Vol 28, No. 1, Spring 2026

University of Tehran Press

Journal of Crops Improvement

Online ISSN: 2345-6957

Homepage: https://jci.ut.ac.ir/

Coriander and Fenugreek Intercropping and Weed Management: a Strategy for Enhancing Quantitative and Qualitative Yield of Coriander

Yousef Nasiri✉

Corresponding Author, Department of Plant Production and Genetics, Faculty of Agriculture, University of Maragheh, Iran. E-mail: ysf_nasiri@maragheh.ac.ir

Article Info

Article type:
Research Article

Article history:
Received 21 October 2025
Received in revised form
11 January 2026
Accepted 21 March 2026
Published online 13 April 2026

Keywords:
Essential oil
Intercropping
Land Equivalent Ratio
Weed management
Yield

ABSTRACT

Objective: Coriander (*Coriandrum sativum* L.), an annual medicinal plant of the Apiaceae family, produces essential oil that is widely used in cosmetic, hygiene, food, and pharmaceutical industries. This study evaluated the effects of weed control and intercropping coriander with fenugreek on coriander grain yield and essential oil production.

Method: A split-plot experiment was conducted in a randomized complete block design (RCBD) with three replicates at the Meshkin-Shahr Agricultural and Natural Resources Research Station in 2018. Weed control constituted the main plot factor (weeded vs. unweeded). Cropping system was the sub-plot factor and included sole coriander and sole fenugreek, as well as five coriander–fenugreek intercropping treatments differing in fenugreek seed spacing (7.5, 10, 12.5, 15, and 17.5 cm).

Results: Weed control significantly increased most measured coriander traits, with the exception of harvest index. Cropping system significantly affected all coriander traits except plant height, number of secondary branches, and essential oil yield. The interaction between weed control and intercropping was significant for plant height, number of umbels per plant, and grain yield. The highest essential oil percentage was recorded at 17.5 and 15 cm fenugreek spacings. The number of grains per umbel increased across all intercropping treatments, whereas the highest biological yield occurred under sole coriander. The maximum 1000-grains weight was obtained at the 7.5 cm spacing, and the highest grain harvest index was found in intercropping treatments at 17.5, 15, and 12.5 cm. Under weed-controlled conditions, the greatest number of umbels per plant (11.1) was achieved at 10 cm. However, the highest grain yield (660.7 kg·ha^{-1}) was produced by the weeded sole coriander crop. Land equivalent ratio (LER) exceeded unity for all intercropping treatments, indicating the overall superiority of intercropping compared with sole cropping. The highest LER values were observed in the 7.5 and 10 cm intercropping treatments under both weeded and unweeded conditions.

Conclusions: Intercropping coriander with fenugreek—particularly at denser fenugreek spacings (7.5 and 10 cm)—is an effective and sustainable strategy to improve yield components and, in selected treatments, enhance essential oil quality, while mitigating weed-associated losses. Combined weed control and intercropping therefore offers a practical approach to increase coriander productivity and quality.

Cite this article: Nasiri, Y. (2026). Coriander and Fenugreek Intercropping and Weed Management: a Strategy for Enhancing Quantitative and Qualitative Yield of Coriander. *Journal of Crops Improvement*, 28 (1), 95-114.
DOI: https://doi.org/10.22059/jci.2026.404748.2957

© The Author(s).
Publisher: University of Tehran Press.
DOI: https://doi.org/10.22059/jci.2026.404748.2957

دوره بیست و هشتم، شماره اول، بهار ۱۴۰۵

انتشارات دانشگاه تهران

به زراعی کشاورزی

شاپا الکترونیکی: ۶۹۵۷-۲۳۴۵

Homepage: https://jci.ut.ac.ir/

کشت مخلوط گشنیز با شنبلیله و مدیریت علف‌های‌هرز، راهبردی برای ارتقای عملکرد کمی و کیفی گشنیز

یوسف نصیری✉

نویسنده مسئول، گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه مراغه، مراغه، ایران و گروه علم اطلاعات و دانش‌شناسی، دانشکده مدیریت، دانشگاه تهران، تهران، ایران. رایانامه: ysf_nasiri@maragheh.ac.ir

اطلاعات مقاله

نوع مقاله: مقالهٔ پژوهشی

تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۷/۲۹
تاریخ بازنگری: ۱۴۰۴/۱۰/۲۱
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۵/۰۱/۰۶
تاریخ انتشار: ۱۴۰۵/۰۱/۲۴

کلیدواژه‌ها:
اسانس
عملکرد
کشت مخلوط
مدیریت علف هرز
نسبت برابری زمین

چکیده

هدف: گشنیز (*Coriandrum sativum* L.) گیاهی یک‌ساله و دارویی از تیره چتریان می‌باشد. دانه این گیاه حاوی اسانس است و در صنایع آرایشی، بهداشتی، غذایی و دارویی کاربرد دارد. هدف این پژوهش بررسی اثرکنترل علف‌های هرز و کشت مخلوط گشنیز با شنبلیله بر عملکرد و تولید اسانس گشنیز بود.

روش پژوهش: این آزمایش به‌صورت کرت‌های خردشده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در ایستگاه تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی مشگین شهر در سال ۱۳۹۷ انجام شد. کرت‌های اصلی شامل کنترل علف‌های هرز (وجین و عدم وجین) و کرت‌های فرعی سیستم کشت شامل کشت خالص گشنیز و شنبلیله و پنج تیمار کشت مخلوط با فواصل مختلف بذر شنبلیله (۷/۵، ۱۰، ۱۲/۵، ۱۵ و ۱۷/۵ سانتی‌متر) بودند.

یافته‌ها: کنترل علف‌های هرز به‌طور معنی‌داری اکثر ویژگی‌های گشنیز را بهبود بخشید. سامانه کشت به‌طور معنی‌داری بر تمام ویژگی‌ها به‌جز ارتفاع بوته، تعداد ساقه‌های فرعی و عملکرد اسانس تأثیر گذاشت. برهم‌کنش کنترل علف‌های هرز و کشت مخلوط برای ارتفاع بوته، تعداد چتر در بوته و عملکرد دانه معنی‌دار بود. بیش‌ترین درصد اسانس در تیمارهای کشت مخلوط ۱۷/۵ و ۱۵ سانتی‌متر مشاهده شد. تعداد دانه در هر چتر در تمام سیستم‌های کشت مخلوط افزایش یافت و بیش‌ترین عملکرد بیولوژیک به کشت خالص گشنیز تعلق داشت. بیش‌ترین وزن هزاردانه در تیمار کشت مخلوط ۷/۵ سانتی‌متر و بالاترین شاخص برداشت دانه در تیمارهای کشت مخلوط ۱۷/۵، ۱۵ و ۱۲/۵ سانتی‌متر مشاهده شد. بیش‌ترین تعداد چتر (۱۱/۱ چتر دربوته) در مخلوط ۱۰ سانتی‌متر در شرایط کنترل علف‌های هرز به‌دست آمد. بالاترین عملکرد دانه (۶۶۰/۷ کیلوگرم در هکتار) از کشت خالص گشنیز وجین شده به‌دست آمد. نسبت برابری زمین (LER) برای همه تیمارهای کشت مخلوط بیش‌تر از یک بود که برتری کشت مخلوط نسبت به کشت خالص را تأیید می‌کند. بالاترین مقادیر LER در تیمارهای کشت مخلوط ۷/۵ سانتی‌متر و ۱۰ سانتی‌متر در هردو شرایط وجین و بدون وجین مشاهده شد.

نتیجه‌گیری: کشت مخلوط گشنیز با شنبلیله، به‌ویژه در فواصل متراکم‌تر شنبلیله، در مقایسه با کشت خالص آن یک استراتژی مؤثر است. این سیستم از طریق سرکوب مؤثر علف‌های هرز و استفاده کارآمدتر از منابع منجر به بهبود عملکرد کیفی گشنیز در برخی از تیمارهای کشت مخلوط و بهبود اجزای عملکرد شد. به‌طورکلی، ترکیب کشت مخلوط با کنترل علف‌های هرز یک روش پایدار برای کاهش خسارت علف‌های هرز و افزایش بهره‌وری و کیفیت در کشت گشنیز است.

استناد: نصیری، یوسف (۱۴۰۵). کشت مخلوط گشنیز با شنبلیله و مدیریت علف‌های‌هرز، راهبردی برای ارتقای عملکرد کمی و کیفی گشنیز. *به‌زراعی کشاورزی*، ۲۸ (۱)، ۹۵-۱۱۴. DOI: https://doi.org/10.22059/jci.2026.404748.2957

ناشر: مؤسسه انتشارات دانشگاه تهران.

© نویسندگان.

CC BY NC

۱. مقدمه

گشنیز[۱] گیاهی علفی و یک‌ساله از تیره چتریان[۲] است که خاستگاه آن به مناطق مدیترانه‌ای و جنوب‌غرب آسیا باز می‌گردد. اسانس این گیاه به‌طور گسترده در صنایع داروسازی، غذایی و آرایشی- بهداشتی کاربرد دارد و از جایگاه اقتصادی مهمی در تجارت جهانی برخوردار است (محب‌الدینی و فتحی، ۱۴۰۲). در طب سنتی نیز از گشنیز برای درمان سوءهاضمه، کاهش دردهای عضلانی، افزایش اشتها و ایجاد آرامش استفاده می‌شود (بستامی[۳] و مجیدیان[۴]، ۲۰۱۶).

اگرچه سیستم‌های کشاورزی متداول و تک‌کشتی توانسته‌اند با افزایش تولید در واحد سطح، بخشی از نیازهای غذایی جمعیت رو به رشد را تأمین کنند، اما این نظام‌ها با مصرف بالای انرژی و هزینه‌های اقتصادی همراه بوده و پایداری سیستم‌های زراعی را با چالش مواجه ساخته‌اند (یلماز[۵] و همکاران، ۲۰۱۵). در شرایط افزایش تقاضای مواد غذایی و کاهش منابع تولید، به‌نظر می‌رسد افزایش کارایی تولید در واحد سطح تنها راه‌کار ممکن باشد (هیرپا[۶]، ۲۰۱۵). در این راستا، به‌کارگیری نظام‌های زراعی پایدار به‌عنوان راه‌کاری مؤثر برای بهبود تولید محصولات زراعی و تحقق امنیت غذایی در سطح جهانی مطرح شده است. کشت مخلوط یکی از این راه‌کارهاست که در بسیاری از مناطق جهان برای تولید غذا و علوفه مورداستفاده قرار گرفته و در مقایسه با کشت خالص از کارایی بالاتری برخوردار بوده است (ویی[۷] و همکاران، ۲۰۲۲). از مزایای کشت مخلوط می‌توان به ایجاد تعادل اکولوژیک، استفاده بهینه از منابع، افزایش کمی و کیفی عملکرد و کاهش خسارت آفات، بیماری‌ها و علف‌های هرز اشاره کرد (فرناندز آپاریسیو[۸] و همکاران، ۲۰۰۷). کشت مخلوط گیاهان لگوم با گونه‌های دیگر علاوه بر استفاده کارآمد از زمین، موجب بهبود حاصلخیزی خاک می‌شود. در این سیستم، نیتروژن تثبیت‌شده توسط لگوم‌ها از طریق همزیستی با باکتری‌های ریزوبیومی، بخشی از نیاز گیاه همراه را تأمین کرده و به پایداری عملکرد در کشاورزی کم‌نهاده کمک می‌کند (بانیک[۹] و همکاران، ۲۰۰۶). شنبلیله[۱۰] گیاهی دو منظوره (دارویی و علوفه‌ای) متعلق به تیره لگومینوزه است که به‌دلیل ایجاد پوشش مناسب روی سطح خاک، گزینه مناسبی برای کشت مخلوط با سایر گیاهان زراعی و دارویی محسوب می‌شود (قراخانی بنی، ۱۴۰۰). هم‌چنین گزارش شده است که ریشه این گیاه با تولید مواد دگرآسیب می‌تواند از جوانه‌زنی بذر علف‌های هرز جلوگیری کند (صالحی[۱۱] و همکاران، ۲۰۱۸).

علف‌های هرز به‌عنوان گیاهان ناخواسته، در نتیجه مدیریت نادرست مزرعه ظاهر شده و با افزایش هزینه‌های تولید و کاهش عملکرد محصولات زراعی همراه هستند. رشد سریع و رفتار رقابتی شدید علف‌های هرز موجب جذب منابع غذایی موردنیاز گیاهان اصلی می‌شود. کنترل علف‌های هرز به‌عنوان یکی از مزایای کشت مخلوط محسوب می‌شود، چرا که در این سیستم، یکی از گیاهان با رقابت مؤثر با علف‌های هرز، شرایط مطلوب‌تری را برای گیاه دیگر فراهم می‌کند (ویسانی[۱۲] و همکاران، ۲۰۱۶). استفاده از گیاهان پوششی به‌عنوان مالچ زنده در کشت مخلوط، روشی همسو با طبیعت برای کنترل

1. *Coriandrum sativum* L.
2. Apiaceae
3. Bastami
4. Majidian
5. Yilmaz
6. Hirpa
7. Weih
8. Fernandez-Aparicio
9. Banik
10. *Trigonella foenum-gereasum* L.
11. Salehi
12. Weisany

علف‌های هرز است. سازوکارهای مهار علف‌های هرز در این سیستم شامل کاهش نفوذ نور، رقابت برای آب و مواد غذایی و در نتیجه کاهش جوانه‌زنی و رشد علف‌های هرز می‌باشد (استین‌ماوس[۱] و همکاران، ۲۰۰۸؛ ردی[۲] و کوگر[۳] ، ۲۰۰۴).

کشت مخلوط با افزایش پوشش سطح خاک و تنوع گونه‌ای، از جمله راه‌کارهای اکولوژیک مؤثر در کنترل علف‌های هرز محسوب می‌شود. این نظام علاوه بر افزایش تنوع زیستی، موجب بهبود کارایی استفاده از منابع آب، خاک، نور و نیروی کار، کاهش خسارت آفات و بیماری‌ها و افزایش ثبات اقتصادی می‌گردد (روهلمان[۴] و اسمشیدک[۵]، ۲۰۱۵؛ ژوانگ[۶] و همکاران، ۲۰۱۹). با توجه به جهت‌گیری جهانی به سمت کشاورزی پایدار و تولید محصولات سالم، استفاده از نظام‌های کشت مخلوط و کاهش مصرف نهاده‌های شیمیایی از جمله راه‌کارهای کلیدی برای دست‌یابی به تولید پایدار گیاهان دارویی با کیفیت مطلوب می‌باشد. هدف از این پژوهش بررسی اثر کنترل علف‌های هرز و کشت مخلوط گشنیز با شنبلیله بر عملکرد و تولید اسانس گشنیز بود.

۲. پیشینهٔ تحقیق

براساس مطالعه حسن‌زاده اول[۷] (۲۰۰۷)، در کشت مخلوط مرزه و شبدر ایرانی، بیش‌ترین عملکرد اسانس در واحد سطح در شرایط کشت خالص مرزه حاصل شد و با افزایش سهم مرزه در کشت مخلوط، عملکرد اسانس در واحد سطح افزایش یافت. سدری و همکاران (۱۳۹۳) نیز گزارش نمودند که بیش‌ترین افزایش عملکرد اسانس رازیانه در تیمار کشت مخلوط افزایشی ۱۰۰ درصد رازیانه و ۳۳ درصد شنبلیله در مقایسه با کشت خالص به‌دست آمد. متقیان[۸] و همکاران (۲۰۱۴) در بررسی کشت مخلوط ریحان و کنجد دریافتند که وزن هزاردانه ریحان در شرایط کشت مخلوط بیش‌تر از کشت خالص بود. هم‌چنین در مطالعه‌ای دیگر، عملکرد نعناع فلفلی در کشت مخلوط با سویا حدود ۵۰ درصد افزایش یافت و درصد منتول آن نیز در مقایسه با کشت خالص بالاتر بود (مافیی[۹] و مو کسیارلی[۱۰] ، ۲۰۰۳). خرم‌دل[۱۱] و همکاران (۲۰۱۶) با بررسی اثر سطوح مختلف کشت مخلوط جایگزینی و افزایشی بر عملکرد و اجزای عملکرد لوبیا و زنیان نتیجه گرفتند که استفاده از کشت مخلوط به‌دلیل کاهش رقابت بین‌گونه‌ای در مقایسه با رقابت درون‌گونه‌ای و بهره‌گیری بهینه از عوامل محیطی، منجر به بهبود عملکرد و اجزای عملکرد هر دو گونه شد. علاوه بر این، کشت مخلوط با ایجاد تنوع زیستی در اگرواکوسیستم‌ها و افزایش پایداری تولید، می‌تواند از طریق کاهش مصرف نهاده‌های شیمیایی و تثبیت نیتروژن، در راستای تولید اکولوژیک گیاهان دارویی مؤثر واقع شود. رضوانی‌مقدم و مرادی (۱۳۹۱) نیز اعلام نمودند که کشت مخلوط با شنبلیله از طریق فراهمی نیتروژن، موجب بهبود عملکرد و اجزای عملکرد زیره سبز گردید. از سوی دیگر، بختیاری مقدم[۱۲] و همکاران (۲۰۱۲) رقابت علف‌های هرز با نخود را عامل کاهش معنی‌دار تعداد دانه در بوته، وزن هزاردانه و عملکرد دانه نخود گزارش نمودند. غلامحسینی و همکاران (۱۳۹۴) نیز کاهش معنی‌دار وزن هزاردانه ذرت در اثر تداخل

1. Steinmaus
2. Reddy
3. Koger
4. Rühlemann
5. Schmidtke
6. Zhuang
7. Hasanzadeh Aval
8. Motaghian
9. Maeffei
10. Mucciarelli
11. Khorramdel
12. Bakhtiari Moghaddam

علف‌هرز را به کاهش توان فتوسنتزی و انتقال مواد فتوسنتزی به دانه‌ها در دوره پرشدن دانه مرتبط دانستند. در مطالعه‌ای مشابه، نصیری (۱۳۹۹) گزارش نمود که بیش‌ترین عملکرد بیولوژیک و عملکرد دانه گشنیز در کشت خالص با کنترل علف هرز و بیش‌ترین عملکرد اسانس در هر دو شرایط کشت خالص و کشت مخلوط گشنیز با ماشک گل‌خوشه‌ای در فاصله کشت ۱۵ سانتی‌متر و تحت کنترل علف‌های هرز حاصل شد.

۳. روش‌شناسی پژوهش

این پژوهش در سال زراعی ۱۳۹۷ در مزرعه پژوهشی ایستگاه تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی مشگین‌شهر (با مختصات جغرافیایی ۳۸ درجه و ۲۸ دقیقه و ۴۸ ثانیه عرض شمالی، ۴۷ درجه و ۴۲ دقیقه و ۲۶ ثانیه طول شرقی) با ارتفاع ۱۱۵۰ متر از سطح آب‌های آزاد و میانگین بارش سالانه حدود ۳۰۰ میلی‌متر، به اجرا درآمد. پیش از اجرای آزمایش، نمونه‌های مرکب خاک از عمق صفر تا ۳۰ سانتی‌متری جهت تعیین ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی تهیه گردید. داده‌های مربوط به میانگین بارش و دما در طول دوره آزمایش در جدول (۱) و ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه در جدول (۲) ارائه شده است.

جدول ۱. مشخصه‌های اقلیمی محل اجرای آزمایش در طول دوره رشد گیاه (سال ۱۳۹۷)

ماه	میانگین بارش ماهیانه (میلی‌متر)	میانگین دمای ماهیانه (درجه سانتی‌گراد)	میانگین دمای بیشینه ماهیانه (درجه سانتی‌گراد)	میانگین دمای کمینه ماهیانه (درجه سانتی‌گراد)	مجموع ماهیانه ساعات آفتابی	میانگین درصد رطوبت نسبی
فروردین	۶۹/۹	۹/۶	۱۴/۲	۵	۱۸۹/۵	۵۰
اردیبهشت	۸۸/۱	۱۴/۴	۱۹/۳	۹/۵	۲۲۴/۹	۵۹
خرداد	۹۶/۸	۱۸/۹	۲۴/۳	۱۳/۵	۳۰۴/۷	۵۰
تیر	۵۷/۸	۱۹/۲	۲۳/۳	۱۵	۱۷۶	۶۶
مرداد	۱۲/۵	۲۲/۴	۲۷/۹	۱۶/۹	۳۱۹/۶	۴۸
شهریور	۴۳/۸	۱۷/۸	۲۲/۳	۱۳/۵	۲۰۱/۳	۶۸

جدول ۲. برخی ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی خاک مورداستفاده در آزمایش

عمق خاک (سانتی‌متر)	EC (دسی‌زیمنس بر متر)	pH	کربن آلی (درصد)	نیتروژن کل (درصد)	فسفر (میلی گرم بر کیلوگرم)	پتاسیم (میلی گرم بر کیلوگرم)	بافت خاک
۳۰-۱۰	۱/۳	۷/۴	۰/۷	۰/۰۶	۳/۱۵	۲۶۰	لومی- شنی

آزمایش به‌صورت طرح اسپلیت‌پلات در قالب بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا گردید. عامل اصلی در دو سطح (کنترل علف‌های هرز به‌صورت وجین دستی و عدم کنترل) و عامل فرعی در هفت سطح شامل کشت خالص گشنیز، کشت خالص شنبلیله و کشت مخلوط گشنیز و شنبلیله به نسبت ۱:۱ با پنج فاصله کاشت مختلف روی ردیف شنبلیله (۷/۵، ۱۰، ۱۲/۵، ۱۵ و ۱۷/۵ سانتی‌متر) به‌ترتیب با تراکم‌های ۳۳/۳، ۲۲/۲، ۱۶/۶، ۱۳/۳ و ۱۱/۱ بوته در مترمربع در نظر گرفته شدند.

در فروردین‌ماه ۱۳۹۷، پس از آماده‌سازی زمین، کرت‌هایی به ابعاد ۳×۲ مترمربع ایجاد گردید. فاصله بین بلوک‌ها ۱/۵ متر، بین کرت‌های اصلی یک متر و بین کرت‌های فرعی ۰/۵ متر در نظر گرفته شد. عملیات کاشت در ۱۵ اردیبهشت‌ماه در ردیف‌هایی با فاصله ۳۰ سانتی‌متر انجام شد. تعداد پنج ردیف کاشت برای کرت‌های مربوط به کشت خالص و شش ردیف نیز برای کرت‌های کشت مخلوط در نظر گرفته شد. فاصله روی ردیف برای کشت خالص شنبلیله و گشنیز به‌ترتیب ۱۰ و ۲۰ سانتی‌متر و برای شنبلیله در کشت مخلوط مطابق با تیمارهای ذکرشده اعمال گردید.

براساس نتایج تجزیه خاک، مقدار ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار فسفر خالص از منبع سوپرفسفات‌تریپل به کرت‌ها اعمال شد. در تیمار کشت خالص شنبلیله، ۵۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن خالص از منبع کود اوره به‌عنوان آغازگر و در کشت خالص گشنیز، ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن خالص (از منبع اوره) مصرف شد. در کرت‌های کشت مخلوط شنبلیله و گشنیز نیز ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن خالص مورداستفاده قرار گرفت. بذرهای گشنیز و شنبلیله از شرکت پاکان بذر اصفهان تهیه شد و بذرهای شنبلیله پیش از کاشت با باکتری‌های سینوریزوبیوم[1] به‌صورت بذر مال تلقیح گردیدند. آبیاری به‌روش قطره‌ای (نوار تیپ) انجام شد که تا استقرار کامل بوته‌ها هر دو روز یک‌بار و پس از آن به‌صورت هفتگی انجام گرفت. کنترل علف‌های هرز تنها در کرت‌های مربوط به تیمار کنترل، پس از استقرار کامل بوته‌ها به‌صورت هفتگی انجام شد. ویژگی‌های موردارزیابی شامل ارتفاع بوته، تعداد ساقه‌های فرعی، تعداد چتر در بوته، تعداد دانه در چتر، عملکرد بیولوژیک و دانه، شاخص برداشت دانه، درصد اسانس و عملکرد اسانس گشنیز و هم‌چنین شاخص نسبت برابری زمین[2] بودند. جهت اندازه‌گیری عملکرد بیولوژیک و عملکرد دانه، سطحی معادل یک مترمربع از هر کرت با حذف اثرات حاشیه‌ای (دو ردیف کناری و دو بوته از ابتدا و انتهای ردیف‌ها) در نظر گرفته شد. با توجه به عدم یکنواختی در رسیدگی دانه‌های گشنیز، چترهای رسیده (چترهای قهوه‌ای رنگ شده و درصد رطوبت دانه کم‌تر از ۳۰ درصد) در چندین نوبت برداشت و پس از خشک‌شدن (رسیدن رطوبت دانه‌ها به کم‌تر از ۱۲ درصد)، دانه‌ها جدا گردیدند (امیدبیگی، ۱۳۹۰). مجموع وزن دانه‌های جدا شده به‌عنوان عملکرد دانه ثبت شد. بقایای بوته‌ها (بدون چتر) نیز برداشت شده و پس از خشک‌شدن و توزین، همراه با وزن چترهای برداشت‌شده، عملکرد بیولوژیک محاسبه گردید. استخراج اسانس از دانه‌های گشنیز با روش تقطیر با آب و به‌کمک دستگاه کلونجر (مدل British Pharmacopa) انجام شد (پناهیان کیوی و همکاران، ۱۴۰۳). بدین منظور ۴۰ گرم از دانه‌های خردشده هر نمونه به‌مدت ۲/۵ ساعت در دستگاه قرار داده شد. شاخص برداشت دانه، درصد اسانس و عملکرد اسانس براساس روابط زیر محاسبه شدند:

رابطه ۱) شاخص برداشت دانه = (عملکرد بیولوژیک/ عملکرد دانه) × ۱۰۰

رابطه ۲) درصد اسانس = (وزن اسانس استخراج‌شده/۴۰) × ۱۰۰

رابطه ۳) عملکرد اسانس = درصد اسانس × عملکرد دانه

سودمندی کشت مخلوط با استفاده از شاخص نسبت برابری زمین (LER) بر مبنای عملکرد بیولوژیک هر دو گیاه و براساس روابط زیر محاسبه گردید (مائو[3] و همکاران ۲۰۱۲):

رابطه ۴) $LER\ (T) = LER\ (a) + LER\ (b)$

رابطه ۵) $LER\ (a) = Yab / Yaa$

رابطه ۶) $LER\ (b) = Yba + Ybb$

در این روابط، LER (T): نسبت برابری کل زمین، LER (a): نسبت برابری زمین گشنیز، LER (b): نسبت برابری زمین شنبلیله، Yab: عملکرد گشنیز در کشت مخلوط، Yaa: عملکرد گشنیز در کشت خالص، Yba: عملکرد شنبلیله در کشت مخلوط، Ybb: عملکرد شنبلیله در کشت خالص می‌باشند. مقادیر LER بزرگ‌تر از یک نشان‌دهنده برتری کشت مخلوط نسبت به کشت خالص از نظر استفاده از زمین می‌باشد.

پیش از انجام تجزیه و تحلیل‌های آماری، مفروضات مدل‌های آماری شامل یکنواختی واریانس‌ها (براساس آزمون همگنی واریانس) و نرمال بودن باقی‌مانده‌ها (خطاهای آزمایشی) موردارزیابی قرار گرفت. پس از اطمینان از برقراری این

1. *Sinorhizobium* sp.
2. Land Equivalent Ratio
3. Mao

مفروضات، تجزیه داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار آماری MSTAT-C انجام شد. مقایسه میانگین‌های ویژگی‌های موردمطالعه نیز با به‌کارگیری آزمون حداقل تفاوت معنی‌دار[1] در سطح احتمال ۵ درصد و رسم نمودارها با نرم افزار اکسل[2] انجام پذیرفت.

۴. یافته‌های پژوهش

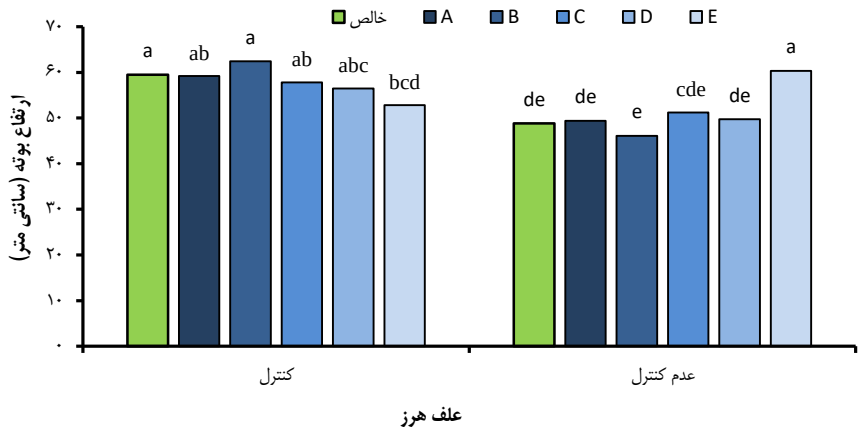
۴. ۱. ارتفاع بوته

براساس نتایج تجزیه واریانس، اثر علف هرز و برهم‌کنش علف هرز در کشت مخلوط به‌ترتیب در سطوح احتمال ۵ و ۱ درصد بر ارتفاع بوته گشنیز معنی‌دار بودند (جدول ۳). مقایسه میانگین‌ها نشان داد که بیش‌ترین ارتفاع بوته در تیمار کشت مخلوط با فاصله کاشت ۱۰ سانتی‌متر شنبلیله تحت شرایط کنترل علف هرز و در تیمار کشت مخلوط با فاصله کاشت ۱۷/۵ سانتی‌متر شنبلیله در شرایط عدم کنترل علف هرز حاصل شد (شکل ۱).

جدول ۳. تجزیه واریانس (میانگین مربعات) اثر مدیریت علف‌های هرز در کشت مخلوط شنبلیله با گشنیز بر صفات موردارزیابی گشنیز

منابع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات									
		ارتفاع بوته	تعداد ساقه فرعی	تعداد چتر دربوته	تعداد دانه در چتر	عملکرد دانه	عملکرد بیولوژیک	وزن هزاردانه	شاخص برداشت دانه	درصد اسانس	عملکرد اسانس
بلوک	۲	۵۷/۳ ns	۱/۵۴ns	۱/۹۹ ns	۹۵/۴ns	۵۴۴۹/۵ ns	۲۷۳۱۵۳/۱*	۰/۴۲ns	۳۹/۴۵ns	۰/۰۰۲ns	۰/۰۲۵ns
علف هرز (W)	۱	۴۵۵/۴*	۳/۰۸*	۲۹/۴۵ *	۱۷۱/۰ *	۴۳۶۵۳/۱*	۱۷۳۰۳۲۱/۰**	۰/۸۷*	۵/۱۹ns	۰/۰۰۴ *	۱/۰۷*
خطای اصلی	۲	۲۲/۷۶	۰/۰۶۸	۰/۷۴	۶/۰۰	۵۶۷/۵	۹۴۴۷/۱	۰/۰۴	۸/۷۰۴	۰/۰۰۰۰۵	۰/۰۲۵
کشت مخلوط (I)	۵	۷/۷۵ns	۰/۵۱ns	۱/۸۵**	۵۸/۴ **	۱۵۰۳۶/۴**	۲۳۱۲۱۶۱/۰**	۰/۱۳*	۵۹/۳۵۵**	۰/۰۰۲ *	۰/۰۳۶ns
I × W	۵	۹۵/۶ **	۰/۱۲۹ns	۱/۲۱*	۱۵/۵ns	۲۰۲۶/۰*	۱۰۳۷۳۹/۳ns	۰/۰۱ns	۴/۲۷۱ns	۰/۰۰۱ ns	۰/۰۴۳ns
خطای فرعی	۲۰	۸/۱۸	۰/۴۱۹	۰/۳۱	۷/۵۹	۷۴۱/۲	۶۸۹۶۸/۱	۰/۰۴۳	۶/۴۲۶	۰/۰۰۰۲	۰/۰۲۱
ضریب تغییرات (درصد)		۵/۲۵	۷/۰	۶/۶۲	۷/۰۹	۵/۲۹	۱۰/۴۸	۲/۵۷	۱۱/۸۵	۷/۰۳۳	۸/۴۱

*، ** و ns: به‌ترتیب نشان‌دهنده معنی‌داری در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد و عدم معنی‌داری.



شکل ۱. مقایسه میانگین‌های ارتفاع بوته گشنیز در برهم‌کنش کشت خالص و مخلوط با شنبلیله و مدیریت علف‌های‌هرز
A، B، C، D و E: فاصله بین بوته‌های شنبلیله در کشت مخلوط به‌ترتیب شامل ۷/۵، ۱۰، ۱۲/۵، ۱۵ و ۱۷/۵ سانتی‌متر
حروف غیرمشابه نشان‌دهنده تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد بر طبق آزمون LSD می‌باشد.

1. Least Significant Difference
2. Exell

۴. ۲. تعداد ساقه‌های فرعی در بوته

براساس نتایج، اثر مدیریت علف‌های‌هرز بر تعداد ساقه‌های فرعی گشنیز در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار شد (جدول ۳). نتایج مقایسه میانگین‌ها نشان داد که کنترل علف‌های هرز موجب افزایش ۶/۵۹ درصدی تعداد ساقه‌های فرعی در مقایسه با عدم کنترل علف‌های هرز گردید (جدول ۴).

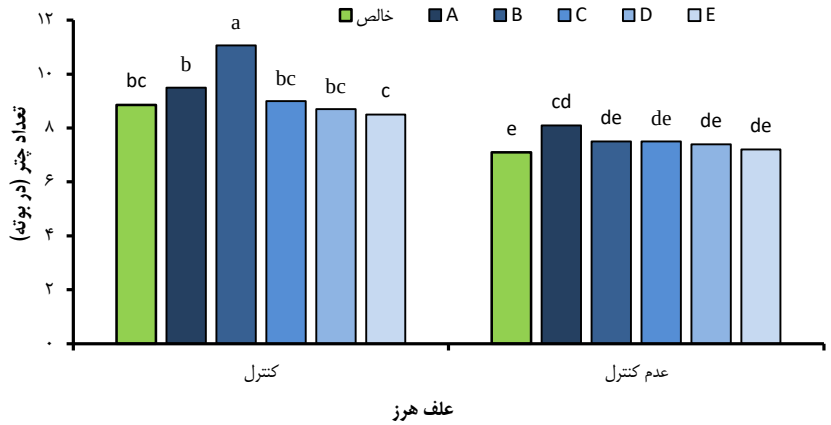
جدول ٤. مقایسه میانگین‌های اثر کنترل و عدم کنترل علف هرز بر صفات موردارزیابی گشنیز

علف هرز	تعداد ساقه‌های فرعی	تعداد دانه در چتر	عملکرد بیولوژیک (کیلوگرم در هکتار)	عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار)	وزن هزاردانه (گرم)	محتوای اسانس (درصد)	عملکرد اسانس (کیلوگرم در هکتار)
کنترل	a۹/۵۴	a۳۶/۷	a۲۷۲۶/۲	a۵۴۹/۶	a۸/۲۱	a۰/۳۴۵	a۱/۸۸
عدم کنترل	b۸/۹۵	b۴۱/۰	b۲۲۸۷/۸	b۴۷۹/۹	b۷/۹۰	b۰/۳۲۳	b۱/۵۴۳

حروف غیرمشابه در هرستون نشان‌دهنده تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد می‌باشد.

۴. ۳. تعداد چتر در هر بوته

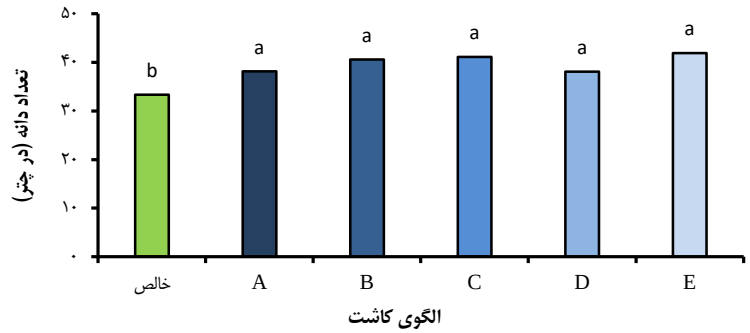
براساس نتایج تجزیه واریانس، اثر مدیریت علف‌های‌هرز و برهم‌کنش مدیریت علف‌های‌هرز و کشت مخلوط در سطح احتمال ۵ درصد و اثر کشت مخلوط بر تعداد چتر در بوته در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد (جدول ۳). مقایسه میانگین‌ها نشان داد که بیش‌ترین تعداد چتر در بوته گشنیز با اختلاف معنی‌دار در تیمار کشت مخلوط با فاصله کاشت ۱۰ سانتی‌متر شنبلیله تحت شرایط کنترل علف‌های هرز به‌دست آمد (شکل ۲).



شکل ۲. مقایسه میانگین‌های تعداد چتر در بوته گشنیز در برهم‌کنش کشت خالص و مخلوط با شنبلیله و مدیریت علف‌های‌هرز
A، B، C، D و E : فاصله بین بوته‌های شنبلیله در کشت مخلوط به‌ترتیب شامل ۷/۵، ۱۰، ۱۲/۵، ۱۵و ۱۷/۵ سانتی‌متر
(حروف غیرمشابه نشان‌دهنده تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد بر طبق آزمون LSD می‌باشد.)

۴. ۴. تعداد دانه در هر چتر

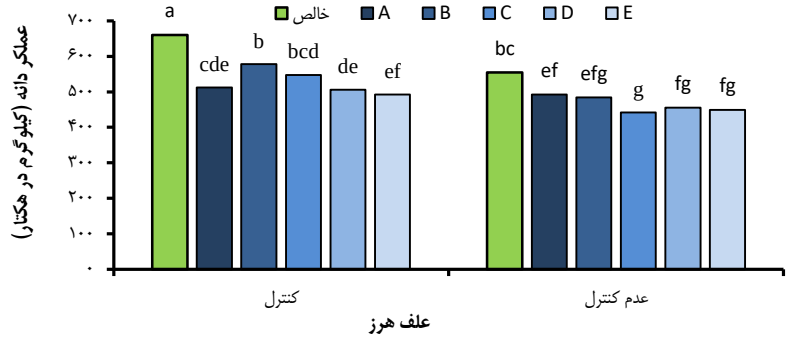
نتایج نشان داد که اثر مدیریت علف‌های هرز و کشت مخلوط بر تعداد دانه در چتر به‌ترتیب در سطوح احتمال ۵ و ۱ درصد معنی‌دار بودند (جدول ۳). براساس مقایسه میانگین‌ها، کنترل علف‌های هرز موجب افزایش ۱۱/۶ درصدی تعداد دانه در چتر در مقایسه با تیمار عدم کنترل گردید (جدول ۴). هم‌چنین کلیه فواصل کاشت شنبلیله در کشت مخلوط، بدون اختلاف معنی‌دار با یکدیگر، منجر به افزایش تعداد دانه در چتر شدند (شکل ۳).



شکل ۳. مقایسه میانگین‌های تعداد دانه در چتر گشنیز در کشت خالص و مخلوط با شنبلیله
A، B، C، D و E: فاصله بین بوته‌های شنبلیله در کشت مخلوط به‌ترتیب شامل ۷/۵، ۱۰، ۱۲/۵، ۱۵و ۱۷/۵ سانتی‌متر
(حروف غیرمشابه نشان‌دهنده تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد بر طبق آزمون LSD می‌باشد.)

۴. ۵. عملکرد دانه

براساس نتایج، برهم‌کنش مدیریت علف‌های هرز و کشت مخلوط در سطح احتمال ۵ درصد بر عملکرد دانه گشنیز معنی‌دار شد (جدول۳). براساس نتایج مقایسه میانگین‌ها، بیش‌ترین عملکرد دانه گشنیز با اختلاف معنی‌دار نسبت به سایر تیمارها در کشت خالص با کنترل علف‌های هرز به‌دست آمد (شکل ۴). براساس نتایج (جدول ۵) همبستگی بین عملکرد دانه با عملکرد بیولوژیک و وزن هزاردانه مثبت و معنی‌دار بود.



شکل ٤. مقایسه میانگین‌های عملکرد دانه گشنیز در برهم‌کنش کشت خالص و مخلوط با شنبله و مدیریت علف‌های هرز
A، B، C، D و E: فاصله بین بوته‌های شنبلیله در کشت مخلوط به‌ترتیب شامل ۷/۵، ۱۰، ۱۲/۵، ۱۵و ۱۷/۵ سانتی‌متر
(حروف غیرمشابه نشان‌دهنده تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد بر طبق آزمون LSD می‌باشد.)

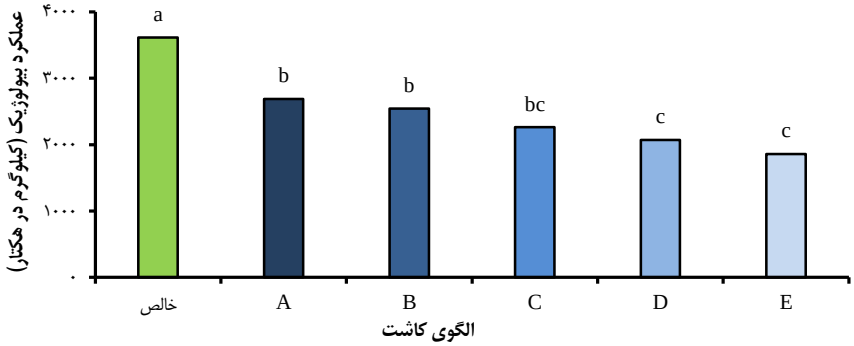
جدول ۵. ضرایب همبستگی صفات مورد ارزیابی گشنیز تحت تأثیر مدیریت علف‌های هرز در کشت مخلوط با شنبلیله

صفات	۱	۲	۳	٤	٥	٦	۷	۸	۹	۱۰
ارتفاع بوته (۱)	۱									
تعداد ساقه فرعی (۲)	۰/۶۶	۱								
تعداد چتر دربوته (۳)	۰/۶۹*	۰/۴۶	۱							
تعداد دانه در چتر (۴)	۰/۳۵	۰/۶۹*	۰/۵۶	۱						
عملکرد دانه (۵)	۰/۲۷	- ۰/۱	۰/۳۲	- ۰/۲۴	۱					
عملکرد بیولوژیک (۶)	۰/۱۵	- ۰/۴۲	۰/۳۰	- ۰/۴۷	۰/۷۷**	۱				
وزن هزاردانه (۷)	۰/۲۱	-۰/۲۰	۰/۴۹	۰/۳۰	۰/۷۰*	۰/۹۰**	۱			
شاخص برداشت دانه (۸)	۰/۰۶	۰/۶۴*	-۰/۱۱	۰/۵۶	-۰/۲۵	-۰/۸۰**	-۰/۶۵*	۱		
محتوای اسانس (۹)	۰/۳۰	۰/۶۵*	۰/۴۸	۰/۸۴*	-۰/۳۸	-۰/۵۶	-۰/۲۶	۰/۵۹*	۱	
عملکرد اسانس (۱۰)	۰/۵۱	۰/۳۴	۰/۶۴*	۰/۳۱	۰/۸۱**	۰/۴۴	۰/۵۵	۰/۲۱	۰/۲۲	۱

** و *: به‌ترتیب نشان‌دهنده معنی‌داری در سطوح احتمال ۱ و ۵ درصد است.

۴. ۶. عملکرد بیولوژیک

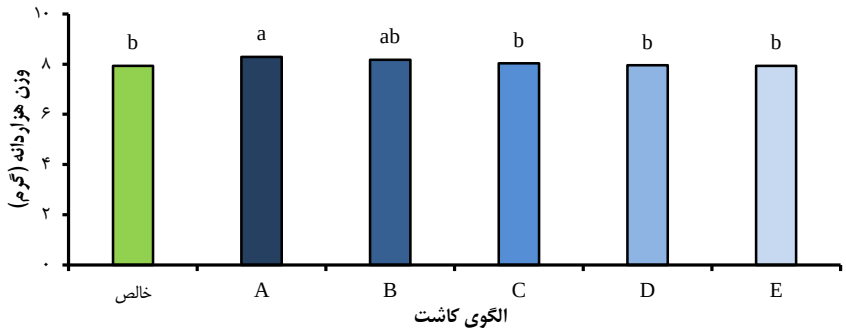
تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر مدیریت علف‌های هرز و کشت مخلوط بر عملکرد بیولوژیک گشنیز در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار شدند (جدول ۳). نتایج مقایسه میانگین‌ها حاکی از آن است که کنترل علف‌های هرز منجر به افزایش ۱۹ درصدی عملکرد بیولوژیک در مقایسه با تیمار عدم کنترل گردید (جدول ۴). در ارتباط با اثر الگوی کشت، بیش‌ترین عملکرد بیولوژیک گشنیز به‌طور معنی‌داری در تیمار کشت خالص مشاهده شد (شکل ۵). نتایج همبستگی صفات (جدول ۵) نیز نشان داد که همبستگی عملکرد بیولوژیکی با عملکرد دانه و وزن هزاردانه مثبت و معنی‌دار و با شاخص برداشت دانه منفی و معنی‌دار بود.



شکل ۵. مقایسه میانگین‌های عملکرد بیولوژیک گشنیز در کشت خالص و مخلوط با شنبلیله
A، B، C، D و E: فاصله بین بوته‌های شنبلیله در کشت مخلوط به‌ترتیب شامل ۷/۵، ۱۰، ۱۲/۵، ۱۵و ۱۷/۵ سانتی‌متر
(حروف غیرمشابه نشان‌دهنده تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد بر طبق آزمون LSD می‌باشد.)

۴. ۷. وزن هزاردانه

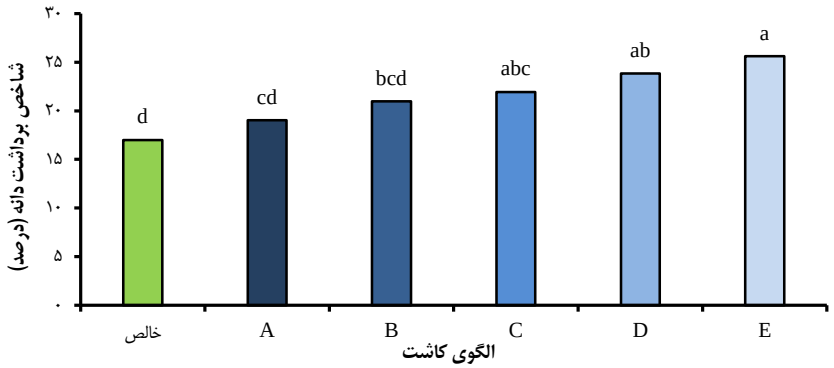
نتایج نشان داد که اثر مدیریت علف‌های هرز و کشت مخلوط بر وزن هزاردانه گشنیز در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار بود (جدول ۳). براساس نتایج مقایسه میانگین‌ها، کنترل علف‌های هرز موجب افزایش ۳/۹۲ درصدی وزن هزاردانه گشنیز در مقایسه با تیمار عدم کنترل گردید (جدول ۴). بیش‌ترین وزن هزاردانه گشنیز (۸/۳ گرم) در کشت مخلوط با شنبلیله در فاصله کاشت ۷/۵ سانتی‌متر مشاهده شد که افزایش ۵/۱ درصدی را نسبت به کشت خالص نشان داد. در سایر فواصل کاشت شنبلیله در کشت مخلوط، وزن هزاردانه گشنیز اختلاف معنی‌داری با کشت خالص نداشت (شکل ۶). همبستگی وزن هزاردانه با عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک مثبت و معنی‌دار و با شاخص برداشت دانه منفی و معنی‌دار شد (جدول ۵).



شکل ٦. مقایسه میانگین‌های وزن هزاردانه گشنیز در کشت خالص و مخلوط با شنبلیله
A، B، C، D و E: فاصله بین بوته‌های شنبلیله در کشت مخلوط به‌ترتیب شامل ۷/۵، ۱۰، ۱۲/۵، ۱۵و ۱۷/۵ سانتی‌متر
(حروف غیرمشابه نشان‌دهنده تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد بر طبق آزمون LSD می‌باشد.)

۴. ۸. شاخص برداشت دانه

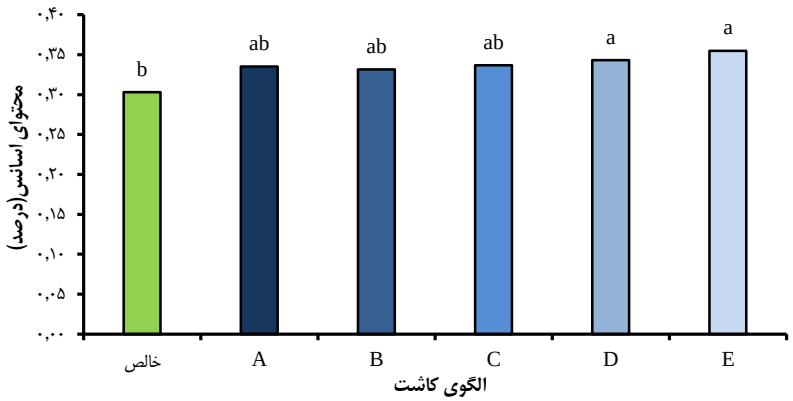
نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر کشت مخلوط بر شاخص برداشت دانه گشنیز در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار بود (جدول ۳). براساس نتایج مقایسه میانگین‌ها، بیش‌ترین مقادیر شاخص‌های برداشت دانه گشنیز (۲۵/۶، ۲۳/۸ و ۲۱/۹ درصد) به‌طور معنی‌داری به‌ترتیب در کشت مخلوط با شنبلیله و در فواصل کاشت ۱۷/۵، ۱۵ و ۱۲/۵ سانتی‌متر مشاهده شد (شکل ۷).



شکل ۷. مقایسه میانگین‌های شاخص برداشت دانه گشنیز در کشت خالص و مخلوط با شنبلیله.
A، B، C، D و E: فاصله بین بوته‌های شنبلیله در کشت مخلوط به‌ترتیب شامل ۷/۵، ۱۰، ۱۲/۵، ۱۵و ۱۷/۵ سانتی‌متر
(حروف غیرمشابه نشان‌دهنده تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد بر طبق آزمون LSD می‌باشد.)

۴. ۹. محتوای اسانس

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر کنترل علف‌های هرز و کشت مخلوط بر محتوای اسانس دانه گشنیز در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار بود (جدول ۳). براساس نتایج، کنترل علف‌های هرز موجب افزایش ۶/۸ درصدی محتوای اسانس در مقایسه با تیمار عدم کنترل گردید (جدول ۴). مقایسه میانگین‌های مربوط به اثر کشت مخلوط نشان داد که بیش‌ترین محتوای اسانس گشنیز در کشت مخلوط با شنبلیله و در فواصل کشت ۱۷/۵ سانتی‌متر (۰/۳۶ درصد) و ۱۵ سانتی‌متر (۰/۳۴ درصد) حاصل شد که به‌ترتیب افزایش ۱۸/۳ و ۱۴/۴ درصدی را نسبت به کشت خالص نشان داد (شکل ۸).



شکل ۸. مقایسه میانگین‌های محتوای اسانس دانه گشنیز در کشت خالص و مخلوط با شنبلیله.
A، B، C، D و E: فاصله بین بوته‌های شنبلیله در کشت مخلوط به‌ترتیب شامل ۷/۵، ۱۰، ۱۲/۵، ۱۵و ۱۷/۵ سانتی‌متر
(حروف غیرمشابه نشان‌دهنده تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد بر طبق آزمون LSD می‌باشد.)

۴. ۱۰. عملکرد اسانس

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر مدیریت علف‌های هرز بر عملکرد اسانس در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار بود (جدول ۳). نتایج مقایسه میانگین‌ها حاکی از آن است که کنترل علف‌های هرز موجب افزایش ۲۱/۸ درصدی عملکرد اسانس در مقایسه با تیمار عدم کنترل گردید (جدول ۴). همبستگی عملکرد اسانس با تعداد چتر در بوته و عملکرد دانه مثبت و معنی‌دار بود (جدول ۵).

۴. ۱۱. نسبت برابری زمین (LER)

براساس نتایج (جدول ۶)، در ترکیبات تیماری کشت مخلوط و کنترل علف‌های هرز، نسبت برابری زمین کل بیش‌تر از یک است که نشان‌دهنده برتری کارآیی کشت مخلوط گشنیز و شنبلیه نسبت به کشت خالص آن‌ها می‌باشد. بیش‌ترین نسبت برابری کل به‌ترتیب در دو فاصله کاشت ۷/۵ و ۱۰ سانتی‌متری شنبلیله با کنترل و بدون کنترل علف‌هرز محاسبه شد و کم‌ترین آن مربوط به فاصله کاشت ۱۷/۵ سانتی‌متری شنبلیله با کنترل علف‌های هرز (۱/۰۹) و بدون کنترل علف‌های هرز (۱/۱۷) بود. چنین نتایجی نشان‌دهنده این نکته است که در هر دو شرایط کنترل و عدم کنترل علف‌های هرز با کاهش فاصله کاشت روی ردیف شنبلیله نسبت برابری زمین بیش‌تر می‌شود و با افزایش فاصله کاشت این نسبت کاهش پیدا می‌کند و به عدد یک نزدیک‌تر می‌شود.

جدول ٦. ارزیابی نسبت برابری زمین (LER) در کشت مخلوط گشنیز و شنبلیله با کنترل و عدم کنترل علف‌های هرز

تیمارها		نسبت برابری زمین (LER) جزئی گشنیز	نسبت برابری زمین (LER) شنبلیله	نسبت برابری زمین (LER) کل
مدیریت علف‌های هرز	فاصله کاشت شنبلیله روی ردیف در مخلوط (سانتی‌متر)			
عدم کنترل	۷/۵	۰/۸۵	۰/۸۵	۱/۷۰
	۱۰	۰/۹۴	۰/۶۹	۱/۶۴
	۱۲/۵	۰/۸۱	۰/۵۱	۱/۳۱
	۱۵	۰/۸۵	۰/۴۱	۱/۲۶
	۱۷/۵	۰/۸۱	۰/۳۶	۱/۱۷
کنترل	۷/۵	۰/۸۴	۰/۷۶	۱/۶۰
	۱۰	۰/۷۷	۰/۶۰	۱/۳۶
	۱۲/۵	۰/۸۹	۰/۴۵	۱/۳۳
	۱۵	۰/۷۵	۰/۳۸	۱/۱۳
	۱۷/۵	۰/۷۴	۰/۳۵	۱/۰۹

۵. بحث

براساس نتایج ارتفاع بوته تحت تأثیر مدیریت علف‌های هرز و کشت مخلوط قرار گرفت. مطابق با گزارش تونا[1] و اوراک[2] (۲۰۰۷)، تغییرات ارتفاع بوته به شدت رقابت بین گیاهان وابسته است و اختلاف در ارتفاع بوته در کشت مخلوط به‌طورعمده ناشی از رقابت برون‌گونه‌ای می‌باشد. در شرایط رقابت شدید به‌ویژه در تراکم‌های بالاتر، گیاهان با افزایش ارتفاع بوته به‌دنبال جذب نور بیش‌تر هستند. با این‌حال، در تراکم‌های بسیار بالا، محدودیت منابع آب و عناصر غذایی می‌تواند تولید مواد فتوسنتزی را کاهش داده و از افزایش بیش‌تر ارتفاع بوته جلوگیری کند (دهمرده و کشته‌گر، ۱۳۹۳).

1. Tuna
2. Orak

همسو با این یافته‌ها، حمزه‌ای و همکاران (۱۳۹۱) نیز گزارش نمودند که ارتفاع بوته نخود در کشت مخلوط و در شرایط عدم کنترل علف‌های هرز افزایش می‌یابد. به‌نظر می‌رسد رقابت برای نور، گیاهان را وادار می‌کند تا منابع بیش‌تری را به رشد طولی بوته اختصاص دهند. نتایج پژوهش‌ها نشان داده است که دلیل اصلی افزایش ارتفاع بوته در کشت‌های متراکم رقابت برای دسترسی به نور و نسبت پایین نور قرمز به قرمز دور (R/FR) است که سبب رشد طولی ساقه گیاهان در سایه می‌شود (روبرتی[1] و همکاران، ۲۰۱۱). در رابطه با تعداد ساقه‌های فرعی در بوته، به‌نظر می‌رسد رقابت ناشی از علف‌های هرز با محدودکردن فضای رشد و منابع محیطی، موجب کاهش تعداد ساقه‌های فرعی در گشنیز شده است. این یافته با نتایج نصرآبادی و همکاران (۱۳۹۸) و زارعی و همکاران (۱۳۹۸) در مورد زیره سبز همسو می‌باشد. همبستگی مثبت و معنی‌داری بین تعداد ساقه‌های فرعی و ارتفاع بوته (جدول ۵) نیز مشاهده شد که بیانگر این موضوع است که با افزایش ارتفاع بوته تعداد ساقه‌های فرعی نیز افزایش یافته است.

تعداد چتر در بوته تحت تأثیر مدیریت علف‌های هرز و فاصله کاشت شنبلیله قرار گرفت. به‌نظر می‌رسد فراهم‌شدن شرایط مطلوب رشد از طریق دسترسی بهتر به عناصر غذایی به‌ویژه نیتروژن ناشی از فعالیت همزیستی باکتری‌های ریبزوبیوم با ریشه شنبلیله در کشت مخلوط، همراه با کاهش رقابت بین‌گونه‌ای ناشی از کنترل علف‌های هرز، موجب تسهیل فرایندهای فتوسنتزی و تخصیص بهینه فرآورده‌های فتوسنتزی به اندام‌های زایشی شده است (حمزه‌ای[2]، ۲۰۱۲). این یافته با نتایج رضوانی‌مقدم و مرادی (۱۳۹۱) که بهبود عملکرد و اجزای عملکرد زیره سبز را در کشت مخلوط با شنبلیله گزارش نمودند، همسو می‌باشد. هم‌چنین خرم‌دل و همکاران (۱۳۹۵) بالاترین تعداد چتر در بوته زنیان را در شرایط کشت مخلوط با لوبیا مشاهده کردند. در مقابل، مطالعات اولورونمایی[3] (۲۰۱۰) و قمری[4] و احمدوند[5] (۲۰۱۲) نشان دادند که رقابت علف‌های هرز به‌طور معنی‌داری موجب کاهش شاخص سطح برگ و تعداد غلاف در بوته لوبیا می‌شود که بر اهمیت کنترل علف‌های هرز در دست‌یابی به عملکرد مطلوب تأکید دارد. با توجه به نتایج همبستگی صفات (جدول ۵) همبستگی بین ارتفاع بوته با تعداد چتر در بوته نیز مثبت و معنی‌دار بود.

براساس نتایج، تعداد دانه در هر چتر گشنیز با مدیریت علف‌های هرز و هم‌چنین در کشت مخلوط با شنبلیله افزایش یافت. به‌نظر می‌رسد کشت مخلوط با ایجاد ساختار کانوپی مطلوب‌تر، نفوذ و توزیع مناسب‌تر نور را فراهم می‌کند. هم‌چنین افزایش تعداد دانه در چتر در این سامانه کشت را می‌توان به عوامل متعددی از جمله بهبود ریزاقلیم، کاهش تنش‌های گرمایی و خشکی، جذب بهتر گرده‌افشان‌ها و افزایش کارآیی لقاح، استفاده بهینه از منابع محیطی و کنترل طبیعی آفات و بیماری‌ها نسبت داد که در نهایت تخصیص مطلوب‌تر مواد فتوسنتزی به اندام‌های زایشی را در پی دارد (لی[6] و همکاران، ۲۰۲۰). این یافته با نتایج کهراریان و همکاران (۱۳۹۷) که افزایش معنی‌دار تعداد دانه در سنبله جو در کشت مخلوط با ماشک گل‌خوشه‌ای را گزارش نمودند، همسو است. به باور آنان، در تراکم‌های متوسط ماشک، رقابت برون‌گونه‌ای کاهش یافته و فضای رشد بیش‌تری برای جو فراهم شده که در نتیجه انتقال مواد فتوسنتزی به سنبله افزایش و تشکیل دانه‌های بیش‌تر را موجب شده است. همبستگی بین تعداد دانه در چتر با تعداد ساقه‌های فرعی در بوته نیز مثبت و معنی‌دار بود (جدول ۵) و به‌نظر می‌رسد که با افزایش تعداد ساقه‌های فرعی تعداد برگ‌ها نیز افزایش یافته لذا مواد غذایی بیش‌تری از برگ‌ها به بخش زایشی گیاه انتقال یافته و منجر به افزایش تعداد دانه در چتر شده است.

1. Ruberti
2. Hamzeie
3 Olorunmaiye
4. Ghamari
5. Ahmadvand
6. Li

براساس نتایج، عملکرد دانه گشنیز در کشت خالص با کنترل علف‌های هرز افزایش یافت. به‌نظر می‌رسد عملکرد بالاتر دانه در شرایط کشت خالص همراه با کنترل علف‌های هرز، ناشی از در اختیار داشتن فضای رشد بیش‌تر توسط گیاه گشنیز و حذف رقابت با علف‌های هرز برای جذب منابع محیطی باشد. از سوی دیگر، در فاصله کشت ۱۰ سانتی‌متری شنبلیله، تراکم مطلوبی از بوته‌ها برای تثبیت نیتروژن موردنیاز گشنیز فراهم شد، ضمن این‌که رقابت بین‌بوته‌ای نیز به حداقل رسید. بنابراین، به‌نظر می‌رسد.

این فاصله کشت در الگوی مخلوط، برای دست‌یابی به عملکرد بهینه دانه در گشنیز مناسب باشد. در شرایط تداخل علف‌های هرز، فواصل کشت ۷، ۵ و ۱۰ سانتی‌متری شنبلیله نسبت به سایر تیمارها، عملکرد دانه بالاتری را در گشنیز موجب شدند. براساس گزارش جمشیدی[1] و همکاران (۲۰۱۳) نیز رقابت علف‌های هرز در هر دو سیستم کشت خالص و مخلوط ذرت با گاودانه موجب کاهش معنی‌دار عملکرد دانه شد، اما میزان کاهش در کشت مخلوط کم‌تر بود. مطابق با یافته‌های حمزه‌ای و همکاران (۱۳۹۱) رقابت علف‌های هرز موجب کاهش معنی‌دار تعداد دانه در بوته و وزن هزاردانه در هر دو گیاه نخود و جو گردید که در نهایت به کاهش عملکرد دانه در این محصولات منجر شد. همسو با این نتایج، یعقوبی و آقاعلی‌خانی (۱۳۹۰) نیز گزارش نمودند که تداخل علف‌های هرز، از طریق کاهش معنی‌دار تعداد خورجین در بوته و تعداد دانه در خورجین، سبب افت عملکرد دانه کلزا شد.

نتایج نشان داد که عملکرد بیولوژیک در تیمارهای کشت مخلوط کاهش معنی‌داری را در مقایسه با کشت خالص نشان داد که این امر را می‌توان به کاهش فضای در دسترس و رقابت برای منابع رشد توسط شنبلیله نسبت داد. این یافته با نتایج مردانی و بلوچی (۱۳۹۴) که کاهش معنی‌دار عملکرد بیولوژیک انیسون در کشت مخلوط با شنبلیله را گزارش نمودند، همسو می‌باشد. هم‌چنین پورامیر و همکاران (۱۳۸۹) در مطالعه‌ای روی کشت مخلوط کنجد و نخود به نتایج مشابهی دست یافتند و کاهش عملکرد بیولوژیک و دانه کنجد در شرایط کشت مخلوط نسبت به کشت خالص را تأیید نمودند.

براساس نتایج وزن هزاردانه گشنیز در شرایط کنترل علف هرز و کشت مخلوط افزایش یافت. همسو با این یافته‌ها، پژوهش مهنی و همکاران (۱۳۹۹) نشان داد که وزن هزاردانه سیاهدانه تحت تأثیر الگوی کاشت و مدیریت علف‌های هرز قرار گرفته است، به‌طوری‌که کنترل علف‌های هرز موجب افزایش ۴/۱۸ درصدی این ویژگی شد. هم‌چنین بیش‌ترین وزن هزاردانه در تیمار کشت مخلوط ۵۰ درصد سیاهدانه و ۵۰ درصد شنبلیله حاصل شد. براساس نظر غلامحسینی و همکاران (۱۳۹۴)، تداخل علف‌هرز در دوره پرشدن دانه با کاهش توان فتوسنتزی و انتقال مواد فتوسنتزی به دانه‌ها، موجب کاهش وزن هزاردانه می‌شود. به‌نظر می‌رسد افزایش وزن هزاردانه گشنیز در کشت مخلوط با شنبلیله، ناشی از دسترسی بهتر به مواد غذایی به‌ویژه نیتروژن است که منجر به بهبود فرایند فتوسنتز و انتقال کارآمدتر فتوآسمیلات‌ها به دانه‌ها می‌شود. این بهبود احتمالاً با نقش شنبلیله در تثبیت نیتروژن، حفظ رطوبت و تعدیل میکروکلیما در کشت مخلوط مرتبط است (حمزه‌ئی و خیشوند، ۱۴۰۲). هم‌چنین تأمین نیتروژن در سطح مطلوب، از طریق افزایش تولید مواد فتوسنتزی و انتقال بهتر فتوآسمیلات‌ها به مخازن، موجب افزایش وزن هزاردانه می‌شود (ویگونون- برناس[2] و همکاران، ۲۰۱۶).

در کشت مخلوط گشنیز با شنبلیله شاخص برداشت دانه گشنیز افزایش یافت. به‌نظر می‌رسد شاخص برداشت بالاتر در تیمارهای کشت مخلوط می‌تواند نشان‌دهنده برتری این نظام کشت نسبت به کشت خالص باشد. این نتایج با یافته‌های میرهاشمی[3] و همکاران (۲۰۰۹) که گزارش نمودند شاخص برداشت زنیان در تیمارهای کشت مخلوط بیش‌تر

1. Jamshidi
2. Vrignon-Brenas
3. Mirhashemi

از کشت خالص بود، همسو می‌باشد. هم‌چنین جهانی[1] و همکاران (۲۰۰۸) کم‌ترین شاخص برداشت زیره سبز را در کشت خالص مشاهده کردند. به‌نظر می‌رسد در شرایط این آزمایش، افزایش شاخص برداشت دانه در کشت مخلوط ناشی از کاهش معنی‌دار عملکرد بیولوژیک (شکل ۵) در این تیمارها نسبت به کشت خالص باشد. همبستگی منفی و معنی‌دار شاخص برداشت دانه با عملکرد بیولوژیکی نیز این موضع را تأیید می‌نماید (جدول ۵).

نتایج نشان داد که تحت کنترل علف‌های هرز و کشت مخلوط محتوای اسانس گشنیز افزایش یافت. همسو با این یافته‌ها، گیتی و رئوفی (۱۳۹۶) گزارش نمودند که حضور علف‌های هرز موجب کاهش محتوای اسانس نعناع فلفلی شد و این امر به رقابت علف‌های هرز در جذب عناصر غذایی خاک نسبت داده شد. به‌نظر می‌رسد علف‌های هرز با مصرف عناصر غذایی از جمله نیتروژن، دسترسی گیاه گشنیز به این عناصر را محدود کرده و در نتیجه موجب کاهش محتوای اسانس می‌شوند. در ارتباط با اثر کشت مخلوط، نتایج این پژوهش با یافته‌های عبدی (۱۳۹۸) در مورد گیاه مرزه همخوانی دارد که بیش‌ترین محتوای اسانس را در کشت مخلوط با شنبلیله گزارش نمودند. این پژوهش‌گران وجود شرایط مناسب رشد از جمله فراهمی نیتروژن، استفاده بهینه از عناصر غذایی و توزیع مطلوب نور در کانوپی مخلوط را از عوامل مؤثر در این افزایش ذکر کردند. در این آزمایش نیز به‌نظر می‌رسد حضور شنبلیله به‌عنوان یک لگوم با تثبیت نیتروژن و فراهمی آن برای گشنیز، موجب بهبود رشد و افزایش کارایی فرایندهای فتوسنتزی شده است. با توجه به‌این‌که اسانس‌ها از ترکیبات ترپنوئیدی تشکیل شده‌اند و سنتز آن‌ها نیازمند ATP و NADPH می‌باشد (اورمنو[2] و فرناندز[3]، ۲۰۱۲)، فراهمی عناصر غذایی در کشت مخلوط می‌تواند موجب افزایش تولید این ترکیبات شده باشد. این نتایج با پژوهش رضایی چیانه و قلی‌نژاد (۱۳۹۴) نیز همسو می‌باشد که بیش‌ترین محتوای اسانس سیاهدانه را در کشت مخلوط با نخود گزارش نمودند و آن را به بهبود فرایندهای فتوسنتزی در اثر فراهمی نیتروژن نسبت دادند. هم‌چنین نصیری (۱۳۹۹) نتایج مشابهی را در کشت مخلوط گشنیز با ماشک گل‌خوشه‌ای مشاهده نمود. همبستگی مثبت و معنی‌دار بین محتوای اسانس با تعداد ساقه‌های فرعی، تعداد دانه در چتر و هم‌چنین شاخص برداشت دانه مشاهده شد (جدول ۵) که می‌تواند بیانگر آن باشد که افزایش تعداد ساقه‌های فرعی باعث شده تعداد برگ بیش‌تری در گیاه وجود داشته باشد در نتیجه مواد اسمیلاتی بیش‌تری برای تولید دانه و افزایش محتوای اسانس در اختیار گیاه قرار گیرد.

عملکرد اسانس نیز تحت تأثیر مدیریت علف هرز افزایش یافت. این یافته با نتایج مردانی و بلوچی (۱۳۹۴) که افزایش عملکرد اسانس انیسون در شرایط کنترل علف‌هرز را گزارش نمودند، همسو می‌باشد. به باور آنان، این افزایش ناشی از بهبود درصد اسانس و عملکرد دانه در شرایط عدم رقابت با علف‌های هرز است. به‌نظر می‌رسد کنترل علف‌های هرز با کاهش رقابت، زمینه‌ساز جذب بهتر عناصر غذایی از جمله نیتروژن و فسفر توسط گشنیز شده و در نهایت منجر به افزایش درصد اسانس و متعاقباً عملکرد اسانس گردیده است. ازآنجاکه عملکرد اسانس گشنیز تابعی از درصد اسانس و عملکرد دانه می‌باشد، بهبود هر یک از این مؤلفه‌ها بدون کاهش مؤلفه دیگر، می‌تواند افزایش عملکرد اسانس را به‌همراه داشته باشد (نصیری، ۱۳۹۹). با توجه به وجود همبستگی مثبت و معنی‌دار بین عملکرد اسانس با تعداد چتر در بوته و عملکرد دانه (جدول ۵) در شرایط این آزمایش، به‌نظر می‌رسد که افزایش عملکرد دانه با کنترل علف‌های هرز نسبت به افزایش محتوای اسانس تأثیر بیش‌تری در افزایش عملکرد اسانس داشته است.

نسبت برابری زمین برای گشنیز در کشت مخلوط بیش‌تر از کشت خالص آن بود. کهراریان و همکاران (۱۳۹۷) نیز بالاترین نسبت برابری زمین هم براساس عملکرد دانه و هم براساس عملکرد بیولوژیک را در تیمارهای تراکم ۵۰۰ بوته جو+

1. Jahani
2. Ormeño
3. Fernandez

تراکم ۲۵۰ بوته ماشک‌گل خوشه‌ای در مترمربع گزارش کردند. احمدی و همکاران (۱۳۸۸) با ارزیابی عملکرد و شاخص‌های سودمندی در کشت مخلوط جو و ماشک گل‌خوشه‌ای به‌این نتیجه رسیدند که در تیمارهای کشت مخلوط افزایشی و جایگزینی این دو گیاه، نسبت برابری زمین بیش از یک می‌باشد و چنین افزایشی را به تأمین بخشی از نیتروژن موردنیاز جو توسط ماشک گل‌خوشه‌ای نسبت دادند. فلاح[1] و همکاران (۲۰۱۸) نیز گزارش دادند که LER برای کشت مخلوط ۱:۱ و ۱:۲ سویا و بادرشبی بیش‌تر از یک به‌دست آمد که نشان‌دهنده سودمندی کشت مخلوط این دو گیاه نسبت به کشت خالص آن‌ها به‌دلیل استفاده کارآمد از زمین و منابع محیطی همچون آب، عناصر غذایی، و نور برای رشد گیاه بود. هم‌چنین، با مقایسه LER جزئی دو گیاه مشخص شد که این شاخص برای گشنیز بالاتر از شنبلیله بـــوده است، بنـابراین، چنین استنباط می‌شود که گشنیز در کشت مخلوط تأثیر مثبت‌تری از همراهی با شنبلیله پذیرفته و این امر باعث بهبود LER جزئی آن در مقایسه با شنبلیله شده است.

۶. نتیجه‌گیری کلی و پیشنهادات

براساس یافته‌های این پژوهش، کنترل علف‌های هرز موجب بهبود ویژگی‌های مورفولوژیک، عملکرد ماده خشک، عملکرد دانه و تولید اسانس گشنیز گردید. هم‌چنین کشت مخلوط گشنیز با گیاهان لگوم نظیر شنبلیله، تأثیر معنی‌داری بر ویژگی‌های کمّی و کیفی محصول دارد، به‌طوری که فاصله کاشت شنبلیله به‌عنوان عاملی تعیین‌کننده در عملکرد دانه و اسانس گشنیز شناسایی شد.

در مجموع می‌توان نتیجه گرفت که کنترل علف‌های هرز به‌عنوان راه‌کاری ضروری در افزایش تولید اسانس گشنیز محسوب شده و کاربرد گیاهان لگوم نظیر شنبلیله در سامانه کشت مخلوط می‌تواند در ارتقای کمّی و کیفی عملکرد گیاهان دارویی مؤثر باشد. بنابراین با توجه به نتایج کلی این پژوهش پیشنهاد می‌شود برای بهبود عملکرد کمّی و کیفی محصول گشنیز و هم‌چنین جهت دست‌یابی به اهداف کشاورزی پایدار کنترل علف‌های هرز و کشت مخلوط گشنیز با گیاهان تیره لگوم همچون شنبلیله با رعایت تراکم کاشت مطلوب به‌عنوان یک راه‌کار علمی و عملی مدنظر قرار گیرد.

۷. تشکر و قدردانی

از زحمات و حمایت‌های مسئولان و کارشناسان محترم ایستگاه تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی مشگین شهر، تشکر و قدردانی می‌گردد.

۸. تعارض منافع

هیچ‌گونه تعارض منافع توسط نویسندگان وجود ندارد.

۹. منابع

احمدی، ایوب؛ دباغ محمدی نسب، عادل؛ زهتاب سلماسی، سعید؛ امینی، روح‌الله و جانمحمدی، حسین (۱۳۸۸). ارزیابی عملکرد و شاخص‌های برتری در کشت مخلوط جو و ماشک. *نشریه علوم کشاورزی و تولید پایدار*، ۲۰ (۴)، ۷۷-۷۸.

امیدبیگی، رضا (۱۳۹۰). تولید و فراوری گیاهان دارویی. جلد ۲، به نشر، انتشارات آستان قدس رضوی.

پناهیان‌کیوی، مهدی؛ عباسی، اباذر و محمدزاده نصیرآبادی، مهناز (۱۴۰۳). اثر محلول‌پاشی سالیسیلیک‌اسید و براسینواستروئید بر عملکرد و اسانس دانه گشنیز در شرایط کم‌آبی. *به‌زراعی کشاورزی*، ۲۶ (۴)، ۹۶۷-۹۴۹.

1. Fallah

پورامیر، فرزین؛ نصیری مهلاتی، مهدی؛ کوچکی، علیرضا و قربانی، رضا (۱۳۸۹). ارزیابی عملکرد و اجزای عملکرد کنجد و نخود در کشت مخلوط سری جایگزینی. *مجله پژوهش‌های زراعی ایران*، ۸ (۵)، ۷۴۷-۷۵۷.

حمزه‌ای، جواد؛ سیدی، محسن؛ احمدوند، گودرز و ابوطالبیان، محمدعلی (۱۳۹۱). تاثیر کشت مخلوط افزایشی بر سرکوب علف‌های هرز، عملکرد و اجزای عملکرد نخود و جو. *مجله تولید و فرآوری محصولات زراعی و باغی*، ۲ (۳)، ۴۳-۵۵.

حمزه‌ئی، جواد و خیشوند، مسعود (۱۴۰۲). بررسی صفات زراعی، تولید محصول و شاخص‌های اقتصادی در کشت مخلوط اسفناج با نخود. *نشریه علوم باغبانی*، ۳۷ (۲)، ۳۷۶-۳۶۳.

خرم‌دل، سرور؛ سیاهمرگویی، آسیه و محمودی، قدریه (۱۳۹۵). اثر نسبت‌های کشت مخلوط جایگزینی و افزایشی زنیان و لوبیا بر عملکرد و اجزای عملکرد. *نشریه تولید گیاهان زراعی*، ۹(۱)، ۱-۲۴.

دهمرده، مهدی و کشته‌گر، عباس (۱۳۹۳). ارزیابی عملکرد و اجزای عملکرد ذرت (*Zea mays* L.) در کشت مخلوط با بادام زمینی (*Arachis hypogaea* L.). *بوم‌شناسی کشاورزی*، ۲ (۶)، ۳۱۱-۳۲۳.

رضایی چیانه، اسماعیل و قلی‌نژاد، اسماعیل (۱۳۹۴). مطالعه ویژگی‌های زراعی و شاخص‌های برتری در کشت مخلوط سری افزایشی نخود (*Cicer arietinum* L.) و سیاهدانه (*Nigella sativa* L.). *بوم‌شناسی کشاورزی*، ۷ (۳)، ۳۸۱-۳۹۶.

رضوانی‌مقدم، پرویز و مرادی، روح‌الله (۱۳۹۱). ارزیابی تاریخ کاشت، کود زیستی و کشت مخلوط بر عملکرد و اسانس زیره سبز و شنبلیله. *نشریه علوم گیاهان زراعی ایران*، ۴۳ (۲)، ۲۱۷-۲۳۰.

زارعی، مسعود؛ آرمین، محمد و الرضا حکم‌آبادی، موسی (۱۳۹۸). تأثیر طول دوره تداخل علف‌های هرز بر عملکرد و اجزای عملکرد زیره سبز (*Cuminum cyminum* L.) در شرایط کشت رایج و ارگانیک. *اکوفیزیولوژی گیاهان زراعی*، ۱۳(۴)، ۶۲۱-۶۳۸.

سدری، سکینه؛ پوریوسف، مجید و سلیمانی، علی (۱۳۹۳). ارزیابی عملکرد اسانس و شاخص‌های سودمندی در کشت مخلوط رازیانه و شنبلیله. *به‌زراعی کشاورزی*، ۱۶ (۴)، ۹۲۱-۹۳۲.

عبدی، سکینه (۱۳۹۸). ارزیابی عملکرد، درصد اسانس و شاخص‌های برتری در نسبت‌های کشت مخلوط شنبلیله و مرزه. *به‌زراعی کشاورزی*، ۲۱ (۱)، ۷۵-۹۲.

غلامحسینی، مجید؛ آقاعلیخانی، مجید و حبیب‌زاده، فرهاد (۱۳۹۴). تأثیر تداخل علف هرز آمارانتوس ریشه قرمز (*Amaranthus retroflexus* L.) بر عملکرد کمی و کیفی ذرت (*Zea mays* L.) در سطوح مختلف آبیاری و نیتروژن. *مجله پژوهش علف‌های هرز*، ۷ (۲)، ۱-۲۲.

قراخانی بنی، ابوالقاسم؛ قاسمی پیر بلوطی، عبدالله؛ جوانمرد، حمیدرضا؛ سلیمانی، علی و گلپرور، احمدرضا (۱۴۰۰). شاخص‌های رقابتی کشت مخلوط گیاه دارویی زوفا (*Hyssopus officinalis* L.) و شنبلیله (*Trigonella foenum*-graecum L.) در شرایط مختلف رطوبتی خاک، *تحقیقات علوم زراعی در مناطق خشک*، ۳(۲)، ۲۳۷-۲۵۲.

کهراریان، بیژن؛ فرحوش، فرهاد؛ محمدی، سلیمان؛ بهرام و رشیدی، ورهرام (۱۳۹۷). ارزیابی کشت مخلوط جو بهاره (*Hordeum vulgare* L.) و ماشک گل‌خوشه‌ای (*Vicia villosa* Roth). *اکوفیزیولوژی گیاهان زراعی*، ۱۲ (۴)، ۶۵۱-۶۷۰.

محب‌الدینی، مهدی و فتحی، رقیه (۱۴۰۲). ارزیابی تنوع مورفولوژیکی و فیتوشیمیایی برخی توده‌های گشنیز ایرانی (*Coriandrum sativum* L.) با استفاده از آنالیز چندمتغیره. *پژوهشنامه اصلاح گیاهان زراعی*، ۱۵ (۴۶)، ۲۰۷-۲۱۷.

مردانی، فهیمه و بلوچی، حمیدرضا (۱۳۹۴). تأثیر کشت مخلوط بر عملکرد و برخی صفات کمّی و کیفی شنبلیله و آنیسون. *دانش کشاورزی و تولید پایدار*، ۲۵ (۲)، ۱۶-۱.

مهنی، جعفر؛ مهدوی، بتول؛ آذری، آرمان؛ افکار، سهیلا و هاشمی، سیده الهه (۱۳۹۹). ارزیابی عملکرد و شاخص‌های سودمندی کشت مخلوط سیاهدانه و شنبلیله در شرایط کنترل و عدم کنترل علف‌های هرز. *علوم گیاهان زراعی ایران*، ۵۱ (۳)، ۷۳-۸۷.

نصرآبادی، حسین؛ آرمین، محمد و مروی، حمید (۱۳۹۸). تعیین دوره بحرانی کنترل علف‌های هرز زیره سبز (*Cuminum cyminum*) در شرایط دیم در سبزوار، *نشریه دانش کشاورزی و تولید پایدار*، ۳ (۴)، ۱۱۷-۱۲۷.

نصیری، یوسف (۱۳۹۹). تأثیر ماشک گل‌خوشه‌ای (*Vicia villosa* Roth) بر مهار علف‌های هرز و تولید محصول گشنیز (*Coriandrum sativum* L) در کشت مخلوط. *نشریه دانش کشاورزی و تولید پایدار*، ۳۰ (۳)، ۱-۱۹.

یعقوبی، سعیدرضا و آقاعلیخانی، مجید (۱۳۹۰). تاثیر طول دوره‌های کنترل و تداخل جمعیت طبیعی علف‌های هرز بر عملکرد و اجزای عملکرد کلزای پاییزه. *نشریه پژوهش‌های زراعی ایران*، ۹ (۴)، ۶۵۹-۶۶۹.

References

Abdi, S. (2019). Evaluation of yield, essential oil percentage, and advantage indices in fenugreek and savory intercropping ratios. *Crops Improvement*, *21*(1), 75-92. (In Persian).

Ahmadi, A., Dabbagh Mohammadi Nassab, A., Zehtab Salmasi, S., Amini, R., & Janmohammadi, H. (2009). Evaluation of yield and advantage indices in barley and vetch intercropping. *Journal of Agricultural Sciences and Sustainable Production*, *20*(4), 77-78. (In Persian).

Bakhtiari Moghaddam, M., Vozan, S., Esfini Farahani, M., Azizkhani, S., & Rezaei, K. (2012). Study of time and location management of weed control on yield and some agronomical traits of chickpea (*Cicer arietinum* L.). *Agronomy and Plant Breeding*, *8*(2), 87-96.

Banik, P., Midya, A., Sarkar, B. K., & Ghose, S. S. (2006). Wheat and chickpea intercropping systems in an additive series experiment: Advantages and weed smothering. *European Journal of Agronomy*, *24*(4), 325-332.

Bastami, A., & Majidian, M. (2016). Effects of mycorrhiza, phosphatic biofertilizer on photosynthetic pigments and yield in coriander (*Coriandrum sativum* L.). *Journal of Plant Production*, *38*(4), 4960.

Dehmordeh, M., & Keshtegar, A. (2014). Evaluation of yield and yield components of maize (*Zea mays* L.) in intercropping with peanuts (*Arachis hypogaea* L.). *Agroecology*, *2*(6), 311-323. (In Persian).

Fallah, S., Rostaei, M., Lorigooini, Z., & Surki, A. A. (2018). Chemical compositions of essential oil and antioxidant activity of dragonhead (*Dracocephalum moldavica*) in sole crop and dragonhead-soybean (*Glycine max*) intercropping system under organic manure and chemical fertilizers. *Industrial Crops and Products*, *115*, 158-165.

Fernandez-Aparicio, M., Sillero, J. C., & Rubiales, D. (2007). Intercropping with cereals reduces infection by *Orobanche crenata* in legumes. *Crop Protection*, *26*(8), 1166-1172.

Ghamari, H., & Ahmadvand, G. (2012). Weed interference affects dry bean yield and growth. *Natural Science Biological*, *4*(1), 10-15.

Gholamhoseini, M., Aghaalikhani, M., & Habibzadeh, F. (2015). Effect of redroot pigweed (*Amaranthus retroflexus* L.) interference on corn (*Zea mays* L.) yield quantity and quality under different irrigation and nitrogen levels. *Weed Research Journal*, *7*(2), 1-22. (In Persian).

Ghorakhani Bani, A., Ghasemi Pirbalouti, A., Javanmard, H., Soleimani, A., & Golparvar, A. (2021). Competition indices of intercropping of hyssop (*Hyssopus officinalis* L.) and fenugreek (*Trigonella foenum-graecum* L.) in different soil moisture conditions. *Journal of Crop Science Research in Arid Regions*, *3*(2), 237-252. (In Persian).

Hamzei, J., Seyedi, M., Ahmadvand, G., & Abutalebian, M. A. (2012). The effect of additive intercropping on weed suppression, yield and yield components of chickpea and barley. *Journal of Production and Processing of Crop and Horticultural Products*, *2*(3), 43-55. (In Persian).

Hamzei, J., & Khishvand, M. (2023). Study of agronomic traits, yield performance and economical indices in intercropping of spinach with chickpea. *Journal of Horticultural Science*, *37*(2), 363-376. (In Persian).

Hamzeie, J. (2012). Evaluation of tield, 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*(4), 79-91.

Hasanzadeh Aval, F., Kouchaki, E., Khazaei, H., & Nasiri Mahalati, M. (2007). Effect of density on agronomic characteristics and yield of savory and Iranian clover in intercropping. *Iranian Journal of Crop Research*, *6*, 920-929.

Hirpa, T. (2014). Response of maize crop to spatial arrangement and staggered interseeding of haricot bean. *International Journal of Environment*, *3*(2), 126-138.

Jahani, M., Koochaki, A., & Nassiri Mahalati, M. (2009). Comparison of different intercropping arrangements of cumin (*Cuminum cyminum*) and lentil (*Lens culinaris*). *Journal of Iranian Field Crop Research*, *6*(1), 67-78.

Jamshidi, K., Yousefi, A. R., & Oveisi, M. (2013). Effect of cowpea (*Vigna unguiculata*) intercropping on weed biomass and maize (*Zea mays*) yield. *New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science*, *41*(4), 180-188.

Keiharian, B., Farahvash, F., Mohammadi, S., Mirshakari, B., & Rashidi, V. (2019). Evaluation of barley (*Hordeum vulgare* L.) and vetch (*Vicia villosa* Roth) intercropping. Journal of crop Ecophysiology, *12*(4), 651-670. (In Persian).

Khorramdel, S., Siahmarghouei, A., & Mahmoudi, Q. (2016). Effect of replacement and additive intercropping series of ajowan with bean on yield and yield components. *Journal of Crop Production*, *9*(1), 1-24. (In Persian).

Li, C., Hoffland, E., Kuyper, T.W., Yu, Y., Zhang, C., Li, H., Zhang, F., & van der Werf, W. (2020). Syndromes of production in intercropping impact yield gains. *Nature Plants*, *6*(6), 653-660.

Maeffei, M., & Mucciarelli, M. (2003). Essential oil yield in peppermint/soybean strip intercropping. *Field Crops Research*, *84*(2), 229-240.

Mao, L., Zhang, L., Li, W., Werf, W.V.D., Sun, J., Spiertz, H., & Li, L. (2012). Yield advantage and water saving in maize/pea intercrop. *Field Crops Research*, *138*, 11-20.

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

Mirhashemi, S. M., Koocheki, A., Parsa, M., & Nassiri Mahallati, M. (2009). Evaluation benefit of ajowan and fenugreek intercropping in different levels of manure and planting pattern. *Iranian Journal of Field Crops Research*, *7*(1), 269-280.

Mohebodini, M., & Fathi, R. (2023). Evaluation of morphological and phytochemical diversity in some Iranian coriander (*Coriandrum sativum* L.) populations using multivariate analysis. *Journal of Crop Breeding*, *15*(46), 207-217. (In Persian).

Moradani, F., & Bloochi, H. R. (2015). The effect of intercropping on yield and some quantitative and qualitative characteristics of fenugreek and anise. *Journal of Agricultural Science and Sustainable Production*, *25*(2), 1-16. (In Persian).

Motaghian, A., Pirdashti, H., Akbarpour, V., Serajpour, G., Yaghobi Khanghahi, M., & Shariatnezhad, S. (2014). Evaluation of yield Basil (*Ocimum basilicum* L.) and sesame (*Sesamum indicum* L.) in different intercropping combinations by competitive indices. *Journal of Agroecology*, *5*(3), 243-254.

Nasiri, Y. (2020). The effect of hairy vetch (*Vicia villosa* Roth) on weed suppression and coriander (*Coriandrum sativum* L.) production in intercropping. *Journal of Agricultural Science and Sustainable Production*, *30*(3), 1-19. (In Persian).

Nasrabadi, H., Armin, M., & Marvi, H. (2019). Determination of the critical period of weed control in cumin (cuminum cyminum) under rain-fed conditions in Sabzevar. *Journal of Agricultural Science and Sustainable Production*, *29*(4), 117-127. (In Persian).

Olorunmaiye, P. M. (2010). Weed control potential of five legume cover crops in maize/cassava intercrop in a Southern Guinea savanna ecosystem of Nigeria. *Australian Journal of Crop Science*, *4*(5), 324-329.

Omidbaigi, R. (2012). *Production and Processing of Medicinal Plants*. Behnashr Press. (In Percian).

Ormeño, E., & Fernandez, C. (2012). Effect of soil nutrient on production and diversity of volatile terpenoids from plants. *Current Bioactive Compounds*, *8*(1), 71-79.

Panahyankivi, M., Abbasi, A., & Mohamadzadeh Nasrabadi, M. (2025). Effect of salicylic acid and brassinosteroid on grain yield and essential oil of coriander under water deficit conditions. *Journal of Crops Improvement*, *26*(4), 949-967. (In Persian).

Pouramir, F., Nasiri Mahallati, M., Koocheki, A., & Ghorbani, R. (2010). Assessment of sesame and chickpea yield and yield components in the replacement series intercropping. *Iranian Journal of Field Crops Research*, *8*(5), 747-757. (In Persian).

Reddy, K. N., & Koger, C. H. (2004). Live and killed hairy vetch cover crop effects on weeds and yield in glyphosate-resistant corn. *Weed Technology*, *18*(3), 835-840.

Rezaei Chiyaneh, E., & Gholinezhad, E. (2015). Agronomic characteristics of intercropping of additive series of chickpea (*Cicer arietinum* L.) and black cumin (*Nigella sativa* L.). *Agroecology*, *7*(3), 381-396. (In Persian).

Rezvani Moghaddam, P., & Moradi, R. (2012). **A**ssessment of planting date, biological fertilizer and intercropping on yield and essential oil of cumin and fenugreek. *Iranian Journal of Field Crop Science*, *43*(2), 217-230. (In Persian).

Ruberti, I., Sessa, G., Ciolfi, A., Possenti, M., Carabelli, M., & Morelli, G.J.B.A. (2012). Plant adaptation to dynamically changing environment, the shade avoidance response. *Biotechnology Advances*, *30*(5), 1047-1058.

Rühlemann, L., & Schmidtke, K. (2015). Evaluation of monocropped and intercropped grain legumes for cover cropping in no-tillage and reduced tillage organic agriculture. *European Journal of Agronomy*, *65*, 83-94.

Sadri, S., Pouryousef, M., & Soleimani, A. (2014). Evaluation of yield, essential oil and productivity indices in fennel and fenugreek intercropping. Journal of *Crop Improvement*, *16*(4), 921-932. (In Persian).

Salehi, A., Fallah, S., Kaul, H. P., & Zitterl-Eglseer, K. (2018). Antioxidant capacity and polyphenols in buckwheat seeds from fenugreek/buckwheat intercrops as influenced by fertilization. *Journal of Cereal Science*, *84*, 142-150.

Steinmaus, S., Elmore, C. L., Smith, R. J., Donaldson, D., Weber, E. A., Roncoroni, J. A., & Miller, P. R. M. (2008). Mulched cover crops as an alternative to conventional weed management systems in vineyards. *Weed Research*, *48*(3), 273-281.

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

Vrignon-Brenas, S., Celette, F., Piquet-Pissaloux, A., Jeuffroy, M. H., & Davi, C. (2016). Early assessment of ecological services provided by forage legumes in relay intercropping. *European Journal of Agronomy*, *75*, 89-98.

Weih, M., Mínguez, M. I., & Tavoletti, S. (2022). Intercropping systems for sustainable agriculture. *Agriculture*, *12*(2), 291-302.

Weisany, W., Zehtab-Salmasi, S., Raei, Y., Sohrabi, Y., & Ghassemi-Golezani, K. (2016). Can arbuscular mycorrhizal fungi improve competitive ability of dill+common bean intercrops against weeds? *European Journal of Agronomy*, *75*, 60-71.

Yaghoubi, S. R., & AghaAlikhani, M. (2011). Effect of periodical control and interference of weeds natural population on yield and yield components of winter canola (*Brassica napus* L.). *Iranian Journal of Field Crops Research*, *9*(4), 659-669. (In Persian).

Yilmaz, S., Atak, M., & 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*(1), 135-143.

Zarei, M., Armin, M., & Al-Reza Hokmabadi, M. (2019). Weed interference duration effect on yield and yield components of cumin (*Cuminum cyminum* L.) in conventional and organic conditions. *Journal of Crop Ecophysiology*, *4*(52), 621-638. (In Persian).

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