

## The impact of plant distance on mung bean yield and yield components in millet intercropping and sole cultivation

Fakher Shelveh <sup>a</sup>, Alireza Sirousmehr <sup>b</sup>, Mohammad Reza Asgharipour <sup>\*b</sup>, Tohid Bagherpour <sup>b</sup>, Mohammad Ali Javaheri <sup>c</sup>

<sup>a</sup> M.Sc Graduate, Department of Agronomy, College of Agriculture, University of Zabol, Zabol, Iran

<sup>b</sup> Department of Agronomy, College of Agriculture, University of Zabol, Zabol, Iran

<sup>c</sup> Agricultural and Horticultural Research Department, Kerman Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Kerman, Iran

\*Corresponding Author: [m\\_asgharipour@uoz.ac.ir](mailto:m_asgharipour@uoz.ac.ir)

Received: 3 July 2025

Accepted: 5 November 2025

DOI: 10.22034/CSRAR.2023.265208.1076

### How to cite this article:

Shelveh, F., Sirousmehr, A., Abbasdokht, H., Asgharipour, M.R. and Bagherpour, T., 2026. The impact of plant distance on mung bean yield and yield components in millet intercropping and sole cultivation. *Crop Science Research in Arid Regions*, 8(1), 223-234. <https://doi.org/10.22034/csrar.2023.265208.1076>

### Abstract

**Introduction:** Mung bean (*Vigna radiata* L.) is a significant legume with considerable economic and nutritional value in Iran. There has been an increased focus on sustainable agriculture in recent years. One of the sustainable agricultural practices, intercropping mung bean with common millet (*Panicum miliaceum* L.), increases production, improves product quality, reduces pest and disease damage, and conserves natural resources, among other benefits. The objective of this study was to examine the impact of plant spacing on the yield, yield components, and quantitative properties of mung bean when grown in pure cropping conditions or in combination with common millet.

**Materials and methods:** The present study was carried out at the research farm affiliated with the Faculty of Agriculture, Zabol University, during the 2013-2014 year. Utilizing a randomized complete block design with three replications, the experiment was conducted. The treatments comprised mixed row cropping of mung bean and common millet with 50 cm row spacing and intra-row spacing of 5 cm between common millet plants and 20, 25, 30 and 35 cm between mung bean plants, and mixed row cropping of mung bean and common millet with 50 cm row spacing and intra-row spacing of 20, 25, 30 and 35 cm between mung bean plants. The parameters examined in mung bean were plant height, branch count, pod count, seed count per pod, and seed yield. For common millet, the parameters assessed were plant height, dry forage yield, and panicle count per plant. Additionally, the land equivalent ratio of various mixtures was assessed.

**Results and discussion:** The findings indicated that both pure and mixed cropping mung bean yield and yield components were significantly influenced by plant spacing. Pure cropping was conducted with 15 cm plant spacing, which resulted in the highest seed yield, biological yield, number of seeds per plant, and thousand seed weight, in that order. The highest seed yield, biological yield, thousand seed weight, and number of seeds per plant were all observed with a 20 cm plant spacing in mixed cropping. The quantity of plants per unit area exhibited a decline as the plant spacing increased.



Nevertheless, with a 15 cm plant spacing, both the quantity of seeds per plant and the weight per thousand seeds increased, leading to a notable boost in seed yield. Mixed cropping resulted in a reduction in competition between mung bean and common millet and an increase in mung bean yield as plant spacing increased. The findings of this study indicated that variations in plant spacing impacted the region's economy, ecology, and society in distinct ways. The ideal distance between mung bean plants in pure cropping was 15 centimeters, while in mixed cropping with common millet, it was 20 centimeters.

The treatment consisting solely of common millet produced 2234.66 kg per hectare of dry forage, while the treatment consisting solely of mung bean produced 323.3 kg per hectare of seeds. The experimental conditions that led to the greatest plant height for common millet (45.9 cm) and mung bean (27.52 cm) were pure common millet cropping and mixed common millet and mung bean cropping with 20 cm intra-row spacing, respectively. In mixed cropping of mung bean and common millet with 25 and 30 cm intra-row spacing, the land equivalent ratio was greater than one, indicating that mixed cropping is more productive than pure cropping. 1.38 was the maximum land equivalent ratio observed in the mixed treatment.

**Conclusion:** Plant spacing had a significant impact on the yield and yield components of mung bean in both pure and mixed cropping, according to the findings of this study. pure cropping was conducted with 15 cm plant spacing, which resulted in the highest seed yield, biological yield, number of seeds per plant, and thousand seed weight, in that order. The highest seed yield, biological yield, thousand seed weight, and number of seeds per plant were all observed with a 20 cm plant spacing in mixed cropping. Based on the findings of this study, it is advisable to maintain a plant spacing of 15 cm for mung bean in pure cropping and 20 cm for mung bean and common millet mixed cropping.

**Keywords:** Plant height, Planting density, Quantitative traits, Intercropping, Land equivalent ratio

## بررسی تاثیر فاصله بوته بر عملکرد و اجزای عملکرد ماش در کشت خالص و مخلوط با ارزن معمولی

فاخر شلوه<sup>۱</sup>، علی رضا سیروس مهر<sup>۲</sup>، محمد رضا اصغری پور<sup>۳\*</sup>، توحید باقرپور<sup>۲</sup>، محمدعلی جواهری<sup>۲</sup>

۱- دانش آموخته کارشناسی ارشد زراعت، گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زابل، زابل، ایران

۲- گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زابل، زابل، ایران

۳- بخش تحقیقات زراعی و باغی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی کرمان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرمان، ایران

\* مسئول مکاتبه: [m\\_asgharipour@uoz.ac.ir](mailto:m_asgharipour@uoz.ac.ir)

DOI: 10.22034/CSRAR.2023.265208.1076

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۰۸/۱۴

تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۰۵/۱۲

### چکیده

به منظور ارزیابی خصوصیات کمی ماش در تراکم‌های مختلف و در مخلوط با ارزن آزمایشی با طرح بلوک‌های کامل تصادفی در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه زابل در سال ۱۳۹۲ اجرا گردید. تیمارهای آزمایش، شامل کاشت ماش با فاصله بین ردیف ۵۰ سانتی‌متر و چهار فاصله درون ردیف ۲۰، ۲۵، ۳۰ و ۳۵ سانتی‌متر و کاشت مخلوط ردیفی ماش و ارزن با فاصله بین ردیف ۵۰ سانتی‌متر و فاصله درون ردیف بین گیاهان ارزن ۵ سانتی‌متر و فاصله‌های بین بوته ۲۰، ۲۵، ۳۰ و ۳۵ سانتی‌متر گیاهان ماش بود. پارامترهای مطالعه شده در ماش شامل ارتفاع بوته، تعداد شاخه‌های فرعی، تعداد نیام در بوته، تعداد دانه در نیام، عملکرد دانه، و در ارزن شامل ارتفاع بوته، عملکرد علوفه خشک و تعداد پنجه در بوته بود. همچنین نسبت برابری زمین نیز در تیمارهای مختلف مخلوط ارزیابی شد. بیشترین عملکرد علوفه خشک ارزن به میزان ۲۲۳۴/۶۶ کیلوگرم در هکتار از تیمار خالص ارزن و بیشترین عملکرد دانه ماش به میزان ۳۲۳/۳ کیلوگرم در هکتار از تیمار خالص ماش به دست آمد. بالاترین ارتفاع بوته ارزن (۴۵/۹ سانتی‌متر) در کشت خالص ارزن و بیشترین ارتفاع بوته ماش (۲۷/۵۲ سانتی‌متر) از مخلوط ارزن و ماش با فاصله درون ردیف ۲۰ سانتی‌متر به دست آمد. نسبت برابری زمین در کشت مخلوط ماش و ارزن با فاصله‌های درون ردیف ۲۵ و ۳۰ سانتی‌متر بزرگ‌تر از واحد بود که نشان‌دهنده برتری کشت مخلوط در مقایسه با کشت خالص است. بیشترین نسبت برابری زمین در تیمار مخلوط به مقدار ۱/۳۸ مشاهده شد.

**واژه‌های کلیدی:** ارتفاع بوته، تراکم کاشت، صفات کمی، کشت مخلوط، نسبت برابری زمین

### مقدمه

در سال‌های اخیر به علت مشکلاتی که در اثر کاربرد بی‌رویه مواد شیمیایی در کشاورزی و روش‌های رایج تولید مواد غذایی بروز کرده است، توجه بیشتری به کشاورزی پایدار معطوف شده است (Koocheki et al., 1999). در نظام‌های کشاورزی معمول و تک‌کشتی گرچه با افزایش محصول در واحد سطح توانسته تا حدودی نیازهای غذایی جمعیت رو به افزایش را در برخی نقاط جهان تامین نمایند، ولی این نظام‌های کشاورزی به هزینه و انرژی فراوانی ناشی از سوخت‌های فسیلی نیاز دارد (Asgharipour and Rafiei, 2010). کشت مخلوط به عنوان یکی از این روش‌ها و نمونه‌ای از نظام‌های پایدار در کشاورزی اهدافی نظیر ایجاد تعادل اکولوژیک، بهره‌برداری بیشتر از منابع، افزایش کمی و کیفی عملکرد و کاهش خسارت آفات، بیماری‌ها

و علف‌های هرز را دنبال می‌کند (Khatamipour et al., 2014). از مهم‌ترین فواید کشت مخلوط افزایش تولید در واحد سطح نسبت به تک‌کشتی، به دلیل استفاده بهتر از عوامل محیطی مانند نور، آب و مواد غذایی موجود در خاک است (Banik et al., 2006). برای به حداقل رساندن رقابت باید به عواملی نظیر تراکم، نسبت اجزا در مخلوط یا نسبت گونه‌ها، آرایش فضایی، خصوصیات گیاهی مانند ارتفاع، ژنوتیپ، اختلاف فصل رشد گونه‌ها، خصوصیات اقلیمی منطقه، مدیریت زراعی و زمان نسبی کاشت گونه‌ها توجه کرد (Mosapour et al., 2015).

کشت مخلوط غله و لگوم در پایداری تولید و پرورش دام، یک روش مناسب محسوب می‌شود. معلوم گردیده است که در این سیستم‌ها، ارزش غذایی و تولید در مقایسه با تک‌کشتی

غلات افزایش می‌یابد (Gomez and Gurevitch, 1998).

ارزن‌ها در مقایسه با سورگوم، از پروتئین و قابلیت هضم بالاتری برخوردار هستند. از مزایای ارزن، خوش‌خوراکی زیاد در زمان گلدهی و نسبت بالای برگ به ساقه، کیفیت مطلوب علوفه به‌دلیل قابلیت هضم مناسب، درصد بالای پروتئین (۱۶ تا ۲۰ درصد) و عدم برخورداری از ترکیبات سمی و در نتیجه امکان چرای مستقیم و استفاده از علوفه سبز تازه است. در گذشته ارزن‌ها علی‌رغم اهمیت زراعی آن‌ها به‌عنوان یک محصول عمده در مناطق سخت، از جایگاه ویژه‌ای در کشاورزی سنتی برخوردار بودند (Kusaka et al., 2005). ماش از معمولی‌ترین گیاهانی است که در نظام‌های مخلوط غلات-حبوبات مورد استفاده قرار می‌گیرد و به‌دلیل قابلیت تثبیت نیتروژن بالا از اهمیت خاصی برخوردار است (Khatamipour et al., 2014).

مبنای انتخاب دو گیاه ارزن معمولی و ماش به‌دلیل اعماق ریشه‌دهی متفاوت، سایه‌دوست و آفتاب‌دوست بودن دو گیاه، تثبیت نیتروژن در ماش و نیاز به مقادیر نسبتاً بالای نیتروژن در ارزن معمولی و نیازهای نوری متفاوت این دو گیاه با یکدیگر بوده است. این تحقیق به‌منظور ارزیابی خصوصیات کمی ماش در تراکم‌های مختلف و در مخلوط با ارزن به اجرا در آمد.

## مواد و روش‌ها

این پژوهش در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه زابل (با موقعیت جغرافیایی ۶۱ درجه و ۲۹ دقیقه طول شرقی و ۳۱ درجه و ۱۳ دقیقه شمالی در ارتفاع ۴۹۸/۲ متر از سطح دریا) در سال ۱۳۹۲ انجام شد. نتایج تجزیه خاک محل آزمایش در جدول ۱ ارائه شده است. از نظر آب‌وهوا، این شهرستان دارای زمستان‌های معتدل و خشک و تابستان‌های بسیار گرم و خشک است. بر اساس طبقه‌بندی کوپن زابل جزء آب‌وهوای بیابانی خیلی گرم و خشک است. میزان متوسط بارندگی این

منطقه ۵۸/۹ میلی‌متر در سال است.

این تحقیق در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار و تعداد ۹ تیمار انجام گرفت. تیمارهای مورد مطالعه، شامل کاشت ماش با ۴ فاصله روی ردیف‌های مختلف (۲۰، ۲۵، ۳۰ و ۳۵ سانتی‌متر) و کاشت مخلوط ردیفی یک در میان ماش با ارزن با فاصله روی ردیف ثابت ۵ سانتی‌متر ارزن و نسبت‌های افزایشی ماش با چهار فاصله روی ردیف مختلف (۲۰، ۲۵، ۳۰ و ۳۵ سانتی‌متر) بود. فاصله بین ردیف‌ها در تمام تیمارهای خالص و مخلوط ۵۰ سانتی‌متر در نظر گرفته شد. در هر کرت تعداد ۶ ردیف با طول ۲/۵ متر در نظر گرفته شد. فاصله بین بلوک‌ها ۱/۵ متر و فاصله بین کرت‌ها ۰/۵ متر بود.

بذر ارزن و ماش از توده‌های بومی منطقه سیستان تهیه شد. کاشت دو گیاه ماش و ارزن در تاریخ ۲۶ فروردین به‌روش کرتی و خشکه‌کاری از طریق باز کردن شیار و ریختن بذر در داخل آن‌ها انجام گرفت. گیاهان جهت رسیدن به تراکم مطلوب در مرحله ۳ تا ۴ برگی تنک شدند. اولین آبیاری یک روز بعد از کاشت و بعد از آن به‌فاصله هر ۶ روز یکبار بر اساس عرف منطقه آبیاری انجام شد. عملیات وجین در طول دوره آزمایش به‌طور دستی انجام گرفت. برداشت برای تعیین عملکرد نهایی در ارزن در تاریخ ۲۴ خرداد و برای ماش در تاریخ ۴ تیر با رعایت اثر حاشیه پس از رسیدگی ۸۰ درصد پانیکول‌های ارزن و قهوه‌ای شدن ۸۰ درصد نیام‌ها در ماش انجام شد. پیش از برداشت نهایی تعداد ۵ بوته از هر گیاه از هر واحد آزمایشی به‌طور تصادفی برداشت و تعدادی از صفات کمی آن‌ها تعیین شد. صفات ارزیابی شده در این مطالعه شامل ارتفاع بوته، تعداد شاخه‌های فرعی، تعداد نیام در بوته، تعداد دانه در نیام و عملکرد دلنه در ماش، و ارتفاع بوته، تعداد پنجه در بوته و عملکرد علوفه خشک ارزن و نسبت برابری زمین برای نسبت‌های مختلف مخلوط می‌باشد.

جدول ۱- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش

Table 1- Physical and chemical characteristics of the test site soil

| واکنش خاک     | هدایت الکتریکی                 | کلسیم   | پتاسیم          | نیتروژن  | رس   | سیلت | شن   | بافت خاک              |
|---------------|--------------------------------|---------|-----------------|----------|------|------|------|-----------------------|
| Soil reaction | Electrical conductivity (dS/m) | Calcium | potassium (ppm) | Nitrogen | clay | Silt | Sand | Soil texture          |
| 7.6           | 2.7                            | 10.3    | 254             | 19.1     | 17   | 26   | 57   | شنی لوم<br>sandy loam |

نسبت برابری زمین با استفاده از رابطه شماره ۱ محاسبه شد (Asgharipour and Rafiei, 2010):

$$LER = \sum_{i=1}^m \frac{Y_i}{y_{ii}} \quad (1)$$

$Y_i$ : مقدار محصول یک گونه (در واحد سطح) در کشت مخلوط  
 $y_{ii}$ : محصول همان گونه (در واحد سطح) در زراعت تک کشتی

تجزیه آماری و رسم نمودارهای مربوطه به ترتیب با استفاده از نرم افزارهای MSTAT-C و Excel انجام شد. جهت مقایسه میانگین ها از آزمون چند دامنه ای LSD در سطح احتمال ۵ درصد استفاده گردید.

## نتایج و بحث

### ارتفاع بوته ماش

ارتفاع بوته به طور معنی داری تحت تاثیر تیمار تراکم گیاهی قرار گرفت (جدول ۲). مقایسه میانگین ها نشان داد، که بیشترین میزان ارتفاع بوته های ماش برابر با ۲۷/۵ سانتی متر از تیمار مخلوط ارزن و ماش با فاصله بین بوته ها درون ردیف ۲۰ سانتی متر و کمترین ارتفاع بوته ماش برابر با ۲۵/۲ سانتی متر از تیمار خالص ماش با فاصله بین بوته ها درون ردیف ۳۵ سانتی متر به دست آمد. علت کاهش ارتفاع در اثر افزایش فاصله گیاهان روی خطوط کاشت نفوذ بیشتر نور به داخل سایه انداز گیاهی می باشد. در بررسی کشت مخلوط ذرت و لوبیا چشم بلبلی گزارش شد که ارتفاع ذرت تحت تاثیر سیستم های کاشت قرار گرفت (Dahmardeh, 2008). محقق دیگر نیز در بررسی کشت مخلوط ارزن و لوبیا چشم بلبلی نتیجه مشابهی را گزارش کرد (Nasirpour, 2009). در مخلوط باقلا- گندم بیان شد که ارتفاع باقلا در کشت خالص بیشتر از مخلوط و ارتفاع گندم در مخلوط بیشتر از کشت خالص آن بود (Ghanbari Bonjar, 2000).

جدول ۲- تجزیه واریانس صفات اندازه گیری شده برای ماش در کشت مخلوط با ارزن

Table 2- Variance analysis of measured traits for mung bean in intercropping with millet

| Mean of squares میانگین مربعات |                     |                                                   |                                                   |                             |                                                  |                           |
|--------------------------------|---------------------|---------------------------------------------------|---------------------------------------------------|-----------------------------|--------------------------------------------------|---------------------------|
| منابع تغییرات<br>S.O.V         | درجه<br>آزادی<br>df | تعداد نیام در بوته<br>Number of<br>niam per plant | تعداد شاخه های فرعی<br>Number of sub-<br>branches | ارتفاع بوته<br>plant height | تعداد دانه در نیام<br>Number of seeds<br>in niam | عملکرد دانه<br>Seed yield |
| تکرار<br>Repetition            | 2                   | 1.373 <sup>ns</sup>                               | 0.445 <sup>ns</sup>                               | 3.270 <sup>ns</sup>         | 0.115 <sup>ns</sup>                              | 898.051 <sup>ns</sup>     |
| تیمار<br>Treatment             | 4                   | 4.729 <sup>**</sup>                               | 0.809 <sup>*</sup>                                | 5.799 <sup>**</sup>         | 6.104 <sup>**</sup>                              | 7923.695 <sup>**</sup>    |
| خطا<br>Error                   | 8                   | 0.478                                             | 0.162                                             | 1.241                       | 0.249                                            | 1638.930                  |
| ضریب تغییرات (%)<br>CV (%)     | -                   | 10.73                                             | 6.42                                              | 3.90                        | 5.50                                             | 15.18                     |

ns: غیر معنی دار، \* و \*\*: به ترتیب و معنی دار در سطح احتمال ۵ و یک درصد

ns: none-significant, \* and \*\* significant at 5 and 1 percent probability level.

### تعداد شاخه های فرعی ماش

بیشترین تعداد شاخه فرعی برابر با ۶/۶۶ از تیمار مخلوط ارزن و ماش با فاصله بوته ها درون ردیف ۳۵ سانتی متر به دست آمد. در مرحله رسیدگی کامل کمترین تعداد شاخه های فرعی ماش برابر با ۵/۶۶ از تیمار کشت خالص ماش یا فاصله بوته ها درون ردیف ۲۰ سانتی متر و در کشت مخلوط ارزن با ماش با

فاصله بوته ها درون ردیف ۲۰ سانتی متر به دست آمد. در کرت های خالص به نظر می رسد تعداد شاخه های فرعی حساسیت بالایی به رقابت داشته باشد، به طوری که افزایش تراکم سبب کاهش تعداد این شاخه ها گشت. با این حال، در تراکم های پایین تر به دلیل کم بودن رقابت درون گونه ای گیاهان با استفاده از منابع موجود، تولید مقدار زیادی شاخه فرعی

توجه به نتایج به‌دست آمده می‌توان بیان کرد که با کاهش تراکم ماش در کشت مخلوط بر تعداد نیام در بوته افزوده شده است، که این می‌تواند به دلیل فضای بیشتری باشد که در اختیار هر بوته قرار می‌گیرد. فضای در اختیار بیشتر بوته می‌تواند منجر به تعداد بیشتر شاخه شود، زیرا در تراکم‌های پایین رقابت بین‌گونه‌ای کمتر است و گیاه ماش می‌تواند با توجه به فضای موجود و مناسب حداکثر استفاده از منابع را داشته باشد.

تعداد نیام و تعداد دلنه در بوته حساس‌ترین پارامترها در بین عملکرد و اجزای عملکرد نسبت به تغییرات تراکم است. در مطالعه‌ای در خصوص ارزیابی عملکرد و اجزای عملکرد ارزن علوفه‌ای و لوبیا چشم‌بلبلی در کشت مخلوط این مطلب را تایید می‌کنند (Abravesh, 2011). در کشت مخلوط ارزن و لوبیا چشم‌بلبلی گزارش شد، با افزایش سهم ارزن در الگوی کشت، تعداد نیام در بوته‌های لوبیا چشم‌بلبلی کاهش یافته است (Nasirpour, 2009). در بررسی اثر فصل و تراکم گیاهی بر صفات کمی و کیفی گیاه بابونه به این نتیجه رسیدند که با افزایش تراکم بوته از تعداد شاخه‌های فرعی و به تناسب تعداد گل در بوته کاسته می‌شود (Dadkhah et al., 2010).

می‌نمایند. در فواصل کم بوته، رشد زیاد گیاه و سایه‌اندازی و رقابت زیاد گیاهان با یکدیگر در جذب نور سبب می‌شود که تعداد شاخه‌های فرعی در گیاه کاهش یابد. همچنین در فواصل زیاد بوته، به‌علت نفوذ و جذب بیشتر نور به داخل پوشش گیاهی، تعداد شاخه‌های فرعی افزایش می‌یابد (Dadkhah et al., 2010). در بررسی عملکرد دانه و برخی خصوصیات زراعی در کشت خالص و مخلوط ارقام سویا در منطقه خوی اعلام شد که با کاهش تراکم بر تعداد شاخه‌های فرعی در سویا افزوده شد (Rezaie and Tajbakhsh, 2002).

### تعداد نیام در بوته

براساس نتایج تجزیه واریانس اثر تراکم کاشت بر تعداد غلاف در بوته در سطح آماری یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۲). مقایسه میانگین‌ها نشان داد در بین تیمارهای کشت مخلوط بیشترین تعداد نیام در بوته ماش برابر با ۷/۶۰، از تیمار مخلوط ماش و ارزن با فاصله بوته‌ها درون ردیف ۳۵ سانتی‌متر به‌دست آمد و کمترین تعداد نیام برابر با ۴/۹۳ از کشت مخلوط با فاصله بوته‌ها، درون ردیف ۲۰ سانتی‌متر حاصل شد (جدول ۳). با

جدول ۳- صفات اندازه‌گیری شده برای ماش در کشت مخلوط با ارزن

Table 3- Measured traits for mung bean in intercropping with millet

| تیمار<br>Treatment | تعداد دانه در نیام<br>Number of seeds in niam | تعداد نیام در بوته<br>Number of niams per plant | تعداد شاخه‌های فرعی<br>Number of sub-branches | ارتفاع بوته<br>plant height | عملکرد دانه<br>Seed yield |
|--------------------|-----------------------------------------------|-------------------------------------------------|-----------------------------------------------|-----------------------------|---------------------------|
| V1                 | 7.10 d                                        | 4.93 c                                          | 5.6 c                                         | 27.5 a                      | 281.1 ab                  |
| V2                 | 8.70 c                                        | 5.93 bc                                         | 5.9 bc                                        | 26.9 ab                     | 300.0 ab                  |
| V3                 | 9.80 ab                                       | 6.33 b                                          | 6.3 bc                                        | 26.3 ab                     | 280.9 ab                  |
| V4                 | 9.86 ab                                       | 7.60 a                                          | 7.2 a                                         | 25.5 b                      | 184.7 c                   |
| V5                 | 6.80 d                                        | 5.03 bc                                         | 5.6 e                                         | 26.4 b                      | 204.4 c                   |
| V6                 | 9.43 bc                                       | 5.80 bc                                         | 6.3 bc                                        | 26.7 ab                     | 242.2 bc                  |
| V7                 | 10.60 a                                       | 7.96 a                                          | 6.3 bc                                        | 25.9 ab                     | 317.3 a                   |
| V8                 | 10.27 ab                                      | 8.00 a                                          | 6.6 ab                                        | 25.2 b                      | 323.3 a                   |

در هر ستون میانگین‌ها با حروف مشترک از نظر آماری در سطح احتمال پنج و یک درصد معنی‌دار نمی‌باشند.

In each column, the averages with common letters are not statistically significant at the five and one percent probability level.

V1, V2, V3, V4: به ترتیب کشت مخلوط ارزن و ماش با فاصله بوته‌های ۲۰، ۲۵، ۳۰، ۳۵ سانتی‌متر است.

V1, V2, V3, V4: mixed cultivation of millet and mung bean with a distance of 20, 25, 30, 35 cm respectively.

V5, V6, V7, V8: به ترتیب کشت خالص ماش با فاصله بوته‌های ۲۰، ۲۵، ۳۰، ۳۵ سانتی‌متر است.

V5, V6, V7, V8: pure cultivation of mung bean with a distance of 20, 25, 30, 35 cm respectively.

### تعداد دانه در نیام

۳۰ سانتی‌متر و کمترین تعداد دانه در نیام به‌میزان ۶/۸۰ مربوط به تیمار خالص با فاصله بوته‌ها درون ردیف ۲۰ سانتی‌متر بود. در بین تیمارهای مخلوط بیشترین تعداد دانه در نیام مربوط به تیمار مخلوط ارزن با ماش با فاصله بوته‌ها درون ردیف ۳۵

اثر تراکم‌های کاشت بر تعداد دانه در نیام در سطح یک درصد معنی‌دار بود. بیشترین تعداد دانه در غلاف برابر با ۱۰/۶۰ مربوط به تیمار کشت خالص ماش با فاصله بوته‌ها، درون ردیف

تیمار کشت خالص به دست آمد. عملکرد دانه ماش بین این تیمار با سایر تیمارها تفاوت معنی داری داشت. در توجیه این نتیجه می توان بیان کرد که به دلیل پایین بودن تراکم گیاهی در کشت خالص نسبت به تیمارهای کشت مخلوط، تمامی منابع موجود در این تیمار در اختیار ماش قرار می گیرد. در این شرایط هر بوته ماش از منابع در دسترس و نور خورشید بهره برداری بیشتری نموده و در نتیجه گیاه رشد و نمو بیشتری کرده و مواد بیشتری به دانه منتقل می شود. این مساله سبب افزایش عملکرد دانه در واحد سطح گردیده است. پایین ترین عملکرد دانه در ماش برابر با ۱۸۴/۷ کیلوگرم در هکتار در تیمار کشت مخلوط ارزن با ماش با فاصله بوته ها درون ردیف ۳۵ سانتی متر به دست آمد.

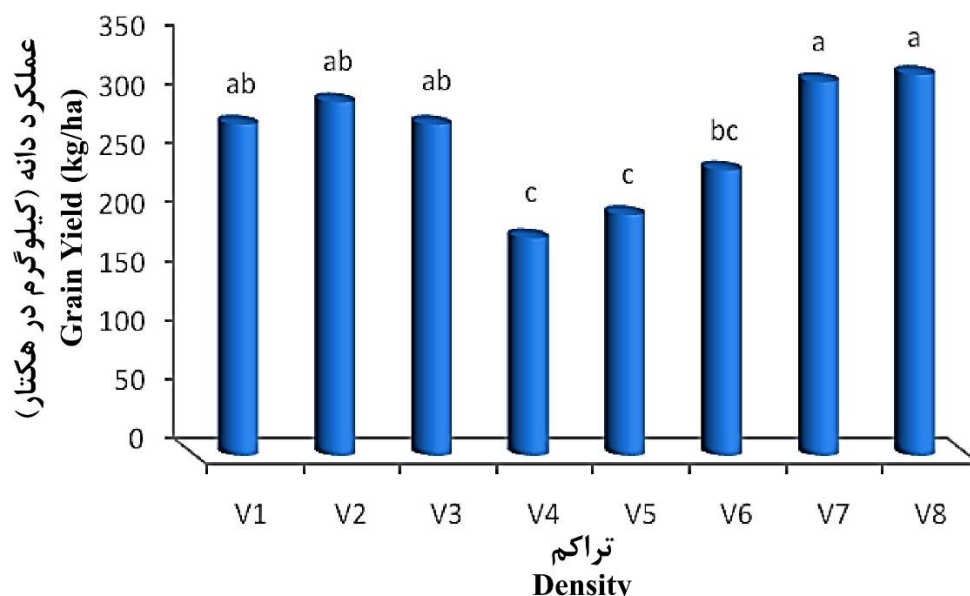
پایین بودن عملکرد ماش در تیمارهای کشت مخلوط می تواند به دلیل پایین بودن تراکم ماش در واحد سطح و توانایی بالای ارزن جهت بهره وری از منابع محیطی همچون نیتروژن خاک باشد. گزارش شده است در کشت مخلوط ارزن و لوبیا مقادیر مختلف کودهای دامی و شیمیایی اثر معنی داری بر عملکرد دانه و علوفه خشک دو گیاه ارزن و لوبیا دارند (Tavassoli et al., 2010). در کشت مخلوط ارزن و لوبیا چشم بلبلی گزارش شد که بالاترین عملکرد گیاه لگوم از کشت خالص آن به دست آمد (Ghanbari et al., 2010).

سانتی متر بود. در تیمارهای خالص و مخلوط با کاهش تراکم بوته ها تعداد دانه در نیام روند افزایشی داشته تا اینکه در تیمار کشت خالص با فاصله بوته ها درون ردیف ۳۰ سانتی متری تعداد دانه در نیام به حداکثر خود رسید. در تیمار کشت خالص با فاصله بوته ها درون ردیف ۲۰ سانتی متر تعداد دانه در نیام کمترین مقدار است، که علت آن می تواند تراکم بالای ماش و ارزن و رقابت شدید درون و بین گیاهان برای جذب عوامل محیطی باشد.

صفت تعداد دانه در بوته تحت تاثیر تلقیح دانه ها است. ضمن اینکه طول دوره غلاف دهی نیز بر تعداد دانه در هر نیام مؤثر است. سقط دانه در برخی از حبوبات مثل ماش می تواند ناشی از وضعیت و شرایط نامساعد محیطی در طی گلدهی و تشکیل غلاف باشد. تعداد دانه در غلاف می تواند تحت تاثیر استرس کمبود آب نیز قرار گیرد و در تراکم های گیاهی بالا هم تعداد دانه در غلاف کاهش می یابد (Haqqani and Pandey, 1994).

### عملکرد دانه ماش

عملکرد دانه به طور معنی داری تحت تاثیر تراکم گیاهی قرار گرفت (جدول ۲). با توجه به مقایسه میانگین ها مشاهده می شود (جدول ۳)، که بیشترین عملکرد دانه در ماش برابر با ۳۲۳/۳ کیلوگرم در هکتار با فاصله بوته ها درون ردیف ۳۵ سانتی متر از



شکل ۱- عملکرد دانه ماش در تراکم های مختلف کاشت در کشت مخلوط با ارزن

Figure 1- Yield of mung beans in different planting densities in intercropping with millet

## ارتفاع بوته ارزن

از نظر تراکم‌های کاشت بالاترین میزان ارتفاع بوته ارزن برابر با ۴۵/۹۰ سانتی‌متر از کشت مخلوط ارزن با ماش با فاصله بوته‌ها درون ردیف ۳۵ سانتی‌متر به‌دست آمد. با افزایش تراکم بوته رقبیت درون‌گونه‌ای افزایش یافته و این موضوع در تیمار خالص به حداکثر خود می‌رسد. طبیعی است که در چنین شرایطی بوته‌های ارزن و ماش برای بهره‌وری هرچه بیشتر از شرایط محیطی به‌خصوص نور خورشید با هم رقابت نموده و حداکثر ارتفاع را به‌دست آورند. همچنین کمترین ارتفاع بوته ارزن ۳۷/۹۳ سانتی‌متر از کشت مخلوط ارزن با ماش با فاصله بوته‌ها درون ردیف ۳۰ سانتی‌متر به‌دست آمد. در بررسی کشت مخلوط ذرت و لوبیا چشم‌بلبلی گزارش شد که ارتفاع ذرت تحت تاثیر سیستم‌های کاشت قرار گرفت (Dahmardeh, 2008). در بررسی کشت مخلوط ارزن و لوبیا چشم‌بلبلی نتیجه مشابهی را گزارش شد (Nasirpour, 2009).

## تعداد پنجه در بوته ارزن

اثر تراکم‌های مختلف کاشت بر تعداد پنجه در بوته ارزن در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار بود (جدول ۴). به‌طوری‌که بالاترین تعداد پنجه در بوته ارزن به‌میزان ۶/۵۵ از تیمار ارزن در مخلوط با ماش در فاصله بوته‌ها درون ردیف ۳۵ سانتی‌متر و کمترین تعداد پنجه در بوته ارزن به‌میزان ۳/۶۶ از تیمار ارزن خالص به‌دست آمد. بین سایر تیمارهای دارای ارزن با کشت خالص ارزن اختلاف معنی‌داری وجود داشت (جدول ۵). این نتیجه نشان‌دهنده کاهش تدریجی تعداد پنجه ارزن به موازات افزایش تراکم ماش در تراکم‌های مختلف کاشت می‌باشد. در توجیه این مساله می‌توان توضیح داد که با توجه به افزایش تراکم ماش در تراکم‌های مختلف کاشت، افزایش تراکم و فشردگی بوته‌ها باعث کاهش تعداد پنجه گردیده و این موضوع در تراکم‌های مختلف به‌خصوص تیمار ارزن خالص به حداکثر خود می‌رسد، همچنین در تیمار کشت مخلوط ارزن با ماش در فاصله بوته‌ها درون ردیف ۳۵ سانتی‌متر، با توجه به تراکم مناسب و استفاده بهینه از منابع به‌خوبی توانسته است، پنجه‌زنی نماید و حداکثر تعداد پنجه در بوته را داشته باشد. نتایج به‌دست آمده در بررسی تاثیر نسبت اختلاط و تراکم بوته بر تولید علوفه در کشت مخلوط سورگوم و لوبیا چشم‌بلبلی با این نتیجه

همخوانی و مطابقت دارد (Sharifi et al., 2006). در بررسی سیستم مخلوط ارزن با لوبیا چشم‌بلبلی اعلام شد که با افزایش تراکم از تعداد پنجه در بوته ارزن کاسته می‌شود (Nasirpour, 2009).

## عملکرد علوفه خشک ارزن

با توجه به جدول تجزیه واریانس، تأثیر تراکم‌های مختلف ماش در مخلوط ماش با ارزن بر عملکرد علوفه خشک ارزن در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۴). در بین تراکم‌های مختلف ماش در مخلوط بیشترین مقدار عملکرد علوفه خشک ارزن به‌میزان ۲۲۳۴/۶۶ کیلوگرم در هکتار از کشت خالص ارزن حاصل شد. در بین کشت‌های مخلوط عملکرد خشک ارزن با افزایش تراکم ماش کاهش تدریجی نشان داد، به‌طوری‌که در تیمار ارزن با ماش در فاصله بوته‌ها روی ردیف ۳۰ سانتی‌متر به علت تراکم بالاتر ماش میزان عملکرد ارزن به کمترین میزان خود رسید. علت بالاتر بودن عملکرد علوفه خشک ارزن در کشت خالص، می‌تواند به‌دلیل عدم وجود رقابت بین گونه‌ای باشد. از دلایل دیگر سیستم فتوسنتزی چهار کرنبه گیاه ارزن، سرعت رشد زیاد، تراکم مطلوب و استفاده مطلوب از عوامل محیطی، همچنین مقاومت بالای ارزن به گرما و شوری و همچنین قابلیت جذب بالای گیاه ارزن برای عناصر غذایی در دسترس در خاک باشد.

افزایش تولید در کشت مخلوط را به سرعت رشد بیشتر و استفاده بهتر از منابع در دسترس به‌دلیل تفاوت گونه‌ها نسبت دادند (Mushagalusa et al., 2008). بررسی نتایج به‌دست آمده توسط سایر محققان، نتیجه فوق را تایید می‌کند. گزارش شده در کشت مخلوط ارزن و ذرت عملکرد به‌طور معنی‌داری افزایش یافت. در کشت مخلوط ارزن و لوبیا چشم‌بلبلی عملکرد بیولوژیک در سطح احتمال یک درصد به‌طور معنی‌داری افزایش یافت (Nasirpour, 2009). در بررسی تاثیر نسبت اختلاط و تراکم بوته بر تولید علوفه در کشت مخلوط سورگوم و لوبیا چشم‌بلبلی به این نتیجه رسیدند که عملکرد بیولوژیک سورگوم به موازات کاهش سهم آن در مخلوط به‌طور معنی‌داری کم شده است (Sharifi et al., 2006). در بررسی کشت مخلوط ذرت و آفتابگردان نتایج مشابهی به‌دست آوردند.

جدول ۴- تجزیه واریانس صفات اندازه‌گیری شده برای ارزن در کشت مخلوط با ماش

Table 4- Variance analysis of measured traits for millet in intercropping with mung bean

| Mean of squares میانگین مربعات |                   |                             |                                                 |                                      |
|--------------------------------|-------------------|-----------------------------|-------------------------------------------------|--------------------------------------|
| منابع تغییرات<br>S.O.V         | درجه آزادی<br>d.f | ارتفاع بوته<br>plant height | تعداد پنجه در بوته<br>Number of claws per plant | عملکرد علوفه خشک<br>Dry forage yield |
| تکرار<br>Repetition            | 2                 | 253.746 <sup>ns</sup>       | 0.230 <sup>ns</sup>                             | 32586.190                            |
| تیمار<br>Treatment             | 4                 | 38.051*                     | 3.794**                                         | 606696.621**                         |
| خطا<br>Error                   | 8                 | 9.923                       | 0.117                                           | 63570.253                            |
| ضریب تغییرات (%)<br>CV (%)     | -                 | 7.67                        | 6.71                                            | 14.98                                |

ns: غیر معنی‌دار، \* و \*\* به ترتیب و معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و یک درصد

ns: none-significant, \* and \*\* significant at 5 and 1 percent probability level.

جدول ۵- مقایسه میانگین صفات اندازه‌گیری شده برای ارزن در کشت مخلوط با ماش

Table 5- Comparison of average traits measured for millet in intercropping with mung bean

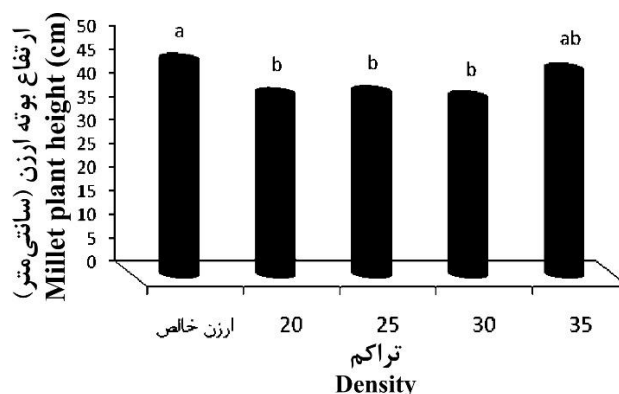
| تیمار<br>Treatment | تعداد پنجه در بوته<br>Number of claws per plant | ارتفاع بوته<br>plant height | عملکرد علوفه خشک<br>Dry forage yield |
|--------------------|-------------------------------------------------|-----------------------------|--------------------------------------|
| M1                 | 3.66 e                                          | 45.90 a                     | 2234.66 a                            |
| M2                 | 4.44 d                                          | 38.60 b                     | 1453.70 b                            |
| M3                 | 5.10 c                                          | 39.06 b                     | 2068.29 a                            |
| M4                 | 5.77 b                                          | 37.93 b                     | 1166.66 b                            |
| M5                 | 6.55 a                                          | 43.80 ab                    | 1490.74 b                            |

حروف مشابه در هر ستون نشانگر عدم اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال مربوطه در جدول تجزیه واریانس می‌باشد.

Similar letters in each column indicate no significant difference in the corresponding probability level in the variance analysis table.

M1, M2, M3, M4, M5 به ترتیب ارزن خالص و مخلوط ارزن و ماش با فاصله بوته‌های ۲۰، ۲۵، ۳۰، ۳۵ (سانتی‌متر) می‌باشد.

M1, M2, M3, M4, M5 are pure millet and a mixture of millet and mung bean with a distance of 20, 25, 30, 35 (cm) respectively.



شکل ۲- ارتفاع بوته ارزن در تراکم‌های مختلف

Figure 2- Millet plant height in different densities

تراکم ماش باعث بالا رفتن LER گردیده است. همان‌طور که مشاهده می‌شود، LER در اکثر تیمارهای مخلوط‌ها بیش از واحد می‌باشد. در تیمار مخلوط ماش با ارزن در فاصله بوته‌ها روی ردیف ۳۰ سانتی‌متر، LER به حداکثر مقدار خود به‌میزان ۱/۳۸ رسید. علت این افزایش می‌تواند به‌سبب استفاده بهینه از

### نسبت برابری سطح زمین (LER) بر اساس عملکرد خشک علوفه ماش و ارزن

تراکم‌های مختلف کاشت ماش در مخلوط اثر معنی‌داری بر LER علوفه ارزن و ماش داشت (جدول ۶). در مجموع در مقایسه بین تیمارهای مخلوط می‌توان مشاهده کرد که کاهش

منابع، فراهم بودن مواد غذایی در خاک و بهبود شرایط محیطی مناسب‌تر برای اجزاء دیگر مخلوط باشد. این شرایط منجر به افزایش رشد و نمو دو گیاه ارزن و ماش در این شرایط می‌شود. در کشت مخلوط سورگوم علوفه‌ای و ارزن مرواریدی نتایج تحقیق فوق را تأیید می‌کند (Khalatbari et al., 2010). همچنین سایر محققان نیز در رابطه با اثر کود دامی و نسبت‌های مختلف کاشت بر افزایش LER علوفه و دانه گیاهان نتایج مشابهی را گزارش نموده‌اند (Ghanbari et al., 2010).

جدول ۶- نسبت برابری زمین بر اساس عملکرد ماده خشک  
Table 6- Land equality ratio based on dry matter yield

| تکرار<br>Repetition                             | D1   | D2   | D3   | D4   |
|-------------------------------------------------|------|------|------|------|
| R1                                              | 1    | 1.27 | 1.33 | 0.60 |
| R2                                              | 0.94 | 1.29 | 1.33 | 0.87 |
| R3                                              | 1    | 1.14 | 1.50 | 1.12 |
| میانگین سه تکرار<br>Average of three replicates | 0.98 | 1.23 | 1.38 | 0.86 |

D1, D2, D3, D4 به ترتیب کشت مخلوط ارزن با ماش با فاصله بوته‌های ۲۰، ۲۵، ۳۰، ۳۵ (سانتی‌متر) است.

D1, D2, D3, D4 are the mixed cultivation of millet and mung bean with a distance of 20, 25, 30, 35 (cm) respectively.

نتیجه‌گیری کلی  
نتایج این تحقیق نشان داد که در بین تراکم‌های مختلف کاشت بیشترین تعداد پنجه ارزن به‌میزان ۶/۵۵ از تیمار مخلوط ارزن و ماش و بالاترین عملکرد علوفه خشک ارزن از تیمار کشت خالص ارزن به‌دست آمد. همچنین بالاترین میزان نیام در بوته ماش از تیمار خالص ماش به تعداد ۸ نیام در بوته، بیشترین تعداد دانه در نیام به‌میزان ۱۰/۶ عدد از تیمار خالص ماش و بیشترین عملکرد دانه ماش برابر با ۳۲۳/۳ کیلوگرم در هکتار از تیمار کشت خالص ماش به‌دست آمد. در توجیه این نتایج می‌توان بیان کرد که به‌دلیل پایین بودن تراکم گیاهی در کشت خالص نسبت به تیمارهای کشت مخلوط، تمامی منابع موجود

در این تیمار در اختیار ماش قرار می‌گیرد. در این شرایط هر بوته از منابع در دسترس و نور خورشید بهره‌برداری بیشتری نموده و در نتیجه گیاه رشد و نمو بیشتری کرده و مواد بیشتری به دانه منتقل می‌شود. این مساله سبب افزایش عملکرد دانه در واحد سطح گردیده است. LER در اکثر تیمارهای مخلوط ماش با ارزن بیش از یک بود. در تیمار مخلوط ماش با ارزن در فاصله گیاهان ماش درون ردیف ۳۰ سانتی‌متر LER به حداکثر مقدار خودش که ۱/۳۸ بود، رسید. علت این افزایش می‌تواند استفاده بهینه از منابع، فراهم بودن مواد غذایی در خاک و بهبود شرایط محیطی مناسب‌تر برای جزء دیگر مخلوط در این تیمار باشد.

## References

- Abravesh, A., 2011. Effect of planting date and genotypes on yield and yield components. *Crop Physiology Journal*, 2(8), pp.13–28. [In Persian]. <https://doi.org/20.1001.1.2008403.1389.2.8.2.8>
- Asgharipour, M. and Rafiei, M., 2010. Intercropping of isabgol (*Plantago ovata* L.) and lentil as influenced by drought stress. *American-Eurasian Journal of Sustainable Agriculture*, 4(3), pp.341–348. <https://doi.org/20.1001.1.19950748.2010.4.3.16.8>

- Banik, P., Midya, A., Sarkar, B. and Ghose, S., 2006. Wheat and chickpea intercropping systems in an additive series experiment: Advantages and weed smothering. *European Journal of Agronomy*, 24(4), pp.325–332. <https://doi.org/10.1016/j.eja.2005.10.010>
- Dadkhah, A.R., Kafi, M. and Rasam, G.A., 2010. The effect of planting date and plant density on growth traits, yield quality and quantity of matricaria (*Matricaria chamomilla*). *Journal of Horticultural Science*. [In Persian]. <https://sid.ir/paper/142341/en>
- Dahmardeh, M., 2008. Investigating the Ecophysiological Aspects of Corn and Cowpea Intercropping on The Quantity and Quality of Single Cross Corn Fodder 704. PhD Thesis, University of Zabol.
- Ghanbari, A., Nasirpour, M. and Tavassoli, A., 2010. Evaluation of ecophysiological characteristics of intercropping of millet (*Panicum miliaceum* L.) and cowpea (*Vigna unguiculata* L.). *Agroecology*, 4, pp.556-654. [In Persian]. <https://doi.org/10.22067/jag.v2i4.8784>
- Ghanbari Bonjar, A., 2000. Intercropped Wheat (*Triticum aestivum*) and Bean (*Vicia faba*) as A Low-Input Forage. PhD Dissertation, University of London, Wye College.
- Gomez, P. and Gurevitch, J., 1998. Weed community responses in a corn-soybean intercrop. *Applied Vegetation Science*, 1(2), pp.281–288. <https://doi.org/10.2307/1478958>
- Haqqani, A. and Pandey, R., 1994. Response of mung bean to water stress and irrigation at various growth stages and plant densities: II. Yield and yield components.
- Khalatbari, A.M., Hoseini, S.M.B., Majnoon Hoseini, N. and Mazaheri, D., 2010. Study the effects of intercropping fodder sorghum with pearl millet at different row proportions and plant densities. *Iranian Journal of Field Crop Science*, 41(2). [In Persian]. <https://doi.org/20.1001.1.20084811.1389.41.2.1.2>
- Khatamipour, M., Asgharipour, M. and Sirousmehr, A., 2014. Intercropping benefits of foxtail millet (*Setaria italica*) with mungbean (*Vigna radiata*) as influenced by application of different manure levels. *Journal of Agricultural Science and Sustainable Production*, 24(3), pp.75–86. [In Persian]. <https://doi.org/20.1001.1.24767417.1393.24.3.7.8>
- Koocheki, A., Hosseini, M. and Hashemi Dezfuli, A., 1999. *Sustainable agricultural systems*. Mashhad Academic Jihad Publications. [In Persian].
- Kusaka, M., Lalusin, A.G. and Fujimura, T., 2005. The maintenance of growth and turgor in pearl millet (*Pennisetum glaucum* [L.] R. Br.) cultivars with different root structures and osmo-regulation under drought stress. *Plant Science*, 168(1), pp.1–14. <https://doi.org/10.1016/j.plantsci.2004.06.021>
- Mosapour, H., Ghanbari, A. and Asgharipour, M.R., 2015. Effects of intercropping proportion on the quantity and quality of essential oil in isabgol and ajwain. *Journal of Agricultural Science and Sustainable Production*, 25(3), pp.1–13. [In Persian]. <https://sid.ir/paper/209622/en>
- Mushagalusa, G.N., Ledent, J.-F. and Draye, X., 2008. Shoot and root competition in potato/maize intercropping: Effects on growth and yield. *Environmental and Experimental Botany*, 64(2), pp.180–188. <https://doi.org/10.1016/j.envexpbot.2008.03.003>

- Nasirpour, M., 2009. *The effect of mixed cultivation of millet and cowpea on seed yield and weed control*. MSc Thesis, University of Zabol. [In Persian].
- Rezaie, M. and Tajbakhsh, M., 2002. Study of seed yield and some agronomic characters in sole and intercropping of two soybean cultivars under Khoy conditions. *Iranian Journal of Seed and Plant*, 18(3), pp.273–282. [In Persian]. <https://sid.ir/paper/20545/en>
- Sharifi, Y., Agha, A.M., Modares, S.S. and Soroushzadeh, A., 2006. The effect of mixing ratio and plant density on forage production in sorghum/cowpea intercropping. *Iranian Journal of Agricultural Sciences*, 37(2), pp.363–370. [In Persian]. <https://sid.ir/paper/8716/en>
- Sirousmehr, A., Javanshir, A., Rahimzadeh Khoei, F. and Moghadam, M., 2002. Investigating mixed cultivation of *Pennisetum glaucum* (Nutrified millet) and *Vicia villosa* (field vetch) under nitrogen fertilizer conditions. *Desert*, 8(2), pp.252–263. [In Persian]. <https://sid.ir/paper/28906/en>
- Tavassoli, A., Ghanbari, A., Ramazan, D. and Mousavi, N.S., 2010. Effect of organic and inorganic fertilizers on quantitative and qualitative characteristics of pearl millet (*Panicum miliaceum* L.) and red bean (*Phaseolus vulgaris* L.) in intercropping. *Journal of Crop Ecophysiology*, 4(15), pp.1–16. [In Persian]. <https://doi.org/20.1001.1.25381822.1389.4.15.1.0>