

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

DOI: [10.22055/ppd.2025.47094.2175](https://doi.org/10.22055/ppd.2025.47094.2175)

Ramin Gholparast¹, Ali Ebadi^{2*}, Fatemeh Ahmadnia³, Mohammad Hasanzadeh⁴ and Soudabeh Jahanbakhsh Gedeh Kahriz⁵

- 1- M.Sc. Graduate of Agrotechnology-Weed Science, Department of Plant Production and Genetics, Faculty of Agriculture and Natural Resources, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran.
- 2- ***Corresponding Author:** Professor, Department of Plant Production and Genetics, Faculty of Agriculture and Natural Resources, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran. (Email: ebadi@uma.ac.ir)
- 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.

Abstract

Introduction: Agricultural systems are moving towards reducing the use of chemical inputs and modifying management methods to minimize the harmful effects on the environment caused by excessive chemical use. This includes weed control, maintaining soil fertility, and addressing the increasing production costs by revising and implementing new management methods for product production. Soybeans are highly nutritious. It is important to pay attention to their production methods while maintaining food security, in line with sustainable agriculture. The use of allelopathic plants such as marigolds in intercropping with soybeans can be one of the ways to benefit from the benefits of intercropping. Therefore, a study was conducted to investigate the impact of intercropping of soybeans and marigold weeding on soybean (*Glycine max* L.) and marigold (*Tagetes erecta* L.) yield.

Material and Methods: An experiment was conducted in Pars-Abad, Ardabil, in 2022. The study employed a factorial randomized complete block design with three replications. The first factor consisted of varying ratios of soybean and marigold in intercropping (0-100, 75-25, 50-50, 25-75, and 0-100). The second-factor involved hand-weeding, categorized into complete hand-weeding and non-hand weeding. Marigold seeds were sourced from the Ardabil Municipality Green Space Research Center. To prepare the seedlings, a planting mixture was created on March 30, 2022, using 20% rotten animal manure, 20% sand, and 60% fertile soil in planting trays. The spacing between and within the rows of marigolds in the experimental field was set at 40 × 40 cm. The dimensions of the experimental plots measured 8 × 4 meters. Additionally, L17 soybean seeds were obtained from the Moghan Agriculture and Industry Research Center. The seeding rate for soybeans was established at 40 kg/h, with planting intervals of 40 × 5 cm between rows.

Results and Discussion: The experiment's findings concluded that the intercropping consisting of 75-25 (soybean – marigold) is the most desirable option when considering ecological indicators such as land equality ratio (LER), and relative value total (RVT). Additionally, the lowest biomass of weeds was recorded during the Vegetative growth stage in the 75-25 (soybean-marigold) and hand-weeded monoculture of soybeans. In the Soybean flowering stage, the lowest biomass was noted in both the monoculture of soybeans and marigolds without hand-weeding.

During the Soybean podding stage, the lowest biomass occurred in the monoculture of soybeans and marigolds, as well as in the 25-75 (marigold -soybeans) under hand-weeding. Finally, at the soybean yield stage, the lowest biomass was observed in the monoculture of soybeans and marigolds with hand-weeding. The most desirable soybean yield and yield components, such as, the number of pods per plant, the total number of seeds per plant, the average weight of pods with seeds per plant, the seed weight per pod, and the one hundred soybean seeds weight, were achieved from the 75 -25 (soybean – marigold) intercropping. Moreover, the most desirable yield and yield components of marigold, such as the number of flowers per plant, were obtained from marigold monoculture and the 25-75 (soybean – marigold) intercropping.

Conclusion: Soybeans emerged as the dominant species in intercropping with marigolds, gaining the most from this intercropping. In contrast, marigold flowers showed limited competitive ability in unweeded conditions, even though they are typically planted in high-density rows in monoculture. The results revealed that hand-weeding significantly improved the yields of both species compared to non-hand-weeding. This study underscores the importance of selecting appropriate plant species for intercropping with soybeans to maximize the benefits for both plants.

Keywords: Intercropping, Hand-weeding, Land equality ratio, Weeds, Yield

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

رامین گل پرست^۱، علی عبادی^{۲*}، فاطمه احمدنیا^۳، محمد حسن زاده^۴ و سدابہ جهانبخش گده کهریز^۵

۱- دانش آموخته کارشناسی ارشد آگروتکنولوژی- علوم علف‌های هرز، گروه تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران.

۲- *نویسنده مسئول: استاد، گروه تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران. (ebadi@uma.ac.ir)

۳- دانش آموخته دکتری، آگروتکنولوژی-فیزیولوژی گیاهان زراعی، گروه تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران.

۴- استادیار، گروه علوم گیاهی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی مغان، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران.

۵- استاد، گروه تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده 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 تاکید 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 پارس آباد 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 علف‌های هرز (وجین دستی کامل و عدم وجین دستی) بود. نتایج نشان داد که بیشترین نسبت برابری زمین و ارزش نسبی (۱/۲۷ و ۱/۰۱) از کشت مخلوط ۲۵-۷۵ (سویا-گل جعفری) به‌دست آمد.

کمترین زیست توده علف‌های هرز در مرحله سبز شدن از ۲۵-۷۵ (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 از کشت خالص سویا و گل جعفری و کشت مخلوط ۲۵-۷۵ (گل جعفری-سویا) در وجین دستی و برداشت محصول سویا از کشت خالص سویا و گل جعفری در وجین دستی به دست آمد. عملکرد جزئی سویا و گل جعفری در کشت‌های مخلوط ۲۵-۷۵ (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 ۲۵-۷۵ 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 از کشت خالص گل جعفری و ۲۵-۷۵ (سویا-گل جعفری) به دست آمد. سویا به عنوان گیاهی غالب در کشت‌های مخلوط با گل جعفری 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 علف‌های هرز 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 گونه گیاهی تاکید دارد.

واژه‌های کلیدی: شاخص نسبت برابری زمین، علف‌های هرز، عملکرد، کشت مخلوط، وجین دستی

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 عصاره اندام‌های مختلف گل جعفری بر جوانه‌زنی و خصوصیات رشدی تعدادی از علف‌های هرز، علف‌هرز فالاریس^۱ (*Phalaris minor*) در مقایسه با سایر علف‌های هرز 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^۲، اسید فنولیک^۳ و اسید مالیک^۴ است که نقشی غالب در بازدارندگی جوانه‌زنی جلبک کلرلا (*Chlorella vulgaris*) داشت (Wongsansilp *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 کم‌خطر می‌شود. بهرمندی از تناوب‌های زراعی، سودمندی‌های کشت مخلوط و انتخاب گونه‌های گیاهی مؤثر بر جوانب زراعی چند وجهی مانند کنترل علف‌های هرز 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 علف‌های هرز بر عملکرد هر کدام از گیاهان سویا و گل جعفری بود. فرضیه اولیه این بود که اگرچه وجین دستی

سویا (*Glycine max*) گیاهی از تیره *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).

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

امروزه نظام‌های کشاورزی در راستای کاهش استفاده از نهاده‌های شیمیایی، اصلاح روش‌های مدیریتی با رویکرد کاهش آثار مخرب زیست محیطی 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 تاکید دارند (Vrignon-Brenasa *et al.*, 2015). 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).

¹ -Phalaris

² -Chlorogenic acid

³ -Phenolic acids

⁴ -Malic acid

علف‌های هرز یک ابزار کنترل قوی برای جلوگیری از رویش علف‌های هرز است اما کشت‌های مخلوط این گیاهان به دلیل بهرمندی از فضای رشد، قابلیت کاهش علف‌های هرز را در شرایط عدم وجین دستی علف‌های هرز خواهند داشت که در نهایت منجر به بهبود عملکرد هر دو گونه گیاهی خواهد شد.

مواد و روش‌ها

به منظور ارزیابی تأثیر کشت مخلوط گل جعفری و سویا و وجین دستی علف‌های هرز آزمایشی در سال زراعی ۱۴۰۱ در مزارع کشت و صنعت مغان، شهرستان پارس‌آباد با موقعیت جغرافیایی ۴۷ درجه و ۵۵ دقیقه - ی طول جغرافیایی و در ۳۹ درجه و ۳۹ دقیقه عرض جغرافیایی با ارتفاع ۴۵ متر از سطح دریا اجرا شد. برخی از ویژگی‌های خاک مزرعه آزمایشی در جدول یک ارائه شده است. آزمایش به صورت 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 علف‌های هرز (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 مزرعه آزمایشی ۴۰×۴۰ سانتی‌متر در نظر گرفته شد. ابعاد کرت‌های آزمایشی ۸×۴ متر بود. همچنین بذر سویا رقم L17 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 ۴۰×۵ سانتیمتر کشت شد. آبیاری براساس شرایط اقلیمی منطقه به صورت نشتی (۱۰ الی ۱۵ روز یکبار) انجام شد. کود ۱۰۰ کیلوگرم در

هکتار اوره در دو مرحله ۷ الی ۸ برگی سویا و پیش از غلاف‌دهی سویا استفاده شد. انتقال نشاء گل جعفری و کاشت سویا به‌طور همزمان انجام شد. پس از سبز شدن سویا تا زمان برداشت عملکرد سویا و گل جعفری در چهار مرحله (سبز شدن سویا، گل‌دهی سویا، غلاف‌دهی سویا و برداشت محصول سویا) اقدام به نمونه‌برداری علف‌های هرز با استفاده از کودرات ۵۰×۵۰ سانتیمتری شد. نمونه‌های گیاهی پس از جمع‌آوری در آن 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 ترازوهای با دقت ۰/۰۱ 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^۱: این شاخص با

استفاده از رابطه [۱] محاسبه شد (Mazaheri, 1998).

$$\text{LER} = \left(\frac{Y_{ab}}{Y_{aa}} + \frac{Y_{ba}}{Y_{bb}} \right) \quad \text{رابطه [۱]}$$

در این رابطه، عملکرد گونه a در کشت مخلوط (Y_{ab})، عملکرد گونه a در کشت خالص (Y_{aa})، عملکرد گونه b در کشت مخلوط (Y_{ab}) و عملکرد گونه b در کشت خالص (Y_{bb}) می‌باشد.

مجموع ارزش نسبی^۲: مجموع ارزش نسبی با

استفاده از رابطه [۲] محاسبه شد (Mazaheri, 1998).

$$\text{RVT} = \frac{aP_1 + bP_2}{aM_1} \quad \text{رابطه [۲]}$$

در این رابطه P_۱ و P_۲ به ترتیب عملکرد گونه‌های اول و دوم در کشت مخلوط و M_۱ عملکرد گونه 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

^۱ -Land Equivalent Ratio (LER)

^۲ -Relative Value Total (RVT)

استفاده از رابطه [۳ و ۴] محاسبه شدند (Mehni *et al.*, 2020).

$$RYa = \frac{Ya}{Sa} \quad \text{رابطه [۳]}$$

$$RYb = \frac{Yb}{Sb} \quad \text{رابطه [۴]}$$

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 شاخه بریده گل جعفری ۱۵۰۰۰۰ ریال بود.

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

Table 1. Some characteristics of the experimental soil

Potassium	Phosphorus	Nitrogen	OC	Calcium carbonate	Soil texture	Clay	Silt	Sand	EC	pH
(mg/kg)		(%)				(%)			dS/m	
467	10.51	0.05	0.6	31.2	Clay	5.08	30	10.92	4.7	7.8

نتایج و بحث

شاخص نسبت برابری زمین: نتایج تجزیه

واریانس نشان داد که اثر برهمکنش نسبت‌های کشت مخلوط و وجین دستی علف‌های هرز بر شاخص برابری نسبی زمین در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول 2). بیشترین شاخص نسبت برابری زمین (۱/۲۷) از کشت مخلوط ۲۵-۷۵ (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 ۲۵-۷۵ (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 نشان‌دهنده برتری کشت مخلوط ۲۵-۷۵ (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 مقدار یک 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) به‌دست آمد (Zakirullah *et al.*, 2024).

عملکرد نسبی جزئی سویا و گل جعفری: نتایج

تجزیه واریانس نشان داد که عملکرد نسبی جزئی سویا

تحت تأثیر اثرات جداگانه نسبت‌های کشت مخلوط و وجین دستی علف‌های هرز در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بودند (جدول ۲). بیشترین (۰/۹۰) و کمترین (۰/۳۶) عملکرد نسبی جزئی سویا به ترتیب از کشت مخلوط ۲۵-۷۵ (سویا-گل جعفری) و ۷۵-۲۵ (گل جعفری-سویا) به دست 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 علف‌های هرز از تیمارهای وجین دستی و عدم وجین دستی علف‌های هرز به دست آمد (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). برای مثال در مطالعه‌ای اثر وجین دستی علف‌های هرز بر عملکرد کاهوی آیسبرگ نشان داد که کشت مخلوط ماشک گل خوشه‌ای با چاودار در وجین دستی علف‌های هرز در مقایسه با عدم وجین دستی، زیست‌توده علف‌های هرز را ۸۳ درصد کاهش و عملکرد کاهو را ۳۰ درصد افزایش داده است (Ahmadnia et al., 2021). عملکرد نسبی جزئی گل جعفری تحت تأثیر برهمکنش نسبت‌های مختلف کشت مخلوط و وجین دستی علف‌های هرز قرار گرفت (جدول ۲) و بیشترین عملکرد نسبی جزئی گل جعفری (۰/۷۰) و (۰/۶۸) به ترتیب از کشت‌های مخلوط ۷۵-۲۵ و ۲۵-۵۰ (سویا-گل جعفری) در شرایط عدم وجین دستی علف‌های هرز حاصل شد (جدول ۳). کمترین عملکرد نسبی (۰/۲۶) در کشت مخلوط ۲۵-۷۵ (سویا-گل جعفری) در وجین دستی علف‌های هرز ثبت شد (جدول ۳). عملکرد نسبی جزئی زمانی مورد استفاده قرار می‌گیرد که تولیدکننده به عملکرد بالایی یکی از گونه‌ها در اجزای مخلوط نیاز بیشتری داشته باشد (Amini et al., 2014). با توجه به نتایج این آزمایش اگر تولیدکننده به عملکرد بالایی سویا و یا گل جعفری نیاز بیشتری داشته

باشد، در کشت‌های مخلوط ۲۵-۷۵ و ۷۵-۲۵ (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 گونه 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 بدست آمد و بیشترین عملکرد نسبی باقلا (۱/۱۷) از کشت مخلوط آن با تراکم ۳۰ بوته در متر مربع حاصل شد (Rezaei-Chianeh et al., 2011).

مجموع ارزش نسبی (RYT): اثرات جداگانه نسبت‌های کشت مخلوط و سطوح وجین دستی علف‌های هرز بر مجموع ارزش نسبی در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۲). بیشترین و کمترین (به ترتیب ۱/۰۱ و ۰/۵۴) مجموع ارزش نسبی متعلق کشت‌های مخلوط ۲۵-۷۵ و ۷۵-۲۵ (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 علف‌های هرز به ترتیب از تیمارهای وجین دستی و عدم وجین دستی حاصل شد (جدول ۴). نتایج نشان داد که تیمار وجین دستی علف‌های هرز در مقایسه 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 معادله مجموع ارزش نسبی درآمد، کشت مخلوط ۲۵-۷۵ (سویا-گل جعفری) دارای مطلوبترین ارزش نسبی بود. برای مثال در ارزیابی عملکرد و سودمندی کشت مخلوط سورگوم و لویا چشم بلبلی میانگین مجموع ارزش نسبی برابر با ۱/۴۶ گزارش شده است که نشان‌دهنده نیاز ۴۶ درصدی به

عدم وجین دستی علف‌های هرز با نیاز ۰/۳۹ درصدی به سطح بیشتر می‌تواند زیست‌توده‌ای معادل زیست‌توده وجین دستی علف‌های هرز ایجاد کند.

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 زیست‌توده یکسان با کشت مخلوط نیاز دارد. این در حالی است که

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

Source of variation	Df	Mean of squares			
		LER	Rya (GM)	RYb (TE)	RVT
Replication	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. The results of the mean comparison of 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. The results of the 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.

زیست توده علف‌های هرز

مرحله سبز شدن سویا: نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر برهمکنش نسبت‌های مختلف کشت مخلوط و وجین دستی علف‌های هرز در چهار مرحله سبز شدن، گلدهی، غلاف‌دهی و برداشت سویا بر زیست توده خشک علف‌های هرز در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۵). نتایج مقایسه میانگین‌ها نشان داد که در مرحله سبز شدن بیشترین زیست توده علف‌های هرز (۶/۲۱ گرم در مترمربع) در شرایط عدم وجین دستی از کشت مخلوط ۷۵-۲۵ (سویا-گل جعفری) و کمترین زیست توده خشک علف‌های هرز (صفر گرم در مترمربع) از کشت مخلوط ۷۵-۲۵ (سویا-گل جعفری) و کشت خالص سویا در شرایط وجین علف‌های هرز حاصل شد (جدول ۶). این موضوع بیانگر تأثیر قابل توجه انجام وجین دستی علف‌های هرز در این کشت مخلوط است. کشت مخلوط ۷۵-۲۵ (سویا-گل جعفری) و کشت خالص گل جعفری در شرایط عدم وجین علف‌های هرز (به ترتیب ۳/۱۲ و ۳/۲۸ گرم در مترمربع) دارای کمترین زیست توده خشک علف‌های هرز 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 مترمربع) اختلاف آماری معنی‌دار از نظر زیست توده علف‌های هرز نداشتند (جدول ۶). براساس نتایج در مقایسه وجین دستی علف‌های هرز با عدم وجین دستی می‌توان بیان کرد که کشت مخلوط ۷۵-۲۵ (سویا-گل جعفری) در مقایسه با کشت خالص گل جعفری سبب کاهش ۷۷/۳۶ درصدی زیست توده علف‌های هرز شد (جدول ۶). به نظر می‌رسد در این کشت مخلوط استفاده گیاهچه سویا از منابع در دسترس توأم با وجین دستی علف‌های هرز موجب عدم فراهمی شرایط مطلوب برای رشد علف‌های هرز شده باشد. اما به‌طور کلی نتایج این مرحله نشان داد که حضور نشاء گل جعفری در مرحله سبز شدن سویا اثر قابل توجهی بر کاهش زیست توده علف‌های هرز در

نسبت‌های مختلف کشت مخلوط نداشت و کاهش زیست توده علف‌های هرز در این مرحله ناشی از وجین دستی علف‌های هرز 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 علف‌های هرز شود.

مرحله گلدهی سویا: کمترین زیست توده خشک علف‌های هرز در مرحله گلدهی از کشت خالص سویا و گل جعفری در عدم وجین دستی علف‌های هرز (به ترتیب ۱۰/۳۶ و ۸/۵۷ گرم در مترمربع) و کشت مخلوط ۲۵-۷۵ (سویا-گل جعفری) در وجین دستی علف‌های هرز (۸/۴۱ گرم در مترمربع) حاصل شد (جدول ۶). در این مرحله از نمونه‌برداری رقابت بین گونه‌ای سویا، گل جعفری و علف‌های هرز در بیشترین سطح بود که با توجه به مقاومت علف‌های هرز به شرایط نامطلوب و توان حداکثری در استفاده از منابع، علف‌های هرز زیست توده بیشتری در این مرحله داشتند. بنابراین نتایج نشان‌دهنده آن است که با حضور دو گونه‌ی متفاوت در نسبت‌های مختلف کشت‌های مخلوط، رقابت بین گونه‌ای این گیاهان با علف‌های هرز مطلوب نبوده است و وجین دستی و عدم وجین دستی در مقایسه با مرحله سبز شدن سویا تأثیر قابل توجهی در کاهش زیست توده خشک علف‌های هرز نداشته است (جدول ۶).

مرحله غلاف‌دهی: نتایج مقایسه میانگین‌های زیست توده علف‌های هرز در مرحله غلاف‌دهی نشان داد که کمترین زیست توده خشک علف‌های هرز از تیمارهای کشت خالص سویا و گل جعفری و کشت مخلوط ۷۵-۲۵ (سویا-گل جعفری) به ترتیب ۳۰/۷۳، ۳۰/۱۲ و ۲۶/۵۲ گرم در مترمربع به‌دست آمد (جدول ۶). بسته شدن کامل تاج پوشش سویا و گل جعفری در این مرحله می‌تواند یکی از مهمترین دلایل کاهش زیست توده علف‌های هرز همراه با انجام وجین دستی علف‌های هرز نسبت به دو مرحله پیشین (سبز شدن و گلدهی سویا) باشد. همچنین بیشترین زیست توده خشک

علف‌های هرز (۲۰۵/۵۲ گرم در متر مربع) در عدم وجین دستی علف‌های هرز از کشت مخلوط ۲۵-۷۵ (سویا-گل جعفری) به دست آمد (جدول ۶).

مرحله برداشت سویا: نتایج مقایسه میانگین‌ها در مرحله برداشت سویا نشان داد که کمترین زیست‌توده خشک علف‌های هرز در این مرحله (۱۲ و صفر گرم در متر مربع) از کشت خالص سویا و گل جعفری و کشت مخلوط ۲۵-۷۵ (سویا-گل جعفری) به ترتیب ۸ و ۱۰/۸ گرم در متر مربع در وجین دستی علف‌های هرز به دست آمد (جدول ۶). کشت مخلوط ۵۰-۵۰ (سویا-گل جعفری) با ۳۱۰ گرم در متر مربع و کشت خالص گل جعفری با ۲۶۷/۳۳ گرم در متر مربع در شرایط عدم وجین دستی علف‌های هرز دارای بیشترین زیست‌توده خشک علف‌های هرز بودند (جدول ۶). اتمام دوره رشد گل جعفری در مرحله غلاف‌دهی و خشک شدن 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 علف‌های هرز در این مرحله فراهم نبود.

به طور کلی اگرچه کنترل مکانیکی علف‌های هرز به روش وجین دستی برای مساحت‌های کلان غالباً ناکارآمد است، اما به عنوان یکی از روش‌های کنترل، قابلیت کاهش سطح برگ علف‌های هرز، 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 علف‌های هرز در مقایسه با عدم وجین دستی سبب کاهش زیست‌توده کل، تراکم سلمه‌تره، گاوزبان وحشی و شاه‌تره (به ترتیب 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، متری‌بوزین، بنتازون و آلاکلر بر کنترل علف‌های هرز مؤثر بود؛ اما بیشترین عملکرد محصول سویا از تیمار وجین دستی علف‌های هرز به دست 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 علف‌های هرز باعث کاهش ۸۳/۲۴ درصدی زیست‌توده کل علف‌های هرز شد (Ahmadnia *et al.*, 2021). بنابراین بررسی نتایج چهار مرحله وجین و عدم وجین دستی علف‌های هرز 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 علف‌های هرز برای رشد و توسعه تأکید دارد.

Table 5. The weed biomass analysis of variance on four stages

Source of variation	Degree of freedom	Mean of squares			
		Vegetative growth	Soybean flowering	Soybean podding	Harvesting
Replication	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 of 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-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.

دارد (Sturm *et al.*, 2018). در این آزمایش وجین دستی علف‌های هرز فضای لازم برای رشد بوته سویا را فراهم کرده و موجب افزایش ارتفاع بوته در این تیمار شده است. همانطور که در مطالعه کیانی و همکاران (Kayani *et al.*, 2013) گزارش شده است ارتفاع بوته یک گیاه علاوه بر خصوصیات ژنتیکی آن وابسته به شرایط محیطی می‌باشد. پژوهشگران در این بررسی گزارش کرده‌اند که بیشترین ارتفاع بوته ذرت (۱۲۴/۷۰ سانتیمتر) از وجین دستی علف‌های هرز به دست آمد. در بررسی دیگری ارتفاع بوته لوبیا قرمز در تیمار عدم کنترل دستی علف‌های هرز افت قابل توجهی یافت (Roshdi *et al.*, 2021).

تعداد گره در ساقه سویا: بیشترین تعداد گره در ساقه سویا (۲۶/۰۶ عدد) از کشت مخلوط ۲۵-۷۵ (سویا-گل جعفری) در وجین دستی علف‌های هرز حاصل شد (جدول ۹). کشت خالص سویا و کشت مخلوط ۵۰-۵۰ (سویا-گل جعفری) به ترتیب با ۲۰/۲ و ۲۶/۰۶ عدد گره در ساقه در وجین دستی علف‌های هرز دارای اختلاف آماری معنی‌داری نبودند (جدول ۹). کشت خالص سویا و کشت‌های مخلوط ۲۵-۷۵ و ۷۵-۲۵ (سویا-گل جعفری) به ترتیب با ۱۴/۶، ۱۵/۶ و ۱۵/۳ عدد گره در ساقه نیز اختلاف آماری معنی‌داری نداشتند (جدول ۹).

عملکرد و اجزای عملکرد سویا: نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر برهمکنش نسبت‌های مختلف کشت مخلوط و وجین دستی علف‌های هرز 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 اختلاف آماری معنی‌داری از نظر ارتفاع بوته سویا در نسبت‌های مختلف کشت مخلوط نشان نداد (جدول ۱۰). با این حال بیشترین ارتفاع بوته (۱۲۳/۳۳ سانتیمتر) از کشت مخلوط ۲۵-۷۵ (سویا-گل جعفری) حاصل شد (جدول ۱۰). همچنین بیشترین ارتفاع بوته سویا (۱۰۱/۴۱ سانتیمتر) از تیمار وجین دستی علف‌های هرز حاصل شد (جدول ۱۰). نظرات متفاوتی توسط پژوهشگران در زمینه اثر علف‌های هرز بر ارتفاع بوته گیاهان گزارش شده است. با توجه به اینکه گیاهچه‌های جوان سویا قابلیت رقابت با بسیاری از علف‌های هرز سریع‌الرشد را ندارند؛ به همین دلیل کنترل علف‌های هرز در این دوره بیشترین اهمیت را

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 ۷۵-۲۵ و ۵۰-۵۰ (سویا-گل جعفری) به ترتیب ۶۱/۱ و ۵۳/۲ عدد در بوته در وجین دستی علف‌های هرز به دست آمد (جدول ۹). وجین دستی علف‌های هرز در کشت‌های ۷۵-۲۵ و ۵۰-۵۰ (سویا-گل جعفری) موجب افزایش ۵۶/۴۶ و ۴۷/۷۴ درصدی تعداد غلاف در بوته شده بود. کاهش زیست‌توده علف‌های هرز و اتمام دوره رشد گل جعفری در مرحله غلاف‌دهی و عدم حضور سبز آن در مرحله 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 ماده خشک به اتلام‌های 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 علف‌های هرز بر عملکرد سویا گزارش شده که وجین دستی علف‌های هرز باعث افزایش تعداد غلاف در بوته می‌شود (Fakhari et al., 2020).

مجموع تعداد دانه در بوته: بیشترین مجموع تعداد دانه در بوته ۱۶۰/۳، ۱۲۶/۳ و ۱۳۳/۶ دانه در بوته از کشت‌های مخلوط ۷۵-۲۵ و ۵۰-۵۰ (سویا-گل جعفری) و کشت خالص سویا در شرایط وجین دستی علف‌های هرز حاصل شد (جدول ۹). همچنین نتایج نشان داد که وجین دستی علف‌های هرز در کشت‌های مخلوط ۷۵-۲۵ و ۵۰-۵۰ (سویا-گل جعفری) و کشت خالص سویا در مقایسه با عدم وجین دستی علف‌های هرز موجب کاهش

به ترتیب ۵۳/۵۴، ۳۵/۰۵ و ۶۴/۵۵ درصدی تعداد دانه در بوته شد (جدول ۹). عملکرد نزولی 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 علف‌های هرز در مرحله برداشت، می‌تواند ناشی از خاصیت دگرآسیبی گل جعفری باشد، زیرا نتایج حاصل از این کشت مخلوط بیانگر اثر سودمند کشت مخلوط ۷۵-۲۵ (سویا-گل جعفری) بدون نیاز به وجین دستی علف‌های هرز برای حصول ۸۵/۲ تا ۹۳/۹ دانه در بوته است. همچنین در سایر نسبت‌های مختلف کشت مخلوط نیز وجین دستی علف‌های هرز در سه مرحله سبز شدن، گلدهی و غلاف‌دهی (جدول ۶) و افت قابل توجه زیست‌توده علف‌های هرز در مرحله 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 علف‌های هرز در کشت مخلوط در مقایسه کشت خالص ذرت شد، به طوری که پژوهشگران بیان کردند سویا با کاهش آشیان اکولوژیک برای رشد علف‌های هرز سبب سرکوب آن‌ها شد (Berdjour et al., 2019).

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

جعفری) در وجین دستی در مقایسه با عدم وجین دستی علف‌های هرز 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 ۲۵-۷۵، ۵۰-۵۰ و ۷۵-۲۵ (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 رابطه 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 دوره رشد گل جعفری، کاهش رقابت بین گونه‌ای (سویا و علف‌های هرز) در نتیجه بسته شدن تاج پوشش گیاهی و افزایش توان فتوسنتزی سویا (Abbasi and Namdari, 2022) تخصیص 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 ۲۵-۷۵ (سویا-گل جعفری) در وجین دستی علف‌های هرز ثبت شد (جدول ۹). این در حالی است که وزن دانه در غلاف در عدم وجین دستی علف‌های هرز در کشت مخلوط ۲۵-۷۵ (سویا-گل جعفری) ۵/۷ گرم در بوته بود (جدول ۹) که بیانگر اثر وجین دستی علف‌های هرز بر افزایش ۷۲/۸۵ درصدی وزن دانه در غلاف در کشت مخلوط است (جدول ۹). کشت‌های مخلوط ۵۰-۵۰ و ۷۵-۲۵ (سویا-گل جعفری) در وجین دستی علف‌های هرز به ترتیب ۱۵/۴ و ۱۱/۵۳ گرم در بوته و در عدم وجین دستی علف‌های هرز به ترتیب ۸/۲ و ۷/۲ گرم در بوته وزن دانه در غلاف داشتند (جدول ۹). وجین دستی علف‌های هرز 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 علف‌های هرز شد (جدول ۹). افزایش کارایی گیاه سویا در کشت مخلوط توسط دیگر پژوهشگران نیز گزارش شده است (Yang et al., 2018). در این آزمایش‌کاهش تعداد ردیف کاشت گل جعفری در کشت مخلوط سبب افزایش وزن دانه با غلاف در سویا شده بود. وجین دستی علف‌های هرز و کاهش رقابت منجر به ایجاد فضای کافی برای رشد و فعالیت‌های جبرانی منبع- مخزن برای تخصیص بیشتر فعالیت‌های فتوسنتزی به دانه شده بود (Corassa et al., 2021; Ahmadnia et al., 2018). 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 علف‌های هرز 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 علف‌های هرز 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 علف‌های هرز منجر به ایجاد رقابت بین گونه‌ای 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 بوته سویا: نتایج مقایسه میانگین‌ها نشان داد که بیشترین وزن تک بوته سویا در کشت‌های مخلوط ۲۵-۷۵ و ۵۰-۵۰ (سویا-گل جعفری) به ترتیب ۴۴/۳ و ۴۱/۰۶ گرم در وجین دستی علف‌های هرز ثبت شد (جدول ۹). وزن تک بوته سویا در نسبت‌های مختلف کشت مخلوط و کشت خالص در عدم وجین دستی علف‌های هرز تفاوت آماری معنی‌داری نداشتند (جدول ۹). افزایش وزن تک بوته در کشت‌های مخلوط ۲۵-۷۵ و ۵۰-۵۰ (سویا-گل جعفری) می‌تواند به دلیل تعداد ردیف‌های کاشت سویا و همچنین اتمام دوره رشد گل جعفری در مرحله غلاف‌دهی در کشت‌های مخلوط باشد. از سوی دیگر فراهمی شرایط محیطی، جذب بیشتر منابع توسط سویا و همچنین افزایش سازوکارهای مرتبط با تخصیص ماده 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 علف‌های هرز بر وزن تر و خشک کل بوته گل جعفری، ارتفاع بوته و تعداد گل در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۸).

ارتفاع بوته گل جعفری: کشت خالص گل جعفری، کشت‌های مخلوط ۲۵-۷۵ (سویا-گل جعفری) و ۷۵-۲۵ (گل جعفری-سویا) در عدم وجین دستی علف‌های هرز (به ترتیب ۵۶، ۴۸/۳ و ۵۸ سانتیمتر) تفاوت آماری معنی‌داری نداشتند (جدول ۱۱). ارتفاع بوته در کشت خالص گل جعفری، کشت‌های مخلوط ۲۵-۷۵ (سویا-گل جعفری) و ۷۵-۲۵ (گل جعفری-سویا) در عدم وجین دستی علف‌های هرز به ترتیب ۳۸/۷۵، صفر و ۴۲/۰۶

درصد کاهش یافت (جدول ۱۱). وجین و عدم وجین دستی علف‌های هرز در کشت مخلوط ۲۵-۷۵ (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 کاهش گسترش علف‌های هرز و عدم نیاز به وجین دستی شده است. افزایش ارتفاع بوته در وجین دستی علف‌های هرز در کشت‌های مخلوط می‌تواند به دلیل تأثیرپذیری گل جعفری از تاج پوشش سویا باشد که احتمالاً گل جعفری از طریق تخصیص مواد فتوسنتزی بیشتر سبب طولیل 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 ۷۵-۲۵ (سویا-گل جعفری) و توان رقابتی کم گل جعفری در مقابله با علف‌های هرز در شرایط عدم وجین دستی از مهمترین دلایل کاهش ارتفاع بوته 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) به ترتیب ۲۲ و ۲۳ گل در بوته در عدم وجین دستی علف‌های هرز بود (جدول ۱۱). عدم وجین دستی علف‌های هرز در کشت خالص گل جعفری و کشت مخلوط ۲۵-۷۵ (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 ۲۵-۷۵ (سویا-گل جعفری) در وجین دستی علف‌های هرز، این کشت مخلوط با ۱۵ عدد گل در بوته دارای بیشترین تعداد گل بود (جدول ۱۱). عدم وجین دستی علف‌های هرز در کشت مخلوط ۲۵-۷۵ (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 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 (۳/۳۹۴۸ گرم در متر مربع) وزن تر کل از کشت خالص گل جعفری در وجین دستی علف‌های هرز حاصل شد (جدول ۱۱). همچنین نتایج نشان داد که وزن تر بوته گل جعفری در کشت خالص گل جعفری در عدم وجین دستی علف‌های هرز ۶۱/۵۰ درصد کاهش یافت (جدول ۱۱). این موضوع اهمیت وجین دستی علف‌های هرز و تأثیر آن بر عملکرد گل جعفری را برجسته می‌کند. کشت‌های مخلوط ۲۵-۷۵، ۵۰-۵۰ و ۷۵-۲۵ (سویا-گل جعفری) در وجین دستی و عدم وجین دستی علف‌های هرز اختلاف 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 علف‌های هرز بود (جدول ۱۱). عدم وجین دستی علف‌های هرز 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 علف‌های هرز به ترتیب ۵۵۳ و ۵۴۶ گرم در متر مربع و در عدم وجین دستی علف‌های هرز به ترتیب 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 علف‌های هرز هر دو گونه 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 علف‌های هرز نشان داد. نتایج عدم وجین دستی علف‌های هرز نشان‌دهنده توان رقابتی اندک گل جعفری در مقابل علف‌های هرز بود. این در حالی است که در برخی از مطالعات به بهرمندی هر دو گونه 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 میوه گوجه فرنگی (۴۵/۸۹ عدد)، بیشترین عملکرد قابل فروش (۲۴/۳ تن در هکتار) از تراکم ۵۰ درصد گل جعفری و گوجه‌فرنگی به دست 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 بوم‌نظام‌های 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 گونه گیاهی مناسب از نظر دوره رشد و صفات فنوتیپ تقریباً یکسان بتواند بر استفاده کارآمد از مزیت‌های کشت مخلوط تأثیر گذارتر باشد.

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

Source of variation	Degree of freedom	Mean 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 grain weight	Weight of one soybean plant
Replication	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

Source of variation	Degree of freedom	Mean of squares			
		Plant fresh weight	Plant dry weight	Number of flowers per plant	Plant height
Replication	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. The results of the mean square 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
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-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 _{cd}	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. The results of the mean square 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. The results of the 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)	(g.m ⁻²)		(cm)
100% GM		00.00 _d	00.00 _e	00.00 _f	00.00 _f
100% TE	Hand-weeding	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		00.00 _d	00.00 _e	00.00 _f	00.00 _f
100% TE	Non-weeding	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.

اگرچه مناسب‌ترین نسبت کاشت، کشت مخلوط ۷۵-۲۵ (سویا-گل جعفری) در وجین دستی علف‌های هرز 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 گونه گیاهی، مناسب است که گیاهانی با دوره رشد و صفات فنوتیپی (ظاهری) تقریباً یکسان برای استفاده کارآمدتر از مزیت‌های کشت مخلوط در نظر گرفته شود.

سیاست‌گذاری

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.

نتیجه‌گیری

کشت‌های مخلوط ۷۵-۲۵ و ۵۰-۵۰ (سویا-گل جعفری) همراه با وجین دستی علف‌های هرز با کنترل مناسب زیست‌توده علف‌های هرز دارای مطلوبترین نسبت برابری زمین بود. این امر علاوه بر برجسته نمودن هزینه‌های بالای کنترل علف‌های هرز به روش دستی در مزارع کشاورزی وسیع بیانگر آن است که کشت مخلوط می‌تواند اثر قابل توجهی بر کنترل علف‌های هرز داشته باشد. عملکرد جزئی سویا و گل جعفری در کشت‌های مخلوط ۷۵-۲۵ و ۲۵-۷۵ (سویا-گل جعفری) به ترتیب بیشترین عملکرد سویا و گل جعفری را داشتند؛ که به لزوم توجه به اهمیت بالای یک گونه گیاهی هدف در کشت مخلوط از نظر بازده اقتصادی تاکید داشت. مجموع ارزش نسبی سیستم بیانگر بالا بودن درآمد خالص کشت سویا در برابر گل جعفری بود. به‌طور کلی

منابع

- 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 Prouduction*, 4(5): 1-14. DOI: 10.22055/ppd.2022.37720.1986
- 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. DOI: 10.22059/IJFCS.2021.324886.654833 [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. DOI: 10.30495/jcep.2022.689806. [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. DOI: 10.22034/IUVS.2023.2002290.1286 [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 (Quarterly)*, 6(3): 529-541. DOI: [10.22067/JAG.V6I3.23249](https://doi.org/10.22067/JAG.V6I3.23249). [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. DOI: [10.22067/jag.v6i1.35675](https://doi.org/10.22067/jag.v6i1.35675) [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(2020): 69-81. DOI: [10.1111/wbm.12198](https://doi.org/10.1111/wbm.12198)
- 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. <https://doi.org/10.2134/agronj2018.04.0239>
- Dikr, W. & Belete, K. (2021). Intercropping of African marigold (*Tagetes erecta* Linnaeus (Asteraceae)) varieties at different plant density with Tomato (*Solanum lycopersicum* 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. <https://doi.org/10.7176/jbah/11-6-01>
- 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. <https://doi.org/10.17485/ijst/2015/v8i11/71779>
- 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. DOI: [10.22092/IJWS.2020.1601.1319](https://doi.org/10.22092/IJWS.2020.1601.1319)
- 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. <https://doi.org/10.9787/PBB.2016.4.4.398>
- Ho, PT. (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. DOI: [10.1017/S0026749X00000639](https://doi.org/10.1017/S0026749X00000639)
- 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. DOI: [10.1016/j.fcr.2016.08.022](https://doi.org/10.1016/j.fcr.2016.08.022)
- 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. DOI: [10.30495/JSR.2022.1940906.1220](https://doi.org/10.30495/JSR.2022.1940906.1220) [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. <http://cpj.ahvaz.iau.ir/article-1-91-fa.html>
- 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. DOI: [10.22034/saps.2021.43874.2602](https://doi.org/10.22034/saps.2021.43874.2602) [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. *Journal Agronomy*, 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. DOI: [10.22059/ijfcs.2019.253533.654452](https://doi.org/10.22059/ijfcs.2019.253533.654452). [In Persian]
- Monteiro, A. & Santos, S. (2022). Sustainable Approach to Weed Management: The Role of Precision Weed Management. *Agronomy*, 2022, 12, 118. <https://doi.org/10.3390/agronomy12010118>
- 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. DOI: [10.22067/ijpr.v1394i2.30942](https://doi.org/10.22067/ijpr.v1394i2.30942) [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. DOI: [10.21474/IJAR01/8173](https://doi.org/10.21474/IJAR01/8173)
- 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. DOI: [10.4067/S0717-97072006000200010](https://doi.org/10.4067/S0717-97072006000200010)
- Rezaei-Chianeh, E., Dabbagh Mohammadi Nassab, A., Shakiba, M.R., Ghassemi-Golezani, K. & Aharizad, S. (2011). Study of some agronomical characteristics of maize in intercropping with faba bean. *Journal Sustainable Production Science*, 21(2): 1-14. DOR: 20.1001.1.24764310.1390.21.1.1.9 [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. <http://jcpr.iut.ac.ir/article-1-3021-en.html>
- 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. https://idj.iaid.ir/article_201128.html?lang=en [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. <https://doi.org/10.1016/bs.agron.2019.10.002>
- 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. <https://doi.org/10.1111/wre.12316>
- 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. <https://doi.org/10.11648/j.bio.20241204.12>
- 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. DOI: [10.1016/j.eja.2015.10.011](https://doi.org/10.1016/j.eja.2015.10.011)
- 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. DOI: [10.1016/j.agrformet.2015.02.004](https://doi.org/10.1016/j.agrformet.2015.02.004)
- Wongsansilp, 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(01): 31-37. DOI: [10.7324/JABB.2021.100104](https://doi.org/10.7324/JABB.2021.100104)
- 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 Plant Science*, 9(56): 1-13. <https://doi.org/10.3389/fpls.2018.00056>
- 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. DOI: [10.1016/j.fcr.2013.03.008](https://doi.org/10.1016/j.fcr.2013.03.008)
- 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. DOI: [10.19045/bspab.2024.130030](https://doi.org/10.19045/bspab.2024.130030)
- Zhao, JH., Sun, JH. & Li, WQ. (2018). Effect of maize sowing date on yield and interspecific competition in soybean/maize intercropping system. *Chinese Journal of Eco-Agriculture*, 26: 1634-1642. DOI: [10.13930/j.cnki.cjea.180132](https://doi.org/10.13930/j.cnki.cjea.180132)
- 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. <https://doi.org/10.1111/aab.12268>
- 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. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.10.122>