Plant Prod., 2025, 48(2), 207- 226
https://plantproduction.scu.ac.ir/
ISSN (P): 2588-543X; **ISSN (E):** 2588-5979
Doi: 10.22055/ppd.2025.47094.2175
Received: 13 June 2024
Accepted: 01 January 2025

Plant Productions
Research Article

Evaluation of the benefit of marigold (*Tagetes erecta* L.) and soybean (*Glycine max* L.) intercropping

Ramin Gholparast[1], Ali Ebadi[2*], Fatemeh Ahmadnia[3], Mohammad Hasanzadeh[4], Soudabeh Jahanbakhsh Godeh Kahriz[5]

1. M.Sc. Graduate, Department of Plant Production and Genetics, Faculty of Agriculture and Natural Resources, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran.
2. Professor, Department of Plant Production and Genetics, Faculty of Agriculture and Natural Resources, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran.
3. Ph.D. Graduate, Department of Plant Production and Genetics, Faculty of Agriculture and Natural Resources, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran.
4. Assistant Professor, Department of Plant Science, Faculty of Agriculture and Natural Resources (Moghan), University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran.
5. Professor, Department of Plant Production and Genetics, Faculty of Agriculture and Natural Resources, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran.

Citation: Gholparast, R., Ebadi, A., Ahmadnia, F., Hasanzadeh, M., Jahanbakhsh Godeh Kahriz, S. (2025). Evaluation of the benefit of marigold (*Tagetes erecta* L.) and soybean (*Glycine max* L.) intercropping. *Plant Productions,* 48(2), 207- 226.

Abstract

Introduction

Modern agricultural systems are increasingly focused on reducing chemical inputs and adopting alternative management strategies to minimize environmental harm caused by excessive chemical use. This includes controlling weeds, preserving soil fertility, and mitigating rising production costs by implementing sustainable crop production methods. Soybean (*Glycine max* L.) is a highly nutritious crop, and sustainable practices in its cultivation are vital to ensuring food security. Intercropping soybeans with allelopathic plants such as marigold (*Tagetes erecta* L.) offers a promising strategy to enhance productivity and sustainability. This study aimed to investigate the effects of intercropping soybeans and marigold on weed suppression and the yield of both crops.

Material and Methods

An experiment was conducted in Pars-Abad, Ardabil, in 2022 to evaluate the effects of intercropping soybean and marigold under different weeding conditions. The study was laid out as a factorial experiment in a randomized complete block design (RCBD) with three replications. The first factor was the intercropping ratio of soybean and marigold consisting of five treatments: 100% soybean (0-100), 75% soybean + 25% marigold (75-25), 50% soybean + 50% marigold (50-50), 25% soybean + 75% marigold (25-75), and 100% marigold (0-100). The second factor was weeding treatment, including two levels: complete hand-weeding and non-hand weeding.

* **Corresponding Author:** Ali Ebadi
E-mail: ebadi@uma.ac.ir

© 2025 The Author(s). Published by Shahid Chamran University of Ahvaz. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (http://creativecommons.org/licenses/by/4.0), which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited

Marigold seeds were obtained from the Ardabil Municipality Green Space Research Center. Seedlings were prepared in planting trays on March 30, 2022, using a soil mixture composed of 20% animal manure, 20% sand, and 60% fertile soil. In the field, marigolds were planted with a spacing of 40×40 cm between and within rows. Experimental plots measured 8×4 meters. Additionally, L17 soybean seeds were provided by the Moghan Agriculture and Industry Research Center. Soybeans were sown at a rate of 40 kg ha^{-1}, with row spacing set at 40×5 cm.

Results and Discussion

The results of the experiment indicated that the 75-25 (soybean – marigold) intercropping system was the most favorable treatment in terms of ecological indicators, including the Land Equality Ratio (LER), and Relative Value Total (RVT). Regarding weed suppression, the lowest weed biomass during the vegetative growth stage was recorded in the 75-25 (soybean-marigold) intercropping system and the hand-weeded soybean monoculture. At the flowering stage of soybean, the lowest weed biomass occurred in the monoculture of soybean and marigold, as well as in the 25-75 (marigold -soybeans) intercropping under hand-weeding conditions. At the final yield stage, the lowest weed biomass was again noted in the hand-weeded monocultures of soybean and marigold. The 75 -25 (soybean – marigold) intercropping treatment also resulted in the highest soybean yield and yield components, including the number of pods per plant, total number of seeds per plant, average pod weight with seeds per plant, seed weight per pod, and the 100-seed weight. For marigold, the highest yield and yield component, specifically the number of flowers per plant were observed in the marigold monoculture and the 25-75 (soybean–marigold) intercropping treatment.

Conclusion

Soybeans emerged as the dominant species in the intercropping system with marigold, benefiting the most from the interspecific association. In contrast, marigold exhibited limited competitive ability under non-weeded conditions, despite typically being cultivated at high densities in monoculture. The results also revealed that hand-weeding significantly improved the yields of both species compared to non-weeded treatments. Overall, the study underscores the importance of selecting compatible and complementary plant species for intercropping with soybean to optimize productivity and ecological advantages for both crops.

Keywords: Hand-weeding, Intercropping, Land Equality Ratio, Weeds, Yield

تولیدات گیاهی، ۱۴۰۴، ۴۸(۲)، ۲۰۷ - ۲۲۶
https://plantproduction.scu.ac.ir/
ISSN (P): 2588-543X; **ISSN (E):** 2588-5979
Doi: 10.22055/ppd.2025.47094.2175
تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۰۳/۲۴
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۱۰/۱۲

تولیدات گیاهی
مقاله پژوهشی

ارزیابی سودمندی کشت مخلوط گل جعفری (*Tagetes erecta* L.) و سویا (*Glycine max* L.)

رامین گل‌پرست[۱]، علی عبادی[۲*]، فاطمه احمدنیا[۳]، محمد حسن‌زاده[۴] و سدابه جهانبخش گده کهریز[۵]

۱- دانش‌آموختهٔ کارشناسی ارشد، گروه تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه محقق اردبیلی ، اردبیل، ایران.
۲- استاد، گروه تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکدهٔ کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران.
۳- دانش آموختهٔ دکتری ، گروه تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکدهٔ کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران.
۴- استادیار، گروه علوم گیاهی، دانشکدهٔ کشاورزی و منابع طبیعی مغان، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران.
۵- استاد، گروه تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکدهٔ کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران.

چکیده

امروزه نظام‌های کشاورزی برای حفظ امنیت غذایی، حفظ محیط زیست و جبران هزینه‌های رو به افزایش تولید بر ضرورت تجدید نظر و استفاده از شیوه‌های جدید مدیریتی تولید محصول تأکید دارند. سویا و گل جعفری اهمیت و ارزش غذایی و دارویی بالایی دارند. این پژوهش با هدف بررسی اثر کشت مخلوط گیاه سویا و گل جعفری و سطوح مختلف وجین دستی در سال زراعی ۱۴۰۱ به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در استان اردبیل، شهرستان پارس‌آباد اجرا شد. تیمارهای آزمایشی شامل نسبت‌های مختلف سویا و گل جعفری در کشت مخلوط (صفر - ۱۰۰، ۲۵-۷۵، ۵۰-۵۰، ۷۵-۲۵ و ۱۰۰ - صفر) و وجین دستی علف‌های‌هرز (وجین دستی کامل و عدم وجین دستی) بود. نتایج نشان داد که بیشترین نسبت برابری زمین و ارزش نسبی (۱/۲۷ و ۱/۰۱) در کشت مخلوط ۷۵-۲۵ (سویا-گل جعفری) مشاهده شد. کمترین زیست‌توده علف‌های‌هرز در مرحلهٔ سبز شدن از ۷۵-۲۵ (سویا-گل جعفری) و کشت خالص سویا در وجین دستی، گلدهی سویا از کشت خالص سویا و گل جعفری در عدم وجین دستی، غلاف‌دهی سویا ازکشت خالص سویا و گل جعفری و کشت مخلوط ۲۵-۷۵ (گل جعفری-سویا) در وجین دستی و برداشت محصول سویا ازکشت خالص سویا و گل جعفری در وجین دستی به‌دست آمد. عملکرد جزئی سویا و گل جعفری در کشت‌های مخلوط ۷۵-۲۵ (سویا-گل جعفری) و ۲۵-۷۵ (گل جعفری-سویا) بیشترین مقدار را داشت. مجموع ارزش نسبی سیستم بیانگر بالا بودن درآمد خالص کشت سویا در برابر گل جعفری بود. عملکرد و اجزای عملکرد سویا شامل تعداد غلاف در بوته، مجموع تعداد دانه در بوته، میانگین وزن غلاف با دانه در تک بوته، وزن دانه در غلاف و وزن صد دانه سویا از کشت مخلوط ۷۵-۲۵ و ۵۰-۵۰ (سویا-گل جعفری) در وجین دستی حاصل شد. همچنین عملکرد و اجزای عملکرد گل جعفری شامل وزن تر و خشک کل بوته، تعداد گل در بوته، ارتفاع بوته در کشت خالص گل جعفری و ۲۵-۷۵ (سویا-گل جعفری) مشاهده شد. سویا به عنوان گیاهی غالب در کشت‌های مخلوط با گل جعفری

* **نویسنده مسئول:** علی عبادی
رایانامه: ebadi@uma.ac.ir

شناخته شد که از سودمندی‌های کشت مخلوط بیشترین بهرمندی را داشت. گل جعفری علیرغم سهم ردیف‌های کاشت بالا در کشت خالص توان رقابتی اندکی در شرایط عدم وجین دستی داشت. وجین دستی علف‌های‌هرز در مقایسه با عدم وجین دستی اثر قابل توجهی بر عملکرد هر دو گونه گیاهی داشت. این مطالعه بر ضرورت انتخاب گونه گیاهی مناسب در کشت مخلوط با سویا به جهت بهرمندی کارآمد هر دو گونهٔ گیاهی تأکید دارد.

کلیدواژه‌ها: شاخص نسبت برابری زمین، علف‌های‌هرز، عملکرد، کشت مخلوط، وجین دستی

مقدمه

سویا (*Glycine max* L.) گیاهی از تیرهٔ *Fabaceae* است که بیش از ۳۰۰۰ سال پیش در چین شناسایی شد (Ho, 1975). دانه‌های سویا حاوی ۴۰ تا ۴۵ درصد پروتئین هستند (Ghani *et al.*, 2016). سویا به دلیل تثبیت نیتروژن توسط باکتری *Bradyrhizobium japonicum*، مزایای اقتصادی و زیست محیطی فراوانی دارد. همچنین نیاز اندک آن به کود و اثر مثبت آن بر افزایش عملکرد گیاهانی مانند غلات باعث افزایش توجه پژوهشگران و کشاورزان به این محصول شده است (Kotecki, 2020; Martyniuk, 2012).

علف‌های‌هرز یکی از مشکلات بنیادی در کشورهای تولیدکنندهٔ سویا محسوب می‌شوند (Nusrat *et al.*, 2018). گیاهچه‌های جوان سویا قابلیت رقابت با بسیاری از علف‌های‌هرز سریع‌الرشد را ندارند؛ به همین دلیل کنترل علف‌های‌هرز در این دوره بیشترین اهمّیت را دارد (Sturm *et al.*, 2018).

امروزه نظام‌های کشاورزی در راستای کاهش استفاده از نهاده‌های شیمیایی، اصلاح روش‌های مدیریتی با رویکرد کاهش آثار مخرب زیست‌محیطی ناشی از مصرف بیش از حد مواد شیمیایی، حفظ حاصلخیزی خاک، جبران هزینه‌های رو به افزایش تولید بر ضرورت تجدید نظر و استفاده از شیوه‌های جدید مدیریتی تولید محصول تأکید دارند (Vrignon-Brenasa *et al.*, 2015; Gorooei *et al.*, 2024). یکی از راهکارهای کلیدی در کشاورزی پایدار، بازگرداندن تنوع به نظام‌های کشاورزی و مدیریت مؤثر آن است. نتایج پژوهش‌های مختلف نشان داده است که برتری اکولوژیک کشت مخلوط نتیجه استفاده کارآمد از منابع محیطی است (Wang *et al.*, 2015)، در صورتی که اجزای کشت مخلوط از نظر استفاده از منابع محیطی رشد تفاوت داشته باشند، استفاده مؤثرتری از نور، آب و مواد غذایی نسبت به تک‌کشتی خواهند داشت (Zhao *et al.*, 2018; Zhuang *et al.*, 2019).

گل جعفری (*Tagetes erecta* L.) گیاهی یکساله است که به عنوان گیاه زینتی و دارویی کشت می‌شوند (Qutierrez *et al.*, 2016). پژوهشگران گزارش کرده‌اند که در بررسی تأثیر عصارهٔ اندام‌های مختلف گل جعفری بر جوانه‌زنی و ویژگی‌های رشدی تعدادی از علف‌های‌هرز، فالاریس (*Phalaris minor*) در مقایسه با سایر علف‌های‌هرز مورد بررسی حساس‌تر بود و در غلظت‌های بالاتر از ۲۵ درصد جوانه‌زنی این علف‌هرز متوقف شد (Jokar *et al.*, 2021). همچنین پژوهشگران بیان داشتند که اثر بازدارندگی غلظت عصاره را می‌توان به کاهش قدرت استفاده جنین از مواد ذخیره‌ای، کاهش قدرت جوانه‌زنی و رشد گیاهچه نسبت داد (Jokar *et al.*, 2021). پژوهشگران در بررسی دیگری گزارش کرده‌اند که عصاره برگ گل جعفری حاوی اسید کلروژنیک، اسید فنولیک و اسید مالیک است که نقشی غالب در بازدارندگی جوانه‌زنی جلبک کلرلا (*Chlorella vulgaris*) داشت (Wongsnansilp *et al.*, 2022).

لزوم توجه بر تولید محصولات کشاورزی پایدار و ایجاد امنیت غذایی با توجه به افزایش جمعیت و حفظ محیط زیست، منجر به ترویج روش‌های زراعی نسبتاً کم خطر می‌شود. بهرمندی از تناوب‌های زراعی، سودمندی‌های کشت مخلوط و انتخاب گونه‌های گیاهی مؤثر بر جوانب زراعی چند وجهی مانند کنترل علف‌های‌هرز و افزایش یا بهبود عملکرد و اجزای عملکرد محصولات کشاورزی با بازده اقتصادی منجر به انجام پژوهشی با عنوان ارزیابی سودمندی کشت مخلوط گل جعفری و سویا شد. در این پژوهش هدف مقایسه برهم‌کنش کشت مخلوط در نسبت‌های مختلف با وجین دستی علف‌های‌هرز بر عملکرد هر کدام از دو گیاه سویا و گل‌جعفری بود. فرضیه اولیه این بود که اگرچه وجین دستی علف‌های‌هرز یک ابزار کنترل قوی برای جلوگیری از رویش علف‌های‌هرز است اما کشت‌های مخلوط این گیاهان به دلیل بهرمندی از فضای رشد، قابلیت کاهش علف‌های‌هرز را در شرایط عدم وجین دستی علف‌های‌هرز خواهند داشت که در نهایت منجر به بهبود عملکرد هر دو گونه گیاهی خواهد شد.

مواد و روش‌ها

به‌منظور ارزیابی تأثیر کشت مخلوط گل جعفری و سویا و وجین دستی علف‌های‌هرز آزمایشی در سال زراعی ۱۴۰۱ در مزارع کشت و صنعت مغان، شهرستان پارس‌آباد با موقعیت جغرافیایی ۴۷ درجه و ۵۵ دقیقهٔ طول جغرافیایی و در ۳۹ درجه و ۳۹ دقیقهٔ عرض جغرافیایی با ارتفاع ۴۵ متر از سطح دریا اجرا شد. برخی از ویژگی‌های خاک مزرعه آزمایشی در جدول یک ارائه شده است. آزمایش به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا شد. تیمارهای آزمایشی شامل نسبت‌های مختلف سویا و گل جعفری در کشت مخلوط (صفر - ۱۰۰، ۲۵-۷۵، ۵۰-۵۰، ۷۵-۲۵ و ۱۰۰-صفر) و وجین دستی علف‌های‌هرز (وجین دستی کامل و عدم وجین دستی) بود. بذر گل جعفری از مرکز تحقیقات امور فضای سبز شهرداری اردبیل تهیه شد. به منظور تهیه نشاء در تاریخ ۱۰ فروردین ۱۴۰۱ اقدام به تشکیل خزانه در سینی‌های کاشت با نسبت‌های ۲۰ درصد کود حیوانی پوسیده، ۲۰ درصد ماسه و ۶۰ درصد خاک حاصلخیز شد. فواصل بین و روی ردیف گل جعفری در مزرعهٔ آزمایشی ۴۰ ×۴۰ سانتی‌متر در نظر گرفته شد. ابعاد کرت‌های آزمایشی ۸ × ۴ متر بود. همچنین بذر سویا رقم L_{17} از مرکز تحقیقات کشت و صنعت مغان تهیه شد. میزان بذر مصرفی برای سویا ۴۰ کیلوگرم در هکتار در نظر گرفته شد و در فواصل بین و روی ردیف ۵×۴۰ سانتی‌متر کشت شد. آبیاری براساس شرایط اقلیمی منطقه به‌صورت نشتی (۱۰ الی ۱۵ روز یکبار) انجام شد. کود ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار اوره در دو مرحلهٔ ۷ الی ۸ برگی سویا و پیش از غلاف‌دهی سویا استفاده شد. انتقال نشای گل‌جعفری و کاشت سویا به‌طور همزمان انجام شد. پس از سبز شدن سویا تا زمان برداشت عملکرد سویا و گل جعفری در چهار مرحلهٔ (سبز شدن سویا، گلدهی سویا، غلاف‌دهی سویا و برداشت محصول سویا) اقدام به نمونه‌برداری علف‌های‌هرز با استفاده از کودرات ۵۰×۵۰ سانتی‌متری شد. نمونه‌های گیاهی پس از جمع آوری در آون آزمایشگاهی در دمای ۷۰ درجه‌سانتی‌گراد خشک و توزین شدند. وزن تر و خشک بوته سویا و گل جعفری، وزن غلاف و وزن دانه با استفاده از ترازوهایی با دقت۰/۰۱ و ۰/۰۰۱ گرم توزین شد. ارتفاع بوته با استفاده از خط‌کش و برای شمارش تعداد گل در بوته گل جعفری از روش تخریبی استفاده شد.

شاخص نسبت برابری زمین[1]

این شاخص با استفاده از رابطهٔ [۱] محاسبه شد (Mazaheri, 1998).

$$LER = \left(\frac{Yab}{Yaa} + \frac{Yaa}{Ybb}\right) \quad \text{رابطه [۱]}$$

در این رابطه، عملکرد گونه a در کشت مخلوط (Y_{ab})، عملکرد گونهٔ a در کشت خالص (Y_{aa})، عملکرد

[1] -Land Equivalent Ratio (LER)

گونهٔ b در کشت مخلوط (Y_{ab}) و عملکرد گونهٔ b در کشت خالص (Y_{bb}) می‌باشد.

مجموع ارزش نسبی[1]

مجموع ارزش نسبی با استفاده از رابطهٔ [۲] محاسبه شد (Mazaheri, 1998).

$$RVT = \frac{aP1 + bP2}{aM1}$$ رابطه [۲]

در این رابطه P_1 و P_2 به ترتیب عملکرد گونه‌های اول و دوم در کشت مخلوط و M_1 عملکرد گونهٔ اول در کشت خالص و a و b به ترتیب قیمت سویا و گل جعفری در زمان برداشت می‌باشند.

عملکرد نسبی جزئی سویا (a) و گل جعفری (b)

عملکرد نسبی جزئی سویا (a) و گل جعفری (b) با استفاده از رابطهٔ [۳ و۴] محاسبه شدند (Mehni *et al.*, 2020).

$$RYa = \frac{Ya}{Sa}$$ رابطه [۳]

$$RYb = \frac{Yb}{Sb}$$ رابطهٔ [۴]

در این روابط Sa و Sb بیانگر عملکرد سویا و گل جعفری در کشت مخلوط و Ya و Yb بیانگر عملکرد سویا و گل جعفری در کشت خالص بودند. قیمت هر کیلوگرم دانه سویا در زمان برداشت ۲۱۰۰۰۰ ریال و قیمت شاخهٔ بریده گل جعفری ۱۵۰۰۰۰ ریال بود.

تجزیه آماری با استفاده از نرم افزار $SAS_{9.4}$ و مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون $LSD_{5\%}$ انجام شد.

نتایج و بحث

شاخص نسبت برابری زمین

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر برهم‌کنش نسبت‌های کشت مخلوط و وجین دستی علف‌های‌هرز بر شاخص برابری نسبی زمین در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۲). بیشترین شاخص نسبت برابری زمین (۱/۲۷) از کشت مخلوط ۷۵-۲۵ (سویا-گل جعفری) در وجین دستی و کمترین شاخص نسبت برابری زمین (۰/۴۱) از کشت مخلوط ۲۵-۷۵ (سویا-گل جعفری) در عدم وجین دستی حاصل شد (جدول ۳). کشت مخلوط ۷۵-۲۵ (سویا-گل جعفری) در وجین دستی ۴۱/۳۱ درصد شاخص نسبت برابری زمین را افزایش داد (جدول ۳). چنانچه شاخص نسبی برابری زمین بزرگتر از واحد باشد، کشت مخلوط موجب افزایش رشد و عملکرد گونه‌های مورد اختلاط شده است (Berdjour *et al.*, 2020) که نتایج نشان‌دهندهٔ برتری کشت مخلوط ۷۵-۲۵ (سویا-گل جعفری) و ۵۰-۵۰ (سویا-گل جعفری) از نظر شاخص نسبت برابری زمین بود (جدول ۳). این امر می‌تواند به دلیل استفاده کارآمد از منابع موجود (آب و عناصر غذایی) و عدم وجود گونه‌های گیاهی دیگر در محیط برای استفاده از منابع باشد. برای مثال در بررسی کشت مخلوط سه رقم ذرت با سویا در سه فاصله ردیف (۱۰، ۲۰ و ۳۰ سانتیمتری) نتایج نشان داد که شاخص نسبت برابری زمین در کشت مخلوط در مقایسه با کشت خالص بیشتر از واحد است (Berdjour *et al.*, 2020). در بررسی ارزیابی سودمندی عملکرد و بهره‌وری اقتصادی کشت سویا با ریحان (*Ocimum basilicum* L.) و گاوزبان اروپایی (*Borago officinalis* L.) پژوهشگران بیان کردند که نسبت برابری زمین در تیمارهای ۷۵ درصد و ۵۰ درصد سویا در کشت مخلوط با ریحان، بیشتر از کشت مخلوط با گاوزبان اروپایی بود. همچنین پژوهشگران بیان کردند که افزایش نسبی ارزش برابری زمین در این تیمارها ناشی از استفاده سویا از فضا و امکانات حاصل از خالی شدن فضا پس از چین اول ریحان بود (Bagheri Shirvan *et al.*, 2012). در بررسی دیگری بیشترین شاخص نسبت برابری زمین از کشت مخلوط جو و نخود (۱/۵۱) حاصل شد (Zakirullah *et al.*, 2024).

1 -Relative Value Total (RVT)

Table1. Some characteristics of the experimental soil

Potassium	Phosphorus	Nitrogen	OC	Calcium carbonate	Soil texture	Clay	Silt	Sand	EC	pH
($mg\ kg^{-1}$)		(%)				(%)			$dS\ m^{-1}$	
467	10.51	0.05	0.6	31.2	Clay	50.8	30	10.92	4.7	7.8

عملکرد نسبی جزئی سویا و گل جعفری

عملکرد نسبی جزئی سویا تحت تأثیر اثرات جداگانه نسبت‌های کشت مخلوط و وجین دستی علف‌های‌هرز در سطح احتمال یک درصد قرار گرفت (جدول ۲). بیشترین (۰/۹۰) و کمترین (۰/۳۶) عملکرد نسبی جزئی سویا به‌ترتیب از کشت مخلوط ۷۵-۲۵ (سویا-گل جعفری) و ۲۵-۷۵ (گل جعفری-سویا) به‌دست آمد (جدول ۴). همچنین نتایج مقایسه میانگین‌ها نشان داد که بیشترین (۰/۸۰) و کمترین (۰/۴۹) عملکرد نسبی جزئی سویا در اثر وجین دستی علف‌های‌هرز از تیمارهای وجین دستی و عدم وجین دستی علف‌های‌هرز حاصل شد (جدول ۴). تیمار وجین دستی در مقایسه با عدم وجین دستی سبب افزایش ۳۸/۳۴ درصدی عملکرد نسبی جزئی سویا شد (جدول ۴). وجین دستی علف‌های هرز از عوامل مؤثر بر افزایش عملکرد محصول محسوب می‌شوند (Ahmadnia *et al*., 2021). در مطالعه‌ای اثر وجین دستی علف‌های‌هرز بر عملکرد کاهوی آیسبرگ نشان داد که کشت مخلوط ماشک‌گل‌خوشه‌ای با چاودار در وجین دستی علف‌های‌هرز در مقایسه با عدم وجین دستی، زیست‌توده علف‌های‌هرز را ۸۳ درصد کاهش و عملکرد کاهو را ۳۰ درصد افزایش داد (Ahmadnia *et al*., 2021). عملکرد نسبی جزئی گل جعفری تحت تأثیر برهم‌کنش نسبت‌های مختلف کشت مخلوط و وجین دستی علف‌های‌هرز قرار گرفت (جدول ۲) و بیشترین عملکرد نسبی جزئی گل جعفری (۰/۷۰ و ۰/۶۸) به‌ترتیب از کشت‌های مخلوط ۲۵-۷۵ و ۵۰-۵۰ (سویا-گل جعفری) در شرایط عدم وجین دستی علف‌های‌هرز حاصل شد (جدول ۳). کمترین عملکرد نسبی (۰/۲۶) در کشت مخلوط ۷۵-۲۵ (سویا-گل جعفری) در وجین دستی علف‌های‌هرز ثبت شد (جدول ۳). عملکرد نسبی جزئی زمانی مورد استفاده قرار می‌گیرد که تولیدکننده به عملکرد بالای یکی از گونه‌ها در اجزای مخلوط نیاز بیشتری داشته باشد (Amini *et al*., 2014). با توجه به نتایج این آزمایش اگر تولیدکننده به عملکرد بالای سویا و یا گل جعفری نیاز بیشتری داشته باشد، در کشت‌های مخلوط ۷۵-۲۵ و ۲۵-۷۵ (سویا-گل جعفری) بیشترین عملکرد نسبی سویا و گل جعفری را خواهد داشت (جدول ۳). بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که هر دو کشت مخلوط بر گونهٔ غالب اثر مثبتی داشته است و سهم ردیف‌های کاشت بر آن‌ها اثرگذار است. پژوهشگران گزارش کرده‌اند که بیشترین عملکرد نسبی ذرت (۰/۷۸) از کشت مخلوط ذرت با باقلا با تراکم‌های ۴۰ و ۵۰ بوته در متر مربع حاصل شد و بیشترین عملکرد نسبی باقلا (۱/۱۷) در کشت مخلوط آن با تراکم ۳۰ بوته در متر مربع مشاهده شد (Rezaei-Chianeh *et al*., 2011).

مجموع ارزش نسبی (RYT)

اثرات جداگانه نسبت‌های کشت مخلوط و سطوح وجین دستی علف‌های‌هرز بر مجموع ارزش نسبی در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۲). بیشترین و کمترین (به‌ترتیب ۱/۰۱ و ۰/۵۴) مجموع ارزش نسبی متعلق به کشت‌های مخلوط ۷۵-۲۵ و ۲۵-۷۵ (سویا-گل جعفری) بود (جدول ۴). همچنین کشت مخلوط ۵۰-۵۰ (سویا-گل جعفری) دارای ۰/۸۶ مجموع ارزش نسبی بود (جدول ۴). بیشترین (۱/۰۰) و کمترین (۰/۶۱) مجموع ارزش نسبی در اثر سطوح مختلف وجین دستی علف‌های‌هرز به ترتیب از تیمارهای وجین دستی و عدم وجین دستی حاصل شد (جدول ۴). نتایج نشان داد

که تیمار وجین دستی علف‌های‌هرز درمقایسه با تیمار عدم وجین دستی موجب افزایش ۳۹/۳۰ درصدی مجموع ارزش نسبی شد (جدول ۴). مجموع ارزش نسبی بیانگر نسبت کل درآمد ناخالص کشت مخلوط به بیشترین درآمد کشت خالص است (Tesfaye, 2024). با در نظر گرفتن تولید اقتصادی سویا در معادلهٔ مجموع ارزش نسبی درآمد، کشت مخلوط ۷۵-۲۵ (سویا-گل جعفری) دارای مطلوبترین ارزش نسبی بود. برای مثال در ارزیابی عملکرد و سودمندی کشت مخلوط سورگوم و لوبیا چشم بلبلی میانگین مجموع ارزش نسبی برابر با ۱/۴۶ گزارش شده است که نشان‌دهندهٔ نیاز ۴۶ درصدی به سطح بیشتری برای کشت خالص و تولید زیست‌توده خشک یکسان با کشت مخلوط است (Tesfaye, 2024). کشت خالص سویا و گل جعفری در این بررسی به ۰/۰۱ درصد سطح بیشتری برای تولید زیست توده یکسان با کشت مخلوط نیاز دارد. این در حالی است که عدم وجین دستی علف‌های‌هرز با نیاز ۰/۳۹ درصدی به سطح بیشتر می‌تواند زیست‌توده‌ای معادل زیست‌تودهٔ وجین دستی علف‌های‌هرز ایجاد کند.

Table 2. Analysis of variance for the intercropping usefulness indicators of soybean and marigold

S.O.V	df	Means of Squares			
		LER	Rya (GM)	RYb (TE)	RVT
Block	2	0.003^{ns}	0.007^{ns}	0.013^{*}	0.004^{ns}
Intercropping (I)	2	0.182^{**}	0.444^{**}	0.123^{**}	0.348^{**}
Hand-weeding (HW)	1	0.026^{ns}	0.432^{**}	0.243^{**}	0.704^{**}
I × HW	2	0.121^{**}	0.020^{ns}	0.045^{**}	0.025^{ns}
Error	10	0.007	0.008	0.001	0.009
CV (%)	-	8.02	13.79	9.63	11.75

** and ns denote significant and no significant difference at $P \leq 0.01$ respectively.

Table 3. Mean comparison for the land equivalent ratio index (LER) and the RYb of marigold

Intercropping	Weeding	Land Equivalent Ratio (LER)	RYb (TE)
75% GM+25% TE	Hand-weeding	1.27_{a}	0.26_{c}
50% GM+50% TE		1.06_{b}	0.36_{b}
25% GM+75% TE		0.67_{c}	0.35_{b}
75% GM+25% TE	Non-Hand-weeding	0.75_{c}	0.29_{bc}
50% GM+50% TE		0.67_{c}	0.68_{a}
25% GM+75% TE		0.41_{c}	0.70_{a}

Mean followed the same letters in each column are not significantly different at $P \leq 0.05$ by LSD multiple range test.

Table 4. Mean comparison of the RYa of soybeans and the Relative value total (RVT)

Intercropping	RYa (GM)	Relative Value Total (RVT)
75% GM+25% TE	0.904_{a}	1.015_{a}
50% GM+50% TE	0.691_{b}	0.867_{b}
25% GM+75% TE	0.364_{c}	0.543_{c}
Weeding		
Hand-weeding	0.808_{a}	1.006_{a}
Non-Hand-weeding	0.498_{b}	0.610_{b}

Mean followed the same letter in each column are not significantly different at $P \leq 0.05$ by LSD multiple range test.

زیست‌توده علف‌های‌هرز

مرحلهٔ سبز شدن سویا

برهم‌کنش نسبت‌های مختلف کشت مخلوط و وجین دستی علف‌های‌هرز در چهار مرحلهٔ سبز شدن، گلدهی، غلاف‌دهی و برداشت سویا بر زیست‌توده خشک علف‌های هرز در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۵). نتایج مقایسه میانگین‌ها نشان داد که در مرحلهٔ سبز شدن بیشترین زیست‌تودهٔ علف‌های‌هرز (۶/۲۱ گرم در مترمربع) در شرایط عدم وجین دستی از کشت مخلوط ۷۵-۲۵ (سویا-گل جعفری) و کمترین زیست‌تودهٔ خشک علف‌های‌هرز (صفر گرم در متر مربع) از کشت مخلوط ۷۵-۲۵ (سویا-گل جعفری) و کشت خالص سویا در شرایط وجین علف‌های‌هرز حاصل شد (جدول ۶). این موضوع بیانگر تأثیر قابل توجه انجام وجین دستی علف‌های‌هرز در این کشت مخلوط است. کشت مخلوط ۲۵-۷۵ (سویا-گل جعفری) و کشت خالص گل‌جعفری در شرایط عدم وجین علف‌های‌هرز (به‌ترتیب ۳/۱۲ و ۳/۲۸ گرم در متر مربع) دارای کمترین زیست‌تودهٔ‌خشک علف‌های‌هرز بودند (جدول ۶). سایر کشت‌های مخلوط از جمله ۵۰-۵۰ (سویا-گل جعفری) در شرایط وجین و عدم وجین دستی علف‌های هرز (۴/۸ گرم در متر مربع) تفاوت آماری معنی‌دار از نظر زیست‌تودهٔ علف‌های‌هرز نداشتند (جدول ۶). براساس نتایج در مقایسه وجین دستی علف‌های‌هرز با عدم وجین دستی می‌توان بیان کرد که کشت مخلوط ۲۵-۷۵ (سویا-گل جعفری) در مقایسه با کشت خالص گل جعفری سبب کاهش ۷۷/۳۶ درصدی زیست‌تودهٔ علف‌های‌هرز شد (جدول ۶). به نظر می‌رسد در این کشت مخلوط استفادهٔ گیاهچهٔ سویا از منابع در دسترس توأم با وجین دستی علف‌های‌هرز موجب عدم فراهمی شرایط مطلوب برای رشد علف‌های‌هرز شده باشد. اما به‌طور کلی نتایج این مرحله نشان داد که حضور نشای گل جعفری در مرحلهٔ سبز شدن سویا اثر قابل توجهی بر کاهش زیست‌تودهٔ علف‌های‌هرز در نسبت‌های مختلف کشت مخلوط نداشت و کاهش زیست‌توده علف‌های‌هرز در این مرحله ناشی از وجین دستی علف‌های‌هرز بود؛ زیرا گل جعفری چهار الی شش برگی دارای سطح تاج پوشش کافی برای پر کردن فضای بین ردیف‌ها نبود تا مانع از عدم فراهمی نور برای رشد و گسترش علف‌های‌هرز شود.

مرحلهٔ گلدهی سویا

کمترین زیست‌توده خشک علف‌های‌هرز در مرحلهٔ گلدهی از کشت خالص سویا و گل جعفری در عدم وجین دستی علف‌های‌هرز (به‌ترتیب ۱۰/۳۶ و ۸/۵۷ گرم در متر مربع) و کشت مخلوط ۲۵-۷۵ (سویا-گل جعفری) در وجین دستی علف‌های‌هرز (۸/۴۱ گرم در متر مربع) حاصل شد (جدول ۶). در این مرحله از نمونه‌برداری رقابت بین‌گونه‌ای سویا، گل جعفری و علف‌های‌هرز در بیشترین سطح بود که با توجه به مقاومت علف‌های‌هرز به شرایط نامطلوب و توان حداکثری در استفاده از منابع، علف‌های‌هرز زیست‌توده بیشتری در این مرحله داشتند. بنابراین نتایج نشان‌دهندهٔ آن است که با حضور دو گونهٔ متفاوت در نسبت‌های مختلف کشت‌های مخلوط، رقابت بین‌گونه‌ای این گیاهان با علف‌های‌هرز مطلوب نبوده است و وجین دستی و عدم وجین دستی در مقایسه با مرحلهٔ سبز شدن سویا تأثیر قابل توجهی در کاهش زیست‌توده خشک علف‌های‌هرز نداشته است (جدول ۶).

مرحلهٔ غلاف‌دهی

نتایج مقایسه میانگین‌های زیست‌توده علف‌های‌هرز در مرحلهٔ غلاف‌دهی نشان داد که کمترین زیست‌توده خشک علف‌های‌هرز از تیمارهای کشت خالص سویا و گل جعفری و کشت مخلوط ۲۵-۷۵ (سویا-گل جعفری) به‌ترتیب ۳۰/۷۳، ۳۰/۱۲ و ۲۶/۵۲ گرم در متر مربع به‌دست آمد (جدول ۶). بسته شدن کامل تاج پوشش سویا و گل جعفری در این مرحله می‌تواند یکی از مهم‌ترین دلایل کاهش زیست‌توده علف‌های‌هرز همراه با انجام وجین دستی علف‌های هرز نسبت به دو

مرحلهٔ پیشین (سبز شدن و گلدهی سویا) باشد. همچنین بیشترین زیست‌توده خشک علف‌های‌هرز (۲۰۵/۵۲ گرم در متر مربع) در عدم وجین دستی علف‌های‌هرز از کشت مخلوط ۲۵–۷۵ (سویا–گل جعفری) حاصل شد (جدول ۶).

مرحلهٔ برداشت سویا

نتایج مقایسه میانگین‌ها در مرحلهٔ برداشت سویا نشان داد که کمترین زیست‌توده خشک علف‌های‌هرز در این مرحله (۱۲ و صفر گرم در متر مربع) از کشت خالص سویا و گل جعفری و کشت مخلوط ۷۵–۲۵ و ۵۰–۵۰ (سویا–گل جعفری) به‌ترتیب ۸ و ۱۰/۸ گرم در متر مربع در وجین دستی علف‌های‌هرز به‌دست آمد (جدول ۶). کشت مخلوط ۵۰–۵۰ (سویا–گل جعفری) با ۳۱۰ گرم در متر مربع و کشت خالص گل‌جعفری با ۲۶۷/۳ گرم در متر مربع در شرایط عدم وجین دستی علف‌های‌هرز دارای بیشترین زیست‌تودهٔ خشک علف‌های‌هرز بودند (جدول ۶). اتمام دوره رشد گل جعفری در مرحلهٔ غلاف‌دهی و خشک‌شدن کامل بوته‌های گل جعفری در زمان برداشت سویا، بسته شدن کامل تاج پوشش سویا منجر به کاهش نفوذ نور به زیر سطح کانوپی شده و امکان جوانه‌زنی و رشد علف‌های‌هرز در این مرحله فراهم نبود.

به طور کلی اگرچه کنترل مکانیکی علف‌های‌هرز به روش وجین دستی برای مساحت‌های کلان غالباً ناکارآمد است، اما به عنوان یکی از روش‌های کنترل، قابلیت کاهش سطح برگ علف‌های‌هرز، کاهش استقرار، تولید و تکثیر بذر را در گونه‌های یکساله دارد (Monteiro and Santos, 2022). همانطور که در یک بررسی گزارش شده است که وجین دستی علف‌های‌هرز در مقایسه با عدم وجین دستی سبب کاهش زیست‌توده کل، تراکم سلمه‌تره، گاوزبان وحشی و شاه‌تره (به‌ترتیب ۱۷، ۱۶، ۱۶ و ۲۶ درصد) شد (Ahmadnia *et al.*, 2024). پژوهشگران در بررسی دیگری گزارش کرده‌اند که اگرچه کارایی علف‌کش‌هایی مانند اتال فلورالین، ایمازاتاپیر، تری‌فلورالین، متری بوزین، بنتازون و آلاکلر بر کنترل علف‌های‌هرز مؤثر بود؛ اما بیشترین عملکرد محصول سویا از تیمار وجین دستی علف‌های‌هرز به‌دست آمد (Fakhari *et al.*, 2020). همچنین پژوهشگران در بررسی دیگری گزارش کرده‌اند که برهم‌کنش کشت مخلوط گیاهان پوششی چاودار و ماشک گل‌خوشه‌ای در شرایط بدون وجین دستی علف‌های‌هرز باعث کاهش ۸۳/۲۴ درصدی زیست‌توده کل علف‌های‌هرز شد (Ahmadnia *et al.*, 2021). بنابراین بررسی نتایج چهار مرحلهٔ وجین و عدم وجین دستی علف‌های‌هرز در نسبت‌های مختلف کشت مخلوط سویا و گل جعفری علاوه بر اثر قابل توجه وجین دستی، توان رقابتی گونه‌های گیاهی بر بسته شدن تاج پوشش گیاهی و احتمالاً کاهش نفوذ نور، جوانه‌زنی و انجام فعالیت‌های فتوسنتزی توسط علف‌های‌هرز برای رشد و توسعه تأکید دارد.

Table 5. Analysis of variance for weed biomass at four stages

S.O.V	df	Mean of squares			
		Vegetative growth	Soybean flowering	Soybean podding	Harvesting
Block	2	0.050^{ns}	9.18^{ns}	113.40^{ns}	3861.91*
Intercropping (I)	2	16.68**	247.85**	4899.75**	12745.42**
Hand-weeding (HW)	1	15.03**	159.99*	58665.78**	350481.82**
I × HW	2	15.17**	261.83**	5466.75**	18966.15**
Error	10	0.60	32.49	52.44	721.39
CV (%)	-	25.16	27.50	9.10	17.26

Ns, *, ** and denote no significant and significant differences at 5% and 1%, respectively.

Table 6. Mean comparison for the intercropping combinations and hand-weeding at four stages of soybean growth stage

Intercropping	Weeding	Vegetative growth	Soybean flowering	Soybean podding	Harvesting
			($g.m^{-2}$)		
100% GM	Hand-weeding	5.77_{ab}	26.44_{ab}	30.73_{f}	12.00_{e}
100% TE		00.00_{e}	21.92_{b}	30.12_{f}	00.00_{e}
75% GM+25% TE		00.00_{e}	36.04_{a}	54.90_{d}	8.00_{e}
50% GM+50% TE		4.80_{b}	22.37_{b}	36.14_{ef}	10.80_{e}
25% GM+75% TE		1.30_{de}	8.41_{c}	26.52_{f}	206.64_{bc}
100% GM	Non-Hand-weeding	1.54_{d}	10.36_{c}	115.58_{c}	31.08_{e}
100% TE		3.28_{c}	8.57_{c}	43.74_{de}	267.33_{ab}
75% GM+25% TE		6.21_{a}	26.64_{ab}	118.60_{c}	188.66_{d}
50% GM+50% TE		4.80_{b}	21.38_{b}	135.22_{b}	310.00_{a}
25% GM+75% TE		3.12_{c}	25.12_{b}	205.52_{a}	241.32_{bc}

Mean followed the same letter in each column are not significantly different at $p \leq 0.05$ by LSD multiple range test. GM; *Glycin max* and TE; *Tagetes erecta* L.

عملکرد و اجزای عملکرد سویا

برهم‌کنش نسبت‌های مختلف کشت مخلوط و وجین دستی علف‌های‌هرز بر تعداد گره، تعداد غلاف در بوته، مجموع تعداد دانه در بوته، میانگین وزن غلاف‌ها با دانه، وزن دانه در غلاف، وزن تک بوته سویا در سطح احتمال یک و پنج درصد معنی‌دار بودند (جدول ۷). همچنین اثرات جداگانه نسبت‌های مختلف کشت مخلوط و وجین دستی بر ارتفاع بوته و وزن صد دانه در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۷).

ارتفاع بوته

نتایج مقایسه میانگین‌ها تفاوت آماری معنی‌داری از نظر ارتفاع بوته سویا در نسبت‌های مختلف کشت مخلوط نشان نداد (جدول ۱۰). با این حال بیشترین ارتفاع بوته (۱۲۳/۳ سانتی‌متر) از کشت مخلوط ۷۵-۲۵ (سویا-گل جعفری) حاصل شد (جدول ۱۰). همچنین بیشترین ارتفاع بوته سویا (۱۰۱/۴۱ سانتی‌متر) از تیمار وجین دستی علف‌های‌هرز حاصل شد (جدول ۱۰). نظرات متفاوتی توسط پژوهش‌گران در زمینه اثر علف‌های‌هرز بر ارتفاع بوته گیاهان گزارش شده است. با توجه به این که گیاهچه‌های جوان سویا قابلیت رقابت با بسیاری از علف‌های‌هرز سریع‌الرشد را ندارند؛ به همین دلیل کنترل علف‌های‌هرز در این دوره بیشترین اهمّیت را دارد (Sturm *et al*., 2018). در این آزمایش وجین دستی علف‌های‌هرز فضای لازم برای رشد بوته سویا را فراهم کرده و موجب افزایش ارتفاع بوته در این تیمار شده است. همانطور که در مطالعهٔ کیانی و همکاران (Kayani *et al*., 2013) گزارش شده است ارتفاع بوته یک گیاه علاوه بر ویژگی‌های ژنتیکی آن وابسته به شرایط محیطی می‌باشد. پژوهشگران در این بررسی گزارش کرده‌اند که بیشترین ارتفاع بوته ذرت (۱۲۴/۷۰ سانتی‌متر) از وجین دستی علف‌های‌هرز به‌دست آمد. در بررسی دیگری ارتفاع بوته لوبیا قرمز در تیمار عدم کنترل دستی علف‌های‌هرز کاهش قابل توجهی یافت (Roshdi *et al*., 2021).

تعداد گره در ساقهٔ سویا

بیشترین تعداد گره در ساقهٔ سویا (۲۶/۰۶ عدد) از کشت مخلوط ۷۵-۲۵ (سویا-گل جعفری) در وجین دستی علف‌های‌هرز حاصل شد (جدول ۹). کشت خالص سویا و کشت مخلوط ۵۰-۵۰ (سویا-گل جعفری) به‌ترتیب ۲۰/۲ و ۲۶/۰۶ عدد گره در ساقه در وجین دستی علف‌های‌هرز دارای تفاوت آماری معنی-داری نبودند (جدول ۹). کشت خالص سویا و کشت‌های مخلوط ۷۵-۲۵ و ۲۵-۷۵ (سویا-گل جعفری به‌ترتیب با ۱۴/۶، ۱۵/۶ و ۱۵/۳ عدد گره در ساقه نیز تفاوت آماری معنی‌داری نداشتند (جدول ۹). افزایش ارتفاع بوته در کشت مخلوط ۷۵-۲۵ (سویا و گل جعفری) و شرایط

مناسب برای رشد از طریق کاهش رقابت بین گونه‌ای سبب افزایش تعداد گره شده است.

تعداد غلاف در بوته

بیشترین تعداد غلاف در بوته از کشت‌های مخلوط ۲۵-۷۵ و ۵۰-۵۰ (سویا-گل جعفری) به‌ترتیب ۶۱/۱ و ۵۳/۲ عدد دربوته در وجین دستی علف‌های‌هرز به‌دست آمد (جدول ۹). وجین دستی علف‌های‌هرز در کشت‌های ۲۵-۷۵ و ۵۰-۵۰ (سویا-گل جعفری) موجب افزایش ۵۶/۴۶ و ۴۷/۷۴ درصدی تعداد غلاف در بوته شده بود. کاهش زیست‌توده علف‌های‌هرز و اتمام دورهٔ رشد گل جعفری در مرحلهٔ غلاف‌دهی و عدم حضور سبز آن در مرحلهٔ برداشت سویا به دلیل کاهش رقابت بین گونه‌ای منجر به بهبود اجزای عملکرد سویا شده است. سازوکارهای جبرانی و تنظیم دقیق منبع-مخزن نیز می‌تواند از دیگر دلایل بهبود فتوسنتز و تخصیص بیشتر مادهٔ خشک به اندام‌های زایشی باشد (Corassa *et al*., 2018) که در نهایت موجب افزایش تعداد غلاف در بوته می‌شود. پژوهشگران در بررسی تعداد غلاف در بوته سویا گزارش کرده‌اند که نسبت کاشت ۷۵ و ۲۵ (چیا-سویا) و کشت خالص سویا با میانگین ۹۹/۲۵ و ۶۲/۵۰ دارای بیشترین و کمترین تعداد غلاف بودند (Abbasi and Namdari, 2022). در بررسی کارایی علف‌کش‌های مختلف و وجین دستی علف‌های‌هرز بر عملکرد سویا گزارش شده که وجین دستی علف‌های‌هرز باعث افزایش تعداد غلاف در بوته می‌شود (Fakhari *et al*., 2020).

تعداد دانه در بوته

بیشترین تعداد دانه در بوته (۱۶۰/۳، ۱۲۶/۳ و ۱۳۳/۶) از کشت‌های مخلوط ۲۵-۷۵ و ۵۰-۵۰ (سویا-گل جعفری) وکشت خالص سویا در شرایط وجین دستی علف‌های‌هرز حاصل شد (جدول ۹). همچنین نتایج نشان داد که وجین دستی علف‌های‌هرز در کشت‌های مخلوط ۲۵-۷۵ و ۵۰-۵۰ (سویا-گل جعفری) و کشت خالص سویا در مقایسه با عدم وجین دستی علف‌های‌هرز موجب کاهش به‌ترتیب ۵۳/۵۴، ۳۵/۰۵و ۶۴/۵۵ درصدی تعداد دانه در بوته شد (جدول ۹). عملکرد کاهشی کشت مخلوط ۵۰-۵۰ (سویا-گل جعفری) به دلیل کاهش سهم ردیف‌های کاشت سویا در واحد سطح می‌باشد. اما از سوی دیگر، حضور بقایای گل جعفری در سطح کرت‌های کشت مخلوط ۵۰-۵۰ (سویا-گل جعفری) و کاهش زیست‌توده علف‌های‌هرز در مرحلهٔ برداشت، می‌تواند ناشی از خاصیت دگرآسیبی گل جعفری باشد، زیرا نتایج حاصل از این کشت مخلوط بیانگر اثر سودمند کشت مخلوط ۲۵-۷۵ (سویا-گل جعفری) بدون نیاز به وجین دستی علف‌های‌هرز برای حصول ۸۵/۲ تا ۹۳/۹ دانه در بوته است. همچنین در سایر نسبت‌های مختلف کشت مخلوط نیز وجین دستی علف‌های‌هرز در سه مرحلهٔ سبز شدن، گلدهی و غلاف‌دهی (جدول ۶) و کاهش قابل توجه زیست‌توده علف‌های‌هرز در مرحلهٔ برداشت عملکرد سویا (جدول ۶) می‌تواند از دلایل مهم افزایش تعداد دانه در بوته باشد. برای مثال کشت مخلوط ذرت با سویا منجر به کاهش زیست‌توده علف‌های‌هرز در کشت مخلوط در مقایسه کشت خالص ذرت شد، به‌طوری که پژوهشگران بیان کردند سویا با کاهش آشیان اکولوژیک برای رشد علف‌های‌هرز سبب سرکوب آن‌ها شد (Berdjour *et al*., 2019).

وزن غلاف‌ها با دانه در تک بوته

بیشترین میانگین وزن غلاف با دانه (۳۳ گرم در تک بوته) از کشت مخلوط ۲۵-۷۵ (سویا-گل جعفری) در وجین دستی علف‌های هرز حاصل شد (جدول ۹). این در حالی است که این تیمار در شرایط عدم وجین علف‌های‌هرز دارای میانگین وزن غلاف ۱۰/۱ گرم در تک بوته بود (جدول ۹). وجین دستی علف‌های‌هرز در سه مرحلهٔ سبز شدن، گلدهی و غلاف‌دهی موجب افزایش ۶۹/۳۹ درصدی میانگین وزن غلاف درکشت مخلوط ۲۵-۷۵ (سویا-گل جعفری) شده بود (جدول ۹). میانگین وزن غلاف سویا در کشت‌های مخلوط ۲۵-۷۵، ۵۰-۵۰ و ۲۵-۷۵ (سویا-گل جعفری) در وجین دستی در مقایسه

با عدم وجین دستی علف‌های‌هرز به ترتیب ۶۱/۸۱، ۴۸/۳۶، ۳۳/۳۳، ۷/۳۳، ۳۱/۴۴ و ۲۱/۵۸ درصد کاهش یافتند (جدول ۹). بنابراین همانطور که نتایج شاخص برابری زمین و مجموع ارزش نسبی نشان می‌دهد برای افزایش اجزای عملکرد سویا به ترتیب کشت‌های مخلوط ۷۵-۲۵، ۵۰-۵۰ و ۲۵-۷۵ (سویا-گل جعفری) در مقایسه با کشت خالص سویا دارای سودمندی‌های بیشتری بودند. برخی از پژوهشگران بیان کرده‌اند که سویا قدرت رقابت بالایی در کشت مخلوط داشته و توانایی بیشتری برای جذب منابع طبیعی در مقایسه با کشت خالص دارد (Yang *et al*., 2013). همچنین پژوهشگران بیان کرده‌اند که رابطهٔ مستقیمی بین عملکرد دانه و رقابت بین گونه‌ای در کشت مخلوط وجود دارد (Hu *et al*., 2016). با توجه به مطالب بیان شده و با در نظر گرفتن اتمام دورهٔ رشد گل جعفری، کاهش رقابت بین گونه‌ای (سویا و علف‌های‌هرز) در نتیجه بسته شدن تاج پوشش گیاهی و افزایش توان فتوسنتزی سویا (Abbasi and Namdari, 2022) سهم بیشتری از فعالیت‌های فتوسنتزی به غلاف و دانه اختصاص یافته است.

وزن دانه در غلاف

بیشترین وزن دانه در غلاف (۲۱ گرم در بوته) همسو با اجزای عملکرد سویا در کشت مخلوط ۷۵-۲۵ (سویا-گل جعفری) در وجین دستی علف‌های‌هرز ثبت شد (جدول ۹). این در حالی است که وزن دانه در غلاف در عدم وجین دستی علف‌های‌هرز در کشت مخلوط ۷۵-۲۵ (سویا -گل جعفری) ۵/۷ گرم در بوته بود (جدول ۹) که بیانگر اثر وجین دستی علف‌های‌هرز بر افزایش ۷۲/۸۵ درصدی وزن دانه در غلاف در کشت مخلوط است (جدول ۹). کشت‌های مخلوط ۵۰-۵۰ و ۲۵-۷۵ (سویا-گل جعفری) در وجین دستی علف‌های‌هرز به‌ترتیب ۱۵/۴ و ۱۱/۵۳ گرم در بوته و در عدم وجین دستی علف‌های‌هرز به‌ترتیب ۸/۲ و ۷/۲ گرم در بوته وزن دانه در غلاف داشتند (جدول ۹). وجین دستی علف‌های‌هرز در کشت‌های مخلوط ۵۰-۵۰ و ۲۵-۷۵ (سویا-گل جعفری) موجب افزایش ۴۶/۷۵ و ۳۷/۵۵ درصدی وزن دانه در غلاف در مقایسه با عدم وجین دستی علف‌های‌هرز شد (جدول ۹). افزایش کارایی گیاه سویا در کشت مخلوط توسط دیگر پژوهشگران نیز گزارش شده است (Yang *et al.* 2018). در این آزمایش کاهش تعداد ردیف کاشت گل جعفری در کشت مخلوط سبب افزایش وزن دانه با غلاف در سویا شده بود. وجین دستی علف‌های‌هرز و کاهش رقابت منجر به ایجاد فضای کافی برای رشد و فعالیت‌های جبرانی منبع- مخزن برای تخصیص بیشتر مواد فتوسنتزی به دانه شده بود (Corassa *et al*., 2018; Ahmadnia *et al*., 2021). همانطور که پژوهشگران بیان کرده‌اند برآیند عملکرد دو گونه در کشت مخلوط و افزایش عملکرد سویا نشان از رقابت مکملی مثبت است (Abbasi and Namdari, 2022). برای مثال در پژوهشی عملکرد دانه سویا در نسبت‌های مختلف کاشت با گیاه چیا برابر با ۴۱۷۷ کیلوگرم در هکتار گزارش شده است که پژوهشگران سهم مشارکت سویا را بیشتر از چیا اعلام نموده‌اند (Abbasi and Namdari, 2022).

وزن صد دانه سویا

وزن صد دانه سویا در کشت خالص و کشت‌های مخلوط تفاوت آماری معنی‌داری نداشت (جدول ۱۰). همچنین نتایج مقایسه میانگین‌ها نشان داد که بیشترین وزن صد دانه سویا (۱۰/۲۶ گرم) مربوط به تیمار وجین دستی علف‌های‌هرز بود (جدول ۱۰). عدم وجین دستی در مقایسه با وجین دستی موجب کاهش ۲۲/۷۰ درصدی وزن صد دانه شد (جدول ۱۰). افزایش وزن دانه سویا در تیمار وجین دستی علف‌های‌هرز وابسته به فراهمی شرایط محیطی مناسب برای جذب منابع و سازوکارهای مرتبط منبع و مخزن می‌باشد (Stomph *et al*., 2020). بنابراین می‌توان بیان نمود که در نسبت‌های مختلف کشت مخلوط سویا و گل جعفری، عدم وجین دستی

علف‌های‌هرز منجر به ایجاد رقابت بین‌گونه‌ای شدید شده و کاهش وزن صد دانه را به همراه داشت. کاهش وزن دانه گیاهان زراعی در سیستم کشت مخلوط توسط برخی از پژوهشگران نیز گزارش شده است (Zhu *et al.*, 2016; Ehsanifar *et al.*, 2015).

وزن تک بوتهٔ سویا

نتایج مقایسه میانگین‌ها نشان داد که بیشترین وزن تک بوته سویا در کشت‌های مخلوط ۷۵–۲۵ و ۵۰–۵۰ (سویا–گل جعفری) به‌ترتیب ۴۴/۳ و ۴۱/۰۶ گرم در وجین دستی علف‌های‌هرز ثبت شد (جدول۹). وزن تک بوته سویا در نسبت‌های مختلف کشت مخلوط و کشت خالص در عدم وجین دستی علف‌های‌هرز تفاوت آماری معنی‌داری نداشتند (جدول ۹). افزایش وزن تک بوته در کشت‌های مخلوط ۷۵–۲۵ و ۵۰–۵۰ (سویا–گل جعفری) می‌تواند به دلیل تعداد ردیف‌های کاشت سویا و همچنین اتمام دوره رشد گل جعفری در مرحلهٔ غلاف‌دهی در کشت‌های مخلوط باشد. از سوی دیگر فراهمی شرایط محیطی، جذب بیشتر منابع توسط سویا و همچنین افزایش سازوکارهای مرتبط با تخصیص مادهٔ خشک به اندام هوایی سبب افزایش وزن تک بوته سویا شده است (Stomph *et al.*, 2020; Luca *et al.*, 2014).

عملکرد و اجزای عملکرد گل جعفری

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که برهم‌کنش نسبت‌های مختلف کشت مخلوط و وجین دستی علف‌های‌هرز بر وزن تر و خشک کل بوته گل جعفری، ارتفاع بوته و تعداد گل در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۸).

ارتفاع بوتهٔ گل جعفری

کشت خالص گل جعفری، کشت‌های مخلوط ۷۵–۲۵ (سویا–گل جعفری) و ۲۵–۷۵ (گل جعفری–سویا) در عدم وجین دستی علف‌های‌هرز (به‌ترتیب ۵۶، ۴۸/۳ و ۵۸ سانتی‌متر) تفاوت آماری معنی‌داری نداشتند (جدول ۱۱). ارتفاع بوته در کشت خالص گل جعفری، کشت‌های مخلوط ۷۵–۲۵ (سویا–گل جعفری) و ۲۵–۷۵ (گل جعفری–سویا) در عدم وجین دستی علف‌های‌هرز به‌ترتیب ۳۸/۷۵، صفر و ۴۲/۰۶ درصد کاهش یافت (جدول ۱۱). وجین و عدم وجین دستی علف‌های‌هرز در کشت مخلوط ۷۵–۲۵ (سویا–گل جعفری) تأثیری بر ارتفاع بوته نداشت. به نظر می‌رسد تراکم ۷۵ درصدی سویا در این کشت مخلوط و بسته شدن تاج پوشش گیاهی سویا موجب کنترل گسترش علف‌های‌هرز و عدم نیاز به وجین دستی شده است. افزایش ارتفاع بوته در وجین دستی علف‌های‌هرز در کشت‌های مخلوط می‌تواند به دلیل تأثیرپذیری گل‌جعفری از تاج پوشش سویا باشد که احتمالاً گل جعفری از طریق تخصیص مواد فتوسنتزی بیشتر سبب طویل شدن ساقه برای دریافت بیشتر نور و توسعه برگ شده است (Abbasi and Namdari, 2023). از سوی دیگر کاهش تعداد ردیف‌های سویا در کشت خالص گل جعفری و کشت مخلوط ۲۵–۷۵ (سویا–گل جعفری) و توان رقابتی پایین گل جعفری در مقابله با علف‌های‌هرز در شرایط عدم وجین دستی از مهم‌ترین دلایل کاهش ارتفاع بوتهٔ گل جعفری می‌باشد.

تعداد گل در بوته

بیشترین تعداد گل در بوته مربوط به کشت خالص گل جعفری و کشت مخلوط ۲۵–۷۵ (سویا–گل جعفری) به‌ترتیب ۲۲ و ۲۳ گل در بوته در وجین دستی علف‌های‌هرز بود (جدول ۱۱). عدم وجین دستی علف‌های‌هرز در کشت خالص گل جعفری و کشت مخلوط ۷۵–۲۵ (سویا–گل جعفری) موجب کاهش ۶۸/۱۸ و ۵۲/۱۷ درصدی تعداد گل در بوته شد (جدول ۱۱). با وجود کاهش وزن تر و خشک گل جعفری در کشت مخلوط ۷۵–۲۵ (سویا–گل جعفری) در وجین دستی علف‌های‌هرز، این کشت مخلوط با ۱۵ عدد گل در بوته دارای بیشترین تعداد گل بود (جدول ۱۱). عدم وجین دستی علف‌های‌هرز در کشت مخلوط ۷۵–۲۵ (سویا–گل جعفری) موجب کاهش ۶۹/۳۳ درصدی تعداد گل شد (جدول ۱۱). کاهش تعداد گل در کشت مخلوط

۲۵-۷۵ (سویا-گل جعفری) می‌تواند به صورت غیرمستقیم وابسته به سایه‌اندازی گیاه سویا بستگی داشته باشد که منجر به افزایش مصرف مواد فتوسنتزی برای افزایش ارتفاع و توسعه برگ شده است؛ که در نهایت سبب کاهش تخصیص مواد فتوسنتزی به اندام‌های زایشی از جمله گل در گیاه گل جعفری می‌شود. برای مثال در پژوهشی بیان شده است که تعداد گل آذین در بوته چیا به دلیل کاهش تخصیص مواد فتوسنتزی به اندام‌های زایشی در نسبت‌های مختلف کشت مخلوط (۵۰:۵۰ و ۲۵:۷۵ چیا-سویا) به میزان ۳۹ و ۵۱ درصد کاهش یافت (Abbasi and Namdari, 2022).

وزن تر و خشک کل بوته

بیشترین وزن تر کل (۳۹۴۸/۳ گرم در متر مربع) از کشت خالص گل جعفری در وجین دستی علف‌های‌هرز حاصل شد (جدول ۱۱). همچنین نتایج نشان داد که وزن تر بوته گل جعفری در کشت خالص گل جعفری در عدم وجین دستی علف‌های‌هرز ۶۱/۵۰ درصد کاهش یافت (جدول ۱۱). این موضوع اهمّیت وجین دستی علف‌های‌هرز و تأثیر آن بر عملکرد گل جعفری را برجسته می‌کند. کشت‌های مخلوط ۷۵-۲۵، ۵۰-۵۰ و ۷۵-۲۵ (سویا-گل جعفری) در وجین دستی و عدم وجین دستی علف‌های‌هرز تفاوت آماری معنی‌داری نداشتند (جدول ۱۱). نتایج مقایسه میانگین‌ها نشان داد که همسو با وزن تر کل بوته، بیشترین وزن خشک گل جعفری (۱۵۲۰ گرم در متر مربع) مربوط به کشت خالص گل جعفری در وجین دستی علف‌های‌هرز بود (جدول ۱۱). عدم وجین دستی علف‌های‌هرز در کشت خالص گل جعفری نیز سبب کاهش ۶۵/۴۶ درصدی وزن خشک کل بوته گل جعفری شد (جدول ۱۱). وزن خشک کل بوته در کشت مخلوط ۵۰-۵۰ و ۲۵-۷۵ (سویا-گل جعفری) در وجین دستی علف‌های‌هرز به‌ترتیب ۵۵۳ و ۵۴۶ گرم در متر مربع و در عدم وجین دستی علف‌های‌هرز به‌ترتیب ۳۵۳ و ۳۶۷ گرم در متر مربع بود (جدول ۱۱). گل جعفری گونه مغلوب در بهره‌برداری از سودمندی‌های کشت مخلوط و مکملی برای بهبود عملکرد سویا بود، زیرا اگرچه انتظار می‌رفت با مدیریت کنترل علف‌های‌هرز هر دو گونهٔ گیاهی در کشت‌های مخلوط با بهرمندی از سودمندی‌های کشت بیشترین عملکرد را داشته باشند، اما گل جعفری بیشترین وزن تر و خشک را در کشت خالص و در شرایط وجین دستی علف‌های‌هرز نشان داد. نتایج عدم وجین دستی علف‌های هرز نشان‌دهنده توان رقابتی اندک گل جعفری در مقابل علف‌های‌هرز بود. این در حالی است که در برخی از مطالعات به بهرمندی هر دو گونهٔ گیاهی از کشت مخلوط اشاره شده است. برای مثال در بررسی اثر کشت مخلوط گل جعفری با گوجه فرنگی گزارش شده که بیشترین تعداد برداشت محصول گوجه‌فرنگی (۳/۹۱ برداشت)، تعداد میوهٔ گوجه فرنگی (۴۵/۸۹ عدد)، بیشترین عملکرد قابل فروش (۲۴/۳ تن در هکتار) از تراکم ۵۰ درصد گل جعفری و گوجه‌فرنگی به‌دست آمد (Dikr and Belete, 2021).

به طور کلی در دهه‌های اخیر کاهش تنوع در کشاورزی باعث توجه به ایجاد تنوع در نظام‌های کشاورزی، گونه‌های زراعی و عملیات مدیریتی مزرعه به عنوان روشی برای حفظ امنیت غذایی و کاهش خطرپذیری در نظام‌های زراعی شده است (Roshenas *et al*., 2024). یکی از راه‌های افزایش تنوع در بوم-نظام‌های کشاورزی استفاده از کشت مخلوط است که در مطالعات بسیاری به فواید آن اشاره شده است (Abbasi and Namdari, 2023; Khosravi *et al*., 2021; Nurbaksh *et al*., 2016). با توجه به نتایج کلی شاید بتوان بیان کرد که علاوه بر در نظر گرفتن فضای رشد در بین ردیف‌های کاشت سویا، انتخاب دو گونهٔ گیاهی مناسب از نظر دورهٔ رشد و صفات فنوتیپ تقریباً یکسان بتواند بر استفاده کارآمد از مزیت‌های کشت مخلوط تأثیرگذارتر باشد.

Table 7. The results of analysis of variance for soybean yield and yield components under intercropping

S.O.V	df	Means of Squares							
		Plant height	Number of nodes	Number of pods per plant	The total number of grains per plant	Pods + grain weight	Grain weight per pods	100 seed weight	Weight of single soybean plant
Block	2	129.05^{ns}	1.57^{ns}	9.25^{ns}	96.06^{ns}	11.30^{ns}	2.77^{ns}	0.40^{ns}	20.69^{ns}
Intercropping (I)	4	15991.30**	419.90**	1861.44**	12348.14**	452.82**	169.49**	156.63**	1177.79**
Hand-weeding (HW)	1	2826.58**	182.53**	1328.00**	15645.40**	235.20**	96.19**	40.83**	1268.80**
I × HW	4	216.75^{ns}	20.73*	414.50**	2817.23**	174.91**	89.01**	3.33^{ns}	89.78*
Error	18	124.71	4.95	22.71	287.92	7.83	5.57	1.73	21.04
CV (%)	--	12.17	15.08	15.58	21.18	20.01	28.98	14.46	18.74

NS, *, and ** denote no significant and significant difference at 5% and 1%, respectively.

Table 8. The results of analysis of variance yield and yield components of marigold

S.O.V	df	Means of Squares			
		Plant fresh weight	Plant dry weight	Number of flowers per plant	Plant height
Block	2	130598.76^{ns}	10939.600^{ns}	3.33^{ns}	1.90^{ns}
Intercropping (I)	4	5965883.88**	838553.050**	258.05**	2480.71**
Hand-weeding (HW)	1	2616658.01**	792512.533**	448.53**	853.33**
I × HW	4	1609210.72**	223840.117**	66.95**	204.91**
Error	18	50874.68	4336.15	4.48	23.97
CV (%)	--	18.98	14.88	21.31	14.57

NS, *, and ** denote no significant and significant difference at 5% and 1%, respectively.

Table 9. Mean comparison of the interaction effect of intercropping combinations and hand-weeding of weeds on soybean yield and yield components

Intercropping	Weeding	Number of nodes	Number of pods per plant	The total number of grains per plant	Pods + grain weight	Grain weight per pods	Weight of one soybean plant
		Number per plant			g per plant		
100% GM	Hand-weeding	20.20_{ab}	32.80_{bcd}	133.60_{ab}	12.60_{de}	6.20_{d}	34.50_{b}
100% TE		00.00_{e}	00.00_{f}	00.00_{e}	00.00_{f}	00.00_{e}	00.00_{d}
75% GM+25% TE		26.06_{a}	61.10_{a}	160.80_{a}	33.00_{a}	21.00_{a}	44.30_{a}
50% GM+50% TE		20.20_{b}	53.20_{a}	126.30_{b}	24.40_{b}	15.40_{b}	41.06_{ab}
25% GM+75% TE		19.50_{c}	39.00_{b}	93.90_{c}	18.90_{c}	11.53_{bc}	34.90_{b}
100% GM	Non-Hand-weeding	14.60_{d}	30.20_{cde}	26.06_{d}	10.90_{e}	6.04_{e}	19.20_{c}
100% TE		00.00_{e}	00.00_{f}	00.00_{e}	00.00_{f}	00.00_{e}	00.00_{d}
75% GM+25% TE		15.60_{d}	26.60_{e}	57.00_{d}	10.10_{e}	5.70_{d}	24.06_{c}
50% GM+50% TE		15.70_{cd}	27.80_{de}	82.03_{cd}	15.90_{cd}	8.20_{cd}	24.60_{c}
25% GM+75% TE		15.30_{cd}	37.00_{bc}	85.20_{cd}	13.90_{ed}	7.20_{d}	22.00_{c}

Mean followed the same letter in each column are not significantly different at $p \leq 0.05$ by LSD multiple range test.

Table 10. Mean comparison of the separate effects of intercropping and hand-weeding on soybean plant height and 100 grain weight

Intercropping	Plant height	100 grain weight
100% GM	115.46_{ab}	11.00_{a}
100% TE	00.00_{c}	00.00_{b}
75% GM+25% TE	123.33_{a}	12.16_{a}
50% GM+50% TE	113.20_{ab}	11.00_{a}
25% GM+75% TE	106.23_{b}	11.33_{a}
Weeding		
Hand-weeding	101.41_{a}	10.26_{a}
Non-Hand-weeding	82.00_{b}	7.93_{b}

Mean followed the same letter in each column are not significantly different at $p \leq 0.05$ by LSD multiple range test.

Table 11. Mean comparison of the effect of intercropping and hand- weeding on marigold

Intercropping	Weeding	Plant fresh weight	Plant dry weight	Number of flowers per plant	Plant height
		($g.m^{-2}$)			(cm)
100% GM	Hand-weeding	00.00_{d}	00.00_{e}	00.00_{f}	00.00_{f}
100% TE		3948.30_{a}	1520.00_{a}	22.00_{a}	56.00_{ab}
75% GM+25% TE		907.50_{c}	405.30_{c}	15.00_{b}	48.30_{b}
50% GM+50% TE		1027.30_{c}	553.30_{b}	9.00_{cd}	32.30_{cd}
25% GM+75% TE		1533.30_{b}	546.00_{b}	23.00_{a}	58.00_{a}
100% GM	Non-Hand-weeding	00.00_{d}	00.00_{e}	00.00_{f}	00.00_{f}
100% TE		1520.00_{b}	525.00_{b}	7.00_{de}	34.30_{c}
75% GM+25% TE		820.00_{c}	154.00_{d}	4.60_{e}	48.30_{b}
50% GM+50% TE		941.60_{c}	353.00_{c}	7.60_{cde}	25.00_{d}
25% GM+75% TE		1181.60_{bc}	367.30_{c}	11.00_{c}	33.60_{c}

Mean followed the same letter are not significantly different at $p \leq 0.05$ by LSD multiple range test.

نتیجه‌گیری

کشت‌های مخلوط ۷۵-۲۵ و ۵۰-۵۰ (سویا-گل جعفری) همراه با وجین دستی علف‌های‌هرز با کنترل مناسب زیست‌توده علف‌های‌هرز دارای مطلوبترین نسبت برابری زمین بود. این امر علاوه بر برجسته نمودن هزینه‌های بالای کنترل علف‌های‌هرز به روش دستی در مزارع کشاورزی وسیع بیانگر آن است که کشت مخلوط می‌تواند اثر قابل توجهی بر کنترل علف‌های‌هرز داشته باشد. عملکرد جزئی سویا و گل جعفری در کشت‌های مخلوط ۷۵-۲۵ و ۲۵-۷۵ (سویا-گل جعفری) به‌ترتیب بیشترین عملکرد سویا و گل جعفری را داشتند؛ که به لزوم توجه به اهمیت بالای یک گونه گیاهی هدف در کشت مخلوط از نظر بازدهٔ اقتصادی تأکید دارد. مجموع ارزش نسبی سیستم بیانگر بالا بودن درآمد خالص کشت سویا در برابر گل جعفری بود. به‌طور کلی اگرچه مناسب‌ترین نسبت کاشت، کشت مخلوط ۷۵-۲۵ (سویا-گل جعفری) در وجین دستی علف‌های‌هرز از نظر افزایش عملکرد و اجزای عملکرد بود، اما پیشنهاد می‌گردد که علاوه بر توجه به فضای خالی در بین ردیف‌های کاشت سویا برای انتخاب گونهٔ گیاهی، مناسب است که گیاهانی با دورهٔ رشد و صفات فنوتیپی (ظاهری) تقریباً یکسان برای استفاده کارآمدتر از مزیت‌های کشت مخلوط در نظر گرفته شود.

سپاس گزاری

نویسندگان بر خود لازم می‌دانند مراتب تشکر و قدردانی خود را از مسئولین محترم آزمایشگاه‌های گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه محقق اردبیلی که در اجرای این پژوهش ما را یاری نمودند، ابراز نمایند.

References

Abbasi, R., & Namdari, M. (2022). Study of soybean (*Glycin max* (L) Merrill) and Chia (*Salvia hispanica* L.) competition in the different intercropping ratios based on replacement methods. *Plant Productions*, 4(5), 1-14.

Abbasi, R., & Namdari, M. (2023). Effect of soybean and sesame intercropping on grain yield and yield components under the low-nitrogen condition. *Iranian Journal of Field Crop Science*, 54(1), 1-10. [In Persian]

Ahmadnia, F., Ebadi, A., & Gudarzi, M. (2021). Interaction effect of cover crop residues and hand weeding of weeds on iceberg lettuce (*Lactuca sativa* var. Iceberg) yield. *Journal of Crop Ecophysiology*, 15(4), 574-555. [In Persian]

Ahmadnia, F., Ebadi, A., Hashemi, M., Ghavidel, A., & Alebrahim, M.T. (2024). Impact of some cover crops and hand-weeding on the yield of spinach (*Spinacia oleracea* L.). *Journal of Vegetables Sciences*, 15(1), 109-134. [In Persian]

Amini, R., Shamayeli, M., & Dabbagh Mohammadi Nasab, A. (2014). Yield and relative advantage of sunflower intercropping at different patterns with soybean and corn. *Journal of Agroecology*, 6(3), 529-541. [In Persian]

Bagheri Shirvan, M., Zaefarian, F., Akbarpour, V., & Asadi, G.A. (2012). Evaluation of yield advantage and economic productivity of soybean (*Glycine max* L.) intercropping with sweet basil (*Ocimum basilicum* L.) and borage (*Borago officinalis* L.). *Journal of Agroecology*, 2(2), 42-57. [In Persian]

Berdjour, A., Dugje, I.Y., Dzomeku, I.K., & Rahman, N.A. (2020). Maize–soybean intercropping effect on yield productivity, weed control and diversity in northern Ghana. *Weed Biology and Management*, 20, 69-81.

Corassa, G.M., Amado, T.J., Strieder, M.L., Schwalbert, R., Pires, J.L.F., Cater, P.R., & Ciampitti, I.A. (2018). Optimum soybean seeding rates by yield environment in Southern Brazil. *Agronomy Journal*, 110(6), 1-9.

Dikr, W., & Belete, K. (2021). Intercropping of African marigold (*Tagetes erecta* Linnaeus (*Asteraceae*)) varieties at different plant density with Tomato (*Solanum iycopersicum* Linnaeus (*Solanaceae*)) on yield related traits and yield of tomato at Wondo Genet, Southern Ethiopia. *Journal of Biology, Agriculture and Healthcare*, 11(6): 1-18.

Ehsanifar, A. R., Dahmardeh, M., & Khamari, I. (2015). Effect of different tillage systems on yield and yield components in cowpea-millet intercropping. *Indian Journal of Science and Technology*, 8(11), 1-8.

Fakhari, R., Tobeh, A., Alebrahim, M., Mehdizadeh, M., & Karbalaei Khiavi, H. (2020). Comparison of different herbicides effectiveness in weed control and soybean (*Glycin max* L.) yield and yield components. *Iranian Journal of Weed Science*, 16(1), 109-120.

Ghani, M., Kulkarni, K.P., Song, G.T., Shannon, L.G., & Lee J. D. (2016). Soybean sprouts; A review of nutrient composition, health benefits and genetic variation. *Plant Breeding and Biotechnology*, 4, 398-412.

Gorooei, A., Aaynehband, A., & Rahnama, A. (2024). The impact of conventional, sustainable, and organic farming systems on grain yield and energy use efficiency in sesame (*Sesamum indicum* L.), mung bean (*Vigna radiate* L.) and maize (*Zea mays* L.). *Plant Productions,* 47(2), 179-193. [In Persian]

Ho, P.T. (1975). The cradle of the east: an inquiry into the indigenous origins of techniques and ideas of neolithic and early historic china, 5000–1000 BC. *The Chinese University of Hong Kong, Hong Kong and The University of Chicago Press, Hong Kong, Chicago, and London,* pp.440.

Hu, F., Gan, Y., Chai, Q., Feng, F., Zhao, C., Yu, A., Mu, Y., & Zhang, Y. (2016). Boosting system productivity through the improved coordination of interspecific competition in maize-pea strip intercropping. *Field Crop Research*, 198(1), 50-60.

Jokar, M., Dastori, M., & Bahrani, A. (2021). Effect of extract of different organs of Marigold (*Tagetes erecta*) medicinal plant on germination and growth characteristics of some weeds. *Journal of Seed Research*, 11(3), 47-61. [In Persian]

Kayani, S., Alizadeh, O., Afshan, F.B., & Zakirnejad, S. (2013). Investigating the effect of weeding time on species composition, plant density, dry weight and physiological characteristics of sweet corn weeds in Ahvaz. *Crop Physiology Journal*, 4(15), 99-112.

Khosravi, M., Tavassoli, A., Piri, L., & Babaeian, M. (2021). effect of weeds management on yield and nutrient content of Sesame (*Sesamum indicum* L.) and Bean (*Phaseolus vulgaris* L.) in intercropping. *Agricultural Science and Sustainable Production*, 31(4), 1-16. [In Persian]

Kotecki, A. (2020). Plant Cultivation, Volume 3; Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu: Wrocław, Poland, pp. 161–206.

Luca, M.J.D., & Hungria, M. (2014). Plant densities and modulation of symbiotic nitrogen fixation in soybean. *Scientia Agricola*, 71(3), 181-187.

Martyniuk, S. (2012). Scientific and practical aspects of legume symbiosis with nodule bacteria. *Agronomy Journal*, 9, 17-21.

Mazaheri, D. (1998). Mixed Planting. University of Tehran Printing and Publishing Institute, pp. 262.

Mehni, J., Mahdavi, B., Azari, A., Afkar, S., & Elahe Hashemi, S. (2020). Evaluation of yield and productivity indices of black cumin and fenugreek intercropping under weedy and weed-free conditions. *Iranian Journal of Field Crop Science*, 51(3), 73-87. [In Persian]

Monteiro, A., & Santos, S. (2022). Sustainable Approach to Weed Management: The Role of Precision Weed Management. *Agronomy,* 12, 118.

Nurbaksh. F., Koocheki, A., & Mahallati, M. N. (2016). Evaluation of yield, yield components and different intercropping indices in mixed and row intercropping of sesame (*Sesamum indicum* L.) and bean (*Phaseolus vulgaris* L.). *Iranian Journal of Pulses Research*, 6(2), 73-86. [In Persian]

Nusrat, A., Agrawal, N., & Kumar, J. (2018). Bio-herbicides for sustainable and eco-friendly weed control: a review. *International Journal of Advanced Research*, 6(12), 550-561.

Qutierrez, R.M.P., Iuna, H.H., & Garrido, S.H. (2016). Antioxidant activity of Tagetes erecta essential oil. *Journal of the Chilean Chemical Society*, 2(18), 883-886.

Rezaei-Chianeh, E., Dabbagh Mohammadi Nassab, A., Shakiba, M.R., Ghassemi-Golezani, K., & Aharizad, S. (2011). Study of some agronomical characteristics of maiza in intercropping with faba bean. *Journal Sustainable Production Science*, 21(2), 1-14. [In Persian]

Roshdi, M., Kazem alilou, M., & Kazem Alilou, S. (2021). The effect of plant density and weed growth control methods on vegetative traits and yield of red beans, *Journal of Crop Production and Processing*, 10(4), 125-138.

Roshenas, R., Parsinjad, M., Mirzai, F., & Guderzvand Chegini, K. (2024). Investigating the effect of intercropping of Sugar Beet with peas and beans on the yield and productivity of water and land. *Iranian Journal of Irrigation and Drainage*, 18(3), 503-514. [In Persian]

Stomph, T., Dordas, C., Baranger, A., de Rijk, J., Dong, B., Evers, J., Gu, C., Li, L., Simon, J., Jensen, E. S., Wang, Q., Wang, Y., Wang, Z., Xu, H., Zhang, C., Zhang, L., Zhang, W., Bedoussac, L., & Werf, W. V. (2020). Designing intercrops for high yield, yield stability and efficient use of resources: Are there principles? In: D.L. Sparks (Ed.). *Advances in Agronomy*, (pp. 1-50) Elsevier Inc.

Sturm, D.J., Peteinatos, G., & Gerhards, R. (2018). Contribution of allopathic effects to the overall weed suppression by different cover crops. *Weed Research*, 58(5), 331-337.

Tesfaye, W. (2024). A study of the effect of sorghum varieties and cowpea intercropping on land productivity and competition index in fedis district, Eastern Ethiopia. *American Journal of Bioscience and Bioengineering*, 12(4), 62-67.

Vrignon-Brenasa, S., Celettea, F., Amossec, C., & David, C. (2016). Effect of spring fertilization on ecosystem services of organic wheat and clover relay intercrops. *European Journal of Agronomy*, 73, 73-82.

Wang, Z., Zhao, X., Wu, P., He, J., Chen, X., Gao, Y., & Cao, X. (2015). Radiation interception and utilization by wheat/maize strip intercropping systems. *Journal of Agricultural and Forest Meteorology*, 204, 58-66.

Wongsnansilp, T., Phinrub, W., & Juntawong, N. (2022). Allelopathic effect of marigold (*Tagetes erecta* L.) leaf extract on growth of *Chlorella vulgaris*. *Journal of Applied Biology & Biotechnology,* 10(1), 31-37.

Yang, F., Fan, Y., Wu, X., Cheng, Y., Liu, Q., Feng, L., Chen, J., Wang, Zh., Wang, X., Yong, T., Liu, W., Liu, J., Du, J., Shu, K., & Yong, T. (2018). Auxin-to-gibberellin ratio as a signal for light intensity and quality in regulation soybean growth and matter partitioning. *Frontiers in Plant Science*, 9(56), 1-13.

Yang, W., Li, Z., Wang, J., Wu, P., & Zhang, Y. (2013). Crop yield, nitrogen acquisition and sugarcane quality as affected interspecific competition and nitrogen application. *Field Crop Research*, 146(2013), 44-50.

Zakirullah, M., Khalid, Sh., Wahab, F., Miftahuddin, Arif, M., Tahir, M. & Khan, Sh, 2024. Influence of climate smart agriculture approach of barley and pea intercropping on yield, land equivalent ratio and profitability in the agroclimatic condition of Khyber Pakhtunkhwa. *Pure Applied Biology*, 13(3), 335-340.

Zhao, J.H., Sun, J.H., & Li, W.Q. (2018). Effect of maize sowing date on yield and interspecific competition in soybean/maize intercropping system. *Chinese Journal of Eco-Agriculture*, 26, 1634-1642.

Zhu, J., Werf, W., Vos, J., Anten, N.P.R., Putten, P.E.L., & Evers, J.B. (2016). High productivity of wheat intercropped with maize is associated with plant architectural responses. *Annals of Applied Biology*, 168, 357-372.

Zhuang, M., Zhang, J., Lam, Sk., & Wang, L. (2019). Management practices to improve economic benefit and decrease greenhouse gas intensity in a green onion-winter wheat relay intercropping system in the North China Plain. *Journal of Cleaner Production*, 208, 709-715.