Journal of Agroecology
Homepage: http://agry.um.ac.ir

Research Article
Vol. 17, No. 2, 2025, p. 341-359

Investigating the Effect of Mulch on Weed Control and Product Quality in Intercropping of Stevia (*Stevia rebaudiana*) and Iranian Borage (*Echium amoenum*)

Mohammad Raiszadeh [1], Alireza Abdali Mashhadi [2*], Mohammad Hosein Gharineh [3], Gholamreza Godarzi [4], and Amin Lotfi Jalalabadi [5]

1- Ph.D. Student, Department of Production and Plant Genetics Engineering, Faculty of Agriculture, Agricultural Sciences and Natural Resources University of Khuzestan, Bavi, Mollasani, Iran
2- Professor, Department of Production and Plant Genetics Engineering, Faculty of Agriculture, Agricultural Sciences and Natural Resources University of Khuzestan, Bavi, Mollasani, Iran
3- Professor, Department of Production and Plant Genetics Engineering, Faculty of Agriculture, Agricultural Sciences and Natural Resources University of Khuzestan, Bavi, Mollasani, Iran
4- Associate Professor, Markazi Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Markazi Province, Arak, Iran
5- Associate Professor, Department of Production and Plant Genetics Engineering, Faculty of Agriculture, Agricultural Sciences and Natural Resources University of Khuzestan, Bavi, Mollasani, Iran
(*- Corresponding author's Email: alirezaabdali@asnrukh.ac.ir)

Received: 05-12-2024
Revised: 15-04-2025
Accepted: 29-04-2025
Available Online: 27-07-2025

How to cite this article:
Raiszadeh, M., Abdali Mashhadi, A., Gharineh, M., Godarzi, G., & Lotfi Jalalabadi, A. (2025). Investigating the effect of mulch on weed control and product quality in intercropping of stevia (*Stevia rebaudiana*) and Iranian borage (*Echium amoenum*). *Journal of Agroecology*, *17*(2), 341-359. (In Persian with English abstract)
https://doi.org/10.22067/agry.2025.91101.1224

Introduction

Intercropping is one of the most economical and accessible methods for increasing crop production. Intercropping increases the quantity and quality of yield by reducing intraspecific competition and supporting plants mutually. Research on organic mulches relates to plant residues such as straw, leaves, and various types of manure. In sustainable agriculture, mulches can improve conditions for growth and environmental stress tolerance. The use of mulch and mixed cropping can affect environmental factors (such as temperature, humidity, water and soil salinity, and light intensity and quality) and biological factors (such as fauna and flora inside and outside the soil surface, pest, disease, and weed populations, and reduced intra- and inter-specific competition) at the microclimate scale, improving quantitative and qualitative Yield. Iranian borage (*Echium amoenum*) is a herbaceous, perennial, long-day plant, and stevia (*Stevia rebaudiana*) is a bushy, perennial plant sensitive to cold. In this regard, intercropping stevia and Iranian borage in new regions can create opportunities for employment and profitability.

Materials and Methods

©2023 The author(s). This is an open access article distributed under Creative Commons Attribution 4.0 International License (CC BY 4.0), which permits use, sharing, adaptation, distribution and reproduction in any medium or format, as long as you give appropriate credit to the original author(s) and the source.

https://doi.org/10.22067/agry.2025.91101.1224

The experiment was conducted as a two-year factorial with two factors based on a randomized complete block design with three replications at the Agricultural Research and Education Center of Arak during the 2020-2021 and 2021-2022 growing seasons. Treatments included wheat straw mulch at three levels (no mulch - zero, furrow mulch coverage - 3 tons per hectare, and complete furrow and ridge mulch coverage - six tons per hectare) and intercropping ratios of stevia and Iranian borage using replacement method (100% Iranian borage, 75% Iranian borage - 25% stevia, 50% Iranian borage - 50% stevia, 25% Iranian borage -75% stevia, and 100% stevia).

Results and Discussion

The lowest weed biomass (60 g/m²) and highest volumetric moisture content in the first year (12.07) and second year (12.7) were observed in pure Iranian borage cultivation with complete furrow and ridge mulch coverage. The highest weed biomass (296 g/m²) and lowest volumetric moisture content in the first year (2.5) and second year (2.03) were found in pure stevia cultivation without mulch. The highest canopy temperature in winter (3.86°C) was obtained with furrow and ridge mulch coverage, while the lowest summer canopy temperature (32°C) was observed in intercropping ratios of 50% stevia-50% borage, 75% borage-25% stevia, and pure Iranian borage cultivation with complete furrow and ridge mulch coverage. The highest stevioside content in stevia (3.74) was achieved with a 75% stevia-25% Iranian borage ratio and furrow mulch application. Analysis of Iranian borage fatty acids showed the highest gamma-linolenic acid percentage with furrow and ridge mulch coverage, differing by 1.2% from the lowest percentage observed without mulch. The highest unsaturated fatty acids, oleic acid (21.8%) and linoleic acid (24.7%), were obtained in the planting ratio (25% stevia and 75% Iranian borage and pure Iranian borage cultivation) with furrow and ridge mulch, while the lowest oleic acid (17.9%) and linoleic acid (18.8%) were found in the ratio (25% stevia and 75% Iranian borage without mulch). The highest saturated fatty acid, palmitic acid (10.5%), was found in the intercropping ratio (25% stevia and 75% borage) without mulch, and the highest stearic acid (4.95%) was obtained in the ratio (75% stevia and 25% Iranian borage and pure cultivation) without mulch. The lowest saturated fatty acid palmitic (9.92%), and the lowest stearic acid (4.05%) were obtained in the treatment (75% stevia and 25% Iranian borage with furrow and ridge mulch). The highest dry flower weight of Iranian borage (837 kg/ha) was obtained with the use of mulch in rows and ridges and an intercropping ratio of 50% stevia and 50% Iranian borage. The highest stevia plant height was observed in the 100% stevia and complete furrow and ridge mulch coverage. Results showed that applying mulch in-furrow and ridge and intercropping with a higher percentage of stevia leads to better quality in Iranian borage oil.

Conclusion

The furrow and ridge mulch coverage treatment resulted in the highest levels of measured traits in this study, including soil volumetric moisture content, unsaturated fatty acid linoleic acid content, the highest gamma-linolenic acid content, as well as maximum winter canopy temperature and lowest weed biomass. The planting ratio (75% stevia - 25% borage) with furrow mulch application achieved the highest stevioside content.

Keywords: Canopy Temperature, Fatty Acid, Glycoside, Soil Volumetric Moisture

نشریه بوم شناسی کشاورزی
Homepage: http://agry.um.ac.ir

مقاله پژوهشی

جلد ۱۷، شماره ۲، تابستان ۱٤۰٤، ص ۳۵۹-۳٤۱

بررسی اثر مالچ آلی بر مهار علف‌های هرز و کیفیت محصول در کشت مخلوط استویا (*Stevia rebaudiana*) و گل گاوزبان ایرانی (*Echium amoenum*)

محمد رئیس زاده[۱]، علیرضا ابدالی مشهدی[۲*]، محمدحسین قرینه[۳]، غلامرضا گودرزی[٤] و امین لطفی جلال آبادی[۵]

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۰۹/۱۵

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۰۲/۰۹

چکیده

استویا (*Stevia rebaudidna* Bertoni) یک شیرین‌کننده طبیعی کم‌کالری و گل‌گاوزبان ایرانی (*Echium amoenum* Fisch. & C.A. Mey.) یک گیاه دارویی پرمصرف است. از راه‌های صحیح برای مدیریت تولید محصولات گیاهی که منجر به بهبود کارآیی مصرف منابع می‌شود، استفاده از سیستم‌های کشت مخلوط می‌باشد، که به‌عنوان یکی از جلوه‌های کشاورزی پایدار شناخته می‌شود. آزمایش به‌صورت دوساله (۱۴۰۱-۱۴۰۰ و ۱۴۰۰-۱۳۹۹) و به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی و در سه تکرار در شهرستان اراک انجام شد. عامل اول کاربرد مالچ کاه وکلش گندم (*Triticum aestivum* L.) شامل عدم کاربرد مالچ (شاهد)، پوشش مالچ روی جوی‌ها (سه تن در هکتار)، پوشش مالچ روی جوی‌ها و پشته‌ها (شش تن در هکتار) و عامل دوم شامل کشت مخلوط به‌روش جایگزینی (کشت خالص استویا، ۷۵ درصد استویا + ۲۵ درصد گل‌گاوزبان، ۵۰ استویا + ۵۰ درصد گل‌گاوزبان، ۲۵ درصد استویا + ۷۵ درصد گل‌گاوزبان، کشت خالص گل‌گاوزبان) بودند. اثر متقابل مالچ و کشت مخلوط بر زیست‌توده علف‌های هرز، رطوبت حجمی خاک، گلیکوزیدهای استویا و اسیدهای چرب گل‌گاوزبان و دمای کانوپی (تاج‌پوشش) در تابستان معنی‌دار شد. مالچ اثر معنی‌دار بر دمای تاج‌پوشش در زمستان داشت، پوشش مالچ مانند یک عایق حرارتی باعث افزایش دما در زیر کاه‌وکلش گندم شد. بیشترین زیست‌توده علف‌هرز (۲۶۰ گرم بر مترمربع) در کشت خالص استویا و عدم مصرف مالچ و کم‌ترین زیست‌توده علف‌هرز (۶۰ گرم بر مترمربع) در کشت خالص گل گاوزبان و پوشش کامل جوی و پشته توسط مالچ مشاهده شد. بالاترین میزان استویوزید (۳/۷۴ درصد) در نسبت کشت ۷۵ درصد استویا + ۲۵ درصد گل گاوزبان و مالچ در داخل جوی به دست آمد. بیشترین مقدار رطوبت حجمی (۱۲/۷ درصد) در کشت خالص گل‌گاوزبان و پوشش جوی و پشته به‌وسیله مالچ حاصل شد. بیشترین میزان اسیدهای چرب غیراشباع اولئیک (۲۱/۸ درصد) و لینولئیک (۲۴/۷ درصد) در کشت خالص گل‌گاوزبان و پوشش جوی و پشته به‌وسیله مالچ به دست آمد. به‌طور کلی، با کاربرد مالچ در جوی و پشته (شش تن در هکتار) بهترین نتایج کیفی حاصل شد. بالاترین وزن گل خشک گاوزبان ایرانی (۸۳۷ کیلوگرم در هکتار) با کاربرد مالچ در جوی و پشته و نسبت کشت ۵۰ درصد استویا و ۵۰ درصد گاوزبان به دست آمد. همچنین با توجه به عدم تولید گل‌گاوزبان در سال اول و تولید استویا در تیمارهای کشت مخلوط و نتایج به‌دست‌آمده از تولید محصول هر دو گیاه در سال دوم، مشخص گردید که تیمار کشت مخلوط ۵۰ درصد گل‌گاوزبان و ۵۰ درصد استویا در درجه اول و سپس تیمار کشت مخلوط ۷۵ درصد استویا و ۲۵ درصد گل‌گاوزبان مناسب‌ترین نسبت‌های کشت مخلوط می‌باشند.

واژه‌های کلیدی: اسید چرب، دمای تاج‌پوشش، رطوبت حجمی خاک، گلیکوزید

۱- دانشجوی دکتری، گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان، باوی، ملاثانی، ایران

۲و۳- استاد، گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان، باوی، ملاثانی، ایران

۴- دانشیار، مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان مرکزی-اراک، ایران

۵- دانشیار، گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان، باوی، ملاثانی، ایران

(*- نویسنده مسئول: Email: alirezaabdali@asnrukh.ac.ir)

https://doi.org/10.22067/agry.2025.91101.1224

مقدمه

براساس گزارش‌ها حدود ۸۰ درصد مردم دنیا به‌صورت سنتی از گیاهان دارویی استفاده می‌کنند (Davis & Choisy, 2024). از سوی دیگر، تمایل به کشت‌های مخلوط چندگونه‌ای رو به افزایش است. این مخلوط‌ها زیست‌توده بیشتری تولید می‌کنند، علف‌های هرز بیشتری را سرکوب نموده، نیتروژن بیشتری را جمع‌آوری کرده، آب را در خاک بیشتر حفظ می‌کنند، بیولوژی خاک را بیشتر تحریک می‌نماید، بازده محصولات بعدی را افزایش می‌دهند و پایداری تولید بالاتری نسبت به همتایان تک‌کشتی خود دارند (Florence & McGuire, 2020). کشت مخلوط یک تکنیک کشاورزی است که در آن بسیاری از محصولات با هم در یک مزرعه کشت می‌شوند و به‌دلیل توانایی آن در بهبود بهره‌وری در تولید غذا و علوفه به‌طور گسترده‌تر مورد تأیید قرار گرفته است. این روش کشاورزی امکان ادغام استراتژیک یک محصول سودآور با محصولات پوششی یا غیرسودآور را برای دستیابی به منافع متقابل فراهم می‌کند. طرح‌های کشت مخلوط برای دستیابی به محصول بیشتر، کاهش استفاده از مواد شیمیایی و کودها، و افزایش کارآیی مصرف آب، به‌ویژه در شرایط سخت کشورهای خشک و نیمه‌خشک متفاوت است (Toker et al., 2024). نکته منفی کشاورزی مدرن مبتنی بر تک‌کشتی، از بین رفتن تنوع زیستی زمین‌های کشاورزی و اثرات منفی بر محیط زیست و عملکرد بوم‌نظام است که امنیت غذایی و پایداری کشاورزی را تهدید می کند. کشت مخلوط راهی برای تقویت تولید کشاورزی پایدار از طریق افزایش گونه‌های زراعی درون مزرعه و تنوع ژنتیکی است. بنابراین، کشت مخلوط در حال تبدیل شدن به یک موضوع داغ برای بوم‌شناسان و کشاورزان به‌عنوان راهی برای طراحی مجدد سیستم‌های کشت نوآورانه و کارآمد برای رسیدگی به چالش‌های فوری است (Yu et al., 2025). نظام کشت مخلوط، میزان اسید پالمتیک روغن بادام زمینی (*Arachis hypogaea* L.) را در مقایسه با کشت خالص آن کاهش داد و نشان داد که نظام کشت مخلوط می‌تواند میزان اسید چرب اشباع‌شده پالمتیک را کاهش و کیفیت روغن بادام زمینی را بهبود بخشد (Rezapour Kavishahi et al., 2021). بیشترین درصد روغن دانه به سیستم کشت مخلوط افزایشی ۲۰ درصد بالنگوی شهری (*Lallemantia iberica* Fisch. & C.A. Mey.) + ۱۰۰ درصد خرفه (*Portulaca oleracea* L.) تعلق داشت (Basereh et al., 2015). همچنین گزارش شده که مقادیر اسیدهای چرب غیراشباع در کشت مخلوط ذرت (*Zea mays* L.) – سویا (*Glycine max* L. Merrill) بیشتر از کشت خالص بود (Yang et al., 2017). مالچ‌های قابل تجزیه زیستی مانند کاه و برگ دارای مزیت‌هایی مانند حفظ رطوبت خاک، کاهش فرسایش خاک، جلوگیری از رشد علف‌های هرز و بیماری‌ها هستند (Feldman et al., 2000). بیشتر تحقیقات انجام‌شده در زمینه مالچ‌های آلی، مربوط به بقایای گیاهی نظیر کاه‌وکلش، برگ‌ها، چوب، خاک اره و خرده چوب و انواع کودهای دامی می‌باشد. در پژوهشی، استفاده از بقایای گندم (*Triticum aestivum* L.) به‌خصوص کاربرد هشت تن کاه وکلش از طریق مواد آللوپاتیک موجود در آن مانند اسیدهای فنولیک، مواد فنولی و ترپنوئید باعث کاهش تراکم علف‌های هرز و افزایش قدرت رقابت لوبیا با علف‌های هرز گردید. همچنین نقش مؤثر کاه وکلش گندم در بهبود شرایط فیزیکی خاک از نظر جذب نسبی رطوبت، تعدیل دمای خاک، فراهمی نسبی مواد آلی خاک، بهبود ساختار خاک‌دانه‌ها و کاهش تشکیل سله در خاک و نیز کاهش وزن مخصوص ظاهری خاک داشته و می‌تواند باعث افزایش صفاتی همچون عملکرد بیولوژیک و دانه لوبیا (*Phaseolus vulgaris* L.) شود (Shahbyki et al., 2017).

استویا با نام علمی *Stevia rebaudidna* Bertoni گیاهی بوته‌ای، پایا و چندساله است که به خانواده آفتابگردان تعلق دارد. این گیاه حساس به سرما است و دارای برگ‌های کوچکی است که به‌صورت متناوب روی ساقه قرار دارند. گل‌های آن کوچک، سفید و در قسمت میانی به‌رنگ بنفش کم‌رنگ هستند و به‌صورت خوشه‌ای روی ساقه ظاهر می‌شوند (Ali et al., 2010). بهترین شرایط محیطی استویا، هوای مرطوب همراه با دمای ۱۵ تا ۳۵ درجه سلسیوس است. علاوه‌بر شرایط ذکرشده، گیاه استویا در روزهای کمتر از ۱۳ ساعت به گل رفته و گل‌دهی سبب کاهش چشمگیر در میزان محصول برگ و کم شدن کمّی و کیفی گلیکوزیدها خواهد شد (Ramesh et al., 2006). محتوای بالای دی‌ترپن‌ها در برگ‌های خشک‌شده استویا (حدود ۲۰/۴ درصد) عامل مزه شیرین این گیاه هستند (Cacciola et al., 2011). گلیکوزیدهای استویول در گیاه استویا به‌عنوان جایگزینی برای ساکاروز برای درمان چاقی، دیابت، فشار خون و پیشگیری از پوسیدگی‌های دندانی استفاده می‌شوند

(Goyal et al., 2010). گل‌گاوزبان ایرانی (*Echium amoenum* Fisch. & C.A. Mey.) گیاهی علفی، چندساله، روز بلند، و متعلق به خانواده گاوزبان (Boraginaceae) می‌باشد (Akbarnia et al., 2009). بذر گونه‌های مختلف گل‌گاوزبان درصد بالایی از اسیدهای چرب غیراشباع امگا- ۳ و امگا-۶ را دارا می‌باشند (Baker et al., 2016). حضور اسیدهای چرب ضروری غیراشباع دارای ارزش تغذیه‌ای در گل گاوزبان ایرانی نشان‌دهنده این است که روغن دانه گل گاوزبان ایرانی دارای استعداد بالقوه جهت استفاده به‌عنوان منبع اسیدهای چرب برای صنایع دارویی، غذایی و آرایشی می‌باشد (Hosseinpour et al., 2012). هدف از اجرای این آزمایش، به‌طور ویژه، بررسی اثر پوشش خاک با مالچ کاه‌وکلش گندم بر تحمل گیاه گرمسیری استویا به دمای پایین زمستان شهرستان در اراک بود. همچنین با توجه به فنوتیپ و مراحل رشد و نموی استویا و گل‌گاوزبان ایرانی، در کشت مخلوط این دو گیاه، امکان حمایت دو گیاه از یکدیگر در مقابل تنش‌های محیطی، بهره‌وری بهتر از منابع و نیز کاهش رقابت درون‌گونه‌ای وجود داشت. گل‌گاوزبان ایرانی در سال اول محصول ندارد، ولی دارای محصول قابل برداشت است، بنابراین، در کشت مخلوط دو گیاه، برداشت محصول استویا در سال اول به لحاظ اقتصادی می‌تواند برای کشاورز درآمد ایجاد کند. در این راستا، ارزیابی اختلاط و تلفیق دو عامل کاربرد مالچ و کشت مخلوط بر برخی شرایط محیطی و ویژگی‌های کمّی و کیفی دو گیاه، موضوع جذابی بود که در این پژوهش به آن پرداخته شده است.

مواد و روش‌ها

آزمایش به‌صورت دوساله و به‌صورت فاکتوریل دو عاملی بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در مرکز آموزش و تحقیقات کشاورزی شهرستان اراک (منطقه سردسیر با آب‌وهوای خشک و نیمه‌خشک، ارتفاع از سطح دریا ۱۷۰۸ متر و مشخصات عرض ۳۴ و طول ۴۹:۴۰ درجه جغرافیای) در طی دو سال زراعی ۱۴۰۰-۱۳۹۹ و ۱۴۰۱-۱۴۰۰ اجرا شد. با توجه به اینکه گیاه گاوزبان در سال اول دارای رشد رزت بوده و عملکرد نداشته، صفات اندازه‌گیری‌شده در این آزمایش برای هر دو گیاه در سال دوم اندازه‌گیری شدند. عامل اول آزمایش، کاربرد مالچ کاه‌وکلش گندم در سه سطح شامل عدم کاربرد مالچ (شاهد)، کاربرد سه تن در هکتار مالچ کاه‌وکلش گندم برای پوشش جوی‌ها و نیز کاربرد شش تن در هکتار مالچ کاه‌وکلش گندم برای پوشش جوی‌ها و پشته‌ها بود. مالچ از مزرعه‌ای دیگر تهیه و به مکان آزمایش منتقل و توسط دست بر روی سطح خاک پخش گردید. دومین عامل آزمایش شامل نسبت‌های کاشت مخلوط استویا و گل‌گاوزبان ایرانی به‌روش جایگزینی (۱۰۰ درصد استویا، ۲۵ درصد استویا - ۷۵ درصدگاوزبان، ۵۰ درصد استویا - ۵۰ درصد گل گاوزبان، ۷۵ درصد استویا - ۲۵ درصد گل گاوزبان و ۱۰۰ درصد گل گاوزبان ایرانی) بود.

خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه آزمایشی مورد بررسی قرار گرفت (جدول ۱).

جدول ۱- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه آزمایشی

Table 1- Physical and chemical properties of the experimental farm soil

عمق نمونه‌برداری Sampling depth (cm)	هدایت الکتریکی EC (mmhos.cm^{-1})	پی‌اچ pH	مواد آلی Organic materials (%)	عناصر غذایی Nutrient elements (mg.kg^{-1})			بافت Texture
				نیتروژن (کل) N	فسفر P	پتاس K	
30	0.9	8.1	0.4	4	9	286	لومی رسی Clay loam

عملیات خاک‌ورزی شامل شخم عمیق و سپس دیسک عمود بر آن برای خرد کردن کلوخه‌ها و عملیات کوددهی و دیسک عمود بر دیسک اول جهت مخلوط کردن کود فسفات تریپل (۱۵۰ کیلوگرم در هکتار) با خاک و سپس عملیات تسطیح بود. هر کرت به عرض سه متر و دارای شش خط به طول سه متر بود. فاصله بین کرت‌ها ۰/۵ متر در نظر گرفته شد. فاصله خطوط کاشت و نیز فاصله بوته‌ها روی خط کاشت برای هر دو گیاه استویا و گل‌گاوزبان ایرانی ۵۰ سانتی‌متر در نظر گرفته شد. کاشت گیاه استویا و گل‌گاوزبان ایرانی از طریق

نشاکاری به‌وسیله دست و با توجه به شرایط آب‌وهوایی منطقه در اواخر اردیبهشت ماه و در یک روز انجام شد. نشاهای استویا و گاوزبان ایرانی از شرکت زرین گیاه ارومیه و در مرحله ۶-۵ برگی تهیه گردیدند. کود نیتروژن به‌صورت سرک در دو مرحله به گیاهان داده شد. به همین خاطر، ۵۰ درصد کود نیتروژن به فاصله ۲۰ روز بعد از کشت نشاها به گیاهان داده شد و ۵۰ درصد مابقی نیز به‌مدت ۴۰ روز بعد از کشت نشاها به مزرعه داده شد. به این منظور، برای تأمین کود نیتروژن مورد نیاز از کود اوره استفاده گردید (۱۵۰ کیلو گرم نیتروژن خالص در هکتار).

اولین آبیاری بلافاصله پس از کاشت و آبیاری‌های بعدی به فاصله هر هفت روز یک‌بار تا آخر فصل رشد به‌صورت قطره‌ای (نوار تیپ) انجام شد. پس از گذشت سه هفته و مستقر شدن گیاهان اقدام به اعمال تیمار کاه‌وکلش گندم گردید. برای اندازه‌گیری دما در زیر و بالای سطح مالچ در فواصل زمانی مشخص در فصول مختلف سال از دماسنج استفاده شد، در فواصل زمانی مشخص در فصول مختلف (تابستان و زمستان) با استفاده از دماسنج، میزان دما در زیر سطح پوشش مالچ و بالای سطح خاک و نیز بالای سطح مالچ و در زیر تاج‌پوشش گیاه اندازه‌گیری شد. فلور علف‌های هرز مزرعه شامل یولاف وحشی (*Avena fatua* L.)، پیچک صحرایی (*Convolvulus arvensis* L.)، خاکشیر (*Descurainia sophia* L.)، پنیرک (*Malva sylvestris* L.)، بومادران (*Achillea santolina* L.)، گل گندم (*Centaurea depressa* M. Bieberstein) و کاهو وحشی (*Lactuca serriola* L.) بود. در سال اول اجرای آزمایش، برای اندازه‌گیری ارتفاع بوته استویا، در هر کرت ۱۰ بوته به‌طور تصادفی انتخاب و با متر اندازه‌گیری شد. به‌منظور اندازه‌گیری رطوبت حجمی خاک در عمق ۱۵سانتی‌متری، توسط رینگ استوانه‌ای با حجم ۱۰۰ سانتی‌متر مکعب از هر کرت انتخاب و بلافاصله وزن گردید و سپس در دستگاه آون در دمای ۱۱۰ درجه سانتی‌گراد قرار داده شد و پس از ۴۸ ساعت جهت تعیین وزن خشک دوباره توزین گردید. درصد رطوبت حجمی خاک هر تیمار آزمایش توسط معادله ۱ محاسبه شد (Jahantigh et al., 2021):

$$Qt=Vm/Vt \times 100 \quad \text{معادله (۱)}$$

که در آن، Qt: درصد رطوبت حجمی، Vm: تفاوت وزن مرطوب و وزن خشک (حجم آب خاک) و Vt: حجم کل نمونه خاک ۱۰۰ سانتی‌مترمکعب است.

زیست‌توده علف‌های هرز مزرعه با استفاده از کادر ۰/۵ در ۰/۵ متر در سال دوم و همزمان با مرحله رشد کامل رویشی مشخص گردید. برای اندازه‌گیری اسیدهای چرب گل گاوزبان، چهار میلی‌گرم از ماده نمونه خشک بذر (در سال دوم) در داخل ویال دو میلی‌لیتر ریخته شد و به آن ۳۰۰ میکرولیتر از محلول اسید سولفوریک دو درصد در متانول اضافه شد، سپس درب ویال‌ها با پارافیلم به‌دقت پوشانده گردید تا از تبخیر متانول جلوگیری شود. سپس ویال‌ها به‌مدت ۲۰ ثانیه ورتکس گردید. در ادامه به‌مدت دو ساعت در دمای ۸۰ درجه سانتی‌گراد و ۷۵۰ دور بر دقیقه داخل ترمو میکسر قرار گرفت. سپس ویال‌ها به‌مدت پنج دقیقه در دمای اتاق سرد شدند. در مرحله بعد، ۳۰۰ میکرولیتر سدیم کلرید ۰/۹ درصد و ۳۰۰ میکرولیتر از هگزان به آن اضافه گردید و به‌مدت ۲۰ ثانیه ورتکس شد، در ادامه به‌مدت پنج دقیقه در دمای ۲۰ درجه سانتی‌گراد با دور ۳۰۰۰ سانتریفیوژ گردید تا دو فاز تشکیل شد، سپس از فاز رویی مقدار یک میکرولیتر هگزان برداشت شد. در مرحله بعد، متیل استر اسیدهای چرب به دستگاه گازکروماتوگرافی (GC) تزریق شد (Ghanbari Moheb Seraj et al., 2022).

ویژگی‌های دستگاه کروماتوگرافی گازی (GC):

ستون سیلیس ذوب‌شده (100 m, 0.25 mm I.D, film thickness 0.25 µm)، دمای تزریق مواد (300 ºC)، نسبت تقسیم (1:20)، گاز نیتروژن (1 $mL.min^{-1}$)، دمای آون (130 ºC, 4min, 5 ºC /min to 180 ºC, 8 min, 4 ºC /min to 220 ºC, 7 min)، دمای آشکارساز (280 ºC)، گازهای آشکارساز شامل (Hydrogen: 40 $mL.min^{-1}$; Air 400 $mL.min^{-1}$; Nitrogen make-up gas: 30 $mL.min^{-1}$) و آشکارساز یونیزاسیون شعله (FID) می‌باشد.

برای اندازه‌گیری درصد گلیکوزیدهای استویا، نمونه برگ‌ها از سه محل برگ‌های پایینی، میانی و بالایی گیاه از هر کرت جمع‌آوری و در آون با دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد به‌مدت ۴۸ ساعت خشک و سپس توسط آسیاب، پودر گردید. جهت آماده کردن نمونه برای هر کرت، ۰/۵ گرم پودر نمونه در ۵۰ سی‌سی اتانول ۷۰ درصد حل گردید، سپس از طریق دستگاه HPLC بعد از کالیبراسیون دستگاه اقدام به اندازه‌گیری درصد گلیکوزیدهای برگ استویا شد (Allam et al., 2001).

مشخصات دستگاه HPLC:

ستون: C_{18}، 4 mm, 5 µm، دتکتور: UV (طول موج ۲۱۰ نانومتر)، سرعت جریان فاز متحرک Flow rate= 1 ml/min و دمای ستون ۴۰ °C و Run time=25 min

گل‌گاوزبان در سال اول دارای رشد رویشی بود و گل‌دهی اصلی گل‌گاوزبان در سال دوم و در ماه اردیبهشت صورت گرفت. برای محاسبه عملکرد گل خشک گل‌گاوزبان، ردیف‌های کناری و نیز بوته‌های واقع در ابتدا و انتهای کرت‌ها حذف شد. سپس چهار بوته از ردیف‌های وسط کرت مورد اندازه‌گیری قرار گرفت. گل‌ها در دمای محیط و در سایه خشک شد. سپس با استفاده از ترازوی با دقت ۰/۰۱ گرم، وزن خشک نمونه‌ها اندازه‌گیری گردید. محاسبات آماری و تجزیه واریانس با استفاده از نرم‌افزار SAS نسخه ۹/۴ و با استفاده از نرم‌افزار EXCEL و روش مقایسه میانگین آزمون حداقل تفاوت معنی‌دار (LSD) بود.

نتایج و بحث

زیست‌توده علف هرز

نتایج حاصل از تجزیه واریانس (جدول ۲) نشان داد که اثر متقابل سطوح مالچ کاه‌وکلش گندم و کشت مخلوط بر صفت اندازه‌گیری زیست‌توده علف هرز معنی‌دار شد. مقایسات میانگین‌ها نشان داد که بیشترین زیست‌توده علف هرز (۲۶۰ گرم بر مترمربع) مربوط به تیمار کشت خالص استویا و عدم مصرف مالچ بود. کمترین زیست‌توده علف هرز (۶۰ گرم بر مترمربع) در تیمار کشت خالص گل گاوزبان و پوشش کامل جوی و پشته توسط مالچ به دست آمد. احتمال دارد که کاهش علف‌های هرز به‌دلیل رشد انبوه و غلبه بوته‌های گل گاوزبان در رقابت با علف‌های هرز و همچنین پوشش کامل سطح خاک در جوی و پشته‌ها با استفاده از کاه‌وکلش گندم باشد. در تیمارهای کشت خالص استویا و عدم مصرف مالچ کاه‌وکلش گندم، فضای کافی و مناسب‌تری برای علف‌های هرز به‌منظور استفاده از منابع وجود داشت، به همین دلیل ممکن است که در ترکیب تیماری مذکور، رشد علف‌های هرز زیادتر شده باشد. در گیاه جو (*Hordeum vulgare* L.) کاربرد بقایای گندم به‌میزان هشت تن در هکتار، بعد از تیمار وجین دستی کم‌ترین تراکم علف‌های هرز را داشت که به لحاظ آماری معادل با کاربرد تیمار علف‌کش تری فلورالین بود (Shahbyki et al., 2017). در کشت مخلوط گندم – عدس (*Lens culinaris* Medik.)(Carr et al., 1995) و در کشت مخلوط یولاف (*Avena sativa* L.) – شبدر برسیم (*Trifolium alexandrinum* L.) (Holland et al., 1999) نیز کاهش زیست‌توده علف‌های هرز در سیستم‌های کشت مخلوط، عامل اصلی افزایش کارایی و عملکرد در کشت مخلوط گزارش شده است. همچنین در کشت مخلوط با نسبت ۵۰ درصد گاوزبان اروپایی (*Borago officinalis* L.) و ۵۰ درصد سویا (*Glycine max* L.)، زیست‌توده و تراکم علف هرز نسبت به کشت خالص گاوزبان اروپایی کاهش معنی‌دار داشت (Bagheri et al., 2014).

اندازه‌گیری دمای زیر پوشش مالچ در تابستان

نتایج حاصل از تجزیه واریانس (جدول ۲) نشان داد که اثر متقابل سطوح مالچ کاه‌وکلش گندم و کشت مخلوط معنی‌دار شد. کم‌ترین دما در زیر مالچ (۳۲ درجه سانتی‌گراد) مربوط به تیمار کشت مخلوط با نسبت‌های ۵۰ درصد استویا –۵۰ درصد گل گاوزبان، ۷۵ درصد گل گاوزبان–۲۵ درصد استویا، و کشت خالص گل گاوزبان و پوشش کامل جوی و پشته توسط مالچ به دست آمد. براساس نتایج به‌دست‌آمده مشخص گردید که پوشش کامل جوی و پشته توسط مالچ موجب کاهش دما در فصل گرم تابستان گردید که نتایج آن با تیمار کشت مخلوط که درصد گل گاوزبان بالای ۵۰ درصد بود مشابهت داشت. کاهش دما در محیط تاج‌پوشش گیاهان در فصل تابستان می‌تواند ضمن حفظ رطوبت مورد نیاز گیاه، به رشد بهتر آن‌ها کمک کند. مالچ با تغییر دمای خاک، منجر به تغییر رژیم‌های حرارتی خاک می‌گردد (Arora et al., 2011). در پژوهشی در شمال غرب چین مشخص شد که استفاده از مالچ گندم منجر به نگهداشت ۷/۴ درصد رطوبت خاک و کاهش سه درصد دمای خاک در مزارع سویا گردید (Akhtar et al., 2019). مالچ به‌صورت بقایای سطحی می‌تواند با ایجاد عایق‌بندی سطح خاک، بر دمای خاک اثر بگذارد (Acharya et al., 2005).

جدول ۲- تجزیه واریانس (مجموع مربعات) رطوبت حجمی خاک، دمای زیر مالچ و زیست‌توده علف‌های هرز تحت نسبت‌های کشت مخلوط و سطوح مالچ

Table 2- Analysis of variance (sum of squares) of volumetric soil moisture, the temperature under the mulch and weed biomass under intercropping ratios and mulch levels

منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی d.f	مجموع مربعات Sum of squares				
		رطوبت حجمی Volumetric soil moisture		دمای زیر مالچ The temperature under the mulch		زیست‌توده علف هرز Weed biomass
		سال اول First year	سال دوم Second year	تابستان Summer	زمستان Winter	
تکرار Replication	2	0.012^{ns}	0.011^{ns}	0.533^{ns}	0.577^{ns}	71.2^{ns}
نسبت کاشت Planting ratio	4	43.1**	76.5**	5.46*	0.800^{ns}	103**
مالچ Mulch	2	366**	368**	261*	61.9**	615**
نسبت کاشت × مالچ Planting ratio × mulch	8	10.1**	11.1**	5.06*	0.533^{ns}	293**
خطا Error	28	0.277	0.365	4.80	2.75	122
ضریب تغییرات (٪) CV (%)		1.14	1.26	1.96	13.1	1.32

^{ns}، ** و *: به‌ترتیب غیر معنی‌دار، معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد و معنی‌دار در سطح احتمال یک و پنج درصد

ns, ** and *: non-significant, significant at 1% probability level and significant at 5% probability level, respectively.

اندازه‌گیری دمای زیر پوشش مالچ در زمستان

اثر مالچ بر دمای زیر سطح مالچ در فصل زمستان معنی‌دار شد (جدول-۲). مقایسات میانگین‌ها نشان داد که بیشترین دما در زیر مالچ (۳/۸۶ درجه سانتی‌گراد) با پوشش کامل جوی و پشته توسط مالچ به دست آمد (جدول ۴). گیاه استویا متعلق به اقلیم گرم و مرطوب می‌باشد و در شرایط تنش سرما و خشکی دچار آسیب‌دیدگی می‌گردد. در فصل زمستان به‌دلیل اینکه در سطح مزرعه بوته‌های استویا در پایان فصل رشد برداشت گردید، تنها پوشش مالچ کاه‌وکلش گندم توانست موجب تغییرات دما گردد. پوشش مالچ مانند یک عایق حرارتی باعث افزایش دما در زیر کاه‌وکلش گندم شد. در آزمایشی، کم ترین دمای سطح خاک در ظهر به‌ترتیب در زیر مالچ گندم و یونجه در مقدار هشت تن در هکتار مشاهده شد. همچنین بیشترین دمای سطح خاک در شب به‌ترتیب در زیر مالچ گندم (۲۱/۹ درجه سانتی‌گراد) و یونجه (*Medicago sativa* L.) (۲۰/۲ درجه سانتی‌گراد) هشت تن در هکتار به دست آمد (Basereh et al., 2015). مالچ‌ها به‌علت گرم نگهداشتن خاک باعث بهبود کیفیت میوه گوجه‌فرنگی (*Solanum lycopersicum* L.)، افزایش عملکرد و برداشت زودهنگام شدند (Moreno et al., 2008).

رطوبت حجمی خاک

نتایج حاصل از تجزیه واریانس نشان داد که اثر متقابل سطوح مالچ کاه‌وکلش گندم و کشت مخلوط بر صفت رطوبت حجمی هر دو سال همزمان با رشد کامل هر دو گیاه مورد کشت معنی‌دار گردید (جدول ۲). مقایسات میانگین‌ها (جدول ۳) نشان داد که بیشترین میزان رطوبت حجمی در سال اول (۱۲/۰۷ درصد) مربوط به تیمار کشت خالص گاوزبان و مصرف کامل جوی و پشته مالچ بود و کمترین میزان رطوبت حجمی (۲/۵ درصد) مربوط به تیمار کشت خالص استویا و عدم مصرف مالچ به دست آمد، همچنین بیشترین میزان رطوبت حجمی در سال دوم نیز مربوط به کشت خالص گاوزبان (۱۲/۷ درصد) و مصرف کامل جوی و پشته مالچ بود و کمترین میزان رطوبت حجمی (۲/۰۳ درصد) در تیمار کشت خالص استویا و عدم مصرف مالچ به دست آمد.

جدول ۳- مقایسه میانگین‌های زیست‌توده علف‌های هرز، دمای زیر مالچ در تابستان و رطوبت حجمی تحت نسبت‌های کشت مخلوط و سطوح مالچ

Table 3- Mean comparisons on weed biomass, temperature under mulch in summer and volumetric humidity under intercropping ratios and mulch levels

نسبت کاشت Planting ratio	مالچ Mulch	زیست‌توده علف هرز Weed biomass ($g.m^{-2}$)	دمای زیر مالچ در تابستان Temperature under mulch in summer (°C)	رطوبت حجمی Volumetric soil moisture (%)	
				سال اول First year	سال دوم Second year
۱۰۰٪ استویا 100% Stevia	عدم کاربرد No application	260	38.0	2.50	2.03
	مالچ در جوی Mulch on furrow	197	33.3	9.32	9.18
	مالچ در جوی و پشته Mulch on furrow and ridge	179	33.6	10.9	10.6
۷۵ ٪ استویا و ۲۵٪ گل‌گاوزبان 75% Stevia 25% Iranian Borage +	عدم کاربرد No application	234	38.0	3.21	3.11
	مالچ در جوی Mulch on furrow	177	33.3	8.78	8.92
	مالچ در جوی و پشته Mulch on furrow and ridge	162	33.6	10.3	10.6
۵۰ ٪ استویا و ۵۰٪ گل‌گاوزبان 50% Stevia 50% Iranian Borage +	عدم کاربرد No application	204	38.0	5.46	5.70
	مالچ در جوی Mulch on furrow	155	33.3	10.2	11.0
	مالچ در جوی و پشته Mulch on furrow and ridge	133	32.3	11.1	11.3
۲۵ ٪ استویا و ۷۵٪ گل‌گاوزبان 25% Stevia 75% Iranian Borage +	عدم کاربرد No application	170	38.0	6.03	6.72
	مالچ در جوی Mulch on furrow	97	32.6	11.0	11.7
	مالچ در جوی و پشته Mulch on furrow and ridge	81	32.0	11.4	11.8
۱۰۰٪ گل‌گاوزبان 100% Iranian Borage	عدم کاربرد No application	140	38.0	6.15	7.00
	مالچ در جوی Mulch on furrow	77	32.6	11.3	12.0
	مالچ در جوی و پشته Mulch on furrow and ridge	60	32.0	12.0	12.7
حداقل تفاوت معنی‌دار (۵٪) LSD (5%)		3.4931	0.6925	0.1665	0.1911

میانگین‌هایی که اختلاف آن‌ها بالاتر از حداقل اختلاف معنی‌دار (LSD) باشد دارای اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ می‌باشند.

Means that differ more than the least significant difference (LSD) are significant at the 5% probability level.

جدول ٤- مقایسه میانگین دمای زیر مالچ در زمستان سال ۱٤۰۰ تحت سطوح مالچ

Table 4- Means comparison temperature under the mulch in winter (2022) under mulch levels

مالچ Mulch	دمای زیر مالچ در زمستان Temperature under mulch in winter (°C)
عدم کاربرد No application	1.00
مالچ در جوی Mulch on furrow	2.26
مالچ در جوی و پشته Mulch on furrow and ridge	3.86
حداقل تفاوت معنی‌دار (٪۵) LSD (5%)	0.524

میانگین‌هایی که اختلاف آن‌ها بالاتر از حداقل اختلاف معنی‌دار (LSD) باشد دارای اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ٪۵ می‌باشند.
Means that differ more than the least significant difference (LSD) are significant at the 5% probability level.

نتایج آزمایش نشان داد که گیاه گاوزبان به‌دلیل رشد انبوه و گسترده می‌تواند با پوشش حداکثر سطح زمین، موجب کاهش تبخیر از سطح خاک و افزایش رطوبت حجمی گردد، همان‌گونه که در کشت خالص استویا و عدم کاربرد مالچ باعث شده است که سطح خاک در بین فواصل گیاهان بدون پوشش و موجب افزایش تبخیر و کاهش رطوبت حجمی در خاک شود. همچنین تیمارهای با پوشش جوی و پشته توسط مالچ و در کنار رشد گسترده بوته‌های گاوزبان باعث سایه‌اندازی در سطح خاک گردیده و موجب حفظ رطوبت خاک شده است. در آزمایشی که روی گیاهان مقاوم به خشکی و گیاهان بومی مناطق خشک و نیمه‌خشک مانند انواع کاکتوس و نیز برخی از گونه‌های علفی و بوته‌ای انجام شد، استفاده از مالچ و کاه بر روی خاک بدون پوشش نشان داد که میزان تبخیر از سطح خاک از ۱۱ تا ۸۴ درصد برای یک دوره کوتاه‌مدت و نصف این میزان را در دراز مدت کاهش داد (Burt et al., 2002). در پژوهشی، کاربرد مالچ کاه‌وکلش گندم در سطوح ۵، ۱۰ و ۱۵ تن در هکتار به‌ترتیب باعث افزایش ۱/۱، ۱/۲۵ و ۱/۲۵ برابری مقدار آب قابل دسترس خاک شد (Jordan et al., 2010). در تحقیقی، اثرات مالچ پلاستیکی همراه با مالچ کاه‌وکلش بر مقدار رطوبت خاک، درجه حرارت، عملکرد دانه و کارایی مصرف آب گندم زمستانی به‌مدت سه سال در چین مورد بررسی قرار گرفت، نتایج نشان داد که کاربرد مالچ پلاستیکی به همراه مالچ کاه‌وکلش، به‌ترتیب موجب افزایش ۳۵ و ۲۵ درصدی عملکرد دانه و کارایی مصرف آب در مقایسه با شیوه‌های مرسوم (بدون مالچ) گردید (Chen et al., 2015).

گلیکوزیدهای استویا

نتایج حاصل از تجزیه واریانس نشان داد که اثر متقابل سطوح مالچ و کشت مخلوط بر صفت گلیکوزیدهای استویا معنی دار گردید (جدول-۵).

مقایسه میانگین‌ها مشخص کرد که بیشترین میزان استویوزید (۳/۷۴ درصد) در نسبت کشت ۷۵ درصد استویا – ۲۵ درصد گاوزبان و مصرف مالچ در جوی به دست آمد. همچنین بالاترین میزان ریبودیوزید A (۳/۷۱ درصد) در نسبت کشت ۲۵ درصد استویا –۷۵ درصد گاوزبان و بدون کاربرد مالچ و بیشترین ریبودیوزید C (۰/۵۵۹ درصد) در نسبت کشت ۲۵ درصد استویا – ۷۵ درصد گاوزبان و پوشش مالچ در جوی و پشته حاصل گردید. شیرینی برگ‌های استویا به‌دلیل حضور مخلوط پیچیده‌ای از گلیکوزیدها است. گلیکوزیدهای عمده برگ استویا شامل استویوزید (۹/۱ درصد)، ریبادیوزید A (۳/۸ درصد)، ریبادیوزید C (۰/۶ درصد) و دولکوزید (۰/۳ درصد) است (Abdullateef et al., 2011). هدف از تولید گیاه استویا، تولید شیرین کننده بدون کالری طبیعی و جایگزین کردن آن به‌جای شیرین‌کننده‌های غیر طبیعی مضر است.

جدول ۵- تجزیه واریانس (مجموع مربعات) ریبودیوزید A، استویوزید، ریبودیوزید C و ارتفاع بوته استویا تحت نسبت‌های کشت مخلوط و سطوح مالچ

Table 5- Analysis of variance (sum of squares) of ribodiozide A, steviozide, ribodioside C and height of stevia plant under intercropping ratios and mulch levels

منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی d.f	مجموع مربعات Sum of squares			
		ریبودیوزید A Ribodiozide A	استویوزید Steviozide	ریبودیوزید C Ribodioside C	ارتفاع بوته استویا Height of stevia plant
تکرار Replication	2	0.007^{ns}	0.00028^{ns}	0.00024^{ns}	25.3
نسبت کاشت Planting ratio	4	21.7**	2.85**	0.315**	3726**
مالچ Mulch	2	11.6**	9.51**	0.048**	750**
نسبت کاشت × مالچ Planting ratio × mulch	8	6.39**	5.07**	0.286**	49.1*
خطا Error	28	0.183	0.031	0.011	71.2
ضریب تغییرات (٪) CV (%)		6.74	1.37	6.30	3.51

^{ns}، ** و *: به‌ترتیب غیر معنی‌دار، معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد و معنی‌دار در سطح احتمال یک و پنج درصد

ns, ** and *: non-significant, significant at 1% probability level and significant at 5% probability level, respectively.

در همین راستا راهکارهایی که موجب بهبود عملکرد و تولید گیاه گردد، مورد توجه می‌باشد. به نظر می‌رسد که وجود گیاه گاوزبان و کاربرد مالچ در سطح خاک، از طریق حفظ رطوبت در سطح خاک و خنک‌تر نگهداشتن خاک در فصل گرم، باعث تحریک رشد گیاه استویا شده و رشد بیشتر گیاه موجب استفاده مطلوب‌تر از عناصر غذایی و شرایط محیطی مناسب و در نتیجه، افزایش درصد گلیکوزیدهای استویا شده است. تحقیقات نشان داده است که در شرایط کاربرد مالچ کاه‌وکلش (نُه تن در هکتار)، بیشترین عملکرد اسانس رازیانه (*Foeniculum vulgare* Mill.) (۳/۱۷ درصد) به دست آمد و در شرایط عدم کاربرد مالچ، عملکرد اسانس (۲/۹۳ درصد) دچار کاهش گردید (Sharifi et al., 2022). همچنین با ۷۵ درصد سهم گاوزبان در کشت مخلوط و استفاده از مالچ کاه‌وکلش، کاهش رشد علف‌های هرز مشاهده گردید. احتمال دارد که افزایش درصد گلیکوزیدها در استویا با بهره‌وری بالاتر از منابع قابل دسترس و شرایط رشد مناسب‌تر مربوط باشد. در پژوهش روی گیاه دارویی نعناع فلفلی (*Mentha piperita* L.)، رشد و گسترش علف‌های هرز باعث کاهش میزان رشد در گیاه گردید و علف‌های هرز با تخلیه عناصر غذایی از خاک در نهایت، باعث کاهش میزان اسانس شدند (Gity et al., 2017). در پژوهش دیگری گزارش شد که عدم مبارزه با علف‌های هرز می‌تواند عملکرد اسانس در بادرشبو (*Dracocephalum moldavica* L.) را تا ۹۰ درصد کاهش دهد (Forouzin et al., 2011).

ارتفاع بوته استویا

اثر متقابل مالچ و نسبت کاشت در صفت ارتفاع بوته استویا معنی‌دار شد (جدول ۵). بالاترین ارتفاع بوته استویا در تیمار کشت خالص استویا و پوشش کامل جوی و پشته توسط مالچ مشاهده شد که نسبت به کم‌ترین ارتفاع بوته در نسبت کشت ۲۵ درصد استویا و ۷۵ درصد گاوزبان و عدم مصرف مالچ، ۱۲۱ درصد اختلاف داشت (جدول ۶). به نظر می‌رسد که با توجه با نیاز بالای استویا به رطوبت قابل دسترس جهت رشد، مالچ کاه‌وکلش گندم می‌تواند با حفظ رطوبت، شرایط را برای رشد بهتر استویا نسبت به تیمارهای با مقدار متوسط مالچ و فاقد مالچ فراهم نماید. در آزمایشی بالاترین ارتفاع بوته بامیه، با کاربرد مالچ‌های برگ انبه و پلی‌اتیلن و کم‌ترین ارتفاع بوته در شاهد مشاهده شد (Manasar et al., 2022).

جدول ٦- مقایسه میانگین‌های ریبودیوزید A، استویوزید، ریبودیوزید C و ارتفاع بوته استویا تحت نسبت‌های کشت مخلوط و سطوح مالچ
Table 6- Mean comparisons on ribodiozide A, steviozide, Ribodioside C and height of stevia plant under intercropping ratios and mulch levels

نسبت کاشت Planting ratio	مالچ Mulch	ریبودیوزید A Ribodiozide A (%)	استویوزید Steviozide (%)	ریبودیوزید C Ribodioside C (%)	ارتفاع بوته استویا Height of stevia plant (cm)
۱۰۰٪ استویا 100% Stevia	عدم کاربرد No application	0.749	1.84	0.162	54.0
	مالچ در جوی Mulch on furrow	0.495	2.25	0.281	63.3
	مالچ در جوی و پشته Mulch on furrow and ridge	1.19	3.06	0.296	68.6
۷۵ ٪ استویا و ۲۵٪ گل‌گاوزبان 75% Stevia + 25% Iranian Borage	عدم کاربرد No application	2.72	1.87	0.343	49.0
	مالچ در جوی Mulch on furrow	0.365	3.74	0.424	56.6
	مالچ در جوی و پشته Mulch on furrow and ridge	1.22	2.29	0.353	60.3
۵۰ ٪ استویا و ۵۰٪ گل‌گاوزبان 50% Stevia + 50% Iranian Borage	عدم کاربرد No application	1.30	1.73	0.321	47.0
	مالچ در جوی Mulch on furrow	0.428	3.44	0.506	53.6
	مالچ در جوی و پشته Mulch on furrow and ridge	0.002	3.35	0.091	58.3
۲۵ ٪ استویا و ۷۵٪ گل‌گاوزبان 25% Stevia + 75% Iranian Borage	عدم کاربرد No application	3.71	2.68	0.517	31.0
	مالچ در جوی Mulch on furrow	1.79	3.35	0.418	34.6
	مالچ در جوی و پشته Mulch on furrow and ridge	2.24	3.42	0.559	38.0
حداقل تفاوت معنی‌دار (۵٪) LSD (5%)		0.1547	0.0641	0.038	3.04

میانگین‌هایی که اختلاف آن‌ها بالاتر از حداقل اختلاف معنی‌دار (LSD) باشد دارای اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ می‌باشند.
Means that differ more than the least significant difference (LSD) are significant at the 5% probability level.

همچنین با کاهش نسبت استویا در کشت مخلوط، ارتفاع گیاه استویا نیز کاهش یافت، به‌طوری‌که بالاترین ارتفاع در کشت خالص و کم‌ترین ارتفاع در نسبت کشت ۲۵ درصد استویا و ۷۵ درصد گاوزبان مشاهده شد. در کشت خالص استویا، همه گیاهان هم‌شکل و هم ارتفاع بودند و تاج‌پوشش شکل یکنواختی داشت، بنابراین شاید در کشت خالص استویا، رقابت برای دریافت نور میان بوته‌ها نسبت کشت‌های ناخالص بالاتر بوده و گیاهان برای دریافت نور رشد طولی بیشتری نمودند. در آزمایشی، ارتفاع بوته گندم در کشت خالص گندم نسبت به ارتفاع بوته گندم در کشت مخلوط گندم با نخود (*Cicer arietinum* L.)، کلزا (*Brassica campestris* L.) و کتان (*Linum usitatissimum* L.) بالاتر بود (Singh et al., 2024).

اسیدهای چرب گل‌گاوزبان

اثر متقابل مالچ و نسبت کاشت بر اسیدهای چرب پالمتیک اسید، اولئیک اسید، استئاریدونیک اسید، لینولئیک اسید، استئاریک اسید و گامالینولنیک اسید معنی‌دار گردید (جدول- ۷). نتایج مقایسه

میانگین‌ها (جدول ۸) نشان داد که بیشترین درصد پالمتیک اسید در نسبت کشت مخلوط ۲۵ درصد استویا – ۷۵ درصد گل گاوزبان و کشت خالص و بدون کاربرد مالچ به دست آمد که با کم‌ترین درصد پالمتیک اسید که در نسبت کاشت ۷۵ درصد استویا – ۲۵ درصد گل گاوزبان و مالچ در جوی و پشته مشاهده شد، یک درصد تفاوت داشت. همچنین بیشترین و کم‌ترین درصد استئاریک اسید به‌ترتیب در شرایط بدون کاربرد مالچ و نسبت کاشت کشت ۷۵ درصد استویا – ۲۵ درصد گل گاوزبان و کشت خالص و مالچ در جوی و پشته و نسبت کاشت ۷۵ درصد استویا – ۲۵ درصد گل گاوزبان به‌دست آمد که تفاوت ۰/۹ درصدی داشتند.

هدف از تولید گاوزبان ایرانی به‌دلیل خواص دارویی و اسیدهای چرب موجود در آن می‌باشد، در همین راستا راهکارهایی که موجب بهبود عملکرد و تولید گیاه گردد، مورد توجه می‌باشد. هرچه میزان اسیدهای چرب پالمتیک اسید و استئاریک اسید کمتر باشد، کیفت روغن بالاتر است، نتایج نشان داد که کاربرد مالچ در جوی و پشته و همچنین کشت مخلوط با درصد بیشتر نسبت استویا در کشت مخلوط موجب کیفیت بهتر در روغن گل گاوزبان می‌گردد. در تحقیقی مشخص شد که بیشترین میزان پالمتیک اسید (۱۰/۵۸ درصد) در کشت خالص بادام زمینی و کاربرد ۱۰۰ کیلوگرم فسفر به‌صورت سوپرفسفات تریپل توأم با ۲۰۰ گرم فسفات بارور ۲ به دست آمد و کم‌ترین میزان پالمتیک اسید (۷/۳۸ درصد) در کشت مخلوط بادام زمینی – ذرت و تحت شرایط مصرف ۵۰ کیلوگرم کود فسفر به‌صورت سوپرفسفات تریپل مشاهده شد. نظام کشت مخلوط، میزان اسید پالمتیک روغن بادام زمینی را در مقایسه با کشت خالص آن کاهش داد و نشان داد که نظام کشت مخلوط می‌تواند میزان اسید چرب اشباع‌شده پالمتیک را کاهش و کیفیت روغن بادام زمینی را بهبود بخشد. (Rezapour Kavishahi et al., 2021).

بیشترین میزان استئاریدونیک اسید (۷/۳۶ درصد) در نسبت‌های کشت خالص گاوزبان، ۲۵ درصد استویا – ۷۵ درصد گاوزبان، ۷۵ درصد استویا – ۲۵ درصد گل گاوزبان و بدون کاربرد مالچ حاصل گردید. در استئاریدونیک اسید تفاوتی بین کشت خالص و نسبت‌های مخلوط دیده نشد و تیمار بدون مالچ بالاترین میزان را به خود اختصاص داد، به نظر می‌رسد که عدم کاربرد مالچ موجب شده است تا گیاه گاوزبان برای مقابله با تنش سرما در طول فصل سرد سال با تولید استئاریدونیک اسید باعث سازگاری بیشتر این گیاه با شرایط محیطی گردد.

جدول ۷- تجزیه واریانس (مجموع مربعات) اسیدهای چرب و عملکرد گل خشک در گل‌گاوزبان تحت نسبت‌های کشت مخلوط و سطوح مالچ

Table 7- Analysis of variance (sum of squares) of Echium amoenum fatty acids and dried flower yield under intercropping ratios and mulch levels

منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی d.f	مجموع مربعات Sum of squares							
		پالماتیک اسید Palmitic acid	استئاریک اسید Stearic acid	اولئیک اسید Oleic acid	لینولئیک اسید Linoleic acid	گامالینولئیک اسید Gammalinoleic acid	آلفالینولئیک اسید Alphalinoleic acid	استئاریدونیک اسید Stearidonic acid	عملکرد گل خشک Dried flower yield
تکرار Replication	2	0.0005^{ns}	0.120^{ns}	0.065^{ns}	0.004^{ns}	0.003^{ns}	64.0^{ns}	0.046^{ns}	38.8 ^{ns}
نسبت کاشت Planting ratio	3	0.654**	0.284*	2.77**	4.11**	0.101^{ns}	104^{ns}	0.099*	85770**
مالچ Mulch	2	1.19**	0.865*	74.8**	175**	9.24**	45.3^{ns}	89.8**	217434**
نسبت کاشت × مالچ Planting ratio × mulch	6	0.193*	0.970**	1.19*	5.25**	0.022^{ns}	192^{ns}	0.097*	35330**
خطا Error	22	0.224	0.536	0.810	0.149	0.275	180	0.069	1834
ضریب تغییرات (٪) CV (%)		0.99	3.30	0.99	0.375	3.75	16.4	1.11	1.26

^{ns}، ** و *: به‌ترتیب غیر معنی‌دار، معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد و معنی‌دار در سطح احتمال یک و پنج درصد

ns, ** and *: non-significant, significant at 1% probability level and significant at 5% probability level, respectively.

جدول ۸- مقایسه میانگین‌های پالماتیک اسید، استئاریک اسید، اولئیک اسید، لینولئیک اسید، استئاریدونیک اسید و عملکرد گل خشک در گیاه گل‌گاوزبان تحت نسبت‌های کشت مخلوط و سطوح مالچ

Table 8- Mean comparisons on palmitic acid, stearic acid, oleic acid, linoleic acid, stearidonic acid and dried flower yield under intercropping ratios and mulch levels

نسبت کاشت Planting ratio	مالچ Mulch	پالماتیک اسید Palmitic acid (%)	استئاریک اسید Stearic acid (%)	اولئیک اسید Oleic acid (%)	لینولئیک اسید Linoleic acid (%)	استئاریدونیک اسید Stearidonic acid (%)	عملکرد گل خشک Dried flower yield (kg.ha^{-1})
۷۵ ٪ استویا و ۲۵٪ گل‌گاوزبان 75% Stevia + 25% Iranian Borage	عدم کاربرد No application	10.4	4.94	18.2	19.1	7.28	556
	مالچ در جوی Mulch on furrow	10.0	4.95	18.0	21.5	4.11	727
	مالچ در جوی و پشته Mulch on furrow and ridge	9.92	4.05	20.9	24.4	3.65	630
۵۰ ٪ استویا و ۵۰٪ گل‌گاوزبان 50% Stevia + 50% Iranian Borage	عدم کاربرد No application	10.0	4.80	18.4	19.0	7.08	588
	مالچ در جوی Mulch on furrow	9.97	4.77	18.0	22.0	4.21	816
	مالچ در جوی و پشته Mulch on furrow and ridge	9.96	4.45	21.1	24.3	3.66	837
۲۵ ٪ استویا و ۷۵٪ گل‌گاوزبان 25% Stevia + 75% Iranian Borage	عدم کاربرد No application	10.5	4.70	17.9	18.8	7.33	632
	مالچ در جوی Mulch on furrow	10.3	4.70	18.3	23.0	4.26	805
	مالچ در جوی و پشته Mulch on furrow and ridge	10.1	4.64	21.6	24.0	3.66	815
۱۰۰٪ گل‌گاوزبان 100% Iranian Borage	عدم کاربرد No application	10.0	4.91	18.6	19.2	7.36	674
	مالچ در جوی Mulch on furrow	9.85	4.85	18.8	23.6	4.25	776
	مالچ در جوی و پشته Mulch on furrow and ridge	9.95	4.85	21.8	24.7	3.73	811
حداقل تفاوت معنی‌دار (٪۵) LSD (5%)		0.1711	0.2644	0.325	0.1398	0.0954	15.4

میانگین‌هایی که اختلاف آن‌ها بالاتر از حداقل اختلاف معنی‌دار (LSD) باشد دارای اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ٪۵ می‌باشند.

Means that differ more than the least significant difference (LSD) are significant at the 5% probability level.

تحقیقات نشان داده است که میزان اسیدهای چرب غیراشباع دانه‌های روغنی گل گاوزبان در مناطق سرد بیشتر از مناطق گرم می‌باشد (Lajara et al., 1990).

بیشترین درصد اولئیک اسید در نسبت کشت مخلوط ۲۵ درصد استویا – ۷۵ درصد گل گاوزبان و کشت خالص گاوزبان و کاربرد مالچ در جوی و پشته به‌دست آمد که با کم‌ترین درصد اولئیک اسید که در نسبت کاشت ۲۵ درصد استویا – ۷۵ درصد گاوزبان و بدون کاربرد مالچ مشاهده شد، چهار درصد تفاوت دارد. همچنین بیشترین و

کم‌ترین درصد لینولئیک اسید به‌ترتیب از کاربرد مالچ در جوی و پشته و نسبت کاشت ۲۵ درصد استویا – ۷۵ درصد گاوزبان و کشت خالص گاوزبان و بدون کاربرد مالچ و نسبت کاشت ۲۵ درصد استویا – ۷۵ درصد گاوزبان به‌دست آمد که تفاوت شش درصدی داشتند.

بالا بودن میزان اسیدهای چرب غیراشباع موجب کیفیت بیشتر روغن می‌گردد. نتایج نشان داد که استفاده از پوشش جوی و پشته مالچ در مقابل عدم کاربرد مالچ می‌تواند باعث افزایش اسیدهای چرب غیراشباع گردد. در مطالعه‌ای گزارش شده است که بالاترین میزان اسید چرب غیراشباع اولئیک اسید در روغن بادام زمینی در نظام کشت مخلوط ذرت و بادام زمینی با نسبت ردیف کاشت ۱:۲ حاصل شد و کیفیت روغن بادام زمینی افزایش پیدا کرد (Seyed Noori et al., 2017). در آزمایشی، بیشترین مقادیر اسیدهای چرب لینولنیک، لینولئیک و اولئیک در سیستم کشت مخلوط افزایش ۲۰ درصد بالنگوی شهری (*Lallemantia iberica* Fisch. & C.A. Mey.) +۱۰۰ درصد خرفه (*Portulaca oleracea* L.) مشاهده شد. در مقابل، حداقل مقادیر اسیدهای چرب لینولنیک، لینولئیک و اولئیک در کشت خالص بالنگوی شهری مشاهده گردید. همچنین دانه بالنگوی شهری در تمامی سیستم‌های کشت مخلوط، درصد روغن بیشتری نسبت به کشت خالص داشت. بیشترین درصد روغن دانه به سیستم کشت مخلوط افزایشی ۲۰ درصد بالنگوی شهری + ۱۰۰ درصد خرفه تعلق داشت (Basereh et al., 2015). همچنین گزارش شده است که مقادیر اسیدهای چرب غیراشباع در کشت مخلوط ذرت- سویا بیشتر از کشت خالص بود (Yang et al., 2017).

گامالینولنیک اسید تحت اثر مالچ معنی‌دار گردید. بالاترین درصد گامالینولنیک اسید با کاربرد مالچ پوشش جوی و پشته به دست آمد که با کم‌ترین درصد گامالینولنیک اسید که بدون کاربرد مالچ مشاهده شد، ۱/۲ درصد تفاوت داشت (جدول- ۹). نتایج نشان داد که استفاده از مالچ به‌صورت پوشش جوی و پشته شاید از طریق فراهم نمودن شرایط محیطی مناسب شامل حفظ رطوبت کافی، جلوگیری از رشد علف‌های هرز و تعدیل دمای محیط کنوپی گیاه، موجب رشد بهتر و در نتیجه، افزایش درصد اسید چرب غیراشباع گردیده باشد.

جدول ۹- مقایسه میانگین گامالینولنیک اسید در گل گاوزبان تحت سطوح مالچ

Table 9-- Means comparison gammalinolenic acid in Iranian Borage Under mulch levels

مالچ Mulch	گامالینولنیک اسید Gammalinoleic acid (%)
عدم کاربرد No application	2.57
مالچ در جوی Mulch on furrow	3.02
مالچ در جوی و پشته Mulch on furrow and ridge	3.80
حداقل تفاوت معنی‌دار (۵٪) LSD (5%)	0.1897

میانگین‌هایی که اختلاف آن‌ها بالاتر از حداقل اختلاف معنی‌دار (LSD) باشد دارای اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ می‌باشند.

Means that differ more than the least significant difference (LSD) are significant at the 5% probability level.

هم‌زمانی تشکیل بذر با کاهش دما می‌تواند در افزایش میزان گامالینولنیک اسید مؤثر باشد و حضور اسید گامالینولنیک را می‌توان به دمای نسبتاً سرد در زمان تکامل بذرها نسبت داد، همان‌طور که پژوهش انجام‌شده روی گل مغربی (*Oenothera biennis* L.) نشان داد که درجه غیراشباعی ترکیب اسیدهای چرب (گامالینولنیک اسید) در سایر محصولات روغنی از جمله گل مغربی، ارتباط معکوس با دمای غالب در طول بلوغ بذر دارد و دمای بالا در اوایل گل‌دهی، ترکیب اسیدهای چرب را به‌طور منفی تحت تأثیر قرار می‌دهد (Sekeroglu et al., 2006).

حدود ۹۰ درصد اسیدهای چرب موجود در گاوزبان ایرانی را اسیدهای چرب غیراشباع تشکیل می‌دهند، انواع اسیدها از اسید لینولئیک ساخته می‌شوند که شامل مرحله غیراشباع‌سازی اسید لینولئیک به‌وسیله آنزیم دلتا ۶ و تبدیل به گاما لینولنیک اسید می‌باشد، همچنین غیراشباع‌سازی لینولئیک اسید توسط آنزیم دلتا ۱۵ و

تبدیل به آلفالینولنیک اسید و در نهایت، تبدیل به استئاریدونیک اسید به‌وسیله آنزیم دلتا ۶ می‌باشد (Guil-Guerrero et al., 2001). اختلاف در میزان اسیدهای چرب در مناطق مختلف می‌تواند در اثر اختلاف در میزان فعالیت آنزیم‌های مؤثر در فرآیندهای تشکیل اسیدهای چرب باشد (Peiretti et al., 2004). گیاه گل گاوزبان ایرانی از معدود گیاهان خانواده گاوزبان می‌باشد که بیشترین مقدار آلفا-لینولنیک را در محتوی روغن دانه خود نسبت به سایر گونه‌های جنس *Echium* دارد و این در صورتی است که در حال حاضر، کشورمان به‌عنوان واردکننده مکمل‌ها و داروهای حاوی اسیدهای چرب ضروری آلفا-لینولنیک (امگا-۳) و گاما-لینولنیک (امگا-۶) برای بیماران دارای مشکلات عصبی همچون MS می‌باشد (Hosseinpour et al., 2012) انجام‌شده و مقایسه دو اکوتیپ مختلف در ایران مشخص شده است که بالاترین میزان اسید چرب غیراشباع مربوط به آلفا-لینولنیک (۴۸-۴۶ درصد)، برای اسید چرب اشباع اولئیک (۱۱ درصد) در روغن دانه برآورد شد. گاما-لینولنیک اسید ازجمله اسیدهای چرب نادر و مورد توجه در گیاهان می‌باشد که دارای میزان متوسط (۴/۴۸-۳/۳۷ درصد) و همچنین اسید چرب اشباع استئاریک نسبت به سایر اسیدهای چرب اشباع در کم‌ترین مقدار (۳/۵۷-۳/۳۷ درصد) در دو اکوتیپ مختلف بود که دارای تفاوت معنی‌داری در بین اسیدهای چرب روغن دانه در هر دو اکوتیپ بود. مقایسه دو اکوتیپ مشخص نمود که در اکوتیپ کرمانشاه، اسیدهای چرب غیراشباع گاما-لینولنیک، آلفا- لینولنیک و استئاریدونیک در بالاترین میزان نسبت به اسیدهای چرب مشابه خود در اکوتیپ نکا بود، درصورتی‌که اسید چرب غیراشباع لینولئیک به‌طور معنی‌داری در اکوتیپ نکا بیشترین مقدار را داشت (Hosseinpour et al., 2012).

عملکرد گل خشک گل‌گاوزبان

اثر متقابل نسبت کشت و مالچ بر صفت عملکرد گل خشک در گل‌گاوزبان معنی‌دار گردید (جدول ۷). بالاترین وزن گل خشک گاوزبان (۸۳۷ کیلوگرم در هکتار) با کاربرد مالچ کلش گندم در جوی و پشته و نسبت کشت ۵۰ درصد استویا و ۵۰ درصد گاوزبان مشاهده شد که نسبت به کم‌ترین عملکرد گل خشک در ترکیب تیماری عدم کاربرد مالچ و نسبت کشت درصد۷۰ استویا و ۲۵ درصد گاوزبان به‌میزان ۵۰ درصد بالاتر بود (جدول ۸). اینکه بالاترین عملکرد گل خشک در نسبت کشت ۵۰ درصد استویا و ۵۰ درصد گاوزبان و نه در تیمار کشت خالص گل‌گاوزبان مشاهده گردید، شاید به‌علت کاهش رقابت درون‌گونه‌ای در گل‌گاوزبان و نفوذ بهتر نور در تاج‌پوشش در نسبت کشت ۵۰ درصد استویا و ۵۰ درصد گاوزبان باشد. در آزمایشی، اثر سه سطح تراکم ۳، ۵ و ۱۰ بوته بر مترمربع گل‌گاوزبان ایرانی و کاربرد انواع کودها (شاهد، ورمی‌کمپوست، کود گاوی و کود شیمیایی) بر عملکرد گل خشک گل‌گاوزبان ایرانی مورد بررسی قرار گرفت و در تراکم سه بوته در مترمربع، استفاده از کود گاوی منجر به افزایش عملکرد گل خشک بیشتر از سایر تیمارها شد (Amiri et al., 2022).

نتیجه‌گیری

مناسب‌ترین صفات اندازه‌گیری‌شده در این پژوهش در تیمار پوشش جوی و پشته به‌وسیله مالچ به دست آمد، به‌طوری‌که کمترین زیست‌توده علف هرز (۶۰ گرم بر مترمربع)، بالاترین مقدار رطوبت حجمی خاک (۱۲/۷ درصد)، بیشترین میزان اسید چرب غیراشباع لینولئیک اسید (۲۴/۷ درصد) و در کشت خالص گاوزبان حاصل شد. بین نسبت‌های کشت (۷۵ درصد گاوزبان – ۲۵ درصد استویا و کشت خالص گاوزبان) برای صفات اسید چرب غیراشباع اولئیک اسید (۲۱/۸ درصد) و میزان حداقل دمای تاج‌پوشش در تابستان (۳۲ درجه سانتی‌گراد) با پوشش جوی و پشته تفاوت معنی‌داری وجود نداشت. بیشترین مقدار گامالینولئیک اسید (۳/۸۰ درصد) و همچنین حداکثر دمای کنوپی در زمستان (۳/۸۶ درجه سانتی‌گراد) فقط تحت تاثیر اثر مالچ به‌صورت پوشش جوی و پشته قرار گرفت. مالچ داخل جوی و نسبت کشت (۷۵ درصد استویا – ۲۵ درصد گاوزبان) بالاترین میزان استویوزید (۳/۷۴ درصد) را باعث گردید. براساس نتایج به‌دست‌آمده می‌توان با مصرف خاک‌پوش جوی و پشته (شش تن در هکتار) ضمن رعایت اصول اکولوژیک، موجب تولید بهینه محصول شد. با توجه به عدم تولید گل گاوزبان در سال اول، و تولید استویا در تیمارهای کشت مخلوط و نتایج به‌دست‌آمده از تولید محصول هر دو گیاه در سال دوم، مشخص گردید که تیمار کشت مخلوط ۵۰ درصد گاوزبان و ۵۰ درصد استویا در درجه اول و سپس تیمار کشت مخلوط ۷۵ درصد استویا و ۲۵ درصد گل گاوزبان مناسب‌ترین نسبت‌های کشت مخلوط می‌باشند.

سپاسگزاری

نویسندگان از دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان و همچنین مرکز آموزش و تحقیقات کشاورزی استان مرکزی که در مراحل مختلف انجام این آزمایش همکاری و مساعدت فرمودند، کمال تشکر و قدردانی را دارند.

References

1. Abdullateef, R.A., & Osman, M. (2011). Studies on effects of pruning on vegetative traits in *Stevia rebaudiana* Bertoni (Compositae). *International Journal of Biology*, *4*(1), 146-153. https://doi.org/10.5539/ijb.v4n1p146
2. Acharya, C.L., Hati, K.M., & Bandopadhyay, K. (2005). Mulches In: Hillel D. *Encyclopedia of Soils: in the Environmen*t: Elsevier Publication, *4*, 521-532. https://doi.org/10.1016/B0-12-348530-4/00250-2
3. Akbarnia, A., Chahrchchian, M.M., Baghdadi, H., & Pilehfarosh, M. (2009). *Cultivation of Medicinal Plants* (3rd Volume, Borage Flower) Sayeh Gostar Publications, Tehran, Iran. 60 pp. (In Persian)
4. Akhtar, K., Wang, W., Khan, A., Ren, G., Afridi, M.Z., & Feng, Y. (2019). Wheat straw mulching offset soil moisture deficient for improving physiological and growth performance of summer sown soybean. *Agricultural Water Management*, *211*(1), 16-25. https://doi.org/10.1016/j.agwat.2018.09.031
5. Allam, A., Nassar, A., & Besheit, S. (2001). Nitrogen fertilizer requirements of *Stevia rebaudiana* Bertoni under Egyptian condition. *Egyptian Journal of Agricultural Research*, *79*(3), 1005-1018. https://doi.org/10.21608/EJAR.2001.320014
6. Ali, A., Gull, I., Nas, S., & Afghan, S. (2010). Biochemical investigation during different stages of *in vitro* propagation of *Stevia rebaudiana*. *Pakistan Journal of Botany*, *42*(4), 2827-2837.
7. Amiri, M.B., Jahan, M., & Moghaddam, P.R. (2022). An exploratory method to determine the plant characteristics affecting the final yield of *Echium amoenum* Fisch. & C.A. Mey. under fertilizers application and plant densities. *Scientific Reports*, *12*(1), 1881. https://doi.org/10.1038/s41598-022-05724-8
8. Arora, V.K., Singh, C.B., Sidhu, A.S., & Thind, S.S. (2011). Irrigation, tillage and mulching effects on soybean yield and water productivity in relation to soil texture. *Agricultural Water Management*, *98*, 563–568. https://doi.org/ 10.1016/j.agwat.2010.10.004
9. Bagheri Shirvan, M., Zaefarian, F., Bicharanlou, B., & Asadi, G. (2014). Evaluation of replacement intercropping of soybean (*Glycine max* L.) with sweet basil (*Ocimum basilicum* L.) and borage (*Borago officinalis* L.) under weed infestation. *Journal of Agroecology*, *6*(1), 70-83. (In Persian with English abstract). https://doi.org/10.22067/jag.v6i1.35675
10. Baker, E.J., Miles, E.A., Burdge, G.C., Yaqoob, P., & Calder, P.C. (2016). Metabolism and functional effects of plant-derived omega-3 fatty acids in humans. *Progress in Lipid Research*, *64*, 30–56. https://doi.org/10.1016/j.plipres.2016.07.002
11. Basereh, A., Eslami, S.V., & Aghajani, M. (2015). Evaluating the impact of type and amount of plant stubble mulch on temperature fluctuations of the soil surface. 6th Weed Science Conference, Birjand, Iran. (In Persian with English abstract). https://civilica.com/doc/736433
12. Burt, C.M., Mutziger, A., Howes, D.J., & Solomon, K.H. (2002). The effect of stubble and mulch on soil evaporation. Irrigation training and research center BioResource and Agricultral engineering Department of California Polytechnicstat University San Luis Obis. CA 93407-805-756-2433.
13. Cacciola, F., Delmonte, P., Jaworska, K., Dugo, P., Mondello, L., & Rader, J.I. (2011). Employing ultra high pressure liquid chromatography as the second dimension in a comprehensive two-dimensional system for analysis of *Stevia rebaudiana* extracts. *Journal of Chromatography. A*, *1218*(15), 2012–2018. https://doi.org/10.1016/j.chroma.2010.08.081
14. Carr, M.P., Gardner, C.J., Schatz, G.B.W.S., Zwinger, W.S., & Guldan, J.S. (1995). Grain yield and weed biomass of a wheat-lentil intercrop. *Agronomy Journal*, *87*, 574–579. https://doi.org/10.2134/agronj1995.00021962008700030030x
15. Chen, Y., Liu, T., Tian, X., Wang, X., & Li, M. (2015). Effects of plastic film combined with straw mulch on grain yield and water use efficiency of winter wheat in Loess Plateau. *Filed Crops Research*, *175*, 53-58. https://doi.org/10.1016/j.fcr.2014.11.016
16. Davis, C.C., & Choisy, P. (2024). Medicinal plants meet modern biodiversity science. *Current Biology*, *34*(4),

158-173. https://doi.org/10.1016/j.cub.2023.12.038
17. Feldman, R.S., Holmes, C.E., & Blomgren, T.A. (2000). Use of fabric and compost mulches for vegetable production in a low tillage, permanent bed system: Effects on crop yield and labor. *American Journal of Alternative Agriculture*, *15*(4), 146–153. https://doi.org/10.1017/S0889189300008705
18. Florence, A.M., & McGuire, A.M. (2020). Do diverse cover crop mixtures perform better than monocultures? A systematic review. *Agronomy Journal*, *112*(5). https://doi.org/10.1002/agj2.20340
19. Forouzin, F., & Nour-Abadi, A. (2011). Evaluating the integrated weed management methods in reduction of environmental effects of Moldavian balm (*Dracocephalum moldavica* L.). National Symposium of Climate Change and its Effect on Agriculture and Environment. Orumiyeh, Iran. (In Persian with English abstract)
20. Ghanbari Moheb Seraj, R., Ahmadikhah, A., Shariati, V., & Dezhsetan, S. (2022). Comparison of fatty acids and hydrocarbons of milk thistle in different levels of water stress. *Journal of Plant Research* (*Iranian Journal of Biology*), *35*(3), 592-605. (In Persian with English abstract)
21. Gity, S., & Raoofy, M. (2017). Yield, essential oil and some morphological characteristics of peppermint (*Mentha piperita* L.) influenced by hand weeding and plant density. *Journal of Agricultural Science and Sustainable Production*, *27*(1), 13-23. 20.1001.1.24764310.1396.27.1.2.2
22. Goyal, S.K., Samsher, & Goyal, R.K. (2010). Stevia (*Stevia rebaudiana*) a bio-sweetener: A review. *International Journal of Food Sciences and Nutrition*, *61*(1), 1–10. https://doi.org/10.3109/09637480903193049
23. Guil-Guerrero, J.L., García-Maroto, F., & Giménez, A. (2001). Fatty acid profiles from forty-nine plant species that are potential new sources of γ-linolenic acid. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, *78*, 677-684. https://doi.org/10.1007/s11746-001-0325-9.
24. Holland, J.B., & Brummer, E.C. (1999). Cultivar effects on oat–berseem clover intercrops. *Agronomy Journal*, *91*, 321-329. https://doi.org/10.2134/agronj1999.00021962009100020023x
25. Hosseinpour Azad, N., Nematzadeh, G., Azadbakht, M., Kazemitabar, S., & Shokri, E. (2012). Investigation on fatty acids profile in two ecotypes of Iranian *Echium amoenum* Fisch & Mey. *Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants Research*, *27*(4), 587-595. (In Persian with English abstract) https://doi.org/10.22092/ijmapr.2012.4508
26. Jahantigh, M., Dahmardeh, M., Galavi, M., Khammari, I., & Piri, H. (2021). Evaluation of wind sand and domestic manure levels on growth Iindices and Allicene content in garlic (*Allium sativium* L.). *Journal of Arid Biome*, *11*(1), 93-104.
27. Jordan, A., Zavala, L., & Gil, J. (2010). Effects of mulching on soil physical properties and runoff under semi-arid conditions in Southern Spain. *Catena*, *81*, 77-85. https://doi.org/10.1016/j.catena.2010.01.007
28. Lajara, J.R.U., Diaz, U., & Quidiello, R.D. (1990). Definite influence of location and climatic conditions on the fatty acid conditions of sunflower oil. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, *67*, 618-623. https://doi.org/10.1007/BF02540410
29. Manasar, A.L., Sutharsan, S., Rifnas, L.M.S.L., & Iqbal, L.M. (2022). Effects of mulching on growth and yield of okra (*Abelmoschus esculentus*) CV. Haritha. *International Journal of Advance and Innovative Research*, *9*(3), 119-125.
30. Moreno, M.M., & Moreno, A. (2008). Effect of different biodegradable and polyethylene mulches on soil properties and production in a tomato crop. *Scientia Horticulturae*, *116*, 256-263. https://doi.org/10.1016/j.scienta.2008.01.007
31. Peiretti, P.G., Palmegiano, G.B., & Salamano, G. (2004). Quality and fatty acid content of borage (*Borago officinalis* L.) during the growth cycle. *Italian Journal of Food Science*, *16*, 177-185. https://sid.ir/paper/543125/en
32. Ramesh, K.V., Singh, N.W., & Megeji, K. (2006). Cultivation of stevia [*Stevia rebaudiana* (Bert.) Bertoni]: A comprehensive review. *Advances in Agronomy*, *89*, 137-177. https://doi.org/10.1016/S0065-2113(05)89003-0
33. Rezapour Kavishahi, T., Mostafavirad, M., Saifzadeh, S., Valadabady, A.R., & Hadidimasouleh, E. (2021). Response of qualitative yield and fatty acids combination in groundnut oil to intercropped system with corn and combined application of chemical phosphorus and bio-fertilizers. *Journal of Crop Production*, *14*(1), 69-86. https://doi.org/10.22069/ejcp.2021.18533.2371
34. Sekeroglu, N., & Ozgüven, M. (2006). Effects of different nitrogen doses and row spacing applications on yield and quality of *Oenothera biennis* L. grown in irrigated lowland and unirrigated dryland conditions. *Turkish*

Journal of Agriculture and Forestry, *30*, 125-135.

35. Seyed Noori, O., Mostafavi Rad, M., & Ansari, M.H. (2017). Evaluation of grain yield, land equivalent ratio and fatty acids combination of peanut oil in intercorpping with corn as affected by different levels of nitrogen. *Journal of Crops Improvement*, *18*(4), 805-820. https://doi.org/10.22059/jci.2017.56653
36. Shahbyki, M., Makarian, H., & Abbasdokht, H. (2017). Allelopathic effect of wheat and barley residues on yield and yield components of cowpea (*Vigna sinensis* L.) and weeds control. *Iranian Journal of Field Crops Research*, *15*(4), 838-850. (In Persian with English abstract). https://doi.org/10.22067/gsc.v15i4.55364
37. Sharifi, Z., Zare, A., Elahifard, E., & Abdali, A. (2022). Quantitative and qualitative yield of fennel (*Foeniculum vulgare* Mill) affected by application of wheat straw mulch and herbicide. *Journal of Crops Improvement*, *25*(4), 855-871. https://doi.org/10.22059/jci.2022.342600.2703
38. Singh, A.C., Singh, P.K., & Vishwakarma, S.P. (2024). Comparative performance of wheat (*Triticum aestivum* L.) based inter cropping systems with different row ratios under irrigated condition. *International Journal of Research in Agronomy*, *7*(11), 403-436. https://doi.org/10.33545/2618060X.2024.v7.i11f.2014
39. Toker, P., Canci, H., Turhan, I., Isci, A., Scherzinger, M., Kordrostami, M., & Yol, E. (2024). The advantages of intercropping to improve productivity in food and forage production – A review. *Plant Production Science*, *27*(3), 155–169. https://doi.org/10.1080/1343943X.2024.2372878
40. Yang, C., Iqbal, N., Hu, B., Zhang, Q., Wu, H., Liu, X., Zhang, J., Liu, W., Yang, W., & Liu, J. (2017). Targeted metabonomics analysis of fatty acid in soybean seed by GC-MS reveal the metabolic manipulation of shading in intercropping system. Analytical *Methods*, *3*(1), 1-27. https://doi.org/10.1039/C7AY00011A
41. Yu, R.P., Dresboll, D.B., Finckh, M.R., Justes, E., Werf, W., Fletcher, A., Carlsson, G., & Li, L. (2025). Intercropping: ecosystem functioning and sustainable agriculture. *Plant Soil*, *506*(1), 1–6. https://doi.org/10.1007/s11104-024-07111-w