The Effectiveness of Some of the Metabolites and Morphological Traits of Stevia in Intercropping with Iranian Borage under Wheat Straw Mulch Levels

Pages 05-21

M. Raiszadeh [1], A. Abdali Mashhadi [*2], M. H. Qurenah [3], Gh. Godarzi[4] and A. Lotfi Jalalabadi[5]

1, 2, 3 & 5) Department of Production and Plant Genetics Engineering, Agricultural Sciences and Natural Resources University of Khuzestan, Mollasani, Iran.
4) Agricultural and Natural Resources Research Center of Central-Arak Province, Iran.

*Corresponding author**: alirezaabdali@asnrukh.ac.ir**

Received date: 2024.03.18 **Accepted date: 2024.06.12**

Abstract

The goals of intercropping are to increase support and reduce competition among plants and to make optimal use of available resources to achieve higher yields. Stevia is considered a plant with high economic value due to its natural sweetener. Given that stevia is a perennial tropical plant, assessing the feasibility of its cultivation in cold geographical areas can be effective in developing the cultivation of this plant. This experiment was conducted at the Markazi Agricultural and Natural Resources Research and Education Center (Arak) as a factorial design in a randomized complete block design with three replications. The experimental factors included intercropping ratios of two plants, Stevia and Iranian borage, using the replacement method (25% stevia + 75% borage, 50% stevia + 50% borage, 75% stevia + 25% borage, pure stevia and pure borage) and wheat stubble mulch, including no mulch application (control), mulch coverage on the furrows (three tons per hectare), and mulch coverage on the furrows and ridges (six tons per hectare). Results indicated that morphological traits, including plant height and number of stevia stems, were significant at the 5% level. In contrast, primary stem diameter, chlorophyll content index, and leaf area index were significant at the 1% level. A significant interactive impact was observed between the mulch and hybrid cultivation on Stevia glycosides and fatty acids of Iranian borage. Stevioside glycoside was significant at a 1% level, and the highest level of stevioside (3.74%) was observed in a cultivation ratio of 75% stevia and 25% Iranian borage with mulch within furrows. The highest level of gamma-linolenic unsaturated fatty acids (3.8%) was obtained by consumption of mulch in furrow with ridge coverage. The lowest level of palmitic saturated fatty acids (9.94%), and stearic acid (4.05%) were observed in a cultivation ratio of 75% stevia and 25% Iranian borage with mulch within furrow and ridge coverage.

Keywords: Leaf area index, Medicinal Plant, Natural sweetener and Secondary metabolites.

تاثیر پذیری برخی از متابولیت‌ها و صفات مورفولوژیک استویا در کشت مخلوط با گل‌گاوزبان ایرانی تحت سطوح خاکپوش کلش گندم

شماره صفحات
۰۵-۲۱

محمد رئیس‌زاده[۱]، علیرضا ابدالی‌مشهدی*[۲]، محمدحسین قرینه[۳]، رضا گودرزی[۴] و امین لطفی‌جلال‌آبادی[۵]

۱، ۲، ۳ و ۵) گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان، ملاثانی، ایران.
۴) مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان مرکزی-اراک, ایران.
* نویسنده مسئول: **alirezaabdali@asnrukh.ac.ir**

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۱۲/۲۸ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۳/۲۳

چکیده

از اهداف کشت مخلوط، افزایش حمایت و کاهش رقابت در میان گیاهان و استفاده بهینه از منابع در دسترس به‌منظور دستیابی به عملکرد بیشتر است. استویا به‌علت داشتن شیرین کننده طبیعی یک گیاه با ارزش اقتصادی بالا محسوب می‌شود. با توجه به اینکه استویا یک گیاه گرمسیری چند ساله است امکان‌سنجی کشت آن در مناطق جغرافیایی سردسیر می‌تواند در توسعه کشت این گیاه موثر باشد. این آزمایش در مرکز آموزش و تحقیقات کشاورزی استان مرکزی (اراک) بصورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار انجام شد. فاکتورهای آزمایش شامل نسبت‌های کشت مخلوط دو گیاه استویا و گل‌گاوزبان ایرانی به‌روش جایگزینی (٪۲۵ استویا + ٪۷۵ گل‌گاوزبان، ٪۵۰ استویا + ٪۵۰ گل‌گاوزبان ، ٪۷۵ استویا + ٪۲۵ گل‌گاوزبان، کشت خالص استویا و کشت خالص گل‌گاوزبان ایرانی) و خاکپوش کلش گندم شامل عدم کاربرد خاکپوش (شاهد)، پوشش خاکپوش روی جوی‌ها (سه تن در هکتار) و پوشش خاکپوش روی جوی‌ها و پشته‌ها (شش تن در هکتار) بود. نتایج نشان داد فاکتورهای آزمایش به‌طور معنی‌دار بر صفات مورفولوژیک ارتفاع و تعداد ساقه در بوته استویا و قطر ساقه اصلی, میزان سبزینگی برگ و شاخص سطح برگ اثر داشتند. اثر متقابل خاکپوش و کشت مخلوط بر گلیکوزیدهای استویا و اسیدهای چرب گل‌گاوزبان معنی‌دار گردید. گلیکوزید استویوزید در سطح یک درصد معنی‌دار شد. بالاترین میزان استویوزید (۳/۷۴ درصد) در نسبت کشت (٪۷۵ استویا + ٪۲۵ گل‌گاوزبان) و کاربرد خاکپوش در داخل جوی بدست آمد. بالاترین درصد اسید چرب غیراشباع گامالینولنیک اسید (۳/۸ درصد) با کاربرد خاکپوش با پوشش جوی و پشته بدست آمد. کم‌ترین درصد اسیدهای چرب اشباع پالمتیک اسید (۹/۹۴ درصد) و استئاریک اسید (۴/۰۵ درصد) گل‌گاوزبان در نسبت کاشت ٪۷۵ استویا و ٪۲۵ گل‌گاوزبان و کاربرد خاکپوش در جوی و پشته مشاهده گردید.

واژه‌های کلیدی: شیرین کننده طبیعی، گیاه دارویی، شاخص سطح برگ و متابولیت‌های ثانویه.

مقدمه

از هزاران سال پیش، بشر از مواد طبیعی به عنوان یکی از منابع مهم برای درمان بیماری‌ها استفاده کرده است. گیاهان همیشه نقش مهمی را در درمان و سلامت جوامع بشری ایفا کرده‌اند. ایران کشوری باستانی در مصرف گیاهان دارویی است و مدارکی دال بر اینکه ایرانیان پیشگام مصرف گیاهان به منظور دارو بوده‌اند موجود است (Alizadeh. *et al*., 2012). جایگاه ویژه کشت گیاهان دارویی در نظام‌های سنتی کشاورزی ایران از یک طرف و تمایل به افزایش تولید گیاهان دارویی و نیز تقاضا برای محصولات طبیعی در جهان به ویژه در شرایط ارگانیک از سوی دیگر منجر به افزایش اهمیت این گیاهان شده است .علاوه بر این، چنین به نظر می‌رسد که استفاده از گیاهان دارویی در کشت مخلوط بدلیل خاصیت آللوپاتی در کنترل آفات، بیماری‌ها و علف‌های هرز امکان پذیر باشد (Koocheki *et al*., 2010b). تک کشتی‌ها اغلب نمی‌توانند به طور کامل از فضای در دسترس و منابع (نور و خاک) استفاده کنند، اما دو گونه کشت شده با یکدیگر در صورتی که نیچ‌های متفاوتی را اشغال کرده باشند، می‌توانند از منابع و فضا با کارایی بیشتری استفاده نمایند (Li *et al*., 2011). با توجه به احتمال بروز اثرگذاری‌های منفی ناشی از مصرف انواع مواد شیمیایی روی کمیّت و کیفیّت ترکیبات مؤثره این گونه‌های ارزشمند گیاهی، امروزه در راستای بهبود شرایط زراعی و افزایش کارایی مصرف منابع، روش‌هایی را به کار می‌برند که با طبیعت سازگاری داشته و با اصول بوم‌شناختی که در علوم جدید مورد توجه قرار گرفته‌اند، هماهنگ باشد. کشت مخلوط از جمله این راه‌کارها است (Sanjani *et al*., 2009). استویا (*Stevia rebaudiana*) گیاهی بوته‌ای، پایا و چند ساله که به خانوادهٔ *Asteraceae* تعلق دارد. برگ‌های گیاه استویا به منظور شیرین‌سازی مواد غذایی مورد استفاده قرار می‌گیرند. Randi (1980) با بررسی توان بالقوه تولید گلیکوزیدهای شیرین در گیاه استویا بیان نمود که تولید گلیکوزید استویوزید در این گیاه می‌تواند از ۲ تا ۱۰ درصد متفاوت باشد. در سال‌های اخیر، به شیرین‌کننده‌های دارای منبع طبیعی مستقر در استویا توجه شایانی شده است که دارای کیفیت‌های مطلوب زیادی می‌باشد (Day *et al*.,. 2015; Bakhshandeh *et al*., 2016). گل‌گاوزبان ایرانی (*Echium amoenum* Fisch. & C. A. mey.) گیاهی علفی، چندساله، روز بلند، از خانواده گل‌گاوزبان (*Boraginaceae*) و در ایران سه گونه از این جنس به نام گل‌گاوزبان خوزستانی (*E.khuzistanicum*)، گل‌گاوزبان روسی (*E. russicum*) و گل‌گاوزبان ایتالیایی (*E.italicum*) می‌روید. این گیاه مقاوم به‌شوری است و قادر به جذب یون‌های سدیم، کلر، پتاسیم، کلسیم و منیزیم از خاک است و می‌توان از این گیاه برای خارج ساختن این یون‌ها از خاک و اصلاح خاک‌های شور و قلیا استفاده کرد (Emad *et al*., 2013). درصد بالایی از اسیدهای چرب غیراشباع امگا- ۳ و امگا-۶ در بذر گونه‌های مختلف گل گاوزبان در دنیا، وجود دارد (Baker *et al*, 2016). وجود اسیدهای چرب ضروری غیراشباع در گل گاوزبان ایرانی با ارزش تغذیه‌ای بالا موجب شده 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). خاکپوش‌های قابل تجزیه زیستی مانند کاه و برگ دارای مزایایی مانند حفظ رطوبت خاک، کاهش فرسایش خاک، جلوگیری از رشد علف‌های هرز و بیماری‌ها و نیز عدم نیاز به انتقال از مزرعه است (Feldman *et al*., 2000). آماده‌ترین و در دسترس‌ترین شکل زیست‌توده و یکی از منابع طبیعی عمده کودهای آلی بقایای گیاهی هستند (Paredes *et al*., 2015). همچنین خاکپوش‌های ارگانیک علاوه بر کاهش اثرات تنش خشکی و حفظ رطوبت خاک، هزینه و نیز اثرات مخرب زیست‌محیطی کمتری خواهند داشت. هدف اصلی از اجرای این پژوهش،

امکان‌سنجی کاشت استویا به‌عنوان یک گیاه گرمسیری چند ساله، برای نخستین بار در منطقه سردسیر اراک، تحت تأثیر کاربرد مالچ کلش گندم و نیز کشت مخلوط با گل‌گاوزبان ایرانی بود. در این راستا، تأثیرپذیری برخی از متابولیت‌های دارویی مهم هر دو گیاه استویا و گل‌گاوزبان ایرانی بر اثر کاربرد فاکتورهای آزمایش، مورد بررسی قرار گرفت.

مواد و روش

این پژوهش در اواخر اردیبهشت ۱۳۹۹ در مزرعه پژوهشی مرکز آموزش و تحقیقات کشاورزی شهرستان اراک به مدت دو سال، بصورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی و در سه تکرار انجام شد. فاکتور نخست آزمایش شامل کشت مخلوط استویا و گل‌گاوزبان ایرانی به‌روش جایگزینی در نسبت‌های کاشت ٪۲۵ استویا + ٪۷۵ گل‌گاوزبان، ٪۵۰ استویا + ٪۵۰ گل‌گاوزبان، ٪۷۵ استویا + ٪۲۵ گاوزبان، کشت خالص استویا و کشت خالص گل‌گاوزبان ایرانی بود. فاکتور دوم آزمایش کاربرد خاکپوش کلش گندم شامل عدم کاربرد خاکپوش، کاربرد خاکپوش در جوی‌ها (سه تن در هکتار)، کاربرد خاپوش در جوی و پشته‌ها (شش تن در هکتار خاکپوش) بود. نشاء کشت بافتی استویا و نشاء گل‌گاوزبان ایرانی (توده شمال غربی البرز) از شرکت زرین گیاه ارومیه تهیه گردید. عملیات آماده‌سازی زمین شامل شخم عمیق و سپس یک دیسک عمود بر آن برای خرد کردن کوخه‌ها بود. سپس با دستگاه لولر عملیات تسطیح انجام شد. کشت نشاها با دست صورت گرفت. پس از انجام دیسک نوبت اول برای تأمین فسفر مورد نیاز به میزان ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار از کود فسفات تریپل استفاده شد و سپس با دیسک نوبت دوم با خاک مزرعه آزمایش مخلوط گردید. برای هر دو گیاه، به‌میزان ۱۵۰ کیلو گرم در هکتار کود نیتروژن از منبع اوره به‌صورت سرک، در دو مرحله (۵۰ درصد ۲۰ روز بعد از کشت نشاءها و ۵۰ درصد مابقی ۴۰ روز بعد از کشت نشاءها) استفاده شد. آبیاری به روش قطره‌ای و اعمال تیمار خاکپوش، سه هفته بعد از استقرار گیاهان در زمین صورت گرفت. آزمایش دوسال طول کشید ولی دو بار تکرار نشد، زیرا گل‌گاوزبان گیاهی است که در سال اول، گل‌دهی و رشد چندانی ندارد و محصولی از آن برداشت نمی‌شود. لذا اندازه‌گیری‌های گل‌گاوزبان در سال دوم اجرای آزمایش که عملکرد واقعی گل‌گاوزبان به‌دست می‌آید صورت پذیرفت. ارزیابی کیفیت محصول استویا نیز در سال دوم اجرای آزمایش بعد از زمستان گذرانی تحت تأثیر پوشش مالچ و کشت مخلوط با گل‌گاوزبان (در شرایط رشد مناسب در این گیاه سال دوم) انجام گرفت. عدد کلروفیل برگ استویا ۶۰ روز (Aghighi Shahverdi *et al*., 2019) بعد از باز رویش مجدد در سال دوم (بعد از سپری کردن زمستان) و در گل‌گاوزبان در مرحله پوشش صد درصدی زمین با استفاده از دستگاه کلروفیل متر دستی (Soil and Plant Analysis Division or SPAD 502) اندازه‌گیری شد. جهت تعیین برخی از صفات مورفولوژیک مانند ارتفاع بوته، تعداد ساقه‌دهی هر بوته و قطر ساقه اصلی، تعداد ۱۰ بوته از هر کرت بصورت تصادفی انتخاب گردید. ارتفاع بوته با استفاده از متر از روی سطح خاک تا بالاترین ارتفاع شاخه در بوته اندازه‌گیری شد، همچنین با استفاده از کولیس، اندازه قطر ساقه اصلی اندازه‌گیری و نیز تعداد ساقه در هر بوته بصورت دستی شمارش گردید. در گل‌گاوزبان با آغاز مرحله گل‌دهی و در استویا با پوشش صد درصدی زمین، نسبت به اندازه‌گیری شاخص سطح برگ اقدام شد. برای اندازه‌گیری شاخص سطح برگ، سطح برگ نمونه‌ها با استفاده از دستگاه سطح برگ‌سنج اندازه‌گیری و سپس با تقسیم بر سطح زمین تحت اشغال بوته، شاخص سطح برگ بدست آمد. جهت محاسبه اسیدهای چرب گل گاوزبان، متیل استر اسیدهای چرب بدست آمده از نمونه‌های خشک بذر در دستگاه گازکروماتوگرافی (GC) تزریق شد. نمونه برگ‌های

گیاه استویا پس جمع‌آوری از هر کرت در دمای۷۰ درجه سلسیوس به مدت ۴۸ ساعت خشک و نیم گرم پودر نمونه در ۵۰ سی‌سی اتانول ۷۰ درصد حل شد، سپس جهت اندازه‌گیری درصد گلیکوزیدهای برگ از طریق دستگاه HPLC بعد از کالیبراسیون دستگاه اقدام گردید. محاسبات آماری و تجزیه واریانس با استفاده از نرم‌افزار SAS نسخه ۹/۲و رسم نمودارها با استفاده از نرم افزار EXCEL و روش مقایسه میانگین آزمون حداقل تفاوت معنی‌دار (LSD) در سطح خطای پنج درصد، بعد از به‌دست آمدن نتایج انجام گرفت.

نتایج و بحث

اثر متقابل نسبت‌های کاشت و خاکپوش بر اسیدهای چرب پالمتیک اسید و استئاریک اسید معنی‌دار گردید، همچنین خاکپوش اثر معنی‌داری بر گامالینولنیک اسید داشت (جدول۱).

جدول۱ - تجزیه واریانس (مجموع مربعات) برخی از متابولیت‌های استویا و گل‌گاوزبان ایرانی

Table 1- Variance analysis (sum of squares) of stevia and Iranian Borage metabolites

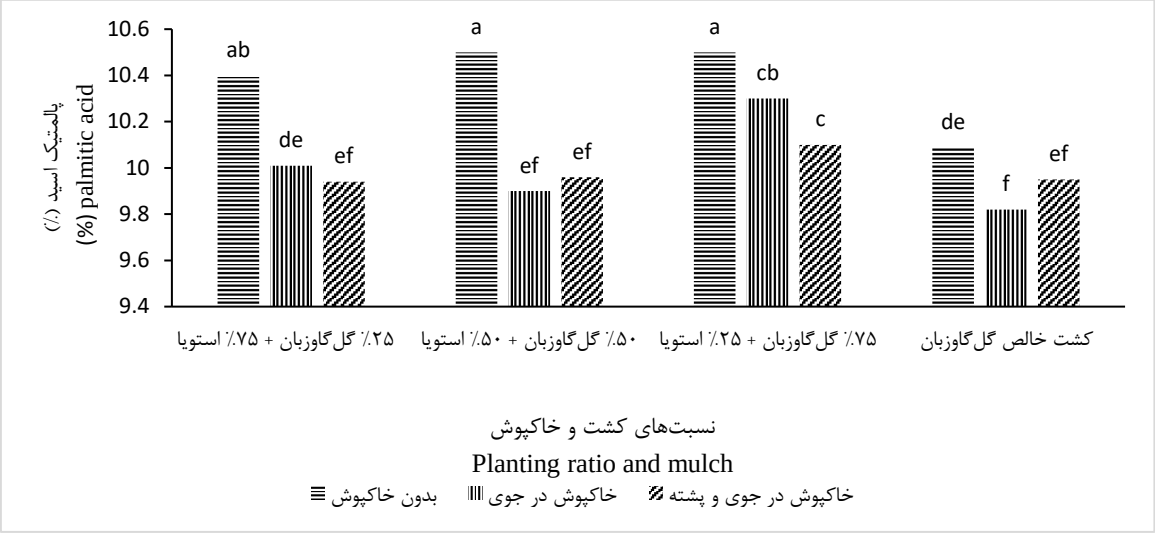
منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی d.f	مجموع مربعات Sum of squares					
		متابولیت‌های گل‌گاوزبان Iranian Borage metabolites			متابولیت‌های استویا Stevia metabolites		
		پالماتیک اسید Palmitic acid	استئاریک اسید Stearic acid	گامالینولئیک اسید Gammalinoleic acid	استویوزید Steviozide	ریبودیوزید C Ribodioside C	عدد کلروفیل SPAD
تکرار Replication	2	0.0005^{ns}	0.120^{ns}	0.003^{ns}	0.00028^{ns}	0.00024^{ns}	0.351^{ns}
نسبت کاشت Planting ratio (P)	3	0.654^{**}	0.284^{*}	0.101^{ns}	2.85^{**}	0.315^{**}	68.21^{**}
خاکپوش Mulch (M)	2	1.19^{**}	0.865^{*}	9.24^{**}	9.51^{**}	0.048^{**}	33.27^{**}
نسبت کاشت × خاکپوش P × M	6	0.193^{*}	0.970^{**}	0.022^{ns}	5.07^{**}	0.286^{**}	8.77^{**}
خطا Error	22	0.224	0.536	0.275	0.031	0.011	0.755
ضریب تغییرات (٪) CV (%)		0.99	3.30	3.75	1.37	6.30	0.41

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

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

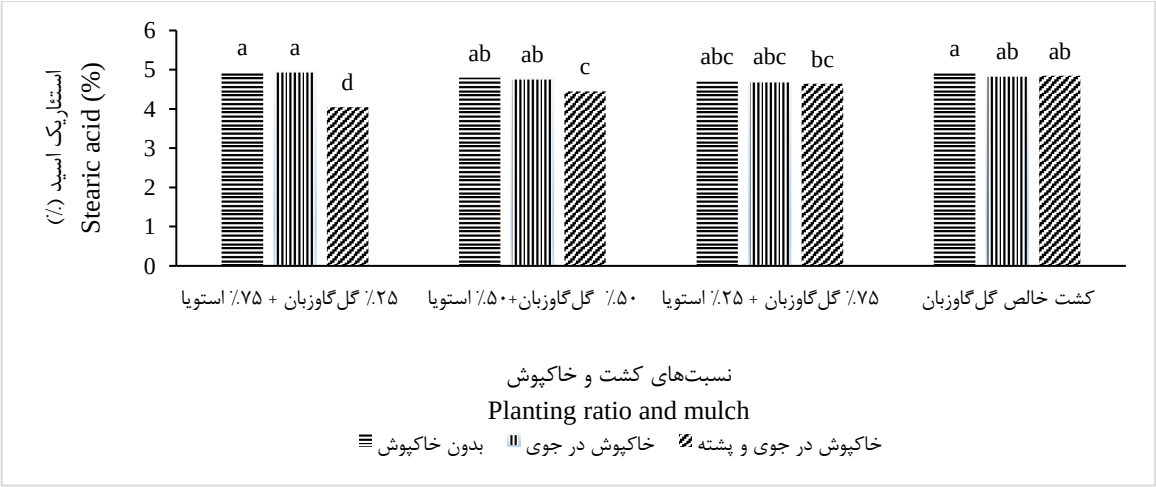
مطابق شکل ۱، بالاترین میزان پالمتیک اسید (۱۰/۵ درصد) در نسبت کشت مخلوط ۲۵ ٪ استویا - ۷۵٪ گل گاوزبان، کشت خالص و بدون کاربرد خاکپوش به‌دست آمد. کم‌ترین مقدار پالمتیک اسید (۹/۹۴ درصد) در نسبت کاشت ۷۵ ٪ استویا - ٪۲۵ گل گاوزبان و خاکپوش در جوی و پشته مشاهده شد. همچنین بیشترین میزان استئاریک اسید (۴/۹ درصد) در تیمار بدون کاربرد خاکپوش و نسبت کاشت کشت ۷۵ ٪ استویا - ۲۵٪ گل گاوزبان و کشت خالص و کمترین میزان (۴/۰۵)در تیمار خاکپوش در جوی و پشته و نسبت کاشت ۷۵ ٪ استویا - ۲۵٪ گل گاوزبان به‌دست آمد (شکل ۲). هرچه مقدار اسیدهای چرب اشباع مانند پالمتیک اسید و استئاریک اسید کم‌تر باشد، میزان کیفت روغن محصول بالاتر است. در این پژوهش مشخص شد کاربرد خاکپوش در جوی و پشته و بالا بودن میزان درصد گیاه استویا در نسبت کشت مخلوط موجب بهتر شدن کیفیت روغن گاوزبان می‌شود. گزارش شده است که بیشترین میزان پالمتیک اسید (۱۰/۵۸ درصد) در کشت خالص بادام زمینی و کاربرد ۱۰۰ کیلوگرم فسفر حاصل گردید و کم‌ترین مقدار پالمتیک اسید (۷/۳۸ درصد) در کشت مخلوط بادام زمینی

و مصرف ۵۰ کیلوگرم کود فسـفر بدست آمد. بهره‌گیری از کشـت مخلـوط می‌تواند میزان اسید چرب اشباع شده پالمتیک را کاهش داده و کیفیت روغن بادام زمینی را افزایش دهد (Rezapour Kavishahi *et al*., 2021).



شکل ۱ - اثر نسبت کاشت و خاکپوش بر درصد پالمتیک اسید

Fig.1- Effect of planting ratio and mulch on of palmitic acid Percentage

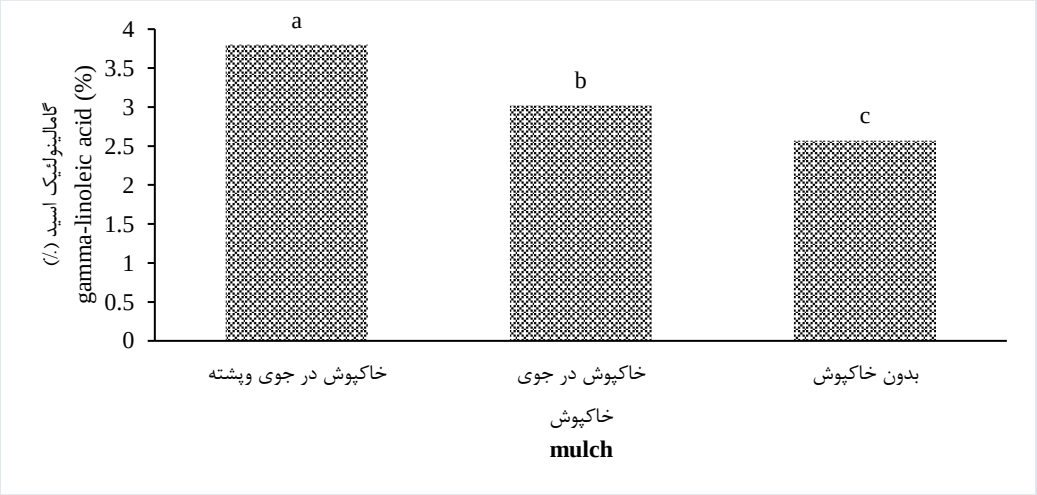


شکل ۲ - اثر نسبت کاشت و خاکپوش بر درصد استئاریک اسید

Fig.2- Effect of planting ratio and mulch on Stearic acid percentage

بالاترین درصد گامالینولنیک اسید (۳/۸ درصد) با مصرف خاکپوش با پوشش جوی و پشته و کم‌ترین درصد گامالینولنیک اسید(۲/۵۷)بدون مصرف خاکپوش حاصل گردید (شکل ۳). به نظر می‌رسد استفاده از خاکپوش به‌صورت پوشش جوی و پشته توانسته با 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 غیر اشباع شود. هم‌زمان بودن فرآیند تکامل بذر با کاهش دما می‌تواند در بالا رفتن میزان گامالینولنیک اسید موثر بوده و حضور اسید گامالینولنیک را می‌توان به دمای نسبتا سرد در

زمان تکامل بذرها نسبت داد. طبق نتایج پژوهش بدست آمده بر روی گل مغربی مشخص شد که درجه غیراشباعی اسیدهای چرب (گامالینولنیک اسید) ارتباط معکوس با دمای غالب در طول بلوغ بذر داشته و دمای بالا در اوایل دوره گل‌دهی اسیدهای چرب را بطور منفی تحت تأثیر قرار می دهد (Sekeroglu *et al*., 2006).

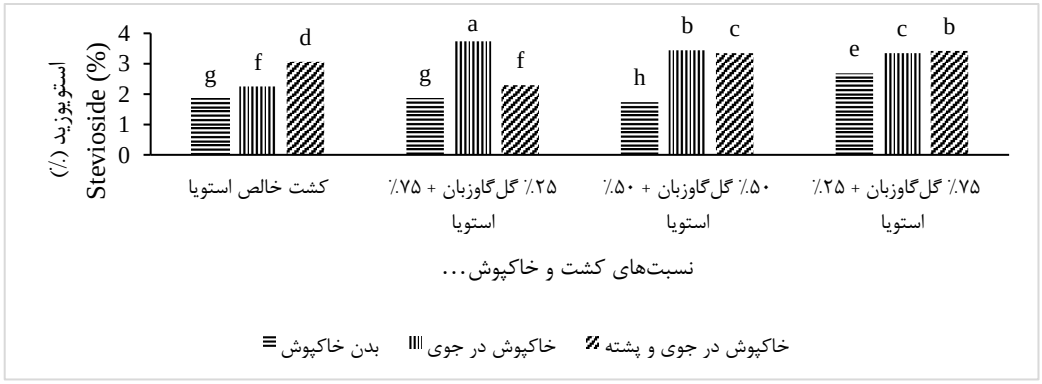


شکل ۳- اثر خاکپوش بر درصد گامالینولنیک اسید گل گاوزبان

Fig.3- Effect of mulch on percentage Gammalinoleic acid chium amoenum

گلیکوزیدهای استویا

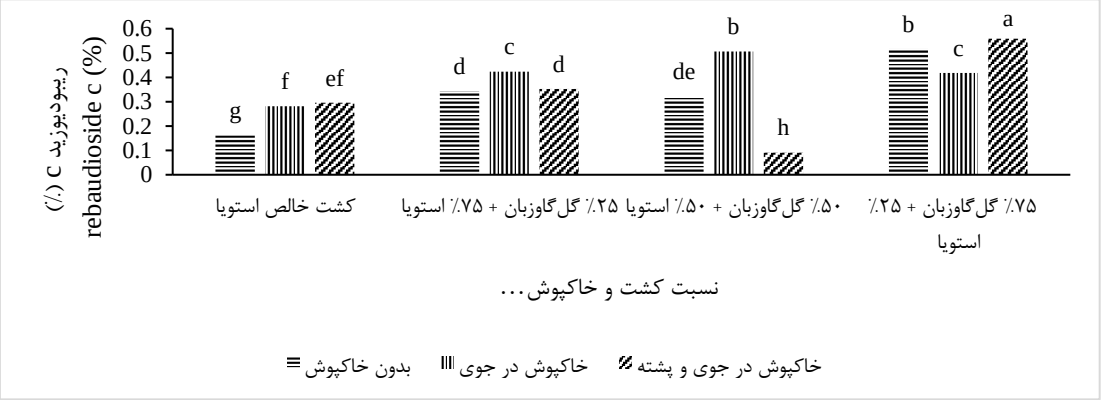
بر اساس نتایج بدست آمده از تجزیه واریانس مشخص شد اثر متقابل سطوح خاکپوش و نسبت‌های کشت مخلوط بر صفات استویوزید و ریبودیوزید C معنی‌دار گردیدند (جدول-۱).



شکل ۴- اثر نسبت کاشت و خاکپوش بر درصد استویوزید

Fig.4- Effect of planting ratio and mulch on Stevioside percentage

نتایج آزمایش مشخص کرد بیشترین میزان استویوزید (۳/۷۴ درصد) در نسبت کشت ۷۵ درصد استویا و ۲۵درصد گاوزبان و مصرف خاکپوش در جوی (شکل ۴) و همچنین بالاترین مقدار ریبودیوزید C (۰/۵۵۹) در نسبت کشت ۲۵ درصد استویا و ۷۵درصد گل‌گاوزبان و پوشش خاکپوش در جوی و پشته بدست آمد (شکل ۵).



شکل ۵- اثر نسبت کاشت و خاکپوش بر درصد ریبودیوزید c

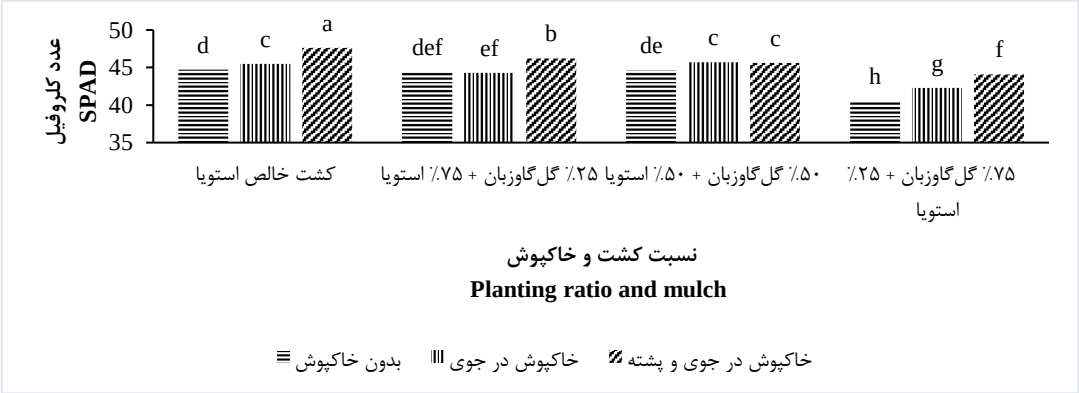
Fig.5- Effect of planting ratio and mulch on Percentage of rebaudioside c

گلیکوزیدهای عمده برگ استویا شامل استویوزید (۹/۱ درصد)، ریبودیوزید A (۳/۸ درصد)، ریبودیوزید C (۰/۶ درصد) و دالکوزید (۰/۳ درصد) می‌باشد (Abdullateef *et al.*, 2001). گسترش بوته‌های گیاه گاوزبان و پوشش خاکپوش در سطح خاک، می‌تواند با حفظ رطوبت در سطح خاک و پایین نگهداشتن دمای خاک در زمان رشد استویا در فصل گرم سال، باعث تحریک رشد گیاه استویا شده و موجب استفاده مطلوب‌تر از عناصر غذایی و شرایط محیطی مناسب و همچنین باعث افزایش درصد گلیکوزیدهای استویا شده باشد. پژوهش‌ها نشان داده در شرایط کاربرد خاکپوش کلش نُه تن در هکتار، بیشترین عملکرد اسانس رازیانه (۳/۱۷ درصد) و در شرایط عدم کاربرد خاکپوش، عملکرد اسانس (۲/۹۳ درصد) دچار کاهش شده است (Sharifi *et al.*, 2023). طبق نتایج بدست آمده مشخص شد وجود خاکپوش در سطح خاک و همچنین گسترش و انبوهی بوته‌های گاوزبان توانسته موجب کاهش رشد علف‌های هرز در مزرعه شده و در همین راستا گیاه استویا با استفاده از شرایط مناسب در رقابت با علف‌های هرز غالب گردیده و در نهایت دارای رشد بیشتر و درصد بالاتر گلیکزیدها گردد. در این راستا پژوهش انجام گرفته بر روی گیاه دارویی نعناع فلفلی نشان داد رشد و گسترش علف‌های هرز باعث کاهش میزان رشد در گیاه دارویی نعناع فلفلی گردیده و علف‌های هرز با تخلیه عناصر غذایی از خاک در نهایت باعث کاهش میزان اسانس شده است (Gity *et al.*, 2017).

عدد کلروفیل (SPAD)

نتایج مقایسات میانگین‌ها نشان داد که بیشترین سبزینگی در برگ استویا (۴۷/۶) مربوط به تیمار کشت خالص استویا و پوشش کامل جوی و پشته توسط خاکپوش بود. کمترین سبزینگی در برگ استویا (۴۰/۵) مربوط به تیمار کشت مخلوط با نسبت ۲۵٪ استویا و ۷۵٪ گل‌گاوزبان و عدم مصرف خاکپوش به دست آمده است (شکل ۶). رشد برگ‌ها مستلزم انجام فرآیند فتوسنتز می‌باشد، و این نوع فرآیند با حضور کلروفیل در گیاه انجام می‌گیرد. وجود کلروفیل به عنوان عامل جذب نور و سنتز

مواد لازم برای رشد و نمو گیاهان وابسته به این عنصر حیاتی است (Saber Hamishegi *et al*., 2013). از جمله عواملی که باعث کاهش محتوی رنگیزه‌های فتوسنتزی در برگ می‌شود، تنش‌های محیطی می‌باشند که می‌تواند به تخریب ساختمان کلروپلاست و دستگاه فتوسنتزی، فتواکسیداسیون کلروفیل‌ها، تخریب و ویرانی پیش ماده‌های تولید کننده کلروفیل و همچنین افزایش فعالیت آنزیم‌های تجزیه کننده کلروفیل از جمله کلروفیلاز اشاره نمود (Neocleous *et al*., 2007). در تیمارهای ۷۵:۲۵ گل‌گاوزبان و استویا و بدون خاکپوش، می‌توان اشاره به کمبود رطوبت مورد نیاز رشد گیاه نمود، در نتیجه قرار گرفتن استویا تحت تنش رطوبتی موجب کاهش سنتز کلروفیل و در نهایت کاهش رشد بوته گردد.



شکل ۶- اثر نسبت کاشت و خاکپوش بر عدد کلروفیل استویا

Fig.6- Effect of planting ratio and mulch on measuring stevia chlorophyll by SPAD

صفات مورفولوژیک

نتایج حاصل از تجزیه واریانس (جدول- ۲) نشان داد که اثر متقابل سطوح خاکپوش کلش گندم و کشت مخلوط بر صفات قطر ساقه و شاخص سطح برگ استویا در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار گردیدند. همچنین صفات ارتفاع بوته و تعداد ساقه اصلی در سطح پنج درصد معنی‌دار شدند.

جدول ۲. تجزیه واریانس (مجموع مربعات) صفات مورفولوژیک استویا

Table 2. variance analysis (sum of squares) of morphological traits of stevia

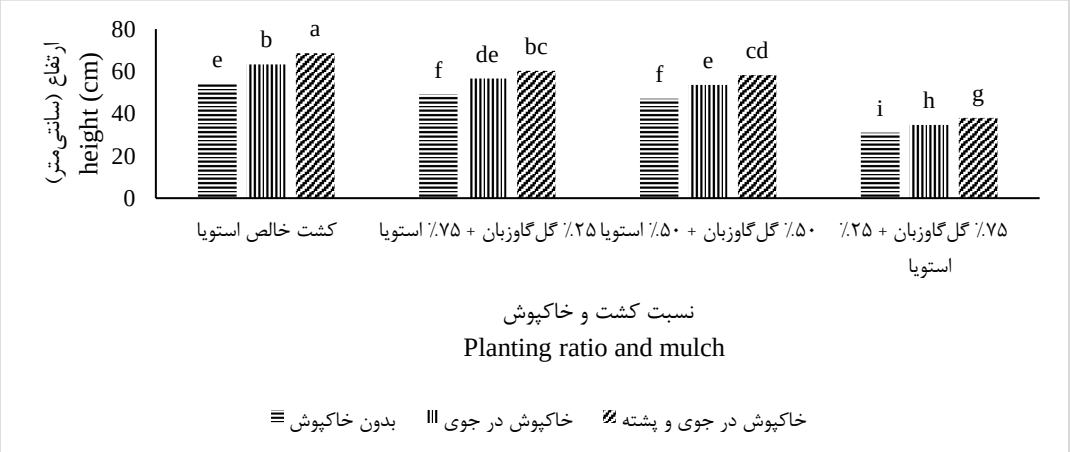
منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی d.f	میانگین مربعات Sum of squares			
		ارتفاع Height	تعداد ساقه Number of stems	قطر ساقه Stem diameter	شاخص سطح برگ Leaf area index
تکرار Replication	2	25.3^{ns}	0.222^{ns}	0.0422^{ns}	0.0125^{ns}
نسبت کاشت Planting ratio (P)	3	3726^{**}	285^{**}	0.961^{**}	0.824^{**}
خاکپوش Mulch (M)	2	750^{**}	88.3^{**}	0.450^{**}	0.212^{**}
نسبت کاشت × خاکپوش P × M	6	49.1^{*}	13.8^{*}	0.193^{**}	0.134^{**}
خطا Error	22	71.2	13.11	0.091	0.019
ضریب تغییرات CV (%)		3.51	8.03	4.61	0.65

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

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

ارتفاع بوته استویا

مقایسات میانگین‌ها نشان داد که بیشترین ارتفاع بوته استویا (۶۸/۶ سانتی‌متر) مربوط به تمیار کشت خالص استویا و پوشش کامل جوی و پشته توسط خاکپوش بود وکمترین ارتفاع بوته استویا (۳۱ سانتی‌متر) مربوط به تیمار کشت مخلوط با نسبت ۲۵٪ استویا و ۷۵٪ گل‌گاوزبان و عدم مصرف خاکپوش به دست آمده است (شکل ۷). نتایج حاکی از آن است که با افزایش مصرف خاکپوش کلش گندم، ارتفاع بوته به عنوان جزئی از اجزاء رویش گیاه تحت تأثیر معنی‌داری قرار گرفته است. با توجه به نیاز بالای استویا به رطوبت قابل دسترس جهت رشد، خاکپوش کلش گندم توانسته با حفظ رطوبت، شرایط را برای رشد بهتر استویا نسبت به تیمارهای با خاکپوش متوسط و فاقد خاکپوش فراهم نماید. فطری و همکاران(Fetri *et al*., 2014) بیان کردند که در آزمایش استفاده از خاکپوش گندم در کشت نخود موجب شد که اثر تیمارهای خاکپوش و عمق کاشت بر ارتفاع بوته در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار گردد. اعمال تیمارهای خاکپوش نظیر خاکپوش کلشی و خاکپوش کود دامی و یا حتی قطع لوله‌های مویین توسط خاکپوش خاکی می‌تواند در کاهش تلفات رطوبت مؤثر بوده و در افزایش عملکرد محصول کمک کند. هودا و همکاران (Hudu *et al*., 2002) نیز افزایش ارتفاع گیاه زراعی در زمین دارای خاکپوش را گزارش کردند و علت آن را نگهداری بهتر رطوبت خاک و در نتیجه بهبود فتوسنتز و جذب مواد غذایی دانستند. نتایج آزمایش نشان داد که با افزایش نسبت کشت مخلوط، گیاه با نسبت کمتر مورد رقابت با گیاه با نسبت بیشتر می‌گردد، در نتیجه در تیمار ۲۵درصد استویا و ۷۵ درصد گل‌گاوزبان رشد رویشی استویا در بهره‌وری از منابع غذایی تحت رقابت با گل‌گاوزبان قرار گرفته و از رشد کمتری برخوردار است همخوانی دارد با نتایج کشت مخلوط گشنیز و شنبلیله که نشان داد بیشترین ارتفاع بوته در گیاه گشنیز در تیمار ۱۷۵٪ تراکم مطلوب گشنیز و ۲۵ ٪ تراکم مطلوب شنبلیله و کمترین آن در تیمار ۲۵٪ تراکم مطلوب گشنیز و ۱۷۵٪ تراکم مطلوب شنبلیله مشاهده شد (Bigonah *et al*., 2014).

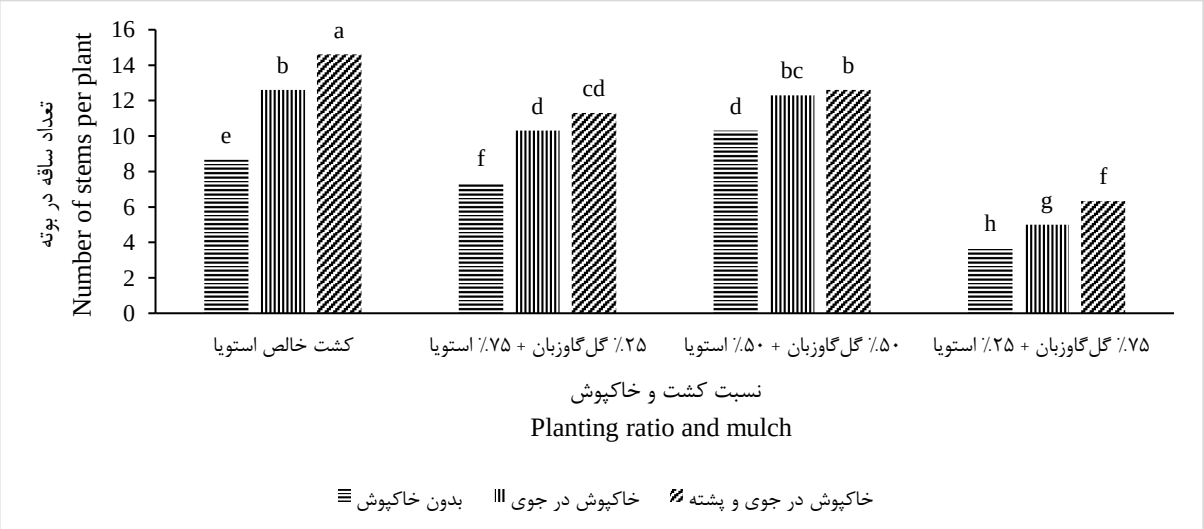


شکل ۷- اثر نسبت کاشت و خاکپوش بر ارتفاع بوته استویا

Fig.7- Effect of planting ratio and mulch on Height of stevia plant

تعداد ساقه در بوته استویا

نتایج حاصل از مقایسات میانگین‌ها نشان داد که بیشترین تعداد ساقه در بوته استویا (۱۴/۶ عدد) مربوط به تیمار کشت خالص استویا و پوشش کامل جوی و پشته توسط خاکپوش بود وکمترین تعداد ساقه در بوته استویا (۵ عدد) مربوط به تیمار کشت مخلوط با نسبت ۲۵٪ استویا و ۷۵٪ گل‌گاوزبان و عدم مصرف خاکپوش به دست آمده است (شکل ۸). نتایج نشان می‌دهد استویا در کشت خالص توانسته با بهره‌گیری از فضای مناسب و بدون رقابت و نیز با استفاده از منابع غذای در دسترس و نیز رطوبت محیا شده توسط خاکپوش کلش گندم نسبت به سایر تیمارها، بوته‌ها با شاخه‌دهی بیشتر، فضای بیشتری را جهت رشد خود اشغال نمایند. در کشت مخلوط آفتابگردان و لوبیا و کنجد مشخص شد بیشترین تعداد و مجموع شاخه فرعی در بوته برای کشت خالص، ۳/۹۳ شاخه فرعی در بوته و کمترین مقدار در کشت ردیفی با ۲/۶۷ شاخه فرعی مشاهده شد، همچنین بیشترین تعداد شاخه فرعی در بوته، لوبیا قرمز مربوط به کشت خالص با ۷/۱ شاخه فرعی بدست آمد (Koocheki *et al*., 2016). نتایج پژوهش کشت مخلوط نخود و کلزا نشان داد که نسبت‌های مختلف کاشت تنها اثر معنی‌داری بر تعداد شاخه‌های فرعی کلزا داشتند نتایج نشان داد که نسبت کاشت (۲۵:۷۵ نخود-کلزا) با میانگین ۴/۲ بیشترین و کشت خالص کلزا ۱۰۰:۰ با میانگین ۱/۸ دارای کمترین تعداد شاخه فرعی در بوته بودند. هرچند تعداد شاخه فرعی در نسبت کاشت (۷۵:۲۵ نخود-کلزا) تفاوت معنی‌داری با کشت خالص کلزا ۱۰۰:۰ نداشت (Namdari and Mahmoudi, 2013).



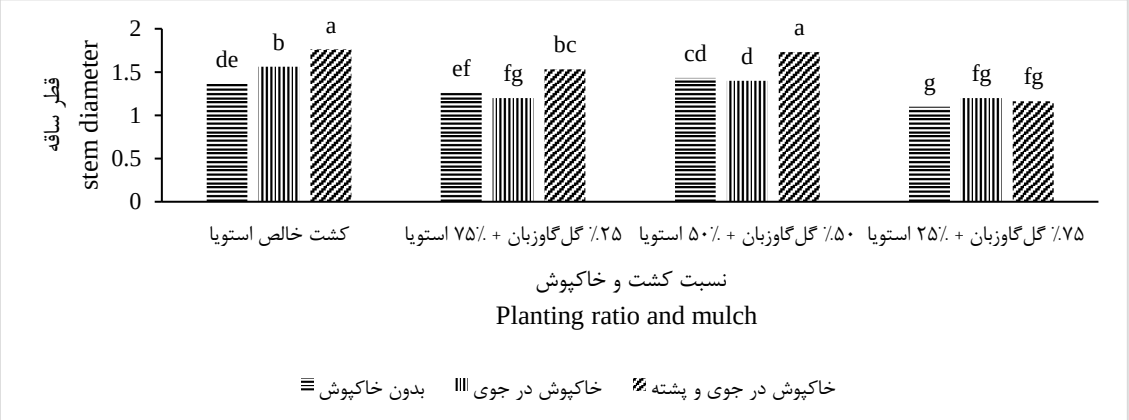
شکل ۸- اثر نسبت کاشت و خاکپوش بر تعداد ساقه در بوته استویا

Fig.8- Effect of planting ratio and mulch on number of stems per plant

قطر ساقه اصلی استویا

مقایسات میانگین‌ها نشان داد که بیشترین قطر ساقه در بوته استویا (۱/۷۶میلی‌متر) مربوط به تمیارهای کشت خالص استویا و پوشش کامل جوی و پشته توسط خاکپوش و(۱/۷۳میلی‌متر) نسبت کشت مخلوط ۵۰٪ استویا و ۵۰٪ گل‌گاوزبان و پوشش

کامل جوی و پشته توسط خاکپوش بود. کمترین قطر ساقه در بوته استویا (۱/۱ میلی‌متر) مربوط به تیمار کشت مخلوط با نسبت ۲۵٪ استویا و ۷۵٪ گل‌گاوزبان و عدم مصرف خاکپوش به دست آمده است (شکل ۹). نتایج پژوهش نشان داد تفاوتی بین تیمارهای کشت خالص استویا وکشت ۵۰:۵۰ استویا و گل‌گاوزبان همراه پوشش کامل جوی و پشته خاکپوش کلش گندم وجود ندارد، ولی با افزایش نسبت گل‌گاوزبان (۷۵:۲۵) در تیمار و استفاده نکردن از خاکپوش موجب کاهش قطر ساقه اصلی در استویا می‌شود، می‌تواند بیانگر این باشد، افزایش رقابت بین اجزای کشت برای منابع در دسترس و خصوصا رطوبت موجود، موجب کاهش قطر ساقه در استویا گردیده باشد. قطر ساقه به عنوان جزئی از اجزا رویشی گیاه می‌تواند تحت تاثیر شرایط محیطی و منابع غذای در دسترس قرار گیرد. در پژوهش انجام شده توسط عسکرنژاد و همکاران (Askarnejad *et al*., 2019) بر روی گیاه استویا تحت تنش رطوبتی و مصرف سیلیکون مشخص شد اعمال تنش رطوبتی فقط بر صفت ارتفاع گیاه، وزن تر اندام هوایی، قطر تاج پوشش و حجم تاج پوشش گیاه اثر معنی‌دار در سطح یک درصد دارد، ولی وزن خشک اندام هوایی و تعداد برگ تحت تاثیر قرار نگرفت. اثر محلول‌پاشی سیلیکون نیز بر ارتفاع گیاه، قطر تاج پوشش و حجم تاج پوشش گیاه در سطح یک درصد و بر وزن تر و خشک اندام هوایی در سطح پنج درصد معنی‌دار گردید. اثر متقابل تنش خشکی و سیلیکون نیز تنها بر صفت وزن خشک اندام هوایی، قطر و حجم تاج پوشش در سطح یک درصد معنی‌دار شد و بر سایر صفات تأثیر معنی‌داری نداشت.



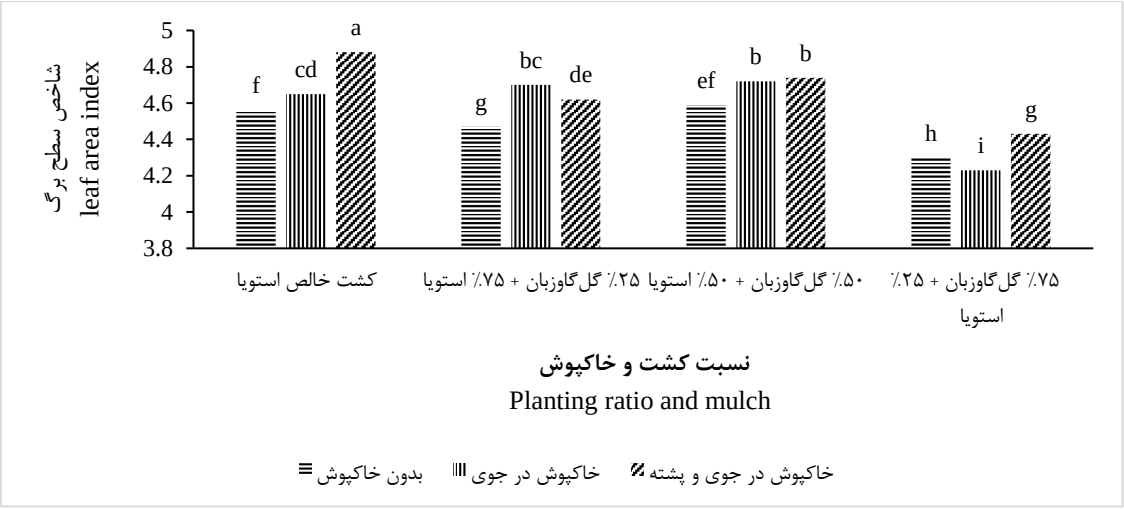
شکل ۹- اثر نسبت کاشت و خاکپوش بر قطر ساقه استویا

Fig.9- Effect of planting ratio and mulch on stem diameter of stevia plant

شاخص سطح برگ استویا

مقایسات میانگین‌ها نشان داد که بیشترین شاخص سطح برگ بوته استویا (۴/۸۸) مربوط به تمیار کشت خالص استویا و پوشش کامل جوی و پشته توسط خاکپوش بود. کمترین شاخص سطح برگ بوته استویا (۴/۲۳) مربوط به تیمار کشت مخلوط با نسبت ۲۵٪ استویا و ۷۵٪ گل‌گاوزبان و مصرف خاکپوش داخل جوی به دست آمده است (شکل ۱۰). شاخص سطح برگ به

عنوان یک عامل اصلی در فرایند فتوسنتز و رشد و تولید گیاه می‌باشد. در تیمارهای که از خاکپوش کلش گندم بصورت پوشش کامل استفاده شده است، و کشت خالص استویا، به دلیل شرایط رطوبتی مناسب و نیز کاهش رقابیت بین گونه‌ای، شاهد بالاترین میزان شاخص سطح برگ هستیم. قابل توجه است تیمار ۵۰:۵۰ گل‌گاوزبان و استویا و پوشش کامل خاکپوش در رتبه دوم بالای مقدار شاخص سـطح بـرگ قرار دارد. در آزمایشی، کشت مخلوط ذرت و گندم نسبت به تک کشتی آن‌ها و نیز کاربرد خاکپوش نسبت به عدم کاربرد خاکپوش باعث افزایش شاخص سطح برگ گردید (Yin *et al*., 2016).



شکل ۱۰ - اثر نسبت کاشت و خاکپوش بر شاخص سطح برگ استویا
Fig.10- Effect of planting ratio and mulch on Stevia Leaf Area Index

نتیجه‌گیری

نتایج حاصل شده از این پژوهش مشخص کرد با توجه به این نکته که گیاه استویا از نظر بوم‌شناختی متعلق به مناطق گرمسیری و مرطوب می‌باشد و کشت این گیاه در منطقه‌ای با آب و هوای سرد و نیمه خشک می‌تواند با تنش‌های محیطی مانند تنش رطوبتی و سرما مواجه شود ولی در این آزمایش استفاده از خاکپوش کلش گندم به رشد و استقرار این گیاه چندساله در منطقه سردسیر اراک کمک کرد. همچنین کشت خالص بدلیل کاهش رقابت بین‌گونه‌ای باعث برتری صفات مورفولوژیک این گیاه نسبت به سایر تیمارهای کشت مخلوط شد. ترکیبات تیمارهای ٪۷۵ استویا و ٪۲۵ گل‌گاوزبان، ٪۵۰ استویا و ٪۵۰ گل‌گاوزبان، به‌همراه پوشش کامل جوی و پشته توسط خاکپوش (شش تن در هکتار)، دارای بالاترین مقادیر گلیکوزیدهای استویا و اسیدهای چرب گل‌گاوزبان بود. در کل، کاربرد خاکپوش کلش گندم برای کشت و استقرار گیاه با ارزش و اقتصادی استویا در منطقه سردسیر اراک قابل توصیه است.

سپاسگزاری

از مرکز آموزش و تحقیقات کشاورزی استان مرکزی و همچنین دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان به‌جهت حمایت در اجرای این پژوهش تشکر و قدردانی می‌شود.

منابع

Abdullateef, R.A. & Osman, M. (2011). Studies on effects of pruning on vegetative traits in *stevia rebaudiana bertoni* (compositae). *International journal of biology*. 4. Doi:10.5539/ijb.v4n1p146.

Aghighi Shahverdi, M., Omidi, H. & Tabatabaei, S.J. (2019). Stevia (*Stevia rebaudiana* Bertoni) responses to NaCl stress: Growth, photosynthetic pigments, diterpene glycosides and ion content in root and shoot. *Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences*, 18(4):355-360. https://doi.org/10.1016/j.jssas.2017.12.001

Alizadeh, O. & Sharafzadeh, S.H. (2012). Some medicinal plants cultivated in iran. *Journal of applied pharmaceutical science*, 2(1): 134-137

Askarnejad, M., Sodaeeizadeh, H., Mosleh Arani, A., Yazdani Biouki, R. & Mavandi, P. (2019). Effect of silicon in improving drought tolerance of stevia (*Stevia rebaudiana* Bertoni) under moisture stress. *Environmental Stresses in Crop Sciences*, 12(3): 847-863. https://doi.org/10.22077/escs.2019.1559.1349

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

Bakhshandeh, A. , Gharineh, M. H. , Abdali Mashhadi, A. , Moradi Telavat, M.R. & Reiszadeh, M. (2016). Effect of nitrogen level and natural zeolite on qualitative and quantitative function of *Stevia rebaudiana* (Bertoni) in Ahvaz climatic condition. *Iranian Journal of Field Crops Research*, 14(2): 244-254. https://doi.org/10.22067/gsc.v14i2.37754

Bigonah, R. , Rezvani Moghaddam, P. & Jahan, M. (2014). Effects of Intercropping on Biological Yield, Percentage of Nitrogen and Morphological Characteristics of Coriander and Fenugreek. *Iranian Journal of Field Crops Research*, 12(3): 369-377. https://doi.org/10.22067/gsc.v12i3.42213

Day, S., Bakhshande, A., Abdali mashhadi, A. & Hojati, M. (2015). Measurement of leaf chlorophyll content in *Stevia rebaudiana bertoni* under the influence of different fertilizer levels and sowing dates. National Conference on Medicinal Plants and Sustainable Agriculture, Hamedan, Iran. (in farsi)

Emad, F., Gheibi, M., Rasouli, R., Khanjanzadeh, S. & Mohammadi jozani. (2013). Medicinal-industrial plant of borage. Pooneh publication. (in farsi)

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.

Fetri, M., Ghobadi, M., Ghobadi, M. & Mohammadi, G. (2014). Investigation the effect of sowing depth and types of mulch on partitioning and remobilization of assimilates in dry land chickpea (*Cicer arietinum* L.). Crop physiology, 5(20): 55-69. http://cpj.ahvaz.iau.ir/article-1-189-en.html

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.

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. https://doi.org/10.22092/ijmapr.2012.4508

Hudu, A.I., Futuless, K.N. & Gworgwor, N.A. (2002). Effect of mulching intensity on the growth and yield of irrigated tomato (*lycopersicon esculentum mill*.) and weed infestation in semiarid zone of nigeria. *Journal of sustainable agriculture*, 21(2): 37-45. https://doi.org/10.1300/J064v21n02_05

Koocheki, A. , Nassiri Mahallati, M. , Feizi, H. , Amirmoradi, S. & Mondani, F. (2010). Effect of strip intercropping of maize (*Zea mays L*.) and bean (*Phaseolus vulgaris* L.) on yield and land equivalent ratio in weedy and weed free conditions. *Journal of Agroecology*, *2*(2): 225-235. https://doi.org/10.22067/jag.v2i2.7627

Koocheki, A. , Zarghani, H. & Norooziyan, A. (2016). Comparison of Yield and Yield Components of Sunflower (*Helianthus annuus* L.), Sesame (*Sesamum indicum* L.) and Red Bean (*Phaseolus calcaratus*) under different Intercropping Arrangements. *Iranian Journal of Field Crops Research*, *14*(2): 226-243. https://doi.org/10.22067/gsc.v14i2.51158

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 America Oil Chemists Society*, 67:618-623. https://doi.org/10.1007/BF02540410

Li, C.j., Li, y., Yu, C.B., Sun, J.H., Christie, p., An, M., Zhang, F.S. & Li, L. (2011). Crop nitrogen use and soil mineral nitrogen accumulation under different crop combinations and patterns of strip intercropping in northwest China. Plant and Soil. 342. 221-231. DOI:10.1007/s11104-010-0686-6

Namdari, M. & Mahmoudi, S. (2013). Evaluation of yield and productivity indices in planting ratios of intercropping of chickpea (*Cicer arietinum* L.) and canola (*Brassica napus* L.). *Iranian journal of crop sciences*, 14(4 (56)), 346-357. URL: http://agrobreedjournal.ir/article-1-77-fa.html

Neocleous, D. & Vasilakakis. M. (2007). Effects of NaCl stress on red raspberry (*Rubus idaeus* L. *'autumn bliss'*). *Scientia Horticulturae*, 112(3): 282-289. https://doi.org/10.1016/j.scienta.2006.12.025

Paredes, P., Wei, Z., Liu, Y., Xu, D., Xin, Y., Zhang, B. & Pereira, L.S. (2015). Performance assessment of the FAO AquaCrop model for soil water, soil evaporation, biomass and yield of soybeans in North China Plai. *Agricultural Water Management*, 152:57-71. https://doi.org/10.1016/j.agwat.2014.12.007.

Randi, A. M. (1980). Germinac, a~o de *Stevia rebaudiana* Bert. (Masters thesis), Universidade Estadual de Campinas, Campinas.

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

Saber hamishegi, F., Torang, A., Mobaleghi, M., Dehpouri, A. & Saber hamishegi, Z. (2013). Study of nitrogen and potash fertilizers on crop yield, soluble and non soluble sugar in stevia plant (*stevia rebaudiana bertoni*). .New Finding in Agriculture, 26:127-135

Sanjani, S., Hosseini, M.B., Chaichi, M.R.& Rezvanbeidokhti, S. (2009). Effect of additive intercropping *sorghum*:cowpea on weed biomass and density in limited irrigation system. *Iranian journal of field crops research.* 7(1):85-95. (in persian with english abstract)

Sekeroglu, N. & Ozguven, 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.

Sharifi, Z., Zare, A., Elahifard, E. & Abdali, A. (2023). 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

Yin, W., Chai, Q., Guo, Y., Feng, F., Zhao, C., Yu, A. & Hu, F. (2016). Analysis of leaf area index dynamic and grain yield components of iIntercropped wheat and maize under straw mulch combined with reduced tillage in arid environments. *Journal of Agricultural Science*, 8(4):26-42. http://dx.doi.org/10.5539/jas.v8n4p26