دانش کشاورزی و تولید پایدار

Journal of Agricultural Science and Sustainable Production
Volume 36, Issue 1, 2026, Pages 39-56

Journal URL: https://sustainagriculture.tabrizu.ac.ir
Online ISSN: 2476-4329

# Investigating Agricultural Traits and Evaluation Indicators in Intercropping of Safflower (*Carthamus tinctorius* L.) with Canola (*Brassica napus* L.) under Weed Control Conditions

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

| Received: 27 July 2023 | Accepted: 28 November 2024 |
|---|---|

1- Prof.of the Dept., of Plant Ecophysiology, Faculty of Agriculture, University of Tabriz, Tabriz, Iran.
2- Prof. of the Dept. of Plant Genetics and Production Engineering, Crop Physiology Department, Maragheh University of Basic Sciences, Maragheh, Iran.
3- Assoc. Prof., Dept. of Production Engineering and Plant Genetics, Crop Ecology, Faculty of Agriculture, Maragheh University, Maragheh, Iran.
4- PhD Student, Dept. of Horticultural Science and Engineering, Faculty of Agriculture, University of Tabriz, Tabriz, Iran.
5- Master of Physiology of Crop Plants, Dept. of Plant Ecophysiology, Faculty of Agriculture, University of Tabriz, Tabriz, Iran.
Corresponding Author E-mail: Shafagh@tabrizu.ac.ir

**Abstract**

**Background & Objectives:** Considering the importance of sustainable agriculture and its role in increasing the quantity and quality of the product, the purpose of this research is to investigate the agronomic traits and economic indicators of safflower in the conditions of weed control and non-control.

**Materials & Methods:** In order to investigate the effect of weed control on the morphological traits and performance of safflower in intercropping with canola, a factorial experiment was conducted in the form of a randomized complete block design with 3 replications in the crop year of 2014 in a farm in Maragheh city. The first factor included weed control at two levels (control and lack of weed control) and the second factor included the replacement mixed cultivation of safflower and canola with ratios of 1:1 and 2:1, respectively, and increased mixed cultivation of safflower and canola 100:50, 100:75 and pure cultivation of safflower and canola.

**Results:** The results showed that the stem diameter, the number and length of lateral branches and the number of leaves per plant were the highest in the treatment combination of pure safflower cultivation with weed control. The highest seed yield was related to pure cultivation and complete weed control. With the increase of canola ratio, the morphological traits of safflower plant such as the number of leaves per plant and the diameter of the main stem decreased, but the plant height trait showed a significant increase.

**Conclusion:** According to the results, among the different planting patterns of safflower and canola, the highest seed yield was obtained in pure cultivation and full weed control, so it did not show any significant difference with other planting patterns of 1:1 replacement mixture (safflower-canola).

**Keywords:** Additive Mixed Cropping, Cultivation Pattern, Harvest Index, Mono Cropping, Replacement Mixed Cropping.

This is an open-access article under the CC BY NC license (https://creativecommons.org/licenses/by-nc/2.0/)
Copyright@ 2026 Jalil Shafagh Kolvanagh Email: Shafagh@tabrizu.ac.ir

https://doi.org/10.22034/saps.2024.57737.3088

نشریه علمی پژوهشی دانش کشاورزی و تولید پایدار
جلد ۳۶، شماره ۱، بهار ۱۴۰۵، صفحات ۵۶-۳۹

دانش کشاورزی و تولید پایدار

# بررسی صفات زراعی و شاخص‌های ارزیابی در کشت مخلوط گلرنگ (*Carthamus tinctorius* L.) با کلزا (*Brassica napus* L.) در شرایط مهار علف‌های هرز

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

| تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۵/۰۵ | تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۹/۰۸ |
|---|---|

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

**چکیده**

**مقدمه و اهداف:** باتوجه‌به اهمیت کشاورزی پایدار و نقش آن در افزایش کمیت و کیفیت محصول، هدف از انجام این پژوهش، بررسی صفات زراعی و شاخص‌های رشدی گلرنگ در شرایط کنترل و عدم کنترل علف‌های هرز می‌باشد.

**مواد و روش‌ها:** به‌منظور بررسی اثر کنترل علف‌های هرز بر صفات مورفولوژیکی و عملکرد گلرنگ در کشت مخلوط با کلزا، آزمایشی به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در سال زراعی ۱۳۹۴ در مزرعه‌ای در شهرستان مراغه اجرا گردید. فاکتور اول شامل کنترل علف‌های هرز در دو سطح (کنترل و عدم کنترل علف‌های هرز) و فاکتور دوم شامل کشت مخلوط جایگزینی گلرنگ و کلزا به ترتیب با نسبت‌های ۱:۱ و ۲:۱ و کشت مخلوط افزایشی گلرنگ و کلزا ۱۰۰:۵۰، ۱۰۰:۷۵ و کشت خالص گلرنگ و کلزا در نظر گرفته شد.

**یافته‌ها:** نتایج نشان داد که قطر ساقه، تعداد و طول شاخه‌های جانبی و تعداد برگ در بوته در ترکیب تیماری کشت خالص گلرنگ با کنترل علف هرز دارای بیشترین مقدار بود. در گیاه گلرنگ بیشترین عملکرد بیولوژیکی و عملکرد دانه مربوط به تیمار کشت خالص گلرنگ و کمترین عملکرد بیولوژیکی و عملکرد دانه مربوط به ترکیب تیماری کشت مخلوط افزایشی ۱۰۰:۵۰ (گلرنگ – کلزا) بود. با افزایش نسبت کلزا، صفات مورفولوژیک در گیاه گلرنگ مانند تعداد برگ در بوته و قطر ساقه اصلی کاهش یافت، ولی صفت ارتفاع بوته افزایش معنی‌داری نشان داد.

**نتیجه‌گیری:** تیمار کشت خالص در بین الگوهای مختلف کشت همراه با کنترل علف‌های هرز بیشترین عملکرد دانه را به خود اختصاص داد. تیمارهای کشت مخلوط جایگزینی (گلرنگ – کلزا) با نسبت‌های ۱:۱ و ۱:۲ و تیمارهای کشت مخلوط افزایشی (گلرنگ – کلزا) با نسبت‌های ۱۰۰:۵۰ و ۱۰۰:۷۵ دارای شاخص کارایی کنترل علف هرز به ترتیب ۶۳/۷، ۸۳/۴، ۷۳ و ۸۵/۴ بودند.

**واژه‌های کلیدی:** الگوی کاشت، شاخص برداشت، کشت خالص، کشت مخلوط افزایشی، کشت مخلوط جایگزینی

**مقدمه**

از نظر زراعی، علف‌های هرز گیاهانی هستند که به‌طور طبیعی در اکوسیستم‌های زراعی می‌رویند و برای سیستم‌های کشاورزی مضر هستند. مهم‌ترین خسارت علف‌های هرز به گیاهان زراعی، کاهش عملکرد آن‌ها از طریق رقابت در جذب مواد غذایی است (گوگلیلمینی و همکاران ۲۰۱۷). به‌طورکلی، بیشترین نیاز برای مواد غذایی و آب به‌وسیله علف‌های هرز هم‌زمان با نیاز شدید گیاه زراعی اتفاق می‌افتد. به‌علاوه تعدادی از علف‌های هرز در ایجاد کانوپی، خیلی سریع‌تر از گیاه زراعی عمل می‌کنند؛ بنابراین در رقابت برای دریافت نور بسیار موفق‌تر خواهند بود که این امر نیز به نوبه خود موجب کاهش عملکرد گیاه زراعی می‌شود (کائور و همکاران ۲۰۱۶).

در کشاورزی مدرن، کنترل شیمیایی یک روش برای کنترل علف‌های هرز محسوب می‌شود. با این حال استفاده از علف‌کش‌ها علاوه بر اینکه موجب مقاوم شدن بسیاری از علف‌های هرز به آن‌ها شده است، باعث ایجاد خطرات زیست‌محیطی و خسارت‌های شدید جانبی بر زنجیره حیاتی در اکوسیستم‌های زراعی و طبیعی و افزایش هزینه‌های تولید می‌شود (لوری و اسمیت ۲۰۱۸). به‌منظور کاهش این اثرات نامطلوب، یک تجدیدنظر اساسی در خط‌مشی تولید محصولات زراعی و حرکت به‌سوی کشاورزی بدون نهاده‌های شیمیایی و مصنوعی به وجود آمده است (کوررس ۲۰۱۸).

یکی از تمهیدات مهم در کنترل علف‌های هرز از دیدگاه کشاورزی پایدار استفاده از کشت مخلوط است (هدایتی و همکاران ۲۰۱۷). کشت مخلوط عبارت است از کاشت دو یا چند محصول در یک قطعه زمین می‌باشد. کشت مخلوط در بسیاری از نقاط جهان، به‌علت برخورداری از مزایای زیاد ازجمله پایداری در عملکرد بالا، افزایش ظرفیت زمین و توانایی رقابت با علف‌های هرز می‌شود (استریکلند و همکاران ۲۰۱۵). گزارش شده است که در سیستم‌های کشت مخلوط استفاده از منابع به طور مؤثری نسبت به تک‌کشتی صورت می‌گیرد و به‌همین دلیل مقدار مواد قابل‌دسترس برای استفاده علف‌های هرز کاهش می‌یابد (لوری و اسمیت ۲۰۱۸). طبق تحقیقات انجام شده، کشت مخلوط با سایه‌اندازی و خفه کردن علف‌های هرز و در برخی موارد با خواص آللوپاتیک گیاهان زراعی از رشد و گسترش علف‌های هرز جلوگیری می‌کند (ابراهیم و همکاران ۲۰۱۴). این در شرایطی است که استفاده از روش زراعی، کوچک‌ترین آسیبی را متوجه محیط‌زیست نمی‌کند. کشت مخلوط گیاهان مختلف زراعی با یکدیگر باتوجه‌به ایجاد یک خرد بوم نظام رقابتی شدید، شرایطی را فراهم می‌کند که خسارت علف‌های هرز در این شرایط به حداقل ممکن می‌رسد (بیلماز و همکاران ۲۰۱۵). این نوع کشت به دلیل رقابت گیاهان با علف‌های هرز به‌طور کارآمدی از رشد و توسعه آن‌ها ممانعت به عمل می‌آورد و این امر با وجود عدم کاربرد علف‌کش، به افزایش تولید در این نوع سامانه‌های کشت منجر می‌گردد (گوگلیلمینی و همکاران ۲۰۱۷).

کنترل علف‌های هرز، معمولاً به‌عنوان یکی از مزایای کشت مخلوط برشمرده شده است. در کشت مخلوط به دلایل مختلف ازجمله افزایش پوشش گیاهی، افزایش رقابت و سرعت رشد اولیه بیشتر، میزان و هجوم علف‌های هرز به نحو بارزی کاهش می‌یابد (کوررس ۲۰۱۸). ازاین‌رو کشت مخلوط می‌تواند به طور قابل‌توجهی از میزان کاربرد علف‌کش‌ها بکاهد و این امر علاوه بر ارزش اقتصادی از اهمیت زیست‌محیطی به سزایی برخوردار است (بهرامی و همکاران ۲۰۱۷). پژوهش‌های مختلف در زمینه کشت مخلوط گیاهان حاکی از آن است که کشت مخلوط بر خصوصیات کمی و کیفی گیاهان تأثیرگذار است، به‌طوری‌که گزارش شده است عملکرد گندم در کشت مخلوط با باقلا افزایش پیدا کرد (وانک و همکاران ۲۰۱۵). در کشت مخلوط سویا و ذرت، عملکرد هر دو محصول در حالت مخلوط نسبت به تک کشتی افزایش نشان داد (جانبو و همکاران ۲۰۱۸). در مناطقی از شمال آفریقا و لبنان تک‌کشتی جو باعث فقر خاک و کاهش عملکرد محصول شده بود، با تناوب لگوم‌ها، ازجمله ماشک گل خوشه‌ای و گاودانه، عملکرد در مجموع دوره تناوب، نسبت به دوره تک‌کشتی

افزایش‌یافته است (یاو و همکاران ۲۰۰۳). با مطالعه اکثر نتایج منتشر شده در زمینه کشت مخلوط قابل‌مشاهده است که خصوصیات رشد و عملکرد گیاه همراه با لگومینوز به علت ایجاد حالت مکملی، استفاده بهتر از منابع و اثرات متقابل تسهیل‌کنندگی بین دو گونه بالاتر از کشت خالص است (بانیک و همکاران ۲۰۰۶).

با وجود اثرات نامطلوب علف‌های هرز بر سیستم‌های زراعی همچون کاهش عملکرد و کیفیت محصول، افزایش هزینه‌های تولید، افزایش سایر آفات و ایجاد مخاطرات برای انسان و دام، علف‌های هرز دارای اثرات مفیدی نیز هستند. دیدگاه منفی و یک‌جانبه به علف‌های هرز موجب شده است که مسائلی نظیر علت وجودی علف‌های هرز، اثرات متقابل آن‌ها با محصول زراعی و سایر موجودات زنده یا حتی چگونگی مدیریت مؤثر آن‌ها کمتر موردتوجه قرار گیرد؛ بنابراین باتوجه‌به اهمیت روزافزون کشاورزی پایدار و نقش آن در تولید محصول کافی و سالم، هدف از انجام این پژوهش بررسی صفات زراعی و عملکرد و اجزای عملکرد گیاه دانه روغنی گلرنگ در واکنش به کشت مخلوط با کلزا در شرایط کنترل و عدم کنترل علف‌های هرز می‌باشد.

## مواد و روش‌ها

**مشخصات محل و زمان اجرای آزمایش**: آزمایش مزرعه‌ای در سال زراعی ۱۳۹۴ در مزرعه‌ای در شهرستان مراغه اجرا شد که مشخصات جغرافیایی آن در جدول ۱ آورده شده است (جوانمرد و همکاران ۲۰۲۲).

**جدول ۱- مشخصات جغرافیایی مزرعه کاشته شده**

| ارتفاع از سطح دریا | عرض جغرافیایی | طول جغرافیایی | میزان بارندگی سالیانه | دمای سالیانه | بیشینه دمای سالیانه | کمینه دمای سالیانه |
|---|---|---|---|---|---|---|
| ۱۴۸۵ متر | ۳۷ درجه و ۲۳ دقیقهٔ شمالی | ۴۶ درجه و ۱۶ دقیقهٔ شرقی | ۲۴۳ میلی‌متر | ۱۴/۴ درجه سانتی‌گراد | ۲۰/۷ درجه سانتی‌گراد | ۸ درجه سانتی‌گراد |

**طرح آزمایشی و بذور مورداستفاده**: کشت مخلوط با روش‌های افزایش جزئی و جایگزینی انجام گرفت. آزمایش به‌صورت فاکتوریل بر پایهٔ طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ۱۲ تیمار و سه تکرار انجام شد. فاکتور اول شامل کنترل علف‌های هرز در دو سطح کنترل کامل علف‌های هرز و عدم کنترل علف‌های هرز و فاکتور دوم شامل الگوهای مختلف کشت، کشت خالص کلزا و گلرنگ و همچنین الگوهای مختلف کشت مخلوط در چهار سطح به‌صورت سطوح کشت مخلوط افزایشی جزئی با نسبت‌های ۵۰ درصد کلزا و تراکم بهینه گلرنگ، ۷۵ درصد کلزا و تراکم بهینه گلرنگ و کشت مخلوط جایگزینی کلزا و گلرنگ با نسبت ۱:۱ و کشت مخلوط جایگزینی کلزا و گلرنگ با نسبت ۲:۱ در نظر گرفته شد. در این آزمایش گلرنگ به‌عنوان گیاه اصلی در نظر گرفته شده و صفات مربوط به گلرنگ اندازه‌گیری شده است.

**عملیات تهیه زمین و کاشت**: مراحل آماده‌سازی زمین شامل شخم اولیه، در اواخر مهرماه سال ۱۳۹۳ و تسطیح زمین و کرت‌بندی و تفکیک بلوک‌های آزمایش در فروردین‌ماه صورت پذیرفت. عملیات کاشت گلرنگ و کلزا به طور همزمان در اردیبهشت‌ماه انجام شد. رقم مورداستفاده برای گلرنگ، رقم گلستان بود و برای کلزا، رقم شیرعلی بود که از شهرستان کرمانشاه تهیه شدند. روش مورداستفاده در کشت مخلوط از نوع افزایشی و جایگزینی بود. کاشت به‌صورت کرتی با چهار ردیف کاشت و بلافاصله بین ردیف ۶۰ سانتی‌متر و فاصله بذور در روی ردیف ۲۰ سانتی‌متر برای گلرنگ و برای کلزا با هشت ردیف کاشت و بلافاصله بین ردیف ۳۰ سانتی‌متر و فاصله بذور در روی ردیف دو سانتی‌متر در نظر گرفته شد. هر کرت کاشت به ابعاد ۲/۴×۲ 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 باتوجه‌به

ریز بودن بذرها با مقدار مناسب ماسه‌بادی پوشانده شد تا جوانه‌زنی آن‌ها به طور یکنواخت انجام گیرد. کلزا بسته به نسبت‌های کشت در کشت مخلوط افزایشی ۱۰۰:۵۰ (گلرنگ – کلزا) ۴۰ بذر در مترمربع بلافاصله روی ردیف چهار سانتی‌متر و گلرنگ با تراکم بهینه و در کشت مخلوط افزایشی ۱۰۰:۷۵ (گلرنگ – کلزا) ۶۰ بذر در مترمربع بلافاصله روی ردیف ۳ سانتی‌متر در نظر گرفته شد و برای کشت مخلوط جایگزینی در نسبت (۱:۱) یک ردیف گلرنگ و دو ردیف کلزا و در نسبت (۲:۱) دو ردیف گلرنگ و دو ردیف کلزا در نظر گرفته شد.

**عملیات داشت**: پس از کاشت به‌منظور جلوگیری از خشک‌شدن 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 مرحلهٔ پنج‌برگی هر دو گیاه تنک شدند تا تراکم موردنظر حاصل گردد. در طول دوره رشد در خردادماه، کود ازت خالص در مرحله ساقه رفتن گیاهان به‌صورت سرک افزوده شد (۷۵ کیلوگرم در هکتار). کنترل علف‌های هرز در تیمارهای مربوط به وجین با دست، از تیرماه به بعد هر هفته در طول فصل رشد ادامه یافت.

**صفات مورد بررسی**: به‌منظور اندازه‌گیری صفات، به تعداد پنج بوته از سطح باقی‌مانده نمونه‌برداری به طور تصادفی از هفته سوم مردادماه به‌مدت یک هفته انجام شد و صفاتی از قبیل ارتفاع بوته، تعداد شاخه‌های جانبی در هر بوته، قطر ساقه، تعداد برگ، طبق و دانه در بوته، عملکرد دانه در واحد سطح، عملکرد بیولوژیکی در واحد سطح، شاخص برداشت و وزن هزاردانه مورد اندازه‌گیری قرار گرفتند.

**عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیکی در واحد سطح**: به‌هنگام رسیدگی محصول با حذف اثر حاشیه کلیه‌ی بوته‌های گلرنگ به اندازه یک مترمربع از هر کرت نمونه‌برداری و خشک شدند. سپس نمونه‌های خشک شده با ترازوی حساس توزین و عملکرد بیولوژیکی (کیلوگرم در هکتار) و عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار) تعیین گردید.

**شاخص برداشت**: شاخص برداشت با استفاده از رابطه زیر محاسبه شد:

$$\text{شاخص برداشت (HI)} = \frac{\text{عملکرد دانه}}{\text{عملکرد بیولوژیکی}} \times ۱۰۰ \qquad \text{[رابطه ۱]}$$

**شاخص ارزیابی کشت مخلوط**

جهت ارزیابی سودمندی کشت مخلوط از شاخص نسبت برابری زمین (Land equivalent ratio: LER) بر مبنای عملکرد بیولوژیکی هر دو گیاه از رابطه [۲] [۳] [۴] استفاده شد (مائو و همکاران ۲۰۱۲):

$$LER\ (T) = LER\ (a) + LER\ (b) \qquad \text{[رابطه ۲]}$$
$$LER\ (a) = Yab / Yaa \qquad \text{[رابطه ۲]}$$
$$LER\ (b) = Yba + Ybb \qquad \text{[رابطه ۲]}$$

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 محاسبهٔ مجموع ارزش نسبی (Relative value total (RVT) از رابطه [۵] بهره‌گیری شد:

$$RVT=(aP_1+bP_2)/aM_1 \qquad \text{[رابطه ۵]}$$

دراین‌رابطه $P_1$ 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 b به ترتیب قیمت گیاه اول و گیاه دوم می‌باشد.

اگر $RVT > 1$ باشد، کشت مخلوط بهتر است. درصورتی‌که $RVT < 1$ باشد، کشت خالص دارای مزیت اقتصادی خواهد بود و کشت خالص ترجیح داده می‌شود. البته باید توجه داشت که اگر $LER < 1$ باشد، محاسبه RVT ضرورتی ندارد (جوانشیر و همکاران ۲۰۰۰).

برای محاسبه کارایی کنترل علف هرز (Weed control efficiency: WCE) توسط تیمارهای کشت مخلوط نیز از رابطه [۶] استفاده شد.

$$100WCE= [(WDW_c - WDW_i) /WDW_c]$$ [رابطه ۶]

دراین‌رابطه نیز $WDW_c$ و $WDW_i$ به ترتیب بیوماس علف‌های هرز در تیمار کشت خالص گلرنگ بدون کنترل علف هرز و بیوماس علف‌های هرز در تیمار کشت مخلوط می‌باشد (بانیک و همکاران ۲۰۰۶).

**تجزیه آماری**: یکنواختی واریانس‌ها و نرمال بودن داده‌های به‌دست‌آمده تست شدند و تجزیهٔ آماری داده‌ها شامل تجزیه واریانس به‌صورت فاکتوریل بر پایهٔ طرح بلوک‌های کامل تصادفی انجام گرفت. مقایسات میانگین با آزمون چند دامنه‌ای دانکن انجام شد. از نرم‌افزارهای MSTAT- C، Spss16 و Excel برای انجام آزمون‌های آماری و رسم نمودارها استفاده شد.

## نتایج و بحث

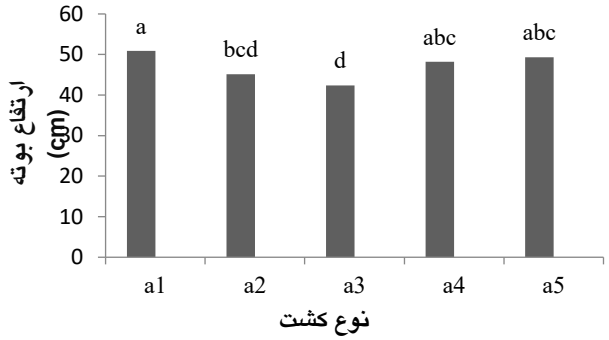
### ارتفاع بوته

**نتایج** حاصل از جدول تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر کنترل علف هرز و الگوی کشت بر ارتفاع بوته در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بودند، ولی ترکیبات تیماری روی ارتفاع بوته معنی‌دار نبود (جدول ۲). مقایسه میانگین‌های اثر کنترل علف هرز بر ارتفاع بوته نشان داد که تیمار کنترل کامل علف هرز با ۵۰/۳ سانتی‌متر دارای بیشترین و تیمار عدم کنترل علف هرز با ۴۴/۲ سانتی‌متر دارای کمترین ارتفاع هستند. همچنین مقایسه میانگین‌های الگوی کاشت بر ارتفاع بوته نشان داد که تیمار کشت خالص گلرنگ با ۵۰/۹ سانتی‌متر بیشترین ارتفاع را دارد که از لحاظ آماری با تیمارهای کشت مخلوط اختلاف معنی‌داری نداشت. همچنین تیمار کشت مخلوط جایگزینی ۲:۱ (گلرنگ – کلزا) با ۴۲/۴ سانتی‌متر کمترین ارتفاع را داشت (شکل ۱). تونا و اوراک (۲۰۰۷) گزارش کردند که کاهش یا افزایش ارتفاع بوته گیاهان به شدت رقابت بین دو گیاه بستگی دارد. اختلاف مربوط به کمترین و بیشترین ارتفاع بوته در کشت مخلوط ناشی از رقابت برون گونه‌ای است. عدم افزایش ارتفاع بوته در تراکم‌های بالاتر از حد مطلوب، احتمالاً به‌دلیل محدودیت تولید مواد فتوسنتزی براثر محدودیت آب و عناصر غذایی هست. حمزه‌ای و همکاران (۲۰۱۲) با بررسی تأثیر کشت مخلوط افزایشی بر سرکوب علف‌های هرز، عملکرد و اجزای عملکرد نخود و جو اظهار داشتند که ارتفاع بوته نخود در کشت مخلوط بالاتر از کشت خالص و در تیمارهای بدون کنترل علف هرز بیشتر از تیمارهای کنترل علف هرز است. میرهاشمی (۲۰۱۰) نیز در بررسی کشت مخلوط زنیان و شنبلیله مشاهده کردند که تیمارهای مختلف کشت مخلوط اثر معنی‌داری بر ارتفاع بوته دو گیاه نداشته است.

**جدول ۲- تجزیه واریانس اثر الگوهای مختلف کشت و کنترل علف‌های هرز بر صفات اندازه‌گیری شده در گلرنگ**

| منابع تغییر | درجه آزادی | میانگین مربعات | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | ارتفاع بوته | قطر ساقه اصلی | تعداد شاخه جانبی | تعداد طبق در بوته | تعداد دانه در بوته | تعداد برگ در بوته | عملکرد بیولوژیکی در واحد سطح | عملکرد دانه در واحد سطح | شاخص برداشت | وزن هزاردانه |
| تکرار | ۲ | ۴۶/۲ | ۰/۸ | ۲/۳ | ۱/۵ | ۹/۶ | ۳۲/۵ | ۱۱۸۱۳ | ۲۸۹ | ۱/۸۱ | ۹۱/۶ |
| کنترل علف هرز (A) | ۱ | ۲۷۸** | ۳۰/۱** | ۵۳/۳** | ۱۲۰** | ۱۳۹۱۱** | ۱۷۰۲/۴** | ۳۳۴۹۶۲** | ۲۹۳۲۸** | ۷/۸۳ns | ۱۰۰۹/۲** |
| الگوی کاشت (B) | ۴ | ۷۰/۳** | ۴/۳** | ۴/۸** | ۲۲/۴** | ۱۹/۵** | ۹۶۷/۵** | ۵۲۹۶۶۹** | ۳۵۶۹۲** | ۹/۷* | ۱۳۵** |
| A * B | ۴ | ۱۴/۲ns | ۴/۹** | ۲/۲** | ۱۹/۳** | ۴۱/۵** | ۷۴/۸** | ۱۱۳۱۴ns | ۱۴۷۴ns | ۰/۹۵ns | ۱۲** |
| خطا | ۱۸ | ۱۰/۶ | ۰/۴ | ۰/۴ | ۰/۴ | ۲/۲ | ۹/۵ | ۱۵۲۷۴ | ۸۳۷ | ۲/۴ | ۱۷/۵ |
| ضریب تغییرات (٪) | – | ۶/۹ | ۹/۸ | ۱۴/۳ | ۱۱ | ۶/۷ | ۷/۹ | ۵/۵ | ۷/۳ | ۹ | ۱۰/۴ |

**، * و ns به ترتیب معنی‌داری در سطح احتمال ۱٪، ۵٪ و غیرمعنی‌داراست.



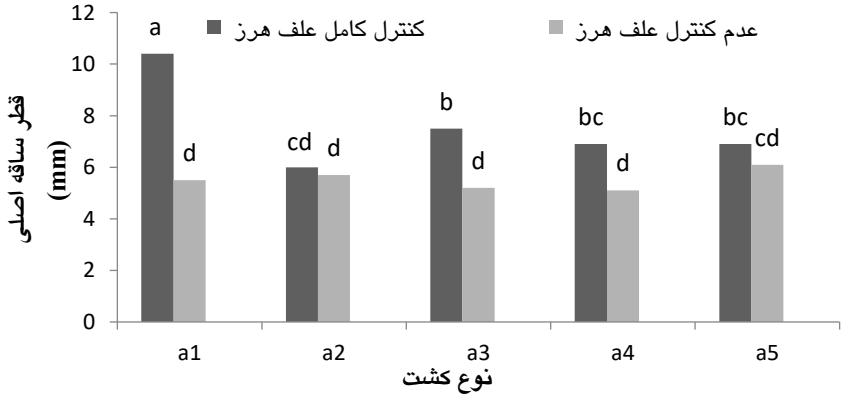

**شکل ۱- تأثیر الگوهای مختلف کشت بر ارتفاع بوته گلرنگ**

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

$a_1$: کشت خالص گلرنگ، $a_2$: کشت مخلوط جایگزینی ۱:۱ گلرنگ و کلزا، $a_3$: کشت مخلوط جایگزینی ۲:۱ گلرنگ و کلزا، $a_4$: تراکم مطلوب گلرنگ + ۵۰ درصد تراکم مطلوب کلزا، $a_5$: تراکم مطلوب گلرنگ + ۷۵ درصد تراکم مطلوب کلزا.

**قطر ساقهٔ اصلی**

نتایج حاصل از جدول تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر کنترل علف هرز، الگوی کاشت و اثر متقابل کنترل علف هرز در الگوی کاشت بر قطر ساقه اصلی در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بودند (جدول ۲). مقایسهٔ میانگین‌های اثر متقابل کنترل علف هرز در الگوی کاشت نشان داد که بین تیمارهای آزمایشی در سطح احتمال یک درصد اختلاف معنی‌داری وجود دارد، به‌طوری‌که بیشترین قطر گلرنگ مربوط به ترکیب تیماری کشت خالص با کنترل کامل با ۱۰/۴ میلی‌متر و کمترین قطر مربوط به ترکیب تیماری کشت مخلوط افزایشی ۵۰:۱۰۰ (گلرنگ – کلزا) با عدم کنترل علف هرز با ۵/۱ میلی‌متر بود. افزایش قطر ساقه می‌تواند به دلیل استفادهٔ بهتر گیاه در کشت خالص از منابع باشد (شکل ۲). ارلی و همکاران (۱۹۹۶) گزارش کردند که با افزایش تراکم بوته، قطر ساقه ذرت کاهش پیدا می‌کند. به‌نظر می‌رسد که افزایش تراکم گیاهی باعث تشدید رقابت بین گیاهان برای جذب منابع محیطی می‌گردد و در این میان قطر ساقه هم تحت تأثیر قرار گرفته و کاهش می‌یابد. بیکم و همکاران (۲۰۱۸) نیز افزایش قطر ساقه ذرت و سویا را در کشت مخلوط این دو گیاه گزارش نمودند.



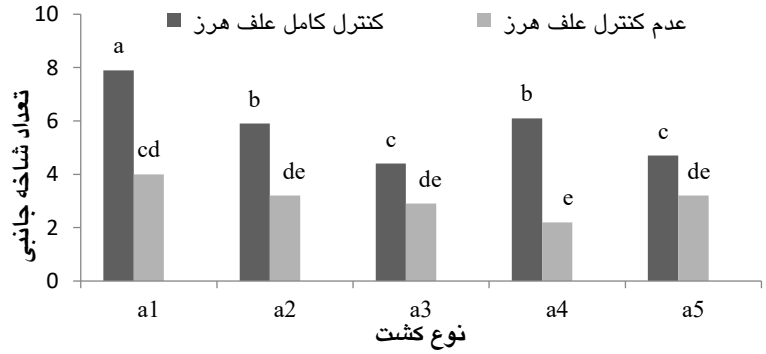

**شکل ۲- تأثیر بر همکنش اثر الگوهای مختلف کشت در کنترل علف‌های هرز بر قطر ساقه اصلی گلرنگ**

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

$a_1$: کشت خالص گلرنگ، $a_2$: کشت مخلوط جایگزینی ۱:۱ گلرنگ و کلزا، $a_3$: کشت مخلوط جایگزینی ۲:۱ گلرنگ و کلزا، $a_4$: تراکم مطلوب گلرنگ + ۵۰ درصد تراکم مطلوب کلزا، $a_5$: تراکم مطلوب گلرنگ + ۷۵ درصد تراکم مطلوب کلزا.

**تعداد شاخه جانبی**

نتایج حاصل از جدول تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثرهای کنترل علف هرز، الگوی کاشت و اثر متقابل کنترل علف هرز در الگوی کاشت بر تعداد شاخه جانبی در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بودند (جدول ۲). مقایسه میانگین‌های اثر متقابل کنترل علف هرز در الگوی کاشت نشان داد که بین تیمارهای آزمایشی در سطح احتمال یک درصد اختلاف معنی‌داری وجود دارد، به‌طوری‌که بیشترین تعداد شاخه جانبی گلرنگ مربوط به ترکیب تیماری کشت خالص با کنترل کامل علف هرز با میانگین ۷/۹ و کمترین تعداد شاخه جانبی مربوط به ترکیب تیماری کشت مخلوط افزایشی ۵۰:۱۰۰ (گلرنگ – کلزا) با عدم کنترل علف هرز با میانگین ۲/۲ می‌باشد (شکل ۳). به‌نظر می‌رسد آرایش کاشتی که فضای بیشتری را در اطراف گیاه گلرنگ فراهم می‌کند، باعث افزایش فعالیت گیاه جهت پر نمودن فضای اطراف و گسترش کانوپی می‌شود. همچنین به‌دلیل کاهش رقابت این گیاه با علف هرز در تیمار کنترل کامل علف هرز، مواد غذایی بیشتری جهت تولید شاخه‌های جانبی در اختیار داشته است. افزایش تعداد شاخه‌های جانبی و دسترسی بیشتر به نور سبب تحریک آغازی‌های گل شده و درنتیجه باعث افزایش تعداد شاخه‌های زایشی، در چارچوب پتانسیل ژنتیکی می‌شود (آگبولا و فیامی ۱۹۷۲). سیدی و همکاران (۲۰۱۲) با بررسی کشت مخلوط جو و نخود بیان کردند که استفاده از کشت مخلوط تعداد شاخه نخود را کاهش داد. آن‌ها دلیل این موضوع را کاهش منابع رشد در اثر افزایش رقابت بین گونه‌ای دانستند. کوچکی و همکاران (۲۰۱۴) با بررسی عملکرد گیاه دارویی سیاهدانه در کشت مخلوط با نخود و لوبیا عنوان کردند که تعداد شاخه جانبی در هیچ یک از گیاهان مورد بررسی از نظر آماری تفاوت معنی‌داری نداشت، ولی از نظر کمی برای لوبیا در تیمار مخلوط نسبت به خالص بیشتر بود. قلی‌نژاد و رضایی‌چیانه (۲۰۱۴) نیز نشان داد که در کشت مخلوط سیاهدانه و نخود، تیمارهای مختلف مخلوط تأثیر معنی‌داری از نظر تعداد شاخه جانبی کنجد نداشتند. اسدی و همکاران (۲۰۱۶) نیز با بررسی کشت مخلوط افزایشی زعفران و نخود گزارش کردند که بیشترین تعداد شاخه فرعی از کشت مخلوط صد در صد زعفران + ۲۰ درصد نخود درمقایسه با نسبت‌های ۴۰، ۶۰، ۸۰ و ۱۰۰ درصد نخود به‌دست آمد و دلیل این کاهش تعداد شاخه‌های جانبی در نسبت‌های بالاتر نخود به افزایش رقابت درون گونه‌ای نسبت داده شد.



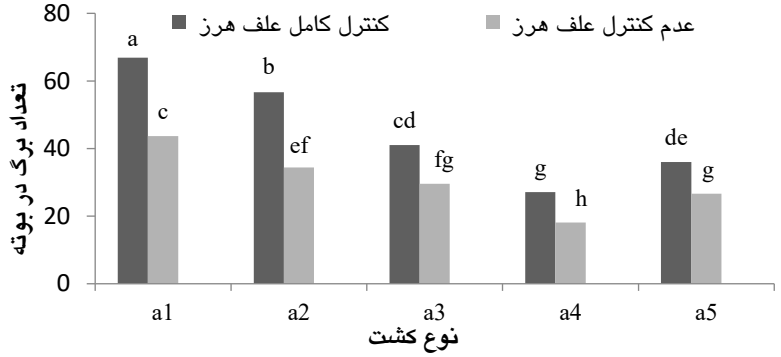

**شکل ۳- تأثیر بر همکنش اثر الگوهای مختلف کشت در کنترل علف‌های هرز بر تعداد شاخه جانبی گلرنگ**

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

$a_1$: کشت خالص گلرنگ، $a_2$: کشت مخلوط جایگزینی۱:۱ گلرنگ و کلزا، $a_3$: کشت مخلوط جایگزینی ۲:۱ گلرنگ و کلزا، $a_4$: تراکم مطلوب گلرنگ + ۵۰ درصد تراکم مطلوب کلزا، $a_5$: تراکم مطلوب گلرنگ + ۷۵ درصد تراکم مطلوب کلزا.

**تعداد برگ در بوته**

نتایج حاصل از جدول تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر الگوهای مختلف کشت مخلوط و کنترل علف هرز و اثر متقابل آن‌ها بر تعداد برگ در بوته در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۲). مقایسه میانگین‌های اثر متقابل کنترل علف هرز در الگوی کاشت نشان داد که بین تیمارهای آزمایشی در سطح احتمال یک درصد اختلاف معنی‌داری وجود دارد، به‌طوری‌که بیشترین تعداد برگ در بوته گلرنگ مربوط به ترکیب تیماری خالص گلرنگ با کنترل کامل علف هرز با میانگین ۶۶/۹ بود و کمترین تعداد برگ مربوط به ترکیب تیماری کشت مخلوط افزایشی ۵۰:۱۰۰ (گلرنگ – کلزا) با عدم کنترل علف هرز با میانگین ۱۸/۱ می‌باشد (شکل ۴). بالا بودن تعداد برگ در تیمار خالص گلرنگ را می‌توان به بیشتر بودن ارتفاع این تیمار به علت دستیابی بهتر به نور و منابع دانست. در کشت مخلوط رقابت بین‌گونه‌ای باعث کاهش تعداد برگ‌ها می‌شود که خود باعث کاهش شدت و میزان فتوسنتز شده، درنتیجه کاهش تجمع مواد ذخیره‌ای درصد و ماده خشک کاهش می‌یابد. بالا بودن تعداد برگ در تیمار خالص گلرنگ را می‌توان به بیشتر بودن ارتفاع این تیمار به‌علت دست‌یابی بهتر به نور و منابع دانست. در کشت مخلوط رقابت بین گونه‌ای باعث کاهش تعداد برگ‌ها می‌شود که خود باعث کاهش شدت و میزان فتوسنتز شده، درنتیجه کاهش تجمع مواد ذخیره‌ای درصد و ماده خشک کاهش می‌یابد.



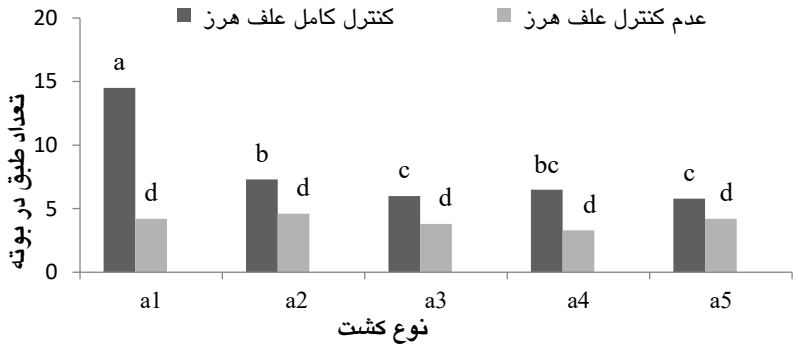

**شکل ۴- تأثیر بر همکنش اثر الگوهای مختلف کشت در کنترل علف‌های هرز بر تعداد برگ در بوته گلرنگ**

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

$a_1$: کشت خالص گلرنگ، $a_2$: کشت مخلوط جایگزینی ۱:۱ گلرنگ و کلزا، $a_3$: کشت مخلوط جایگزینی ۲:۱ گلرنگ و کلزا، $a_4$: تراکم مطلوب گلرنگ + ۵۰ درصد تراکم مطلوب کلزا، $a_5$: تراکم مطلوب گلرنگ + ۷۵ درصد تراکم مطلوب کلزا.

**تعداد طبق در بوته**

نتایج حاصل از جدول تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثرهای کنترل علف هرز، الگوی کشت و اثر متقابل کنترل علف هرز در الگوی کاشت بر تعداد طبق در بوته در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بودند (جدول ۲). مقایسه میانگین‌های اثر متقابل کنترل علف هرز در الگوی کاشت نشان داد که بین تیمارهای آزمایشی در سطح احتمال یک درصد اختلاف معنی‌داری وجود دارد، به‌طوری‌که بیشترین تعداد طبق در بوته مربوط به ترکیب تیماری کشت خالص گلرنگ با کنترل کامل علف هرز با میانگین ۱۴/۵ بود که به دلیل بهره‌مندی از نور بیشتر و بهره‌برداری مطلوب‌تر از مکان طبق بیشتر بود و کمترین تعداد طبق هر بوته مربوط به ترکیب تیماری کشت مخلوط افزایشی ۵۰:۱۰۰ (گلرنگ – کلزا) با عدم کنترل علف هرز با میانگین ۳/۳ است (شکل ۵). تعداد طبق در گیاه یکی از اجزاء مهم عملکرد می‌باشد، زیرا ازیک‌طرف دربرگیرنده تعداد دانه بوده و از طرفی دیگر تأمین‌کننده مواد فتوسنتزی موردنیاز برای دانه‌ها می‌باشد. بدین ترتیب تعداد طبق بیشتر در تیمار کشت خالص و به‌تبع آن افزایش تعداد دانه در بوته می‌تواند منجر به افزایش عملکرد این گیاه نسبت به سایر الگوهای مختلف کشت مخلوط شده است (رضایی چیانه و همکاران ۲۰۱۵). روستایی و همکاران (۲۰۱۵) نیز گزارش کردند که در کشت مخلوط شنبلیله و سیاه‌دانه، بیشترین تعداد کپسول در بوته در تیمار کشت خالص سیاه‌دانه و کاربرد تلفیقی کود مشاهده شد.



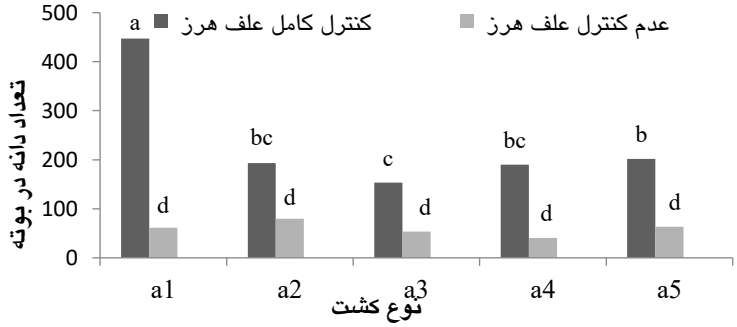

**شکل ۵- تأثیر بر همکنش اثر الگوهای مختلف کشت در کنترل علف‌های هرز بر تعداد طبق در بوته گلرنگ**

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

$a_1$: کشت خالص گلرنگ، $a_2$: کشت مخلوط جایگزینی۱:۱ گلرنگ و کلزا، $a_3$: کشت مخلوط جایگزینی ۲:۱ گلرنگ و کلزا، $a_4$: تراکم مطلوب گلرنگ + ۵۰ درصد تراکم مطلوب کلزا، $a_5$: تراکم مطلوب گلرنگ + ۷۵ درصد تراکم مطلوب کلزا.

**تعداد دانه در بوته**

نتایج حاصل از جدول تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثرهای کنترل علف هرز، الگوی کاشت و اثر متقابل کنترل علف هرز در الگوی کاشت بر تعداد دانه در بوته در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بودند (جدول ۲). مقایسه میانگین‌های اثر متقابل کنترل علف هرز در الگوی کاشت نشان داد که بین تیمارهای آزمایشی در سطح احتمال یک درصد اختلاف معنی‌داری وجود دارد، به‌طوری‌که بیشترین تعداد دانه در بوته گلرنگ مربوط به ترکیب تیماری کشت خالص گلرنگ با کنترل کامل علف هرز با میانگین ۴۴۷/۳ است و همچنین کمترین تعداد دانه مربوط به ترکیب تیماری کشت مخلوط افزایشی ۵۰:۱۰۰ (گلرنگ – کلزا) با عدم کنترل علف هرز با میانگین ۴۰/۸ می‌باشد (شکل ۶). کاهش در تعداد دانه می‌تواند به‌دلیل افزایش تراکم گیاهی و بروز رقابت درون گونه‌ای و برون گونه‌ای باشد، بالا بودن تعداد دانه در بوته در تیمار کشت خالص گلرنگ را می‌توان به بیشتر بودن تعداد طبق آن نسبت داد. رضایی‌چیانه و همکاران (۲۰۱۵) نیز بیان کرد 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. به‌نظر می‌رسد دلیل کاهش عملکرد در تیمارهای افزایشی، وجود رقابت بین دو گونه باشد که با افزوده شدن بر نسبت سیاهدانه به‌عنوان گیاه فرعی این کاهش شدیدتر نیز شده است که با نتایج آزمایش‌های متعددی مطابقت دارد.



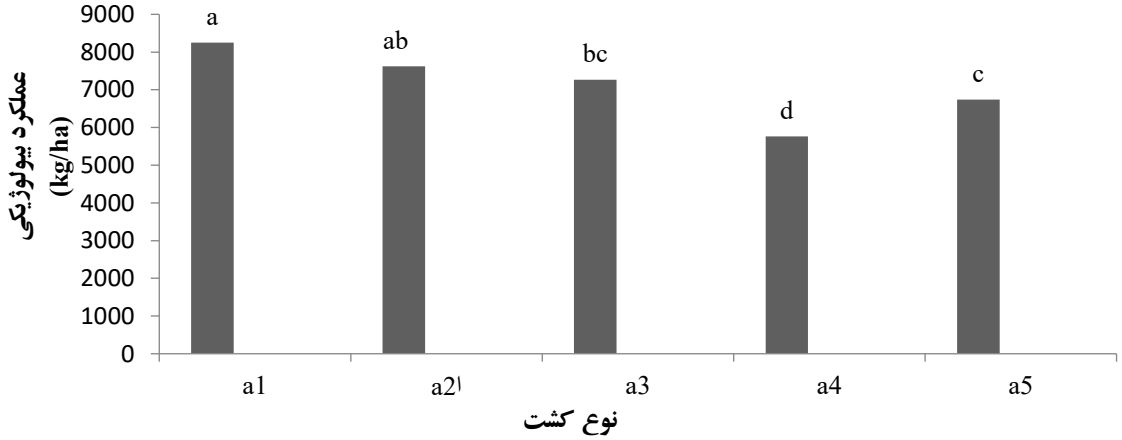

**شکل ۶- تأثیر بر همکنش اثر الگوهای مختلف کشت در کنترل علف‌های هرز بر تعداد دانه در بوته گلرنگ**

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

$a_1$: کشت خالص گلرنگ، $a_2$: کشت مخلوط جایگزینی ۱:۱ گلرنگ و کلزا، $a_3$: کشت مخلوط جایگزینی ۲:۱ گلرنگ و کلزا، $a_4$: تراکم مطلوب گلرنگ + ۵۰ درصد تراکم مطلوب کلزا، $a_5$: تراکم مطلوب گلرنگ + ۷۵ درصد تراکم مطلوب کلزا.

**عملکرد بیولوژیکی در واحد سطح**

نتایج حاصل از جدول تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثرهای کنترل علف‌هرز، الگوی کشت بر صفت عملکرد بیولوژیکی در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بودند، ولی اثر متقابل تیمارها روی عملکرد بیولوژیکی معنی‌دار نبود (جدول ۲). مقایسه میانگین‌های اثر کنترل علف‌هرز بر عملکرد بیولوژیکی در هکتار نشان داد که تیمار کنترل کامل علف‌هرز با ۷۴۶۳ کیلوگرم در هکتار دارای بیشترین عملکرد و تیمار عدم کنترل علف‌هرز با ۶۷۹۵ کیلوگرم در هکتار دارای کمترین عملکرد می‌باشند. همچنین مقایسه میانگین‌های الگوی کاشت بر عملکرد بیولوژیکی در هکتار نشان می‌دهد که تیمار کشت خالص گلرنگ با ۸۲۵۲ کیلوگرم بیشترین عملکرد و تیمار کشت مخلوط افزایشی ۵۰:۱۰۰ (گلرنگ – کلزا) با ۵۷۶۶ کیلوگرم کمترین عملکرد را دارد (شکل ۷). تونا و اورکا (۲۰۰۷) در کشت مخلوط ماشک با یولاف گزارش کرده‌اند که عملکرد بیولوژیک هریک از گیاهان کشت شده در کشت مخلوط به‌طور معنی‌داری درمقایسه با کشت خالص آن‌ها کاهش یافته است. در بررسی کشت مخلوط باقلا و جو، افزایش عملکرد بیولوژیک در شرایط کنترل علف‌های هرز نسبت به شرایط عدم کنترل علف هرز بیشتر بود (آگنهو و همکاران ۲۰۰۶). در یک بررسی دیگر نشان داده شد که کشت خالص شنبلیله در بین الگوهای مختلف کاشت مخلوط زیره سبز و شنبلیله، دارای بالاترین عملکرد بیولوژیک بود (رضوانی مقدم و مرادی ۲۰۱۱). نتایج مطالعه دیگری روی عملکرد و اجزای عملکرد کنجد و نخود در کشت مخلوط سری‌های جایگزینی مشخص نمود که کشت مخلوط کنجد نسبت به کشت خالص آن دارای عملکرد بیولوژیکی و عملکرد دانه کمتری بود، همچنین با کاهش تراکم کنجد در کشت مخلوط از عملکرد بیولوژیکی و دانه آن به میزان بیشتری کاسته شد (پورامیر و همکاران ۲۰۱۰).




**شکل ۷- تأثیر الگوهای مختلف کشت بر عملکرد بیولوژیکی گلرنگ**

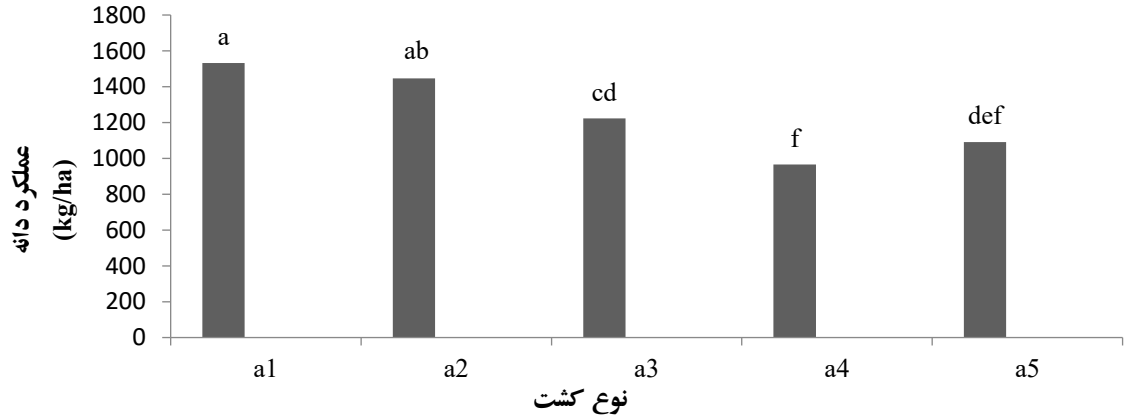
تیمارهای دارای حداقل یک حرف مشترک اختلاف معنی‌داری با یکدیگر در آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد ندارند.

$a_1$: کشت خالص گلرنگ، $a_2$: کشت مخلوط جایگزینی ۱:۱ گلرنگ و کلزا، $a_3$: کشت مخلوط جایگزینی ۲:۱ گلرنگ و کلزا، $a_4$: تراکم مطلوب گلرنگ + ۵۰ درصد تراکم مطلوب کلزا، $a_5$: تراکم مطلوب گلرنگ + ۷۵ درصد تراکم مطلوب کلزا.

**عملکرد دانه در واحد سطح**

نتایج حاصل از جدول تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثرهای کنترل علف‌هرز، الگوی کشت بر صفت عملکرد دانه در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بودند، ولی اثر متقابل تیمارها روی عملکرد دانه معنی‌دار نبود (جدول ۲). مقایسه میانگین‌های اثر کنترل علف‌هرز بر عملکرد دانه در هکتار نشان داد که تیمار کنترل کامل علف‌هرز با ۱۳۴۶ کیلوگرم بیشترین و تیمار عدم کنترل علف‌هرز با ۱۱۴۸ کیلوگرم کمترین عملکرد دانه را دارا می‌باشند. همچنین مقایسه میانگین‌های الگوی کاشت بر

عملکرد دانه در هکتار نشان می‌دهد که تیمار کشت خالص با ۱۵۳۳ کیلوگرم بیشترین عملکرد و تیمار کشت مخلوط افزایشی ۱۰۰:۵۰ (گلرنگ – کلزا) با ۹۴۵ کیلوگرم کمترین عملکرد را دارند، به‌طوری‌که بیشترین مقدار کاهش عملکرد مربوط به کشت مخلوط افزایشی ۱۰۰:۵۰ (گلرنگ – کلزا) با ۳۸/۳ درصد و کمترین آن مربوط به تیمار کشت مخلوط جایگزینی ۱:۱ (گلرنگ – کلزا) با ۵/۶ درصد مشاهده شد (شکل ۸). به‌نظر می‌رسد که دلیل بیشتر بودن عملکرد دانه در کشت خالص و کنترل علف هرز در اختیار بودن فضای بیشتر برای گلرنگ نسبت به کشت مخلوط و عدم حضور علف‌های هرز به‌عنوان عوامل رقابت‌کننده برای گلرنگ در بهره‌گیری از فضا و منابع موجود می‌باشد. در تحقیقی دیگر، عملکرد جو به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر نسبت‌های کشت مخلوط با ماشک گل‌خوشه‌ای قرار گرفت، به‌طوری‌که افزایش درصد ماشک از ۲۰ درصد در کشت مخلوط درهم به ۱۰۰ درصد در کشت خالص موجب کاهش ۵۴ درصدی عملکرد دانه جو گردید (اسدی و خرمدل ۲۰۱۳). در یک مطالعه نیز نشان داده شد که کشت خالص لوبیا در بین تیمارهای مختلف کشت مخلوط و خالص لوبیا و ریحان بذری، دارای بالاترین عملکرد دانه بود (علیزاده و همکاران ۲۰۰۹).




**شکل ۸- تأثیر الگوهای مختلف کشت بر عملکرد دانه گلرنگ**

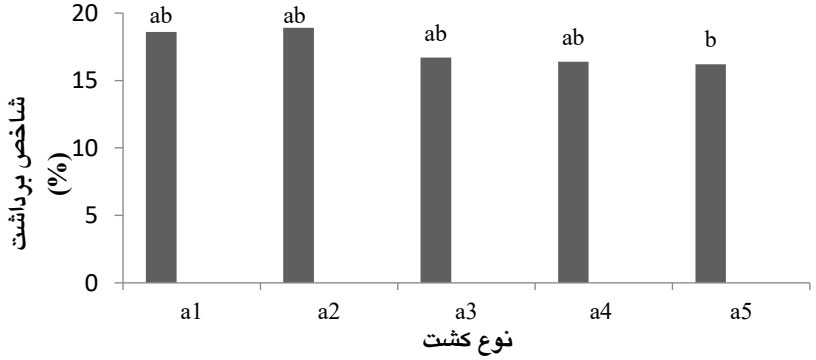
تیمارهای دارای حداقل یک حرف مشترک اختلاف معنی‌داری با یکدیگر در آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد ندارند.

$a_1$: کشت خالص گلرنگ، $a_2$: کشت مخلوط جایگزینی ۱:۱ گلرنگ و کلزا، $a_3$: کشت مخلوط جایگزینی ۲:۱ گلرنگ و کلزا، $a_4$: تراکم مطلوب گلرنگ + ۵۰ درصد تراکم مطلوب کلزا، $a_5$: تراکم مطلوب گلرنگ + ۷۵ درصد تراکم مطلوب کلزا.

**شاخص برداشت**

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر الگوهای مختلف کشت بر شاخص برداشت در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار بود، ولی اثرهای کنترل علف هرز و اثر متقابل آن‌ها بر شاخص برداشت معنی‌دار نبود (جدول ۲). مقایسه میانگین‌ها نشان می‌دهد که تیمار کنترل کامل علف هرز با ۱۷/۹ درصد بیشترین و تیمار عدم کنترل علف هرز با ۱۶/۸ درصد کمترین شاخص برداشت را دارا هستند. همچنین مقایسه میانگین‌های الگوی کاشت بر شاخص برداشت نشان داد که تیمار کشت مخلوط جایگزینی ۱:۱ (گلرنگ – کلزا) با ۱۸/۹ درصد بیشترین شاخص برداشت را دارد که از لحاظ آماری اختلاف معنی‌داری با تیمار کشت خالص نداشت. همچنین تیمار کشت مخلوط افزایشی ۱۰۰:۷۵ (گلرنگ – کلزا) با ۱۶/۲ درصد کمترین شاخص برداشت را دارا بود (شکل ۹). شاخص برداشت دلالت بر میزان زیست توده گیاهی تخصیص یافته به دانه دارد، بنابراین معیار مناسبی برای میزان تقسیم ذخایر بین ساختار رویشی و زایشی است. افزایش شاخص برداشت گیاهان زراعی در سیستم‌های کشت مخلوط، اغلب از طریق بهبود ظرفیت گونه‌های مخلوط برای افزایش جذب و مصرف فیزیولوژیکی منابع توسط آن‌ها حاصل می‌شود. خان و عبدالخالق (۲۰۰۴)

در بررسی الگوهای کشت خالص و مخلوط روی ماش که بیشترین شاخص برداشت را برای کشت خالص ماش و کمترین شاخص برداشت ماش را در الگوهای مختلف کشت مخلوط گزارش کردند. اختلاف در شاخص برداشت را می‌توان به تفاوت در اجزای عملکرد و یا افزایش عملکرد بیولوژیک نسبت داد. شاخص برداشت بالاتر در تیمارهای کشت مخلوط می‌تواند نشان‌دهنده برتری این نوع کشت نسبت به کشت خالص باشد. میرهاشمی (۲۰۱۰) نیز بیان کردند، که شاخص برداشت زنیان در تیمارهای کشت مخلوط بیشتر از کشت خالص بود. این محققین کمترین مقدار شاخص برداشت را در کشت خالص گزارش کردند.




**شکل ۹- تأثیر الگوهای مختلف کشت بر شاخص برداشت**

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

$a_1$: کشت خالص گلرنگ، $a_2$: کشت مخلوط جایگزینی۱:۱ گلرنگ و کلزا، $a_3$: کشت مخلوط جایگزینی ۲:۱ گلرنگ و کلزا، $a_4$: تراکم مطلوب گلرنگ + ۵۰ درصد تراکم مطلوب کلزا، $a_5$: تراکم مطلوب گلرنگ + ۷۵ درصد تراکم مطلوب کلزا.

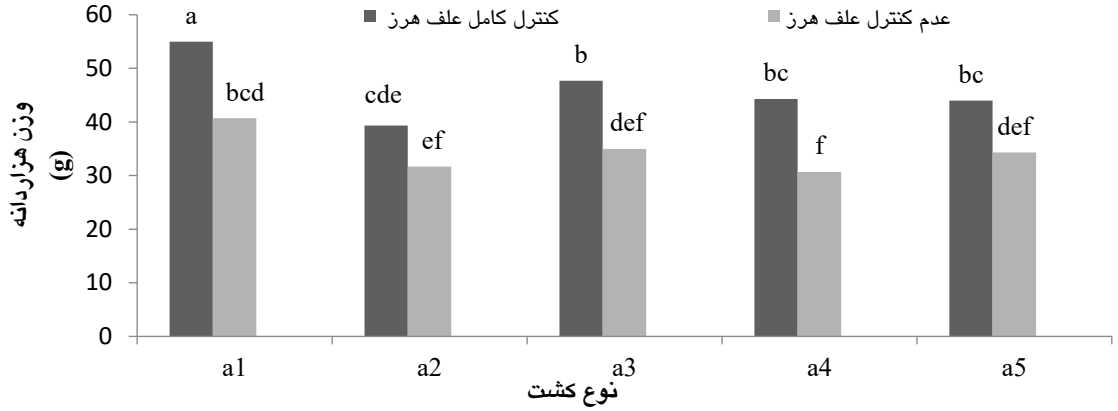
**وزن هزاردانه**

نتایج حاصل از جدول تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثرهای کنترل علف‌هرز، الگوی کاشت و اثر متقابل کنترل علف‌هرز در الگوی کاشت در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بودند (جدول ۲). مقایسه میانگین‌های کنترل علف‌هرز در الگوی کاشت بر وزن هزاردانه گلرنگ نشان داد که بین تیمارهای آزمایشی در سطح احتمال یک درصد اختلاف معنی‌داری وجود دارد، به‌طوری‌که بیشترین وزن هزاردانه مربوط به ترکیب تیماری کشت خالص گلرنگ با کنترل کامل علف‌هرز با ۵۵ گرم و کمترین وزن هزاردانه مربوط به ترکیب تیماری کشت مخلوط افزایشی ۵۰:۱۰۰ (گلرنگ – کلزا) با عدم کنترل علف‌هرز با ۳۰/۷ گرم می‌باشد (شکل ۱۰). به‌نظر می‌رسد که با افزایش تراکم بوته وزن هزاردانه کاهش می‌یابد. وزن هزاردانه یکی از مؤلفه‌های تعیین‌کننده عملکرد نهایی محسوب می‌شود و اندازه دانه در واقع قابلیت ذخیره‌سازی دانه را مشخص می‌کند (رضوانی مقدم و مرادی ۲۰۱۱). در تحقیقی روی ارزیابی کشت مخلوط کنجد و نخود، وزن هزاردانه نخود از کشت خالص به سمت کشت مخلوط این دو گیاه زراعی، دارای شیب افزایشی بود (پورامیر و همکاران ۲۰۱۰). ولی در کشت مخلوط نیز با افزایش تراکم و درنتیجه رقابت گیاهان مجاور به عوامل محیطی ازجمله نور، مواد غذایی و رطوبت دسترسی کمتری دارند که درنهایت می‌تواند مواد فتوسنتزی کمتری را به دانه منتقل نماید. این امر می‌تواند منجربه کاهش برخی از اجزای عملکرد ازجمله تعداد دانه یا وزن هزاردانه شود (حمزه‌ئی و همکاران ۲۰۱۲).

**معیارهای ارزیابی کشت مخلوط**

**نسبت برابری زمین**

معیاری که اغلب جهت داوری در مزیت کشت مخلوط مورداستفاده قرار می‌گیرد نسبت برابری زمین می‌باشد. این نسبت میزان سطح زمین لازم در تک‌کشتی را برای تولید مساوی با کشت مخلوط توصیف می‌کند (جدول ۳). نسبت برابری زمین را در تیمارهای مختلف کشت مخلوط نشان می‌دهد. کلیه تیمارهای کشت مخلوط، نسبت برابری




**شکل ۱۰- تأثیر برهمکنش اثر الگوهای مختلف کشت در کنترل علف‌های‌هرز بر وزن هزاردانه گلرنگ**

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

$a_1$: کشت خالص گلرنگ، $a_2$: کشت مخلوط جایگزینی۱:۱ گلرنگ و کلزا، $a_3$: کشت مخلوط جایگزینی ۲:۱ گلرنگ و کلزا، $a_4$: تراکم مطلوب گلرنگ + ۵۰ درصد تراکم مطلوب کلزا، $a_5$: تراکم مطلوب گلرنگ + ۷۵ درصد تراکم مطلوب کلزا.

زمین بالاتری نسبت به کشت خالص هر دو گیاه داشتند به‌جز تیمار کشت مخلوط افزایشی ۵۰:۱۰۰ (گلرنگ –کلزا) که کمتر از یک بود. بیشترین میزان نسبت برابری زمین به تیمار کشت مخلوط جایگزینی ۱:۱ (گلرنگ – کلزا) با کنترل کامل علف هرز 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. کمترین نسبت برابری زمین نیز در کشت مخلوط افزایشی ۵۰:۱۰۰ (گلرنگ – کلزا) با کنترل کامل علف هرز با مقدار ۰/۸۷ مشاهده شد که این امر از رقابت گلرنگ و کلزا در استفاده از نور و منابع موجود ناشی شد. کشت مخلوط زمانی سودمند است که عملکرد دانه مخلوط، بیشتر از حداکثر محصول تک‌کشتی باشد. اضافه عملکرد به‌دست‌آمده را می‌توان به استفاده بهتر از منابع موجود توسط دو گیاه و اختلاف مورفولوژیک بین آن‌ها و کمتر بودن علف هرز در الگوی کاشت مخلوط نسبت داد (حمایتی و همکاران ۲۰۰۲). در این تحقیق هر دو گونه به طور جزئی تحت‌تأثیر منفی کشت مخلوط قرار گرفتند، با وجود این دو محصول توانستند کاهش عملکرد یکدیگر را جبران کنند و بدین سبب نسبت برابری زمین به‌غیراز تیمار کشت مخلوط افزایشی ۵۰:۱۰۰ (گلرنگ – کلزا) در تمامی تیمارها بیشتر از یک بود که نشان‌دهندهٔ برتری کشت مخلوط نسبت به کشت خالص است. کاهش دفعات وجین علف‌های هرز در کشت مخلوط گندم و نخود (بانیک و همکاران ۲۰۰۶) گزارش شده است. کشت مخلوط ذرت با سبزیجات موجب تولید نسبت برابری زمین به میزان ۱/۷۷ می‌شود و به دلیل پوشش بهتر زمین علف‌های هرز بهتر کنترل می‌شود (ماکینده و همکاران ۲۰۰۹).

## مجموع ارزش نسبی

در دنیای امروز تعیین الگوی کشت گیاهان زراعی، بیشتر از عملکرد بر اساس عوامل اقتصادی انجام می‌پذیرد؛ بنابراین در صورت مواجه شدن تولیدکننده با مشکلات مالی کشت مخلوط باید با مطلوب‌ترین شرایط تک‌کشتی دو گیاه زراعی قابل رقابت باشد. 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 ۵۰:۱۰۰ (گلرنگ – کلزا) با کنترل کامل علف‌های هرز با مقدار ۱/۰۹ به‌دست آمد (جدول ۴).

**کارایی کنترل علف هرز**

باتوجه‌به جدول ۴ مشاهده می‌شود که تیمارهای کشت مخلوط جایگزینی (گلرنگ – کلزا) با نسبت‌های ۱:۱ و ۱:۲ و تیمارهای کشت مخلوط افزایشی (گلرنگ – کلزا) با نسبت‌های ۵۰:۱۰۰ و ۷۵:۱۰۰ دارای شاخص کارایی کنترل علف هرز به ترتیب ۶۳/۷، ۸۳/۴، ۷۳ و ۸۵/۴ بودند. به نظر 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 افزایش‌یافته و درنتیجه عملکرد کل سیستم نسبت به تیمار عدم کنترل علف هرز افزایش‌یافته 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 شاخ‌وبرگ کانوپی گلرنگ به سمت زمین، جلوگیری شد. اجرای کشت مخلوط جو و نخودفرنگی، گزارش شد که با افزایش تراکم گیاه همراه در مزرعه گیاه اصلی، تراکم و بیوماس علف‌های هرز به طور معنی‌داری کاهش می‌یابد. علت کاهش بیوماس و تراکم علف‌های هرز در کشت مخلوط، به افزایش توان رقابتی گیاهان زراعی با علف‌های هرز نسبت‌داده‌شده است (هاگارد و همکاران ۲۰۰۶). در بررسی کشت مخلوط نخود و غلات بهاره، گزارش شد که تراکم و بیوماس علف هرز با اجرای کشت مخلوط نسبت به تک‌کشتی به طور قابل‌توجهی کاهش یافت. آن‌ها علت این امر را اثر مکملی گیاهان زراعی در کشت مخلوط دانستند که باعث افزایش توان رقابتی گیاهان زراعی با علف‌های هرز می‌شود. همچنین، در مقایسه شاخص کارایی کنترل علف هرز مشخص گردید که تیمار کشت مخلوط افزایشی ۷۵:۱۰۰ (گلرنگ – کلزا) با ۸۵/۴ درصد، بیشترین کارایی را در کنترل علف هرز دارد (دیویکایت و همکاران ۲۰۰۹).

**جدول ۳- مقادیر LER، RVT و WCE**

| تیمارها | | معیار ارزیابی کشت مخلوط | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | الگوی کاشت | عملکرد نسبی گلرنگ | عملکرد نسبی کلزا | شاخص نسبت برابری زمین (LER) | مجموع ارزش نسبی (RVT) | کارایی کنترل علف هرز (WCE) |
| کنترل علف‌های هرز | $b_1$ | ۰/۹۵ | ۰/۷۶ | ۱/۷۱ | ۲/۳۳ | – |
| | $b_2$ | ۰/۸۱ | ۰/۴۵ | ۱/۲۶ | ۱/۶۳ | – |
| | $b_3$ | ۰/۵۹ | ۰/۲۸ | ۰/۸۷ | ۱/۰۹ | – |
| | $b_4$ | ۰/۶۹ | ۰/۳۷ | ۱/۰۶ | ۱/۳۶ | – |
| عدم کنترل علف‌های هرز | $b_1$ | ۰/۹۳ | ۰/۶۹ | ۱/۶۲ | ۲/۰۱ | ۶۲/۷ |
| | $b_2$ | ۰/۷۸ | ۰/۵ | ۱/۲۸ | ۱/۵۶ | ۸۳/۴ |
| | $b_3$ | ۰/۶۵ | ۰/۳۲ | ۰/۹۷ | ۱/۱۵ | ۷۳ |
| | $b_4$ | ۰/۷۴ | ۰/۴۲ | ۱/۱۶ | ۱/۴۱ | ۸۵/۴ |

$b_1$: 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.

**نتیجه‌گیری کلی**

با توجه به نتایج، از بین الگوهای مختلف کاشت گلرنگ–کلزا، بیشترین عملکرد دانه در کشت خالص و کنترل کامل علف هرز به‌دست آمد، به‌طوری‌که با سایر الگوهای مختلف کاشت، کشت مخلوط جایگزینی ۱:۱ (گلرنگ–کلزا) اختلاف معنی‌داری نشان نداد. عملکرد و اجزای عملکرد در گلرنگ تحت تأثیر کشت خالص گلرنگ و تیمار کنترل علف‌های‌هرز قرار گرفتند.

**سپاسگزاری**

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

**منابع مورد استفاده**

Agboola AA and Fayami AA. 1972. Fixation and exceretion of nitrogen by tropical legumes. Journal of Agronomy, 64: 409-412. https://doi.org/10.2134/agronj1972.00021962006400040001x

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 Agronomy, 25: 202-207. https://doi.org/10.1016/j.eja.2006.05.002

Alizadeh Y, Koucheki E and Nassiri Mahallati M. 2009. Effect yield, and potential yield components and weed control two plant in intercropping bean (*Phaseolus vulgaris*) seed basil (*Ocimum basilicum*). Iranian Journal of Field Crops Research, 7: 533-541. (In Persian) https://dorl.net/dor/20.1001.1.20081472.1388.7.2.21.1

Asadi GA, Khorramdel S and Hatefi Farajian MH. 2016. The Effects of Row Intercropping Ratios of Chickpea and Saffron on Their Quantitative Characteristics and Yield. Saffron Agronomy and Technology, 4(2): 93-103. (In Persian with English abstract) https://doi.org/10.22048/jsat.2016.17360

Asadi GA and Khorramdel S. 2013. Effects of different ratio of barley and hairy vetch intercropping on yield, plant nitrogen content, weed population and diversity. Crop Production, 7: 131-156. (In Persian with English abstract)

Bahrami SH, Zolfaghari M and Kiani B. 2017. Investigation of ion effect in intercropping of wheat cultivars and evaluation of land equity ratio (LER) and total relative yield index (RYT). Global Research in Agricultural Sciences Conference, Natural Resources and Environment, Gorgan, Iran. (In Persian with English abstract) https://doi.org/10.22069/jopp.2022.17701.2640

Banik B, Midya A, Sarkar BK and Ghose S.S. 2006. Wheat and chickpea intercropping systems in an additive series experiment advantages and weed smothering. European Journal Agronomy, 24: 325-332. http://dx.doi.org/10.1016/j.eja.2005.10.010

Bechem EE, Ojong AN and Etchu KA. 2018. The effects of intercropping and plant densities on growth and yield of maize (*Zea mays* L.) and soybean (*Glycine max*) in the humid forest zone of Mount Cameroon. African Journal of Agricultural Research, 13(12): 574-587. http://dx.doi.org/10.5897/AJAR2017.12895

Deveikyte I, Kadziuliene Z and Sarunait L. 2009. Weed suppression ability of spring cereal crops and peas in pure and mixed stands. Agronomy Research, 7: 239-244.

Early EB, Miller RJ, Reichert GL, Hageman RH and Seif RD. 1966. Effect of shade on maize production under field condition. Crop Science, 6: 1-6. https://doi.org/10.2135/cropsci1966.0011183X000600010001x

Gholinezhad E and Rezaei – Chiyaneh E. 2014. Evaluation of grain yield and quality of black cumin (Nigella sativa L.) in intercropping with chickpea (*Cicer arietinum* L.). Iranian Journal of Crop Sciences, 16(3): 236-249. (In Persian)

Guglielmini AC, Verdú AMC and Satorre EH. 2017. Competitive ability of five common weed species in competition with soybean. International Journal of Pest Management, 63(1): 30-36. https://doi.org/10.1080/09670874.2016.1213459

Hauggaard-Nielsen H, Andersen MARK, Bjornsgaard B and Jensen ES. 2006. Density and relative frequency effects on competitive interactions and resource use in pea-barley intercrops. Field Crops Research, 95: 256-267. https://doi.org/10.1016/j.fcr.2005.03.003

Hamzei J, Seyedi M, Ahmadvand G and Abutalebian MA. 2012. The Effect of Additive Intercropping on Weed Suppression, Yield and Yield Component of Chickpea and Barley. Journal of Crop Production and Processing, 2(3): 43-56. (In Persian with English abstract) http://dorl.net/dor/20.1001.1.22518517.1391.2.3.4.8

Hedayati A, Kazemeini SA and Pirasteh-Anosheh H. 2017. Evaluation of different planting ratio of sorghum-kochia intercropping in varied salinity conditions. Iranian Journal of Rangeland and Desert Research, 24: 685-698. (In Persian)

Hemayati S, Siadat A and Sadeghzadeh F. 2002. Evaluation of intercropping of two corn hybrids in different densities. Iranian Journal of Agriculture sciences, 25: 73-87. (In Persian) https://doi.org/10.22059/ijfcs.2015.56805

Ibrahim M, Ayub M, Maqbool MM, Nadeem SM, Haq T, Hussain S, Ali A and Lauriault LM. 2014. Forage yield components of irrigated maize-legume mixtures at varied seed ratios. Field Crops Research, 169: 140-144. http://dx.doi.org/10.1016/j.fcr.2014.08.013

Javanmard A, Rahimi M, Amani Machiani M, Janmohammadi M and Habibi Machiani R. 2022. Effects of nutrients foliar application on quantity and quality of peppermint (*Mentha piperita* L.) essential oil under different irrigation levels. Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants Research, 38(4): 651-668. https://dorl.net/dor/20.1001.1.17350905.1401.38.4.10.4

Javanshir A, Dabagh Mohammadi Nasab A, Hamidi A and Qolipour M. 2000. Ecology of mixed cropping (translation). Jihad University Press, Ferdowsi University of Mashhad. (In Persian)

Jun-bo D, Tian-fu H, Jun-yi G, Tai-wen Y, Xin S, Xiao-chun W, Feng Y, Jiang L, Kai S, Wei-guo L and Wen-yu Y. 2018. Maize-soybean strip intercropping: Achieved a balance between high productivity and sustainability. Integrative Agriculture, 17(3): 747-754. https://doi.org/10.1016/S2095-3119(17)61789-1

Kaur N, Bhullara MS and Gill G. 2016. Weed management in sugarcane-canola intercropping systems innorthern India. Field Crop Research, 188: 1–9. http://dx.doi.org/10.1016/j.fcr.2016.01.009

Khan MB and Khaliq A. 2004. Study of mungbean intercropping in cotton planted with different techniques. Journal of Research (Science), 15(1): 23-31.

Koocheki A, Nassiri Mahallati M, Deihimfard R, Mirzaei Talarposhti R and Kheirkhah M. 2014. Evaluating the competitiveness and productivity in a maize-bean intercropping system using some indices. Iranian Journal of Field Crops Research, 12(4): 535-542. (In Persian with English abstract)

Korres NE. 2018. Agronomic Weed Control: A Trustworthy Approach for Sustainable Weed Management. In Non-Chemical Weed Control (pp. 97-114). http://dx.doi.org/10.1016/B978-0-12-809881-3.00006-1

Lowry CJ and Smith RG. 2018. Weed control through crop plant manipulations. In: Jabran, K. and Chauhan, B.S. Non-Chemical Weed Control pp. 73-96.

Makinde EA, Ayoola OT and Makinde EA. 2009. Intercropping leafy greens and maize onweed infestation, crop development, and yield. International Journal Vegetable Science, 15: 402-411. https://doi.org/10.1080/19315260903047371

Mao L, Zhang, L, Li W, Werf WVD, Sun J, Spiertz H and Li L. 2012. Yield advantage and water saving in maize/pea intercrop. Field Crops Research, 138: 11-20. https://doi.org/10.1016/j.fcr.2012.09.019

Mirshekari B. 2010. Yield and harvest index of sunflower (*Helianthus annus*) grown by a monocultur system in competition with redroot pigweed (*Amaranthus retroflexus*). Agro ecology Journal, 6(8): 73-88. (In Persian with English abstract).

Pouramir F, Koocheki A, Nasiri Mahallati M and Ghorbani R. 2010. Evaluating yield and yield components of sesame and pea intercropping replacement series. Iranian Journal of Agricultural Research, 8(5): 747-

757. (In Persian with English abstract).

Rezaei-Chiyaneh E, 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(4): 1-15.

Rezvani Moghadam P and Moradi RA. 2011. Effects planting date, biological fertilizer and intercropping on yield and essential oil content of cumin and fenugreek. Iranian Journal of Field Crop Science, 43: 217-230. (In Persian with English abstract).

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(4): 222-197. (In Persian with English abstract)

Seyedi M, Hamzei J, Ahmadvand G and Abutalebian MA. 2012. The Evaluation of Weed Suppression and Crop Production in Barley-Chickpea Intercrops. Journal of Agricultural Science and Sustainable Production, 22: 101-114.

Strichland MS, Leggett ZH and Bradford MA. 2015. Biofuel intercropping effects on soil carbon and microbial activity. Ecological Applications, 25: 140-150. https://doi.org/10.1890/14-0285.1

Tuna C and Orak A. 2007. The role of intercropping on yield potential of common vetch (*Viciasativa* L.) /Oat (*Avena sativa* L.) cultivated in pure stand and mixtures. Journal of Agricultural and Bio logical Science, 2: 14-19.

Wang Z, Bao X, Li X, Jin X, Zhao J, Sun J, Christie P and Li L. 2015. Intercropping maintains soil fertility in terms of chemical properties and enzyme activities on a timescale of one decade. Plant and Soil, 391(2): 265–282. https://doi.org/10.1007/s11104-015-2428-2

Yau SK, Bounejmate M, Rayan J, Baalbaki R, Nassar A and Muacaroum R. 2003. Barley-legumes rotation for semi- arid areas of Lebanon. European Journal of Agronomy, 19(1): 599-610. http://dx.doi.org/10.1016/S1161-0301(03)00006-6

Yilmaz S, Ozel 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: 135-143. https://doi.org/10.3906/tar-1406-155