

Investigating the yield and yield components of canola (*Brassica napus* L.) in different patterns of intercropping with safflower (*Carthamus tinctorius* L.) under weed control and non-control conditions

Jalil Shafagh- kolvanagh ^a, Fariborz Shekari ^b, Abdullah Jawanmard ^c, Mina Amani ^d, Zohreh Saeli-Ashan ^e

^a Department of Plant Ecophysiology, Department of Crop Ecology, Faculty of Agriculture, University of Tabriz, Tabriz, Iran

^b Department of Plant Genetics and Production Engineering, Crop Physiology Department, Maragheh University of Basic Sciences, Maragheh, Iran

^c Department of Production Engineering and Plant Genetics, Crop Ecology, Faculty of Agriculture, University of Maragheh, Maragheh, Iran

^d Ph.D. Student, Department of Horticultural Science and Engineering, Faculty of Agriculture, University of Tabriz, Tabriz, Iran

^e M. Sc. Graduate, Department of Plant Ecophysiology, Faculty of Agriculture, University of Tabriz, Tabriz, Iran

*Corresponding Author: shafagh.jalil@gmail.com

Received: 10 December 2024 Accepted: 29 February 2025 DOI: 10.22034/CSRAR.2025.493200.1456

How to cite this article:

Shafagh- kolvanagh, J., Shekari, F., Jawanmard, A., Amani, M. and Saeli-Ashan, Z., 2025. Investigating the yield and yield components of canola (*Brassica napus* L.) in different patterns of intercropping with safflower (*Carthamus tinctorius* L.) under weed control and non-control conditions. *Crop Science Research in Arid Regions*, 7(4), 723-737. <https://doi.org/10.22034/csrar.2025.493200.1456>

Abstract

Introduction: One of the most important factors reducing the yield of agricultural products is the competition from weeds. Weeds are considered as one of the complementary components of agricultural ecosystems and an integral part of agricultural systems. Due to the destructive effects caused by competition on the yield of crops, weeds are known as an undesirable part of agricultural ecosystems and are considered one of the most important factors that reduce crop yields. Weed control is usually listed as one of the advantages of intercropping. In mixed cultivation, due to various reasons such as increased vegetation cover, increased competition, and higher initial growth rate, the amount and invasion of weeds is significantly reduced. Therefore, mixed cropping can significantly reduce the amount of herbicides used, and this, in addition to the economic value, is of great environmental importance. In studies, mixed cropping system has been mentioned as an option for integrated management of weeds, especially in low-input farming systems. The most important damage caused by weeds to agricultural plants is the reduction of their yield through competition in the absorption of nutrients and growth inputs. One of the important measures in controlling weeds from the point of



view of sustainable agriculture is the use of mixed crops of different crops. Therefore, according to the importance of intercropping in sustainable agriculture of crops and garden plants, this research aims to investigate the yield and yield components of canola (*Brassica napus* L.) in intercropping with safflower (*Carthamus tinctorius* L.) under control and non-control conditions.

Materials and methods: For this purpose, a factorial experiment was carried out in the form of a randomized complete block design with three replications in Maragheh city. The first factor includes weed control at two levels (control and non-control weed) and the second factor includes different patterns of mixed cropping at 4 levels, including mixed cropping replacing safflower and canola, respectively, with ratios of 1:1 and 2:1 and mixed cultivation of safflower and canola 100:50, 100:75 and pure cultivation of safflower and canola were considered.

Results and Discussion: In canola, the highest biological yield (7990 kg/ha) and seed (2786 kg/ha) related to pure canola treatment with complete weed control was observed. The lowest biological yield was related to the 100:50 mixed cropping treatment (safflower-canola) with 3865 kg. The lowest grain yield related to the treatment combination of 100:50 (safflower-canola) mixed cropping with non-control weed was obtained with an average of 654.6 kg/ha. The highest amount of 1000-seed weight was obtained in the treatment combination of 1:1 replacement mixed crop (safflower-canola) with complete weed control with an average of 2.7 gr. Also, the lowest amount of 1,000-seed weight was related to the treatment combination of 2:1 (safflower- canola) mixed cultivation with no weed control with 1.6 gr. The highest number of weeds was obtained in the main branches (33.4) and secondary branches (25.3) related to the treatment combination of 2:1 replacement mixed crop (safflower-canola) with complete weed control. Also, the lowest number of weeds in the main branch was related to the treatment combination of 100:75 (safflower-canola) with non-control weed with an average of 17.3, and the lowest number of weeds in the sub-branch was related to the 100:50 (safflower-canola) mixed cultivation with non-control weed with an average of 10 pods. According to the results of the average data comparison, the highest number of seeds in pod of the main branch was related to the treatment combination of 100:50 incremental mixed cultivation (safflower-canola) with full weed control, and the lowest number of seeds in pod of the main branch was related to the treatment combination of pure canola cultivation with non-control weed was obtained with an average of 15.4. Also, the highest number of seeds in the pod of the sub-branch of canola was obtained in the treatment combination of pure canola cultivation with complete weed control with an average of 22.3, and the lowest amount of seed number in the pod of the sub-branch related to the treatment combination of pure canola cultivation with non-control weed with an average of 15.

Conclusion: Among the different patterns of safflower and canola cultivation, the highest seed yield was obtained in pure cultivation and complete weed control. The yield and yield components in canola were affected by different patterns of mixed cropping and weed control treatment, so that the 2:1 planting pattern (safflower-canola) had more seeds and 1000-seed weight.

Keywords: Biological yield, Grain yield, Pure cropping, Replacement mixed cropping, Sustainable agriculture

بررسی عملکرد و اجزای عملکرد دانه کلزا در الگوهای مختلف کشت با گلرنگ در شرایط کنترل و عدم کنترل علف‌های هرز

جلیل شفق کلوانق^{۱*}، فریبرز شکاری^۲، عبدالله جوانمرد^۳، مینا امانی^۴، زهره سائلی‌اشان^۵

- ۱- گروه اکوفیزیولوژی گیاهی، گرایش اکولوژی گیاهان زراعی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران
- ۲- گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی، گرایش فیزیولوژی گیاهان زراعی، دانشگاه علوم پایه مراغه، مراغه، ایران
- ۳- گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی، اکولوژی گیاهان زراعی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه مراغه، مراغه، ایران
- ۴- دانشجوی دکتری، گروه علوم و مهندسی باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران
- ۵- دانش آموخته کارشناسی ارشد، گروه اکوفیزیولوژی گیاهی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران

* مسئول مکاتبه: shafagh.jalil@gmail.com

DOI: 10.22034/CSRAR.2025.493200.1456

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۱۲/۱۱

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۰۹/۲۰

چکیده

این پژوهش با هدف بررسی عملکرد و اجزای عملکرد دانه کلزا (*Brassica napus* L.) در الگوهای مختلف کشت مخلوط با گلرنگ (*Carthamus tinctorius* L.) در شرایط کنترل و عدم کنترل علف‌های هرز به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا شد. در گیاه کلزا، بیشترین عملکرد بیولوژیکی (۷۹۹۰ کیلوگرم در هکتار) و عملکرد دانه (۲۷۸۶ کیلوگرم در هکتار) مربوط به تیمار کشت خالص کلزا با کنترل کامل علف‌های هرز بود. کمترین عملکرد بیولوژیکی مربوط به تیمار کشت مخلوط افزایشی ۱۰۰:۵۰ (گلرنگ- کلزا) با ۳۸۶۵ کیلوگرم در هکتار بود. کمترین عملکرد دانه مربوط به ترکیب تیماری کشت مخلوط افزایشی ۱۰۰:۵۰ (گلرنگ- کلزا) با عدم کنترل علف‌های هرز با میانگین ۶۵۴/۶ کیلوگرم در هکتار به دست آمد. بیشترین وزن هزار دانه در ترکیب تیماری کشت مخلوط جایگزینی ۱:۱ (گلرنگ- کلزا) با کنترل کامل علف‌های هرز با میانگین ۲/۷ گرم به دست آمد. بیشترین تعداد خورجین در شاخه‌های اصلی (۳۳/۴) و فرعی (۲۵/۳) مربوط به ترکیب تیماری کشت مخلوط جایگزینی ۲:۱ (گلرنگ- کلزا) با کنترل کامل علف‌های هرز به دست آمد. با توجه به نتایج مقایسه میانگین داده‌ها، بیشترین تعداد دانه در خورجین شاخه اصلی مربوط به ترکیب تیماری کشت مخلوط افزایشی ۱۰۰:۵۰ (گلرنگ- کلزا) با کنترل کامل علف‌های هرز بود. بیشترین تعداد دانه در خورجین شاخه فرعی کلزا در ترکیب تیماری کشت خالص کلزا با کنترل کامل علف‌های هرز با میانگین ۲۲/۳ به دست آمد. به طور کلی، این تحقیق تأکید می‌کند که انتخاب الگوی کشت مناسب و مدیریت مؤثر علف‌های هرز می‌تواند به بهبود عملکرد و کیفیت دانه در گیاهان کمک کند.

واژه‌های کلیدی: عملکرد بیولوژیکی، کشاورزی پایدار، کشت خالص، کشت مخلوط جایگزینی

مقدمه

بعد از چند دهه مصرف علف‌کش به این نتیجه رسیدند که تولید محصولات کشاورزی با اتکا به این مواد، به دلیل آلودگی‌های زیست‌محیطی و اثرات مخرب اکولوژیکی از پایداری لازم برخوردار نیست (Yilmaz et al., 2015). همچنین با توجه به بروز مقاومت علف‌های هرز به علف‌کش‌ها، لزوم گرایش به سمت کنترل غیرشیمیایی علف‌های هرز بیش از همیشه احساس می‌شود (Kaur et al., 2016).

یکی از تمهیدات مهم در کنترل علف‌های هرز از دیدگاه کشاورزی پایدار، کشت مخلوط گیاهان زراعی است (Lowry and Smith, 2018). کشت مخلوط شامل کشت دو یا چند گونه گیاهی یا گونه‌های متفاوت از هم، به صورت همزمان یا در

یکی از مهمترین عوامل کاهش‌دهنده عملکرد محصولات کشاورزی، رقابت حاصل از علف‌های هرز می‌باشد. علف‌های هرز به‌عنوان یکی از اجزای مکمل بوم‌نظام‌های کشاورزی و جزء جدایی‌ناپذیر در سامانه‌های کشاورزی محسوب می‌شوند (Hong et al., 2019). عملکرد گیاه زراعی غالباً به تراکم، اندازه و هم‌جواری علف‌های هرز موجود پس از سبز شدن گیاه زراعی بستگی دارد (Maitra et al., 2018 Maitra et al., 2021).

مبارزه شیمیایی یکی از روش‌های رایج برای کنترل علف‌های هرز در کشاورزی مدرن محسوب می‌شود. محققین

است. کشت مخلوط به طور قابل توجهی کاربرد علف کش را کاهش می دهد و این امر علاوه بر ارزش اقتصادی از اهمیت زیست محیطی به سزایی برخوردار است (Miao et al., 2016). با توجه به اهمیت کشت مخلوط در تولید پایدار محصولات زراعی و کنترل علف های هرز، این تحقیق با هدف بررسی اثر کشت مخلوط کلزا- گلرنگ بر عملکرد و اجزای عملکرد گیاه زراعی کلزا انجام شد.

مواد و روش ها

مشخصات محل و زمان اجرای آزمایش

آزمایش در سال ۱۳۹۴ در مزرعه ای در شهرستان 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 میلی متر می باشد. میانگین دمای سالیانه ۱۴/۴ درجه سانتی گراد، میانگین بیشینه دمای سالیانه ۲۰/۷ درجه سانتی گراد، میانگین کمینه دمای سالیانه هشت درجه سانتی گراد می باشد. همچنین ویژگی های خاک محل اجرای آزمایش در جدول ۱ آورده شده است:

جدول ۱- مشخصات خاک محل اجرای آزمایش

Table 1- Soil characteristics at the test site

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

بذر در مترمربع) و تراکم بهینه گلرنگ (۶۰ بذر در مترمربع)، کشت مخلوط جایگزینی کلزا و گلرنگ با نسبت ۱:۱ و کشت مخلوط جایگزینی کلزا و گلرنگ با نسبت (۲:۱) بود. در این آزمایش صفات مربوط به کلزا اندازه گیری شد.

عملیات تهیه زمین و کاشت

مراحل آماده سازی زمین، شامل شخم اولیه در اواخر مهرماه و تسطیح زمین و کرت بندی در فروردین ماه بود. کاشت گلرنگ و کلزا، همزمان در اردیبهشت ماه با دست انجام شد. رقم مورد

زمان های متفاوت از هم در یک قطعه زمین است (Strickland et al., 2015). اگر در کشت مخلوط، گیاهان درست انتخاب شوند، عملکرد بیشتر از کشت خالص آن ها در واحد سطح زمین به دست می آید (Franco et al., 2015). در کشت مخلوط، سطح زمین توسط تاج پوشش گیاهان انتخاب شده بیشتر پوشانده می شود، تعرق توسط گیاهان زراعی بیشتر می شود (Aziz et al., 2015). از دیگر مزایای کشت مخلوط کاهش خسارت آفات، بیماری و علف های هرز، بهبود حاصلخیزی خاک از طریق تثبیت نیتروژن اتمسفر در صورت حضور گیاه زراعی لگوم به عنوان یکی از اجزای کشت مخلوط، افزایش عملکرد در واحد سطح زمین نسبت به تک کشتی، استفاده بهتر از عوامل محیطی مثل نور و رطوبت اشاره کرد (Maitra et al., 2019). کشت مخلوط گیاهان مختلف زراعی به دلیل ایجاد یک خرد بوم نظام رقابتی شدید، شرایطی را فراهم می کند که خسارت علف های هرز در این شرایط به حداقل ممکن می رسد (Lowry and Smith, 2018). در کشت مخلوط، استفاده از منابع توسط گیاهان زراعی نسبت به تک کشتی افزایش می یابد، به همین دلیل مواد قابل دسترس برای علف های هرز کاهش می یابد (Maitra et al., 2019).

کنترل علف های هرز، یکی از مزایای مهم کشت مخلوط

طرح آزمایشی و بذور مورد استفاده

کشت مخلوط براساس سری های افزایشی و جایگزینی انجام گرفت. آزمایش به صورت فاکتوریل بر پایه طرح بلوک های کامل تصادفی با ۱۲ تیمار و سه تکرار انجام شد. فاکتور اول، کنترل علف های هرز در دو سطح کنترل کامل علف های هرز و عدم کنترل علف های هرز و فاکتور دوم، الگوهای مختلف کشت (کشت خالص کلزا و کشت خالص گلرنگ) بود. همچنین کشت مخلوط افزایشی با نسبت های ۵۰ درصد کلزا و تراکم بهینه گلرنگ، کشت مخلوط افزایشی با نسبت های ۷۵ درصد کلزا (۶۰

به‌منظور تعیین عملکرد و اجزای عملکرد، برداشت نمونه‌های کلزا در اواخر پاییز به ابعاد یک مترمربع در هر کرت صورت گرفت. بدین صورت 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 در نظر گرفته شدند. صفات اندازه‌گیری شده در کلزا شامل تعداد خورجین در شاخه اصلی، فرعی، تعداد دانه در خورجین اصلی و فرعی، وزن هزاردانه، عملکرد بیولوژیکی و عملکرد دانه در واحد سطح بود.

تجزیه آماری

یکنواختی واریانس‌ها و نرمال بودن داده‌های به‌دست آمده، تست شدند و تجزیه واریانس داده‌ها به‌صورت فاکتوریل بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی انجام گرفت. مقایسات میانگین با آزمون چند دامنه‌ای دانکن انجام شد. از نرم‌افزارهای SPSS، MSTAT- C و Excel برای انجام آزمون‌های آماری و رسم نمودارها استفاده شد.

نتایج و بحث

براساس نتایج جدول (۲) تجزیه واریانس داده‌ها، اثر ساده کنترل علف‌های هرز بر تمامی صفات مورد بررسی در این پژوهش، در سطوح احتمال یک و پنج درصد معنی‌دار بود. این نشان‌دهنده اهمیت کنترل علف‌های هرز در بهبود عملکرد و کیفیت گیاهان زراعی است و تأکید می‌کند که مدیریت مؤثر علف‌های هرز می‌تواند تأثیر قابل‌توجهی بر ویژگی‌های زراعی داشته باشد. از سوی دیگر، اثر ساده الگوی کاشت بر صفات تعداد دانه در خورجین شاخه فرعی و وزن هزاردانه غیر معنی‌دار بود. این موضوع می‌تواند به این معنا باشد که تغییر در الگوی کاشت، تأثیر چندانی بر این دو صفت نداشت. با این حال، اثر الگوی کاشت بر صفت تعداد دانه در خورجین شاخه اصلی در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار بود و این نشان می‌دهد که انتخاب الگوی مناسب کاشت می‌تواند بر این صفت تأثیر بگذارد. همچنین، در سایر صفات، اثر الگوی کاشت در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود که نشان‌دهنده اهمیت آن در بهبود عملکرد کلی گیاهان زراعی است. علاوه‌براین، اثر متقابل کنترل علف‌های هرز و الگوی کاشت در صفات تعداد دانه در خورجین

استفاده برای گلرنگ، «رقم گلستان» بود و برای کلزا، «رقم شیرعلی» (تهیه شده از شرکت فردین کشت) بود. روش مورد استفاده در کشت مخلوط از نوع افزایشی و جایگزینی بود. 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 ۸ ردیف کاشت و با فاصله بین ردیف ۳۰ سانتی‌متر و فاصله بذور در روی ردیف دو سانتی‌متر در نظر گرفته شد. هر کرت کاشت به ابعاد ۲×۲/۴ متر و مساحت ۴/۸ مترمربع بود. بذور گلرنگ در عمق حدود کمتر از سه سانتی‌متر و کلزا در عمق حدود کمتر از ۱/۵ سانتی‌متر از سطح خاک کاشته شدند. روی بذرهای کلزا با توجه به ریزبودن بذرها با مقدار مناسب ماسه‌بادی 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 کشت شد، که البته کلزا بسته به نسبت‌های کشت با تراکم بهینه و در کشت مخلوط افزایشی ۵۰:۱۰۰ (گلرنگ- کلزا) ۴۰ بذر در مترمربع با فاصله روی ردیف چهار سانتی‌متر، و گلرنگ با تراکم بهینه و در کشت مخلوط افزایشی ۷۵:۱۰۰ (گلرنگ- کلزا) ۶۰ بذر در مترمربع با فاصله روی ردیف سه سانتی‌متر در نظر گرفته شد (Shokati and Zehtab-salmasi, 2014).

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 در نظر گرفته شد.

عملیات داشت

پس از کاشت به‌منظور جلوگیری از خشک‌شدن خاک و اختلال در جوله‌زنی، آبیاری اولیه هر چهار روز یکبار و پس از آن، آبیاری با دور هفت روز تا پایان فصل رشد انجام گرفت. در مرحله پنج برگی هر دو گیاه تنک شدند تا تراکم مورد نظر حاصل گردد. در طول دوره رشد در خرداد ماه کود ازت خالص در مرحله به ساقه رفتن گیاهان به‌صورت سرک افزوده شد (۷۵ کیلوگرم در هکتار). کنترل علف‌های هرز در تیمارهای کنترل علف‌های هرز با دست، از تیر ماه به بعد هر هفته در طول فصل رشد ادامه یافت.

عملیات برداشت و اندازه‌گیری صفات

شاخه فرعی و وزن هزاردانه در سطح احتمال پنج درصد و همچنین بر عملکرد بیولوژیکی غیر معنی‌دار بود. این یافته‌ها می‌توانند نشان‌دهنده این باشند که در این موارد خاص، ترکیب این دو عامل تأثیر قابل توجهی بر نتایج نداشته است.

جدول ۲- تجزیه واریانس اثر الگوهای مختلف کشت و کنترل علف‌های هرز بر عملکرد و اجزای عملکرد کلزا

Table 2- Variance analysis of the effect of different cultivation patterns and weed control on rape yield and yield components

منبع تغییرات Source of variation	درجه آزادی df	میانگین مربعات Mean Square				وزن هزاردانه 1,000 grain weight	عملکرد بیولوژیکی Biological yield	عملکرد دانه Grain yield
		تعداد خارجین اصلی Number of pods on main branch	تعداد خارجین شاخه فرعی Number of pods on lateral branch	تعداد دانه در خارجین شاخه اصلی Number of seeds in pods in main branch	تعداد دانه در خارجین شاخه فرعی Number of seeds in pods in lateral branch			
تکرار Repeat	2	10.4	2.6	0.5	3.6	0.02	119546	3186
کنترل علف‌های هرز Weed control (A)	1	776.8**	525.6**	13.6*	74.8**	5**	31417**	118791**
الگوی کاشت Planting pattern (B)	4	68.4**	66.9**	7.3*	0.8 ^{ns}	0.02 ^{ns}	152701**	286489**
A × B خطا	4	22.9**	52.8**	11.6**	11*	0.1*	12712 ^{ns}	14152**
Error	18	5.1	2	2.4	3.9	0.05	15138	2496
ضریب تغییرات CV (%)	-	8.9	10.1	8.3	10.4	10.4	6.9	11.3

ns, ** و * به ترتیب عدم معنی‌داری، معنی‌داری در سطح احتمال ۱ و ۵ درصد.

ns, ** and *: non-significant, significant at $p \leq 0.01$ and $p \leq 0.05$, respectively

تعداد خورجین در شاخه اصلی و فرعی

مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که بیشترین تعداد خورجین در شاخه اصلی کلزا مربوط به ترکیب تیماری کشت مخلوط جایگزینی ۲:۱ (گلرنگ-کلزا) با کنترل کامل علف‌های هرز با میانگین ۳۳/۴ بود، که از لحاظ آماری با کشت مخلوط افزایشی ۱۰۰:۷۵ (گلرنگ-کلزا) و کشت خالص کلزا اختلاف معنی‌دار نداشت. کمترین تعداد خورجین مربوط به ترکیب تیماری کشت مخلوط افزایشی ۱۰۰:۷۵ (گلرنگ-کلزا) با عدم کنترل علف‌های هرز با میانگین ۱۷/۳ بود (شکل ۱). مقایسه میانگین‌های اثرمتقابل کنترل علف‌های هرز در الگوی کاشت بر تعداد خورجین در شاخه فرعی نشان داد که بیشترین تعداد خورجین در شاخه فرعی کلزا مربوط به ترکیب تیماری کشت مخلوط جایگزینی ۲:۱ (گلرنگ-کلزا) با کنترل کامل علف‌های هرز با میانگین ۲۵/۳ بود. کمترین تعداد خورجین نیز مربوط به کشت مخلوط افزایشی ۱۰۰:۵۰ (گلرنگ-کلزا) با عدم کنترل علف‌های هرز با میانگین ۱۰ خورجین بود که از لحاظ آماری با

ترکیب تیماری کشت خالص کلزا اختلاف معنی‌داری نداشت (شکل ۲).

تعداد خورجین در گیاه یکی از اجزای کلیدی در تعیین عملکرد نهایی محصول محسوب می‌شود. این ویژگی از یک‌سو نشان‌دهنده تعداد دانه‌هایی است که در هر خورجین تولید می‌شود و از سوی دیگر، نقش مهمی در تأمین مواد فتوسنتزی مورد نیاز برای رشد و توسعه دانه‌ها ایفا می‌کند. به عبارت دیگر، هرچه تعداد خورجین‌ها در یک گیاه بیشتر باشد، به‌طور طبیعی تعداد دانه‌ها نیز افزایش می‌یابد و این امر می‌تواند به افزایش عملکرد کلی گیاه کمک کند. براساس نتایج به‌دست آمده، در تیمار کشت خالص، تعداد خورجین‌ها به‌طور قابل توجهی افزایش یافته است و این افزایش به تبع آن منجر به افزایش تعداد دانه در هر بوته می‌شود.

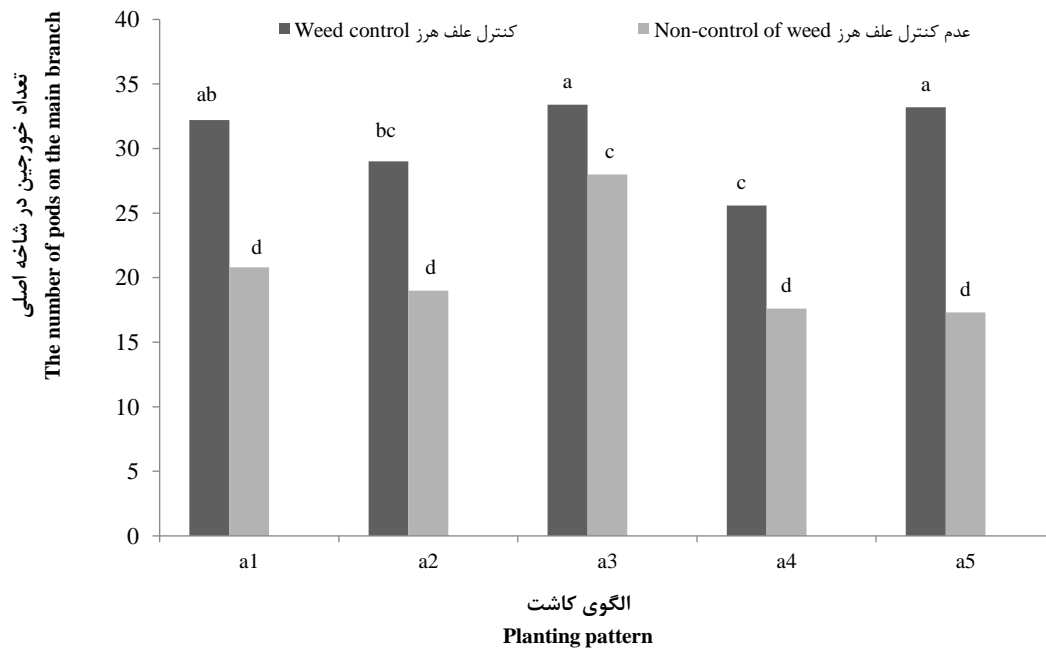
این پدیده به‌وضوح نشان‌دهنده این است که کشت خالص می‌تواند منجر به بهبود عملکرد گیاه نسبت به سایر الگوهای مختلف کشت مخلوط شود. به‌عنوان مثال، مطالعه‌ای تأیید

نتایج حاصل از جدول تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر کنترل علف‌های هرز و همچنین اثر الگوی کاشت بر تعداد دانه در خورجین شاخه اصلی در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار بودند. این نتایج تأکید می‌کند که مدیریت علف‌های هرز و انتخاب الگوی مناسب کاشت می‌تواند تأثیر قابل توجهی بر تولید دانه در گیاهان زراعی داشته باشد. به‌ویژه، در شرایطی که علف‌های هرز به‌طور مؤثر کنترل شوند، گیاهان می‌توانند منابع بیشتری را به تولید دانه اختصاص دهند. علاوه بر این، اثر متقابل کنترل علف‌های هرز و الگوی کاشت در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد (جدول ۲). این یافته‌ها نشان‌دهنده پیچیدگی تعاملات بین این دو عامل و تأثیر آن‌ها بر صفات زراعی است. به‌عبارتی، نحوه ترکیب این دو عامل می‌تواند به‌طور قابل توجهی بر تعداد دانه در خورجین تأثیر بگذارد.

می‌کند که در شرایط کشت خالص، گیاهان قادر به تولید تعداد بیشتری خورجین و در نتیجه دانه‌های بیشتری هستند که این امر به افزایش عملکرد نهایی منجر می‌شود. همچنین، پژوهش‌های دیگری نیز در این زمینه وجود دارد که نتایج مشابهی را گزارش کرده‌اند (Rezaei-Chiyaneh *et al.*, 2015).

در مطالعه‌ای مشاهده شد که بیشترین تعداد کپسول در بوته‌ها در تیمار کشت خالص سیاهدانه و با کاربرد تلفیقی کودها به‌دست آمد. این نتایج نشان می‌دهند که ترکیب بهینه کشت و مدیریت منابع غذایی می‌تواند تأثیر مثبتی بر روی تولید خورجین و در نهایت عملکرد محصول داشته باشد (Rostaie *et al.*, 2015).

تعداد دانه در خورجین شاخه اصلی و فرعی



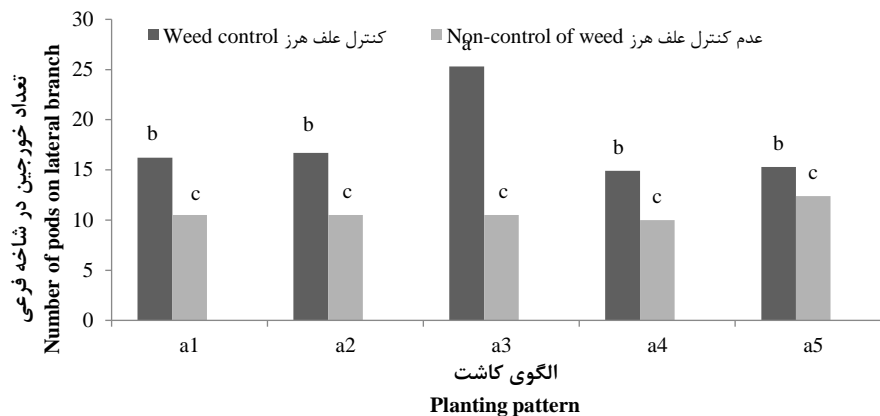
شکل ۱- تأثیر برهمکنش اثر الگوهای مختلف کشت در کنترل علف‌های هرز بر تعداد خورجین در شاخه اصلی

تیمارهای دارای حداقل یک حرف مشترک اختلاف معنی‌داری با یکدیگر در آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد ندارند. 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).

Figure 1- The interaction effect of the effect of different cropping patterns in controlling weeds on the number of weeds in the main branch

Treatments with at least one common letter did not differ significantly from each other in Duncan test at the level of 5% probability.

a₁: pure cultivation of canola, a₂: mixed cultivation of 1:1 replacement of safflower and canola, a₃: mixed cultivation of 2:1 replacement of safflower and canola, a₄: optimal density of safflower (60 seeds/m²) + 50% optimal density of canola (40 seeds/m²), a₅: optimal density of safflower (60 seeds/m²) + 75% Optimum density of canola (60 seeds/m²)



شکل ۲- تأثیر برهمکنش اثر الگوهای مختلف کشت در کنترل علف‌های هرز بر تعداد خورجین در شاخه فرعی

تیمارهای دارای حداقل یک حرف مشترک اختلاف معنی‌داری با یکدیگر در آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد ندارند. 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).

Figure 2- The interaction effect of the effect of different cultivation patterns in controlling weeds on the number of weeds in the branch

Treatments with at least one common letter did not differ significantly from each other in Duncan test at the level of 5% probability.

a₁: pure cultivation of canola, a₂: mixed cultivation of 1:1 replacement of safflower and canola, a₃: mixed cultivation of 2:1 replacement of safflower and canola, a₄: optimal density of safflower (60 seeds/m²) + 50% optimal density of canola (40 seeds/m²), a₅: optimal density of safflower (60 seeds/m²) + 75% Optimum density of canola (60 seeds/m²)

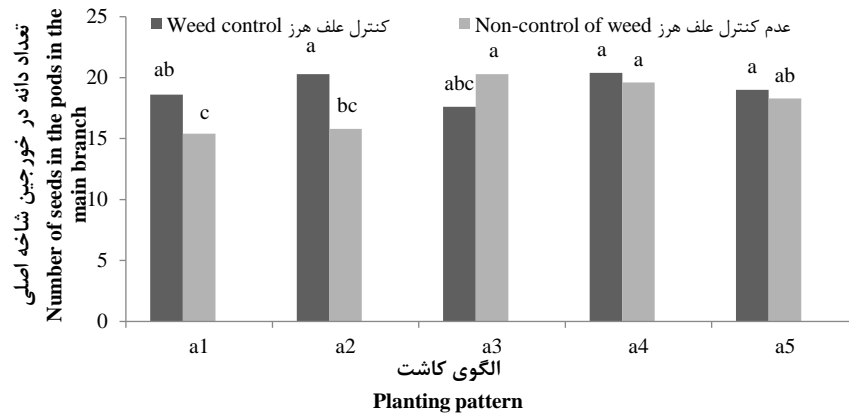
فرعی در سطح احتمال یک درصد و اثر متقابل کنترل علف‌های هرز در الگوی کاشت در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار شدند، ولی اثر الگوی کاشت بر این صفت معنی‌دار نشد (جدول ۲). مقایسه میانگین‌های اثر متقابل کنترل علف‌های هرز در الگوی کاشت نشان داد که بین تیمارهای آزمایشی در سطح احتمال ۵ درصد اختلاف معنی‌داری وجود ندارد، به طوری که بیشترین تعداد دانه در خورجین شاخه فرعی کلزا مربوط به ترکیب تیماری کشت خالص کلزا با کنترل کامل علف‌های هرز با میانگین ۲۲/۳ بود که از لحاظ آماری با کشت مخلوط ۱۰۰:۵۰ (گلرنگ- کلزا) اختلاف معنی‌داری نداشت و همچنین کمترین تعداد دانه در خورجین مربوط به ترکیب تیماری کشت خالص کلزا با عدم کنترل علف‌های هرز با میانگین ۱۵ بود (شکل ۴). به نظر می‌رسد که این کاهش تعداد دانه در این ترکیب تیماری به دلیل تداخل علف‌های هرز باشد. کاهش در تعداد دانه می‌تواند به دلیل افزایش تراکم گیاهی و بروز رقابت درون‌گونه‌ای و برون‌گونه‌ای باشد، بالا بودن تعداد دانه در بوته در تیمار کشت خالص کلزا را می‌توان به بیشتر بودن تعداد خورجین آن نسبت داد. در مطالعه‌ای نشان داده شد که بیشترین تعداد دانه در بوته شنبلیله در کشت خالص و کمترین آن در کشت مخلوط نواری با نسبت ۱۲ ردیف زنیان و شش ردیف شنبلیله مشاهده شد.

مقایسه میانگین‌های اثر متقابل کنترل علف‌های هرز در الگوی کاشت نشان داد که بین تیمارهای آزمایشی در سطح احتمال یک درصد اختلاف معنی‌داری وجود نداشت. به طوری که بیشترین تعداد دانه در خورجین شاخه اصلی کلزا مربوط به ترکیب تیماری کشت مخلوط افزایشی ۱۰۰:۵۰ (گلرنگ- کلزا) با کنترل کامل علف‌های هرز بود. این ترکیب به طور خاص نشان‌دهنده این است که در شرایط کنترل مؤثر علف‌های هرز، گیاهان می‌توانند به حداکثر پتانسیل تولید دانه خود دست یابند. علاوه بر این، این تیمار از لحاظ آماری با کشت مخلوط جایگزینی ۱:۱ (گلرنگ- کلزا) اختلاف معنی‌داری نداشت که نشان‌دهنده این است که هر دو الگوی کاشت می‌توانند به طور مشابهی در شرایط کنترل علف‌های هرز، عملکرد خوبی داشته باشند. در مقابل، کمترین تعداد دانه در خورجین شاخه اصلی مربوط به ترکیب تیماری کشت خالص کلزا با عدم کنترل علف‌های هرز بود که با میانگین ۱۵/۴ دانه مشاهده شد (شکل ۳).

این یافته‌ها به وضوح نشان‌دهنده تأثیر منفی عدم کنترل علف‌های هرز بر تولید دانه و در نتیجه، عملکرد کلی گیاه هستند. نتایج حاصل از جدول تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد، که اثرهای کنترل علف‌های هرز بر تعداد دانه در خورجین شاخه

سیاهدانه به‌عنوان گیاه فرعی این کاهش شدیدتر نیز شده است (Rezaei-Chiyaneh *et al.*, 2015).

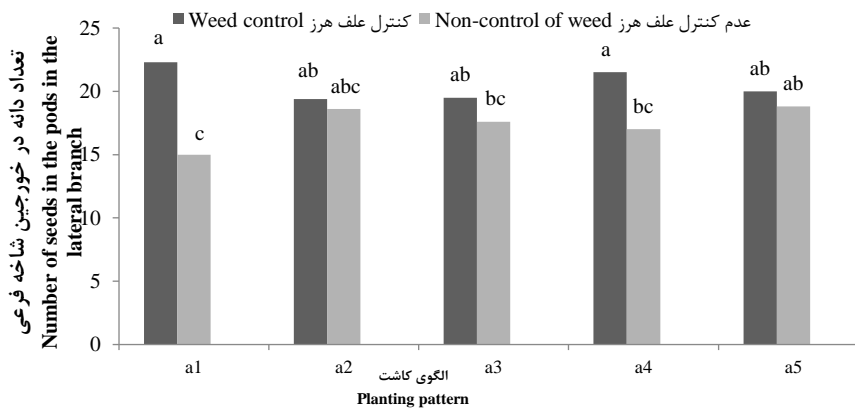
به‌نظر می‌رسد دلیل کاهش تعداد دانه در تیمارهای افزایشی، وجود رقابت بین دو گونه باشد که با افزوده شدن بر نسبت



شکل ۳- تأثیر برهمکنش اثر الگوهای مختلف کشت در کنترل علف‌های هرز بر تعداد دانه در خورجین شاخه اصلی

تیمارهای دارای حداقل یک حرف مشترک اختلاف معنی‌داری با یکدیگر در آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد ندارند. 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).

Figure 3- The interaction effect of different cultivation patterns in controlling weeds on the number of seeds in the main branch
Treatments with at least one common letter did not differ significantly from each other in Duncan test at the level of 5% probability.
a₁: pure cultivation of canola, a₂: mixed cultivation of 1:1 replacement of safflower and canola, a₃: mixed cultivation of 2:1 replacement of safflower and canola, a₄: optimal density of safflower (60 seeds/m²) + 50% optimal density of canola (40 seeds/m²), a₅: optimal density of safflower (60 seeds/m²) + 75% Optimum density of canola (60 seeds/m²)



شکل ۴- تأثیر برهمکنش اثر الگوهای مختلف کشت در کنترل علف‌های هرز بر تعداد دانه در خورجین شاخه فرعی

تیمارهای دارای حداقل یک حرف مشترک اختلاف معنی‌داری با یکدیگر در آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد ندارند. 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).

Figure 4- The interaction effect of different cultivation patterns in weed control on the number of seeds in sub-branch
Treatments with at least one common letter did not differ significantly from each other in Duncan test at the level of 5% probability.
a₁: pure cultivation of canola, a₂: mixed cultivation of 1:1 replacement of safflower and canola, a₃: mixed cultivation of 2:1 replacement of safflower and canola, a₄: optimal density of safflower (60 seeds/m²) + 50% optimal density of canola (40 seeds/m²), a₅: optimal density of safflower (60 seeds/m²) + 75% Optimum density of canola (60 seeds/m²)

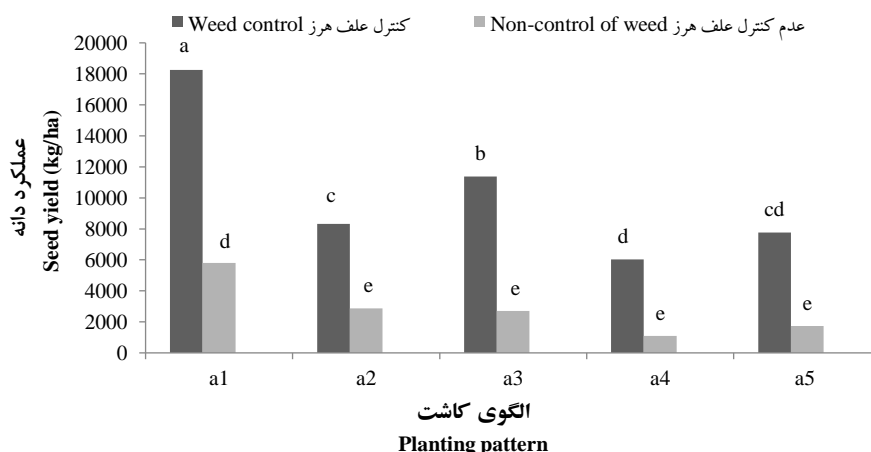
اثر متقابل کنترل علف‌های هرز در الگوی کاشت بر عملکرد دانه در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار هستند (جدول ۲). این یافته‌ها نشان‌دهنده اهمیت این عوامل در بهبود عملکرد دانه

عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیکی

نتایج حاصل از جدول تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثرهای کنترل علف‌های هرز، اثر الگوی کاشت و همچنین

هرز، کاهش معنی‌داری را نشان داد. به نظر می‌رسد که این کاهش عملکرد به دلیل افزایش رقابت در کشت مخلوط و کاهش منابع محیطی باشد. در واقع، در شرایط کشت مخلوط، گیاهان برای منابع محدود مانند نور، آب و مواد مغذی با یکدیگر رقابت می‌کنند و این رقابت می‌تواند به کاهش عملکرد منجر شود. به عنوان مثال، در مطالعه‌ای بر روی کشت مخلوط عدس و زیره سبز، بیشترین عملکرد دانه عدس را در کشت خالص عدس و کمترین عملکرد دانه را در کشت مخلوط نواری گزارش کردند (Jahani et al., 2008). همچنین، در مطالعه دیگر بر روی کشت مخلوط زیره سبز و نخود، بالاترین عملکرد دانه را برای گیاه نخود در کشت خالص گزارش نمودند. این نتایج نشان‌دهنده این است که کشت خالص معمولاً به دلیل کاهش رقابت و افزایش دسترسی به منابع، عملکرد بهتری دارد (Abbasi Alikamar et al., 2006). علاوه بر این، در بررسی کشت مخلوط باقلا و جو، نشان داده شد که افزایش عملکرد بیولوژیکی در شرایط کنترل علف‌های هرز نسبت به شرایط عدم کنترل علف‌های هرز بیشتر بود. این یافته‌ها تأکید می‌کنند که مدیریت مؤثر علف‌های هرز و انتخاب الگوی مناسب کاشت می‌تواند به بهبود عملکرد و کیفیت محصولات زراعی کمک کند (Agegnehu et al., 2006).

گیاهان زراعی است و تأکید می‌کند که مدیریت صحیح علف‌های هرز و انتخاب الگوی کاشت مناسب می‌تواند به افزایش عملکرد محصولات کمک کند. مقایسه میانگین‌های اثرهای متقابل کنترل علف‌های هرز در الگوی کاشت نشان داد که بین تیمارهای آزمایشی اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد وجود دارد. به طوری که بیشترین عملکرد دانه کلزا مربوط به ترکیب تیماری کشت خالص کلزا با کنترل کامل علف‌های هرز با ۲۷۸۶ کیلوگرم در هکتار بود. این نتیجه نشان‌دهنده این است که در شرایط کنترل مؤثر علف‌های هرز، گیاهان می‌توانند به حداکثر پتانسیل تولید دانه خود دست یابند. در مقابل، کمترین عملکرد دانه مربوط به ترکیب تیماری کشت مخلوط افزایشی ۵۰:۱۰۰ (گلرنگ-کلزا) با عدم کنترل علف‌های هرز و با مقدار ۶۵۴/۶ کیلوگرم در هکتار بود (شکل ۵). این نتایج به وضوح نشان‌دهنده تأثیر منفی عدم کنترل علف‌های هرز بر تولید دانه و عملکرد کلی گیاهان است. همچنین، بیشترین کاهش عملکرد مربوط به تیمار کشت مخلوط افزایشی ۵۰:۱۰۰ (گلرنگ-کلزا) با ۷۰/۴ درصد و کمترین مقدار آن مربوط به تیمار کشت مخلوط جایگزینی ۱:۱ (گلرنگ-کلزا) با ۲۷/۱ درصد بود. عملکرد دانه در کشت مخلوط و عدم کنترل علف‌های هرز نسبت به کشت خالص و کنترل کامل علف‌های



شکل ۵- تأثیر برهمکنش اثر الگوهای مختلف کشت در کنترل علف‌های هرز بر عملکرد دانه

تیمارهای دارای حداقل یک حرف مشترک اختلاف معنی‌داری با یکدیگر در آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد ندارند.
 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).

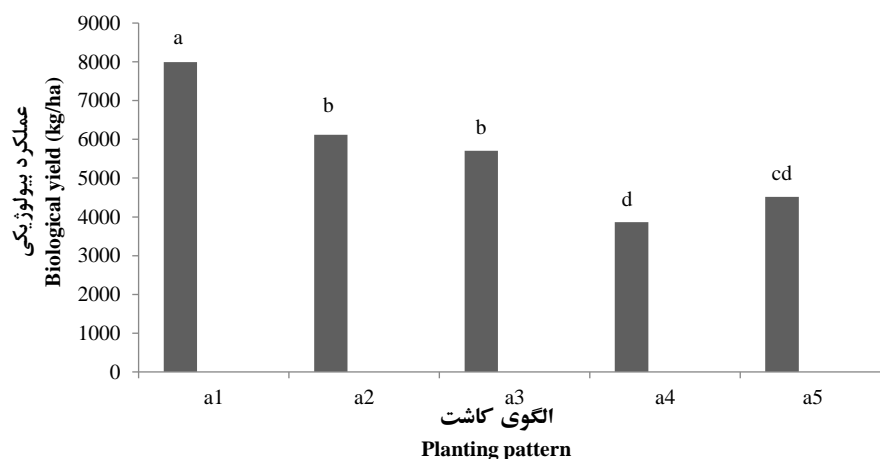
Figure 5- The interaction effect of different cultivation patterns in weed control on seed yield

Treatments with at least one common letter did not differ significantly from each other in Duncan test at the level of 5% probability.

a₁: pure cultivation of canola, a₂: mixed cultivation of 1:1 replacement of safflower and canola, a₃: mixed cultivation of 2:1 replacement of safflower and canola, a₄: optimal density of safflower (60 seeds/m²) + 50% optimal density of canola (40 seeds/m²), a₅: optimal density of safflower (60 seeds/m²) + 75% Optimum density of canola (60 seeds/m²)

عملکرد بیولوژیکی در هکتار نشان می‌دهد که تیمار کشت خالص کلزا با ۷۹۹۰ کیلوگرم بیشترین عملکرد را داشت، در حالی که تیمار کشت مخلوط افزایشی ۵۰:۱۰۰ (گلرنگ-کلزا) با ۳۸۶۵ کیلوگرم کمترین عملکرد را به خود اختصاص داد (شکل ۶). این نتایج به وضوح نشان‌دهنده این است که کشت خالص به دلیل کاهش رقابت بین گونه‌ها و افزایش دسترسی به منابع، عملکرد بهتری نسبت به کشت مخلوط دارد. به نظر می‌رسد که رقابت برون‌گونه‌ای در کشت مخلوط باعث کاهش عملکرد بیولوژیکی در تیمار کشت مخلوط نسبت به تک‌کشتی شده باشد. این رقابت می‌تواند به دلیل رقابت برای منابع محدود مانند نور، آب و مواد مغذی باشد که در شرایط کشت مخلوط به وجود می‌آید. به عنوان مثال، براساس گزارشی در مورد نخود، افزایش طول دوره تداخل علف‌های هرز منجر به کاهش تجمع ماده خشک و تعداد شاخه در بوته می‌شود و در نهایت بیوماس گیاه زراعی را کاهش می‌دهد (Al-Thahabi et al., 1994). همچنین، در مطالعه‌ای بر روی ارزیابی عملکرد و اجزای عملکرد کنجد و نخود در کشت مخلوط سری‌های جایگزینی اظهار کردند که کشت مخلوط کنجد نسبت به تک‌کشتی آن دارای عملکرد بیولوژیکی کمتری بود (Pouramir et al., 2010).

نتایج حاصل از جدول تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد، که اثرهای کنترل علف‌های هرز و همچنین اثر الگوی کاشت بر عملکرد بیولوژیکی در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بودند. این نتایج نشان‌دهنده اهمیت این دو عامل در تعیین عملکرد بیولوژیکی گیاهان زراعی است و تأکید می‌کند که مدیریت مؤثر علف‌های هرز و انتخاب الگوی مناسب کاشت می‌تواند به بهبود عملکرد کلی گیاهان کمک کند. در مقابل، اثر متقابل کنترل علف‌های هرز در الگوی کاشت معنی‌دار نبود (جدول ۲)، که نشان‌دهنده این است که ترکیب این دو عامل تأثیر قابل‌توجهی بر روی عملکرد بیولوژیکی ندارد. مقایسه میانگین‌های اثر کنترل علف‌های هرز بر عملکرد بیولوژیکی در هکتار نشان داد که تیمار کنترل کامل علف‌های هرز با ۵۹۶۳ کیلوگرم دارای بیشترین عملکرد بود، در حالی که تیمار عدم کنترل علف‌های هرز با ۵۳۱۶ کیلوگرم کمترین عملکرد را داشت. این نتایج به وضوح نشان می‌دهد که کنترل علف‌های هرز می‌تواند تأثیر مثبت و قابل‌توجهی بر عملکرد بیولوژیکی گیاهان داشته باشد، زیرا علف‌های هرز می‌توانند با گیاهان زراعی برای منابع مانند نور، آب و مواد مغذی رقابت کنند و در نتیجه به کاهش عملکرد منجر شوند. علاوه بر این، مقایسه میانگین‌های الگوی کاشت بر



شکل ۶- تأثیر الگوهای مختلف کشت بر عملکرد بیولوژیکی

تیمارهای دارای حداقل یک حرف مشترک اختلاف معنی‌داری با یکدیگر در آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد ندارند. 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).

Figure 6- Effect of different cultivation patterns on biological performance

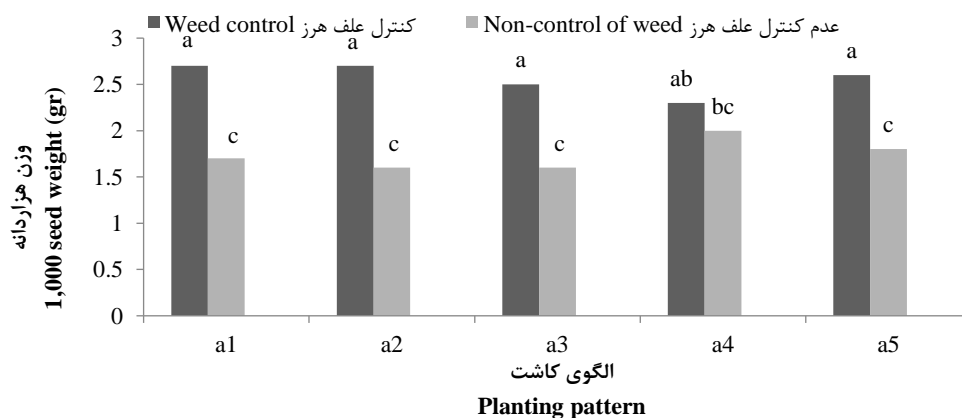
Treatments with at least one common letter did not differ significantly from each other in Duncan test at the level of 5% probability.

a₁: pure cultivation of canola, a₂: mixed cultivation of 1:1 replacement of safflower and canola, a₃: mixed cultivation of 2:1 replacement of safflower and canola, a₄: optimal density of safflower (60 seeds/m²) + 50% optimal density of canola (40 seeds/m²), a₅: optimal density of safflower (60 seeds/m²) + 75% Optimum density of canola (60 seeds/m²)

وزن هزاردانه

نتایج حاصل از جدول تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثرهای کنترل علف‌های هرز و همچنین اثرمتقابل کنترل علف‌های هرز در الگوی کاشت بر وزن هزاردانه به ترتیب در سطح احتمال یک درصد و ۵ درصد معنی‌دار هستند. این در حالی است که اثر الگوی کاشت به طور مستقل معنی‌دار نبود (جدول ۲). این یافته‌ها نشان‌دهنده اهمیت کنترل علف‌های هرز در بهبود ویژگی‌های زراعی، به‌ویژه وزن هزاردانه هستند. مقایسه میانگین‌های اثرمتقابل کنترل علف‌های هرز در الگوی کاشت نشان داد که ترکیب تیماری کشت مخلوط جایگزینی ۱:۱ (گلرنگ- کلزا) با کنترل کامل علف‌های هرز، با ۲/۷ گرم دارای بیشترین وزن هزاردانه بود. این تیمار از لحاظ آماری با کشت خالص کلزا اختلاف معنی‌داری نداشت، که نشان‌دهنده این است که در شرایط کنترل مؤثر علف‌های هرز، وزن هزاردانه می‌تواند به حداکثر پتانسیل خود نزدیک شود. درمقابل، ترکیب تیماری کشت مخلوط جایگزینی ۲:۱ (گلرنگ- کلزا) با عدم کنترل علف‌های هرز، کمترین وزن هزاردانه کلزا را با مقدار ۱/۶ گرم داشت که با ترکیب تیماری کشت مخلوط جایگزینی ۱:۱ (گلرنگ- کلزا) از لحاظ آماری اختلاف معنی‌داری نداشت (شکل ۷). به‌نظر می‌رسد که کاهش وزن هزار دانه در تیمارهای آلوده

به علف‌های هرز به دلیل کاهش تعداد خورجین‌ها باشد. علف‌های هرز می‌توانند با رقابت برای منابع محدود مانند نور، آب و مواد مغذی، رشد و توسعه گیاهان زراعی را تحت تأثیر قرار دهند و در نتیجه، تعداد خورجین‌ها و دانه‌ها را کاهش دهند. وزن هزاردانه می‌تواند تحت تأثیر جریان شیره پرورده گیاه به طرف گل‌آذین قرار گیرد. در این خصوص، مواد پرورده صرف پرشدن دانه‌ها پس از عمل گرده‌افشانی می‌گردد و احتمالاً بر روی تعداد دانه‌های شکل‌گرفته تأثیر چندانی ندارد. در مطالعه‌ای نتایج مشابهی در مورد تداخل علف‌های هرز طبیعی مزرعه با کلزا گزارش شده است. این نتایج نشان می‌دهند که وجود علف‌های هرز می‌تواند به طور قابل توجهی بر وزن هزاردانه تأثیر بگذارد و به‌ویژه در شرایطی که رقابت برای منابع افزایش می‌یابد، این تأثیر بیشتر مشهود است (Hamzei, 2012). از سوی دیگر، افزایش وزن هزاردانه در کشت مخلوط شنبليله و شویید نیز توسط سایر محققان گزارش شده است (Shokati and Zehtab-Salmasi, 2014). این یافته‌ها نشان‌دهنده این است که کشت مخلوط در برخی شرایط می‌تواند به بهبود وزن هزاردانه کمک کند، به‌خصوص زمانی که رقابت بین گونه‌ها به‌خوبی مدیریت شود و علف‌های هرز کنترل شوند.



شکل ۷- تأثیر برهمکنش اثر الگوهای مختلف کشت در کنترل علف‌های هرز بر وزن هزاردانه

تیمارهای دارای حداقل یک حرف مشترک اختلاف معنی‌داری با یکدیگر در آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد ندارند. 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).

Figure 7- The interaction effect of different cultivation patterns in weed control on 1000 seed weight

Treatments with at least one common letter did not differ significantly from each other in Duncan test at the level of 5% probability.

a₁: pure cultivation of canola, a₂: mixed cultivation of 1:1 replacement of safflower and canola, a₃: mixed cultivation of 2:1 replacement of safflower and canola, a₄: optimal density of safflower (60 seeds/m²) + 50% optimal density of canola (40 seeds/m²), a₅: optimal density of safflower (60 seeds/m²) + 75% Optimum density of canola (60 seeds/m²)

نتیجه‌گیری کلی

نتایج این آزمایش نشان می‌دهد که مدیریت مؤثر علف‌های هرز و انتخاب الگوی مناسب کاشت، عوامل کلیدی در بهبود عملکرد و کیفیت کلزا هست. کنترل کامل علف‌های هرز به‌طور قابل‌توجهی می‌تواند به افزایش تعداد خورجین‌ها و در نتیجه تعداد دلنه‌ها در گیاهان زراعی کمک کند. به‌ویژه، ترکیب تیماری کشت مخلوط جایگزینی ۲:۱ (گلرنگ-کلزا) با کنترل کامل علف‌های هرز، بالاترین تعداد خورجین و حداکثر پتانسیل تولید خود را تولید کرد. در شرایطی که علف‌های هرز کنترل نشوند، کاهش تعداد خورجین‌ها و دانه‌ها به‌وضوح مشاهده شد که به کاهش عملکرد کلی گیاهان منجر می‌شود. وزن هزاردانه نیز تحت تأثیر کنترل علف‌های هرز و الگوی کاشت قرار گرفت. در شرایط کنترل مؤثر علف‌های هرز، وزن هزاردانه به حداکثر پتانسیل خود نزدیک شد، درحالی‌که در تیمارهای آلوده به علف‌های هرز، کاهش وزن هزاردانه به‌دلیل کاهش تعداد خورجین‌ها و رقابت برای منابع مشاهده شد. کشت خالص با کنترل کامل علف‌های هرز به‌دلیل کاهش رقابت بین گیاهان زراعی و بهینه‌سازی استفاده از منابع محیطی، عملکرد دلنه بیشتری دارد. در این نوع کشت، گیاهان به‌راحتی می‌توانند از نور، آب و مواد مغذی بهره‌برداری کنند، زیرا علف‌های هرز به‌عنوان رقبای غیرمفید وجود ندارند. همچنین، کنترل علف‌های هرز به بهبود کیفیت خاک و افزایش تهویه آن کمک می‌کند و خطر شیوع بیماری‌ها و آفات را کاهش می‌دهد. در نتیجه،

گیاهان زراعی در شرایط بهتری رشد کرده و به حداکثر پتانسیل تولید دانه خود دست می‌یابند. این عوامل باعث می‌شوند که کشت خالص با کنترل کامل علف‌های هرز، عملکرد دانه بهتری نسبت به کشت‌های مخلوط یا بدون کنترل داشته باشد. جنبه نوآوری و تازگی این تحقیق در بررسی اثرات متقابل کنترل علف‌های هرز و الگوی کاشت بر عملکرد دانه است که به تحلیل دقیق تعاملات پیچیده بین این دو عامل می‌پردازد و می‌تواند به درک بهتری از بهینه‌سازی عملکرد دانه کمک کند. همچنین، استفاده از الگوهای کاشت متنوع و مقایسه کشت‌های مخلوط با کشت خالص، به شناسایی بهترین ترکیب‌ها برای افزایش عملکرد دانه می‌انجامد. این تحقیق با تجزیه و تحلیل دقیق داده‌ها و تأکید بر اهمیت مدیریت علف‌های هرز، راهکارهای عملی و نوینی را برای بهبود تولید در کشاورزی پایدار ارائه می‌دهد و نتایج آن می‌تواند به غنای علمی این حوزه و توسعه استراتژی‌های مؤثر در کشاورزی کمک کند.

سپاسگزاری

از دانشکده کشاورزی دانشگاه تبریز به‌خاطر همکاری‌های صمیمانه‌شان تشکر و قدردانی می‌شود.

تعارض منافع

نویسندگان اظهار می‌نمایند که هیچ‌گونه تعارض منافی در رابطه با نشر این مقاله وجود ندارد.

References

- Abbasi Alikamar, R., Hejazi, A., Akbari, G.A., Kafi, M. and Zand, E., 2006. Study on different densities of cumin and chickpea intercropping with emphasis on weed control. *Iranian Journal of Field Crops Research*, 4, pp.83-94. [In Persian]. <https://doi.org/10.22067/gsc.v4i1.1320>
- Agegnehu, G., Ghizaw, A. and Sinebo, W., 2006. Yield performance and land-use efficiency of barley and faba bean mixed cropping in *Ethiopian highlands*. *European Journal of Agronomy*, 25, pp.202-207. <https://doi.org/10.1016/j.eja.2006.05.002>
- Al-Thahabi, S.A., Yasin, J.Z., Abu-Irmaileh, B.E., Haddad, N.I. and Saxena, M.C., 1994. Effect of weed removal on productivity of chickpea (*Cicer arietinum* L.) and lentil (*Lens culinaris* Med.) in a Mediterranean environment. *Journal of Agronomy and Crop Science*, 172, pp.333-341. <https://doi.org/10.1111/j.1439-037x.1994.tb00184.x>

- Aziz, M., Mahmood, A., Asif, M. and Ali, A., 2015. Wheat-based intercropping: a review. *JAPS: Journal of Animal & Plant Sciences*, 25, pp.896-907.
- Franco, J.G., King, S.R., Masabni, J.G. and Volder, A., 2015. Plant functional diversity improves short-term yields in a low-input intercropping system. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 203, pp.1-10. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2015.01.018>
- Hamzei, J., 2012. Evaluation of yield, spad index, landuse efficiency and system productivity index of barley (*Hordeum vulgare*) intercropped with bitter vetch (*Vicia ervilia*). *Journal of Crop Production and Processing*, 2, pp.79-92. [In Persian]. <http://dorl.net/dor/20.1001.1.22518517.1391.2.4.7.3>
- Hong, Y., Heerink, N., Zhao, M. and van der Werf, W., 2019. Intercropping contributes to a higher technical efficiency in smallholder farming: Evidence from a case study in Gaotai County, China. *Agricultural Systems*, 173, pp.317-324. <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2019.03.007>
- Jahani Kondori, M., Koocheki, A. and Nasiri mahalati, M., 2008. Comparison of different intercropping arrangements of cumin (*Cuminum cyminum*) and lentil (*Lens culinaris*). *Iranian Journal of Field Crops Research*, 6, pp.67-78. [In Persian]. <https://doi.org/10.22067/gsc.v6i1.1177>
- Kaur, N., Bhullar, M.S. and Gill, G., 2016. Weed management in sugarcane-canola intercropping systems in northern India. *Field Crops Research*, 188, pp.1-9. <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2016.01.009>
- Lowry, C.J. and Smith, R.G., 2018. Weed control through crop plant manipulations. In Non-chemical weed control (pp.73-96). *Academic Press*. <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-809881-3.00005-x>
- Maitra, S., Hossain, A., Brestic, M., Skalicky, M., Ondrisik, P., Gitari, H. and Sairam, M., 2021. Intercropping-A low input agricultural strategy for food and environmental security. *Agronomy*, 11, pp.343. <https://doi.org/10.3390/agronomy11020343>
- Maitra, S., Palai, J.B., Manasa, P. and Kumar, D.P., 2019. Potential of intercropping system in sustaining crop productivity. *International Journal of Agriculture, Environment and Biotechnology*, 12, pp.39-45. <https://doi.org/10.30954/0974-1712.03.2019.7>
- Maitra, S., Shankar, T. and Banerjee, P., 2020. Potential and advantages of maize-legume intercropping system. *Maize-Production and Use*, pp.1-14. <https://doi.org/10.5772/intechopen.91722>
- Maitra, S., Zaman, A., Mandal, T.K. and Palai, J.B., 2018. Green manures in agriculture: A review. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*, 7, pp.1319-1327.
- Miao, Q., Rosa, R.D., Shi, H., Paredes, P., Zhu, L., Dai, J. and Pereira, L.S., 2016. Modeling water use, transpiration and soil evaporation of spring wheat–maize and spring wheat–sunflower relay intercropping using the dual crop coefficient approach. *Agricultural Water Management*, 165, pp.211-229. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2015.10.024>
- Pouramir, F., Nasiri mahalati, M., Koocheki, A. and Ghorbani, R., 2010. Assessment of Sesame and Chickpea Yield and Yield Components in the Replacement Series Intercropping. *Iranian Journal of Field Crops Research*, 8, pp.747-757. [In Persian]. <https://doi.org/10.22067/gsc.v8i5.8016>

- Rezaei-Chiyaneh, I., Tajbakhsh, M. and 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. *Journal of Agricultural Science and Sustainable Production*, 24, pp.1-15. [In Persian].
- Rostaie, M., Falah, S. and Souraki, A., 2015. Effect of fertilizer sources on growth, yield and yield components of fenugreek intercropped with black cumin. *Journal of Crop Production*, 7, pp.222-197. [In Persian].
<https://dorl.net/dor/20.1001.1.2008739.1393.7.4.11.0>
- Shokati, B. and Zehtab-salmasi, S., 2014. Effect of different intercropping patterns on yield and yield components of dill and fenugreek. *Azarian Journal of Agriculture*, 1, pp.1-5.
- Strickland, M.S., Leggett, Z.H., Sucre, E.B. and Bradford, M.A., 2015. Biofuel intercropping effects on soil carbon and microbial activity. *Ecological Applications*, 25, pp.140-150. <https://doi.org/10.1890/14-0285.1>
- Yilmaz, Ş., Özel, A., Atak, M. and Erayman, M., 2015. Effects of seeding rates on competition indices of barley and vetch intercropping systems in the Eastern Mediterranean. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 39, pp.135-143. <https://doi.org/10.3906/tar-1406-155>