Evaluating the effects of weed control and different intercropping ratios of canola (*Brassica napus* L.) and safflower (*Carthamus tinctorius* L.) on the yield characteristics of canola (Shir-Ali variety)

Jalil Shafagh- kolvanagh[1*], Fariborz Shekari[2], Abdullah Jawanmard[3], Mina Amani[4] and Zohreh Saeli-Ashan[5]

1- Department of Plant Ecophysiology, Department of Crop Ecology, Faculty of Agriculture, University of Tabriz, Tabriz, Iran
2- Department of Production Engineering and Plant Genetics, Crop Physiology, Faculty of Agriculture, University of Maragheh, Maragheh, Iran
3- Department of Production Engineering and Plant Genetics, Crop Ecology, Faculty of Agriculture, Maragheh University, Maragheh, Iran
4 -physiology of horticultural plant production and post-harvest, Department of Horticultural Science and Engineering, Faculty of Agriculture, University of Tabriz, Tabriz, Iran
5- Physiology of Crop Plants, Department of Plant Ecophysiology, Faculty of Agriculture, University of Tabriz, Tabriz, Iran
* Corresponding author, Email: Shafagh@tabrizu.ac.ir

نسخه پیش از انتشار اصلاح شده

Abstract

Background and Objective: Considering the increasing role of intercropping in enhancing the sustainability of agricultural and medicinal systems, as well as its demonstrated capability in weed suppression, this research was designed and conducted to evaluate the effects of intercropping on weed control and its impact on the agronomic traits and yield of canola, variety Shir-Ali, within a canola (*Brassica napus* L.) - safflower (*Carthamus tinctorius* L.) intercropping system.

Methods: To conduct this research, an experiment was designed as a factorial experiment based on a Randomized Complete Block Design (RCBD) with 10 treatments and 3 replications during the 2020-2021 crop season in a farm located in Maragheh, Iran. The first factor included weed control at two levels: complete weed control and no weed control. The second factor involved different intercropping ratios (1- Pure cultivation of canola, 2- Optimal density of safflower (60 seeds/m^2) + 50% optimal density of canola (40 seeds/m^2), 3- Optimal density of safflower (60 seeds/m^2) + 75% optimum density of canola (60 seeds/m^2), 4- Mixed cultivation of 1:1 replacement of safflower and canola, 5- Mixed cultivation of 2:1 replacement of safflower and canola).

Results: The results indicated that in canola, the highest biomass yield was observed in the pure canola treatment with 7990 kg per hectare, while the highest seed yield was recorded in the pure canola treatment with weed control. All intercropping treatments had a higher land equivalent ratio compared to the pure cultivation, except for the treatment of optimal density of safflower (60 seeds/m^2) + 50% optimal density of canola (40 seeds/m^2). Among all intercropping treatments, the highest land equivalent ratio was associated with the 1:1 (safflower – canola) intercropping treatment with complete weed control, measuring 1.71. Furthermore, the highest total relative value was attributed to the 1:1 (safflower – canola) intercropping treatment with complete weed control, yielding a value of 2.33.

Conclusion: The findings of this study demonstrate that intercropping patterns not only enhance the performance of canola but also contribute to improved weed management and optimal resource utilization.

Keywords: Biomass yield, Cultivation ratios, Harvest index, Seed yield.

[Downloaded from jspi.iut.ac.ir on 2026-06-02]

ارزیابی اثرات کنترل علف‌های هرز و نسبت‌های مختلف کشت مخلوط کلزا (*Brassica napus* L.) و گلرنگ (*Carthamus tinctorius* L.) بر خصوصیات عملکردی کلزا (رقم شیرعلی)

جلیل شفق کلوانق[1*]، فریبرز شکاری[2]، عبدالله جوانمرد[3]، مینا امانی[4] و زهره سائلی‌اشان[5]

۱- گروه اکوفیزیولوژی گیاهی، گرایش اکولوژی گیاهان زراعی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران.
۲- گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی، فیزیولوژی گیاهان زراعی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه مراغه، مراغه، ایران.
۳- گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی، اکولوژی گیاهان زراعی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه مراغه، مراغه، ایران.
۴- فیزیولوژی تولید و پس از برداشت گیاهان باغی، گروه علوم و مهندسی باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران.
۵- فیزیولوژی گیاهان زراعی، گروه اکوفیزیولوژی گیاهی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران
* نویسنده مسئول، پست الکترونیکی: Shafagh@tabrizu.ac.ir

چکیده

پیشینه پژوهش و هدف: باتوجه به نقش فزاینده کشت مخلوط در ارتقای پایداری سیستم‌های زراعی و همچنین توانایی آن در مهار رشد علف‌های هرز، این پژوهش به‌منظور ارزیابی اثرات کشت مخلوط بر کنترل علف‌های هرز و تأثیر آن بر خصوصیات زراعی و عملکرد کلزا در سامانه کشت مخلوط کلزا و گلرنگ اجرا گردید.

روش‌ها: به‌منظور انجام این تحقیق، آزمایشی به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ۱۰ تیمار و ۳ تکرار در سال زراعی ۱۴۰۰-۱۴۰۱ در مزرعه‌ای در شهرستان مراغه اجرا گردید. فاکتور اول شامل کنترل علف‌های هرز در دو سطح کنترل علف‌های هرز و عدم کنترل علف‌های هرز و فاکتور دوم شامل نسبت‌های مختلف کشت (۱- کشت خالص کلزا، ۲- تراکم مطلوب گلرنگ (۶۰ بذر در مترمربع) + ۵۰ درصد تراکم مطلوب کلزا (۴۰ بذر در مترمربع)، ۳- تراکم مطلوب گلرنگ (۶۰ بذر در مترمربع) + ۷۵ درصد تراکم مطلوب کلزا (۶۰ بذر در مترمربع)، ۴- کشت مخلوط جایگزینی – ۱:۱ یک ردیف کلزا و یک ردیف گلرنگ، ۵- کشت مخلوط جایگزینی – ۲:۱ دو ردیف کلزا و یک ردیف گلرنگ) درنظر گرفته شد.

نتایج: نتایج حاکی از آن بود که در گیاه کلزا، بیشترین عملکرد زیست‌توده در کشت خالص کلزا با ۷۹۹۰ کیلوگرم در هکتار و عملکرد دانه مربوط به کشت خالص کلزا با کنترل علف‌های هرز مشاهده شد. کلیه تیمارهای کشت مخلوط بجز تیمار کشت تراکم مطلوب گلرنگ + ۵۰ درصد تراکم مطلوب کلزا، نسبت برابری زمین بالاتری نسبت به کشت خالص داشتند. بیشترین میزان نسبت برابری زمین به تیمار کشت مخلوط جایگزینی ۱:۱ با کنترل علف‌های هرز با مقدار ۱/۷۱ تعلق داشت. همچنین، بیشترین مجموع ارزش نسبی به تیمار کشت مخلوط جایگزینی ۱:۱ با کنترل علف‌های هرز با مقدار ۲/۳۳ تعلق داشت.

نتیجه‌گیری کلی: نتایج نشان داد که الگوهای کشت مخلوط نه تنها می‌توانند عملکرد کلزا را افزایش دهند، بلکه به بهبود مدیریت علف‌های هرز و استفاده بهینه از منابع محیطی کمک می‌کنند.

واژه‌های کلیدی: شاخص برداشت، عملکرد دانه، عملکرد زیست توده. نسبت‌های کشت.

[Downloaded from jspi.iut.ac.ir on 2026-06-02]

مقدمه

شیوه‌های چندکشتی، شیوه‌های متنوع کشت گیاهان هستند، اما روش جدیدی نیستند و از دهه‌های گذشته در بسیاری از نقاط جهان، به‌منظور بهره‌برداری بیشتر از زمین در واحد زمان و فصل اجرا می‌گردد. برای افزایش تولید محصولات کشاورزی علاوه بر افزایش سطح زیرکشت و بهبود عملکرد، راهکاری مانند افزایش محصول در واحد سطح و زمان نیز قابل تأمل است (Martin-Guay *et al.,* 2018; Shafagh-Kolvanagh *et al.,* 2024). کشت مخلوط به‌عنوان یکی از روش‌ها و نمونه‌ای از نظام‌های پایدار در کشاورزی، اهدافی نظیر ایجاد تعادل اکولوژیکی، بهره‌برداری بیشتر از منابع، افزایش کمی و کیفی عملکرد و کاهش خسارت آفات، بیماری‌ها و علف‌های‌هرز را دنبال می‌کند (Abdi, 2023).

در کشت مخلوط، اصول اولیه اکولوژیکی به شکل تنوع بالا، رقابت و تسهیل برای تولید محصولات رعایت می‌شود. به‌طورکلی، اگر سیستم چندکشتی محصولات با پیش‌نیازهای مناسب انتخاب شود، بازده عملکرد بالاتر از پایه‌های خالص محصولات چندگانه به‌نظر می‌رسد (Duan *et al.,* 2019). یک سیستم کشت مخلوط، پوشش بیشتری از سطح زمین توسط تاج پوشش محصولات را تضمین می‌کند، تعرق بیشتری توسط شاخ و برگ انجام می‌شود که می‌تواند یک اقلیم خنک‌تر ایجاد کند و این باعث کاهش دمای خاک می‌شود (Huang *et al.,* 2022). به‌طورکلی، در کشت‌های مخلوط، گیاهان مختلف با عادات رشد متفاوت انتخاب می‌شوند؛ بنابراین منابع موجود به‌طور مؤثر مورد استفاده قرار می‌گیرند و سود نهایی تبدیل به تولید ماده خشک یا عملکرد محصول می‌شود. عوامل مختلف مانند انتخاب محصولات و ارقام، نسبت کاشته شده و مدیریت زراعی شامل آب و عناصر غذایی و توانایی رقابتی محصولات می‌تواند بر عملکرد و همچنین موفقیت سیستم‌های کشت مخلوط تأثیر بگذارد (Jalilian *et al.,* 2017; Darabi, 2025).

کنترل و کاهش علف‌های‌هرز یکی از مزایای کشت مخلوط محسوب می‌گردد. مکانیسم این پدیده به این صورت است که یکی از گیاهان زراعی از طریق رقابت با علف‌های‌هرز، محیطی برای گیاه زراعی دیگر فراهم کرده که در آن زیست توده علف‌های هرز کاهش می‌یابد (Korres, 2018; Hamzei and Khishvand, 2023). کنترل رقابتی علف‌های‌هرز در زراعت مخلوط می‌تواند تحت تأثیر عوامل محیطی و مدیریتی مانند تغییر تراکم، الگوی کاشت، گونه و ژنوتیپ گیاه زراعی تغییر کند. زمانی‌که دو گونه مختلف با ارتفاع بوته، پوشش گیاهی و الگوی رشد متفاوت به‌صورت همزمان در کشت مخلوط قرار گیرند، کمترین رقابت را با یکدیگر ایجاد می‌کنند و این موضوع باعث افزایش عملکرد درمقایسه با کشت خالص می‌گردد (Guglielmini *et al.,* 2017; Shafagh-Kolvanagh *et al.,* 2024).

با وجود گزارش‌های متعدد درباره کشت مخلوط در گیاهان زراعی، اطلاعات اندکی درباره تعامل گلرنگ و کلزا در شرایط کنترل و عدم کنترل علف‌های هرز وجود دارد. برای مثال، در بررسی کشت مخلوط باقلا و جو، آقینهو و همکاران (Agegnehu *et al.,* 2016) نشان دادند که افزایش عملکرد بیولوژیکی در شرایط کنترل علف‌های هرز نسبت به شرایط عدم کنترل علف‌های هرز بیشتر بود. کشت مخلوط گیاهان روغنی با گیاهان تیره کاسنیان کارایی استفاده از منابع را در مقایسه با کشت خالص افزایش می‌دهد و منجربه بهبود عملکرد می‌شود. امروزه، استفاده از سیستم‌های کشت مخلوط و یا تغییر در آن‌ها یکی از روش‌های کنترل علف‌های‌هرز محسوب می‌شود (Gitari *et al.,* 2019; Shafagh-Kolvanagh *et al.,* 2024). باتوجه به اهمیت کشت مخلوط به‌عنوان رویکردی پایدار در تولید محصولات زراعی و دارویی، و همچنین نقش آن در کنترل علف‌های هرز، این پژوهش با هدف بررسی تأثیر سطوح مختلف کنترل علف‌های هرز و شاخص‌های مرتبط با الگوی کشت مخلوط کلزا و گلرنگ بر صفات زراعی، عملکرد و اجزای عملکرد کلزا انجام شد.

مواد و روش‌ها

آزمایش مزرعه‌ای در سال زراعی ۱۴۰۰ در مزرعه‌ای در شهرستان

نسخه پیش از انتشار اصلاح نشده

[Downloaded from jspi.iut.ac.ir on 2026-06-02]

جدول ۱. مشخصات خاک محل اجرای آزمایش

Table 1. Soil characteristics of the test site

نوع بافت Soil type	pH	EC (ds/m)	سیلت Silt (%)	رس Clay (%)	شن Sand (%)	ماده آلی Organic matter (%)	آهک Lime (%)	ازت کل Total nitrogen (%)	فسفر قابل جذب Available phosphorus (ppm)	پتاسیم قابل جذب Available potassium (ppm)
لومی- شنی Loomy-sandy	7.7	1.12	22	18	63	1.1	11.2	0.1	58	295

مراغه اجرا شد. این منطقه در ارتفاع ۱۲۹۰ متری از سطح دریا با عرض جغرافیایی ۳۷ درجه و ۲۰ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ۴۶ درجه و چهار دقیقه شرقی قرار گرفته و میزان بارندگی سالیانه آن ۲۴۳ میلی‌متر و میانگین دمای سالیانه ۱۴/۴ درجه سانتی‌گراد، میانگین بیشینه دمای سالیانه ۲۰/۷ درجه سانتی‌گراد، میانگین کمینه دمای سالیانه هشت درجه سانتی‌گراد می‌باشد. نوع خاک محل انجام آزمایش براساس اصول صحیح نمونه‌برداری و آزمایش‌های خاک انجام گرفته، لومی – شنی بوده و نتایج حاصل از تجزیه آن به شرح جدول ۱ می‌باشد.

کشت مخلوط براساس سری‌های افزایشی و جایگزینی انجام گرفت. آزمایش به صورت فاکتوریل بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ۱۰ تیمار و سه تکرار انجام شد (جدول ۲).

مراحل آماده‌سازی زمین شامل شخم اولیه، در اواخر مهر ماه سال ۱۳۹۹ و تسطیح زمین و کرت‌بندی و تفکیک بلوک‌های آزمایش در فروردین ماه ۱۴۰۰ انجام شد. عملیات کاشت گلرنگ و کلزا به‌طور همزمان در اردیبهشت ماه سال ۱۴۰۰ و با دست صورت گرفت. رقم مورد استفاده برای گلرنگ، رقم گلستان بود و برای کلزا، رقم شیرعلی بود که از شهرستان کرمانشاه تهیه شدند. کاشت به‌صورت کرتی با چهار ردیف کاشت و با فاصله بین ردیف ۶۰ سانتی‌متر و فاصله بذور در روی ردیف ۲۰ سانتی‌متر برای گلرنگ و برای کلزا با هشت ردیف کاشت و با فاصله بین ردیف ۳۰ سانتی‌متر و فاصله بذور در روی ردیف دو سانتی‌متر درنظر گرفته شد. هر کرت کاشت به ابعاد ۲/۴×۲ متر و مساحت ۴/۸ مترمربع بود. بذور گلرنگ در عمق سه سانتی‌متر و کلزا در عمق ۱/۵ سانتی‌متر از سطح خاک کاشته شدند. روی بذرهای کلزا باتوجه به ریزبودن بذرها با مقدار مناسب ماسه بادی پوشانده شد تا جوانه‌زنی آن‌ها به‌طور یکنواخت انجام گیرد. گلرنگ در کشت خالص با تراکم ۶۰ بوته در مترمربع و کلزا در کشت خالص با تراکم ۸۰ بوته در مترمربع درنظر گرفته شد که البته کلزا بسته به نسبت‌های کشت در کشت مخلوط افزایشی ۱۰۰:۵۰ (گلرنگ – کلزا) ۴۰ بذر در مترمربع با فاصله روی ردیف چهار سانتی‌متر و گلرنگ با تراکم بهینه و در کشت مخلوط افزایشی ۱۰۰:۷۵ (گلرنگ – کلزا) ۶۰ بذر کلزا در مترمربع با فاصله روی ردیف سه سانتی‌متر و گلرنگ با تراکم بهینه درنظر گرفته شد و برای کشت مخلوط جایگزینی در نسبت (۱:۱) یک ردیف گلرنگ و یک ردیف کلزا و در نسبت (۲:۱) دو ردیف گلرنگ و یک ردیف کلزا درنظر گرفته شد. پس از کاشت به‌منظور جلوگیری از خشک شدن خاک و اختلال در جوانه‌زنی، آبیاری اولیه هر چهار روز یکبار و پس از آن، آبیاری با دور هفت روز تا پایان فصل رشد انجام گرفت. در مرحله پنج‌برگی هر دو گیاه تنک شدند تا تراکم موردنظر حاصل گردد. در طول دوره رشد در خرداد ماه، کود ازت خالص در مرحله ساقه رفتن گیاهان به‌صورت سرک افزوده شد (۷۵ کیلوگرم در هکتار). کنترل علف‌های‌هرز در تیمارهای مربوط به وجین با دست، از تیرماه ۱۴۰۰ به بعد هر هفته در طول فصل رشد ادامه یافت. فهرست علف‌های‌هرز در تیمارهای بدون کنترل در جدول ۳ آورده شده است.

نسخه پیش از انتشار اصلاح نشده

[Downloaded from jspi.iut.ac.ir on 2026-06-02]

جدول ۲. تیمارهای آزمایش

Table 2. Experimental Treatments

ردیف Row	وضعیت کنترل علف‌های هرز Weed Control Status	نوع کشت Cultivation pattern
1	کنترل کامل (Complete Weed Control)	کشت خالص کلزا (Pure cultivation of canola)
2	کنترل کامل (Complete Weed Control)	تراکم مطلوب گلرنگ (۶۰ بذر در مترمربع) + ۵۰ درصد تراکم مطلوب کلزا (۴۰ بذر در مترمربع) (Optimal density of safflower (60 seeds/m^2) + 50% optimal density of canola (40 seeds/m^2))
3	کنترل کامل (Complete Weed Control)	تراکم مطلوب گلرنگ (۶۰ بذر در مترمربع) + ۷۵ درصد تراکم مطلوب کلزا (۶۰ بذر در مترمربع) (Optimal density of safflower (60 seeds/m^2) + 75% optimum density of canola (60 seeds/m^2))
4	کنترل کامل (Complete Weed Control)	کشت مخلوط جایگزینی – ۱:۱ یک ردیف کلزا و یک ردیف گلرنگ (Mixed cultivation of 1:1 replacement of safflower and canola)
5	کنترل کامل (Complete Weed Control)	کشت مخلوط جایگزینی – ۲:۱ دو ردیف کلزا و یک ردیف گلرنگ (Mixed cultivation of 2:1 replacement of safflower and canola)
6	عدم کنترل (No Weed Control)	کشت خالص کلزا (Pure cultivation of canola)
7	عدم کنترل (No Weed Control)	تراکم مطلوب گلرنگ (۶۰ بذر در مترمربع) + ۵۰ درصد تراکم مطلوب کلزا (۴۰ بذر در مترمربع) (Optimal density of safflower (60 seeds/m^2) + 50% optimal density of canola (40 seeds/m^2))
8	عدم کنترل (No Weed Control)	تراکم مطلوب گلرنگ (۶۰ بذر در مترمربع) + ۷۵ درصد تراکم مطلوب کلزا (۶۰ بذر در مترمربع) (Optimal density of safflower (60 seeds/m^2) + 75% optimum density of canola (60 seeds/m^2))
9	عدم کنترل (No Weed Control)	کشت مخلوط جایگزینی – ۱:۱ یک ردیف کلزا و یک ردیف گلرنگ (Mixed cultivation of 1:1 replacement of safflower and canola)
10	عدم کنترل (No Weed Control)	کشت مخلوط جایگزینی – ۲:۱ دو ردیف کلزا و یک ردیف گلرنگ (Mixed cultivation of 2:1 replacement of safflower and canola)

صفات مورد بررسی

صفاتی که در طول فصل رشد مورد اندازه‌گیری قرار گرفت، تراکم و زیست توده علف‌های‌هرز بود. جهت نمونه‌برداری از علف‌های‌هرز از داخل هر پلات به‌وسیله کوادرات یک متر در یک متر، کل علف‌های‌هرز موجود در تیمارهای بدون کنترل از سطح خاک بریده شده و برای بررسی تراکم علف‌های‌هرز، همه علف‌های‌هرز شمارش شده و ارتفاع آن‌ها یادداشت گردید. برای اندازه‌گیری زیست توده علف‌های‌هرز، به‌مدت ۴۸ ساعت در آونی با دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد قرار داده شدند و پس از طی این مدت از آون خارج نموده و سپس با ترازوی حساس توزین و داده‌ها ثبت گردیدند.

شاخص ارزیابی کشت مخلوط

جهت ارزیابی سودمندی کشت مخلوط از شاخص نسبت برابری زمین (Land equality ratio: LER) بر مبنای عملکرد بیولوژیکی هر دو گیاه به شرح زیر استفاده شد (Darabi, 2025):

$$LER\ (T) = LER\ (a) + LER\ (b) \quad (۱)$$

$$LER\ (a) = Yab / Yaa \quad (۲)$$

$$LER\ (b) = Yba + Ybb \quad (۳)$$

LER (T): نسبت برابری کل زمین، LER (a): نسبت برابری زمین گونه A، LER (b): نسبت برابری زمین گونه B، Yab: عملکرد گونه A در کشت مخلوط، Yaa: عملکرد گونه A در کشت خالص، Yba: عملکرد گونه B در کشت مخلوط، Ybb: عملکرد گونه B در کشت خالص. برای محاسبه مجموع ارزش نسبی (Total relative value: TRV) از معادله زیر بهره‌گیری شد:

$$TRV=(aP_1+bP_2)/aM_1 \quad (۴)$$

در این رابطه P_1 و P_2 به ترتیب عملکرد گونه‌های اول و دوم در کشت مخلوط و M_1 عملکرد گونه اول در کشت خالص و a و

نسخه پیش از انتشار (در حال چاپ)

[Downloaded from jspi.iut.ac.ir on 2026-06-02]

جدول ۳. لیست علف‌های هرز در تیمارهای کنترل‌نشده در کشت مخلوط گلرنگ-کلزا

Table 3. List of weeds in non-control treatments safflower–canola

ردیف Row	نام فارسی Persian name	نام علمی Scientific name	نام تیره Family name
1	سلمه‌تره	Chenopodium album L.	Chenopodiaceae
2	یونجه	Medicago sativa L.	Fabaceae
3	بارهنگ	Plantago major L.	Plantagnaceae
4	هویج وحشی	Daucus carota L.	Apiaceae
5	شنگ معمولی	Tragopogon *collinus* L.	Asteraceae
6	شنگ اسبی	Scorzonera L.	Asteraceae
7	گاو چاق کن	Lactuca serriola L.	Compositeae
8	کنگر صحرایی	Cirsium arvensis scop L.	Asteraceae
9	مرغ	Cynodon dactylon L.	Poaceae
10	چسبک	Setaria viridis L.	Poaceae
11	قیاق	Sorghum halepense L.	Poaceae
12	گاو پنبه	Abutilon theophrasti medic L.	Malvaceae
13	توق	Xanthium strumarium L.	Asteraceae
14	پیچک صحرایی	Convolvulus arvensis L.	Convolvulaceae
15	کاسنی	Cichrorium intybus L.	Asteraceae
16	ترشک	Rumex alpinus L.	Polygonaceae
17	جارو قزوینی	Kochia scoparia L.	Amaranthaceae
18	تاج خروس	Amaranthus retroflous L.	Amaranthaceae
19	قاصدک	Taraxacum sect. Ruderalia L.	Asteraceae
20	علف هفت‌بند	Polygonum aviculare L.	Polygonaceae
21	خرفه	Portulaca oleracea L.	Porthulacaceae
22	پاغازی	Viola pinetorum L.	Violaceae

b به‌ترتیب قیمت گیاه اول و دوم می‌باشد. اگر TRV >1 باشد، کشت مخلوط بهتر است. درصورتی‌که TRV <1 باشد، کشت خالص دارای مزیت اقتصادی خواهد بود و کشت خالص ترجیح داده می‌شود. البته باید توجه داشت که اگر LER<1 باشد، محاسبه TRV ضرورتی ندارد. برای محاسبه کارایی کنترل علف‌های هرز (Weed control efficiency: WCE) توسط تیمارهای کشت مخلوط نیز از رابطه زیر استفاده شد.

$$WCE= [(WDW_c - WDW_i) /WDW_c]\times 100 \quad (۵)$$

در این رابطه نیز WDW_c و WDW_i به‌ترتیب زیست توده علف‌های هرز در تیمار کشت خالص گلرنگ بدون کنترل علف‌های هرز و زیست توده علف‌های هرز در تیمار کشت مخلوط می‌باشد (Darabi, 2025).

عملیات برداشت

به‌منظور تعیین عملکرد و اجزای عملکرد، برداشت نمونه‌های کلزا به ابعاد یک مترمربع در هر کرت صورت گرفت. بدین صورت

نسخه پیش از انتشار اصلاح نشده

[Downloaded from jspi.iut.ac.ir on 2026-06-02]

که در هر کرت پس از حذف ردیف‌های کناری و ۵۰ سانتی‌متر از ابتدا و انتهای کرت به‌عنوان حاشیه، یک مترمربع به‌عنوان سطح نمونه‌برداری برای صفات عملکردی در واحد سطح درنظر گرفته شدند. همچنین به تعداد پنج بوته از سطح باقی‌مانده نمونه‌برداری به‌طور تصادفی انجام شد و صفاتی از قبیل تعداد خورجین در بوته، عملکرد زیست توده، عملکرد دانه و شاخص برداشت اندازه‌گیری شد.

عملکرد دانه و زیست توده در واحد سطح: به هنگام رسیدگی محصول با حذف اثر حاشیه کلیه بوته‌های گلرنگ و کلزا به اندازه یک مترمربع از هر کرت برداشت و خشک شدند. سپس نمونه‌های خشک‌شده با ترازوی حساس توزین و عملکرد زیست توده و عملکرد دانه آن‌ها به‌صورت کیلوگرم در هکتار تعیین گردید.

شاخص برداشت: شاخص برداشت با استفاده از رابطه ۶ محاسبه شد:

$$\text{شاخص برداشت} = \frac{\text{عملکرد اقتصادی}}{\text{(زیست توده اندام هوایی + عملکرد اقتصادی)}} \times ۱۰۰ \quad (۶)$$

تجزیه و تحلیل داده‌ها

تجزیه و تحلیل داده‌های به‌دست‌آمده از آزمایش براساس آزمایش فاکتوریل در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی انجام شد. به‌منظور تعیین معنی‌داری تفاوت بین میانگین تیمارها، مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵ درصد صورت گرفت. برای انجام کلیه محاسبات آماری، تحلیل واریانس و پردازش داده‌ها از نرم‌افزار آماری MSTAT-C و SPSS نسخه ۱۶ استفاده شد. همچنین، جهت ترسیم نمودارهای مربوط به صفات مختلف، از Excel بهره‌گیری گردید.

نتایج و بحث

تعداد خورجین در بوته

نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثرات کنترل علف‌های هرز، نسبت‌های کشت و همچنین اثر متقابل کنترل علف‌های هرز در نسبت‌های کشت بر صفت تعداد خورجین در بوته در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار است (جدول ۴). مقایسه میانگین‌های اثر متقابل کنترل علف‌های هرز در نسبت‌های کشت، نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار بین تیمارهای آزمایشی در سطح احتمال یک درصد بود. به‌طور خاص، بیشترین تعداد خورجین کلزا مربوط به ترکیب تیماری کشت مخلوط جایگزینی با نسبت ۲:۱ (گلرنگ – کلزا) و با کنترل کامل علف‌های هرز با میانگین ۲۸/۹ بود، درحالی‌که کمترین تعداد خورجین به ترکیب تیماری کشت مخلوط افزایشی با نسبت ۱۰۰:۵۰ (کلزا – گلرنگ) و عدم کنترل علف‌های هرز با میانگین ۹/۶ تعلق داشت (شکل ۱). افزایش تعداد گل‌های بارور، شرایط مناسبی را برای تشکیل تعداد خورجین فراهم می‌کند. تعداد خورجین به‌عنوان یکی از اجزای کلیدی عملکرد درنظر گرفته می‌شود، زیرا خورجین‌ها حاوی دانه بوده و در مراحل اولیه پرشدن دانه از طریق فرایند فتوسنتز در رشد و تکامل دانه‌ها نقش دارند؛ بنابراین، هرچه تعداد دانه‌ها در هر خورجین بیشتر باشد، گیاه به‌عنوان مخزنی بزرگتر برای آسیمیلات تولید شده به‌منظور تولید دانه عمل می‌کند (Abdi, 2023; Shafagh-Kolvanagh *et al.,* 2025). این نتایج با یافته‌های مربوط به پژوهش‌های انجام شده در مورد کشت مخلوط گلرنگ–باقلا (Saeidi *et al.,* 2018) مطابقت دارد. گزارش‌های رضایی‌چیانه و همکاران (Rezaei-Chiyaneh *et al.,* 2015) نشان دادند که افزایش رشد رویشی و شاخص سطح برگ در کشت‌های مخلوط منجربه افزایش درصد نور دریافتی نسبت به کشت خالص می‌شود. این امر می‌تواند توضیح‌دهنده تأثیر مثبت کشت‌های مخلوط بر تعداد خورجین و درنهایت عملکرد زراعی باشد.

عملکرد بیولوژیکی در واحد سطح

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر نسبت‌های کشت بر عملکرد زیست‌توده در واحد سطح، در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود، ولی اثر متقابل کنترل علف‌های‌هرز در نسبت‌های

نسخه پیش از انتشار (اصلاح نشده)

[Downloaded from jspi.iut.ac.ir on 2026-06-02]

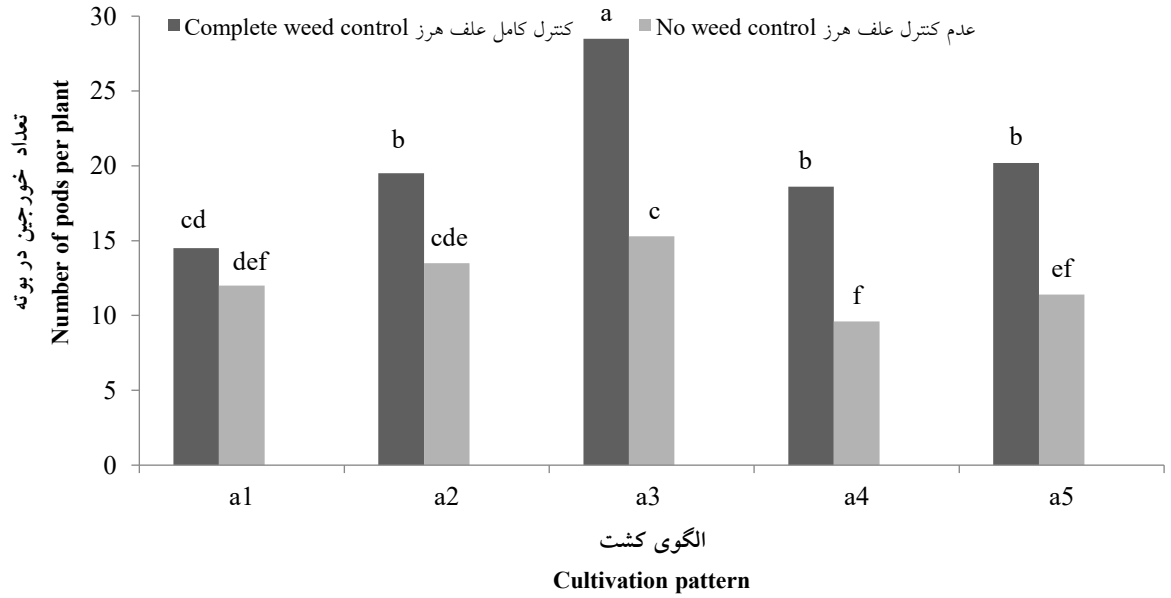
جدول ۴. تحلیل واریانس تأثیر الگوهای کشت مختلف و کنترل علف‌های هرز بر عملکرد و اجزای عملکرد کلزا

Table 4. Variance analysis of the effect of different cultivation patterns and weed control on yield and yield components of canola

		Mean Square میانگین مربعات			
منبع تغییرات (S.O.V)	درجه آزادی (D.F)	تعداد خورجین در بوته (Number of pods per plant)	عملکرد زیست‌توده (Biomass yield)	عملکرد دانه (Seed yield)	شاخص برداشت (Harvest index)
بلوک (Block)	2	0.7	119546	3186	46.9
کنترل علف‌های‌هرز(A) (Weed control)	1	477.6**	31417**	118791**	112.2**
الگوی کشت(B) (Planting pattern)	4	72.3**	152701^{ns}	286489*	175.5**
A*B	4	24.9**	12712^{ns}	14152**	23.9**
خطای آزمایشی(Error)	18	2.3	13.11	24.96	5.7
ضریب تغییرات (Coefficient of variation) (%)	–	9.2	6.9	11.3	10
میانگین (Mean)		16.31	5639	1131	23.63

^{ns}، ** و *: به‌ترتیب غیرمعنی‌دار، معنی‌دار در سطح $p\leq0.01$ و $p\leq0.05$.

^{ns}, ** and *: non-significant, significant at $p\leq0.01$ and $p\leq0.05$, respectively



شکل ۱. تأثیر برهمکنش اثر الگوهای مختلف کشت در کنترل علف‌های هرز بر تعداد خورجین در بوته

Fig. 1. The interaction effect of different cultivation patterns in controlling weeds on the number of pods

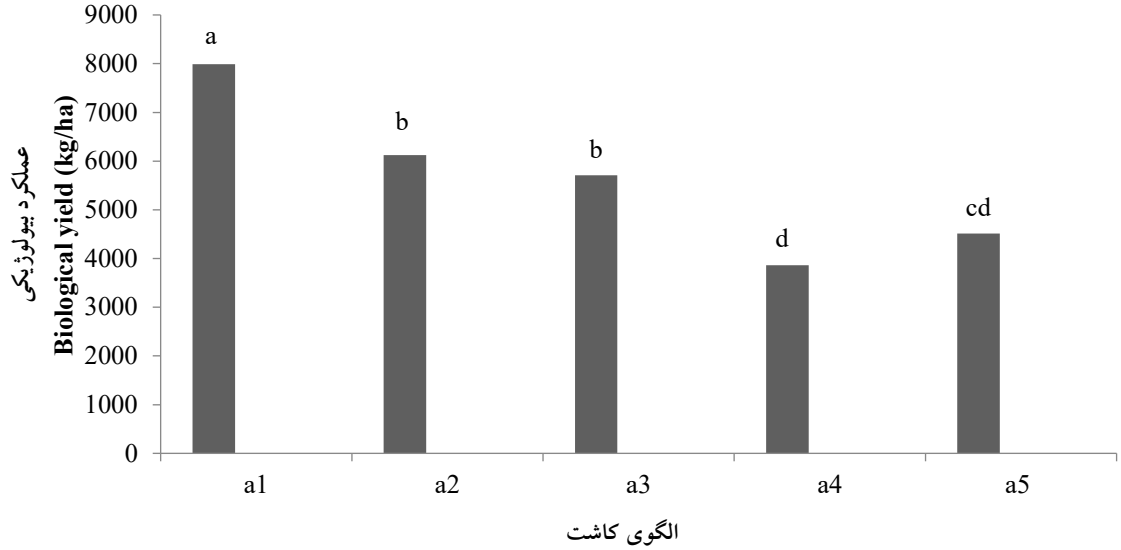
تیمارهای دارای حداقل یک حرف مشترک اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال پنج درصد ندارند.

Treatments with at least one common letter did not differ significantly at 5% probability level.

a1: کشت خالص کلزا، a2: کشت مخلوط جایگزینی ۱:۱ گلرنگ و کلزا، a3: کشت مخلوط جایگزینی ۲:۱ گلرنگ و کلزا، a4: تراکم مطلوب گلرنگ (۶۰ بذر در مترمربع) + ۵۰ درصد تراکم مطلوب کلزا (۴۰ بذر در مترمربع)، a5: تراکم مطلوب گلرنگ (۶۰ بذر در مترمربع) + ۷۵ درصد تراکم مطلوب کلزا (۶۰ بذر در مترمربع).

a_1: Pure cultivation of canola, a_2: Mixed cultivation of 1:1 replacement of safflower and canola, a_3: Mixed cultivation of 2:1 replacement of safflower and canola, a_4: Optimal density of safflower (60 seeds/m^2) + 50% optimal density of canola (40 seeds/m^2), a_5: Optimal density of safflower (60 seeds/m^2) + 75% optimum density of canola (60 seeds/m^2).

[Downloaded from jspi.iut.ac.ir on 2026-06-02]



شکل ۲. تاثیر الگوهای مختلف کشت بر عملکرد بیولوژیکی کلزا در واحد سطح

Fig. 2. Effect of different cultivation patterns on biological performance

تیمارهای دارای حداقل یک حرف مشترک اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال پنج درصد ندارند.

Treatments with at least one common letter did not differ significantly at 5% probability level.

a1: کشت خالص کلزا، a2: کشت مخلوط جایگزینی (۱:۱ گلرنگ و کلزا)، a3: کشت مخلوط جایگزینی ۲:۱ گلرنگ و کلزا، a4: تراکم مطلوب گلرنگ (۶۰ بذر در مترمربع) + ۵۰ درصد تراکم مطلوب کلزا (۴۰ بذر در مترمربع)، a5: تراکم مطلوب گلرنگ (۶۰ بذر در مترمربع) + ۷۵ درصد تراکم مطلوب کلزا (۶۰ بذر در مترمربع).

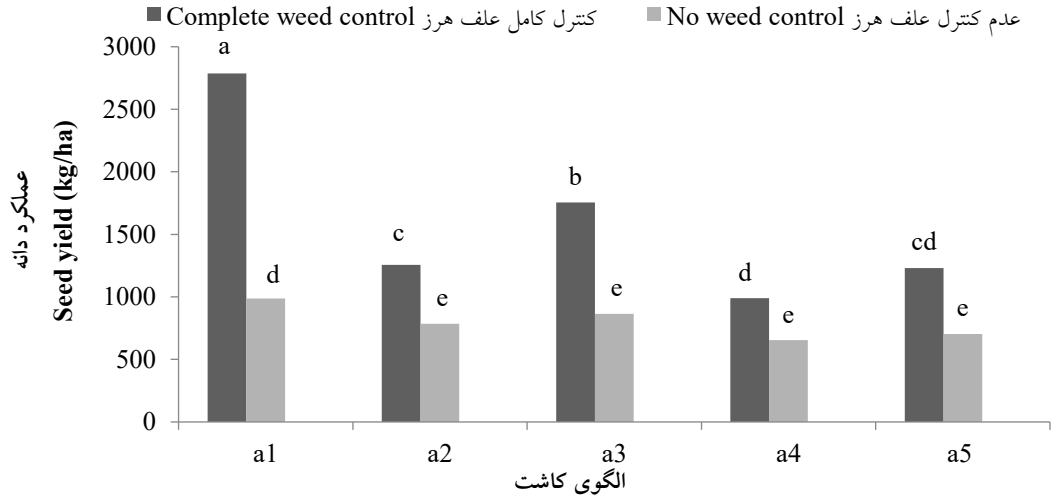
a_1: Pure cultivation of canola, a_2: Mixed cultivation of 1:1 replacement of safflower and canola, a_3: Mixed cultivation of 2:1 replacement of safflower and canola, a_4: Optimal density of safflower (60 seeds/m^2) + 50% optimal density of canola (40 seeds/m^2), a_5: Optimal density of safflower (60 seeds/m^2) + 75% optimum density of canola (60 seeds/m^2).

کشت و اثر ساده کنترل علف‌های‌هرز معنی‌دار نبود (جدول ۴). مقایسه میانگین‌های اثر نسبت‌های کشت بر عملکرد زیست‌توده کلزا نشان داد که تیمار کشت خالص کلزا با ۷۹۹۰ کیلوگرم در هکتار، بیشترین عملکرد زیست‌توده و تیمار کشت مخلوط افزایشی ۱۰۰:۵۰ (کلزا-گلرنگ) با ۳۸۶۵ کیلوگرم در هکتار کمترین عملکرد را داشت (شکل ۲). به نظر می‌رسد رقابت برون گونه‌ای در کشت مخلوط باعث کاهش عملکرد زیست‌توده در تیمار کشت مخلوط نسبت به تک‌کشتی شده باشد (Shafagh-Kolvanagh *et al.*, 2025). بررسی‌های مختلف نشان داده است که در صورت انتخاب تراکم مناسب کشت مخلوط، جذب آب و مواد غذایی بدلیل تفاوت در توانایی رقابت بین گیاهان افزایش می‌یابد (Koocheki *et al.*, 2014).

عملکرد دانه در واحد سطح

نتایج حاصل از جدول تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثرهای کنترل علف‌های‌هرز، الگوی کاشت و اثر متقابل کنترل علف‌های هرز در الگوی کاشت بر عملکرد دانه در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار هستند (جدول ۴). مقایسه میانگین‌های اثرهای متقابل کنترل علف‌های‌هرز در الگوی کاشت نشان داد که بین تیمارهای آزمایشی اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد وجود دارد، بیشترین عملکرد دانه کلزا مربوط به ترکیب تیماری کشت خالص کلزا با کنترل کامل علف‌های‌هرز با ۲۷۸۶ کیلوگرم در هکتار بود و همچنین کمترین عملکرد دانه مربوط به ترکیب تیماری کشت مخلوط افزایشی ۱۰۰:۵۰ (گلرنگ – کلزا) با عدم کنترل علف‌های‌هرز با ۶۵۴/۶ کیلوگرم در هکتار بود. به‌طوری‌که بیشترین کاهش عملکرد مربوط به تیمار کشت مخلوط افزایشی

[Downloaded from jspi.iut.ac.ir on 2026-06-02]



شکل ۳. تأثیر برهمکنش اثر الگوهای مختلف کشت در کنترل علف‌های هرز بر عملکرد دانه کلزا

Fig. 3. The interaction effect of different cultivation patterns in weed control on seed yield

تیمارهای دارای حداقل یک حرف مشترک اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال پنج درصد ندارند.

Treatments with at least one common letter did not differ significantly at 5% probability level.

a1: کشت خالص کلزا، a2: کشت مخلوط جایگزینی ۱:۱ گلرنگ و کلزا، a3: کشت مخلوط جایگزینی ۲:۱ گلرنگ و کلزا، a4: تراکم مطلوب گلرنگ (۶۰ بذر در مترمربع) + ۵۰ درصد تراکم مطلوب کلزا (۴۰ بذر در مترمربع)، a5: تراکم مطلوب گلرنگ (۶۰ بذر در مترمربع) + ۷۵ درصد تراکم مطلوب کلزا (۶۰ بذر در مترمربع).

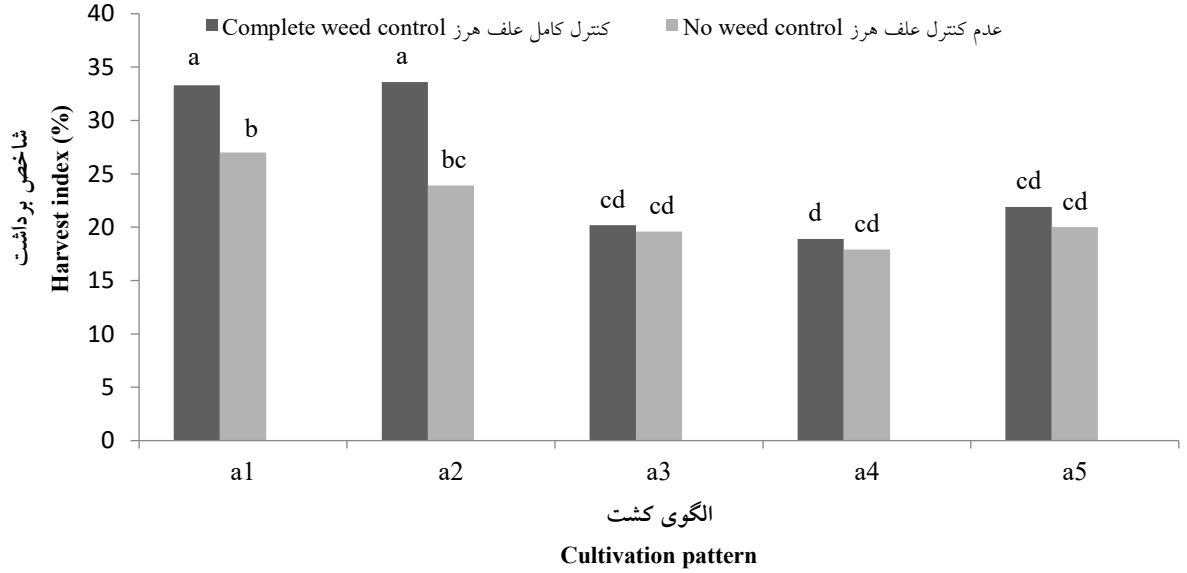
a_1: Pure cultivation of canola, a_2: Mixed cultivation of 1:1 replacement of safflower and canola, a_3: Mixed cultivation of 2:1 replacement of safflower and canola, a_4: Optimal density of safflower (60 seeds/m^2) + 50% optimal density of canola (40 seeds/m^2), a_5: Optimal density of safflower (60 seeds/m^2) + 75% optimum density of canola (60 seeds/m^2).

۱۰۰:۵۰ (گلرنگ – کلزا) با ۷۰/۴ درصد و کمترین مقدار آن مربوط به تیمار کشت مخلوط جایگزینی ۱:۱ (گلرنگ – کلزا) با ۲۷/۱ درصد می‌باشد. عملکرد دانه در کشت مخلوط و عدم کنترل علف‌های‌هرز نسبت به کشت خالص و کنترل کامل علف‌های هرز، کاهش معنی‌داری نشان داد (شکل ۳). به‌نظر می‌رسد بر اثر افزایش رقابت در کشت مخلوط و کاهش منابع محیطی، عملکرد گونه‌ها در کشت مخلوط کاهش یافته باشد (Shafagh-Kolvanagh *et al.,* 2024). در بررسی عملکرد گیاه دارویی سیاهدانه (*N. sativa*) در کشت مخلوط با نخود (*C. arietinum*) و لوبیا (*P. vulgaris*) مشخص شد که عملکرد دانه هر سه گیاه تحت تأثیر تیمارهای آزمایش قرار گرفت و میانگین این صفت در کشت خالص نسبت به کشت مخلوط بالاتر بود (Koocheki *et al.,* 2014). طبق تحقیقی در کشت مخلوط زنیان (*T. copticum*) و شنبلیله (*T. foenum-graecum*) بیان شد که زنیان (*T. copticum*) گیاه غالب در کشت عمل کرده، به‌نظر می‌رسد که کشت مخلوط عمدتاً به نفع زنیان (*T. copticum*) بوده و باعث حفظ عملکرد آن شد؛ درحالی‌که برای شنبلیله (*T. foenum-graecum*)، عملکرد نسبت به کشت خالص کاهش یافته و تحت تأثیر آرایش‌های کشت قرار نگرفت، به‌طورکلی زمانی که در کشت مخلوط گیاه غالب در کنار گیاه مغلوب قرار می‌گیرد عملکرد آن نسبت به کشت خالص آن افزایش می‌یابد، درصورتی که برای گیاه مغلوب این اتفاق نمی‌افتد (Mirhashemi *et al.,* 2009).

شاخص برداشت

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثرهای کنترل

[Downloaded from jspi.iut.ac.ir on 2026-06-02]



شکل ۴. تأثیر برهمکنش اثر الگوهای مختلف کشت در کنترل علف‌های هرز بر شاخص برداشت کلزا

Fig. 4. The interaction effect of different cultivation patterns in weed control on harvest index of Canola

تیمارهای دارای حداقل یک حرف مشترک اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال پنج درصد ندارند.

Treatments with at least one common letter did not differ significantly at 5% probability level.

a1: کشت خالص کلزا، a2: کشت مخلوط جایگزینی ۱:۱ گلرنگ و کلزا، a3: کشت مخلوط جایگزینی ۲:۱ گلرنگ و کلزا، a4: تراکم مطلوب گلرنگ (۶۰ بذر در مترمربع) + ۵۰ درصد تراکم مطلوب کلزا (۴۰ بذر در مترمربع)، a5: تراکم مطلوب گلرنگ (۶۰ بذر در مترمربع) + ۷۵ درصد تراکم مطلوب کلزا (۶۰ بذر در مترمربع).

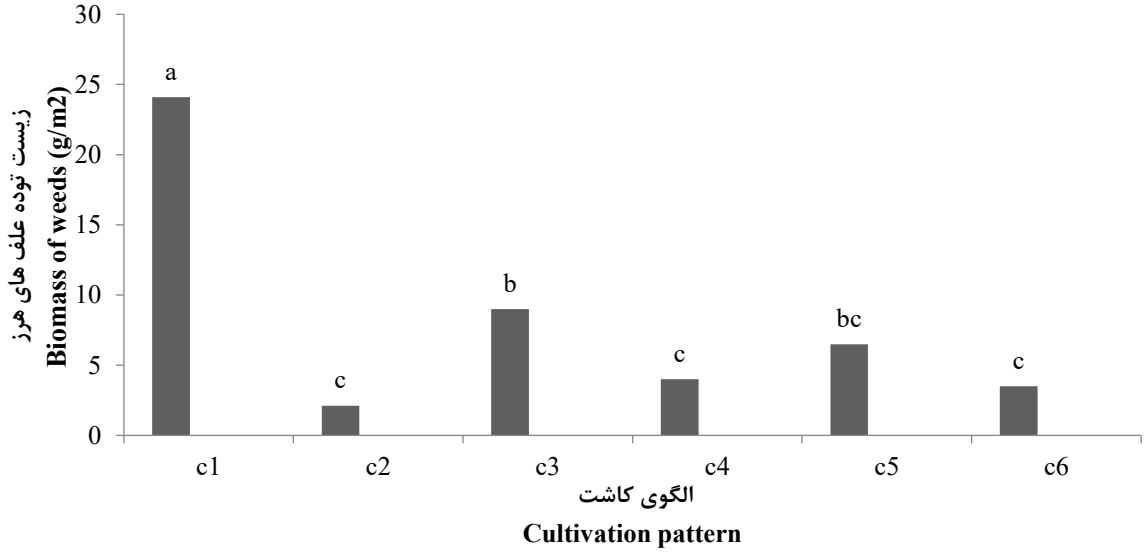
a_1: Pure cultivation of canola, a_2: Mixed cultivation of 1:1 replacement of safflower and canola, a_3: Mixed cultivation of 2:1 replacement of safflower and canola, a_4: Optimal density of safflower (60 seeds/m^2) + 50% optimal density of canola (40 seeds/m^2), a_5: Optimal density of safflower (60 seeds/m^2) + 75% optimum density of canola (60 seeds/m^2).

علف‌های هرز، نسبت‌های کشت و اثر متقابل کنترل علف‌های هرز در نسبت‌های کشت بر شاخص برداشت در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بودند (جدول ۴). مقایسه میانگین‌های اثر متقابل کنترل علف‌های‌هرز در نسبت‌های کشت نشان داد که بین تیمارهای آزمایشی در سطح احتمال یک درصد اختلاف معنی‌داری وجود داشت، به‌طوری‌که بیشترین شاخص برداشت کلزا مربوط به ترکیب تیماری کشت مخلوط جایگزینی ۱:۱ (گلرنگ – کلزا) با کنترل کامل علف‌های‌هرز با ۳۳/۶ درصد بود و همچنین کشت مخلوط افزایشی ۵۰:۱۰۰ (کلزا – گلرنگ) با عدم کنترل علف‌های‌هرز با ۱۷/۹ درصد کمترین شاخص برداشت را دارا بود (شکل ۴). مطالعات نشان دادند که کشت‌های مخلوط جایگزینی یونجه و جو دارای بیشترین شاخص برداشت بودند (Esmaili *et al.,* 2012). شاخص برداشت، مقیاسی برای اندازه‌گیری تسهیم منابع در طول دوره رشد می‌باشد و نشان‌دهنده تخصیص بیشتر مواد فتوسنتزی به مخازن اقتصادی گیاه است (Mirhashemi *et al.,* 2009). همانطورکه اشاره شد اختلاف در شاخص برداشت را می‌توان به تفاوت در اجزای عملکرد و یا افزایش عملکرد زیست‌توده نسبت داد (Shafagh-Kolvanagh *et al.,* 2023; 2024; 2025).

زیست توده علف‌های هرز

مقایسه میانگین‌های نسبت‌های مختلف کشت برای زیست توده علف‌های هرز نشان داد که تیمار کشت خالص گلرنگ با ۲۴/۲ گرم در مترمربع دارای بیشترین و تیمار کشت خالص کلزا با ۲/۱ گرم در مترمربع دارای کمترین زیست توده علف‌های هرز بود (شکل ۶). بنظر می‌رسد که بعلت اثرات تسهیل‌کنندگی کلزا، مانند

[Downloaded from jspi.iut.ac.ir on 2026-06-02]



شکل ۵. میانگین زیست توده علف‌های هرز تحت تأثیر تیمار الگوهای مختلف کشت

Fig. 5. Average biomass of weeds under the influence of different cultivation patterns

تیمارهای دارای حداقل یک حرف مشترک اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال پنج درصد ندارند.

Treatments with at least one common letter did not differ significantly at 5% probability level.

a1: کشت خالص کلزا، a2: کشت مخلوط جایگزینی ۱:۱ گلرنگ و کلزا، a3: کشت مخلوط جایگزینی ۲:۱ گلرنگ و کلزا، a4: تراکم مطلوب گلرنگ (۶۰ بذر در مترمربع) + ۵۰ درصد تراکم مطلوب کلزا (۴۰ بذر در مترمربع)، a5: تراکم مطلوب گلرنگ (۶۰ بذر در مترمربع) + ۷۵ درصد تراکم مطلوب کلزا (۶۰ بذر در مترمربع).

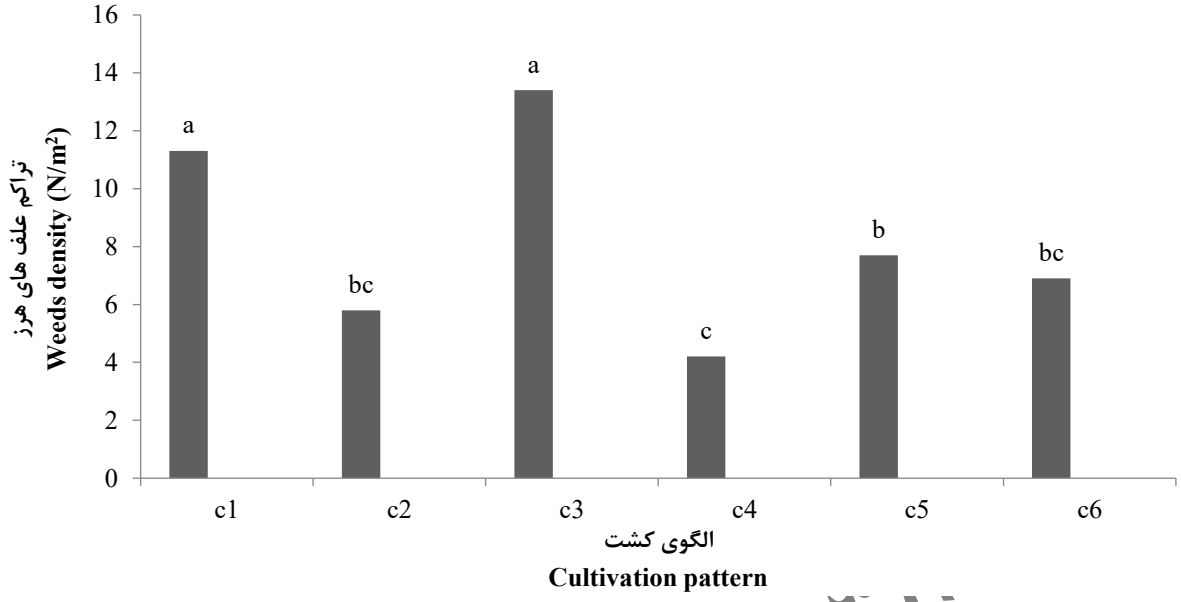
a_1: Pure cultivation of canola, a_2: Mixed cultivation of 1:1 replacement of safflower and canola, a_3: Mixed cultivation of 2:1 replacement of safflower and canola, a_4: Optimal density of safflower (60 seeds/m^2) + 50% optimal density of canola (40 seeds/m^2), a_5: Optimal density of safflower (60 seeds/m^2) + 75% optimum density of canola (60 seeds/m^2).

جوانه‌زنی و رشد سریع‌تر از یک طرف و وجود اثرات آللوپاتی کلزا، از طرف دیگر منجربه جلوگیری از جوانه‌زنی و رشد علف‌های هرز در کشت خالص شد، اما در تیمار کشت مخلوط افزایشی ۱۰۰:۷۵ (کلزا – گلرنگ) نیز با ۳/۵ گرم در مترمربع و تیمار کشت مخلوط جایگزینی ۲:۱ (گلرنگ – کلزا) با چهار گرم در مترمربع نیز دارای کمترین زیست توده بود. بیشترین زیست توده علف‌های هرز، زیست توده علف‌های هرز سلمه‌تره با ۲۱۶/۶ گرم در مترمربع مربوط به تیمار کشت خالص گلرنگ بود که در بین گونه‌های مختلف علف‌های هرز، زیست توده یونجه هم با ۶۰ گرم در مترمربع که از بقایای ریشه یونجه دو سال قبل در خاک، سبز شده بود، دارای وزن بالاتری بود و بقیه به سایر علف‌های هرز اختصاص پیدا کرد (شکل ۵). با افزایش زیست توده، سهم علف‌های‌هرز از عوامل محیطی مؤثر بر رشد افزایش می‌یابد و به همان نسبت سهم گیاه زراعی از آن‌ها کاهش می‌یابد. زیست توده علف‌های هرز معیار مناسبتر و کاربردی‌تر نسبت به تعداد علف‌های هرز به شمار می‌رود (Shafagh-Kolvanagh *et al.*, 2023).

تراکم علف‌های هرز

مقایسه میانگین‌های نسبت‌های کاشت بر تراکم علف‌های هرز نشان داد که تیمار کشت خالص گلرنگ با ۱۱/۳ (تعداد علف‌های‌هرز در مترمربع) دارای بیشترین و تیمار کشت مخلوط جایگزینی ۲:۱ (گلرنگ – کلزا) با ۴/۲ (تعداد علف‌های‌هرز در مترمربع) دارای کمترین تراکم بود (شکل ۷). بالاترین تراکم علف‌های‌هرز با ۱۴۰/۶۶ (تعداد علف‌های‌هرز در مترمربع) علف‌های‌هرز سلمه‌تره از گونه‌های مختلف، مربوط به تیمار کشت مخلوط ۱:۱ (گلرنگ – کلزا) بود که در بین آن‌ها هم تراکم علف‌های‌هرز قیاق با ۷۱/۳ (تعداد علف‌های‌هرز در مترمربع) بود

[Downloaded from jspi.iut.ac.ir on 2026-06-02]



شکل ۶. میانگین تراکم علف‌های هرز تحت تأثیر تیمار الگوهای مختلف کشت

Fig. 6. The average weed density under the influence of different cultivation patterns

تیمارهای دارای حداقل یک حرف مشترک اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال پنج درصد ندارند.

Treatments with at least one common letter did not differ significantly at 5% probability level.

a1: کشت خالص کلزا، a2: کشت مخلوط جایگزینی ۱:۱ گلرنگ و کلزا، a3: کشت مخلوط جایگزینی ۲:۱ گلرنگ و کلزا، a4: تراکم مطلوب گلرنگ (۶۰ بذر در مترمربع) + ۵۰ درصد تراکم مطلوب کلزا (۴۰ بذر در مترمربع)، a5: تراکم مطلوب گلرنگ (۶۰ بذر در مترمربع) + ۷۵ درصد تراکم مطلوب کلزا (۶۰ بذر در مترمربع).

a_1: Pure cultivation of canola, a_2: Mixed cultivation of 1:1 replacement of safflower and canola, a_3: Mixed cultivation of 2:1 replacement of safflower and canola, a_4: Optimal density of safflower (60 seeds/m^2) + 50% optimal density of canola (40 seeds/m^2), a_5: Optimal density of safflower (60 seeds/m^2) + 75% optimum density of canola (60 seeds/m^2).

و بقیه به سایر علف‌های هرز اختصاص پیدا کرد (شکل ۶). در تحقیقی با بررسی اثر کشت مخلوط این دو گیاه به‌دلیل پوشش بهتر و متراکم‌تر بر سطح زمین باعث افزایش قدرت رقابت گیاهان زراعی برای استفاده از نور، آب و سایر منابع محیطی درمقایسه با کشت خالص شده که درنهایت، باعث کاهش تنوع و تراکم علف‌های هرز در کشت مخلوط درمقایسه با کشت خالص شد (Shafagh-Kolvanagh *et al.,* 2024).

معیارهای ارزیابی کشت مخلوط

معیارهای ارزیابی کشت مخلوط، نسبت برابری زمین را در تیمارهای مختلف کشت مخلوط نشان می‌دهد. کلیه تیمارهای کشت مخلوط، نسبت برابری زمین بالاتری نسبت به کشت خالص هر دو گیاه داشتند، بجز تیمار کشت مخلوط افزایشی ۱۰۰:۵۰ (کلزا – گلرنگ) که کمتر از یک بود. بیشترین میزان نسبت برابری زمین به تیمار کشت مخلوط جایگزینی ۱:۱ (گلرنگ – کلزا) با کنترل کامل علف‌های‌هرز با مقدار ۱/۷۱ تعلق داشت. به این معنی که برای دستیابی به همین مقدار عملکرد از کشت خالص این دو گیاه به ۱/۷۱ هکتار زمین نیاز است و ۰/۷۱ هکتار زمین صرفه‌جویی شده است (جدول ۵). کمترین نسبت برابری زمین نیز در کشت مخلوط افزایشی ۱۰۰:۵۰ (کلزا – گلرنگ) با کنترل کامل علف‌های‌هرز با مقدار ۰/۸۷ مشاهده شد که این امر از رقابت گلرنگ و کلزا در استفاده از نور و منابع موجود ناشی شد (Shafagh-Kolvanagh *et al.,* 2024; 2025). کشت مخلوط زمانی سودمند است که عملکرد دانه مخلوط، بیشتر از حداکثر محصول تک‌کشتی باشد. اضافه عملکرد به‌دست آمده را می‌توان به استفاده بهتر از منابع موجود توسط دو گیاه و

[Downloaded from jspi.iut.ac.ir on 2026-06-02]

جدول ۵. مقادیر LER، TRV و WCE

Table 5. The values of LER, TRV and WCE

تیمارها Treatments		معیار ارزیابی کشت مخلوط Evaluation criterion of mixed cultivation				
کنترل علف‌های‌هرز Weed control	الگوی کشت Planting patern	WCE	TRV	LER	عملکرد نسبی کلزا Relative yield of canola	عملکرد نسبی گلرنگ Relative yield of safflower
کنترل کامل علف‌های هرز Complete weed control	b_1	–	2.33	1.71	0.76	0.95
	b_2	–	1.63	1.26	0.45	0.81
	b_3	–	1.09	0.87	0.28	0.59
	b_4	–	1.36	1.06	0.37	0.69
عدم کنترل علف‌های‌هرز Non-weed control	b_1	62.7	2.01	1.62	0.69	0.93
	b_2	83.4	1.56	1.28	0.5	0.78
	b_3	73	1.15	0.97	0.32	0.65
	b_4	85.4	1.41	1.16	0.42	0.74

b_1: کشت مخلوط جایگزینی ۱:۱ گلرنگ و کلزا، b_2: کشت مخلوط جایگزینی ۲:۱ گلرنگ و کلزا، b_3: تراکم مطلوب گلرنگ + ۵۰ درصد تراکم مطلوب کلزا، b_4: تراکم مطلوب گلرنگ + ۷۵ درصد تراکم مطلوب کلزا.

b1: 1:1 replacement mixed crop of safflower and canola, b2: 2:1 replacement mix of safflower and canola, b3: optimal density of safflower + 50 **p**ercent of the optimal density of canola, b4: optimal density of safflower + 75 **p**ercent of the optimal density of canola.

اختلاف مورفولوژیکی بین آن‌ها و کمتر بودن علف‌های‌هرز در الگوی کاشت مخلوط نسبت داد (Shafagh-Kolvanagh *et al.*, 2023; Darabi, 2025). در این تحقیق هر دو گونه به‌طور جزیی تحت تأثیر منفی کشت مخلوط قرار گرفتند، با وجود این دو محصول توانستند کاهش عملکرد یکدیگر را جبران کنند و بدین سبب نسبت برابری زمین به‌غیر از تیمار کشت مخلوط افزایشی ۱۰۰:۵۰ (گلرنگ – کلزا) در تمامی تیمارها بیشتر از یک بود که نشان‌دهنده برتری کشت مخلوط نسبت به کشت خالص است. مجموع ارزش نسبی، کشت مخلوط را از نظر ارزش مالی مورد ارزیابی قرار می‌دهد. کلیه تیمارهای کشت مخلوط مجموع ارزش نسبی، بیشتر از یک داشتند که نشان‌دهنده سودمندی اقتصادی این نسبت‌های کاشت درمقایسه با کشت خالص است. بالاترین مجموع ارزش نسبی به تیمار کشت مخلوط جایگزینی ۱:۱ (گلرنگ – کلزا) با کنترل کامل علف‌های هرز با مقدار ۲/۳۳ تعلق داشت و کمترین مقدار آن در تیمار کشت مخلوط افزایشی ۱۰۰:۵۰ (کلزا – گلرنگ) با کنترل کامل علف‌های هرز با مقدار ۱/۰۹ به‌دست آمد (جدول ۵). در بررسی کشت مخلوط سه رقم ذرت با سویا در سه فاصله ردیف نتایج نشان داد که شاخص نسبت برابری زمین در کشت مخلوط در مقایسه با کشت خالص بیشتر از واحد است (Berdjour *et al.*, 2020).

باتوجه‌به جدول ۵ مشاهده می‌شود که تیمارهای کشت مخلوط جایگزینی (گلرنگ – کلزا) با نسبت‌های ۱:۱ و ۱:۲ و تیمارهای کشت مخلوط افزایشی (کلزا – گلرنگ) با نسبت‌های ۱۰۰:۵۰ و ۱۰۰:۷۵ دارای شاخص کارایی کنترل علف‌های‌هرز به‌ترتیب ۶۳/۷، ۸۳/۴، ۷۳ و ۸۵/۴ بودند. به‌نظر می‌رسد که اجرای کشت مخلوط کلزا با گلرنگ، توان این گیاهان در رقابت با علف‌های هرز را افزایش داده و ضمن مهار مطلوب علف‌های هرز، کارایی سیستم زراعی در استفاده از منابع افزایش یافته و درنتیجه عملکرد کل سیستم نسبت به تیمار عدم کنترل علف‌های هرز افزایش یافته است. در واقع، با افزایش تراکم گیاه کلزا در مزرعه گلرنگ، سطح زمین سریعتر توسط گیاهان زراعی پوشیده شد و از دسترسی علف‌های هرز به نور عبور کرده از لابه‌لای شاخ و برگ کانوپی گلرنگ به‌سمت زمین، جلوگیری شد. در مطالعه‌ای، گزارش کردند که با افزایش تراکم گیاه همراه در مزرعه گیاه اصلی، تراکم و زیست توده علف‌های هرز به‌طور معنی‌داری کاهش می‌یابد. علت کاهش زیست توده و تراکم علف‌های هرز

نسخه پیش از انتشار اصلاح نشده

[Downloaded from jspi.iut.ac.ir on 2026-06-02]

در کشت مخلوط، به افزایش توان رقابتی گیاهان زراعی با علف‌های هرز نسبت داده شده است (Shafagh-Kolvanagh *et al.*, 2024; 2025). در مطالعه دیگر گزارش کردند که تراکم و زیست توده علف‌های‌هرز با اجرای کشت مخلوط نسبت به تک‌کشتی به‌طور قابل توجهی کاهش یافت. محققان علت این امر را اثر مکملی گیاهان زراعی در کشت مخلوط دانستند که باعث افزایش توان رقابتی گیاهان زراعی با علف‌های هرز می‌شود (Shafagh-Kolvanagh *et al.*, 2023; 2025). همچنین، درمقایسه شاخص کارایی کنترل علف‌های‌هرز مشخص گردید که تیمار کشت مخلوط افزایشی ۱۰۰:۷۵ (گلرنگ – کلزا) با ۸۵/۴ درصد، بیشترین کارایی را در کنترل علف‌های هرز داشت، به‌طوری‌که درمقایسه با تیمار کشت مخلوط جایگزینی ۱:۱ (گلرنگ – کلزا) از ۲۳ درصد برتری برخوردار بود.

نتیجه‌گیری کلی

در این پژوهش، نتایج نشان داد که آرایش کشت مخلوط افزایشی به نسبت ۱۰۰:۷۵ (کلزا – گلرنگ) به‌طور معنی‌داری زیست توده علف‌های هرز را نسبت به کشت خالص گلرنگ کاهش می‌دهد. به‌طور مشخص، در تیمارهای کشت مخلوط جایگزینی (گلرنگ – کلزا) با نسبت‌های ۱:۱ و ۲:۱ و همچنین در تیمارهای کشت مخلوط افزایشی (کلزا – گلرنگ) با نسبت‌های ۱۰۰:۵۰ و ۱۰۰:۷۵، به‌ترتیب ۶۲/۷، ۸۳/۴، ۷۳ و ۸۵/۴ درصد کاهش زیست توده علف‌های هرز نسبت به کشت خالص گلرنگ مشاهده گردید. این نتایج حاکی از این است که کشت مخلوط افزایشی ۱۰۰:۷۵ از نظر کنترل علف‌های هرز به‌طور مؤثرتری عمل کرده است. ارزیابی تیمارهای کشت مخلوط با استفاده از شاخص نسبت برابری زمین، مجموع ارزش نسبی و کارایی کنترل علف‌های هرز نشان داد که الگوهای کشت مخلوط از نظر تولید و ارزش اقتصادی نسبت به کشت خالص برتری دارند. همچنین، عملکرد و اجزای عملکرد در کلزا تحت تأثیر نسبت‌های مختلف کشت مخلوط و تیمارهای کنترل علف‌های هرز قرار گرفت. نتایج این آزمایش بیانگر تأثیر مثبت افزایش نسبت‌های کشت مخلوط و جایگزینی کلزا با گلرنگ بر عملکرد کلزا است. به علاوه، استفاده از کشت مخلوط بدلیل کاهش رقابت بین گونه‌ای و بهره‌برداری بهینه از عوامل محیطی، منجر به افزایش عملکرد و اجزای عملکرد در کلزا گردید. باتوجه به یافته‌های این پژوهش، پیشنهاد می‌شود تحقیقات آتی با رویکردی جامع‌تر و مبتنی بر اصول بوم‌زراعی انجام گیرد. به‌منظور درک عمیق‌تر از سازوکارهای رقابتی و تعاملات بین‌گونه‌ای در کشت مخلوط کلزا و گلرنگ، بررسی دینامیک علف‌های هرز، تغییرات فلور و تراکم آن‌ها در مراحل مختلف رشد توصیه می‌شود. همچنین مطالعه سطوح متنوع‌تر نسبت‌های کاشت و آرایش فضایی گیاهان با هدف تعیین نسبت بهینه اختلاط، می‌تواند به بهبود کارایی استفاده از منابع محیطی بینجامد. ارزیابی شاخص‌های فیزیولوژیکی و مورفولوژیکی مانند کارایی مصرف نور، آب و مواد غذایی در شرایط کشت مخلوط، انجام آزمایش‌های چند مکانه و چند ساله برای سنجش پایداری عملکرد در شرایط اقلیمی گوناگون و تحلیل اقتصادی جامع بر پایه هزینه–فایده از دیگر محورهای پیشنهادی است. افزون بر این، مطالعه اثرات کشت مخلوط بر خصوصیات فیزیکی، شیمیایی و زیستی خاک و ترکیب آن با روش‌های نوین مدیریت تلفیقی علف‌های‌هرز می‌تواند به تدوین الگوهای پایدار و کارآمد برای بهبود عملکرد و پایداری تولید در نظام‌های زراعی منجر شود.

تشکر و سپاسگزاری

از دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز به خاطر همکاری‌های صمیمانه‌شان تشکر و قدردانی می‌شود.

تضاد منافع

نویسندگان مقاله اذعان دارند هیچ‌گونه تضاد منافعی با شخص، شرکت یا سازمانی برای این پژوهش ندارند.

نسخه پیش از انتشار (اصلاح نشده)

[Downloaded from jspi.iut.ac.ir on 2026-06-02]

References **منابع مورد استفاده**

1. Abdi, S., 2023. Evaluation of yield, yield components and competitive indices in different patterns of intercropping on Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) and Bean (*Phaseolus vulgaris* L.). J. Crop Prod. Process. 13, 31–48. (In Persian) http://dx.doi.org/10.47176/jcpp.13.3.34793
2. Agegnehu, G., Ghizaw, A., Sinebo, W., 2016. Yield performance and land-use efficiency of barley and faba bean mixed cropping in *Ethiopian highlands*. Eur. J. Agron. 25, 202–207. https://doi.org/10.1016/j.eja.2006.05.002
3. 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 Biolo. Manage. 20, 69–81. http://dx.doi.org/10.1111/wbm.12314
4. Darabi, A., 2025. The effects of planting patterns and density on yield and monetary benefits in intercropping of Onion and Lettuce. J. Crop Prod. Process. 15, 71–87. (In Persian) https://doi.org/10.47176/jcpp.15.1.22317
5. Duan, Y., Shen, J., Zhang, X., Wen, B., Ma, Y., Wang, Y., Zhu, X., 2019. Effects of soybean–tea intercropping on soil-available nutrients and tea quality. Acta Physiol. Plant. 41, 1–9. http://dx.doi.org/10.1007/s10725-019-07878-5
6. Esmaili, A.M., Hosein, B., Mohamadi, M., Hoseini khah, F.A., 2012. Evaluation of grain yield, dry matter and some traits of the forege and silage quality in hay (*Hordeum vulgare*) and annual spiring barely (*Medicago scutellata*) intercropping. Seed Plant Prod. J. 2-28, 277–296. (In Persian) https://doi.org/10.22092/sppj.2017.110476
7. Gitari, H.I., Gachene, C.K., Karanja, N.N., Kamau, S., Nyawade, S., Schulte-Geldermann, E., 2019. Potato-legume intercropping on a sloping terrain and its effects on soil physico-chemical properties. Plant Soil 438, 447–460. https://link.springer.com/article/10.1007/s11104-019-04036-7
8. Guglielmini, A.C., Verdú, A.M.C., Satorre, E.H., 2017. Competitive ability of five common weed species in competition with soybean. Int. J. Pest Manage. 63, 30–36. http://dx.doi.org/10.1080/09670874.2016.1235795
9. Hamzei, J., Khishvand, M., 2023. Study of agronomic traits, yield performance and economical indices in intercropping of spinach with chickpea. J. Hort. Sci. 37, 363–376. (In Persian) https://doi.org/10.22067/jhs.2022.75899.1153
10. Huang, Z., Cui, C., Cao, Y., Dai, J., Cheng, X., Hua, S., Zhong, Z., 2022. Tea plant–legume intercropping simultaneously improves soil fertility and tea quality by changing *Bacillus* species composition. Hortic. Res. 9, uhac046. http://dx.doi.org/10.1093/hr/uhac046
11. Jalilian, J., Zajafabadi, A., Zardashti, M.R., 2017. Intercropping patterns and different farming systems affect the yield and yield components of safflower and bitter vetch. J. Plant Interact. 12(1), 92–99. http://dx.doi.org/10.1080/17429145.2017.1344917
12. Koocheki, A., Nasiri mahalati, M., Borumand Rezazadeh, Z., Jahani Kondori, M., Jafari, L., 2014. Yield responses of Black Cumin (*Nigella sativa* L.) to intercropping with Chickpea (*Cicer arietinum* L.) and Bean (*Phaseoluse vulgaris* L.). Iran. J. Field Crops Res. 12, 1–8. (In Persian) https://doi.org/10.22067/gsc.v12i1.36624
13. Korres, N. E. 2018. Agronomic weed control: A trustworthy approach for sustainable weed management. In Non-Chemical Weed Control. 97–114. http://dx.doi.org/10.1016/B978-0-12-811537-7.00006-9
14. Martin-Guay, M., Paquette, A., Dupras, J., Rivest, D., 2018. The new green revolution: sustainable intensification of agriculture by intercropping. Sci. Total Environ. 615, 767–772. http://dx.doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.10.002
15. Mirhashemi, S.M., Koocheki, A., Parsa, M., Nassiri Mahallati, M., 2009. Evaluation benefit of ajowan and fenugreek intercropping in different levels of manure and planting pattern. Iran. J. Field Crops Res. 7, 269–280. (In Persian)
16. Rezaei-Chiyaneh, E., Tajbakhsh, M., Fotohi Chiyaneh, S., 2015. Yield and yield components of fenugreek (*Trigonella foenum-graecum* L.) in strip intercropping with ajowan (*Carum copticum* L.) influenced by bio and chemical fertilizer. J. Agric. Sci. Sustain. Prod. 24, 1–15. (In Persian) http://dx.doi.org/10.29252/abj.21.1.16
17. Saeidi, M. R., Raei, Y., Amini, R. A., Taghizadeh, A., Pasban Eslam, B., 2018. Evaluation of yield and protein content of safflower (*Carthamus tinctorius* L.) in intercropping with faba bean (*Vicia faba* L.) under biological and chemical fertilizers. J. Agric. Sci. Sustain. Prod. 28(4): 247–260. (In Persian)
18. Shafagh-Kolvanagh, J., Mokhtariyan, R., Amani, M., Nasrollahzade, S., 2023. Effect of weed control methods on seed yield and yield components of dragon's head (*Lallemantia iberica* F. & C.M.). Iran. J. Crop Sci. 25: 88–100. (In Persian) http://agrobreedjournal.ir/article-1-1304-fa.html
19. Shafagh-Kolvanagh, J., Sabzi Nojadeh, M., Vojodi, P., Amani, M., 2024. Investigating the effect of combining different weed control methods on vegetative growth and harvest index of safflower (*Carthamus tinctorius*). J. Plant Prod. Res. 31, 69–88. (In Persian) https://doi.org/10.22069/jopp.2023.21104.3020

Shafagh-Kolvanagh, J., Zehtab-Salmasi, S., Ghassemi-Golezani, K., Amani, M., Shokati Amrollah, B., 2025. Effect of different planting patterns on yield, yield components, and essential oil of Dill (*Anethum graveolens* L.) grains in additive and replacement intercropping with Fenugreek (*Trigonella foenum-graecum* L.). J. Crop. Prod. Process. 15, 33–53. (In Persian) http://dx.doi.org/10.47176/jcpp.15.1.37744

[Downloaded from jspi.iut.ac.ir on 2026-06-02]