Journal of Vegetables Sciences, Autumn & Winter 2026, Vol 9, No 18(2), Pages 187-202

doi:10.22034/iuvs.2024.2042471.1390 Article Type: Research Online ISSN: 2676-4822

# Nitrogen supply management in sweet corn (*Zea mays* convar. saccharata) intercropped with kidney bean (*Phaseolus vulgaris*)

**Saba Tavazoee[1], Mahmood Khoramivafa[2*]**

1-Former BSc Student, Department of Production Engineering and Plant Genetics, Agriculture and Natural Resources Campus, Razi University.

2- Associated professor, Department of Production Engineering and Plant Genetics, Agriculture and Natural Resources Campus, Razi University.

[*]**Corresponding author:** khoramivafa@razi.ac.ir

(**Received:** 02 October 2024 **Revised:** 16 November 2024 **Accepted:** 18 November 2024)

**Extended Abstract**

1. **Introduction:** One of the most multipurpose cropping is the use of mechanization and agricultural machinery is during the harvesting period. Therefore, the plants that are harvested currently by hand in sole cropping systems can get rid of this limitation successfully. In this connection, the cultivation of both sweet corn and kidney beans can be a suitable option for introducing it in multiple cropping systems. Additionaly sweet corn intercropped with beans can be advantageous due to the additional price, direct market, and hand harvesting. This agricultural system is also efficient ecologically because of the structural differences, low interspecific competition, and improved use of environmental factors such as light, water, and soil nitrogen content. In addition, the issue of using chemical fertilizers is very important, especially in vegetables that are used directly and fresh, such as sweet corn. In this regard, Intercropping can use resources efficiently compared to pure cropping, at the same time as increasing the total yield per unit area and increasing the efficiency of nutrient consumption. Mixed cropping is also considered a method to reduce losses of high-use elements, especially nitrogen.
2. **Materials and Methods:** In order to investigate the nitrogen effect on the sweet corn intercropped with kidney bean, an experiment was conducted in the 2017-2018 growing season as split plots designe based on a randomized complete block design in three replications. The main plots were the management of nitrogen consumption from the source of urea fertilizer (80, 160, 240 kg/ha and controls) and the intercropping pattern (one row of corn, one row of kidney bean, one row of corn, two rows of kidney bean, two rows of corn, one row of kidney bean, kidney bean and sweet corn purecropping) formed as sub-plots. Each subplot consisted of six rows of three meters long and 50 cm row spacing for both sweet corn and kidney bean, with the four middle rows considered for sampling. One square meter from the middle of each plot was harvested at 70-75% humidity in order to determine the yield and yield components of sweet corn. Some intercropping indicators were used to evaluate mixed cultivation compared to pure cultivation, including Land Equivalent Ratio (LER), Relative Value Total (RVT), Productivity Index (PI), and Competition Index (CI).
3. **Results and Discussion:** The results showed that nitrogen consumption and intercropping affect the number of seed rows, cob length, cob diameter, stem diameter, cannable seed weight, total fresh weight, dry weight of seeds, and biological yield. Also, the number of seeds per row, cob length, cannable grain weight, grain dry weight, and biological yield were significantly affected by the interaction of nitrogen and planting arrangement. The treatment combination of 240 kg/ha of nitrogen fertilizer along with the cultivation pattern of two rows of corn and one row of beans was better than other treatment combinations based on the measured traits. Also, the pattern of planting two rows of sweet corn and one row of beans showed its superiority in terms of cob length (32.64 cm) and the number of seeds per cob (35.75). The highest RVT value total was related to the control and cultivation of two rows of sweet corn and one row of kidney beans, with the consumption of 80 kg/ha of nitrogen fertilizer (0.86 and 0.85, respectively). The CI was also positive in the control treatment and the cultivation of one row of sweet corn and two rows of kidney beans, which indicates the dominance of sweet corn in mixed cropping. Ultimately, the combination treatment of 80 and 160 kg/ha and the intercrop pattern of one row of sweet corn and two rows of beans had the highest index of land equality ratio (1.16).
4. **Conclusion:** Mixed cultivation of one row of sweet corn and two rows of red beans had the highest index of land equality ratio. Also, the estimation of the competition index in most of the intercropping treatments showed that sweet corn was the dominant species and used the environmental conditions more favorably. However, due to the lack of a significant difference between the yield obtained in the

treatments of 160 and 240 kilograms of nitrogen per hectare, it is possible to save on fertilizer consumption and costs by using 160. Finally, according to the performance and economic indicators, the combinations of two rows of sweet corn with one row of red beans or one row of sweet corn and two rows of red beans, with consumption of 160 and 240 kg per hectare, can be introduced as the best treatments in this research.

***Keywords*:** Panting arrangement, Biological yield, Land equivalent ratio, Cannable grain weight.

**Citation:** Tavazoee, S., Khoramivafa, M. (2026). Nitrogen supply management on sweet corn (*Zea mays* convar. saccharata) intercropped with kidney bean (*Phaseolus vulgaris*). *Journal of Vegetables Sciences*, 18(2), 187-202. doi:10.22034/iuvs.2024.2042471.1390

**Copyrights:**
Copyright for this article is retained by the author(s), with publication rights granted to Journal of Vegetables Sciences. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (http://creativecommons.org/licenses/ by/4.0).

دوفصلنامه علمی علوم سبزی‌ها، سال۹ ، دوره ۱۸، شماره۲، پاییز و زمستان ۱۴۰۴، صفحات (۲۰۲-۱۸۷)

شاپا الکترونیکی: ۴۸۲۲-۲۶۷۶ نوع مقاله: پژوهشی doi:10.22034/iuvs.2024.2042471.1390

# مدیریت مصرف نیتروژن در کشت مخلوط ذرت شیرین و لوبیا قرمز

**صبا تواضعی[۱]، محمود خرمی وفا[۲*]**

۱- دانشجوی سابق کارشناسی گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه رازی

۲- دانشیار، گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه رازی

*نویسنده مسئول: khoramivafa@razi.ac.ir

(تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۰۷/۱۱ تاریخ بازنگری: ۱۴۰۳/۰۸/۲۶ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۸/۲۸)

**چکیده**

**به‌منظور بررسی اثر کاربرد نیتروژن در کشت مخلوط ذرت شیرین با لوبیا قرمز، آزمایشی در سال زراعی ۱۳۹۸-۱۳۹۷ به صورت کرت‌های خردشده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار اجرا شد. کرت‌های اصلی عبارت از سطوح مصرف نیتروژن از منبع کود اوره (۰،۸۰، ۱۶۰، ۲۴۰ کیلوگرم در هکتار) بودند و الگوی کشت در پنج سطح (کشت مخلوط یک ردیف ذرت یک ردیف لوبیا قرمز، یک ردیف ذرت دو ردیف لوبیا قرمز، دو ردیف ذرت یک ردیف لوبیا قرمز و کشت خالص لوبیا قرمز و ذرت) کرت‌های فرعی را تشکیل می‌دادند. نتایج نشان داد که ترکیب تیماری ۲۴۰ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن به همراه کشت خالص ذرت شیرین از نظر وزن تر کل (۳۶۳۱۹/۸ کیوگرم در هکتار)، وزن دانه قابل کنسرو (۳۶۳۱/۹۸ کیلوگرم در هکتار)، عملکرد بیولوژیک (۱۲۹۶۶/۱ کیلوگرم در هکتار) و وزن خشک دانه (۱۴۸۴/۷۵ کیلوگرم در هکتار) نسبت به دیگر ترکیب‌های تیماری برتر بود. هم‌چنین الگوی کشت دو ردیف ذرت و یک ردیف لوبیا قرمز از نظر طول بلال (۳۲/۶۴ سانتی‌متر) و تعداد دانه در ردیف (۳۵/۷۵ عدد) از خود برتری نشان داد. با این‌حال، ترکیب تیماری ۸۰ و ۱۶۰ کیلوگرم در هکتار و الگوی کشت مخلوط یک ردیف ذرت شیرین و دو ردیف لوبیا قرمز بیش‌ترین شاخص نسبت برابری زمین (۱/۱۶) را داشت. به‌طورکلی ترکیب‌های کشت دو ردیف ذرت شیرین به همراه یک ردیف لوبیا قرمز و یک ردیف ذرت شیرین و دو ردیف لوبیا قرمز و سطح کودی ۱۶۰ و ۲۴۰ کیلوگرم در هکتار می‌تواند موجب بهبود عملکرد ذرت شیرین و لوبیا قرمز شود و کشت آن قابل توصیه است.**

***واژه‌های کلیدی*: آرایش کاشت، عملکرد بیولوژیک، نسبت برابری زمین، وزن دانه قابل کنسرو.**

**استناد:** تواضعی، ص. و خرمی‌وفا، م. (۱۴۰۴). مدیریت مصرف نیتروژن در کشت مخلوط ذرت شیرین (*Zea mays* convar. saccharat) و لوبیا قرمز (*Phaseolus vulgaris*)، *علوم سبزی‌ها*، ۱۸(۲)، ۲۰۲-۱۸۷.

**حق چاپ:**

حق چاپ برای نویسنده (گان) این مقاله محفوظ است. بر اساس قوانین انتشارات با دسترسی آزاد، تمام مطالعات چاپ شده در این مجله به‌صورت آزاد در وب سایت مجله برای عموم بدون پرداخت هزینه قابل‌دسترس است.

**مقدمه**

کشت مخلوط ضمن افزایش تنوع زیستی، پایداری عملکرد و بازده بالاتر در مقایسه با کشت خالص (Koorawand et al., 2023؛ Raisi *et al*., 2020)، کاهش وابستگی بوم‌نظام‌های زراعی به نهاده‌های خارجی را نیز موجب می‌شود (Haji Ramezani *et al*., 2023). مزایای کشت مخلوط باعث شده است که جایگاه خاصی در طراحی بوم نظام‌های زراعی پایدار پیدا کند (Wang *et al*., 2017). با این‌حال یکی از مشکلات کشت مخلوط، مکانیزاسیون و استفاده از ماشین‌آلات کشاورزی به ویژه هنگام برداشت است. بنابراین کشت گیاهانی که در نظام‌های تک‌کشتی در کشور به‌طور رایج به‌صورت دستی برداشت می‌شوند، می‌تواند در رفع این محدودیت کارساز باشد. در این ارتباط کشت ذرت شیرین (*Zea mays* convar. Saccharata) با توجه به قیمت مناسب، بازار مستقیم و برداشت دستی می‌تواند گزینه مناسبی برای وارد کردن آن در نظام‌های چندکشتی باشد. ضمن اینکه با توجه به نقش تفاوت ساختاری (Ahmadizad *et al*., 2023)، پایین بودن رقابت برون‌گونه‌ای (Salehi Sheikhi *et al*., 2021) و بهبود استفاده از عوامل محیطی مانند نور، آب و محتوای نیتروژن خاک (Mehni *et al*., 2020)، کشت مخلوط آن با لوبیا می‌تواند سودمند باشد.

اما در کنار این‌ها مسئله استفاده از کودهای شیمیایی به‌ویژه در محصولات سبزیجاتی مانند ذرت شیرین که به‌صورت مستقیم و تازه مورد استفاده قرار می‌گیرند، بسیار مهم است. لذا در این ارتباط کشت مخلوط در مقایسه با کشت خالص، می‌تواند با استفاده مؤثرتر از منابع، ضمن افزایش تولید در واحد سطح و بهبود بهره‌وری زمین، کارایی جذب عناصرغذایی را افزایش دهد و به‌عنوان راهکاری برای کاهش کاربرد و هدررفت عناصر پرمصرف به‌خصوص نیتروژن مد نظر قرار گیرد (Babakhani *et al*., 2023). به‌منظور کاهش مصرف کود نیتروژن و کاهش اثرات نامطلوب آن استفاده از روش‌های کشاورزی پایدار از جمله کشت مخلوط در سیستم‌های کشاورزی با منابع محدود و کم نهاده توصیه شده است (Dai *et al*., 2019). افزایش کارایی مصرف عناصرغذایی از جمله نیتروژن درکشت مخلوط در مقایسه با تک‌کشتی ممکن است به دلیل اختلاف در ساختار ریشه و فنولوژی گونه‌های همراه به ایجاد حالت تکمیل کنندگی در تسخیر منابع باشد که موجب افزایش کارایی مصرف منابع درکشت مخلوط شده است (Khairkhwah *et al*., 2022). در این ارتباط کشت مخلوط غلات و حبوبات به‌طور خاص علاوه بر بهبود بهره‌وری بوم نظام در جذب نیتروژن، سلامت خاک و تولید پایدار را نیز به همراه دارد (Amiri *et al*., 2022). در واقع لگوم‌ها بهترین ترکیب در کشاورزی حفاظتی و یک راهکار زراعی برتر و مهم‌ترین الگوی تولید محصول در شرایط محدودیت منابع (Araghian *et al*., 2021) و افزایش کارایی استفاده از عوامل محیطی به شمار می‌روند (Pourkarami *et al*., 2023). استفاده از گیاهان لگوم همانند لوبیا قرمز به جهت تثبیت نیتروژن و امکان فروش مستقیم، قیمت مناسب و برداشت دستی، می‌تواند گزینه‌ای مناسب برای این موضوع باشد.

کشت مخلوط گیاهان مختلف با لوبیا و سایر لگوم‌ها در بسیاری از مطالعات سودمند گزارش شده است. برای نمونه، افزایش ارتفاع بوته، قطر طبق، تعداد دانه در طبق و عملکرد دانه آفتابگردان و LER برابر ۱/۳۵ در کشت مخلوط با لوبیا چیتی (Nasrollahzadeh-Asl *et al*., 2012)، LER ۱/۱۷ و ۱/۰۱ به ترتیب در نسبت‌های اختلاط ۵۰:۵۰ و ۷۵:۲۵ در کشت مخلوط کنجد و سویا (Abbasi and Namdari., 2023)، برتری عملکرد ذرت در کشت مخلوط با بادام زمینی در نسبت ۱۰۰ درصد ذرت + ۱۰۰ درصد بادام زمینی (Dahmardeh *et al*., 2014)، و یا برتری کشت مخلوط ذرت و لوبیا در تمامی نسبت‌ها (Dargahi *et al*., 2021). هم‌چنین در بررسی کشت مخلوط لوبیا چشم بلبلی و ذرت افزایش عملکرد، ثبات عناصرغذایی خاک، کاهش آفات و بیماری‌ها، استفاده مؤثر از نیروی کار، کاهش ریسک، افزایش تنوع گونه‌ای و افزایش تولید علوفه نسبت به تک

کشتی گزارش شده است (Jonathanil *et al*., 2008). در کشت مخلوط ذرت و لوبیا قرمز، اثر نسبت‌های کشت مخلوط و مصرف کود نیتروژن در سطح احتمال یک درصد بر عملکرد دانه لوبیا و ذرت معنی‌دار بودند، اما اثر متقابل این دو عامل معنی‌دار نبود. با وجود این، بیش‌ترین عملکرد دانه و زیست‌توده لوبیا قرمز و در کشت‌های خالص لوبیا و ذرت به‌دست آمد و کم‌ترین عملکرد دانه و زیست‌توده لوبیا در الگوی کشت دو ردیف ذرت و یک ردیف لوبیا قرمز و برای ذرت در الگوی کشت یک ردیف ذرت و دو ردیف لوبیا به‌دست آمد (Hosseinzadeh *et al*., 2019). در کشت مخلوط ذرت و شنبلیله بیشترین وزن خشک ذرت، به کشت خالص ذرت با کوددهی ۱۰۰ درصد شیمیایی (۲۰۶۵ گرم بر مترمربع) تعلق داشت که از نظر آماری با کشت خالص ذرت با مصرف ۵۰ درصد کود شیمیایی و کشت مخلوط ذرت + ۲۵ درصد شنبلیله با کاربرد کود تلفیقی، تفاوت معنی‌دار نداشت. کم‌ترین وزن خشک ذرت (۷۳۰/۵ گرم بر مترمربع) در تیمار کشت مخلوط ذرت + ۷۵ درصد شنبلیله و بدون کوددهی مشاهده شد (Abbasdokht *et al*., 2021).

علاوه بر اهمیت اقتصادی دو محصول ذرت شیرین و لوبیا قرمز، با توجه به مطالب عنوان شده و هم‌چنین وجود تفاوت‌های فیزیولوژیک و مورفولوژیک این دو محصول و عدم تداخل در برداشت، به نظر می‌رسد کشت مخلوط این دو گیاه سودمندی و بهره‌وری مناسبی از منابع را به‌دنبال داشته باشد. بنابراین هدف از اجرای این طرح، ارزیابی اثر کاربرد نیتروژن بر عملکرد و سودمندی در کشت مخلوط ذرت شیرین و لوبیا قرمز بود.

## مواد و روش‌ها

این آزمایش در مزرعه تحقیقاتی پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه رازی کرمانشاه با مختصات جغرافیایی ۳۴ درجه و ۲۱ دقیقه شمالی و ۴۷ درجه و ۹ دقیقه شرقی با میانگین ارتفاع ۱۳۱۹ متر از سطح آب‌های آزاد در سال زراعی ۱۳۹۸-۱۳۹۷ به‌صورت کرت‌های خرد شده بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار اجرا گردید. نیتروژن از منبع کود اوره در چهار سطح (۰، ۸۰،۱۶۰، ۲۴۰ کیلوگرم در هکتار) براساس ویژگی خاک مکان آزمایش، (جدول ۱) به‌عنوان کرت‌های اصلی و الگوهای مختلف کشت مخلوط ذرت شیرین و لوبیا قرمز در پنج سطح شامل کشت یک درمیان ذرت شیرین و لوبیا قرمز، کشت یک ردیف ذرت شیرین و دو ردیف لوبیا قرمز، کشت دو ردیف ذرت شیرین و یک ردیف لوبیا قرمز، به همراه کشت خالص دو گیاه به‌عنوان کرت‌های فرعی در نظر گرفته شد. ذرت شیرین (رقم Chase) با دوره رشد ۸۰-۷۰ روز و ارتفاع ۱۶۰ سانتی‌متر و لوبیا قرمز (رقم درخشان) با دوره رشد ۱۰۰-۹۵ روز، ارتفاع ۴۰-۳۵ سانتی‌متر، فرم بوته ایستاده و رشد محدود، وزن صد دانه ۴۷-۴۵ گرم بود. بذرهای ذرت شیرین از شرکت بذر طلایی رویان مشهد و بذرهای لوبیای قرمز از پردیس تحقیقات و آموزش لوبیای خمین تهیه شدند.

**جدول ۱- برخی از ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک مکان آزمایش (عمق ۳۰-۰ سانتی‌متر)**

**Table 1- Some physical and chemical characteristics of the soil of experimental location (depth of 0-30 cm)**

| نمونه Sample | اسیدی ته pH | هدایت الکتریکی EC | کربن آلی Organic carbon | نیتروژن N | آهک Lime | فسفر P | پتاسیم K | منگنز Mn | آهن Fe | روی Zn | مس Cu | بر B |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | ($dS\ m^{-1}$) | (%) | | | (mg $kg^{-1}$) | | | | | | |
| خاک Soil | 7/75 | 0/83 | 1/16 | 0/12 | 28/5 | 11/4 | 440 | 4/8 | 3/23 | 1/03 | 1/4 | 0/4 |

هر کرت فرعی شامل شش ردیف کاشت به طول سه متر و فاصله بین ردیف‌های کاشت برای هر دو گیاه ۵۰ سانتی‌متر بود که چهار ردیف میانی برای نمونه‌گیری‌ها در نظر گرفته شد. فاصله بوته روی ردیف برای ذرت شیرین و لوبیا قرمز به ترتیب ۱۲ و ۱۵ سانتی‌متر در نظر گرفته شد. هم‌چنین به‌منظور جلوگیری از انتقال و نشت جانبی نیتروژن بین هر کرت و تکرارها به ترتیب ۱ و ۲ متر فاصله گذاشته شد.

بذور ذرت شیرین و لوبیا قرمز در اردیبهشت ماه به‌صورت دستی، به ترتیب در عمق ۵-۴ و ۶-۵ سانتی‌متری کشت شدند. آبیاری به‌صورت بارانی انجام گرفت و کود اوره به‌صورت سرک در سه مقدار ۸۰، ۱۶۰ و ۲۴۰ کیلوگرم در هکتار در سه مرحله، هنگام کاشت، مرحله ۶-۵ برگی و مرحله گلدهی ذرت شیرین استفاده شد. پیش از هربار کوددهی وجین علف‌های هرز به‌صورت دستی انجام گرفت و در تمام طول دوره رشد گیاه، مزرعه پایش گردید تا در صورت نیاز کنترل علف‌های هرز، آفات و بیماری‌های احتمالی انجام شود. همچنین پس از هر بار کوددهی آبیاری انجام گرفت.

به‌منظور برداشت نهایی و اندازه‌گیری عملکرد و اجزای عملکرد دانه‌های ذرت شیرین در رطوبت ۷۵-۷۰ درصد، یک مترمربع از وسط هر کرت کف‌بر و به آزمایشگاه منتقل شدند. برای تعیین عملکرد دانه قابل کنسرو، تمام دانه‌ها از چوب بلال جدا کرده و سپس عملکرد ماده خشک پس از خشک شدن نمونه‌ها در آون با دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۷۲ ساعت اندازه‌گیری شد. برای لوبیا قرمز نیز یک مترمربع از وسط هر کرت جهت اندازه‌گیری صفات عملکرد و اجزای عملکرد درنظر گرفته شد.

جهت ارزیابی کشت مخلوط نسبت به کشت خالص از شاخص‌های زیر استفاده شد:

*نسبت برابری زمین* (*LER*)، که از رابطه ۱ به‌دست آمد (Banik *et al*., 2006).

$$LER = \frac{Y_{ab}}{Y_{aa}} + \frac{Y_{ba}}{Y_{bb}} \quad (۱)$$

که در آن $Y_{ab}$ و $Y_{aa}$، به ترتیب عملکرد گونه a در کشت مخلوط و کشت خالص، $Y_{ba}$ و $Y_{bb}$، به ترتیب عملکرد گونه b در کشت مخلوط و کشت خالص را نشان می‌دهند.

*مجموع ارزش نسبی* (*RVT*)، از طریق معادله ۲ محاسبه گردید (Sakhavi *et al*., 2016):

$$RVT = (aP_1 + bP_2)/aM_1 \quad (۲)$$

در این رابطه $P_1$ و $P_2$ به ترتیب عملکرد ذرت شیرین و لوبیا قرمز در کشت مخلوط، $M_1$ حداکثر عملکرد در کشت خالص ذرت شیرین و a و b به ترتیب قیمت دانه قابل کنسرو ذرت شیرین و لوبیا قرمز هستند. برای این منظور قیمت دانه قابل کنسرو ذرت شیرین ۱۰۰۰۰۰ تومان و قیمت لوبیا قرمز ۷۰۰۰۰ در نظر گرفته شد.

شاخص بهره‌وری (*PI*) بر اساس رابطه ۳ محاسبه گردید (Haji Ramezani *et al*., 2023):

$$PI = \left(\frac{Y_{aa}}{Y_{bb}}\right) \times Y_{ba} + Y_{ab} \quad (۳)$$

که در آن $Y_{aa}$ و $Y_{bb}$ به ترتیب عملکرد گونه a و b در کشت خالص، $Y_{ab}$ و $Y_{ba}$؛ عملکرد گونه a و b در کشت مخلوط است.

*شاخص رقابت* (CI) بر اساس رابطه ۴ محاسبه گردید (Willey and Rao., 1980).

$$CI = ((N'A - NA) \times (N'B - NB))/(NA\ NB) \quad (۴)$$

در اینجا، N′A و NA به‌ترتیب محصول گیاه A در کشت خالص و مخلوط، N′B و NB نیز به‌ترتیب محصول گیاه B در کشت خالص و مخلوط است. اگر CI<1 باشد، ارزش کشت مخلوط بیش از خالص بوده و سودمندتر و چنانچه CI>1 باشد، میزان سوددهی کشت مخلوط پایین‌تر از کشت خالص خواهد بود.

شاخص غالبیت نیز توسط معادله ۵ محاسبه شد (Mazaheri *et al*., 1979).

$$A_{ab} = \frac{Y_{ab}}{E_{ab}} - \frac{Y_{ba}}{E_{ba}} \quad (۵)$$

در این رابطه، Aab مقدار غالبیت گونه a نسبت به گونه b، Yab محصول واقعی گونه a در مخلوط با گونه b، Yba محصول واقعی گونه b در مخلوط با a و Eab محصول مورد انتظار a در مخلوط با b را نشان می‌دهد.

**تجزیه آماری**

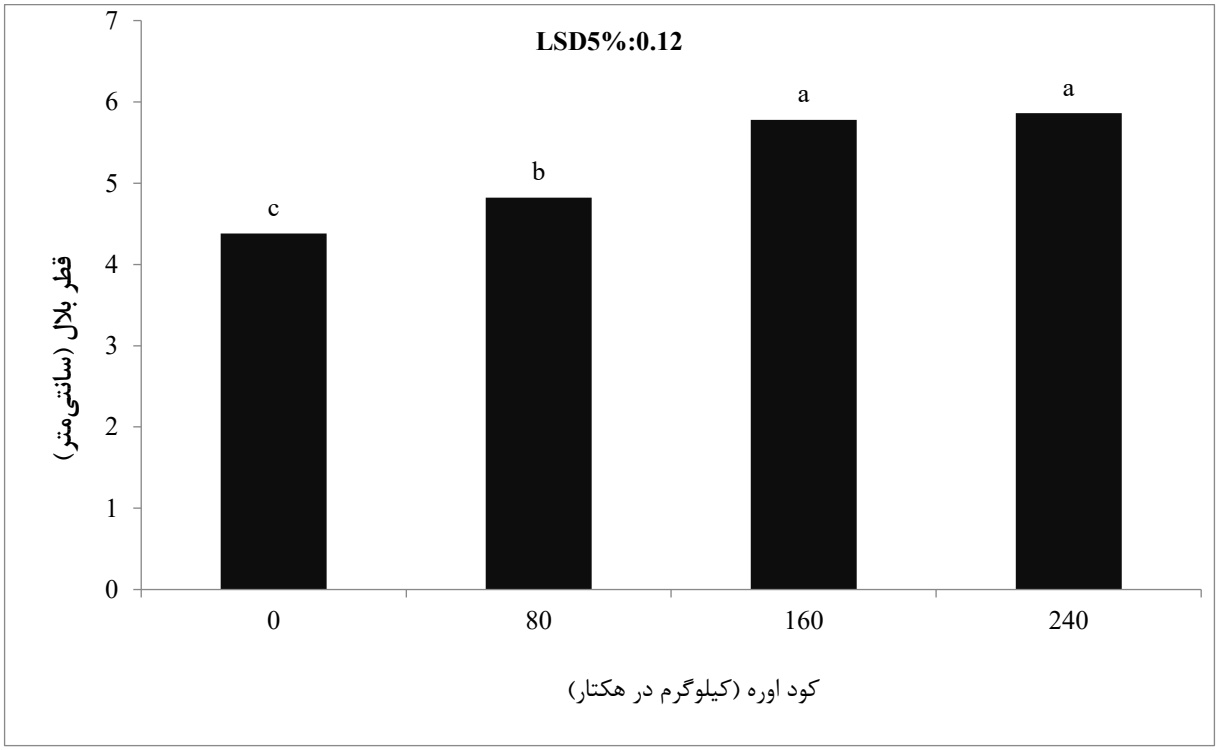
جهت تشخیص نرمال بودن داده‌ها از نرم افزار SPSS-16.0 و آزمون 1Sample-KS استفاده شد. به‌منظور انجام تجزیه واریانس و مقایسات میانگین سطوح تیمارها، از نرم‌افزار SAS 9.0 استفاده شد. آزمون به‌کار برده شده جهت مقایسات میانگین داده‌های به‌دست‌آمده از اندازه‌گیری صفات، آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد بود.

**نتایج و بحث**

مطابق شکل (۱)، مصرف ۲۴۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار بیشترین تعداد ردیف دانه (۱۷/۷۰) و شکل (۲) بیشترین قطر بلال (۵/۸۶ سانتی‌متر) را نسبت به شاهد داشت. هم‌چنین الگوی کشت دو ردیف ذرت و یک ردیف لوبیا قرمز تفاوت معنی‌داری از نظر ردیف دانه (۱۷/۶۰ ردیف) و قطر بلال (۵/۳۵ سانتی‌متر) نسبت به بقیه سطوح نشان داد (جدول ۲). بیش‌ترین میزان عملکرد بیولوژیک (۱۲۹۶۶/۱ کیلوگرم در هکتار)، وزن خشک دانه (۱۴۸۴/۷۵ کیلوگرم در هکتار)، وزن دانه قابل کنسرو (۴۲۱۲ کیلوگرم در هکتار) و وزن تر کل (۳۶۳۱۹/۸ کیلوگرم در هکتار) به ترکیب تیماری ۲۴۰ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن و کاشت خالص ذرت شیرین مربوط بود، در حالی‌که بیش‌ترین طول بلال (۳۲/۶۴ سانتی‌متر) و تعداد دانه در ردیف (۳۵/۷۵ دانه) از ترکیب تیماری ۱۶۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار کاشت یک ردیف ذرت و دو ردیف لوبیا قرمز به‌دست آمد (جدول ۳) و کاربرد نیتروژن هم در کشت خالص و هم در الگوهای کشت مخلوط مفید بود. بالاتر بودن عملکرد ماده خشک و دانه در کشت خالص گونه‌ها در مقایسه با مخلوط آن‌ها در بسیاری از آزمایش‌ها گزارش شده است (Farid and Navabi, 2015). در یک آزمایش گزارش شد که افزایش مصرف کود نیتروژن تا سطح ۲۵۰ کیلوگرم در هکتار، باعث افزایش عملکرد دانه شد و به ازای هر کیلوگرم افزایش مصرف کود نیتروژن، عملکرد دانه ۸ کیلوگرم در هکتار، افزایش یافت (Haghjoo and Bahrani, 2014). در کشت مخلوط ذرت و بادام زمینی بیشترین و کم‌ترین عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک به ترتیب ذرت از تیمار کشت خالص و سیستم کشت مخلوط ۱۰۰ درصد ذرت + ۱۰۰ درصد بادام زمینی به‌دست آمد. تعداد ردیف دانه و تعداد دانه در ردیف ذرت در کشت مخلوط با بادام زمینی، به دلیل رقابت کم‌تر دو گونه زراعی برای دسترسی به منابع و استفاده بهینه از این منابع محیطی اختلاف معنی‌داری با کشت خالص نشان داد (Dahmardeh and Keshtegar, 2014). در کشت خالص ذرت چون تنها رقابت درون‌گونه‌ای حاکم است، بنابراین عملکرد بیولوژیک در تراکم‌های بالاتر زیاد تحت تأثیر قرار نمی‌گیرد. محققین مختلف، علت کاهش عملکرد بیولوژیک را به خاطر رقابت نوری بین اجزای عملکرد در کشت مخلوط گزارش کردند. علت کاهش عملکرد ذرت در کشت مخلوط با لگوم‌های دانه‌ای را به رقابت لگوم‌ها برای جذب عناصرغذایی یا کمبود انتقال نیتروژن نسبت داده‌اند (Dahmardeh and Keshtegar, 2014).

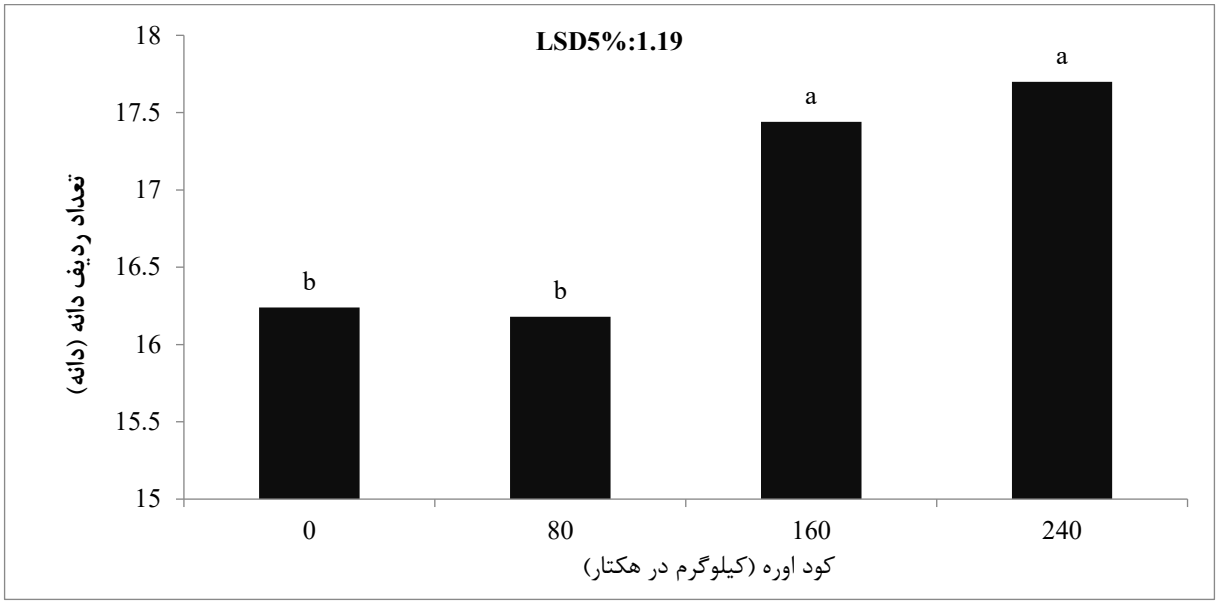
در کشت مخلوط آفتابگردان و لگوم بیش‌ترین و کم‌ترین عملکرد دانه آفتابگردان به ترتیب در تیمار تک کشتی و کشت مخلوط ۹۰٪ + آفتابگردان به‌دست آمد (Seyedi and hamzei., 2020). نتایج آزمایشی نشان داد که کشت مخلوط باعث افزایش وزن دانه‌های ذرت و طول بلال نسبت به تک کشتی می‌شود. در کشت مخلوط ذرت و لوبیا، عملکرد دانه ذرت کم‌تر از کشت خالص ذرت است (Ghanbari *et al.*, 2020). هرگاه دو گونه زراعی در مجاورت یکدیگر رشد کنند، وقوع رقابت بین گونه‌ای اجتناب‌ناپذیر است، ولی چنانچه شدت رقابت چندان زیاد نباشد که منجر به حذف یکی از اجزای مخلوط بر اساس اصل تولید رقابتی شود،

ممکن است بر اساس اصل مساعدت، منجر به افزایش عملکرد مخلوط نسبت به تک کشتی هر یک از گونه‌ها شود (Finley and Ryan, 2018). در این ارتباط بهره‌مندی از عوامل محیطی مؤثر بر رشد گیاه، تداوم فتوسنتز و تجمع بیشتر مواد فتوسنتزی می‌تواند از عوامل مهم تأثیرگذار در الگوهای کشت مخلوط باشد (Nabati nasaz *et al*., 2016). در کشت مخلوط، استفاده از گیاهان تیره لگومینوز به دلیل ویژگی منحصر به فرد آن‌ها در تثبیت بیولوژیک نیتروژن و تولید پروتئین بالا، کارآیی سیستم را افزایش می‌دهد (Nasrollahzadeh *et al*., 2012). هم‌چنین استفاده از نیتروژن موجب افزایش سرعت رشد گیاه و استفاده بهینه از منابع محیطی چون نور و رطوبت می‌گردد (Pourkarami *et al*., 2023).




**شکل۱- مقایسه میانگین اثر سطوح نیتروژن بر قطر بلال ذرت شیرین. در هر ستون میانگین‌های دارای حروف مشابه در هر ستون براساس آزمون حداقل اختلاف معنی‌دار (LSD)، در سطح احتمال ۵ درصد تفاوت معنی‌دار بایکدیگر ندارند.**

**Figur 1-Comparison of the average of nitrogen levels on the Cob diameter of sweet corn. In each column, means followed by the same letters are not significantly different according LSD test (P<0/05)**




**شکل ۲- مقایسه میانگین اثر سطوح نیتروژن بر تعداد ردیف دانه.** در هر ستون میانگین‌های دارای حروف مشابه در هر ستون براساس آزمون حداقل اختلاف معنی‌دار (LSD)، در سطح احتمال ۵ درصد تفاوت معنی‌دار بایکدیگر ندارند.

**Figure 2-Comparison of the average nitrogen levels with the Number of sweet corn.** In each column, means followed by the same letters are not significantly different according to the LSD test (P<0/05)

**جدول ۲- مقایسه میانگین عملکرد و اجزای عملکرد ذرت شیرین در الگوی‌های مختلف کشت مخلوط با لوبیا قرمز**

**Table 2- Mean comparison of sweet corn yield and yield components at difiifferent intercropping patterns with kidney bean**

| آرایش کاشت<br>Planting arrangement | قطر بلال<br>Cob diameter (cm) | تعداد ردیف دانه<br>Number of seed rows |
|---|---|---|
| یک ردیف ذرت شیرین + یک ردیف لوبیا قرمز (S1B1) | 5.26[a] | 16.56[b] |
| یک ردیف ذرت شیرین + دو ردیف لوبیا قرمز (S1B2) | 4.91[b] | 16.73[b] |
| دو ردیف ذرت شیرین + یک ردیف لوبیا قرمز (S2B1) | 5.35[a] | 17.60[a] |
| کشت خالص ذرت شیرین ($S_P$) | 5.25[a] | 16.65[b] |
| LSD5% | 0.1328 | 0.505 |

در هر ستون میانگین‌های دارای حروف مشابه در هر ستون براساس آزمون حداقل اختلاف معنی‌دار (LSD)، در سطح احتمال ۵ درصد تفاوت معنی‌دار بایکدیگر ندارند.

In each column, means followed by the same letters are not significantly different according to the LSD test (P<0/05)

**جدول ۳- اثرات متقابل کود نیتروژن و آرایش کاشت بر عملکرد و اجزای عملکرد ذرت شیرین**

**Table 3- Interaction effects of nitrogen fertilizer and planting arrangement on yield and yield components of sweet corn**

| کود اوره Urea fertilizer (kg ha$^{-1}$) | آرایش کاشت Planting arrangement | عملکرد بیولوژیک Biological Yield (kg ha$^{-1}$) | وزن خشک دانه Dry weight of seeds (kg ha$^{-1}$) | وزن دانه قابل کنسرو Conned seeds weight (kg ha$^{-1}$) | وزن تر کل Total fresh weight (kg ha$^{-1}$) | طول بلال Cob length (cm) | تعداد دانه در ردیف Number of seeds rows |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 | یک ردیف ذرت شیرین + یک ردیف لوبیا قرمز (S1B1) | 3743.2$^{j}$ | 183.41$^{k}$ | 1310.8$^{hi}$ | 9832.5$^{j}$ | 26.65$^{h}$ | 31.08$^{bcde}$ |
| | یک ردیف ذرت شیرین + دو ردیف لوبیا قرمز (S1B2) | 2467.1$^{l}$ | 155.99$^{k}$ | 985.4$^{l}$ | 7346.0$^{k}$ | 30.45$^{cde}$ | 30.66$^{cde}$ |
| | دو ردیف ذرت شیرین + یک ردیف لوبیا قرمز (S2B1) | 4773.8$^{g}$ | 389.33$^{i}$ | 1621.0$^{gh}$ | 13978.0$^{g}$ | 30.11$^{cdef}$ | 30.08$^{efd}$ |
| | کشت خالص ذرت شیرین (SP) | 7224.2$^{d}$ | 756.06$^{e}$ | 2165.0$^{de}$ | 21306.3$^{d}$ | 28.20$^{g}$ | 30.41$^{efd}$ |
| 80 | یک ردیف ذرت شیرین + یک ردیف لوبیا قرمز (S1B1) | 3962.7$^{ij}$ | 292.84$^{j}$ | 1399.3$^{h}$ | 11475.5$^{i}$ | 29.70$^{def}$ | 33.33$^{abcde}$ |
| | یک ردیف ذرت شیرین + دو ردیف لوبیا قرمز (S1B2) | 2650.9$^{kl}$ | 234.68$^{jk}$ | 979.2$^{l}$ | 9096.3$^{j}$ | 28.81$^{fg}$ | 32.83$^{abcde}$ |
| | دو ردیف ذرت شیرین + یک ردیف لوبیا قرمز (S2B1) | 5302.5$^{f}$ | 535.51$^{gh}$ | 2016.9$^{ef}$ | 16963.9$^{ef}$ | 30.67$^{bcde}$ | 34.00$^{abcd}$ |
| | کشت خالص ذرت شیرین (SP) | 7934.6$^{c}$ | 894.68$^{d}$ | 2494.4$^{cd}$ | 24666.7$^{c}$ | 29.58$^{defg}$ | 33.41$^{abcde}$ |
| 160 | یک ردیف ذرت شیرین + یک ردیف لوبیا قرمز (S1B1) | 4280.6$^{hi}$ | 629.86$^{f}$ | 2313.7$^{de}$ | 15713.2$^{f}$ | 28.21$^{g}$ | 34.91$^{ab}$ |

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 240 | یک ردیف ذرت شیرین + دو ردیف لوبیا قرمز (S1B2) | 3040.3$^{k}$ | 481.25$^{hi}$ | 1528.5$^{gh}$ | 12390/0$^{hi}$ | 32.64$^{a}$ | 35.75$^{a}$ |
| | دو ردیف ذرت شیرین + یک ردیف لوبیا قرمز (S2B1) | 5701.1$^{ef}$ | 1046.90$^{c}$ | 2780.9$^{bc}$ | 23696.9$^{c}$ | 32.12ab | 26.58$^{f}$ |
| | کشت خالص ذرت شیرین (SP) | 8650.3$^{b}$ | 1389.94$^{b}$ | 3885.6$^{a}$ | 32599.7$^{b}$ | 30.94$^{bcde}$ | 35.16$^{a}$ |
| | یک ردیف ذرت شیرین + یک ردیف لوبیا قرمز (S1B1) | 5788.9$^{e}$ | 874.98$^{d}$ | 2307.3$^{de}$ | 17452.2$^{e}$ | 28.18$^{g}$ | 34.50$^{abc}$ |
| | یک ردیف ذرت شیرین + دو ردیف لوبیا قرمز (S1B2) | 4448.8$^{gh}$ | 605.20$^{fg}$ | 1798.0$^{fg}$ | 13582.9$^{gh}$ | 31.36$^{abc}$ | 29.66$^{ef}$ |
| | دو ردیف ذرت شیرین + یک ردیف لوبیا قرمز (S2B1) | 8463.1$^{b}$ | 1089.07$^{c}$ | 3113.8$^{b}$ | 23696.9$^{c}$ | 30.98$^{bcd}$ | 35.16$^{a}$ |
| | کشت خالص ذرت شیرین (SP) | 12966.1$^{a}$ | 1484.75$^{a}$ | 4212.0$^{a}$ | 36319.8$^{a}$ | 29.48$^{efg}$ | 33.25$^{abcde}$ |
| (LSD5%) | | 440.42 | 93.75 | 340.77 | 1501.5 | 1.479 | 3.92 |

در هر ستون میانگین‌های دارای حروف مشابه در هر ستون براساس آزمون حداقل اختلاف معنی‌دار (LSD)، در سطح احتمال ۵ درصد تفاوت معنی‌دار بایکدیگر ندارند.

In each column, means followed by the same letters are not significantly different according LSD test (P<0/05)

## شاخص‌های کشت مخلوط

### نسبت برابری زمین LER

نسبت برابری زمین در تمام تیمارهای کشت مخلوط بالاتر از یک بود، با این‌حال بالاترین میزان نسبت برابری زمین معادل ۱/۱۶، به ترکیب تیماری ۸۰ و ۱۶۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار و کشت یک ردیف ذرت شیرین و دو ردیف لوبیا قرمز مربوط بود ( جدول ۴). هم‌خوان با یافته‌های آزمایش حاضر، نسبت برابری زمین در کشت‌های مخلوط ارزن و لوبیا چشم بلبلی ( Amiri *et al*., 2022)، گلرنگ و عدس ( Ahmadizad *et al*., 2023) و ذرت و بادام زمینی ( Rezapour Kavishahi *et al*., 2021) بیشتر از یک بود. نظام‌های کشت مخلوط مبتنی بر لگوم در بسیاری از موارد عملکردهای بهتری نسبت به تک کشتی نشان می‌دهند (Ahmadian *et al*., 2013) به نظر می‌رسد علت این امر تراکم مطلوب گیاهی و استفاده بهتر از منابع محیطی و هم‌چنین اثر مکملی آن‌ها در استفاده بهینه از منابعی

چون نیتروژن و در پی آن کاهش تقاضا برای نهاده‌های خارجی باشد (Asadi *et al*., 2016).

**شاخص بهره‌وری**

در الگوهای مختلف کشت بیشترین شاخص بهره‌وری با میانگین ۲۲۹۹۶ و ۲۰۸۵۵ کیلوگرم در هکتار به‌ترتیب از ترکیب تیماری ۲۴۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار و کشت دو ردیف ذرت شیرین و یک ردیف لوبیا قرمز و ۱۶۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار و کشت دو ردیف ذرت شیرین و یک ردیف لوبیا قرمز، و کم‌ترین مقدار آن با میانگین ۷۲۰۴ کیلوگرم در هکتار از ترکیب تیماری شاهد و کشت یک ردیف ذرت شیرین و دو ردیف لوبیا قرمز حاصل شد. در تحقیقی (Salehi Sheikhi *et al*., 2021) در تمام تیمارهای کشت مخلوط شاخص بهره‌وری سیستم بالا بود و بیشترین شاخص بهره‌وری سیستم مربوط به تیمار سری افزایشی ۱۰۰ درصد نخودفرنگی+ ۱۰۰ درصد اسفناج با بود. نتایج پژوهشی (Ghanbari *et al*., 2017) نشان از بالابودن شاخص بهره‌وری سیستم در ترکیب تیمار افزایشی ۱۰۰ درصد جو+ ۳۳/۳ درصد شنبلیله داشت که بالاتر بودن این شاخص افزایش کارایی سیستم کشت مخلوط را نشان داد. تثبیت نیتروژن اتمسفری توسط بقولات، سبب کاهش رقابت برای جذب نیتروژن می‌شود و این امکان را فراهم می‌کند که غلات نیتروژن بیشتری از خاک جذب کنند (Dargahi and Sovhani Darban, 2021).

**شاخص رقابت**

در این مطالعه کلیه الگوهای کشت مخلوط برای ذرت شیرین دارای شاخص رقابت پایین‌تر از یک بودند (جدول ۴). این موضوع نشان دهنده سودمندی الگوهای کشت مخلوط است. بر اساس شاخص رقابت، میزان رقابت ذرت شیرین و لوبیا قرمز در تیمارهای کشت مخلوط به خصوص در الگوی کشت یک ردیف ذرت شیرین و یک ردیف لوبیا قرمز در سطح کودی ۸۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار بیشتر از تیمارهای دیگر است. مناسب‌ترین تیمار در این جدول مربوط به الگوی کشت دو ردیف ذرت شیرین و یک ردیف لوبیا قرمز بود.

در تحقیقی (Ziaei *et al*., 2015) با بررسی کشت مخلوط سری جایگزین ذرت و انواع لوبیا گزارش کردند که لوبیا قرمز و لوبیا چیتی از حداکثر نسبت رقابتی و کشت مخلوط لوبیا قرمز و لوبیا چیتی با ذرت با نسبت ۵۰:۵۰ از بهترین عملکرد برخوردار بود. در مفهوم شاخص رقابت، اگرچه میزان اضافه محصول نشان داده نمی‌شود، ولی با اشاره به شدت رقابت بین دو گونه در تیمارهای مختلف مخلوط می‌توان نسبت به سودمندی مخلوط قضاوت کرد. نسبت رقابتی اندازه‌گیری بهتری از توانایی رقابتی گیاهان می‌دهد و شاخص مطلوب‌تری نسبت به ضریب نسبی تراکم و غالبیت است (Dhima *et al*., 2007).

**شاخص غالبیت**

نتایج حاصل از جدول ۴ نشان داد که در تیمار شاهد و ترکیب تیماری کشت یک ردیف ذرت شیرین و دو ردیف لوبیا قرمز میزان این شاخص مثبت بوده و در بین سه الگوی کشت مخلوط از بیشترین مقدار برخوردار بود، این بدان معنی است که در این تیمار نسبت عملکرد واقعی ذرت شیرین به عملکرد مورد انتظار آن بسیار بیش‌تر از نسبت عملکرد واقعی لوبیا قرمز به عملکرد مورد انتظار آن بوده است. عکس این موضوع را می‌توان در ترکیب‌های تیماری ۸۰، ۱۶۰ و ۲۴۰ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن و کشت دو ردیف ذرت شیرین و یک ردیف لوبیا قرمز که شاخص غالبیت منفی بود مشاهده کرد که در آن نسبت عملکرد واقعی لوبیا قرمز به عملکرد مورد انتظار آن بسیار بیش‌تر از نسبت عملکرد واقعی ذرت شیرین به عملکرد مورد انتظار آن بود (جدول ۵). نتایج آزمایش مشابه نشان داد که در تیمارهای کشت مخلوط سری جایگزین، نخودفرنگی و در تیمارهای کشت مخلوط سری افزایشی، اسفناج گیاه غالب بود (Salehi Sheikhi *et al*., 2021). هم‌چنین در مطالعه کشت مخلوط ذرت و انواع لوبیا بیش‌ترین ضریب غالبیت به لوبیای چیتی در مخلوط با ذرت تعلق داشت (Ziaei *et al*., 2015).

## مجموع ارزش نسبی

مطابق نتایج جدول ۴ بیشترین مقدار مجموع ارزش نسبی مربوط به ترکیب تیماری شاهد و ۸۰ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن و الگوی کشت کشت دو ردیف ذرت شیرین و یک ردیف لوبیا قرمز (به ترتیب ۰/۸۶ و ۰/۸۵) بود. در کشت‌های مخلوط، اغلب از گیاهان خانواده بقولات مانند لوبیا به علت قابلیت تثبیت بیولوژیک نیتروژن آن‌ها استفاده می‌شود. با توجه به اینکه ذرت یک گیاه چهار کربنه و لوبیا گیاهی سه کربنه است، کشت مخلوط این دو گونه، یکی از گزینه‌های مناسب جهت افزایش کارایی استفاده از منابع (تابش، آب و نیتروژن) می‌باشد (Hosseinzadeh *et al*., 2019). مجاورت و ارتباط ریشه‌های دو گیاه ذرت و لوبیا در زیر خاک در کشت مخلوط نقش مهمی در افزایش جذب نیتروژن دارد، بنابراین به نظر می‌رسد که انتقال نیتروژن تثبیت شده به وسیله لوبیا به ذرت باعث افزایش جذب نیتروژن ذرت شده است (Zhang *et al*., 2012).

**جدول ۴- اثر متقابل کود نیتروژن و الگوهای کشت بر شاخص‌های کشت مخلوط ذرت شیرین و لوبیا قرمز**

**Table 4- Interaction effects of nitrogen fertilizer and planting arrangement on on the indicators of sweet corn and red bean intercropping**

| کود اوره Urea fertilizer (kg ha$^{-1}$) | آرایش کاشت Planting arrangement | عملکرد اقتصادی Economic yield (kg ha$^{-1}$) | | شاخص بهره‌وری SPI | شاخص رقابت CR | شاخص غالبیت A | نسبت برابری زمین LER | مجموع ارزش نسبی RVT |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | ذرت شیرین Sweet corn | لوبیا قرمز Red bean | | | | | |
| 0 | یک ردیف ذرت (S1B1) | 1310.8$^{hi}$ | 207.43$^{g}$ | 8790.55 | 0.52 | 0.10 | 1.15 | 0.67 |
| | یک ردیف ذرت (S1B2) | 985.4$^{l}$ | 258.98$^{ef}$ | 7204.96 | 0.52 | 0.33 | 1.14 | 0.53 |
| | دو ردیف ذرت (S2B1) | 1621.0$^{gh}$ | 155.66$^{h}$ | 10286.86 | 0.46 | -0.12 | 1.15 | 0.86 |
| | کشت خالص ذرت شیرین | 2165.0$^{de}$ | 373.64$^{d}$ | - | - | - | - | - |
| 80 | یک ردیف ذرت (S1B1) | 1399.3$^{h}$ | 233.76$^{fg}$ | 8557.23 | 0.75 | 0.11 | 1.06 | 0.62 |
| | یک ردیف ذرت (S1B2) | 979.2$^{l}$ | 356.46$^{d}$ | 7239.27 | 0.44 | 0.01 | 1.16 | 0.49 |
| | دو ردیف ذرت (S2B1) | 2016.9$^{ef}$ | 156.23$^{h}$ | 11778.36 | 0.46 | 0.20 | 1.13 | 0.85 |
| | کشت خالص ذرت شیرین | 2494.4$^{cd}$ | 459.87$^{c}$ | - | - | - | - | - |
| 160 | یک ردیف ذرت (S1B1) | 2313.7$^{de}$ | 278.65$^{e}$ | 18042.75 | 0.68 | 0.20 | 1.08 | 0.64 |
| | یک ردیف ذرت (S1B2) | 1528.5$^{gh}$ | 433.89$^{c}$ | 13658.23 | 0.43 | 0.02 | 1.16 | 0.47 |
| | دو ردیف ذرت (S2B1) | 2780.9$^{bc}$ | 215.52$^{g}$ | 20855.08 | 0.63 | -0.8 | 1.09 | 0.75 |
| | کشت خالص ذرت شیرین | 3885.6$^{a}$ | 557.61$^{b}$ | - | - | - | - | - |
| 240 | یک ردیف ذرت (S1B1) | 2307.3$^{de}$ | 354.47$^{d}$ | 18312.97 | 0.59 | -0.06 | 1.11 | 0.60 |
| | یک ردیف ذرت (S1B2) | 1798.0$^{fg}$ | 436.23$^{c}$ | 15371.50 | 0.54 | 0.22 | 1.13 | 0.49 |
| | دو ردیف ذرت (S2B1) | 3113.8$^{b}$ | 228.77$^{fg}$ | 22996.88 | 0.59 | -0.02 | 1.10 | 0.77 |
| | کشت خالص ذرت شیرین | 4212.0$^{a}$ | 611.69$^{a}$ | - | - | - | - | - |

در هر ستون میانگین‌های دارای حروف مشابه در هر ستون براساس آزمون حداقل اختلاف معنی‌دار (LSD)، در سطح احتمال ۵ درصد تفاوت معنی‌دار بایکدیگر ندارند.

In each column, means followed by the same letters are not significantly different according to the LSD test (P<0/05)

## نتیجه‌گیری کلی

ارزیابی شاخص‌های کشت مخلوط نشان داد که الگوی کشت مخلوط یک ردیف ذرت شیرین و دو ردیف لوبیا قرمز بیشترین شاخص نسبت برابری زمین، شاخص غالبیت و شاخص رقابت را داشت. با توجه به مجموع عملکرد دو گیاه و نسبت برابری زمین بالاتر از یک، کشت مخلوط ذرت شیرین و لوبیا قرمز با کاربرد ۸۰ کیلوگرم در هکتار کود اوره نشان دهنده برتری کشت مخلوط نسبت به تک کشتی این گیاهان است. برآورد شاخص غالبیت در اکثر تیمارهای مخلوط نشان داد که ذرت شیرین به عنوان گونه غالب بوده و از شرایط محیطی به نحو مطلوب‌تری استفاده کرده است. نتایج نشان داد که بعد از کشت خالص بیشترین عملکرد در تیمار ۲۴۰ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن و الگوی کشت دو ردیف ذرت شیرین و یک ردیف لوبیا قرمز به‌دست آمد ولی با توجه به عدم اختلاف معنی‌دار بین عملکرد به‌دست آمده در تیمار ۱۶۰ و ۲۴۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار، می‌توان با مصرف ۱۶۰ کیلوگرم می‌توان به عملکرد دست یافته در تیمار ۲۴۰ کیلوگرم در هکتار کود اوره دست یافت و در مصرف کود و هزینه‌ها صرفه‌جویی کرد. با توجه به عملکرد کل مخلوط می‌توان ترکیب‌های کشت دو ردیف ذرت شیرین به همراه یک ردیف لوبیا قرمز و یک ردیف ذرت شیرین و دو ردیف لوبیا قرمز و سطح کودی ۱۶۰ و ۲۴۰ کیلوگرم در هکتار را به عنوان تیمارهای برتر این پژوهش معرفی کرد.

## سپاسگزاری

نتایج این مقاله بخشی از پروژه کارشناسی نویسنده نفر اول میباشد. از دانشگاه رازی به دلیل حمایت مالی و فراهم نمودن امکانات جهت اجرای این آزمایش سپاسگزاری می‌شود.

## References

Abbasdokht, H. Shafaghi, A. & Gholipoor, M. (2021). Effect of biological and chemical sources of nitrogen fertilizer on quantitative and qualitative characteristics of maize and fenugreek forage in an additive intercropping series. *Iranian Journal of Field Crop Science.* 52(1):61-73. Https://doi.org/10.22059/ijfcs.2020.271663654558. (In Persian)

Ahmadizad, Z. Abbasi. N. & hajinia, S. (2023). Investigation of some Growth Characteristics and Yield of Safflower in Intercropping With Lentils under Weed Management Conditions. *Sustainable Agriculture and Production Science*. 33(3): 17-33. Https://doi.org/10.22034/saps.2022.50465.2829. (In Persian)

Ahmadian, A. & Rezadoost, S. (2013). The effect of planting arrangement on delayed intercropping of corn and beans. *Journal of Research in Agriculture Sciences*. 6 (22): 121-136. (In Persian)

Amiri, A., Mahdavi, B. & Rafiee, M. (2022). 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.Https://doi.org/10.22069/JOPP.2022.19987.2920. (In Persian)

Araghian, S., Sadrabadi Haghighi, R. & Ghasemi, M. (2021). Yield response and Intercropping Index of Quinoa and Guar medicinal plants to different ratios of intercropping in Mashhad conditions. *Crop Production Journal*. 14(1): 85-104. Https://doi.org/10.22069/EJCP.2022.19011.2417. (In Persian)

Asadi, G.A., Khorramdel, S., Shahriary, R., Ranjbar, F. & Aghhavani Shajari, M. (2016). Effect of replacement intercropping ratios of sweet corn with bean varieties on yield and yield components. *Iranian Journal of Pulses Research*. 8(2): 192-204. Https://doi.org/1022067./ijpr.v8i2.50084. (In Persian)

Babakhani, V. Tohidi-Nejad, E. & Khajoei-Nejad, GH. (2023). Biomass Production and Nitrogen Use Efficiency in Dill-Fenugreek Intercropping in Response to Biofertilizers and Manure. *Sustanable Agriculture and Production Science*. 32(4): 1-18.

Https://doi.org/10.22034/SAPS.2022.48673.2759 (In Persian)

Banik, B., A. Midya, B. K. Sarkar & S. S. Ghose. (2006). Wheat and chickpea intercropping systems in an additive series experiment: Advantages and weed smothering. *Europ. J. Agron*. 24: 325-332.

Dhima, K.V., Lithourgidis, A.A., Vasilakoglou, I.B., & Dordas, C.A. (2007). Competition indices of common vetch and cereal intercrops in two seeding ratios. *Field Crops Research*. 100(2-3), 249-256.

Dahmardeh, M. & Keshtegar, A. (2014). Evaluation of yield and yield components of maize (*Zea mays* L.) in intercropping with peanuts (*Arachis hypogaea* L.). *Journal of Agroecology*. 6 (20): 311-323. (In Persian)

Dargahi, M., & Sovhani Darban. A. R. (2021). Studying the effect of mixed cultivation of corn with beans on the amount of dry matter produced and fodder quality. *New Findings of Agriculture*. 11 (3): 153-163. (In Persian)

Dai, J., Qiu, W., Wang, N., Wang, T., Nakanishi, H. & Zuo, Y. (2019). From leguminosae/gramineae intercropping systems to see the benefits of intercropping on iron nutrition. *Frontiers in Plant Science*. 10, 605.

Farid, M. and Navabi, A. (2015). N2 fixation ability of different dry bean genotypes. *Can. J. Plant Sci*. 95: 1243_1257.

Finley, K.A.B., & Ryan, M.R. (2018). Advancing intercropping research and practices in industrialized agricultural landscapes. *Agriculture*. 8(80), 1-24.

Ghanbari, S., Moradi Talavat, M., and Siadat, S.A. (2017). Evaluation of competitive indices in barley intercropped with fenugreek under manure applications. *Journal of Crops Improvement*. 18(4), 821-834. (In Persian)

Haghjoo, M. and A. Bahrani. (2014). Effect of irrigation and nitrogen fertilizer on grain yield, yield components, and dry matter remobilization of maize cv. SC 260. *Iran. J. Crop Sci*. 16(4): 278-292. (In Persian)

Haji Ramezani, F. Barmaki, M. & Dashti, GH. (2023). Evaluate the Competitiveness and Usefulness of Potato and Local Faba Bean Intercropping in the Sarab City. *Sustainable Agriculture and Production Science*. 33(1): 251-267. Https://doi.org/10.22034/saps.2022.50023.2819 (In Persian)

Hamzei, J. Nejafi, H. & Babaei, M. (2017). Effect of Irrigation and Nitrogen on Agronomic Parameters, Yield, Grain Quality, and Agronomic Nitrogen Use Efficiency of Sunflower (*Helianthus annuus* L.). *Iranian Journal of Field Crops Research*. 14(4): 686-698. Https://doi.org/10.22069/JOPP.2022.19809.2903. (In Persian)

Hosseinzadeh, S. Jahan, M. Nassiri Mahallati, M. & Mohammadnia Ghalibaf, K. H. (2019). Effect of intercropping replacement ratios of maize (*Zea mays* L.) and bean (*Phaseolus vulgaris* L.) on yield and nitrogen use efficiency indices. *Journal of Agriculture Sciences of Iran*. 20(4): 267-287. Https://doi.org/10.22059/IJFCS.2020.294043.654669. (In Persian)

Jonathan, D. C. (2008). Intercropping with maize in sub-Arid Regions. Community planting and Analysis. Definition and benefits of intercropping. *Technical Brief*. April, 16.

Khairkhwah, Kh. Koocheki, A. Nassiri Mahallati, M. & Khorramdel, S. (2022). The effect of increasing genetic diversity through the mixture of wheat cultivars on nitrogen efficiencies and water productivity. *Applied Research in Field Crops*. 35(3): 1-27. Https://doi.org/10.22092/aj.2023.361206.1632. (In Persian)

Koorawand, A. Fateh, E. & Aynehband, A. (2023). Investigating the Effect of Intercropping of Sesame, Mung Bean, and Cowpea on Crop Profitability Indices. *Iranian Journal of Field Crop Science*. 54(3), 177-190. (In Persian)

Mazaheri, D. (1979). Intercropping with maize and kale. United Kingdom. Thesis, Reading University. Ph. D. Dissertation.

Mehni, J., Mahdavi, B., Azari, A., Afkar, A. & Hashemi, E. (2020). Evaluation of yield and productivity indices of black cumin and fenugreek intercropping under weedy and

weed-free conditions. *Iranian Journal of Field Crop Science*. 51(3): 73-87. Https://doi.org/10.22059/ijfcs.2019.253533. 65445 (In Persian)

Nabati nasaz, M., Gholipouri, A., and Mostafavi Rad, M. (2016). Evaluation of Forage Yield and Important Agronomic Indices of Corn Affected by Intercropping Systems with Peanut and Nitrogen Rates. *Journal of Agronomy*, 8(1): 70-81. Https://doi.org/10.22067/JAG.V8I1.34136. (In Persian)

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 the additive method. *Journal of Crop Ecophysiology*, 6 (2): 111-126.

Pourkarami, E., Dahmardeh, M., Galavi, M. & Khmmar, I. (2023). Evolution of Yield and Yield Components of Peanut Affected as Row Intercropping of Replacement Series Roselle in Different Nitrogen Levels. *Journal of Crops Improvement*. 25(4): 879-891. (In Persian)

Raisi, A. Aroiee, H. Nabavi Kalat, M. & Nemati, H. (2020). Intercropping effect of two melon cultivars and four medicinal plant species on the pest control and fruit yield in melon. *Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants*. 35(6): 967-976. (In Persian)

Rezapour Kavishahi, T. Sayfzadeh, S. Mostafavi Rad, M. Valadabady, A. R. & Hadidi Masouleh, E. (2021). Influence of Integrated Application of Phosphorus Fertilizers on Grain Yield of Groundnut under Intercropping with Corn. *Journal of Improvement of Agriculture*. 24(1): 253-267. (In Persian)

Sakhavi, SH. Amini, R. and Shakiba, M. R. (2016). Advantage of Faba Bean (*Vicia faba* L.) and Cumin (*Cuminum cyminum* L.) Intercropping under Organic, Biological and Chemical Fertilizer Treatments. *Journal of agricultural knowledge and sustainable production*. 26(4): 17-32.

Salehi Sheikhi, M., Nakhzari Moghaddam, A., Rahemi Karizaki, A. & Mohammad Esmaili, M. (2021). Effect of Pea Cultivar and Replacement and Additive Intercropping Ratios of Pea and Spinach on Yield and Competition Indices. *Journal of Improvement of Agriculture*. 23(4): 939-952. Https://doi.org/10.22059/jci.2020.302557.2395. (In Persian)

Seyedi, S. M. and Hamzei, J. (2020). Evaluation of advantageous of sunflower grain legume intercropping. *Crop and Horticultural Science Research*. 13(1): 85-98. (In Persian)

Wang, X., Deng, X., Pu, T., Song, C., Yong, T., Yang, F., and Yang, W. (2017). Contribution of interspecificinteractions and phosphorus application to increasing soil phosphorus availability in relay intercropping systems. *Field Crops Research*, 204, 12-22.

Zhang, D., W. Li, C. Xin, W. Tang, A. E. Eneji & H. Dong. (2012). Lint yield and nitrogen use efficiency of field-grown cotton vary with soil salinity and nitrogen application rate. *Field Crops Res*. 138: 63-70.

Ziaei, H., Pirdashti, H., Zare, S. & Mottaghian, A. (2015). Evaluation of seed yield and competition indices of corn (*Zea mays* L.) intercropped with different bean (*Phaseolus* spp.) types. *Journal of Agroecology*, 7(1), 52-61 (In Persian)

Zotarelli, L., Rens, L.R, Cantliffe, D.J, Stoffella, P.J, Gergela, D. & Burhans, D. (2015). Rate and timing of nitrogen fertilizer application on potato 'FL1867'. Part I: Plant nitrogen uptake and soil nitrogen availability. *Field Crops Research,* 183, 246-256.

Willey, R.W. & Rao, M.R. (1980). A competitive ratio for quantifying competition between intercrops. *Experimental Agriculture*. 16: 117- 125.