



Impact of Intercropping Ratios and Sowing Methods on Yield and Characteristics of Garlic (*Allium sativum* L.) in Intercropping with Black Seed (*Nigella sativa* L.)

Firouz Darooforoush¹, Alireza Abdali Mashhadi^{1*}, Abdolmahdi Bakhshandeh¹, Amin Lotfi Jalal Abadi¹ and Ali Ghatei¹

1- Department of Production and Plant Genetics Engineering, Faculty of Agriculture, Agricultural Sciences and Natural Resources University of Khuzestan, Mollasani, Iran

(*- Corresponding author's Email: alirezaabdali@asnrukh.ac.ir)

Received: 02-09-2025 Revised: 27-09-2025 Accepted: 30-09-2025 Available Online: 26-11-2025	How to cite this article: Darooforoush, F., Abdali Mashhadi, A., Bakhshandeh, A., Lotfi Jalal Abadi, A., & Ghatei, A. (2025). Impact of intercropping ratios and sowing methods on yield and characteristics of garlic (<i>Allium sativum</i> L.) in intercropping with black seed (<i>Nigella sativa</i> L.). <i>Journal of Agroecology</i> , 17(3), 509-536. (In Persian with English abstract) https://doi.org/10.22067/agry.2025.95173.1251
---	--

Introduction

Garlic (*Allium sativum* L.) and black seed (*Nigella sativa* L.) are medicinal plants with diverse applications. Intercropping, a sustainable agricultural practice, can enhance land productivity, reduce pests and diseases, and improve soil fertility. This study aimed to investigate the effects of different intercropping ratios and sowing methods on garlic yield and physiological traits by creating a favourable microclimate. The experiment was conducted in Dezful, Iran, a region with a semi-arid climate, to evaluate how these factors influence garlic growth and productivity. The study focused on optimizing resource use efficiency and understanding the competitive dynamics between garlic and black seed in mixed cropping systems.

Materials and Methods

The study was conducted during the 2021-2022 growing season in Dezful, Iran, at 32°16' N latitude and 48°25' E longitude, with an elevation of 82.9 meters above sea level. The experiment followed a randomized complete block design with three replications. Treatments included combinations of four sowing methods (ridge, furrow, ridge-furrow, and flat planting) and five intercropping ratios (100% black seed, 75% black seed + 25% garlic, 50% black seed + 50% garlic, 25% black seed + 75% garlic, and 100% garlic). The volume of the garlic bulb was measured using a graduated cylinder containing a specific amount of water. By submerging the garlic bulb into the graduated cylinder and recording the increase in the water volume, the volume of the garlic bulb was calculated. Garlic cloves were pre-chilled at 4°C for five days before planting. Black seed was sown at a depth of 1 cm, and garlic at 3.5 cm, with row and plant spacings of 50 cm and 12 cm, respectively. Fertilization included 125 kg.ha⁻¹ of nitrogen (applied in three stages) and 100 kg.ha⁻¹ of phosphorus. Irrigation, weeding, and thinning were performed as needed. Measured traits included leaf area index (LAI), chlorophyll index (SPAD), plant height, leaf dimensions, stem diameter, bulb volume, clove number, bulb weight, and yield. Data were analyzed using SAS software, and means were compared using the LSD test at a 5% significance level.



Authors retain the copyright. This is an open access article distributed under Creative Commons Attribution 4.0 International License ([CC BY 4.0](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)).

 <https://doi.org/10.22067/agry.2025.95173.1251>

Results and Discussion

The results revealed significant effects of intercropping ratios and sowing methods on garlic traits. The highest garlic yield ($15,003 \text{ kg.ha}^{-1}$) was achieved in sole garlic cultivation with the ridge-furrow method (G_{RF100}), followed by flat planting (G_{P100}) and furrow planting (G_{F100}). Mixed cropping with higher black seed ratios (75%) significantly reduced garlic yield, indicating intense interspecies competition.

- Leaf Area Index (LAI): The highest LAI (0.200) was observed in the treatment with 75% black seed in furrows and 25% garlic on ridges ($B_{F75}+G_{R25}$), while the lowest LAI (0.023) occurred in the 25% black seed + 75% garlic ratio on ridges ($B_{R25}+G_{R75}$).
- Chlorophyll Index (SPAD): The highest SPAD value (61.4) was recorded for black seed on ridges and garlic in furrows ($B_{R75}+G_{F25}$), suggesting better light and nutrient conditions in this arrangement.

- Bulb Traits: The highest bulb weight (66.7 g) and volume (101 cm^3) were observed in sole garlic under flat planting (G_{P100}). Intercropping, especially with high black seed ratios, negatively affected bulb traits.

- The highest stem diameter of garlic was observed in flat planting of garlic (G_{P100}), while most of the ridge planting treatments showed smaller stem diameters.

- Yield: The ridge-furrow method (G_{RF100}) outperformed other treatments, likely due to improved soil aeration and reduced competition. Mixed cropping at a 50:50 ratio with black seed on ridges and garlic in furrows ($B_{R50}+G_{F50}$) showed the lowest competition index (0.50) and the highest land equivalent ratio (1.20), indicating efficient resource use.

- The lowest competition index and the highest land equivalent ratio (LER) were observed when black seed was planted on ridges and garlic in furrows, with an equal plant ratio (50%-50%).

Conclusions

The study demonstrated that sole garlic cultivation, particularly in ridge-furrow or flat planting systems, maximizes yield and bulb quality. However, intercropping garlic with black seed at a 50:50 ratio, with black seed on ridges and garlic in furrows ($B_{R50}+G_{F50}$), offers a sustainable alternative by balancing yield and resource efficiency. This arrangement minimized competition and optimized land use, making it suitable for farmers seeking diversified and economically viable cropping systems. Future research should explore nutrient management and irrigation strategies to further enhance the productivity of intercropping systems.

Keywords: Clove, competition index, leaf area index, land equivalent ratio

مقاله پژوهشی

جلد ۱۷، شماره ۳، پاییز ۱۴۰۴، ص ۵۰۹-۵۳۶

اثر نسبت‌ها و روش‌های کاشت بر عملکرد و برخی از ویژگی‌های سیر (*Allium sativum* L.) در کشت مخلوط با سیاهدانه (*Nigella sativa* L.)

فیروز داروفروش^۱، علیرضا ابدالی مشهدی^{۲*}، عبدالمهدی بخشنده^۱، امین لطفی جلال آبادی^۱ و علی قاطعی^۱

تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۰۶/۱۱

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۰۷/۰۸

چکیده

سیر (*Allium sativum* L.) و سیاهدانه (*Nigella sativa* L.) گیاهانی دارویی با کاربردهای متعدد هستند. هدف از این پژوهش آن بود که با ایجاد ریزاقلیم از طریق روش‌های کاشت و کشت مخلوط، تغییرات عملکرد و برخی از خصوصیات سیر بررسی شود. تیمارهای آزمایش شامل ترکیبی از روش‌های کاشت (کاشت در جوی، پشته، جوی-پشته و مسطح) و نسبت‌های اختلاط (۱۰۰ درصد سیاهدانه، ۷۵ درصد سیاهدانه-۲۵ درصد سیر، ۵۰ درصد سیاهدانه-۵۰ درصد سیر، ۲۵ درصد سیاهدانه-۷۵ درصد سیر و ۱۰۰ درصد سیر) بود که در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی و با سه تکرار در منطقه دزفول انجام شد. صفات مورد ارزیابی شامل شاخص سطح برگ، شاخص کلروفیل، ارتفاع بوته، تعداد برگ در بوته، طول برگ، عرض برگ، قطر ساقه، حجم سیرچه، تعداد سیرچه در پیاز، وزن پیاز، طول سیرچه، قطر سیرچه و عملکرد در گیاه سیر بود. نتایج نشان داد که ترکیب تیماری کشت خالص سیر توأم با روش کاشت در جوی-پشته با عملکرد ۱۵۰۰۳ کیلوگرم در هکتار دارای بالاترین عملکرد بود. همچنین تیمارهای کشت مسطح خالص سیر و کشت خالص سیر در جوی به ترتیب در رتبه‌های بعدی قرار گرفتند. کشت‌های مخلوط با نسبت‌های بالای سیاهدانه (۷۵ درصد) کاهش معنی‌داری در عملکرد سیر نشان داد. کم‌ترین شاخص رقابت و بالاترین نسبت برابری زمین در ترکیب تیماری کاشت سیاهدانه بر روی پشته و سیر درون جوی و نسبت مساوی دو گیاه (۵۰ درصد - ۵۰ درصد) مشاهده شد. به‌طور کلی، کشت خالص سیر در جوی و پشته برای دستیابی به حداکثر عملکرد توصیه می‌شود، اما نسبت ۵۰ درصد - ۵۰ درصد و کاشت سیاهدانه روی پشته و سیر در جوی می‌تواند به‌عنوان یک روش پایدار و اقتصادی مورد توجه قرار گیرد.

واژه‌های کلیدی: سیرچه، شاخص سطح برگ، شاخص رقابت، نسبت برابری زمین

مقدمه

جوی، تغییر الگوی آبیاری و یا استفاده از مالچ قرار گیرد. این روش‌ها با تعدیل دما، رطوبت خاک، و نور دریافتی توسط گیاه، به کاهش تنش‌های محیطی مانند شوری، دمای نامطلوب، سایه‌اندازی، و کمبود رطوبت کمک می‌کنند. شیوه کاشت و موقعیت مکانی قرار گرفتن بذر در خاک می‌تواند بر استقرار موفق گیاهچه و نیز رشدونمو گیاه در مراحل بعدی اثرگذار باشد. در آزمایشی، تأثیر کشت جوی و پشته‌ای میکرو بر عملکرد و کارایی استفاده از نور، آب و منابع گرمایی در کلزا (*Brassica napus* L.) طی یک آزمایش سه ساله مزرعه‌ای در مقایسه با کشت مسطح مرسوم مورد بررسی قرار گرفت. کشت جوی و پشته‌ای میکرو با تغییر زاویه برگ‌های گیاهان روی پشته‌ها و

یکی از راهکارها در علوم زراعی و باغبانی برای افزایش عملکرد، ایجاد ریزاقلیم (میکروکلیم) است تا از این راه شرایط بهتری برای رشدونمو گیاهان فراهم سازند. ریزاقلیم (Microclimate) به شرایط آب‌وهوایی محدود و کوچک‌مقیاس در سطح مزرعه یا باغ اشاره دارد که می‌تواند تحت تأثیر شیوه‌های مدیریتی مانند کاشت روی پشته و

۱- گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان، ملاثانی، ایران
(*)- نویسنده مسئول: alirezaabdali@asnruk.ac.ir (Email:)
<https://doi.org/10.22067/agry.2025.95173.1251>

جوی‌ها، ناهمگونی سایه‌انداز (تاج‌پوشش) را افزایش داد که منجر به جذب بهتر نور، کاهش تنش دمایی سایه‌انداز و بهینه‌سازی رطوبت سایه‌انداز شد که در نهایت باعث افزایش ۱۱ درصدی عملکرد شد (Wang et al., 2025). در یک آزمایش مزرعه‌ای سه ساله کاشت پشته‌ای گندم در مقابل کاشت مسطح، تحت تغییرات بارندگی نیمه‌خشک مورد مقایسه قرار گرفت. نتایج نشان داد که کاشت جوی و پشته‌ای، نفوذ آب باران را به لایه‌های عمیق‌تر خاک بهبود بخشیده و ذخیره آب خاک را تا هشت درصد بالا برد و باعث افزایش کارایی مصرف نیتروژن، بهره‌وری آب و عملکرد شد (Xing et al., 2025).

کشت مخلوط به‌عنوان یک روش کشاورزی پایدار و مقرون به‌صرفه است که فواید متعددی دارد که از جمله آن می‌توان به افزایش بهره‌وری زمین، کاهش آفات و بیماری‌ها و همچنین بهبود حاصلخیزی خاک اشاره کرد. کشت مخلوط در عین حال خطرات ناشی از کشت تک محصولی را به حداقل می‌رساند. در این روش، کشت همزمان دو یا چند گیاه در یک مزرعه باعث کاهش رقابت درون‌گونه‌ای می‌شود، زیرا گیاهان مختلف نیازهای غذایی و فضای رشد متفاوتی دارند. یکی دیگر از دلایل اثرات مفید کشت مخلوط، ایجاد تنوع زیستی و کاهش خطر شیوع بیماری‌هاست. در یک متاآنالیز با استفاده از یک مجموعه داده جهانی شامل ۱۲۸۵ مشاهده، مشخص شد که کشت مخلوط، ۱/۳۱ درصد محتوای آب خاک، ۲۹/۱ درصد رواناب و ۱۰/۳ درصد تبخیر از خاک را کاهش می‌دهد، اما ۹/۸۵ درصد تعرق از برگ و ۲۹/۴ درصد کارایی مصرف آب را افزایش می‌دهد (Liu et al., 2025). نتایج یک آزمایش دوساله در بنگلادش نشان داد که کاشت یک ردیف سیر بین ردیف‌های فلفل چیلی (*Capsicum annuum* L.) باعث عملکرد و بهره‌وری بالاتر و بازده اقتصادی بهتر شد (Khatun et al., 2020). کشت مخلوط می‌تواند باعث افزایش کیفیت محصولات شود. در یک آزمایش مزرعه‌ای سه ساله، کشت مخلوط سه رقم گندم با نخود فرنگی (*Pisum sativum* L.) و باقلا (*Vicia faba* L.) مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد که هرچند کشت مخلوط گندم و گونه‌های حبوبات، عملکرد گندم را بهبود بخشید، اما کیفیت دانه گندم و محتوای تغذیه‌ای خاک و گیاه در مخلوط گندم و حبوبات در مقایسه با گندم تک‌کشتی افزایش یافت و کیفیت پخت دانه‌های گندم حاصل از سیستم‌های کشت مخلوط نسبت به گندم تک‌کشتی برتر بود (Hlasna Cepkova et al., 2025). در آزمایشی، کشت مخلوط گیاه

دارویی ختمی عطری (*Abelmoschus manihot* L.) با گیاه Oliv. *Eucommia ulmoides* باعث افزایش رشد ختمی عطری به‌ویژه افزایش تعداد گل‌ها و میوه‌ها افزایش گردید، اما کیفیت خواص دارویی آن تحت تأثیر قرار نگرفت (Han et al., 2025). در آزمایشی، اثر خاک‌پوش کاه و کلس گندم بر مهار علف‌های هرز و ویژگی‌های کیفی محصول در کشت مخلوط استویا (*Stevia rebaudiana* L.) و گل‌گاوزبان ایرانی (*Echium amoenum* L.) مورد بررسی قرار گرفت و بالاترین مقدار ماده شیرین‌کننده طبیعی (استیویزید) در نسبت اختلاط ۷۵ درصد استویا و ۲۵ درصد گل‌گاوزبان و کاربرد خاک‌پوش در داخل جوی مشاهده شد. بالاترین عملکرد (وزن گل خشک) گل‌گاوزبان ایرانی با کاربرد خاک‌پوش در جوی و پشته و نسبت اختلاط ۵۰ درصد استویا و ۵۰ درصد گل‌گاوزبان به دست آمد (Raiszadeh et al., 2025). در یک آزمایش سه ساله، کشت مخلوط ذرت و بادام زمینی به‌طور مداوم، کارایی مصرف آب را بهبود بخشید. همچنین بهینه‌سازی عرض نوار کاشت در سیستم‌های کشت مخلوط توانست هم بهره‌وری محصول و هم مدیریت آب را بهبود بخشد (Sun et al., 2025). سیر (*Allium sativum* L.) گیاهی خوراکی و دارای خواص دارویی است که قرن‌ها به‌عنوان یک درمان سنتی توسط مردم در سراسر جهان مورد استفاده قرار گرفته است. سیر دارای اثرات درمانی متعدد مانند خواص ضدباکتری و ضدسرطانی، توانایی کند کردن روند پیری و جلوگیری از چاقی، خواص ضد فشار خون، آنتی‌اکسیدانی و محافظت‌کننده قلب و توانایی در کاهش قند خون و کلسترول است. سیر دارای ترکیبات ارگانوسولفور می‌باشد که اثرات مفید و مطلوب بر سلامتی دارند (Samimi et al., 2025). سیاهدانه (*Nigella sativa* L.) یک گیاه دارویی پرکاربرد در سراسر جهان است. دانه‌های این گیاه دارای ماده دارویی تیموکینون (*Thymoquinone*) است. به‌طور مشخص تیموکینون، فعالیت‌های محافظت عصبی، ضداسپاسم، گشادکننده برونش، محافظت کبدی، محافظت کلیوی، محافظت گوارشی و آنتی‌اکسیدانی را نشان داده است (Chatterjee et al., 2025). در دشت خوزستان، امکان کشت پاییزه و همزمان سیر و سیاهدانه به‌صورت کشت مخلوط وجود دارد. در این پژوهش هدف آن بود که با ایجاد ریزاقلیم از طریق کاشت بذر در زمین مسطح، در جوی و پشته و نسبت‌های مختلف اختلاط سیر و سیاهدانه، عملکرد و برخی ویژگی‌های سیر مورد بررسی قرار گیرد.

مواد و روش‌ها

این مطالعه در طول سال زراعی ۱۴۰۰-۱۴۰۱ در منطقه‌ای از شهرستان دزفول با مختصات جغرافیایی ۳۲ درجه و ۱۶ دقیقه عرض شمالی و ۴۸ درجه و ۲۵ دقیقه طول شرقی و ارتفاع ۸۲/۹ متر از سطح دریا انجام گردید. داده‌های اقلیمی ثبت‌شده در طول دوره

آزمایش در جدول ۱ ارائه شده است.

پیش از آغاز آزمایش، نمونه‌های خاک از عمق ۰ تا ۳۰ سانتی‌متری در پنج نقطه مختلف مزرعه جمع‌آوری شد. پس از عبور دادن نمونه‌ها از الک دو میلی‌متری و تهیه نمونه مرکب، ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک تعیین گردید (جدول ۲).

جدول ۱- ویژگی‌های هواشناسی طی دوره انجام آزمایش

Table 1- Meteorological parameters during the study period (2021-2022)

ماه Months	میانگین دمای حداقل Mean min temp (°C)	میانگین دمای حداکثر Mean max temp (°C)	میزان بارش Precipitation (mm)	رطوبت نسبی Relative humidity (%)	تبخیر Evaporation (mm)
آذر Nov 22-Dec 21	11.2	23.5	34.9	69.5	58.1
دی Dec 22-Jan 20	6.8	17.6	65.8	78.5	40.3
بهمن Jan 21-Feb 19	5.9	19.5	18.9	67.3	55.3
اسفند Feb 20-Mar 20	10.3	23.9	14.0	62.8	81.3
فروردین Mar 21-Apr 20	13.0	32.0	0.0	47.6	179
اردیبهشت Apr 21-May 21	18.4	35.5	14.2	43.1	247

جدول ۲- ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش (عمق ۳۰ سانتی‌متری)

Table 2- Physicochemical properties of experimental field soil (0-30 cm depth) at study initiation

نیترژن N (%)	فسفر P (mg.kg ⁻¹)	پتاسیم K (mg.kg ⁻¹)	ماده آلی Organic Carbon (mg.kg ⁻¹)	روی Zn (mg.kg ⁻¹)	منگنز Mn (mg.kg ⁻¹)	آهن Fe (mg.kg ⁻¹)	مس Cu (mg.kg ⁻¹)	پی‌اچ pH	هدایت الکتریکی EC (dS.m ⁻¹)	بافت Texture
0.03	9.4	95	0.45	1.1	10.2	6.0	2.4	7.88	2.2	Silty loam

خطوط کشت برای هر دو گیاه ۵۰ سانتی‌متر و فاصله بین بوته‌ها روی خط کشت ۱۲ سانتی‌متر در نظر گرفته شد. با توجه به نتایج به‌دست آمده از آزمایش خاک، ۱۲۵ کیلوگرم در هکتار نیتروژن خالص در نظر گرفته شد. کوددهی براساس آزمایش خاک انجام شد. کود نیتروژن از منبع اوره به‌مقدار ۱۲۵ کیلوگرم در هکتار (۳۷/۵ کیلوگرم در هکتار به‌صورت کود پایه، ۳۷/۵ کیلوگرم در هکتار ۵۰ روز بعد از کاشت و ۵۰ کیلوگرم در هکتار ۹۰ روز بعد از کاشت) استفاده گردید. کود فسفر به‌شکل فسفات آمونیوم به‌میزان ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار به‌کار رفته شد (محتوای نیتروژن موجود در آمونیوم فسفات در محاسبه مقدار کوددهی نیتروژن در نظر گرفته شد). آبیاری، وجین، تنک‌کردن و کوددهی سرک براساس نیاز گیاهان انجام شد. عملکرد تر و خشک

آزمایش در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا شد. تیمارها شامل ترکیبی از روش‌های کاشت (پشته، جوی، مسطح) و نسبت‌های اختلاط سیاهدانه و سیر (۱۰۰ درصد سیاهدانه، ۷۵ درصد سیاهدانه + ۲۵ درصد سیر، ۵۰ درصد سیاهدانه + ۵۰ درصد سیر، ۲۵ درصد سیاهدانه + ۷۵ درصد سیر، ۱۰۰ درصد سیر) بودند. کدهای تیماری و جزئیات آن‌ها در جدول ۳ درج شده است.

آماده‌سازی زمین: پس از شخم با گاوآهن چیزل، عملیات دیسک و تسطیح انجام شد. بذر سیاهدانه (تأمین‌شده از شرکت دشتیار اصفهان) و سیر (توده محلی همدان) به‌ترتیب با عمق ۱ و ۳/۵ سانتی‌متر کشت گردید. سیرها قبل از کاشت به‌مدت پنج روز در سردخانه با دمای چهار درجه سانتی‌گراد سرمادهی شدند. فاصله

از اندازه‌گیری حذف شد. حجم پیاز سیر با استفاده از استوانه مدرج حاوی مقدار مشخص آب صورت گرفت. با فرو بردن پیاز سیر به درون استوانه مدرج و ثبت افزایش حجم آب درون استوانه مدرج، مقدار حجم پیاز سیر محاسبه گردید.

پس از خشک کردن در آون (۷۲ سانتی‌گراد به مدت ۴۸ ساعت) تعیین گردید. صفات مورفولوژیک (مانند ارتفاع بوته و ابعاد برگ) از طریق نمونه‌برداری تصادفی از پنج بوته اندازه‌گیری شد. برای این منظور، نیم متر از ابتدا و انتهای خطوط کشت به‌عنوان حاشیه در نظر گرفته و

جدول ۳- شرح تیمارهای آزمایش

Table 3- Description of experimental treatments

کد تیمار Treatment code	نسبت اختلاط Intercropping ratio	روش کاشت Sowing method
BR100	کشت خالص سیاهدانه Sole black seed	کاشت بر روی پشته Sowing on ridge
BR75+GR25	۷۵٪ سیاهدانه + ۲۵٪ سیر 75% black seed + 25% galic	
BR50+GR50	۵۰٪ سیاهدانه + ۵۰٪ سیر 50% black seed + 50% galic	
BR25+GR75	۲۵٪ سیاهدانه + ۷۵٪ سیر 25% black seed + 75% galic	
GR100	کشت خالص سیر Sole garlic	کاشت سیاهدانه در جوی و سیر بر روی پشته Black seed in furrows/garlic on ridges
BF100	کشت خالص سیاهدانه Sole black seed	
BF75+GR25	۷۵٪ سیاهدانه + ۲۵٪ سیر 75% black seed + 25% galic	
BF50+GR50	۵۰٪ سیاهدانه + ۵۰٪ سیر 50% black seed + 50% galic	
BF25+GR75	۲۵٪ سیاهدانه + ۷۵٪ سیر 25% black seed + 75% galic	کاشت سیاهدانه بر روی پشته و سیر در جوی Black seed on ridges/garlic in furrows
BR75+GF25	۷۵ درصد سیاهدانه + ۲۵ درصد سیر 75% black seed + 25% galic	
BR50+GF50	۵۰٪ سیاهدانه + ۵۰٪ سیر 50% black seed + 50% galic	
BR25+GF75	۲۵٪ سیاهدانه + ۷۵٪ سیر 25% black seed + 75% galic	
GF100	کشت خالص سیر Sole garlic	کشت مسطح Plane sowing
BP100	کشت خالص سیاهدانه Sole black seed	
BP75+GP25	۷۵٪ سیاهدانه + ۲۵٪ سیر 75% black seed + 25% galic	
BP50+GP50	۵۰٪ سیاهدانه + ۵۰٪ سیر 50% black seed + 50% galic	
BP25+GP75	۲۵ درصد سیاهدانه + ۷۵ درصد سیر 25% black seed + 75% galic	کشت در جوی و پشته Sowing in furrows and on ridges
GP100	کشت خالص سیر Sole garlic	
BRF100	کشت خالص سیاهدانه Sole black seed	
GRF100	کشت خالص سیر Sole garlic	

B: سیاهدانه، G: سیر، R: پشته، F: جوی، P: مسطح

B: Black Seed, G: Garlic, R: Ridge, F: Furrow, P: Plane

(۷۵ درصد) بودند، در برخی از روش‌های کاشت (مانند کشت هر دو گیاه روی پشته) کاهش معنی‌دار شاخص سطح برگ مشاهده گردید که این کاهش ممکن است ناشی از رقابت درون‌گونه‌ای در کشت خالص یا رقابت شدید با سیاهدانه در کشت مخلوط باشد. همچنین روش کشت مسطح سیر دارای شاخص سطح برگ متوسطی بود که می‌تواند نشان‌دهنده تأثیر منفی یکنواختی شرایط محیطی بر رشد برگ‌ها باشد، به‌طور کلی، سیر گیاهی است که شاخص سطح برگ پایینی دارد. در آزمایشی، دامنه شاخص سطح برگ سیر از ۰/۳۹ تا ۰/۵۳ گزارش شد (Kovacevic et al., 2023). در آزمایشی، دامنه شاخص سطح برگ در توده‌های سیر محلی ایرانی از ۰/۲۸ تا ۱/۹ گزارش شد (Alemkhomaram et al., 2019).

شاخص سبزی‌نگی^۳: اثر تیمارها بر شاخص کلروفیل معنی‌دار گردید (جدول ۴). دامنه تغییرات شاخص کلروفیل از ۵۲/۹ تا ۶۱/۴ متغیر بود که نشان‌دهنده تأثیر قابل توجه تیمارهای مختلف بر محتوای کلروفیل برگ‌ها می‌باشد (شکل ۲). بین بیشترین (۶۱/۴) و کم‌ترین (۵۲/۹) شاخص کلروفیل که به‌ترتیب مربوط به تیمار $BR_{75}+GF_{25}$ (کشت ۷۵ درصد سیاهدانه روی پشته + ۲۵ درصد سیر در جوی) و $BR_{25}+GR_{75}$ (کشت ۲۵ درصد سیاهدانه + ۷۵ درصد سیر هر دو روی پشته) ۱۶ درصد اختلاف وجود داشت. به‌طور کلی، با افزایش نسبت سیر در مخلوط، مقادیر شاخص کلروفیل تمایل به کاهش داشتند، به‌طوری‌که در تیمارهایی که نسبت سیر در آن‌ها کم‌تر (۲۵ درصد) بود، میانگین شاخص کلروفیل بالاتری (میانگین حدود ۶۰/۸) مشاهده شد. شاخص کلروفیل در تیمارهایی که نسبت مساوی سیر (۵۰ درصد) داشتند دارای میانگین ۵۷ و در تیمارهایی که نسبت بالای سیر (۷۵ درصد) داشتند دارای میانگین ۵۵/۲ بود. بررسی روند نتایج مقایسه میانگین نشان‌دهنده اثربخشی الگوهای کاشت بر شاخص کلروفیل بود. بالاترین شاخص کلروفیل (با میانگین ۵۹/۹) در تیمارهایی با کشت سیاهدانه روی پشته + سیر در جوی ($BR+GF$) مشاهده شد. میانگین شاخص کلروفیل در کشت‌های مسطح هر دو گیاه ($BR+GR$) ۵۷/۳، در کشت هر دو گیاه بر روی پشته ($BR+GR$) ۵۶/۶ و در کشت‌های سیاهدانه در جوی + سیر روی پشته ($BF+GR$) ۵۶/۷ بود.

برای تعیین شاخص سطح برگ از خطوط نمونه‌برداری، پنج بوته به‌طور تصادفی انتخاب و پس از جدا کردن برگ‌ها اندازه‌گیری شد. شاخص سطح برگ و شاخص کلروفیل با استفاده از دستگاه SPAD-502 (Minolta, Japan) در تاریخ ۲۷ اسفند ۱۴۰۱ اندازه‌گیری گردید. نسبت برابری زمین^۱ با استفاده از معادله زیر محاسبه شد.

$$LER = (I_1/P_1) + (I_2/P_2) \quad (۱)$$

که در آن، I: میزان عملکرد یک گیاه در کشت مخلوط و P: محصول همان گیاه در کشت خالص است (Torkaman et al., 2019). شاخص رقابت^۲ نیز با استفاده از معادله زیر محاسبه گردید:

$$CI = (Y_{AA} - Y_{AB}) \times (Y_{BB} - Y_{BA}) / (Y_{AB} \times Y_{BA}) \quad (۲)$$

که در آن، Y_{AA} و Y_{BB} : به‌ترتیب عملکرد گونه A و B در کشت خالص و Y_{AB} و Y_{BA} : به‌ترتیب عملکرد گونه A و B در کشت مخلوط است (Seyedi et al., 2020). داده‌ها با نرم‌افزار SAS (نسخه ۹/۰) تحلیل و مقایسه میانگین‌ها با آزمون LSD در سطح پنج درصد انجام گردید. نمودارها نیز با Excel ترسیم شدند.

نتایج و بحث

شاخص سطح برگ: براساس نتایج تجزیه واریانس حاصل از این پژوهش، اثر تیمارهای آزمایش بر شاخص سطح برگ سیر معنی‌دار بود (جدول ۴). بالاترین شاخص سطح برگ سیر در تیمار $BF_{75}+GR_{25}$ (کشت سیاهدانه در جوی‌ها و سیر بر روی پشته‌ها و با نسبت اختلاط ۷۵ درصد سیاهدانه + ۲۵ درصد سیر) مشاهده شد (جدول ۵). کم‌ترین شاخص سطح برگ سیر در تیمار $BR_{25}+GR_{75}$ (کشت هر دو گیاه بر روی پشته و نسبت اختلاط ۲۵ درصد سیاهدانه + ۷۵ درصد سیر) به دست آمد که با تیمار $BF_{75}+GR_{25}$ که دارای بالاترین شاخص سطح برگ بود، ۷۶۹ درصد اختلاف داشت. با مشاهده مقایسه میانگین شاخص سطح برگ سیر (شکل ۱) که به‌ترتیب نزولی بود، مشخص گردید که به‌طور نسبی بالاترین شاخص‌های سطح برگ سیر در نسبت‌هایی به دست آمد که سیاهدانه دارای بالاترین سهم (۷۵ درصد) در نسبت اختلاط بود. احتمال دارد این روند به‌دلیل کاهش رقابت بین گونه‌ای در سیر باشد. در مقابل، در کشت خالص سیر و یا در تیمارهایی که دارای نسبت‌های بالای سیر

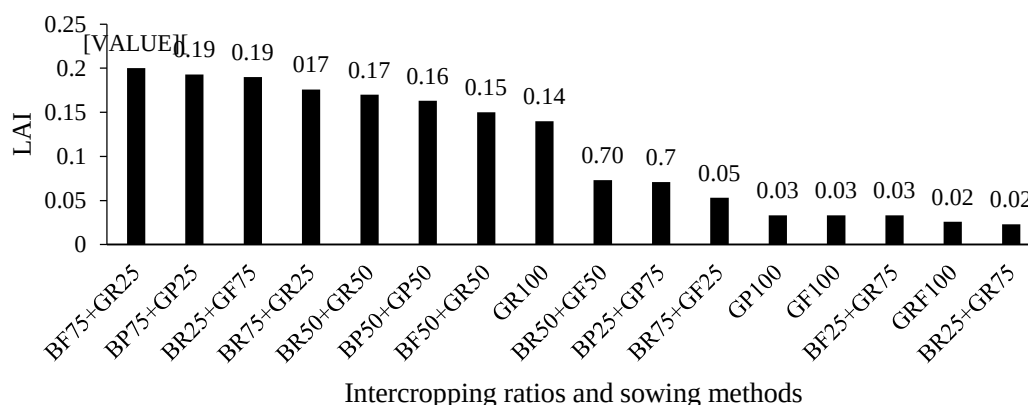
1- LER = Land equivalent ratio

2- CI = Competition index

جدول ۴- آنالیز واریانس صفات آزمایشی در گیاه سیر
Table 4- Analysis of variance for the traits examined in garlic

منابع تغییر S.O.V	درجه آزادی d.f	میانگین مربعات Mean of squares								
		شاخص سطح برگ LAI	شاخص کلروفیل SPAD	ارتفاع گیاه Plant height	تعداد برگ در بوته No. of leaves per plant	طول برگ Leaf length	عرض برگ Leaf width	قطر ساقه Stem diameter	حجم پیاز Bulb volume	تعداد سیرچه در پیاز Number of cloves per Bulb
تکرار Replication	2	0.0001 ^{ns}	342 ^{**}	1.21 ^{ns}	12.5 ^{ns}	11.6 ^{ns}	0.096 ^{ns}	0.039 ^{ns}	42.3 ^{ns}	13.9 ^{ns}
تیمار Treatment	15	0.014 ^{**}	25.0	27.7 ^{ns}	42.2 ^{**}	21.1 ^{ns}	0.246 ^{ns}	0.067 [*]	674 ^{**}	73.4 ^{**}
خطا Error	30	0.0002	56.8	26.7	5.13	27.4	0.232	0.028	26.6	12.2
ضریب تغییرات (%) CV (%)		14.8	13.0	8.68	12.9	10.9	19.5	13.7	7.42	17.0

^{ns}, ^{*} و ^{**}: به ترتیب غیرمعنی‌دار، معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد و معنی‌دار در سطح احتمال یک و پنج درصد.
^{ns}, ^{*} and ^{**}: respectively indicate significance at 1%, 5% level and non-significance.



شکل ۱- مقایسه میانگین اثر نسبت اختلاط سیر و سیاهدانه و روش کاشت بر شاخص سطح برگ سیر (LSD= ۰/۰۲۶)

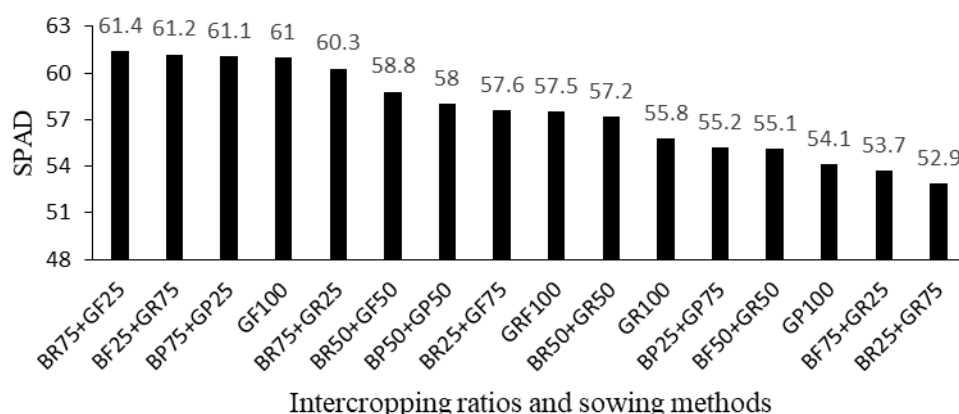
Fig. 1- Mean comparison of the effect of the intercropping ratios of garlic and black seed and the sowing method on the leaf area index of garlic (LSD= 0.026)

میانگین‌هایی که اختلاف آن‌ها از مقدار LSD در سطح ۵ درصد بیشتر باشد، دارای اختلاف معنی‌دار هستند.

Means differing by more than the LSD (5%) are statistically significant.

BR75+GR25: ۷۵ درصد سیاهدانه + ۲۵ درصد سیر (کاشت بر روی پشته)، BR50+GR50: ۵۰ درصد سیاهدانه + ۵۰ درصد سیر (کاشت بر روی پشته)، BR25+GR75: ۲۵ درصد سیاهدانه + ۷۵ درصد سیر (کاشت بر روی پشته)، GR100: کشت خالص سیر (کاشت بر روی پشته)، BF75+GR25: ۷۵ درصد سیاهدانه + ۲۵ درصد سیر (کاشت در جوی و سیر بر روی پشته)، BF50+GR50: ۵۰ درصد سیاهدانه + ۵۰ درصد سیر (کاشت سیاهدانه در جوی و سیر بر روی پشته)، BF25+GR75: ۲۵ درصد سیاهدانه + ۷۵ درصد سیر (کاشت سیاهدانه در جوی و سیر بر روی پشته)، BR75+GF25: ۷۵ درصد سیاهدانه + ۲۵ درصد سیر (کاشت سیاهدانه بر روی پشته و سیر در جوی)، BR50+GF50: ۵۰ درصد سیاهدانه + ۵۰ درصد سیر (کاشت سیاهدانه بر روی پشته و سیر در جوی)، BR25+GF75: ۲۵ درصد سیاهدانه + ۷۵ درصد سیر (کاشت سیاهدانه بر روی پشته و سیر در جوی)، BP75+GP25: ۷۵ درصد سیاهدانه + ۲۵ درصد سیر (کشت مسطح)، GP100: کشت خالص سیر (کشت مسطح)، BP50+GP50: ۵۰ درصد سیاهدانه + ۵۰ درصد سیر (کشت مسطح)، BP25+GP75: ۲۵ درصد سیاهدانه + ۷۵ درصد سیر (کشت مسطح)، GRF100: کشت خالص سیر (کشت در جوی و در پشته).

BR75+GR25: 75% black seed + 25% galic (Sowing on ridge), BR50+GR50: 50% black seed + 50% galic (Sowing on ridge), BR25+GR75: 25% black seed + 75% galic (Sowing on ridge), GR100: Sole garlic (Sowing on ridge), BF75+GR25: 75% black seed + 25% galic (Black seed in furrows/garlic on ridges), BF50+GR50: 50% black seed + 50% galic (Black seed in furrows/garlic on ridges), BF25+GR75: 25% black seed + 75% galic (Black seed in furrows/garlic on ridges), BR75+GF25: 75% black seed + 25% galic (Black seed on ridges/garlic in furrows), BR50+GF50: 50% black seed + 50% galic (Black seed on ridges/garlic in furrows), BR25+GF75: 25% black seed + 75% galic (Black seed on ridges/garlic in furrows), GF100: Sole garlic (Black seed on ridges/garlic in furrows), BP75+GP25: 75% black seed + 25% galic (Plane sowing), BP50+GP50: 50% black seed + 50% galic (Plane sowing), BP25+GP75: 25% black seed + 75% galic (Plane sowing), GP100: Sole garlic (Plane sowing), GRF100: Sole garlic (Sowing in furrows and on ridges).



شکل ۲- مقایسه میانگین اثر نسبت اختلاط سیر و سیاهدانه و روش کاشت بر شاخص کلروفیل (LSD= ۱۲/۵)

Fig. 2- Mean comparison of the effect of the intercropping ratios of garlic and black seed and the sowing method on the SPAD of garlic (LSD=12.5)

میانگین‌هایی که اختلاف آن‌ها از مقدار LSD در سطح ۵ درصد بیشتر باشد، دارای اختلاف معنی‌دار هستند.

Means differing by more than the LSD (5%) are statistically significant.

BR75+GR25: ۷۵ درصد سیاهدانه + ۲۵ درصد سیر (کاشت بر روی پشته)، BR50+GR50: ۵۰ درصد سیاهدانه + ۵۰ درصد سیر (کاشت بر روی پشته)، BR25+GR75: ۲۵ درصد سیاهدانه + ۷۵ درصد سیر (کاشت بر روی پشته)، BF75+GR25: ۷۵ درصد سیاهدانه + ۲۵ درصد سیر (کاشت بر روی پشته)، BF50+GR50: ۵۰ درصد سیاهدانه + ۵۰ درصد سیر (کاشت بر روی پشته)، BF25+GR75: ۲۵ درصد سیاهدانه + ۷۵ درصد سیر (کاشت سیاهدانه در جوی و سیر بر روی پشته)، BR75+GF25: ۷۵ درصد سیاهدانه در جوی و سیر بر روی پشته، BR50+GF50: ۵۰ درصد سیاهدانه در جوی و سیر بر روی پشته، BR25+GF75: ۲۵ درصد سیاهدانه در جوی و سیر بر روی پشته، GF100: کشت خالص سیر (کاشت مسطح)، BP25+GP75: ۵۰ درصد سیاهدانه + ۵۰ درصد سیر (کشت مسطح)، BP50+GP50: ۵۰ درصد سیاهدانه + ۵۰ درصد سیر (کشت مسطح)، GP100: کشت خالص سیر (کشت مسطح)، BR75+GR25: ۷۵ درصد سیاهدانه + ۲۵ درصد سیر (کشت در جوی و در پشته).

BR75+GR25: 75% black seed + 25% galic (Sowing on ridge), BR50+GR50: 50% black seed + 50% galic (Sowing on ridge), BR25+GR75: 25% black seed + 75% galic (Sowing on ridge), GR100: Sole garlic (Sowing on ridge), BF75+GR25: 75% black seed + 25% galic (Black seed in furrows/garlic on ridges), BF50+GR50: 50% black seed + 50% galic (Black seed in furrows/garlic on ridges), BF25+GR75: 25% black seed + 75% galic (Black seed in furrows/garlic on ridges), BR75+GF25: 75% black seed + 25% galic (Black seed on ridges/garlic in furrows), BR50+GF50: 50% black seed + 50% galic (Black seed on ridges/garlic in furrows), BR25+GF75: 25% black seed + 75% galic (Black seed on ridges/garlic in furrows), GF100: Sole garlic (Black seed on ridges/garlic in furrows), BP75+GP25: 75% black seed + 25% galic (Plane sowing), BP50+GP50: 50% black seed + 50% galic (Plane sowing), BP25+GP75: 25% black seed + 75% galic (Plane sowing), GP100: Sole garlic (Plane sowing), GRF100: Sole garlic (Sowing in furrows and on ridges).

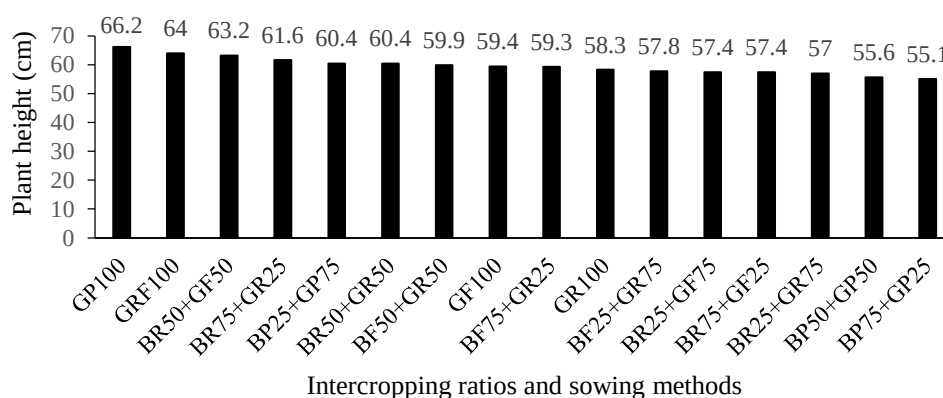
قرار دهد. در آزمایشی، تنش شوری باعث کاهش شاخص سبزیگی سیر شد (Khademi et al., 2018). در آزمایشی دیگر، سه رقم سیر مورد ارزیابی قرار گرفتند و حداقل و حداکثر شاخص سبزیگی ۹۶، ۱۰۳ و ۱۱۰ روز پس از کاشت ۷۲-۶۷، ۶۹-۶۲ و ۶۰-۵۵ گزارش گردید (Immatong & Elias, 2025). در اسدآباد همدان، تحت شرایط بدون آبیاری، شاخص سبزیگی اکوتیپ‌های بومی سیر مورد ارزیابی قرار گرفت و شاخص سبزیگی در اوایل دوره رشد رویشی از ۴۵ تا ۵۱، در اواسط دوره رشد رویشی از ۳۴ تا ۶۵ و در انتهای دوره رشد رویشی از ۴۳ تا ۵۳ متغیر بود (Kakaee, 2023).

ارتفاع بوته: تیمارهای آزمایشی اثر معنی‌داری بر صفت ارتفاع

اینکه تیمار BR75+GF25 دارای بالاترین شاخص کلروفیل بود، شاید به این دلیل باشد که قرارگیری سیاهدانه روی پشته و سیر در جوی باعث بهبود وضعیت تغذیه‌ای و مناسب‌تر شدن شرایط نوری از نظر شدت، کیفیت و مدت تابش در شرایط میکروکلیم (ریزاقلم) برای سیر شده است. همچنین این الگوی کاشت ممکن است شرایط تهویه‌ای مناسب‌تری ایجاد کرده باشد. تیمارهای با شاخص کلروفیل پایین مانند BR25+GR75 شاید نشان‌دهنده آن باشد که کشت هر دو گیاه روی پشته ممکن است باعث تشدید رقابت برای نور و مواد غذایی شده باشد. کاشت گیاه بر روی پشته ممکن است آن را بیشتر از کشت در جوی و یا کشت به‌صورت مسطح در معرض تنش شوری

۵۲ و ۷۴ سانتی‌متر گزارش شد (Goyal et al., 2025). دامنه تغییرات ارتفاع بوته در شش اکوتیپ سیر در همدان از ۴۰ تا ۶۱ سانتی‌متر متغیر بود (Kakaei, 2023). در آزمایشی دیگر هفت فاصله کاشت بر روی دو رقم طارم و همدان مورد ارزیابی قرار گرفت و بلندترین ارتفاع بوته در رقم طارم و فاصله کاشت $۱۲/۵ \times ۱۲/۵$ سانتی‌متر مشاهده شد (Fakhar et al., 2019). در پژوهشی دیگر ارتفاع بوته اکوتیپ همدان ۷۵ سانتی‌متر گزارش شد و دامنه ارتفاع بوته در هشت اکوتیپ بومی ایران بین ۶۷/۶ تا ۸۶/۵ سانتی‌متر متغیر بود (Akbarpour et al., 2021).

بوته سیر نداشتند (جدول ۴). در بین الگوهای کاشت، بالاترین میانگین ارتفاع بوته در تیمار GP100 (کشت مسطح خالص سیر) با ۶۶ سانتی‌متر و تیمار GRF100 (کشت خالص سیر در پشته و جوی) با ۶۴ سانتی‌متر مشاهده شد که نشان می‌دهد کشت خالص سیر بدون اختلاط با سیاهدانه ممکن است شرایط بهینه‌تری برای رشد ارتفاعی سیر فراهم کند، هرچند تفاوت آن با سایر تیمارها معنی‌دار نبود (شکل ۳). همچنین با افزایش درصد سیاهدانه (مثلاً ۷۵ درصد سیاهدانه) کاهش جزئی در ارتفاع سیر مشاهده شد. در آزمایشی، ارتفاع بوته سیر تحت تأثیر شاهد، تنش خشکی، تنش خشکی به همراه کودهای پایه و تنش خشکی به همراه کودهای پایه و کاربرد سیلیس به‌ترتیب ۷۵،



شکل ۳- مقایسه میانگین اثر نسبت اختلاط سیر و سیاهدانه و روش کاشت بر ارتفاع بوته سیر (LSD= ۸/۲۶)

Fig. 3- Mean comparison of the effect of the intercropping ratios of garlic and black seed and the sowing method on the Plant height of garlic (LSD=8.26)

میانگین‌هایی که اختلاف آن‌ها از مقدار LSD در سطح ۵ درصد بیشتر باشد، دارای اختلاف معنی‌دار هستند.

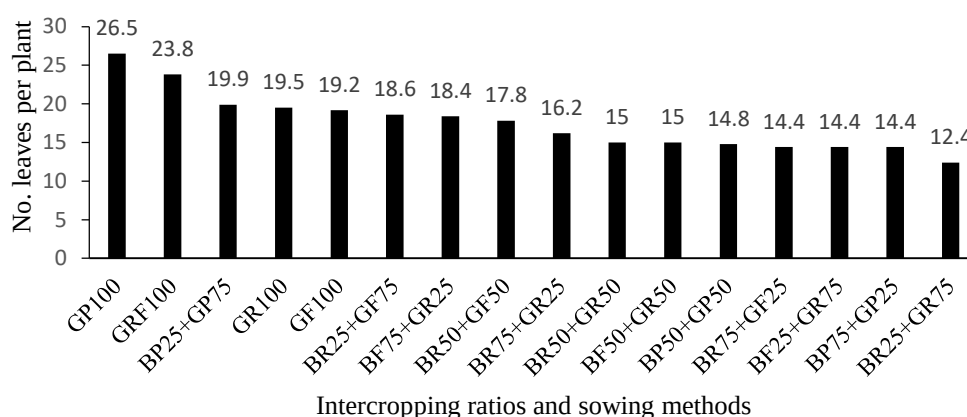
Means differing by more than the LSD (5%) are statistically significant.

BR75+GR25: ۷۵ درصد سیاهدانه + ۲۵ درصد سیر (کاشت بر روی پشته)، BR50+GR50: ۵۰ درصد سیاهدانه + ۵۰ درصد سیر (کاشت بر روی پشته)، BR25+GR75: ۲۵ درصد سیاهدانه + ۷۵ درصد سیر (کاشت بر روی پشته)، BF75+GR25: ۷۵ درصد سیاهدانه + ۲۵ درصد سیر (کاشت بر روی پشته)، GF100: کشت خالص سیر (کاشت بر روی پشته)، GP100: کشت خالص سیر (کاشت بر روی پشته)، BF50+GR50: ۵۰ درصد سیاهدانه + ۵۰ درصد سیر (کاشت بر روی پشته)، BF25+GR75: ۲۵ درصد سیاهدانه + ۷۵ درصد سیر (کاشت بر روی پشته)، BR75+GF25: ۷۵ درصد سیاهدانه + ۲۵ درصد سیر (کاشت بر روی پشته)، BR50+GF50: ۵۰ درصد سیاهدانه + ۵۰ درصد سیر (کاشت بر روی پشته)، BR25+GF75: ۲۵ درصد سیاهدانه + ۷۵ درصد سیر (کاشت بر روی پشته)، BP75+GP25: ۷۵ درصد سیاهدانه + ۲۵ درصد سیر (کاشت بر روی پشته)، BP50+GP50: ۵۰ درصد سیاهدانه + ۵۰ درصد سیر (کشت مسطح)، GP100: کشت خالص سیر (کشت مسطح)، GRF100: کشت خالص سیر (کشت در جوی و در پشته).

BR75+GR25: 75% black seed + 25% galic (Sowing on ridge), BR50+GR50: 50% black seed + 50% galic (Sowing on ridge), BR25+GR75: 25% black seed + 75% galic (Sowing on ridge), GR100: Sole garlic (Sowing on ridge), BF75+GR25: 75% black seed + 25% galic (Black seed in furrows/garlic on ridges), BF50+GR50: 50% black seed + 50% galic (Black seed in furrows/garlic on ridges), BF25+GR75: 25% black seed + 75% galic (Black seed in furrows/garlic on ridges), BR75+GF25: 75% black seed + 25% galic (Black seed on ridges/garlic in furrows), BR50+GF50: 50% black seed + 50% galic (Black seed on ridges/garlic in furrows), BR25+GF75: 25% black seed + 75% galic (Black seed on ridges/garlic in furrows), GF100: Sole garlic (Black seed on ridges/garlic in furrows), BP75+GP25: 75% black seed + 25% galic (Plane sowing), BP50+GP50: 50% black seed + 50% galic (Plane sowing), BP25+GP75: 25% black seed + 75% galic (Plane sowing), GP100: Sole garlic (Plane sowing), GRF100: Sole garlic (Sowing in furrows and on ridges).

GR₁₀₀ (کشت خالص سیر در کشت پشته‌ای) و GF₁₀₀ (کشت خالص سیر در جوی‌ها) دارای تعداد متوسط برگ در بوته و تیمار BR₂₅+GR₇₅ (۲۵ درصد سیاهدانه + ۷۵ درصد سیر در کشت پشته‌ای) دارای کمترین تعداد برگ در بوته بودند. بین بیشترین و کمترین تعداد برگ در بوته سیر که به‌ترتیب در تیمارهای GP₁₀₀ و GP₁₀₀ مشاهده شد، ۱۱۳ درصد اختلاف وجود داشت.

تعداد برگ: براساس نتایج حاصل از این پژوهش، اثر تیمارها بر تعداد برگ در بوته معنی‌دار بود (جدول ۴). تیمارهای GP₁₀₀ (کشت مسطح خالص سیر) و GR_{F100} (کشت خالص سیر در پشته و جوی) به‌ترتیب با ۲۶ و ۲۳/۸ برگ در بوته (بدون اختلاف معنی‌دار بین آن‌ها) دارای بالاترین تعداد برگ در بوته بودند (شکل ۴). تیمارهای BR₂₅+GP₇₅ (۲۵ درصد سیاهدانه + ۷۵ درصد سیر در کشت مسطح)،



شکل ۴- مقایسه میانگین اثر نسبت اختلاط سیر و سیاهدانه و روش کاشت بر تعداد برگ بوته سیر

Fig. 4- Mean comparison of the effect of the intercropping ratios of garlic and black seed and the sowing method on the number leaves per plant of garlic (LSD= 3.77)

میانگین‌هایی که اختلاف آن‌ها از مقدار LSD در سطح ۵ درصد بیشتر باشد، دارای اختلاف معنی‌دار هستند.

Means differing by more than the LSD (5%) are statistically significant.

BR₇₅+GR₂₅: ۷۵ درصد سیاهدانه + ۲۵ درصد سیر (کاشت بر روی پشته)، BR₅₀+GR₅₀: ۵۰ درصد سیاهدانه + ۵۰ درصد سیر (کاشت بر روی پشته)، BR₂₅+GR₇₅: ۲۵ درصد سیاهدانه + ۷۵ درصد سیر (کاشت بر روی پشته)، GR₁₀₀: کشت خالص سیر (کاشت بر روی پشته)، BF₇₅+GR₂₅: ۷۵ درصد سیاهدانه + ۲۵ درصد سیر (کاشت سیاهدانه در جوی و سیر بر روی پشته)، BF₅₀+GR₅₀: ۵۰ درصد سیاهدانه + ۵۰ درصد سیر (کاشت سیاهدانه در جوی و سیر بر روی پشته)، BF₂₅+GR₇₅: ۲۵ درصد سیاهدانه + ۷۵ درصد سیر (کاشت سیاهدانه در جوی و سیر بر روی پشته)، BR₇₅+GF₂₅: ۷۵ درصد سیاهدانه + ۲۵ درصد سیر (کاشت سیاهدانه بر روی پشته و سیر در جوی)، BR₅₀+GF₅₀: ۵۰ درصد سیاهدانه + ۵۰ درصد سیر (کاشت سیاهدانه بر روی پشته و سیر در جوی)، BR₂₅+GF₇₅: ۲۵ درصد سیاهدانه + ۷۵ درصد سیر (کاشت سیاهدانه بر روی پشته و سیر در جوی)، GF₁₀₀: کشت خالص سیر (کاشت سیر در جوی)، BP₇₅+GP₂₅: ۷۵ درصد سیاهدانه + ۲۵ درصد سیر (کشت مسطح)، BP₅₀+GP₅₀: ۵۰ درصد سیاهدانه + ۵۰ درصد سیر (کشت مسطح)، GP₁₀₀: کشت خالص سیر (کشت مسطح)، GR_{F100}: کشت خالص سیر (کشت در جوی و در پشته).

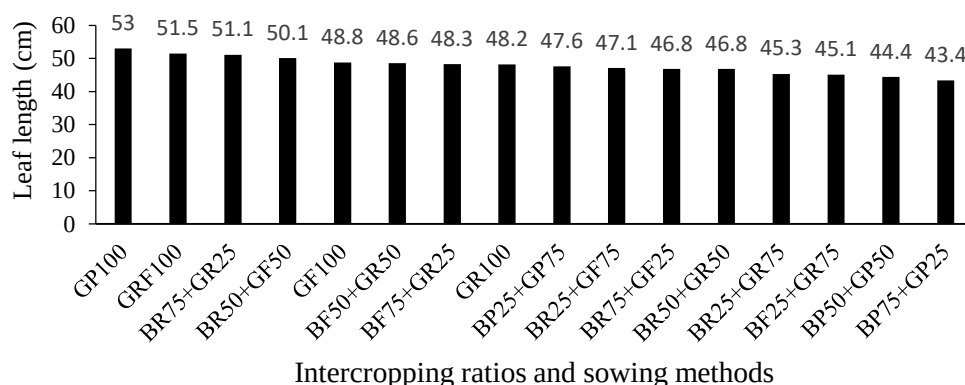
BR₇₅+GR₂₅: 75% black seed + 25% galic (Sowing on ridge), BR₅₀+GR₅₀: 50% black seed + 50% galic (Sowing on ridge), BR₂₅+GR₇₅: 25% black seed + 75% galic (Sowing on ridge), GR₁₀₀: Sole garlic (Sowing on ridge), BF₇₅+GR₂₅: 75% black seed + 25% galic (Black seed in furrows/garlic on ridges), BF₅₀+GR₅₀: 50% black seed + 50% galic (Black seed in furrows/garlic on ridges), BF₂₅+GR₇₅: 25% black seed + 75% galic (Black seed in furrows/garlic on ridges), BR₇₅+GF₂₅: 75% black seed + 25% galic (Black seed on ridges/garlic in furrows), BR₅₀+GF₅₀: 50% black seed + 50% galic (Black seed on ridges/garlic in furrows), BR₂₅+GF₇₅: 25% black seed + 75% galic (Black seed on ridges/garlic in furrows), GF₁₀₀: Sole garlic (Black seed on ridges/garlic in furrows), BP₇₅+GP₂₅: 75% black seed + 25% galic (Plane sowing), BP₅₀+GP₅₀: 50% black seed + 50% galic (Plane sowing), BP₂₅+GP₇₅: 25% black seed + 75% galic (Plane sowing), GP₁₀₀: Sole garlic (Plane sowing), GR_{F100}: Sole garlic (Sowing in furrows and on ridges).

شرایط مسطح) عملکرد بهتری نسبت به سایر تیمارهای مخلوط داشت. این نتایج نشان می‌دهد که سیستم جوی-پشته در کشت

در کل، با افزایش درصد سیاهدانه در نسبت‌های اختلاط، کاهش تعداد برگ مشاهده گردید، به‌طوری‌که کشت خالص سیر (به‌ویژه در

مخلوط ممکن است به لحاظ تعداد برگ در بوته سیر چالش‌برانگیزتر باشد. در تحقیقی، تعداد برگ در بوته سیر تحت انواع سایه‌دهی به‌طور معنی‌داری بالاتر از شرایط عدم سایه‌دهی (شاهد) بود (Immatong & Elias, 2025). در آزمایش کشت مخلوط سیر با باقلا، الگوهای مختلف کاشت اثر معنی‌داری بر تعداد برگ سیر نداشت (Elshamy & Abd El-Aty, 2021). با توجه به اینکه ارتفاع بوته تحت تأثیر تیمارها نبود، می‌توان نتیجه گرفت که تعداد برگ در بوته حساسیت بیشتری به رقابت با سیاهدانه نشان می‌دهد. در یک بررسی، در شش اکوتیپ ایرانی سیر، تعداد برگ در بوته از ۳۴ تا ۶۴ گزارش شد (Kakaei, 2023).

طول برگ: صفت طول برگ گیاه سیر به‌طور معنی‌داری تحت



شکل ۵- مقایسه میانگین اثر نسبت اختلاط سیر و سیاهدانه و روش کاشت بر طول برگ سیر (LSD= ۸/۷۳)

Fig. 5- Mean comparison of the effect of the intercropping ratios of garlic and black seed and the sowing method on the leaf length of garlic (LSD= 8.73)

میانگین‌هایی که اختلاف آن‌ها از مقدار LSD در سطح ۵ درصد بیشتر باشد، دارای اختلاف معنی‌دار هستند.

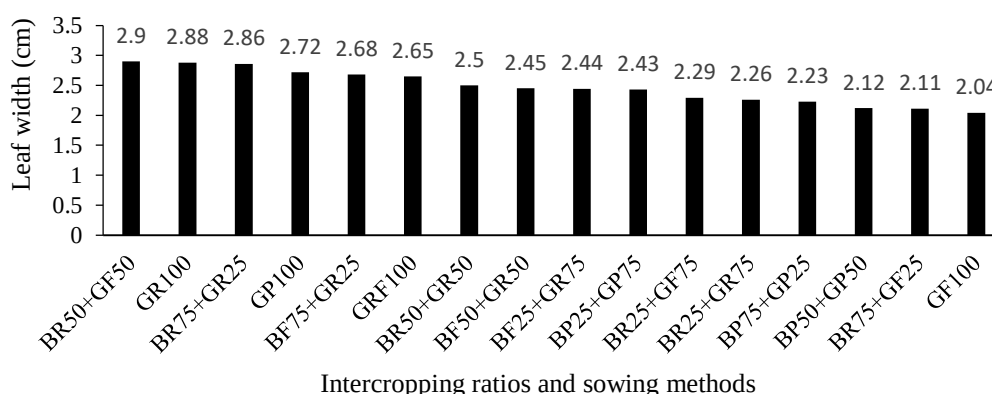
Means differing by more than the LSD (5%) are statistically significant.

BR75+GR25: ۷۵ درصد سیاهدانه + ۲۵ درصد سیر (کاشت بر روی پشته)، BR50+GR50: ۵۰ درصد سیاهدانه + ۵۰ درصد سیر (کاشت بر روی پشته)، BR25+GR75: ۲۵ درصد سیاهدانه + ۷۵ درصد سیر (کاشت بر روی پشته)، GR100: کشت خالص سیر (کاشت بر روی پشته)، BF75+GR25: ۷۵ درصد سیاهدانه + ۲۵ درصد سیر (کاشت بر روی پشته)، BF50+GR50: ۵۰ درصد سیاهدانه + ۵۰ درصد سیر (کاشت سیاهدانه در جوی و سیر بر روی پشته)، BF25+GR75: ۲۵ درصد سیاهدانه + ۷۵ درصد سیر (کاشت سیاهدانه در جوی و سیر بر روی پشته)، BR75+GF25: ۷۵ درصد سیاهدانه + ۲۵ درصد سیر (کاشت سیاهدانه بر روی پشته و سیر در جوی)، BR50+GF50: ۵۰ درصد سیاهدانه + ۵۰ درصد سیر (کاشت سیاهدانه بر روی پشته و سیر در جوی)، BR25+GF75: ۲۵ درصد سیاهدانه + ۷۵ درصد سیر (کاشت سیاهدانه بر روی پشته و سیر در جوی)، GF100: کشت خالص سیر (کاشت سیر در جوی)، BP75+GP25: ۷۵ درصد سیاهدانه + ۲۵ درصد سیر (کشت مسطح)، GP100: کشت خالص سیر (کشت مسطح)، BP50+GP50: ۵۰ درصد سیاهدانه + ۵۰ درصد سیر (کشت مسطح)، BP25+GP75: ۲۵ درصد سیاهدانه + ۷۵ درصد سیر (کشت مسطح)، GRF100: کشت خالص سیر (کشت در جوی و در پشته).

BR75+GR25: 75% black seed + 25% galic (Sowing on ridge), BR50+GR50: 50% black seed + 50% galic (Sowing on ridge), BR25+GR75: 25% black seed + 75% galic (Sowing on ridge), GR100: Sole garlic (Sowing on ridge), BF75+GR25: 75% black seed + 25% galic (Black seed in furrows/garlic on ridges), BF50+GR50: 50% black seed + 50% galic (Black seed in furrows/garlic on ridges), BF25+GR75: 25% black seed + 75% galic (Black seed in furrows/garlic on ridges), BR75+GF25: 75% black seed + 25% galic (Black seed on ridges/garlic in furrows), BR50+GF50: 50% black seed + 50% galic (Black seed on ridges/garlic in furrows), BR25+GF75: 25% black seed + 75% galic (Black seed on ridges/garlic in furrows), GF100: Sole garlic (Black seed on ridges/garlic in furrows), BP75+GP25: 75% black seed + 25% galic (Plane sowing), BP50+GP50: 50% black seed + 50% galic (Plane sowing), BP25+GP75: 25% black seed + 75% galic (Plane sowing), GP100: Sole garlic (Plane sowing), GRF100: Sole garlic (Sowing in furrows and on ridges).

تأثیر تیمارهای آزمایش قرار نگرفت (جدول ۴). هر چند تیمارها در سطح آماری پنج درصد معنی‌دار نشدند، ولی روند میانگین‌ها نشان‌دهنده آن بود که با افزایش سهم سیاهدانه در نسبت اختلاط به‌ویژه در نسبت‌های ۵۰ و ۷۵ درصد، طول برگ کاهش یافته است (شکل ۵). در نگاه کلی، این احتمال وجود دارد که گیاه سیر تحت شرایط رقابتی با سیاهدانه، ممکن است به‌جای تولید برگ‌های جدید، منابع را بیشتر به رشد طولی برگ اختصاص دهد. در بررسی هشت اکوتیپ از نقاط مختلف ایران، طول برگ در اکوتیپ همدان ۵۴ سانتی‌متر و دامنه تغییرات طول برگ در هشت اکوتیپ از ۴۰ تا ۵۵/۶ سانتی‌متر متغیر بود (Akbarpour et al., 2021).

سیر شاید به این دلیل باشد که عوامل ژنتیک و محیطی (مانند خاک، آب یا نور) اثر غالب‌تری نسبت به تیمارها داشتند و به عبارت دیگر محدوده تغییرات نسبت اختلاط یا الگوی کاشت آنقدر نبوده که تفاوت معنی‌داری ایجاد کند. در پژوهشی دیگر عرض برگ در اکوتیپ همدان ۳/۱۱ سانتی‌متر و دامنه تغییرات آن در هشت اکوتیپ ایرانی از ۱/۶ تا ۳/۵۲ متغیر بود (Akbarpour et al., 2021).



شکل ۶- مقایسه میانگین اثر نسبت اختلاط سیر و سیاهدانه و روش کاشت بر عرض برگ سیر (LSD = ۰/۸۰۴)

Fig. 6- Mean comparison of the effect of the intercropping ratios of garlic and black seed and the sowing method on the leaf width of garlic (LSD= 0.804)

میانگین‌هایی که اختلاف آن‌ها از مقدار LSD در سطح ۵ درصد بیشتر باشد، دارای اختلاف معنی‌دار هستند.

Means differing by more than the LSD (5%) are statistically significant.

BR75+GR25: ۷۵ درصد سیاهدانه + ۲۵ درصد سیر (کاشت بر روی پشته)، BR50+GR50: ۵۰ درصد سیاهدانه + ۵۰ درصد سیر (کاشت بر روی پشته)، BR25+GR75: ۲۵ درصد سیاهدانه + ۷۵ درصد سیر (کاشت بر روی پشته)، GR100: کشت خالص سیر (کاشت بر روی پشته)، BF75+GR25: ۷۵ درصد سیاهدانه + ۲۵ درصد سیر (کاشت بر روی پشته)، BF50+GR50: ۵۰ درصد سیاهدانه + ۵۰ درصد سیر (کاشت سیاهدانه در جوی و سیر بر روی پشته)، BF25+GR75: ۲۵ درصد سیاهدانه + ۷۵ درصد سیر (کاشت سیاهدانه در جوی و سیر بر روی پشته)، BR75+GF25: ۷۵ درصد سیاهدانه + ۲۵ درصد سیر (کاشت سیاهدانه بر روی پشته و سیر در جوی)، BR50+GF50: ۵۰ درصد سیاهدانه + ۵۰ درصد سیر (کاشت سیاهدانه بر روی پشته و سیر در جوی)، BR25+GF75: ۲۵ درصد سیاهدانه + ۷۵ درصد سیر (کاشت سیاهدانه بر روی پشته و سیر در جوی)، GP100: کشت خالص سیر (کاشت مسطح)، BP75+GP25: ۷۵ درصد سیاهدانه + ۲۵ درصد سیر (کشت مسطح)، BP50+GP50: ۵۰ درصد سیاهدانه + ۵۰ درصد سیر (کشت مسطح)، GRF100: کشت خالص سیر (کشت در جوی و در پشته).

BR75+GR25: 75% black seed + 25% galic (Sowing on ridge), BR50+GR50: 50% black seed + 50% galic (Sowing on ridge), BR25+GR75: 25% black seed + 75% galic (Sowing on ridge), GR100: Sole garlic (Sowing on ridge), BF75+GR25: 75% black seed + 25% galic (Black seed in furrows/garlic on ridges), BF50+GR50: 50% black seed + 50% galic (Black seed in furrows/garlic on ridges), BF25+GR75: 25% black seed + 75% galic (Black seed in furrows/garlic on ridges), BR75+GF25: 75% black seed + 25% galic (Black seed on ridges/garlic in furrows), BR50+GF50: 50% black seed + 50% galic (Black seed on ridges/garlic in furrows), BR25+GF75: 25% black seed + 75% galic (Black seed on ridges/garlic in furrows), GP100: Sole garlic (Black seed on ridges/garlic in furrows), BP75+GP25: 75% black seed + 25% galic (Plane sowing), BP50+GP50: 50% black seed + 50% galic (Plane sowing), BP25+GP75: 25% black seed + 75% galic (Plane sowing), GP100: Sole garlic (Plane sowing), GRF100: Sole garlic (Sowing in furrows and on ridges).

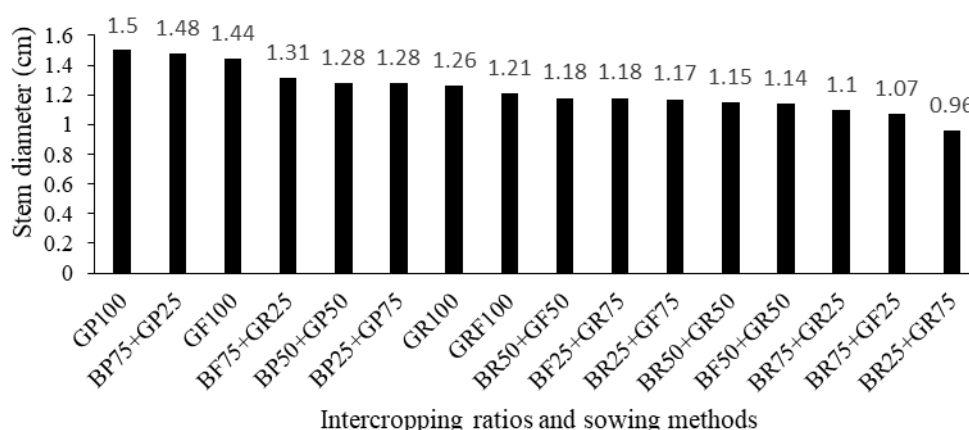
ساقه (۱/۵ سانتی‌متر) مربوط به تیمار GP100 (کشت مسطح خالص سیر) بود که با تیمارهای BP75+GP25 و GF100 تفاوت معنی‌دار نداشت (جدول ۱۱). کاهش تدریجی قطر ساقه در تیمارهای دیگر مشاهده

عرض برگ: نتایج این تحقیق نشان داد که تیمارهای به‌کاررفته در آزمایش، اثر معنی‌داری بر صفت عرض برگ سیر نداشتند (جدول ۴). دامنه تغییرات میانگین عرض برگ در تیمارها از ۲/۰۴ سانتی‌متر در تیمار GF100 (کشت خالص سیر در جوی) تا ۲/۹۰ سانتی‌متر در تیمار BR50+GF50 (۵۰ درصد سیاهدانه روی پشته + ۵۰ درصد سیر در جوی) متغیر بود (شکل ۶). عدم معنی‌دار شدن صفت عرض برگ

قطر ساقه: براساس نتایج حاصل از این تحقیق، اثر تیمارهای آزمایش بر صفت قطر ساقه سیر معنی‌دار گردید (جدول ۴). بررسی نتایج جدول مقایسه میانگین (شکل ۷) نشان داد که بالاترین قطر

ضعیف‌تری نشان دادند. این ممکن است به دلیل توزیع یکنواخت‌تر منابع (آب، نور، مواد مغذی) در کشت مسطح باشد. وجود سیاهدانه به‌ویژه در نسبت‌های بالاتر (۷۵ درصد سیاهدانه) بیشتر با کاهش قطر ساقه سیر همراه بود که نشان‌دهنده رقابت بین گونه‌ای است. سیاهدانه ممکن است با جذب بیشتر منابع یا تولید آلومیکال‌ها بر رشد سیر تأثیر منفی گذاشته باشد. تیمارهای با سیر کشت‌شده در جوی (G_{F100}) قطر ساقه بالاتری نسبت به برخی از تیمارهای پشته‌ای داشتند که شاید به دلیل دسترسی بهتر به رطوبت در جوی‌ها است.

شد، به‌طوری که پایین‌ترین مقدار ($۰/۹۶$ سانتی‌متر) متعلق به تیمار $BR_{25}+GR_{75}$ (۲۵ درصد سیاهدانه + ۷۵ درصد سیر روی پشته) بود که با بالاترین قطر ساقه در تیمار G_{P100} ، ۵۶ درصد تفاوت داشت. تیمارهای با ترکیب مساوی سیاهدانه و سیر مانند $BR_{50}+GF_{50}$ یا $BF_{50}+GR_{50}$ اغلب دارای قطر ساقه کم بودند که نشان‌دهنده تأثیر منفی رقابت بر قطر ساقه است. همچنین الگوی کاشت پشته‌ای در برخی تیمارها مانند GR_{100} یا $BR_{25}+GR_{75}$ نتایج ضعیف‌تری نسبت به کشت مسطح (G_{P100}) نشان داد. از نظر صفت قطر ساقه، کشت مسطح سیر (G_{P100}) بالاترین قطر ساقه را داشت، درحالی که بسیاری از تیمارهای کاشت بر روی پشته (مثل GR_{100} یا $BR_{25}+GR_{75}$) نتایج



شکل ۷- مقایسه میانگین اثر نسبت اختلاط سیر و سیاهدانه و روش کاشت بر قطر ساقه سیر ($LSD= ۰/۲۸۳$)

Fig. 7- Mean comparison of the effect of the intercropping ratios of garlic and black seed and the sowing method on the stem diameter of garlic ($LSD= 0.283$)

میانگین‌هایی که اختلاف آن‌ها از مقدار LSD در سطح ۵ درصد بیشتر باشد، دارای اختلاف معنی‌دار هستند.

Means differing by more than the LSD (5%) are statistically significant.

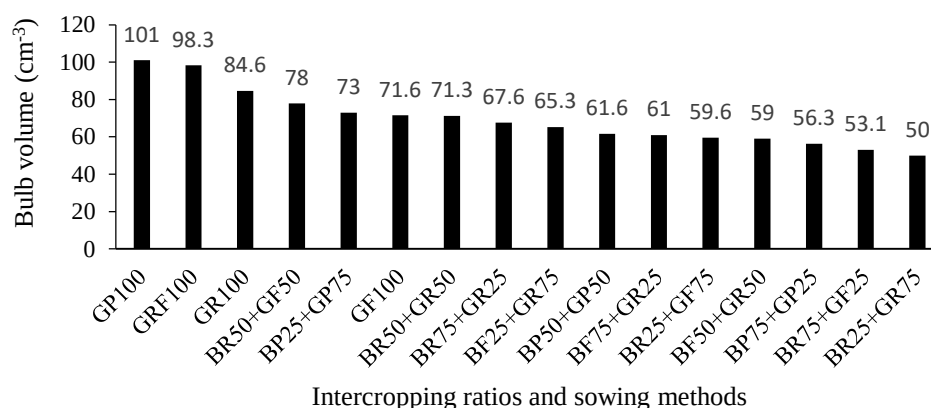
$BR_{75}+GR_{25}$: ۷۵ درصد سیاهدانه + ۲۵ درصد سیر (کاشت بر روی پشته)، $BR_{50}+GR_{50}$: ۵۰ درصد سیاهدانه + ۵۰ درصد سیر (کاشت بر روی پشته)، $BR_{25}+GR_{75}$: ۲۵ درصد سیاهدانه + ۷۵ درصد سیر (کاشت بر روی پشته)، GR_{100} : کشت خالص سیر (کاشت بر روی پشته)، GF_{100} : کشت خالص سیر (کاشت بر روی پشته)، $BF_{75}+GR_{25}$: ۷۵ درصد سیاهدانه + ۲۵ درصد سیر (کاشت سیاهدانه در جوی و سیر بر روی پشته)، $BF_{50}+GR_{50}$: ۵۰ درصد سیاهدانه + ۵۰ درصد سیر (کاشت سیاهدانه در جوی و سیر بر روی پشته)، $BF_{25}+GR_{75}$: ۲۵ درصد سیاهدانه + ۷۵ درصد سیر (کاشت سیاهدانه در جوی و سیر بر روی پشته)، $BR_{75}+GF_{25}$: ۷۵ درصد سیاهدانه + ۲۵ درصد سیر (کاشت سیاهدانه بر روی پشته و سیر در جوی)، $BR_{50}+GF_{50}$: ۵۰ درصد سیاهدانه + ۵۰ درصد سیر (کاشت سیاهدانه بر روی پشته و سیر در جوی)، $BR_{25}+GF_{75}$: ۲۵ درصد سیاهدانه + ۷۵ درصد سیر (کاشت سیاهدانه بر روی پشته و سیر در جوی)، $BP_{75}+GP_{25}$: ۷۵ درصد سیاهدانه + ۲۵ درصد سیر (کشت مسطح)، GP_{100} : کشت خالص سیر (کشت مسطح)، $BP_{50}+GP_{50}$: ۵۰ درصد سیاهدانه + ۵۰ درصد سیر (کشت مسطح)، $BP_{25}+GP_{75}$: ۲۵ درصد سیاهدانه + ۷۵ درصد سیر (کشت مسطح)، GRF_{100} : کشت خالص سیر (کشت در جوی و در پشته).

$BR_{75}+GR_{25}$: 75% black seed + 25% galic (Sowing on ridge), $BR_{50}+GR_{50}$: 50% black seed + 50% galic (Sowing on ridge), $BR_{25}+GR_{75}$: 25% black seed + 75% galic (Sowing on ridge), GR_{100} : Sole garlic (Sowing on ridge), $BF_{75}+GR_{25}$: 75% black seed + 25% galic (Black seed in furrows/garlic on ridges), $BF_{50}+GR_{50}$: 50% black seed + 50% galic (Black seed in furrows/garlic on ridges), $BF_{25}+GR_{75}$: 25% black seed + 75% galic (Black seed in furrows/garlic on ridges), $BR_{75}+GF_{25}$: 75% black seed + 25% galic (Black seed on ridges/garlic in furrows), $BR_{50}+GF_{50}$: 50% black seed + 50% galic (Black seed on ridges/garlic in furrows), $BR_{25}+GF_{75}$: 25% black seed + 75% galic (Black seed on ridges/garlic in furrows), GF_{100} : Sole garlic (Black seed on ridges/garlic in furrows), $BP_{75}+GP_{25}$: 75% black seed + 25% galic (Plane sowing), $BP_{50}+GP_{50}$: 50% black seed + 50% galic (Plane sowing), $BP_{25}+GP_{75}$: 25% black seed + 75% galic (Plane sowing), GP_{100} : Sole garlic (Plane sowing), GRF_{100} : Sole garlic (Sowing in furrows and on ridges).

سیر (۱۰۱ سانتی‌متر مکعب) مربوط به تیمار G_{P100} (کشت مسطح خالص سیر) بود که با تیمار G_{RF100} (کشت خالص سیر در پشته و جوی) با میانگین ۹۸/۳ سانتی‌متر مکعب تفاوت معنی‌داری نداشت (شکل ۸). به‌طور کلی، تیمارهای خالص سیر، حجم پیاز بیشتری نسبت به تیمارهای ترکیبی با سیاهدانه داشتند. از بین اجزای اصلی عملکرد سیر، حجم پیاز مهم‌ترین شاخص فنولوژیک برای شناخت توان عملکردی سیر است (Oliveira et al., 2021). در آزمایشی تحت تأثیر تیمارهای کود زیستی، حجم پیاز سیر از ۱۹۶ تا ۲۶۵ سانتی‌متر مکعب متغیر بود (Rezvani Moghaddam et al., 2015).

تیمارهای ترکیبی مثل $B_{R50}+G_{F50}$ یا $B_{F25}+G_{R75}$ اغلب قطر ساقه کمتری نسبت به تیمارهای خالص سیر داشتند. این تأیید می‌کند که اختلاط با سیاهدانه می‌تواند رشد سیر را محدود کند. کاهش معنی دار قطر ساقه در تیمارهای با نسبت بالای سیاهدانه مثل $B_{R75}+G_{R25}$ یا $B_{R75}+G_{F25}$ نشان‌دهنده حساسیت سیر به رقابت در نسبت‌های نامتعادل است. در آزمایشی، قطر ساقه اکوتیپ همدان ۲/۵ سانتی‌متر گزارش شد و دامنه قطر ساقه در هشت اکوتیپ ایرانی بین ۱/۰۴ تا ۳/۱۱ سانتی‌متر متغیر بود (Akbarpour et al., 2021).

حجم پیاز: براساس نتایج به‌دست‌آمده از این تحقیق، تیمارها اثر معنی‌داری بر حجم پیاز سیر نداشتند (جدول ۴). بالاترین حجم پیاز



شکل ۸- مقایسه میانگین اثر نسبت اختلاط سیر و سیاهدانه و روش کاشت بر حجم پیاز سیر (LSD= ۸/۶۰)

Fig. 8- Mean comparison of the effect of the intercropping ratios of garlic and black seed and the sowing method on the bulb volume of garlic (LSD= 8.60)

میانگین‌هایی که اختلاف آن‌ها از مقدار LSD در سطح ۵ درصد بیشتر باشد، دارای اختلاف معنی‌دار هستند.

Means differing by more than the LSD (5%) are statistically significant.

BR75+GR25: ۷۵ درصد سیاهدانه + ۲۵ درصد سیر (کاشت بر روی پشته)، BR50+GR50: ۵۰ درصد سیاهدانه + ۵۰ درصد سیر (کاشت بر روی پشته)، BR25+GR75: ۲۵ درصد سیاهدانه + ۷۵ درصد سیر (کاشت بر روی پشته)، GR100: کشت خالص سیر (کاشت بر روی پشته)، BF75+GR25: ۷۵ درصد سیاهدانه + ۲۵ درصد سیر (کاشت سیاهدانه در جوی و سیر بر روی پشته)، BF50+GR50: ۵۰ درصد سیاهدانه + ۵۰ درصد سیر (کاشت سیاهدانه در جوی و سیر بر روی پشته)، BF25+GR75: ۲۵ درصد سیاهدانه + ۷۵ درصد سیر (کاشت سیاهدانه در جوی و سیر بر روی پشته و سیر در جوی)، BR50+GF50: ۵۰ درصد سیاهدانه + ۵۰ درصد سیر (کاشت سیاهدانه بر روی پشته و سیر در جوی)، BR25+GF75: ۲۵ درصد سیاهدانه + ۷۵ درصد سیر (کاشت سیاهدانه بر روی پشته و سیر در جوی)، GP100: کشت خالص سیر (کاشت سیر در جوی)، BP75+GP25: ۷۵ درصد سیاهدانه + ۲۵ درصد سیر (کشت مسطح)، GP100: کشت خالص سیر (کشت مسطح)، BP50+GP50: ۵۰ درصد سیاهدانه + ۵۰ درصد سیر (کشت مسطح)، BP25+GP75: ۲۵ درصد سیاهدانه + ۷۵ درصد سیر (کشت مسطح)، GRF100: کشت خالص سیر (کشت در جوی و در پشته).

BR75+GR25: 75% black seed + 25% galic (Sowing on ridge), BR50+GR50: 50% black seed + 50% galic (Sowing on ridge), BR25+GR75: 25% black seed + 75% galic (Sowing on ridge), GR100: Sole garlic (Sowing on ridge), BF75+GR25: 75% black seed + 25% galic (Black seed in furrows/galic on ridges), BF50+GR50: 50% black seed + 50% galic (Black seed in furrows/galic on ridges), BF25+GR75: 25% black seed + 75% galic (Black seed in furrows/galic on ridges), BR75+GF25: 75% black seed + 25% galic (Black seed on ridges/galic in furrows), BR50+GF50: 50% black seed + 50% galic (Black seed on ridges/galic in furrows), BR25+GF75: 25% black seed + 75% galic (Black seed on ridges/galic in furrows), GF100: Sole garlic (Black seed on ridges/galic in furrows), BP75+GP25: 75% black seed + 25% galic (Plane sowing), BP50+GP50: 50% black seed + 50% galic (Plane sowing), BP25+GP75: 25% black seed + 75% galic (Plane sowing), GP100: Sole garlic (Plane sowing), GRF100: Sole garlic (Sowing in furrows and on ridges).

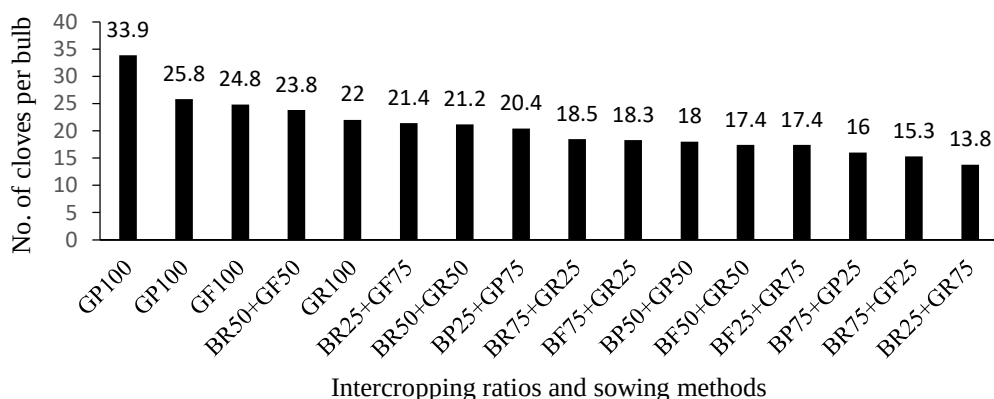
تعداد سیرچه: تعداد سیرچه در پیاز سیر به‌طور معنی‌داری تحت

تأثیر تیمارهای آزمایش قرار گرفت (جدول ۴). بالاترین تعداد سیرچه (۳۳/۹) سیرچه در پیاز) مربوط به تیمار G_{P100} (کشت مسطح خالص سیر) بود که با پایین‌ترین تعداد سیرچه (۱۳/۸) سیرچه در پیاز) که متعلق به تیمار $BR_{25}+GR_{75}$ (۲۵ درصد سیاهدانه + ۷۵ درصد سیر روی پشته) بود، ۱۴۵ درصد تفاوت داشت (شکل ۹). تیمارهای GR_{F100} (با میانگین ۲۵/۸ سیرچه در پیاز) و G_{F100} (با میانگین ۲۵/۸ سیرچه در پیاز) بعد از تیمارهای برتر قرار گرفتند که البته به‌طور معنی‌داری از تیمار برتر پایین‌تر بودند. تیمارهایی با ترکیب ۵۰ درصد سیاهدانه و ۵۰ درصد سیر در الگوهای مختلف کاشت مانند $BR_{50}+GR_{50}$ و $BR_{50}+G_{F50}$ از نظر تعداد سیرچه در حد میانه تیمارها قرار گرفتند. به‌طور کلی، تیمارهای خالص سیر عملکرد بهتری نسبت به تیمارهای ترکیبی داشتند. کشت مسطح خالص سیر (G_{P100}) و در رتبه بعدی کشت سیر در جوی و پشته (GR_{F100}) بالاترین تعداد سیرچه را داشتند. در آزمایشی، بیشترین تعداد سیرچه در کم‌ترین تراکم به دست آمد (Fakhar et al., 2019)، درحالی‌که در این آزمایش، تیمار GR_{F100} (کشت سیر هم در جوی و هم در پشته)، با وجود داشتن بالاترین تراکم در میان تیمارها، در عین حال دارای یکی از بیشترین تعداد سیرچه‌ها در میان تیمارها بود. شاید علت نتایج متفاوت بین دو آزمایش آن باشد که در تیمار GR_{F100} با وجود تراکم بالا به‌علت ایجاد جوی و پشته، سطح خاکی که در معرض تابش نور آفتاب قرار گرفت در مقایسه با کشت مسطح بیشتر بود و از سوی دیگر جداسازی و فاصله فیزیکی بیشتری که بوته‌های سیر با کاشت در جوی و کاشت در پشته پیدا می‌کنند، ممکن است باعث کاهش رقابت میان آن‌ها شده باشد. عملکرد ضعیف‌تر برخی تیمارهای پشته‌ای مانند $BR_{25}+GR_{75}$ ممکن است به‌دلیل آسیب‌پذیری بیشتر سیرچه‌ها در مقابل برخی از تنش‌ها باشد. برای نمونه ممکن است تنش سرما بر پیازهای سیری که بر روی پشته‌ها کشت شدند، آسیب بیشتری نسبت به کشت مسطح وارد سازد، زیرا در کشت بر روی پشته، پیاز سیر هم از سمت بالا و هم از سمت کناره‌های پشته تحت تأثیر تنش سرما و نوسانات دمایی قرار می‌گیرد، ولی در کشت مسطح تنش سرما و نوسانات دمایی فقط از سمت بالا اعمال می‌گردد. همچنین ممکن است بر روی پشته‌ها در مقایسه با کشت مسطح با گذر زمان تجمع نمک‌ها (تنش شوری) و تجمع ترکیبات سمی بیشتر باشد که این باعث تنش به سیرچه‌ها خواهد شد. تیمارهای خالص

سیر به‌طور معنی‌داری بهتر از تیمارهای ترکیبی عمل کردند که نشان‌دهنده حساسیت سیر به رقابت با سیاهدانه است. در پژوهشی، بالاترین تعداد سیرچه در پیاز سیر (۴۸/۷) با کاربرد کودهای زیستی و ریزمغذی‌ها به دست آمد (Kumar et al., 2025). همچنین در آزمایش صورت‌گرفته در رامهرمز خوزستان، تعداد سیرچه در پیاز سیر تحت تأثیر مدیریت تغذیه‌ای و مواد آلی ۲۹/۹ و با مهار علف‌های هرز ۲۸/۵ گزارش گردید (Zahedipour et al., 2023).

وزن پیاز سیر: براساس نتایج حاصل از این پژوهش، اثر تیمارها

بر وزن پیاز سیر معنی‌دار بود (جدول ۵). نتایج مقایسه میانگین تیمارها نشان داد که بالاترین وزن پیاز سیر در تیمارهای کشت مسطح خالص سیر (G_{P100}) و کشت خالص سیر در جوی و پشته (GR_{F100}) بدون اختلاف معنی‌دار بین آن‌ها مشاهده شد. پس از این دو تیمار، تیمار کشت خالص سیر بر روی پشته (GR_{100}) قرار گرفت (شکل ۱۰). با کاهش نسبت سیر در نسبت اختلاط و تغییر الگوی کاشت از سطح به سایر الگوهای کاشت، وزن پیاز سیر به‌طور کلی کاهش یافت. کم‌ترین وزن پیاز سیر در تیمار $BR_{25}+GR_{75}$ (کشت هر دو گیاه روی پشته با نسبت ۲۵ درصد سیاهدانه - ۷۵ درصد سیر) مشاهده شد که نسبت به تیمار G_{P100} که بالاترین وزن پیاز سیر را داشت، ۷۳ درصد اختلاف داشت. نتایج نشان داد که کشت خالص سیر (چه در شرایط مسطح و چه در پشته و جوی) بیشترین وزن پیاز را تولید کرد. در آزمایشی با افزایش تراکم سیر در واحد سطح، عملکرد سیر در واحد سطح افزایش یافت، ولی بین وزن پیاز با عملکرد پیاز همبستگی منفی مشاهده شد (Fakhar et al., 2019). به عبارت دیگر، افزایش تراکم و رقابت درون‌گونه‌ای باعث کاهش وزن پیاز سیر شد، ولی افزایش عملکرد ناشی از افزایش بوته در واحد سطح به اندازه‌ای بوده است که نه‌تنها باعث جبران کاهش وزن پیاز سیر شد، بلکه در نهایت افزایش عملکرد در واحد سطح را به دنبال داشت. پیشنهاد می‌شود در آزمایشات آینده، نوسانات دمایی در سطح خاک در الگوهای مختلف کاشت و میزان همبستگی آن با وزن پیاز در گیاه سیر مورد بررسی قرار گیرد. در پژوهشی با کاربرد ریزمغذی‌ها و کودهای زیستی، بیشترین وزن پیاز سیر ۳۵/۵ گرم گزارش شد (Kumar et al., 2025). در پژوهشی تحت تأثیر مهار علف‌های هرز، وزن پیاز سیر ۲۸/۰ گرم و با مدیریت مواد آلی و عناصر غذایی ۲۹/۹ گرم گزارش شد (Zahedipour et al., 2023).



شکل ۹- مقایسه میانگین اثر نسبت اختلاط سیر و سیاهدانه و روش کاشت بر تعداد سیرچه در پیاز سیر

Fig. 9- Mean comparison of the effect of the intercropping ratios of garlic and black seed and the sowing method on the number of cloves per bulb of garlic (LSD= 5.83)

میانگین‌هایی که اختلاف آن‌ها از مقدار LSD در سطح ۵ درصد بیشتر باشد، دارای اختلاف معنی‌دار هستند.

Means differing by more than the LSD (5%) are statistically significant.

BR75+GR25: ۷۵ درصد سیاهدانه + ۲۵ درصد سیر (کاشت بر روی پشته)، BR50+GR50: ۵۰ درصد سیاهدانه + ۵۰ درصد سیر (کاشت بر روی پشته)، BR25+GR75: ۲۵ درصد سیاهدانه + ۷۵ درصد سیر (کاشت بر روی پشته)، GF100: کشت خالص سیر (کاشت بر روی پشته)، BF75+GR25: ۷۵ درصد سیاهدانه + ۲۵ درصد سیر (کاشت بر روی پشته)، BF50+GR50: ۵۰ درصد سیاهدانه + ۵۰ درصد سیر (کاشت بر روی پشته)، BF25+GR75: ۲۵ درصد سیاهدانه + ۷۵ درصد سیر (کاشت بر روی پشته)، BR75+GF25: ۷۵ درصد سیاهدانه + ۲۵ درصد سیر (کاشت سیاهدانه در جوی و سیر بر روی پشته)، BR50+GF50: ۵۰ درصد سیاهدانه + ۵۰ درصد سیر (کاشت سیاهدانه در جوی و سیر بر روی پشته)، BR25+GF75: ۲۵ درصد سیاهدانه + ۷۵ درصد سیر (کاشت سیاهدانه در جوی و سیر بر روی پشته)، GP100: کشت خالص سیر (کشت مسطح)، BP75+GP25: ۷۵ درصد سیاهدانه + ۲۵ درصد سیر (کشت مسطح)، BP50+GP50: ۵۰ درصد سیاهدانه + ۵۰ درصد سیر (کشت مسطح)، GRF100: کشت خالص سیر (کشت در جوی و در پشته).

BR75+GR25: 75% black seed + 25% galic (Sowing on ridge), BR50+GR50: 50% black seed + 50% galic (Sowing on ridge), BR25+GR75: 25% black seed + 75% galic (Sowing on ridge), GR100: Sole garlic (Sowing on ridge), BF75+GR25: 75% black seed + 25% galic (Black seed in furrows/garlic on ridges), BF50+GR50: 50% black seed + 50% galic (Black seed in furrows/garlic on ridges), BF25+GR75: 25% black seed + 75% galic (Black seed in furrows/garlic on ridges), BR75+GF25: 75% black seed + 25% galic (Black seed on ridges/garlic in furrows), BR50+GF50: 50% black seed + 50% galic (Black seed on ridges/garlic in furrows), BR25+GF75: 25% black seed + 75% galic (Black seed on ridges/garlic in furrows), GF100: Sole garlic (Black seed on ridges/garlic in furrows), BP75+GP25: 75% black seed + 25% galic (Plane sowing), BP50+GP50: 50% black seed + 50% galic (Plane sowing), BP25+GP75: 25% black seed + 75% galic (Plane sowing), GP100: Sole garlic (Plane sowing), GRF100: Sole garlic (Sowing in furrows and on ridges).

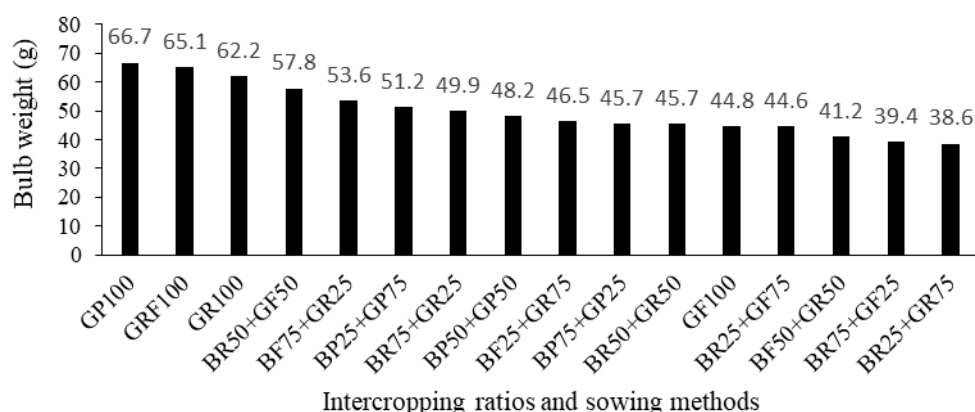
جدول ۵- آنالیز واریانس صفات آزمایشی سیر

Table 5- Analysis of variance for the traits examined in garlic

منابع تغییر S.O.V	درجه آزادی d.f	میانگین مربعات Mean of squares			
		وزن پیاز سیر Bulb weight	طول سیرچه Clove length	قطر سیرچه Clove diameter	عملکرد سیر Garlic yeild
تکرار Replication	2	92.0 ^{ns}	0.051 ^{ns}	0.197*	142148 ^{ns}
تیمار Treatment	15	231**	0.051**	0.079 ^{ns}	39006895**
خطا Error	30	29.2	0.018	0.045	253784
ضریب تغییرات (%) CV (%)		10.8	5.28	11.2	8.81

^{ns}, ** و *: به ترتیب غیرمعنی‌دار، معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد و معنی‌دار در سطح احتمال یک و پنج درصد

ns, * and ** respectively indicate significance at 1%, 5% level and non-significance.



شکل ۱۰- مقایسه میانگین اثر نسبت اختلاط سیر و سیاهدانه و روش کاشت بر وزن پیاز سیر (LSD= ۹/۰۲)

Fig. 10- Mean comparison of the effect of the intercropping ratios of garlic and black seed and the sowing method on the bulb weight of garlic (LSD= 9.02)

میانگین‌هایی که اختلاف آن‌ها از مقدار LSD در سطح ۵ درصد بیشتر باشد، دارای اختلاف معنی‌دار هستند.

Means differing by more than the LSD (5%) are statistically significant.

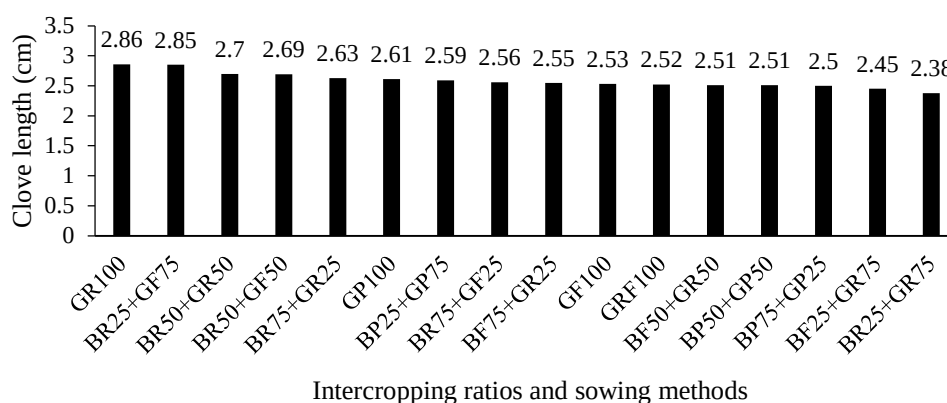
BR75+GR25: ۷۵ درصد سیاهدانه + ۲۵ درصد سیر (کاشت بر روی پشته)، BR50+GR50: ۵۰ درصد سیاهدانه + ۵۰ درصد سیر (کاشت بر روی پشته)، BR25+GR75: ۲۵ درصد سیاهدانه + ۷۵ درصد سیر (کاشت بر روی پشته)، GR100: کشت خالص سیر (کاشت بر روی پشته)، BF75+GR25: ۷۵ درصد سیاهدانه + ۲۵ درصد سیر (کاشت بر روی پشته)، BF50+GR50: ۵۰ درصد سیاهدانه + ۵۰ درصد سیر (کاشت بر روی پشته)، BF25+GR75: ۲۵ درصد سیاهدانه + ۷۵ درصد سیر (کاشت بر روی پشته)، BR75+GF25: ۷۵ درصد سیاهدانه + ۲۵ درصد سیر (کاشت سیاهدانه بر روی پشته و سیر در جوی)، BR50+GF50: ۵۰ درصد سیاهدانه + ۵۰ درصد سیر (کاشت سیاهدانه بر روی پشته و سیر در جوی)، BR25+GF75: ۲۵ درصد سیاهدانه + ۷۵ درصد سیر (کاشت سیاهدانه بر روی پشته و سیر در جوی)، GF100: کشت خالص سیر (کاشت سیاهدانه بر روی پشته و سیر در جوی)، BP75+GP25: ۷۵ درصد سیاهدانه + ۲۵ درصد سیر (کشت مسطح)، GP100: کشت خالص سیر (کشت مسطح)، BP50+GP50: ۵۰ درصد سیاهدانه + ۵۰ درصد سیر (کشت مسطح)، BR25+GP75: ۲۵ درصد سیاهدانه + ۷۵ درصد سیر (کشت مسطح)، GP100: کشت خالص سیر (کشت مسطح)، GRF100: کشت مسطح، (کشت در جوی و در پشته).

BR75+GR25: 75% black seed + 25% galic (Sowing on ridge), BR50+GR50: 50% black seed + 50% galic (Sowing on ridge), BR25+GR75: 25% black seed + 75% galic (Sowing on ridge), GR100: Sole garlic (Sowing on ridge), BF75+GR25: 75% black seed + 25% galic (Black seed in furrows/garlic on ridges), BF50+GR50: 50% black seed + 50% galic (Black seed in furrows/garlic on ridges), BF25+GR75: 25% black seed + 75% galic (Black seed in furrows/garlic on ridges), BR75+GF25: 75% black seed + 25% galic (Black seed on ridges/garlic in furrows), BR50+GF50: 50% black seed + 50% galic (Black seed on ridges/garlic in furrows), BR25+GF75: 25% black seed + 75% galic (Black seed on ridges/garlic in furrows), GF100: Sole garlic (Black seed on ridges/garlic in furrows), BP75+GP25: 75% black seed + 25% galic (Plane sowing), BP50+GP50: 50% black seed + 50% galic (Plane sowing), BP25+GP75: 25% black seed + 75% galic (Plane sowing), GP100: Sole garlic (Plane sowing), GRF100: Sole garlic (Sowing in furrows and on ridges).

باشد. در تأیید این مطلب مشاهده شد که در کشت خالص سیر در شرایط مسطح (GP100) و کشت در جوی و پشته (GRF100) طول سیرچه کمتری نسبت به GR100 (کشت خالص سیر روی پشته) وجود داشت. وجه تمایز مشترک تیمارهای مذکور با GR100 وجود کشت سیر در درون جوی بود که دسترسی به نور را سخت‌تر می‌ساخت. تیمار BR25+GF75 (کشت مخلوط با نسبت ۲۵ درصد سیاهدانه + ۷۵ درصد سیر در الگوی کاشت سیاهدانه روی پشته و سیر در جوی) عملکردی نزدیک به کشت خالص سیر داشت. این نتایج نشان می‌دهد که کاهش نسبت سیاهدانه و انتخاب الگوی مناسب کاشت می‌تواند رقابت بین دو گیاه را به حداقل برساند. با توجه به روند مقایسه میانگین‌ها در یک نتیجه‌گیری کلی می‌توان بیان داشت که

طول سیرچه: نتایج این تحقیق نشان داد که طول سیرچه به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر تیمارهای آزمایش قرار گرفت (جدول ۵). براساس نتایج مقایسه میانگین (شکل ۱۱)، بالاترین طول سیرچه در تیمار کشت خالص سیر بر روی پشته (GR100) مشاهده شد و در رتبه‌های بعدی به‌ترتیب تیمارهای BR25+GF75، BR50+GR50 و BR25+GF50 قرار گرفتند. کم‌ترین طول سیرچه در تیمار BR25+GR75 ثبت شد که نسبت به تیمار GR100 که بالاترین طول سیرچه را داشت ۲۰ درصد تفاوت نشان داد. تیمار GR100 (کشت خالص سیر روی پشته) بیشترین طول سیرچه را داشت که شاید به‌علت دسترسی آسان‌تر به نور نسبت به کشت مسطح باشد که باعث می‌شود میزان فرآورده‌های فتوسنتزی بیشتری در حین تشکیل سیرچه‌ها در دسترس

نسبت‌های بالای سیاهدانه (درصد ۵۰ و ۷۵ درصد) به‌ویژه در الگوهای نامناسب (مانند کشت هر دو گیاه روی پشته) طول سیرچه را کاهش دادند. در آزمایشی، ویژگی‌های ۲۰ ژنوتیپ سیر مورد ارزیابی قرار گرفت و حداکثر، حداقل و میانگین طول سیرچه به‌ترتیب ۲/۹، ۱/۴۰ و ۱/۹۴ سانتی‌متر بود (Kaur et al., 2025). در پژوهشی دیگر هفت ژنوتیپ سیر مورد بررسی قرار گرفتند و حداکثر، حداقل و میانگین طول سیرچه‌ها به‌ترتیب ۲/۲۶، ۰/۹۴ و ۱/۴۰ سانتی‌متر بود (Fufa et al., 2025).



شکل ۱۱- مقایسه میانگین اثر نسبت اختلاط سیر و سیاهدانه و روش کاشت بر طول سیرچه (LSD= ۰/۲۲۸)

Fig. 11- Mean comparison of the effect of the intercropping ratios of garlic and black seed and the sowing method on the clove length of garlic (LSD= 0.228)

میانگین‌هایی که اختلاف آن‌ها از مقدار LSD در سطح ۵ درصد بیشتر باشد، دارای اختلاف معنی‌دار هستند.

Means differing by more than the LSD (5%) are statistically significant.

BR75+GR25: ۷۵ درصد سیاهدانه + ۲۵ درصد سیر (کاشت بر روی پشته)، BR50+GR50: ۵۰ درصد سیاهدانه + ۵۰ درصد سیر (کاشت بر روی پشته)، BR25+GR75: ۲۵ درصد سیاهدانه + ۷۵ درصد سیر (کاشت بر روی پشته)، GR100: کشت خالص سیر (کاشت بر روی پشته)، BF75+GR25: ۷۵ درصد سیاهدانه + ۲۵ درصد سیر (کاشت سیاهدانه در جوی و سیر بر روی پشته)، BF50+GR50: ۵۰ درصد سیاهدانه + ۵۰ درصد سیر (کاشت سیاهدانه در جوی و سیر بر روی پشته)، BF25+GR75: ۲۵ درصد سیاهدانه + ۷۵ درصد سیر (کاشت سیاهدانه در جوی و سیر بر روی پشته)، BR75+GF25: ۷۵ درصد سیاهدانه + ۲۵ درصد سیر (کاشت سیاهدانه بر روی پشته و سیر در جوی)، BR50+GF50: ۵۰ درصد سیاهدانه + ۵۰ درصد سیر (کاشت سیاهدانه بر روی پشته و سیر در جوی)، BR25+GF75: ۲۵ درصد سیاهدانه + ۷۵ درصد سیر (کاشت سیاهدانه بر روی پشته و سیر در جوی)، GF100: کشت خالص سیر (کاشت سیر در جوی)، BP75+GP25: ۷۵ درصد سیاهدانه + ۲۵ درصد سیر (کشت مسطح)، BP50+GP50: ۵۰ درصد سیاهدانه + ۵۰ درصد سیر (کشت مسطح)، BP25+GP75: ۲۵ درصد سیاهدانه + ۷۵ درصد سیر (کشت مسطح)، GP100: کشت خالص سیر (کشت مسطح)، GRF100: کشت خالص سیر (کشت در جوی و در پشته).

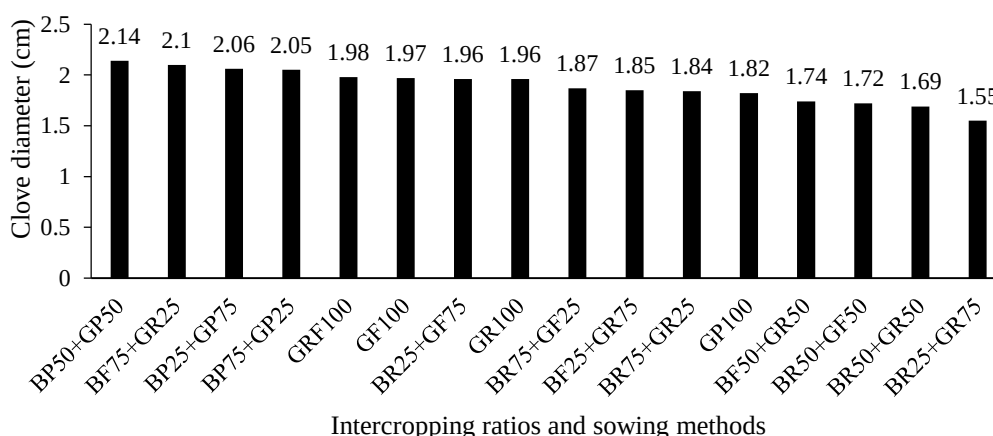
BR75+GR25: 75% black seed + 25% galic (Sowing on ridge), BR50+GR50: 50% black seed + 50% galic (Sowing on ridge), BR25+GR75: 25% black seed + 75% galic (Sowing on ridge), GR100: Sole garlic (Sowing on ridge), BF75+GR25: 75% black seed + 25% galic (Black seed in furrows/garlic on ridges), BF50+GR50: 50% black seed + 50% galic (Black seed in furrows/garlic on ridges), BF25+GR75: 25% black seed + 75% galic (Black seed in furrows/garlic on ridges), BR75+GF25: 75% black seed + 25% galic (Black seed on ridges/garlic in furrows), BR50+GF50: 50% black seed + 50% galic (Black seed on ridges/garlic in furrows), BR25+GF75: 25% black seed + 75% galic (Black seed on ridges/garlic in furrows), GF100: Sole garlic (Black seed on ridges/garlic in furrows), BP75+GP25: 75% black seed + 25% galic (Plane sowing), BP50+GP50: 50% black seed + 50% galic (Plane sowing), BP25+GP75: 25% black seed + 75% galic (Plane sowing), GP100: Sole garlic (Plane sowing), GRF100: Sole garlic (Sowing in furrows and on ridges).

تغییرات کم بین تیمارها (از ۱/۵۵ تا ۲/۱۴ سانتی‌متر) نشان می‌دهد که این صفت از حساسیت کمتری نسبت به سایر صفات (مانند وزن پیاز) برخوردار است. هر چند تفاوت میان تیمارها از نظر آماری معنی‌دار نشد، ولی روند مقایسه میانگین‌ها (شکل ۱۲) نشان داد که کشت‌های مسطح (BP₇₅+GP₂₅ و BP₂₅+GP₇₅، BP₅₀+GP₅₀) قطر سیرچه

قطر سیرچه: نتایج آنالیز واریانس مشخص نمود که تیمارهای آزمایش اثر معنی‌دار بر قطر سیرچه نداشتند (جدول ۵). عدم معنی‌داری تحت تأثیر نسبت‌های اختلاط و الگوهای کاشت، ممکن است به این دلیل باشد که قطر سیرچه یک صفت به نسبت پایدار است که کمتر تحت تأثیر شرایط محیطی و رقابتی قرار می‌گیرد. دامنه

دیگر، ۲۰ ژنوتیپ سیر مورد بررسی قرار گرفتند و بیشترین، کم‌ترین و میانگین قطر سیرچه به ترتیب ۱/۳۴، ۰/۷۰ و ۰/۹۷ بود (Fufa et al., 2025).

بالا‌تری داشتند که ممکن است نشان‌دهنده تأثیر مثبت یکنواختی توزیع رطوبت در این سیستم باشد. نتیجه آزمایش روی هفت رقم سیر نشان داد که در بین آن‌ها بیشترین، کم‌ترین و میانگین قطر سیرچه به ترتیب ۲/۱۵، ۱/۱۷ و ۱/۴۶ بود (Kaur et al., 2025). در پژوهشی



شکل ۱۲- مقایسه میانگین اثر نسبت اختلاط سیر و سیاهدانه و روش کاشت بر قطر سیرچه (LSD= ۰/۳۴۵)

Fig. 12- Mean comparison of the effect of the intercropping ratios of garlic and black seed and the sowing method on the clove diameter of garlic (LSD= 0.354)

میانگین‌هایی که اختلاف آن‌ها از مقدار LSD در سطح ۵ درصد بیشتر باشد، دارای اختلاف معنی‌دار هستند.

Means differing by more than the LSD (5%) are statistically significant.

BR75+GR25: ۷۵ درصد سیاهدانه + ۲۵ درصد سیر (کاشت بر روی پشته)، BR50+GR50: ۵۰ درصد سیاهدانه + ۵۰ درصد سیر (کاشت بر روی پشته)، BR25+GR75: ۲۵ درصد سیاهدانه + ۷۵ درصد سیر (کاشت بر روی پشته)، BF75+GR25: ۷۵ درصد سیاهدانه + ۲۵ درصد سیر (کاشت بر روی پشته)، BF50+GR50: ۵۰ درصد سیاهدانه + ۵۰ درصد سیر (کاشت بر روی پشته)، BF25+GR75: ۲۵ درصد سیاهدانه + ۷۵ درصد سیر (کاشت بر روی پشته)، BR75+GF25: ۷۵ درصد سیاهدانه + ۲۵ درصد سیر (کاشت سیاهدانه در جوی و سیر بر روی پشته)، BR50+GF50: ۵۰ درصد سیاهدانه + ۵۰ درصد سیر (کاشت سیاهدانه در جوی و سیر بر روی پشته)، BR25+GF75: ۲۵ درصد سیاهدانه + ۷۵ درصد سیر (کاشت سیاهدانه بر روی پشته و سیر در جوی)، GF100: کشت خالص سیر (کاشت سیر در جوی)، BP75+GP25: ۷۵ درصد سیاهدانه + ۲۵ درصد سیر (کشت مسطح)، GP100: کشت خالص سیر (کشت مسطح)، BP50+GP50: ۵۰ درصد سیاهدانه + ۵۰ درصد سیر (کشت مسطح)، BP25+GP75: ۲۵ درصد سیاهدانه + ۷۵ درصد سیر (کشت مسطح)، GRF100: کشت خالص سیر (کشت در جوی و در پشته).

BR75+GR25: 75% black seed + 25% galic (Sowing on ridge), BR50+GR50: 50% black seed + 50% galic (Sowing on ridge), BR25+GR75: 25% black seed + 75% galic (Sowing on ridge), GR100: Sole garlic (Sowing on ridge), BF75+GR25: 75% black seed + 25% galic (Black seed in furrows/garlic on ridges), BF50+GR50: 50% black seed + 50% galic (Black seed in furrows/garlic on ridges), BF25+GR75: 25% black seed + 75% galic (Black seed in furrows/garlic on ridges), BR75+GF25: 75% black seed + 25% galic (Black seed on ridges/garlic in furrows), BR50+GF50: 50% black seed + 50% galic (Black seed on ridges/garlic in furrows), BR25+GF75: 25% black seed + 75% galic (Black seed on ridges/garlic in furrows), GF100: Sole garlic (Black seed on ridges/garlic in furrows), BP75+GP25: 75% black seed + 25% galic (Plane sowing), BP50+GP50: 50% black seed + 50% galic (Plane sowing), BP25+GP75: 25% black seed + 75% galic (Plane sowing), GP100: Sole garlic (Plane sowing), GRF100: Sole garlic (Sowing in furrows and on ridges).

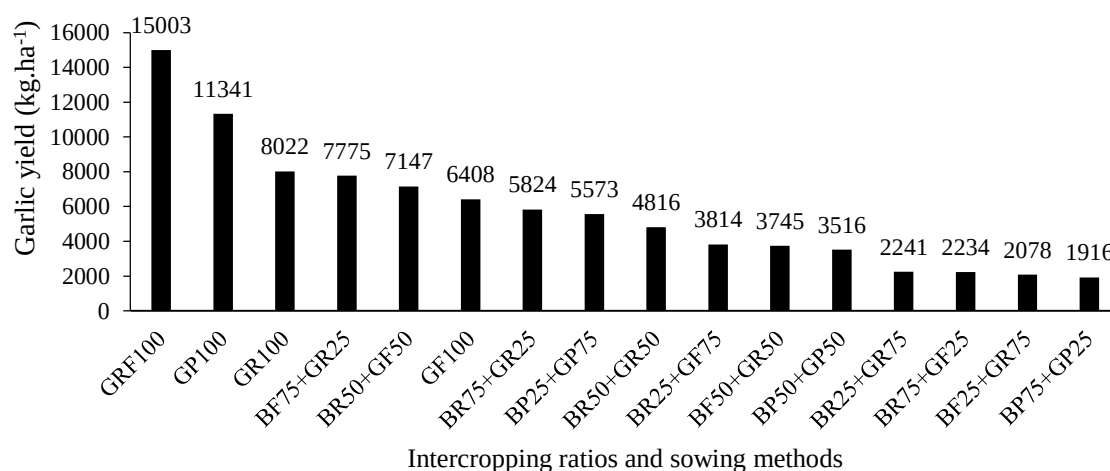
و کشت خالص سیر بر روی پشته (GR100) در مرتبه‌های بعدی قرار گرفتند (شکل ۱۳). با کاهش نسبت سیر در کشت مخلوط، عملکرد آن کاهش یافت. در نسبت ۷۵ درصد سیر + ۲۵ درصد سیاهدانه، عملکرد سیر بین ۵۵۷۳ تا ۷۱۴۷ کیلوگرم در هکتار متغیر بود که بسته به روش کاشت (پشته، مسطح یا جوی) تفاوت معنی‌داری نشان داد.

عملکرد سیر: نتایج تحقیق حاضر نشان داد که اثر تیمارهای آزمایش بر عملکرد سیر معنی‌دار گردید (جدول ۵). بالاترین عملکرد مربوط به کشت خالص سیر در جوی و پشته (GRF100) با میانگین ۱۵۰۰۳ کیلوگرم در هکتار بود. همچنین به ترتیب تیمارهای کشت مسطح خالص سیر (GP100) و یا کشت خالص سیر در جوی (GF100)

در این گروه، تیمار $Br_{25}+Gr_{75}$ (هر دو گیاه بر روی پشته) بیشترین عملکرد را داشت. در نسبت ۵۰ درصد سیر + ۵۰ درصد سیاهدانه، عملکرد سیر به‌طور قابل توجهی کاهش یافت و بین ۳۵۱۶ تا ۴۸۱۶ کیلوگرم در هکتار ثبت شد. کم‌ترین عملکرد سیر در نسبت ۲۵ درصد سیر + ۷۵ درصد سیاهدانه مشاهده شد که در تمام روش‌های کاشت به‌طور میانگین کمتر از ۲۳۰۰ کیلوگرم در هکتار بود. بین بالاترین عملکرد در تیمار Gr_{100} و کمترین عملکرد در تیمار $Br_{75}+Gr_{25}$ ، ۷۸۳ درصد تفاوت وجود داشت. شاید یکی از دلایل عمده بالاتر بودن عملکرد در تیمار کشت خالص سیر (به‌ویژه در سیستم کاشت هم درون جوی و روی پشته)، افزایش دو برابری تراکم بوته در واحد سطح به‌واسطه کشت هم‌زمان بوته‌های سیر، هم در جوی و هم در پشته‌ها بود. این موضوع نشان‌دهنده آن است که شاید سیر به‌واسطه شاخص سطح برگ پایین، تاب‌آوری بیشتر برای افزایش تراکم در واحد سطح را دارا باشد. در پژوهشی، هفت فاصله کاشت (تراکم) در سیر مورد بررسی قرار گرفت و بالاترین عملکرد سیر در کم‌ترین فاصله کاشت (بالاترین تراکم) به دست آمد (Fakhar et al., 2019). بعد از کشت‌های خالص، روش کاشت هر دو گیاه بر روی پشته ($Br_{25}+Gr_{75}$) نسبت به سایر روش‌های کشت مخلوط عملکرد بهتری نشان داد که احتمال دارد به‌دلیل توزیع مناسب‌تر فضا برای رشد بیشتر ریشه و کاهش رقابت باشد. در آزمایشی کشت مخلوط دو رقم سیر (بلدی و Sids-40) با باقلا (*Vicia faba* L.) با سه روش مختلف شامل کاشت سیر بر روی پشته به‌صورت متناوب با باقلا، کاشت سیر در سمت جنوبی خطوط به‌صورت متناوب با باقلا و کاشت سیر در سمت شمالی خطوط به‌صورت متناوب با باقلا مورد بررسی قرار گرفت. بالاترین عملکرد سیر (به‌ویژه رقم بلدی)، بیشترین کاهش جمعیت آفات و بالاترین نسبت برابری زمین و درآمد خالص در تیمار کاشت سیر روی خطوط بالایی مشاهده شد (Elshamy & Abd El-Aty, 2021). در پژوهشی تحت تأثیر سطوح آبیاری و کاربرد ورمی کمپوست، بالاترین و کم‌ترین عملکرد سیر به‌ترتیب ۵۰۸۰ و ۱۵۲۰ کیلوگرم در هکتار حاصل شد (Ahmadian et al., 2018). در بررسی دیگر تحت تأثیر مدیریت تغذیه‌ای و مواد آلی، عملکرد سیر ۱۴۸۵ گرم در متر مربع و با مهار علف هرز ۱۳۹۱ گرم در متر مربع گزارش گردید (Zahedipour et al., 2023). در ارزیابی ۱۸ توده محلی سیر ایرانی، بالاترین عملکرد در توده سولان (۱۲۰۹۰ کیلوگرم در هکتار) و

کم‌ترین عملکرد در توده رامهرمز (۲۰۵۹ کیلوگرم در هکتار) مشاهده گردید (Alemkhomaram et al., 2019). در آزمایشی اثر سطوح مختلف کود نیتروژن و گوگرد بر گیاه سیر مورد ارزیابی قرار گرفت و بالاترین و کم‌ترین عملکرد سیر به‌ترتیب ۱۴۵۸۳ و ۷۱۴۸ کیلوگرم در هکتار گزارش شد (Seilsepour, 2021). در ارزیابی ۲۰ ژنوتیپ سیر بالاترین، کم‌ترین و میانگین عملکرد سیر به‌ترتیب ۱۱/۳، ۳/۲۳ و ۶/۶۱ تن در هکتار به دست آمد (Fufa et al., 2025).

نسبت برابری زمین (LER): طبق نتایج این تحقیق، تیمارها اثر معنی‌داری بر نسبت برابری زمین داشتند (جدول ۶). مقایسه میانگین‌های LER برای عملکرد دانه سیاهدانه (شکل ۱۴) نشان داد که تیمار $Br_{75}+Gr_{25}$ با میانگین ۰/۷۲۲ دارای بالاترین نسبت برابری زمین برای عملکرد دانه سیاهدانه بود. این تیمار که شامل کشت ۷۵ درصد سیاهدانه روی پشته و ۲۵ درصد سیر در جوی بود، به‌طور معنی‌داری نسبت به سایر تیمارها بهتر عمل کرد. تیمارهای $B_{p75}+G_{p25}$ (۰/۶۵۹) و $B_{r50}+G_{f50}$ (۰/۶۰۲) نیز نسبت برابری زمین به‌نسبت خوبی داشتند. در مقابل، تیمار $Br_{25}+Gr_{75}$ با میانگین ۰/۱۳۲ کم‌ترین نسبت برابری زمین را نشان داد. برای عملکرد سیر، تیمار $Br_{25}+Gr_{75}$ با میانگین ۰/۹۲۳ بهترین نسبت برابری زمین را داشت (شکل ۱۵). این تیمار شامل کشت ۲۵ درصد سیاهدانه و ۷۵ درصد سیر روی پشته بود. تیمارهای $B_{f25}+Gr_{75}$ (۰/۷۱۶) و $Br_{25}+Gr_{f75}$ (۰/۷۰۷) نیز نسبت برابری زمین مناسبی نشان دادند. کم‌ترین نسبت برابری زمین سیر مربوط به تیمار $B_{p75}+G_{p25}$ با میانگین ۰/۱۹۸ بود. برای کل کشت مخلوط سیر و سیاهدانه، نسبت برابری زمین بیشتر از یک در چندین تیمار نشان‌دهنده مزیت کشت مخلوط نسبت به کشت خالص است (شکل ۱۶). ارزیابی نسبت برابری زمین کل در کشت مخلوط سیر و سیاهدانه نشان داد که تیمارهای $B_{r50}+G_{f50}$ (۱/۲۱) و $Br_{25}+Gr_{75}$ (۱/۱۹) بالاترین نسبت برابری زمین کل را داشتند و به‌ترتیب ۲۱ و ۱۹ درصد باعث افزایش عملکرد شده‌اند، این نتایج نشان داد که این تیمارها از کارایی بالایی در استفاده از زمین برخوردار بودند. در مقابل، تیمار $B_{p50}+G_{p50}$ با نسبت برابری زمین ۰/۷۴۱، کم‌ترین نسبت برابری زمین را داشت. نتایج نشان داد که روش کاشت تأثیر قابل توجهی بر نسبت برابری زمین هر دو گیاه داشت.



شکل ۱۳- مقایسه میانگین اثر نسبت اختلاط سیر و سیاهدانه و روش کاشت بر عملکرد سیر (LSD= ۸۴۰)
Fig. 13- Mean comparison of the effect of the intercropping ratios of garlic and black seed and the sowing method on the garlic yield of garlic (LSD= 840)

میانگین‌هایی که اختلاف آن‌ها از مقدار LSD در سطح ۵ درصد بیشتر باشد، دارای اختلاف معنی‌دار هستند.

Means differing by more than the LSD (5%) are statistically significant.

BR75+GR25: ۷۵ درصد سیاهدانه + ۲۵ درصد سیر (کاشت بر روی پشته)، BR50+GR50: ۵۰ درصد سیاهدانه + ۵۰ درصد سیر (کاشت بر روی پشته)، BR25+GR75: ۲۵ درصد سیاهدانه + ۷۵ درصد سیر (کاشت بر روی پشته)، GR100: کشت خالص سیر (کاشت بر روی پشته)، BF75+GR25: ۷۵ درصد سیاهدانه + ۲۵ درصد سیر (کاشت سیاهدانه در جوی و سیر بر روی پشته)، BF50+GR50: ۵۰ درصد سیاهدانه + ۵۰ درصد سیر (کاشت سیاهدانه در جوی و سیر بر روی پشته)، BF25+GR75: ۲۵ درصد سیاهدانه + ۷۵ درصد سیر (کاشت سیاهدانه در جوی و سیر بر روی پشته)، BR75+GF25: ۷۵ درصد سیاهدانه + ۲۵ درصد سیر (کاشت سیاهدانه بر روی پشته و سیر در جوی)، BR50+GF50: ۵۰ درصد سیاهدانه + ۵۰ درصد سیر (کاشت سیاهدانه بر روی پشته و سیر در جوی)، BR25+GF75: ۲۵ درصد سیاهدانه + ۷۵ درصد سیر (کاشت سیاهدانه بر روی پشته و سیر در جوی)، GF100: کشت خالص سیر (کاشت سیر در جوی)، BP75+GP25: ۷۵ درصد سیاهدانه + ۲۵ درصد سیر (کشت مسطح)، BP50+GP50: ۵۰ درصد سیاهدانه + ۵۰ درصد سیر (کشت مسطح)، BP25+GP75: ۲۵ درصد سیاهدانه + ۷۵ درصد سیر (کشت مسطح)، GP100: کشت خالص سیر (کشت مسطح)، GRF100: کشت خالص سیر (کشت در جوی و در پشته).

BR75+GR25: 75% black seed + 25% galic (Sowing on ridge), BR50+GR50: 50% black seed + 50% galic (Sowing on ridge), BR25+GR75: 25% black seed + 75% galic (Sowing on ridge), GR100: Sole garlic (Sowing on ridge), BF75+GR25: 75% black seed + 25% galic (Black seed in furrows/garlic on ridges), BF50+GR50: 50% black seed + 50% galic (Black seed in furrows/garlic on ridges), BF25+GR75: 25% black seed + 75% galic (Black seed in furrows/garlic on ridges), BR75+GF25: 75% black seed + 25% galic (Black seed on ridges/garlic in furrows), BR50+GF50: 50% black seed + 50% galic (Black seed on ridges/garlic in furrows), BR25+GF75: 25% black seed + 75% galic (Black seed on ridges/garlic in furrows), GF100: Sole garlic (Black seed on ridges/garlic in furrows), BP75+GP25: 75% black seed + 25% galic (Plane sowing), BP50+GP50: 50% black seed + 50% galic (Plane sowing), BP25+GP75: 25% black seed + 75% galic (Plane sowing), GP100: Sole garlic (Plane sowing), GRF100: Sole garlic (Sowing in furrows and on ridges).

زمین در تیمار $BR_{50}+GF_{50}$ (نسبت اختلاط ۵۰:۵۰ دو گیاه با کاشت سیاهدانه روی پشته و کاشت سیر در جوی) مشاهده شد. دلیل این برتری این ترکیب تیماری نسبت به سایر تیمارها شاید آن باشد که در این سیستم کارایی استفاده از منابع افزایش یافته و رقابت بین دو گیاه به حداقل رسیده است. مطالعات نشان داده است که کشت مخلوط سیر، آفات را در محصولات مزرعه‌ای توت‌فرنگی کاهش می‌دهد. کشت مخلوط سیر در بین گیاهان توت‌فرنگی، نسبت برابری زمین و درآمد ناخالص را افزایش داد.

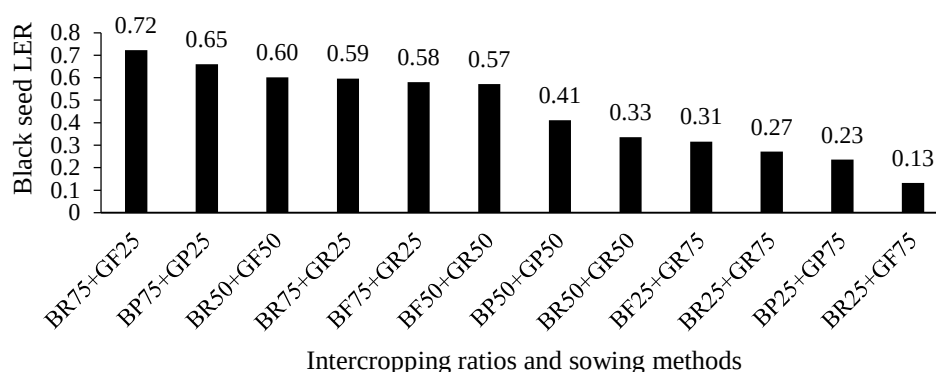
کشت در جوی و پشته به‌طور کلی نسبت برابری زمین بهتری نسبت به کشت مسطح داشت. ممکن است توزیع بهتر ریشه‌ها در سیستم کاشت در جوی-پشته، بهبود زهکشی و تهویه خاک، کاهش رقابت برای نور و مواد مغذی از دلایل این برتری باشد. نسبت‌های مختلف اختلاط تأثیر متفاوتی بر نسبت برابری زمین دو گیاه داشتند. در سیاهدانه، تیمارهایی با سهم بالاتر نسبت اختلاط (۷۵ درصد) نسبت برابری زمین بهتری داشتند. در سیر نیز تیمارهایی با سهم پایین‌تر سیاهدانه در نسبت‌های اختلاط (۲۵ درصد)، نسبت برابری زمین مطلوب‌تری ایجاد کردند. در مجموع، بهترین نسبت برابری

جدول ۶- آنالیز واریانس نسبت برابری زمین و شاخص رقابت در کشت مخلوط سیاهدانه و سیر

Table 6- Analysis of variance (ANOVA) of land equivalent ratio (LER) and competition index (CI) in black seed and garlic intercropping

منابع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات			شاخص رقابت
		نسبت برابری زمین سیاهدانه	نسبت برابری زمین سیر	نسبت برابری زمین کل	
S.O.V	d.f	Black seed LER	Garlic LER	Total LER	Competition index (CI)
تکرار	2	0.004 ^{ns}	0.027 ^{**}	0.020 ^{ns}	0.011 ^{ns}
Replication					
تیمار	11	0.110 ^{**}	0.156 ^{**}	0.069 ^{**}	2.01 ^{**}
Treatment					
خطا	22	0.005	0.002	0.011	0.035
Error					
ضریب تغییرات (%)		16.9	10.6	11.2	11.4
CV (%)					

^{ns}, ^{**} و ^{*}: به ترتیب غیرمعنی‌دار، معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد و معنی‌دار در سطح احتمال یک و پنج درصد
^{ns}, ^{*} and ^{**}: respectively indicate significance at 1%, 5% level and non-significance.



شکل ۱۴- مقایسه میانگین اثر نسبت اختلاط سیر و سیاهدانه و روش کاشت بر نسبت برابری زمین سیاهدانه (LSD= ۰/۱۲۹)

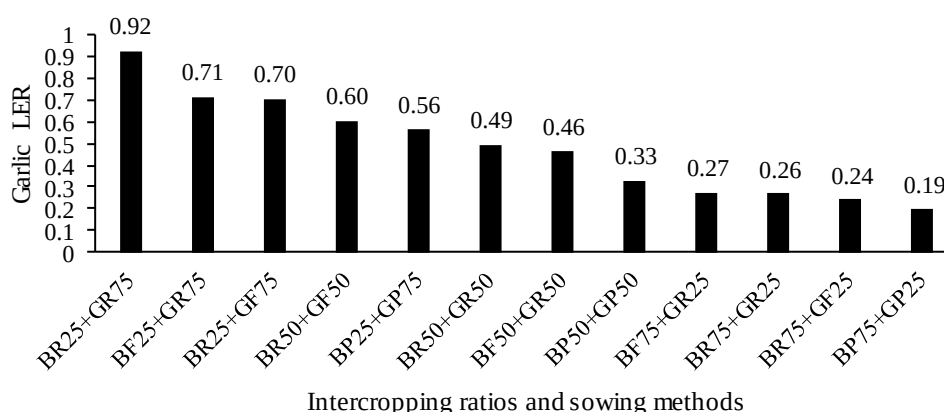
Fig. 14- Mean comparison of the effect of the intercropping ratios of garlic and black seed and the sowing method on the LER of black seed (LSD= 0.129)

میانگین‌هایی که اختلاف آن‌ها از مقدار LSD در سطح ۵ درصد بیشتر باشد، دارای اختلاف معنی‌دار هستند.

Means differing by more than the LSD (5%) are statistically significant.

BR75+GR25: درصد سیاهدانه + ۲۵ درصد سیر (کاشت بر روی پشته)، BR50+GR50: درصد سیاهدانه + ۵۰ درصد سیر (کاشت بر روی پشته)، BR25+GR75: درصد سیاهدانه + ۷۵ درصد سیر (کاشت بر روی پشته)، BF75+GR25: درصد سیاهدانه + ۲۵ درصد سیر (کاشت سیاهدانه در جوی و سیر بر روی پشته)، BF50+GR50: درصد سیاهدانه + ۵۰ درصد سیر (کاشت سیاهدانه در جوی و سیر بر روی پشته)، BF25+GR75: درصد سیاهدانه + ۷۵ درصد سیر (کاشت سیاهدانه در جوی و سیر بر روی پشته)، BR75+GF25: درصد سیاهدانه + ۲۵ درصد سیر (کاشت سیاهدانه بر روی پشته و سیر در جوی)، BR50+GF50: درصد سیاهدانه + ۵۰ درصد سیر (کاشت سیاهدانه بر روی پشته و سیر در جوی)، BR25+GF75: درصد سیاهدانه + ۷۵ درصد سیر (کاشت سیاهدانه بر روی پشته و سیر در جوی)، BP75+GP25: درصد سیاهدانه + ۲۵ درصد سیر (کشت مسطح)، BP50+GP50: درصد سیاهدانه + ۵۰ درصد سیر (کشت مسطح)، BP25+GP75: درصد سیاهدانه + ۷۵ درصد سیر (کشت مسطح).

BR75+GR25: 75% black seed + 25% galic (Sowing on ridge), BR50+GR50: 50% black seed + 50% galic (Sowing on ridge), BR25+GR75: 25% black seed + 75% galic (Sowing on ridge), BF75+GR25: 75% black seed + 25% galic (Black seed in furrows/garlic on ridges), BF50+GR50: 50% black seed + 50% galic (Black seed in furrows/garlic on ridges), BF25+GR75: 25% black seed + 75% galic (Black seed in furrows/garlic on ridges), BR75+GF25: 75% black seed + 25% galic (Black seed on ridges/garlic in furrows), BR50+GF50: 50% black seed + 50% galic (Black seed on ridges/garlic in furrows), BR25+GF75: 25% black seed + 75% galic (Black seed on ridges/garlic in furrows), BP75+GP25: 75% black seed + 25% galic (Plane sowing), BP50+GP50: 50% black seed + 50% galic (Plane sowing), BP25+GP75: 25% black seed + 75% galic (Plane sowing).



شکل ۱۵- مقایسه میانگین اثر نسبت اختلاط سیر و سیاهدانه و روش کاشت بر نسبت برابری زمین سیر (LSD= ۰/۰۸۶)

Fig. 15- Mean comparison of the effect of the intercropping ratios of garlic and black seed and the sowing method on the LER of garlic (LSD= 0.086)

میانگین‌هایی که اختلاف آن‌ها از مقدار LSD در سطح ۵ درصد بیشتر باشد، دارای اختلاف معنی‌دار هستند.

Means differing by more than the LSD (5%) are statistically significant.

BR75+GR25: درصد سیاهدانه + ۲۵ درصد سیر (کاشت بر روی پشته)، BR50+GR50: درصد سیاهدانه + ۵۰ درصد سیر (کاشت بر روی پشته)، BR25+GR75: درصد سیاهدانه + ۷۵ درصد سیر (کاشت بر روی پشته)، BF75+GR25: درصد سیاهدانه + ۲۵ درصد سیر (کاشت سیاهدانه در جوی و سیر بر روی پشته)، BF50+GR50: درصد سیاهدانه + ۵۰ درصد سیر (کاشت سیاهدانه در جوی و سیر بر روی پشته)، BF25+GR75: درصد سیاهدانه + ۷۵ درصد سیر (کاشت سیاهدانه در جوی و سیر بر روی پشته)، BR75+GF25: درصد سیاهدانه + ۲۵ درصد سیر (کاشت سیاهدانه بر روی پشته و سیر در جوی)، BR50+GF50: درصد سیاهدانه + ۵۰ درصد سیر (کاشت سیاهدانه بر روی پشته و سیر در جوی)، BR25+GF75: درصد سیاهدانه + ۷۵ درصد سیر (کاشت سیاهدانه بر روی پشته و سیر در جوی)، BP75+GP25: درصد سیاهدانه + ۲۵ درصد سیر (کشت مسطح)، BP50+GP50: درصد سیاهدانه + ۵۰ درصد سیر (کشت مسطح)، BP25+GP75: درصد سیاهدانه + ۷۵ درصد سیر (کشت مسطح).

BR75+GR25: 75% black seed + 25% galic (Sowing on ridge), BR50+GR50: 50% black seed + 50% galic (Sowing on ridge), BR25+GR75: 25% black seed + 75% galic (Sowing on ridge), BF75+GR25: 75% black seed + 25% galic (Black seed in furrows/garlic on ridges), BF50+GR50: 50% black seed + 50% galic (Black seed in furrows/garlic on ridges), BF25+GR75: 25% black seed + 75% galic (Black seed in furrows/garlic on ridges), BR75+GF25: 75% black seed + 25% galic (Black seed on ridges/garlic in furrows), BR50+GF50: 50% black seed + 50% galic (Black seed on ridges/garlic in furrows), BR25+GF75: 25% black seed + 75% galic (Black seed on ridges/garlic in furrows), BP75+GP25: 75% black seed + 25% galic (Plane sowing), BP50+GP50: 50% black seed + 50% galic (Plane sowing), BP25+GP75: 25% black seed + 75% galic (Plane sowing).

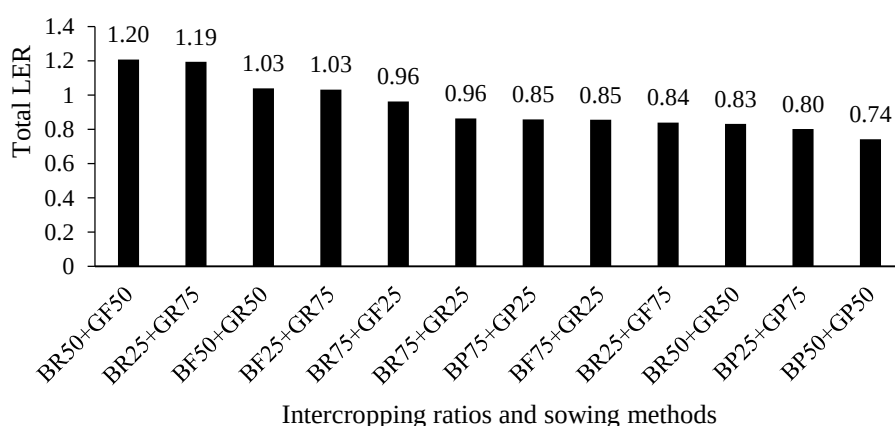
تیمارهای $B_{p75}+G_{p25}$ ، $B_{p25}+G_{p75}$ و $B_{f75}+G_{r25}$ نیز در مرتبه بعدی قرار گرفتند که نشان‌دهنده رقابت شدید در این تیمارها است. در مقابل، تیمار $B_{r50}+G_{f50}$ دارای کم‌ترین شاخص رقابت بود که بیانگر کم‌ترین سطح رقابت بین دو گیاه در این روش کاشت است. سایر تیمارها مانند $B_{f25}+G_{r75}$ و $B_{r25}+G_{r75}$ دارای شاخص رقابت متوسط بودند. تیمارهای $B_{p50}+G_{p50}$ ، $B_{p75}+G_{p25}$ و $B_{p25}+G_{p75}$ بیشترین شاخص رقابت را داشتند که نشان می‌دهد کشت مسطح منجر به رقابت شدید بین دو گیاه می‌شود. این شاید به دلیل توزیع یکسان ریشه‌ها و سایه‌اندازی متقابل در این روش باشد که منابع مورد نیاز را محدود می‌کند. تیمار $B_{r50}+G_{f50}$ (۵۰ درصد سیاهدانه روی پشته + ۵۰ درصد سیر در جوی‌ها) کم‌ترین شاخص رقابت را داشت که نشان‌دهنده بهترین تعادل در بهره‌وری منابع و کاهش رقابت است. احتمال دارد که این روش کاشت با توزیع فضایی بهتر ریشه‌ها

شاخص نسبت برابری زمین در کشت مخلوط از ۱/۳۴ تا ۲/۵۵ متغیر بود و با افزایش تراکم بوته سیر در کشت مخلوط با توت فرنگی، افزایش درآمد ناخالص مشاهده شد (Hata et al., 2019). در آزمایشی کشت مخلوط سیر و نخود فرنگی (*Pisum sativum* L.) هم به صورت جایگزینی و هم به صورت افزایشی در دو ناحیه متفاوت (ساری و گنبد کاووس) انجام گردید. همه شاخص‌های ارزیابی از جمله نسبت برابری زمین، اثر مفید کشت مخلوط دو گیاه را تأیید کردند (Abbasian et al., 2019).

شاخص رقابت: نتایج حاصل از این پژوهش نشان داد که اثر تیمارهای آزمایش بر شاخص رقابت معنی‌دار شد (جدول ۶). براساس نتایج مقایسه میانگین (شکل ۱۷) تیمار $B_{p50}+G_{p50}$ (کشت مسطح با نسبت ۵۰ درصد سیاهدانه و ۵۰ درصد سیر) با اختلاف معنی‌دار نسبت به سایر تیمارها، بالاترین مقدار شاخص رقابت را نشان داد و به ترتیب

شاخص رقابت کمتری نسبت به کشت مسطح داشتند که می‌تواند ناشی از مدیریت بهتر فضای رشد در سیستم کشت بر روی پشته باشد. در کل، کشت مسطح به‌ویژه با نسبت‌های متعادل ۵۰:۵۰، بیشترین رقابت را ایجاد می‌کند و در کشت مخلوط سیر و سیاهدانه، تیمار $BR_{50}+GF_{50}$ دارای کمترین سطح رقابت میان سیر و سیاهدانه بود.

و کاهش تداخل گیاهان همراه بوده است. در کشت مسطح، تیمارهایی با نسبت ۵۰:۵۰ ($BP_{50}+GP_{50}$) بیشترین رقابت را نشان دادند، درحالی‌که در کشت پشته‌ای، نسبت ۵۰:۵۰ ($BR_{50}+GF_{50}$) کمترین رقابت را داشت. این نتایج نشان‌دهنده آن است که نسبت اختلاط به‌تنهایی تعیین‌کننده نیست، بلکه روش کاشت نیز نقش کلیدی دارد. تیمارهایی با نسبت بالای سیاهدانه (۷۵ درصد) مانند $BR_{75}+GF_{25}$



شکل ۱۶- مقایسه میانگین اثر نسبت اختلاط سیر و سیاهدانه و روش کاشت بر نسبت برابری زمین کل ($LSD=0/178$)

Fig. 16- Mean comparison of the effect of the intercropping ratios of garlic and black seed and the sowing method on the LER of total ($LSD= 0.178$)

میانگین‌هایی که اختلاف آن‌ها از مقدار LSD در سطح ۵ درصد بیشتر باشد، دارای اختلاف معنی‌دار هستند.

Means differing by more than the LSD (5%) are statistically significant.

$BR_{75}+GR_{25}$: درصد سیاهدانه + ۲۵ درصد سیر (کاشت بر روی پشته)، $BR_{50}+GR_{50}$: درصد سیاهدانه + ۵۰ درصد سیر (کاشت بر روی پشته)، $BR_{25}+GR_{75}$: درصد سیاهدانه + ۷۵ درصد سیر (کاشت بر روی پشته)، $BF_{75}+GR_{25}$: درصد سیاهدانه + ۲۵ درصد سیر (کاشت سیاهدانه در جوی و سیر بر روی پشته)، $BF_{50}+GR_{50}$: درصد سیاهدانه + ۵۰ درصد سیر (کاشت سیاهدانه در جوی و سیر بر روی پشته)، $BF_{25}+GR_{75}$: درصد سیاهدانه + ۷۵ درصد سیر (کاشت سیاهدانه در جوی و سیر بر روی پشته)، $BR_{75}+GF_{25}$: درصد سیاهدانه + ۲۵ درصد سیر (کاشت سیاهدانه بر روی پشته و سیر در جوی)، $BR_{50}+GF_{50}$: درصد سیاهدانه + ۵۰ درصد سیر (کاشت سیاهدانه بر روی پشته و سیر در جوی)، $BR_{25}+GF_{75}$: درصد سیاهدانه + ۷۵ درصد سیر (کاشت سیاهدانه بر روی پشته و سیر در جوی)، $BP_{75}+GP_{25}$: درصد سیاهدانه + ۲۵ درصد سیر (کشت مسطح)، $BP_{50}+GP_{50}$: درصد سیاهدانه + ۵۰ درصد سیر (کشت مسطح)، $BP_{25}+GP_{75}$: درصد سیاهدانه + ۷۵ درصد سیر (کشت مسطح).

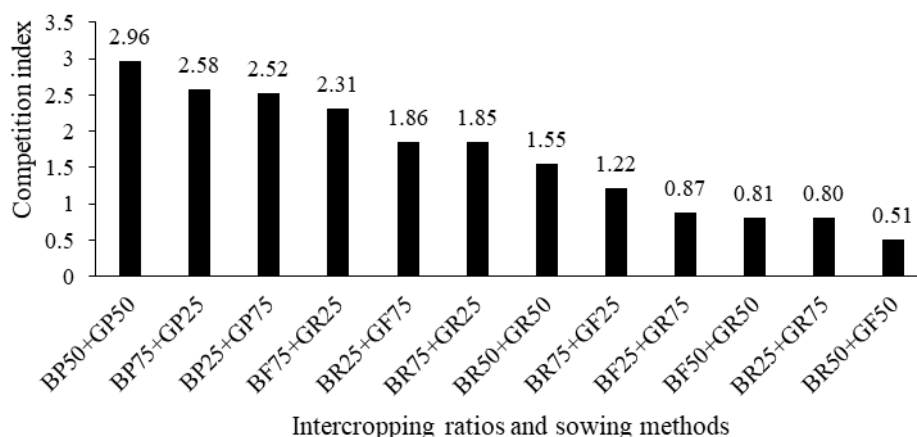
$BR_{75}+GR_{25}$: 75% black seed + 25% galic (Sowing on ridge), $BR_{50}+GR_{50}$: 50% black seed + 50% galic (Sowing on ridge), $BR_{25}+GR_{75}$: 25% black seed + 75% galic (Sowing on ridge), $BF_{75}+GR_{25}$: 75% black seed + 25% galic (Black seed in furrows/garlic on ridges), $BF_{50}+GR_{50}$: 50% black seed + 50% galic (Black seed in furrows/garlic on ridges), $BF_{25}+GR_{75}$: 25% black seed + 75% galic (Black seed in furrows/garlic on ridges), $BR_{75}+GF_{25}$: 75% black seed + 25% galic (Black seed on ridges/garlic in furrows), $BR_{50}+GF_{50}$: 50% black seed + 50% galic (Black seed on ridges/garlic in furrows), $BR_{25}+GF_{75}$: 25% black seed + 75% galic (Black seed on ridges/garlic in furrows), $BP_{75}+GP_{25}$: 75% black seed + 25% galic (Plane sowing), $BP_{50}+GP_{50}$: 50% black seed + 50% galic (Plane sowing), $BP_{25}+GP_{75}$: 25% black seed + 75% galic (Plane sowing).

نتیجه‌گیری

درصد سیاهدانه) و الگوی کاشت بهینه (سیاهدانه روی پشته و سیر در جوی) می‌تواند با کاهش رقابت و افزایش کارایی استفاده از زمین، به‌عنوان یک روش پایدار و اقتصادی مورد توجه قرار گیرد. نتایج حاکی از آن است که انتخاب صحیح روش کاشت و مدیریت نسبت اختلاط می‌تواند تعادل مناسبی بین عملکرد سیر و بهره‌وری سیستم زراعی ایجاد کند. این یافته‌ها می‌توانند راهنمای مفیدی برای

این مطالعه نشان داد که روش کاشت و نسبت اختلاط تأثیر معنی‌داری بر عملکرد و ویژگی‌های فیزیولوژیک سیر در کشت مخلوط با سیاهدانه دارد. کشت خالص سیر در سیستم جوی و پشته به‌دلیل عدم رقابت برون گونه‌ای، بهترین عملکرد را ارائه کرد. با این حال، کشت مخلوط با نسبت‌های متعادل (مانند ۵۰ درصد سیر و ۵۰

کشاورزان در جهت بهینه‌سازی تولید سیر در شرایط کشت مخلوط باشند.



شکل ۱۷- مقایسه میانگین اثر نسبت اختلاط سیر و سیاهدانه و روش کاشت بر شاخص رقابت (LSD= +/۳۲۱)

Fig. 17- Mean comparison of the effect of the intercropping ratios of garlic and black seed and the sowing method on the competition index (LSD= 0.321)

میانگین‌هایی که اختلاف آن‌ها از مقدار LSD در سطح ۵ درصد بیشتر باشد، دارای اختلاف معنی‌دار هستند.

Means differing by more than the LSD (5%) are statistically significant.

BR75+GR25: درصد سیاهدانه + ۲۵ درصد سیر (کاشت بر روی پشته)، BR50+GR50: درصد سیاهدانه + ۵۰ درصد سیر (کاشت بر روی پشته)، BR25+GR75: درصد سیاهدانه + ۷۵ درصد سیر (کاشت بر روی پشته)، BF75+GR25: درصد سیاهدانه + ۲۵ درصد سیر (کاشت سیاهدانه در جوی و سیر بر روی پشته)، BF50+GR50: درصد سیاهدانه + ۵۰ درصد سیر (کاشت سیاهدانه در جوی و سیر بر روی پشته)، BF25+GR75: درصد سیاهدانه + ۷۵ درصد سیر (کاشت سیاهدانه در جوی و سیر بر روی پشته)، BR75+GF25: درصد سیاهدانه + ۲۵ درصد سیر (کاشت سیاهدانه بر روی پشته و سیر در جوی)، BR50+GF50: درصد سیاهدانه + ۵۰ درصد سیر (کاشت سیاهدانه بر روی پشته و سیر در جوی)، BR25+GF75: درصد سیاهدانه + ۷۵ درصد سیر (کاشت سیاهدانه بر روی پشته و سیر در جوی)، BP75+GP25: درصد سیاهدانه + ۲۵ درصد سیر (کشت مسطح)، BP50+GP50: درصد سیاهدانه + ۵۰ درصد سیر (کشت مسطح)، BP25+GP75: درصد سیاهدانه + ۷۵ درصد سیر (کشت مسطح).

BR75+GR25: 75% black seed + 25% galic (Sowing on ridge), BR50+GR50: 50% black seed + 50% galic (Sowing on ridge), BR25+GR75: 25% black seed + 75% galic (Sowing on ridge), BF75+GR25: 75% black seed + 25% galic (Black seed in furrows/garlic on ridges), BF50+GR50: 50% black seed + 50% galic (Black seed in furrows/garlic on ridges), BF25+GR75: 25% black seed + 75% galic (Black seed in furrows/garlic on ridges), BR75+GF25: 75% black seed + 25% galic (Black seed on ridges/garlic in furrows), BR50+GF50: 50% black seed + 50% galic (Black seed on ridges/garlic in furrows), BR25+GF75: 25% black seed + 75% galic (Black seed on ridges/garlic in furrows), BP75+GP25: 75% black seed + 25% galic (Plane sowing), BP50+GP50: 50% black seed + 50% galic (Plane sowing), BP25+GP75: 25% black seed + 75% galic (Plane sowing).

را دارد.

سپاسگزاری

از دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان به‌واسطه

کمک و یاری‌رسانی جهت اجرای این تحقیق کمال تشکر و قدردانی

References

1. Abbasian, A., Nakhzari Moghadam, A., Pirdashti, H., & Gholamaliopur Alamdari, E. (2019). Estimation the yield and intercropping indices of garlic (*Allium sativum* L.) and peas (*Pisum sativum* L.) in two regions of Sari and Gonbad Kavooos. *Journal of Agroecology*, 11(3), 1049-1067. (In Persian with English abstract) <https://doi.org/10.22067/jag.v11i3.71547>
2. Akbarpour, A., Kavooosi, B., Hosseinfarahi, M., Tahmasebi, S., & Gholipour, S. (2021). Evaluation of yield and phytochemical content of different Iranian garlic (*Allium sativum* L.) ecotypes. *International Journal of Horticultural Science and Technology*, 8(4), 385-400. <https://doi.org/10.22059/ijhst.2020.303657.373>
3. Ahmadian, A., Salari, A., Mousavi, Z., & Kaveh, H. (2018). Effect of different levels of stress and vermicompost

- fertilizer on yield, yield component and active compound of allicin in garlic medicinal herbs. *Journal of Water and Soil Conservation*, 25(1), 215-227. (In Persian with English abstract) <https://doi.org/10.22069/JWSC.2018.14167.2889>
4. Alemkhoumaram, M.H., Keshtkar, A.H., & Mirzaie Asl, A. (2019). Study of agromorphological diversity, and path analysis of bulb yield and allicin content of Iranian garlic landraces under Hamedan region. *Journal of Horticultural Science*, 33(3), 481-497. <https://doi.org/10.22067/jhorts4.v33i3.77676>
5. Chatterjee, G., Kumar Saha, A., Khurshid, S., & Saha, A., (2025). A comprehensive review of the antioxidant, antimicrobial, and therapeutic efficacies of black cumin (*Nigella sativa* L.) seed oil and its thymoquinone. *Journal of Medicinal Food*, 28(4), 325-339. <https://doi.org/10.1089/jmf.2024.k.0149>
6. Elshamy, M.A., & Abd El-Aty, H.S. (2021). Effect of intercropping between garlic and faba bean on yield and infestation by some piercing-sucking insect pests. *Journal of Plant Protection and Pathology*, 12(9), 663-670. <https://doi.org/10.21608/jppp.2021.203163>
7. Fakhar, F., Biabani, A., Zarei, M., & Nakhzari Moghadam, A. (2019). Effects of cultivar and planting spacing on yield and yield components of garlic (*Allium sativum* L.), *Italian Journal of Agronomy*, 14(2), 108-113. <https://doi.org/10.4081/ija.2019.1303>
8. Fufa, N., Tsayage, D., Ali, A., Wegayehu, G., & Fikre, D. (2025). Assessing genetic variability and heritability in genotypes of garlic (*Allium sativum* L.) for bulb yield and related traits. *Asian Journal of Agriculture and Allied Sciences*, 8(1), 1-13. <https://doi.org/10.56557/ajaas/2025/v8i147>
9. Goyal, H., Bafna, A., Vyas, N., & Gupta, R. (2025). Effect of soluble silica on the plant growth, leaves chlorophyll content and bulb quality of the garlic (*Allium sativum* L.) against drought stress. *Indian Journal of Agricultural Research*, 59(1), 85-91. <https://doi.org/10.18805/IJRe.A-5889>
10. Han, M., Zhang, Z., Yang, H., Du, J., Wu, X., & Fu, Y. (2025). The effect of intercropping with *Eucommia ulmoides* on the growth and quality of *Abelmoschus manihot* and its rhizosphere microbial community. *Agronomy*, 15(4), 863. <https://doi.org/10.3390/agronomy15040863>
11. Hata, F.T., Ventura, M.U., Paula, M.T., Shimizu, G.D., Paula, J.C.B., Kussaba, D.A.O., & Souza, N.V. (2019). Intercropping garlic in strawberry fields improves land equivalent ratio and gross income. *Crop Production, Ciencia Rural*, 49(12), 1-8. <https://doi.org/10.1590/0103-8478cr20190338>
12. Hlasna Cepkova, P., Hoang, T.N., Konvalina, P., Muhlbachova, G., Capouchova, I., Svoboda, P., Cermak, T., & Janovska, D. (2025). Impact of spring wheat varieties and legume species intercropping on organic wheat production. *Agronomy*, 15(5), 1096. <https://doi.org/10.3390/agronomy15051096>
13. Immatong, P.S. & Elias, K.E. (2025). Performance of garlic (*Allium sativum* L.) varieties as affected by different shading materials. *International Journal of Research and Review*, 12(4), 400-412. <https://doi.org/10.52403/ijrr.20250447>
14. Kakaei, M. (2023). Morphological evaluation of different local ecotypes of Iranian garlic (*Allium sativum* L.) under non-irrigated conditions in Asadabad region (Hamadan province). *Taxonomy and Biosystematics*, 15(56), 95-112. (In Persian with English abstract). <http://dx.doi.org/10.22108/TBJ.2024.141167.1255>
15. Kaur, S., Singh, L., & Kaur, J. (2025). Assessment of garlic cultivars on the basis of genetic variability and heritability. *Asian Journal of Advances in Agricultural Research*, 25(7), 9-18. <https://doi.org/10.9734/ajaar/2025/v25i7642>
16. Khademi Astaneh, R., Bolandnazar, S., Zaare Nahandi, F., & Oustan, S. (2018). The effects of selenium on some physiological traits and K, Na concentration of garlic (*Allium sativum* L.) under NaCl stress. *Information Processing in Agriculture*, 5(1), 156-161. <https://doi.org/10.1016/j.inpa.2017.09.003>
17. Khatun, M.F., Islam, M.S., Ali, M.A., Ali, M.O., & Ahmed, Q.M. (2020). Intercropping garlic (*Allium sativum*) with chilli (*Capsicum annuum* L.) in the Haor area of Kishoreganj. *Bangladesh Agronomy Journal*, 23(1), 75-81. <https://doi.org/10.3329/baj.v23i1.50122>
18. Kovacevic, T.K., Isic, N., Major, N., Krpan, M., Ban, D., Franic, M., & Goreta Ban, S. (2023). The interplay of physiological and biochemical response to short-term drought exposure in garlic (*Allium sativum* L.). *Plants*, 12(18), 3215. <https://doi.org/10.3390/plants12183215>
19. Kumar, R., Shree, S., Kumar Singh, V., D., kumar, Sweta Rani, K., & Kumar Singh, A. (2025). Response of biofertilizers and micronutrients on growth and yield of garlic. *International Journal of Plant & Soil Science*, 37(3), 134-40. <https://doi.org/10.9734/ijpss/2025/v37i35354>

20. Liu, H., Gao, X., Li, C., Cai, Y., Song, X., & Zhao, X. (2025). Intercropping increases plant water availability and water use efficiency. *A synthesis, Agriculture, Ecosystems & Environment*, 379, 109360. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2024.109360>
21. Oliveira, J.T., Oliveira, R.A. & Junior, M.R.F. (2021). Contribution of soil attributes and morphological variables to yield of irrigated garlic. *Engenharia Agricola*, 41(2), 215-222. <https://doi.org/10.1590/1809-4430-Eng.Agric.v41n2p215-222/2021>
22. Raiszadeh, M., Abdali Mashhadi, A., Gharineh, M.H., Goodarzi, G.R., & Lotfi Jalalabadi, A. (2025). Investigating the effect of mulch on weed control and product quality in intercropping of stevia (*Stevia rebaudiana*) and Iranian borage (*Echium amoenum*). *Journal of Agroecology*, 17(2), 341-359. (In Persian with English abstract) <https://doi.org/10.22067/agry.2025.91101.1224>
23. Rezvani Moghaddam, P., Amiri, M.B., Norooziyan, A., & Ehyae, H.R. (2015). Evaluation of two mycorrhiza species and nitroxin on yield and yield components of garlic (*Allium sativum* L.) in an ecological agroecosystem. *Iranian Journal of Field Crops Research*, 13(3), 435-447. (In Persian with English abstract). <https://doi.org/10.22067/gsc.v13i3.51149>
24. Samimi, F., Sharifi-Rigi, A., Dastghaib, S., Hazar, N., Zal, F., Siri, M., Namiranian, N., & Afkhami-Ardekani, M. (2025). The ameliorating effects of garlic (*Allium Sativum*) on blood glucose levels and lipid-related indices. *Iranian Journal of Diabetes and Obesity*, 17(2), 141-149. <https://doi.org/10.18502/ijdo.v17i2.18852>
25. Seilsepour, M. (2021). Nitrogen and sulfur with Thiobacillus bacteria effects on garlic yield and garlic nitrate content and some nutrients availability in soil. *Journal of Horticultural Science*, 34(4), 563-576. <https://doi.org/10.22067/jhorts4.v34i4.80398>
26. Seyedi, S.M., & Hamzei, J. (2020). Evaluation of advantageous of sunflower-grain legume intercropping. *Journal of Crop Production*, 13(1), 85-98. <https://doi.org/10.22069/ejcp.2020.17447.2289>
27. Sun, X., Zhang, Y., Zhang, S., Yang, N., Xia, G., & Feng, L. (2025) Effect of strip width in maize/peanut intercropping on water use efficiency. *Frontiers Sustainable Food Systems*, 9, 1502362. <https://doi.org/10.3389/fsufs.2025.1502362>
28. Torkaman, M., Mirshekari, B., Farahvash, F., Yarnia, M., & Jafari, A.A. (2019). Effect of planting dates and patterns on some quantity and quality properties and advantageous indices of canola (*Brassica napus* L.) - chickpea (*Cicer arietinum* L.) intercropping. *Plant Production Technology*, 11(2), 113-126. <https://doi.org/10.22084/pppt.2018.14405.1759>
29. Wang, X., Li, L., Wang, C., Wanga, Z., Li, M., Tan, X., Zhang, L., Wang, T., Zhou, Y., Xie, X., Qiu, S., Liao, Y., Kuai, J., Wang, B., Wang, J., Xu, Z. Zhao, J., & Zhou, G. (2025). Micro-ridge-furrow planting increases rapeseed yield and resource utilization efficiency through optimizing field microenvironment and light-nitrogen matching. *The Crop Journal*, 13(2), 587-596. <https://doi.org/10.1016/j.cj.2024.12.021>
30. Xing, J., Liu, G., Zhai, W., Gou, T., Zhou, Z., Hu, A., Zhang, K., Bai, D., Ren, A., Gao, Z., & Sun, M. (2025). Optimized fertilizer management strategy based on ridge-furrow planting pattern enhances dryland wheat yield and water utilization on the Loess Plateau. *Agricultural Water Management*, 311, 109391. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2025.109391>
31. Zahedipour, R., Khodaei Joghman, A., & Zare, A. (2023). Evaluation of periods of interference and weeds control in chemical and organic nutrition management on yield and yield components of garlic. *Plant Productions*, 46(1), 105-115. <https://doi.org/10.22055/ppd.2022.40244.2017>