ درصد لوبیا چشم‌بلبلی + ۲۵ درصد ارزن بود. این دو تیمار اختلاف معنی‌داری از لحاظ همه صفات زراعی مورد مطالعه در لوبیا چشم‌بلبلی نداشتند و هر دو به عنوان بهترین نسبت‌های کشت لوبیا شناخته شدند. هم‌چنین نسبت برابری زمین در تمامی تیمارها بیش از یک بود؛ بنابراین، این نتیجه اهمیت و برتری کشت مخلوط را روشن می‌سازد.

نتایج این آزمایش نشان‌دهنده اثر مثبت کشت مخلوط ارزن معمولی با لوبیا چشم‌بلبلی نسبت به کشت خالص ارزن معمولی در بهبود ویژگی‌های مختلف مورد مطالعه برای این گیاه بود. گیاه ارزن معمولی از لحاظ همه صفات مورد مطالعه در کشت مخلوط ۵۰ درصد ارزن + ۵۰ درصد لوبیا چشم‌بلبلی و ۵۰ درصد ارزن + ۱۰۰ درصد لوبیا چشم‌بلبلی بهتر از کشت خالص بود بنابراین تیمارهای داخل این گروه به عنوان بهترین نسبت‌های کشت در ارزن رقم پیشاهنگ شناخته شدند. هم‌چنین در تمامی تیمارها وزن هزاردانه، عملکرد زیستی و عملکرد دانه لوبیا چشم‌بلبلی نسبت به کشت خالص (۱۰۰ درصد لوبیا

منابع

1. Mousavi, S.R. and Eskandari, H. 2011. A general overview on intercropping and its advantages in sustainable agriculture. *J. Appl. Environ. Biol. Sci.* 1: 482-486.
2. Najafi, N., Mostafaei, M., Dabbagh, A. and Oustan, Sh. 2013. Effect of intercropping and farmyard manure on the growth, yield and protein concentration of corn, bean and bitter vetch. *J. Agric. Sci. Sustain. Prod.* 23: 1. 99-115.
3. Layek, J., Das, A., Mitran, T., Nath, C., Meena, R.S., Yadav, G.S., Shivakumar, B., Kumar, S. and Lal, R. 2018. Cereal+ legume intercropping: An option for improving productivity and sustaining soil health. In: (Ed.), *Legumes for Soil Health and Sustainable Management*. Springer. pp. 347-386.
4. Xue, Y., Xia, H., Christie, P., Zhang, Z., Li, L. and Tang, C. 2016. Crop acquisition of phosphorus, iron and zinc from soil in cereal/legume intercropping systems: a critical review. *Ann. Bot.* 117: 363-377.
5. Khanal, U., Stott, K.J., Armstrong, R., Nuttall, J.G., Henry, F., Christy, B.P., Mitchell, M., Riffkin, P.A., Wallace, A.J. and McCaskill, M. 2021. Intercropping-Evaluating the advantages to broadacre systems. *Agric.* 11: 1-20.
6. Tang, X., Zhang, C., Yu, Y., Shen, J., van der Werf, W. and Zhang, F. 2021. Intercropping legumes and cereals increases phosphorus use efficiency; a meta-analysis. *Plant Soil*, 460: 89-104.
7. Ghimire, B.K., Yu, C.Y., Kim, S.H. and Chung, I.M. 2019. Diversity in accessions of *Panicum miliaceum* L. based on agro-morphological, antioxidative, and genetic traits. *Molecules*, 24: 1-25.
8. Flajsman, M., Stajner, N. and Acko, D.K. 2019. Genetic diversity and agronomic performance of slovenian landraces of proso common millet (*Panicum miliaceum* L.). *Turk. J. botany.* 43: 185-195.
9. Tadayon, M.R. and Karimzadeh Soureshjani, H. 2019. Effect of zeolite on growth and physiological parameters of proso common millet (*Panicum miliaceum* L.) under deficit irrigation management. *Env. Stress. Crop. Sci.* 12: 2. 415-427. (In Persian)
10. Gomes, A.M.F., Draper, D., Nhantumbo, N., Massinga, R., Ramalho, J.C., Marques, I. and Ribeiro Barros, A.I. 2021. Diversity of cow pea [*Vigna unguiculata* (L.) Walp] landraces in mozambique: new opportunities for crop improvement and future breeding programs. *J. Agron.* 11: 1-12.
11. Hutchinson, M.J., Muniu, F., Ambuko, J., Mwakangalu, M., Mwangâ, A.W., Okello, J., Olubayo, F. and Kirimi, J. 2017. Morphological and agronomic characterization of local vegetable cow pea accessions in Coastal Kenya. *Afr. J. Hort. Sci.* 11: 47-58.
12. Molosiwa, O.O., Gwafila, C., Makore, J. and Chite, S.M. 2016. Phenotypic variation in cow pea (*Vigna unguiculata* [L.] Walp.) germplasm collection from Botswana. *Int. J. Biodivers. Conserv.* 8: 153-163.
13. Sekhvat, R., Ghanbari Birgani, D. and Mirzashahi, K. 2018. Instructions for sowing, growing and harvesting cow pea in khuzestan. *Seed. Plant. Improv. Inst.* (In Persian)
14. Lamei Harvani, J. 2013. Assessment of dry forage and crude protein yields, competition and advantage indices in mixed cropping of annual forage legume crops with barley in rainfed conditions of zanzan province in Iran. *Seed. J. Plant Prod.* 29: 2. 169-183. (In Persian)
15. Khatamipour, M., Asgharipour, M.R. and Sirousmehr, A. 2014. Intercropping benefits of foxtail common millet (*Setaria italica*) with mungbean (*Vigna radiata*) as influenced by application of different manure levels. *J. Agric. Sci. Sustain. Prod.* 24: 3. 75-86. (In Persian)
16. Baributsa, D.N., Foster, E.F., Thelen, K., Kravchenko, D.R. and Ngouajio, M. 2008. Corn and cover crop response to corn density in an interseeding system. *Agron. J.* 100: 981-987.
17. Ajeigbe, H.A. and Oseni, T.O. 2006. Effect of planting pattern crop variety and insecticide on the productivity of cow pea-cereal systems in Northern

- Guinea Savanna of Nigeria. J. Food. Agr. Environ. 4: 1. 145-150.
18. Alizadeh, N., Sarabi, V. and Hazrati, S. 2021. Evaluation of faba bean (*Vicia faba* L.) and fennel (*Foeniculum vulgare* Mill.) intercropping advantage under row-replacement and additive series. J. Plant Prod. Res. 28: 3. 183-204. (In Persian)
 19. Abdollahpour, K., Koocheki, A., Nassiri Mahallati, M. and Khorramdel, S. 2020. Effect of fenugreek (*Trigonella foenum-graecum* L.) and black seed (*Nigella sativa* L.) additive intercropping on yield and yield components. Iran. J. Field. Crop. Sci. 18: 1. 31-47. (In Persian)
 20. Norouzi, S., Akbari, Gh., Alahdadi, I., Soltani, E. and Norouzian, M. 2021. The effect of nitrogen fertilizer and different strains of symbiosis bacterium on quantitative and qualitative traits of guar (*Cyamopsis tetragonoloba*) under various water regimes. J. Agric. Sci. Sustain. Prod. 31: 2. 339-359. (In Persian)
 21. Arjmand, A., Fateh, E. and Ainehband, A. 2014. Evaluation the time incorporation to the soil and green manure crop on chemical soil properties and wheat seedling primary growth. J. Agron. 110: 110-118. (In Persian)
 22. Vandermeer, J.H. 1989. The Ecology of Intercropping, Cambridge University Press.
 23. Linn, J.G. and Martin, N.P. 1999. Forage quality tests and interpretations. University of Minnesota Extension Service; Minneapolis: 1989. MN AG-FO-02637.
 24. Jafari, A., Connolly, V., Frolich, A. and Walsh, E.J. 2003. A note on estimation of quality parameters in perennial ryegrass by near infrared reflectance spectroscopy. Irish. J. Agric. Food. Res. 105: 293-29.
 25. Badakhshan, S., Amirinejad, M., Allah Tphodinejad, A. and Parsa Motlagh, B. 2018. Evaluation of alternative series of tepary bean (*Phaseolus acutifolus*) and tow common millet (*Panicum miliaceum*) intercropping effects on some quantitative and quality traits and forage yield. J. Crop. Prod. 11: 2. 151-167. (In Persian)
 26. Kithan, L. and Longkumer, L.T. 2017. Economics of maize (*Zea mays* L.) and soybean (*Glycine max* (L.) Merrill) intercropping. Int. J. Bio-Resour. Stress Manag. 8: 401-404.
 27. Hajinia, S., Ahmadvand, G. and Mehrabi, A.A. 2019. Evaluation of yield and yield components of common millet and soybean in different intercropping ratios under deficit irrigation levels in hamden region. Iran. J. Field. Crop. Res. 16: 4. 761-779. (In Persian)
 28. Dulur, N.W.D., Wangiyana, W., Farida, N. and Kusnarta, I.G.M. 2019. Improved growth and yield formation of red rice under aerobic irrigation system and intercropping with peanuts. J. Agric. Vet. Sci. 12: 12-17.
 29. YuanKai, Ch., LingYang, F., Muhammad, A.R., YuanFang, F., JunXu, Ch., TaiWen, Y., WenYu, Y. and Feng, Y. 2019. Effect of maize/soybean relay strip intercropping system on soybean morphology, chlorophyll fluorescence, and yield in Sichuan area. J. Eco-Agric. 27: 870-879.
 30. Pakgozar, N., Ghanbari, A. and Farahbakhsh, H. 2014. Investigation of quantitative and qualitative characteristics of green pea (*Lathyrus sativus* L.) and nutritive common millet (*Pennisetum* sp.) forage in different cultivation patterns. J. Agroecol. 6: 1. 108-117.
 31. 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. J. Agric. Sci. Sustain. Prod. 26: 1. 39-56. (In Persian)
 32. Rad, S.V., Valadabadi, S.A.R., Pouryousef, M., Saifzadeh, S., Zakrin, H.R. and Mastinu, A. 2020. Quantitative and qualitative evaluation of *Sorghum bicolor* L. under intercropping with legumes and different weed control methods. Hort. 6: 1-15.
 33. Diatta, A.A., Abaye, O., Thomason, W.E., Lo, M., Thompson, T.L., Vaughan, L.J., Gueye, F. and Diagne, N. 2020. Evaluating pearl millet and mungbean

- intercropping in the semi-arid regions of Senegal. *Agron. J.* 112: 4451-4466.
34. Kubota, A., Safina, S.A., Shebl, S.M., Mohamed, A.E.D.H., Ishikawa, N., Shimizu, K., Abdel Gawad, K. and Maruyama, S. 2015. Evaluation of intercropping system of maize and leguminous crops in the Nile Delta of Egypt. *Trop. Agric. Dev.* 59: 14-19.
 35. Ghahramani Ghalejoq, V., Naseripoor Yazdi, M.T. and Kamaei, R. 2017. Yield of chickpea (*Cicer arietinum*) in the intercropping with cumin (*Cuminum cyminum*) on different planting date. *J. Crop. Ecophysiol.* 11: 2. 399-412. (In Persian)
 36. Layek, J., Shivakumar, B., Rana, D., Munda, S. and Lakshman, K. 2015. Effect of nitrogen fertilization on yield, intercropping indices and produce quality of different soybean (*Glycine max*) + cereal intercropping systems. *Indian. J. Agron.* 60: 230-235.
 37. Kheradmand, S., Mahmodi, S. and Ahmadi, A. 2014. Quantitative and qualitative performance evaluation of green pea and barley forage intercropping. *Agron. J.* 105: 111-118. (In Persian)
 38. Javanmard, A., Rostami, A., Nouraein, M. and Gharekhany, Gh. 2016. Agronomical, ecological and economical evaluation of wheat-chickpea intercropping under rainfed condition of maragheh. *J. Agric. Sci. Sustain. Prod.* 26: 1. 19-37. (In Persian)
 39. Karimian, M.A., Mir, B., Bidranameni, F. and Keshtehgar, A. 2020. Effects of manure and different intercropping patterns on quantitative and qualitative yield of roselle (*Hibiscus Sabdariffa*) and cow pea (*Phaseolous vulgaris*). *J. Crop. Sci. Res. Arid. Region.* 2: 113-124. (In Persian)
 40. Gholipour, M. and Sharifi, P. 2016. Yield and productivity indices of common bean and sunflower intercropping in different planting ratios. *J. Plant. Ecophysiol.* 10: 33. 127-137. (In Persian)
 41. Hamzei, J. and Davoudian, R. 2019. Evaluation of agrophysiological indices and yield performance in canola/chickpea intercropping. *J. Agroecol.* 11: 1. 245-259. (In Persian)
 42. Alemayehu, D., Shumi, D. and Afeta, T. 2018. Effect of variety and time of intercropping of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) with maize (*Zea mays* L.) on yield components and yields of associated crops and productivity of the system at mid-land of Guji, Southern Ethiopia. *Adv. Crop. Sci. Tech.* 6: 324.
 43. Lulie, B., Worku, W. and Beyene, S. 2016. Determinations of haricot bean (*Phaseolus vulgaris* L.) planting density and spatial arrangement for staggered intercropping with maize (*Zea mays* L.) at Wondo Genet, Southern Ethiopia. *Acad. Res. J. Agric. Sci. Res.* 4: 297-320.
 44. Amani Machiani, M., Javanmard, A. and Shekari, F. 2017. The Effect of intercropping patterns on peppermint (*Mentha piperita* L.) dry biomass yield and essential oil content and faba bean (*Vicia faba* L.) seed yield. *J. Crop. Prod. Proces.* 7: 3. 79-97. (In Persian)
 45. Mahallati, M.N., Koocheki, A., Mondani, F., Feizi, H. and Amirmoradi, S. 2015. Determination of optimal strip width in strip intercropping of maize (*Zea mays* L.) and bean (*Phaseolus vulgaris* L.) in northeast Iran. *J. Clean. Prod.* 106: 343-350. (In Persian)
 46. Gutu, T., Tana, T. and Geleta, N. 2015. Effect of varieties and population of intercropped soybean with maize on yield and yield components at haro sabu, Western Ethiopia. *Sci. Technol. Arts Res. J.* 4: 31-39.
 47. Chipomho, J., Mapope, N., Masuka, B., Ngezimana, W. and Chipomho, C. 2015. The influence of cropping systems and maize-bean intercrop spatial patterns on companion crop yield, weed density and biomass. *Int. J. Agric. Crop. Sci.* 8: 697-705.
 48. Habte, A., Kassa, M. and Sisay, A. 2016. Maize (*Zea mays* L.)-common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) intercropping response to population density of component crop in Wolaita Zone Southern Ethiopia. *J. Nat. Sci. Res.* 6: 69-74.

49. Bekele, G., Belet, K. and Sharma, J.J. 2013. System productivity of forage legumes intercropped with maize and performance of the component crops in kombolcha, eastern Ethiopia. *East. Afr. J. Sci.* 7: 2. 99-108.
50. Htet, M.N.S., Yaqin, P., Yadong, X., Soomro, R.N. and Jiangbo, H. 2016. Effect of intercropping maize (*Zea mays* L.) with soybean (*Glycine max* L.) on green forage yield, and quality evaluation. *J. Agric. Vet. Sci.* 9: 2319-2372.
51. Javanmard, A., Dabbagh Mohammadi Nasab, A., Javanshir, A., Moghaddam, M. and Janmohammade, H. 2012. Effects of maize intercropping with legumes on forage yield and quality. *J. Agric. Sci. Sustain. Prod.* 22: 3. 137-149. (In Persian)
52. Wu, G.L., Liu, Y., Tian, F.P. and Shi, Z.H. 2017. Legumes functional group promotes soil organic carbon and nitrogen storage by increasing plant diversity. *Land Degrad. Dev.* 28: 1336-1344.
53. Daliri, T., Joukar, M. and Taei Samiromi, J. 2016. The effect of sesbania (*Sesbania sesban* L.) and millet (*Panicum miliaceum* L.) intercropping on weeds control. *Weed Res. J.* 8: 1. 73-91. (In Persian)
54. Nasrollahzadeh Asl, A., Chavoshgoli, A., Valizadegan, E., Valiloo, R. and Nasrollahzadeh Asl, V. 2012. Evaluation of sunflower (*Heliantus annus* L.) and pinto bean (*Phaseolus vulgaris* L.) intercropping based on additive method. *J. Agric. Sci. Sustain. Prod.* 2: 2. 79-90. (In Persian)
55. Khammar, Z., Dahmardeh, M. and Khamari, I. 2014. The evaluation of density and weeds control in millet (*Pennisetum americanum* L.) and peanut (*Arachis hypogaea* L.) intercropping by competition indices. *Res. J. Crop. Sci. Arid Area.* 1: 1. 1-18.