دانش کشاورزی و تولید پایدار

Journal of Agricultural Science and Sustainable Production
Volume 36, Issue 1, 2026, Pages 257-273

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

Advantages of Millet (*Panicum miliaceum* L.) and Soybean (*Glycine max*) Strip Intercropping Under weed-free and Weed-Infested Conditions

Behzad Sharib[1], Goudarz Ahmadvand[2*], Adel Dabbagh Mohammadi Nassab[3]

Received: 15 September 2024	Accepted: 05 January 2025

1-Ph.D. Student of weed science, Dept. of Plant Production and Genetics, Faculty of Agriculture, Bu-Ali Sina University of Hamedan, Hamedan, Iran.
2-Prof., Dept. of Plant Production and Genetics, Faculty of Agriculture, Bu-Ali Sina University of Hamedan, Hamedan, Iran.
3- Prof., Dept. of Plant Ecophysiology, Faculty of Agriculture, University of Tabriz, Tabriz, Iran
Corresponding Author E-mail: gahmadvand@basu.ac.ir

Abstract

Background and Objectives: The purpose of this research was millet and soybean yield evaluation in monoculture and strip intercropping under weed-free and weed-infested conditions.

Materials and Methods: Split-plot experiment based on randomized complete block design with three replications was conducted in 2021 and 2022. The main plots included weed-free and weed-infested treatments, and the subplots included six different patterns of millet (M) and soybean (S) strip intercropping, sole cropping of millet and sole cropping of soybean. Millet and soybean seed yield traits and LER, AYL, K, IA, CAI indices were investigated.

Results: The results of variance analysis showed that the effect of weed-infested, cropping system and interaction on grain yield of millet ($p< 0.01$) and soybean ($p< 0.01$) were significant. The highest grain yield of millet (1134/83 kg/ha) and soybean (1832/83 kg/ha) was obtained in the weed-free sole cropping treatment, and the lowest one in millet (355/16 kg/ha) was observed in the 2M2S intercropping weed-infested treatment and in soybean (440/22 kg/ha) was observed in the 2S4M intercropping under weed-infested treatment. The highest LER in the 2M4S intercropping under weed-infested condition was 1.85 in the average of two years. The maximum CAI in the average data of two years related to 2M4S intercropping in weed-free treatment. Also, the maximum IA was related to 2M4S intercropping in weed-infested condition.

Conclusion: LER and CAI was greater than 1 in all intercropping patterns, which indicates the superiority of millet and soybean intercropping, compared to their sole cropping. The positive value of IA and AYL in all intercropping patterns indicated the beneficial effect of plants on each other and the advantage of their intercropping in weed-free and weed-infested conditions. 2M4S intercropping in weed-infested treatment increased millet and soybean grain yield per occupied area by 20% and 9.7% compared to the sole cropping of both plants in weed-free conditions, respectively.

Keywords: AYL, Canopy Area Index, Grain Yield, Millet, LER, Intercropping Advantage, Soybean

This is an open-access article under the CC BY NC license (https://creativecommons.org/licenses/by-nc/2.0/)
Copyright@ 2026 Goudarz Ahmadvand E-mail: gahmadvand@basu.ac.ir

https://doi.org/10.22034/SAPS.2025.63168.3279

دانش
کشاورزی و تولید پایدار

نشریه علمی پژوهشی دانش کشاورزی و تولید پایدار
جلد ۳۶، شماره ۱، بهار ۱۴۰۵، صفحات ۲۷۳-۲۵۷

سودمندی الگوهای مختلف کشت مخلوط نواری ارزن (*Panicum miliaceum* L.) و سویا (*Glycine max*) در شرایط عاری و آلوده به علف‌هرز

بهزاد شریب[۱]، گودرز احمدوند[۲*]، عادل دباغ محمدی نسب[۳]

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۰۶/۲۵	تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۱۰/۱۶

۱-دانشجوی دکتری رشته علوم علف های هرز، گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بوعلی سینا، همدان، ایران
۲-استاد گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بوعلی سینا، همدان، ایران
۳-استاد گروه اکوفیزیولوژی گیاهی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران

چکیده

مقدمه و اهداف: هدف از این تحقیق، بررسی سودمندی کشت مخلوط نواری ارزن و سویا در جهت افزایش عملکرد و استفاده مفید از منابع محیطی در شرایط آلوده و عاری از علف‌هرز بود.

مواد و روش‌ها: به منظور بررسی سودمندی کشت مخلوط نواری ارزن و سویا در شرایط آلوده و عاری از علف‌هرز، آزمایشی به صورت اسپلیت پلات در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در دو سال ۱۴۰۰ و ۱۴۰۱ اجرا گردید. در کرت‌های اصلی دو تیمار کنترل و عدم کنترل علف‌های هرز و در کرت‌های فرعی شش الگوی مختلف کشت مخلوط نواری ارزن (M)و سویا (S)و کشت خالص آن‌ها در نظر گرفته شد و صفت عملکرد اقتصادی (دانه) ارزن و سویا و شاخص LER، AYL، K، CAI، IA مورد بررسی قرار گرفت.

یافته‌ها: بر اساس نتایج حاصل از تجزیه واریانس کرت‌های خرد شده، اثر اصلی عامل علف‌هرز و عامل الگوی کشت مخلوط و نیز اثر متقابل آن‌ها بر عملکرد اقتصادی در هر دو گونه گیاهی ارزن و سویا در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد. بیشترین عملکرد اقتصادی دو گونه ارزن و سویا به ترتیب معادل ۱۱۳۴/۸۳ و ۱۸۳۲/۸۳ کیلوگرم در هکتار در تیمار کشت خالص عاری از علف‌هرز هر دو گونه بدست آمد و کمترین عملکرد اقتصادی دو گونه ارزن و سویا به ترتیب معادل ۳۵۵/۱۶ و ۴۴۰/۲۲ کیلوگرم در هکتار در تیمار 2M2S در شرایط آلوده به علف‌هرز در گیاه ارزن و در تیمار 2S4M در شرایط آلوده به علف‌هرز در گیاه سویا مشاهده شد. بیشترین میزان LER در تیمار کشت مخلوط 2M4S در شرایط آلوده به علف‌هرز به میزان ۱/۸۵ در میانگین داده‌های دو سال حاصل شد و بیشترین CAI در میانگین داده‌های دو سال مربوط به تیمار کشت مخلوط 2M4S عاری از علف‌هرز بود و نیز بیشترین شاخص سودمندی کشت مخلوط محاسبه شده متعلق به کشت مخلوط 2M4S در شرایط آلوده به علف‌هرز بود که این امر ناشی از استفاده بهتر گیاهان از منابع غذایی موجود در این تیمار می‌باشد.

نتیجه‌گیری: نسبت برابری زمین و شاخص سطح کانوپی در همه الگوهای کشت مخلوط بیشتر از یک بود که نشان دهنده برتری کشت مخلوط دو گونه ارزن و سویا نسبت به کشت خالص آن‌ها می‌باشد. مثبت بودن شاخص سودمندی اقتصادی

کشت مخلوط و افت عملکرد واقعی در همه الگوهای کشت بیانگر تاثیر مفید گیاهان برروی همدیگر و سودمندی کشت مخلوط آن‌ها در شرایط آلوده و عاری از علف‌هرز می‌باشد. تیمار کشت مخلوط 2M4S در شرایط عدم کنترل علف‌هرز در هر دو گیاه ارزن و سویا در واحد سطح اشغالی بترتیب ۲۰٪ و ۹/۷٪ افزایش در عملکرد را نسبت به تیمار خالص هر دو گونه در شرایط کنترل علف‌هرز داشت.

واژه‌های کلیدی: ارزن، افت عملکرد واقعی، عملکرد دانه ، سویا، سودمندی کشت مخلوط، شاخص سطح کانوپی، نسبت برابری زمین

مقدمه

ارزن (*Panicum millaceum* L.) از تیره غلات جز گیاهان مناطق گرمسیری و کم آب بوده و بعد از گندم، ذرت، برنج، جو و سورگوم ششمین غله مهم دنیا محسوب می‌شود. منشا ارزن آفریقا است. تقریبا تمام ارزن تولید شده در دنیا در همان محل‌های تولید مورد مصرف قرار می‌گیرد و چیزی از آن وارد تجارت جهانی نمی‌شود. ارزن معمولی در مقایسه با گیاهان دیگر دارای رشد و نمو سریع بوده و به آب کمتری برای رشد نیاز دارد و می‌تواند در شرایط کمبود آب نسبت به سایر گیاهان محصول قابل قبولی تولید کند و زودتر از هر غله دیگری برسد (محمد و همکاران ۲۰۰۸). گیاه ارزن با توجه به داشتن ارتفاع نسبتا بلند و خوش خوراکی زیاد در زمان گلدهی، نسبت بالای برگ به ساقه، کیفیت مطلوب علوفه به دلیل قابلیت هضم مناسب، درصد بالای پروتئین (نزدیک ۲۰٪) و عدم برخورداری از ترکیبات سمی، مقاومت به کم آبی و رشد سریع به عنوان گیاهی مطلوب برای تولید علوفه و دانه به ویژه در شرایط کشت مخلوط مطرح می‌شود (عطایی و همکاران ۲۰۲۰).

سویا (*Glycine max*) از تیره بقولات می‌باشد که دانه آن به طور متوسط حاوی ۱۴ الی ۲۰ درصد روغن و ۳۰ الی ۴۰ درصد پروتئین می‌باشد. و در بین گیاهان بیشترین درصد پروتئین دانه را به خود اختصاص داده است. مصرف کنجاله سویا در کشورهای صنعتی برای تهیه گوشت گیاهی یا گوشت سویا نیز بسیار متداول است. در این کشورها سهم فرآورده‌های سویا در تولید غذاهای مختلف، روز به روز افزایش می‌یابد و ارزش بالای پروتئین این محصول نشانگر پتانسل آن در بهبود وضع تغذیه مردم کشورهای فقیر است. واردات دانه سویا، سومین کالای عمده واردات کشور بوده و این مقدار از واردات دانه سویا نشان از اهمیت و نقش روز افزون دانه‌های روغنی در برنامه مصرفی و تولیدی کشور دارد (شاهمرادی ۲۰۰۳). گیاه سویا به گرما و نور زیادی نیاز دارد و اگرچه مخصوص کاشت در اقلیم‌های گرمسیری می‌باشد اما در کلیه مناطق بخصوص اقلیم-های معتدل بیشترین عملکرد دانه را دارد. سویا حساس-ترین گونه زراعی نسبت به طول روز بوده و گیاهی روزکوتاه می‌باشد. دمای بالا سبب افزایش سرعت رشد گیاه، کاهش رشد رویشی، کاهش عملکرد دانه و کاهش کمیت و کیفیت روغن می‌شود (گودینگ و همکاران ۲۰۰۰).

کشت مخلوط به عنوان یکی از راهکارها و نمونه‌ای از نظام‌های کشاورزی پایدار است که اهدافی نظیر ایجاد تعادل اکولوژیکی، بهره‌برداری بیشتر از منابع، افزایش کمی و کیفی عملکرد و کاهش خسارت آفات، بیماری‌ها و علف‌های هرز را دنبال می‌نماید (ژاو و همکاران ۲۰۱۸). افزایش سطح زیر کشت گیاهان زراعی در راستای افزایش تولیدات کشاورزی، به دلیل محدود بودن زمین-های قابل کاشت به بن بست رسیده است و راه‌حل باقی-مانده افزایش تولید در واحد سطح و استفاده از زمان است. سیستم‌های مختلف کشت مخلوط با بهره‌گیری موثر از زمان و مکان، امکان رسیدن به چنین هدفی را میسر می‌سازند. بعلاوه، در صورت بهره‌گیری موثر و گسترده از این سیستم‌ها، ثبات و پایداری نظام‌های کشاورزی افزایش می‌یابد (لاتاتی و همکاران ۲۰۱۸). تولید بیشتر در کشت مخلوط را می‌توان به سرعت رشد بیشتر، کاهش علف‌های هرز، آفات و بیماری‌ها و استفاده موثر تر از منابع قابل دسترس نسبت داد (یانگ و

همکاران ۲۰۱۴). علاوه بر آن در صورت وجود اثرات مکملی میان اجزا کشت مخلوط، به دلیل کاهش رقابت برون گونه‌ای تولید افزایش می‌یابد (واسیلاکوگلو و همکاران ۲۰۰۵). طی مطالعات انجام شده توسط لیتورقیدیس و همکاران (۲۰۰۷)، عدم موفقیت در کشت مخلوط کمتر از کشت خالص است، زیرا ممکن است شرایط برای رشد یک گونه مناسب و برای گونه دیگر نامناسب باشد که از آن می‌توان به عنوان یک ارزش تضمینی کشت مخلوط یاد کرد. کشت مخلوط بقولات با سایر گیاهان، یکی از رایج‌ترین نوع کشت مخلوط می‌باشد. قلی نژاد و رضایی (۲۰۱۴) گزارش کردند که عملکرد دانه و اجزای عملکرد در کشت مخلوط سیاهدانه و نخود، به دلیل بهبود کارایی مصرف منابع، افزایش یافت. در واقع، کاهش رقابت بین گیاهان کشت شده در الگوی مخلوط، کلید اصلی رسیدن به عملکرد بالا می‌باشد (زاو و همکاران ۲۰۱۸). در الگوی کشت مخلوط بین خانواده بقولات و گندمیان، استفاده بهینه از نور موجب می‌شود که این انرژی، در طول فرآیند فتوسنتز ذخیره شده و تبدیل به زیست توده گیاهی شود (کوچکی و همکاران ۲۰۱۶).

یکی از روش‌های کنترل علف‌های هرز و کاهش وابستگی به مواد شیمیایی استفاده از کشت مخلوط است. در منابع مختلف، کنترل علف‌های هرز، بیشتر به عنوان یکی از مزایای کشت مخلوط بر شمرده شده است (پوجیو ۲۰۰۵). نتایج بررسی‌ها نشان داده است که تراکم جمعیت و تولید بیوماس علف‌های هرز شاید به طور قابل ملاحظه‌ای با استفاده از تناوب زراعی (تنوع زمانی) و کشت مخلوط (تنوع فضایی) کاهش یابد. برخی از پژوهشگران معتقدند که بهره‌برداری از منابع در زراعت‌های مخلوط بیشتر از زراعت‌های خالص است و این موضوع موجب کنترل بهتر و موثرتر علف‌های هرز در زارعت‌های مخلوط نسبت به زراعت‌های خالص می‌شود(پوجیو ۲۰۰۵). کشت بین ردیفی گندم یا چاودار با سویا تا حدودی روش کم هزینه‌ای برای کنترل علف‌های هرز بوده است. علاوه بر آن، این روش تواند میزان فرسایش خاک و تلفات مواد آلی را نیز کاهش دهد (فرناندز و همکاران ۲۰۰۷).

این پژوهش با هدف ارزیابی سودمندی الگوهای مختلف کشت مخلوط نواری ارزن و سویا و بررسی اثر آن در کنترل علف‌هرز، انجام شد.

مواد و روش‌ها

این پژوهش به صورت آزمایش مزرعه‌ای در سال‌های ۱۴۰۰ و ۱۴۰۱ در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه تبریز واقع در اراضی کرکج در ۱۲ کیلومتری شرق تبریز با طول جغرافیایی ۴۶ درجه و ۱۷ دقیقه شرقی، عرض جغرافیایی ۳۷ درجه و ۵ دقیقه شمالی و ارتفاع ۱۳۵۱ متر از سطح دریا اجرا گردید. به منظور بررسی وضعیت حاصلخیزی خاک مزرعه، در هر دو سال با رعایت اصول نمونه‌برداری از سطح خاک تا عمق ۳۰ سانتی‌متری نمونه تهیه شد و جهت انجام تجزیه‌های لازم به آزمایشگاه گروه خاکشناسی دانشکده کشاورزی دانشگاه تبریز ارسال گردید (جدول ۱).

جدول۱- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش

سال	بافت خاک	Clay(%)	Silt (%)	Sand (%)	pH	EC (ds/m)	OC (%)	TN (%)	K (mg/kg)	P (mg/kg)
۱۴۰۰	Sandy loam	۱۳	۴۲	۴۵	۷/۹	۱/۵	۱/۶	۰/۰۵۸	۵۵۰	۱۱/۹
۱۴۰۱	Sandy loam	۱۲	۴۴	۴۴	۷/۹	۱/۴	۱/۶	۰/۰۵۴	۵۶۲	۱۱/۲

آزمایش به صورت اسپلیت پلات در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ۱۶ ترکیب تیماری در سه تکرار در دو سال اجرا گردید. کرت‌های اصلی شامل دو تیمار عاری از علف‌هرز (وجین کامل) و آلوده به علف‌های هرز (فلور طبیعی علف‌هرز مزرعه) و کرت‌های فرعی شامل شش الگوی مختلف کشت مخلوط نواری ارزن و سویا به شرح دو ردیف ارزن و دو ردیف سویا (2M2S)، دو ردیف ارزن و سه ردیف سویا (2M3S)، دو ردیف ارزن و چهار ردیف سویا (2M4S)، دو ردیف سویا و سه ردیف ارزن (2S3M)، دو ردیف سویا و چهار ردیف ارزن (2S4M)، سه ردیف سویا و سه ردیف ارزن (3S3M)، کشت خالص ارزن (PM) و کشت خالص سویا (PS) بودند.

زمین محل کاشت با استفاده از گاوآهن برگردان‌دار شخم‌زده شد و توسط دیسک کلوخه‌های موجود خرد و بوسیله لولر (ماله) تسطیح تکمیلی انجام گردید. برای ایجاد ردیف‌های کاشت و پشته‌ها قبل از کاشت از فاروئر استفاده شد. دو گونه ارزن معمولی و سویا رقم ویلیامز در سال ۱۴۰۰ در اواسط اردیبهشت ماه و در سال ۱۴۰۱ در اواخر اردیبهشت ماه بطور همزمان کشت شدند. بذور ارزن و سویا قبل از کاشت به منظور پیشگیری از بیماری‌های قارچی با قارچ‌کش مانکوزب به میزان ۲ در هزار ضدعفونی شدند. در تیمارهای کشت خالص ارزن و سویا مساحت هر پلات ۲۵ (۱۰ × ۲/۵) مترمربع و در سایر تیمارها این مساحت بسته به الگوی کاشت و تعداد ردیف‌های دو گونه افزایش پیدا می‌کرد و بیشترین مساحت در تیمار (3S3M) با مساحت ۵۰ (۱۰ × ۵) مترمربع بود. فاصله بین ردیف‌های کاشت ۵۰ سانتی‌متر بود. شایان ذکر است تمام پلات‌ها بطور مساوی از وسط نصف شده و تیمارهای کنترل و عدم کنترل علف‌های هرز اعمال شد. تراکم بوته ارزن ۴۰ بوته در متر مربع (۵×۵۰ سانتی‌متر) و سویا ۳۰ بوته در متر مربع (۶/۷×۵۰ سانتی‌متر) و عمق کاشت برای ارزن ۲ الی ۳ سانتی‌متر و برای سویا ۳ الی ۴ سانتی‌متر بود. عمل تنک کردن بوته‌های هر دوگونه برای رسیدن به تراکم مطلوب و همچنین عملیات وجین علف‌های هرز در تیمارهای کنترل علف‌هرز از همان ابتدای سبز شدن گونه‌ها به صورت دستی انجام گرفت. باتوجه به شرایط اقلیمی و بافت خاک آبیاری هر ۱۴ روز انجام شد. به منظور بررسی و اندازه‌گیری صفت عملکرد اقتصادی (دانه) ارزن و سویا به صورت دستی از ردیف‌های مرکزی در مرحله رسیدگی کامل دانه‌ها در هر دو گونه برداشت و عملکرد دانه در سطح فضای اشغالی (تراکم نسبی) هر گونه در الگوی کشت مخلوط محاسبه شد.

به منظور تعیین وزن خشک علف‌های هرز، در زمان رسیدگی فیزیولوژیکی ارزن و سویا، نمونه برداری با استفاده از کوادرات ۱×۱ مترمربع به طور تصادفی از هر کرت و پس از حذف اثرات حاشیه‌ای در هر دو سال انجام وپس از تفکیک گونه ها به مدت ۴۸ ساعت در دمای ۷۵ درجه سانتی‌گراد داخل آون قرارداده شدند و پس از خشک شدن، وزن آن‌ها اندازه‌گیری شد. از علف‌های هرز غالب مزرعه می‌توان به پیچک صحرایی، دم روباهی، توق، تاج خروس و سلمه‌تره اشاره کرد.

شاخص‌های ارزیابی رقابت و سودمندی اقتصادی

برای ارزیابی کارایی کشت مخلوط از معیار نسبت برابری زمین (LER) استفاده شد. شاخص مزبور با استفاده از روابط زیر محاسبه و ارزیابی شد (دهیما و همکاران ۲۰۰۷).

$$LER_m = Y_{mi} / Y_m$$
$$LERs = Y_{si} / Y_s$$
$$LER_t = LER_m + LER_s$$

که در روابط بالا، Y_{mi} عملکرد گیاه ارزن در کشت مخلوط، Y_m عملکرد کشت خالص گیاه ارزن، Y_{si} عملکرد گیاه سویا در کشت مخلوط، Y_s عملکرد کشت خالص گیاه سویا و نسبت برابری زمین کل (LER_t) از مجموع نسبت برابری زمین جزئی دو گونه ارزن (LER_m) و سویا (LER_s) بدست آمد.

برای محاسبه عملکرد از دست رفته واقعی (AYL) از روابط زیر استفاده شد (مظاهری ۲۰۰۸).

$$AYL_m = \{[(Y_{mi} / Z_{mi}) \div (Y_m / Z_m)] - 1\}$$
$$AYL_s = \{[(Y_{si} / Z_{si}) \div (Y_s / Z_s)] - 1\}$$
$$AYL = AYL_m + AYL_s$$

که در روابط بالا، Y_{mi} عملکرد گیاه ارزن در کشت مخلوط، Z_{mi} نسبت زمین اشغال شده توسط گونه ارزن در کشت مخلوط، Y_m عملکرد کشت خالص گیاه ارزن، Z_m نسبت زمین اشغال شده توسط گونه ارزن در کشت خالص، Y_{si} عملکرد گیاه سویا در کشت مخلوط، Z_{si} نسبت زمین اشغال شده توسط گونه سویا در کشت مخلوط، Y_s عملکرد کشت خالص گیاه سویا، Z_s نسبت زمین اشغال شده توسط گونه سویا در کشت خالص و عملکرد از دست رفته واقعی کل (AYL) از حاصل جمع، عملکرد از دست رفته هر دو گونه با هم بدست آمد.

ضریب ازدحام نسبی (K)؛ میزان رقابت بین گیاهانی را نشان می‌دهد که با استفاده از روش جایگزینی به صورت مخلوط کشت شده‌اند. ضریب ازدحام نسبی با استفاده از روابط زیر محاسبه شد (پیلماز ۲۰۰۸).

$$K_m = Y_{mi} \times Z_{si} / (Y_m - Y_{mi}) \times Z_{mi}$$
$$K_s = Y_{si} \times Z_{mi} / (Y_s - Y_{si}) \times Z_{si}$$
$$K = K_m \times K_S$$

که در روابط بالا، Y_{mi} عملکرد گیاه ارزن در کشت مخلوط، Z_{mi} نسبت زمین اشغال شده توسط گونه ارزن در کشت مخلوط، Y_m عملکرد کشت خالص گیاه ارزن، Y_{si} عملکرد گیاه سویا در کشت مخلوط، Z_{si} نسبت زمین اشغال شده توسط گونه سویا در کشت مخلوط، Y_s عملکرد کشت خالص گیاه سویا و ضریب ازدحام نسبی کل (K) از حاصل ضرب، ضریب ازدحام نسبی ارزن در ضریب ازدحام نسبی سویا محاسبه شد.

برای ارزیابی کارایی نور در سطح کانوپی کشت مخلوط از معیار شاخص سطح کانوپی (CAI) استفاده شد. شاخص مزبور با استفاده از رابطه زیر محاسبه و ارزیابی شد (عبدالهی و همکاران ۲۰۱۲).

$$CAI = \{(D \times N_m) + (D \times N_s) + [N_n \times (H_m - H_s)]\} / (D \times N_t)$$

که در این رابطه، D فاصله ردیف کاشت (cm)، N_m تعداد ردیف گونه ارزن در کشت مخلوط، N_s تعداد ردیف گونه سویا در کشت مخلوط، N_n تعداد ردیف‌های یک گونه که در همسایگی با گونه دوم هستند، H_m ارتفاع گونه ارزن در کشت مخلوط (cm)، H_s ارتفاع گونه سویا در کشت مخلوط(cm)، N_t تعداد ردیف‌های کل دو گونه می‌باشد.

جهت تعیین سودمندی اقتصادی دو گونه ارزن و سویا در کشت مخلوط از شاخص (IA) استفاده شد (مظاهری ۲۰۰۸).

$$IA_m = AYL_m \times P_m$$
$$IA_s = AYL_s \times P_s$$

که در روابط بالا، AYL_m عملکرد از دست رفته واقعی ارزن، P_m قیمت واحد محصول ارزن (۳۹۰۰۰۰ ریال در سال ۱۴۰۱)، AYL_s عملکرد از دست رفته واقعی سویا، P_s قیمت واحد محصول سویا (۲۲۵۰۰۰ ریال در سال ۱۴۰۱) می‌باشد.

برای تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها از نرم افزار MSTAT-C و برای مقایسه میانگین‌ها از آزمون توکی در سطح احتمال ۵٪ استفاده شد و رسم نمودارها نیز با کمک نرم افزار Excel انجام شد.

نتایج و بحث

عملکرد اقتصادی (دانه)

اثر ساده عامل علف‌هرز، عامل الگوی کشت و نیز اثر متقابل آن‌ها بر عملکرد اقتصادی در هر دو گونه گیاهی ارزن و سویا در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۲).

مقایسه میانگین اثر متقابل علف‌هرز در الگو کاشت نشان داد که بیشترین عملکرد دانه ارزن و سویا به ترتیب به میزان ۱۱۳۴/۸۳ و ۱۸۳۲/۸۳ کیلوگرم در هکتار در تیمار کشت خالص در شرایط عاری از علف‌هرز، و کمترین عملکرد دانه ارزن و سویا به ترتیب معادل ۳۵۵/۱۶ و ۴۴۰/۲۲ کیلوگرم در هکتار در تیمار 2M2S در شرایط آلوده به علف‌هرز در گیاه ارزن و در تیمار 2S4M در شرایط آلوده به علف‌هرز در گیاه سویا مشاهده شد (شکل ۱ و ۲). با توجه به اینکه الگوهای کاشت آلوده به علف‌هرز متوسط عملکرد دانه پایین‌تری نسبت به الگوهای کاشت عاری از علف‌هرز داشتند، به نظر می‌رسد استفاده از الگوی کشت مخلوط نواری شرایط افزایش عملکرد دانه از طریق افزایش استفاده از منابع موجود در مزرعه را برای گیاهان آلوده به علف‌هرز فراهم نموده و این امر باعث شده، در الگوی کاشت مخلوط 2S3M و

2M4S آلوده به علف‌هرز نسبت به کشت خالص ارزن و سویا آلوده به علف‌هرز، عملکرد دانه بیشتر و برابری مشاهده شود (شکل ۱ و ۲) و همچنین در الگوی کاشت مخلوط 3S3M آلوده به علف‌هرز نسبت به کشت خالص ارزن آلوده به علف‌هرز عملکرد دانه برابری از لحاظ آماری داشته باشند (شکل ۱). شایان ذکر است گیاه ارزن تیپ فتوسنتزی C_4 داشته و در مقابل گیاه سویا

جدول ۲- نتایج تجزیه واریانس (میانگین مربعات) اثر علف‌هرز و الگوی کشت مخلوط نواری بر عملکرد و ارتفاع بوته دو گونه ارزن و سویا

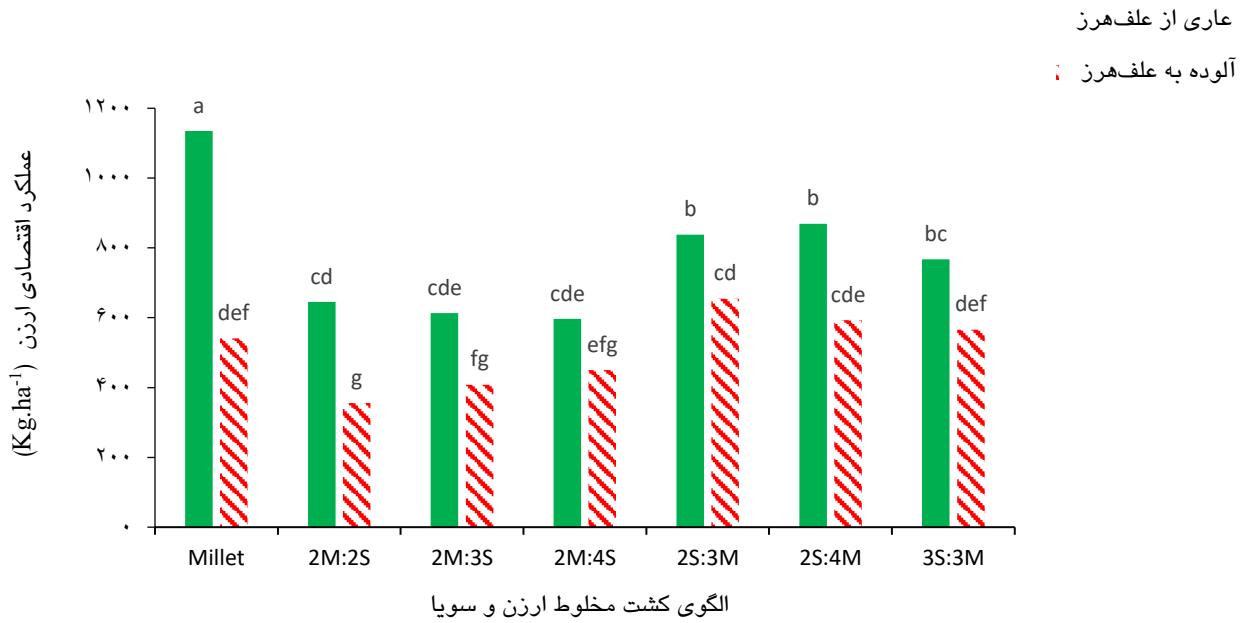
منابع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات			
		ارتفاع بوته ارزن	عملکرد اقتصادی (دانه) ارزن	ارتفاع بوته سویا	عملکرد اقتصادی (دانه) سویا
سال	۱	۱۱۰/۶۳۰*	۲۹۷۶۵۹/۵۳۶**	۱/۸۰۱^{ns}	۱۳۶۳/۵۸۹^{ns}
تکرار (سال)	۴	۹۹/۲۵۱*	۲۷۴۰۰/۷۴۹^{ns}	۱/۲۶۱^{ns}	۲۶۵۲/۵۳۳^{ns}
علف‌هرز	۱	۲۴۴۷/۴۳**	۱۵۴۰۸۰۳/۳۹۶**	۱۶۲۵/۳۶۰**	۲۱۸۸۷۱۹/۵۸۸**
سال × علف‌هرز	۱	۲/۳۳۳^{ns}	۴۴۱۷۰/۵۲۵^{ns}	۱/۰۷۴^{ns}	۶۲۲۶/۴۰۶*
خطای اصلی	۴	۷/۳۲۶	۱۷۹۵۰/۱۱۹	۰/۴۳۷	۶۸۶/۰۲۸
الگوی کاشت	۶	۷۷۶/۷۷۵**	۲۱۸۴۰۶/۲۹۹**	۲۰۷/۴۶۱**	۱۹۶۰۰۰۱/۹۰۲**
سال × الگوی کاشت	۶	۱/۰۶۹^{ns}	۵۷۷۱/۱۳۸^{ns}	۰/۲۷۰^{ns}	۱۹۰۶/۶۹۱^{ns}
علف‌هرز × الگوی کاشت	۶	۲۲/۰۴۶**	۶۸۵۷۰/۴۰۷**	۶/۹۰۸**	۶۹۴۱۳/۴۰۱**
سال × علف‌هرز × الگوی کاشت	۶	۰/۳۰۲^{ns}	۹۱۰۲/۰۸۷^{ns}	۰/۲۲۹^{ns}	۱۶۸۳/۷۱۷^{ns}
خطا ی کل	۴۸	۴/۰۰۲	۷۵۹۰/۵۴۰	۰/۳۱۶	۹۵۶/۶۷۸
ضریب تغییرات (٪)		۳/۲۸	۱۳/۵۱	۱/۳۸	۲/۹۱

**، * و ^{ns} به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۱٪، ۵٪ و غیر معنی‌دار می‌باشد.

تیپ فتوسنتزی C_3 دارد و در نتیجه واکنش‌های این دو گیاه به شرایط محیطی به ویژه فتوسنتز و تنفس نوری متفاوت می‌باشد گیاه سویا با تثبیت نیتروژن در خاک توانسته به رشد رویشی گیاه ارزن کمک کند و در مقابل گیاه ارزن با توجه به جثه بزرگتر خود نسبت به سویا توانسته محیطی مناسب برای رشد گیاه سویا ایجاد کند ولی با توجه به ضریب ازدحام نسبی و افت عملکرد واقعی دو گیاه در تیمار الگوی کشت مخلوط 2M4S، دو گیاه با هم، نسبت به سایر الگوهای کشت مخلوط کمترین رقابت بین گونه‌ای را بروز دادند (جدول ۴ و ۵). با توجه به جدول ۳ که نشان دهنده شاخص سطح کانوپی می‌باشد. تیمار الگوی کشت مخلوط 2M4S در شرایط آلوده و عاری از علف‌هرز بیشترین شاخص سطح کانوپی را نسبی به دیگر الگوهای کشت مخلوط در شرایط آلوده و عاری از علف‌هرز داشت. که این شاخص بیانگر کارایی استفاده از انرژی خورشیدی می‌باشد به طوری که در یک سطح کشت مساوی با کشت خالص، کانوپی کشت مخلوط به دلیل دارا بودن سطح کانوپی بیشتر می‌تواند نور بیشتری را از کشت خالص دریافت کند. باتوجه به نتایج می‌توان اظهار داشت که رقابت علف‌های هرز از اوایل رشد ارزن و سویا وجود داشته و تاثیر منفی خود را در نهایت در عملکرد دانه نشان داده است. چرا که علف‌های هرز از تخصیص منابع غذایی موجود در خاک و رسیدن نور کافی به گیاه زراعی جلوگیری کرده و منجربه کاهش رشد ارزن وسویا گردیدند. همین کاهش رشد، باعث افزایش رشد علف‌هرز شده که منجربه پرکردن کانوپی مزرعه به ضرر گیاه زراعی شده است و در نهایت عملکرد دانه کاهش پیدا کرده است. علف‌های هرز می‌توانند عملکرد ذرت را ۳۵ الی ۷۰ درصد در تیمارهای بدون کنترل، کاهش دهند (محمدی ۲۰۰۷).

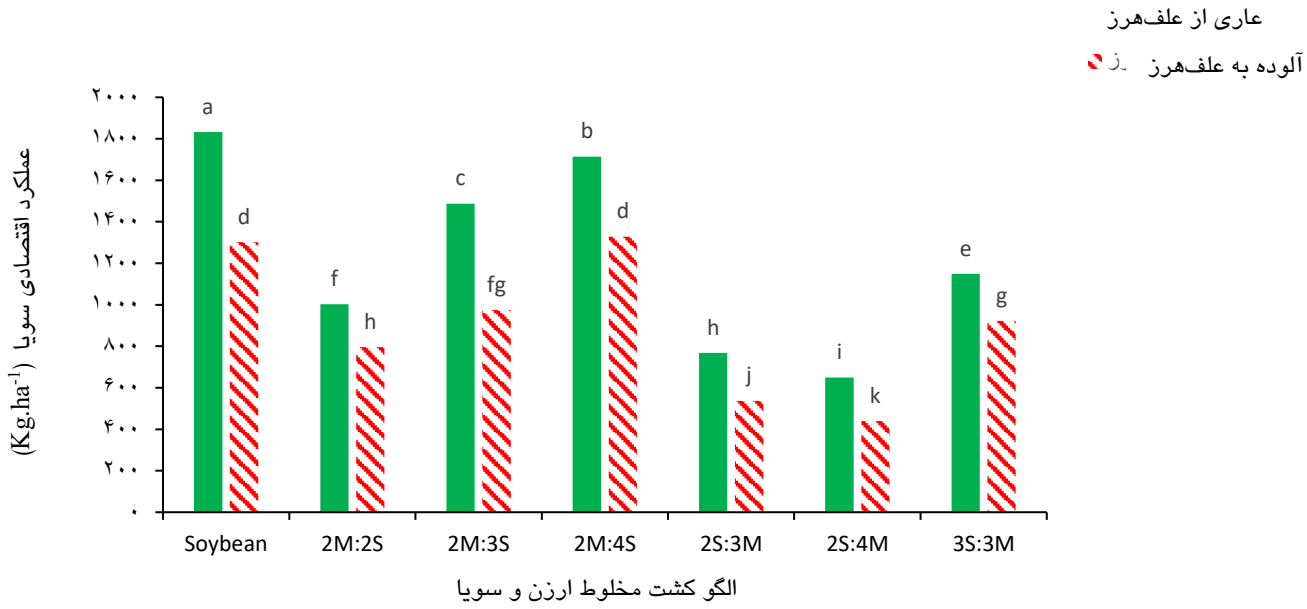
گزارش‌ها نشان دادند که شاخص سطح برگ ذرت، لوبیا، گوجه‌فرنگی و سویا در صورت تداخل با علف‌های هرز کاهش داشتند. در بوم نظام‌های زراعی، رقابت علف‌های هرز با گیاهان زراعی، باعث کاهش معنی‌دار

عملکرد و کاهش کیفیت محصولات زراعی می‌شود (کاوالوسکیات و بوبیناس ۲۰۰۶). همچنین علف‌های هرز می‌توانند باعث کاهش کیفیت دانه، ایجاد مشکلات در برداشت و افزایش جمعیت حشرات و بیماری‌ها گردند (کاروالهو و کریستوفولتی ۲۰۰۸). در تحقیقات انجام شده، تفاوت بین عملکرد دانه ارقام مختلف گندم در تداخل با علف‌هرز گزارش شده است (منان و زنداستارا ۲۰۰۵).



شکل ۱- اثر الگوی کشت مخلوط نواری ارزن و سویا در شرایط آلوده و عاری از علف‌هرز بر عملکرد اقتصادی گیاه ارزن

(تیمارهای دارای حروف مشترک در سطح ۵ درصد اختلاف معنی‌داری براساس آزمون توکی ندارند)



شکل ۲- اثر الگوی کشت مخلوط نواری ارزن و سویا در شرایط آلوده و عاری از علف‌هرز بر عملکرد اقتصادی گیاه سویا

(تیمارهای دارای حروف مشترک در سطح ۱ درصد اختلاف معنی‌داری براساس آزمون توکی ندارند)

بنش و همکاران (۲۰۰۳) در بررسی رقابت تاج خروس با سویا مشاهده کردند که افزایش تراکم این علف‌هرز، عملکرد دانه سویا را کاهش داد که این کاهش به گونه علف‌هرز، تراکم و زمان جوانه‌زنی آن بستگی داشت. بیشترین کاهش عملکرد سویا زمانی اتفاق افتاد که تاج خروس با تراکم ۸ بوته در متر در ردیف همزمان با سویا کشت گردید. سمائی و همکاران (۲۰۰۶) گزارش کردند که با افزایش تراکم تاج خروس عملکرد ارقام سویا مانند سحر و کلارک، بیشتر از عملکرد بیولوژیک تحت تاثیر رقابت تاج خروس قرار گرفت. بنابراین تاثیر رقابت تاج خروس بر سویا در مرحله رشد زایشی بیش از مرحله رویشی بود. احمدی و همکاران (۲۰۰۴) نشان دادند که در تیمارهای آلوده به علف‌هرز، عملکرد بیولوژیکی، عملکرد دانه و تعداد نیام در بوته لوبیا به طور معنی‌داری کاهش یافت. پوآلینی و همکاران (۲۰۰۶) اظهار داشتند که عملکرد و شاخص برداشت نخود در شرایط آلوده به علف‌هرز کاهش یافت. نگهداشتن مزارع سویا بدون علف‌هرز برای یک ماه بعد از بذر کاری، عملکرد دانه را بصورت معنی‌داری، همانند حالتی که مزارع در تمام فصول عاری از علف‌هرز نگهداری می‌شود، افزایش داد. در حالی که عملکرد دانه سویا در تیمارهای آلوده به علف‌هرز ۴۸/۴۲ درصد کاهش داشت (شفق کلوانق و همکاران ۲۰۰۹).

ارتفاع بوته

اثر ساده عامل علف‌هرز، عامل الگوی کشت و نیز اثر متقابل آن‌ها بر ارتفاع بوته در هر دو گونه گیاهی ارزن و سویا در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۲).

مقایسه میانگین اثر متقابل عامل علف‌هرز و الگوی کاشت نشان داد که بیشترین ارتفاع بوته ارزن و سویا به ترتیب به میزان ۸۲/۶ و ۵۳/۰۸ سانتی‌متر در تیمار 2M4S در شرایط عاری از علف‌هرز، و کمترین ارتفاع بوته ارزن و سویا به ترتیب معادل ۴۸/۰۸ و ۳۲/۱۸ سانتی متر در تیمار کشت خالص در شرایط آلوده به علف‌هرز در گیاه ارزن و سویا مشاهده شد (جدول ۳). علف‌های هرز در پی رقابت و کاهش رشد رویشی در تیمارهای آلوده به علف‌هرز باعث شده این تیمارهای آلوده به علف‌هرز میانگین ارتفاع کمتری نسبت به تیمارهای عاری از علف‌هرز داشته باشند ولی سه الگوی کشت (2M4S، 2M3S و 3M3S) آلوده به علف‌هرز از تیمار کشت خالص ارزن عاری از علف‌هرز و نیز تیمار 2M4S آلوده به علف‌هرز از تیمار کشت خالص سویا عاری از علف‌هرز ارتفاع بوته بیشتری داشتند. شایان ذکر است الگوهای کشت آلوده به علف‌هرز متوسط ارتفاع پایین‌تری نسبت به الگوهای کشت عاری از علف‌هرز داشتند ولی استفاده از برخی الگوهای کشت مخلوط باعث افزایش ارتفاع گیاهان آلوده به علف‌هرز در الگوی کشت مخلوط نسبت به کشت خالص عاری از علف‌هرز شده است (جدول ۳). بنابراین می‌توان چنین نتیجه گرفت که استفاده از سیستم کشت مخلوط می‌تواند نقش کنترلی بر روی کاهش اثرات سوء علف‌های هرز داشته باشد و باعث افزایش ارتفاع گیاهان از طریق جذب و استفاده بیشتر از منابع محیطی بخصوص نور باشد. حیدریان و همکاران (۲۰۱۲) اظهار داشتند که تراکم علف‌هرز تاثیر شدیدی بر عملکرد و رشد آفتابگردان دارد، به طوری که با رشد هر بوته تاج خروس ریشه قرمز در مزرعه آفتابگردان، ارتفاع و LAI کاهش می‌یابد و نیز کاوورماچی و همکاران (۲۰۱۰) گزارش کردند که با افزایش رقابت علف‌های هرز کاهش معنی‌داری در ارتفاع باقلا رخ داد.

شاخص سطح کانوپی (CAI)

در میانگین داده‌های دو سال زراعی، در تمامی الگوهای کشت مخلوط نواری به دلیل وجود اختلاف ارتفاع دو گیاه زراعی میزان شاخص سطح کانوپی بیشتر از یک بود (جدول ۳). در کشت خالص، سطح تاج پوشش تا حدودی یک حالت مسطح به خود می‌گیرد. کشت مخلوط ارقام و گونه‌های مختلف که دارای اختلاف ارتفاع هستند سبب می‌شود تا سطح تاج پوشش از حالت مسطح خارج شده و بصورت مواج در آید. به دلیل اینکه تاج پوشش مواج در مقایسه با تاج پوشش مسطح تشعشع خورشیدی بیشتری جذب می‌کند، بنابراین کارایی

استفاده از انرژی خورشیدی افزایش پیدا می‌کند. با توجه به میانگین داده‌های دو سال، بیشترین میزان شاخص سطح کانوپی در تیمار الگوی کشت 2M4S عاری از علف‌هرز مشاهده شد و کمترین میزان شاخص سطح کانوپی در تیمار 2S4M آلوده به علف‌هرز بود (جدول ۳). با توجه به اینکه ارتفاع ارزن بیشتر از سویا است، افزایش این شاخص به معنای دسترسی بیشتر ارزن در کشت مخلوط به نور مستقیم می‌باشد که در صورت محدود نبودن سایر منابع تولید بالایی خواهد داشت. عبدالهی و همکاران (۲۰۱۲) پس از بررسی کشت مخلوط گندم با نخود در الگوهای مختلف کشت در دو سال زراعی گزارش کردند که در هر دو سال زراعی بیشترین شاخص سطح کانوپی در الگوی کشت ۱:۱ گندم – نخود به میزان ۲/۸ در سال اول و ۲/۵ در سال دوم حاصل شد. این محققین کمتر بودن شاخص در سال دوم را به افزایش ارتفاع نخود در سال دوم ارتباط دادند.

جدول ۳- اثر الگوی کشت مخلوط نواری ارزن و سویا در شرایط آلوده و عاری از علف‌هرز بر ارتفاع بوته و شاخص سطح کانوپی در شرایط عاری و آلوده به علف‌هرز

علف‌های هرز	کشت مخلوط	ارتفاع ارزن (cm)	ارتفاع سویا (cm)	شاخص سطح کانوپی (CAI)
عاری از علف‌هرز	خالص	۵۵/۸۸ ef	۴۰/۶۵ ef	۱
	2M2S	۶۰/۷۷ cd	۴۲/۸۲ d	۱/۱۸
	2M3S	۷۰/۲۲ b	۴۹/۳۵ b	۱/۱۶۶
	2M4S	۸۲/۶ a	۵۳/۰۸ a	۱/۱۹۶
	2S3M	۶۱/۶۷ cd	۴۲/۶۲ d	۱/۱۵۲
	2S4M	۶۳/۴۸ c	۴۱/۸۷ de	۱/۱۴۴
	3S3M	۷۱/۹۲ b	۴۵/۶۳ c	۱/۱۷۵
آلوده به علف‌هرز	خالص	۴۸/۰۸ h	۳۲/۱۸ h	۱
	2M2S	۵۲/۹۸ fg	۳۶/۸۵ g	۱/۱۶۱
	2M3S	۵۷/۷۵ de	۳۹/۴۸ f	۱/۱۴۶
	2M4S	۶۸/۷۵ b	۴۲/۴۷ d	۱/۱۷۵
	2S3M	۵۰/۶۷ gh	۳۳/۴۸ h	۱/۱۳۷
	2S4M	۴۹/۱۲ gh	۳۲/۳۵ h	۱/۱۱۱
	3S3M	۵۹/۱۲ de	۳۷/۶۲ g	۱/۱۴۳

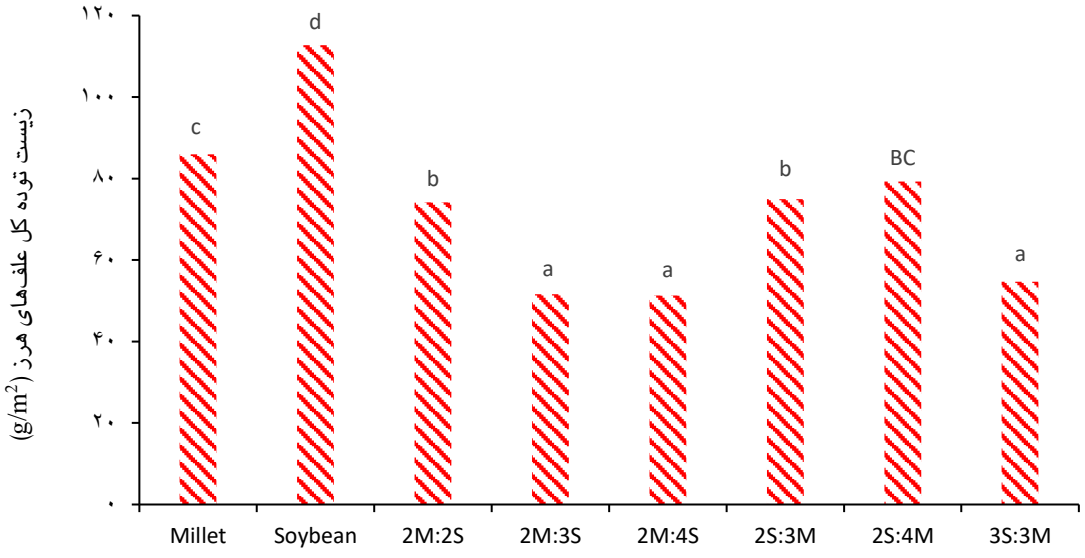
زیست توده کل علف‌های هرز

اثر الگوی کشت بر زیست توده کل علف‌های هرز در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۴). مقایسه میانگین اثر الگوهای مختلف کشت نشان داد که کمترین زیست‌توده مربوط به تیمارهای کشت مخلوط 2M4S، 2M3S و 3S3M بود و همچنین تیمار کشت خالص سویا بیشترین زیست توده علف‌های هرز را به خود اختصاص داد (شکل ۳). با توجه به مقایسه میانگین زیست توده کل علف‌های هرز می‌توان چنین بیان کرد که گیاهان C_4 با استفاده از توان فتوسنتزی و سرعت رشد نسبی بالا، نسب به گیاهان C_3 توان رقابتی بالاتری داشته و می‌توانند سریعترکانوپی را بسته و فضا را برای رشد علف‌های هرز مختل کنند و نیز این گیاهان می‌توانند از منابع موجود در محیط پیرامون خود با کارایی بالا استفاده کرده و شرایط را برای رشد گیاهان ناخواسته نامناسب کنند. با این تفاسیر کشت مخلوط غلات C_4 با بقولات می‌تواند در کنترل علف‌های هرز نقش خوبی داشته باشد به شکلی که بقولات با تثبیت نیتروژن شرایط را برای غلات C_4 فراهم می‌کنند و غلات نیز با استفاده از رشد رویشی سریع اولیه موجب سایه اندازی بر روی

علف‌های هرز شده و رشد آن‌ها را کند می‌کنند و نیز با سایه اندازی بر روی گیاهان C_3 از تعرق بیش از حد گیاه جلوگیری کرده و راندمان فتوسنتز این گیاهان افزایش پیدا می‌کند. هولمن و همکاران (۲۰۰۴) اظهار داشتند که برای مدیریت جامعه علف‌های هرز، استفاده از گیاهانی با توان رقابتی بالا و تراکم زیاد گیاه زراعی می‌تواند موثر باشد.

جدول ۴- نتایج تجزیه واریانس (میانگین مربعات) اثر الگوی کشت مخلوط نواری بر زیست توده کل علف‌های هرز

منابع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات
		زیست توده کل علف‌های هرز
سال	۱	۵۹/۴۷۴^{ns}
خطای اصلی	۴	۷۲/۲۴۵
الگوی کاشت	۷	۲۶۱۶/۲۱۷**
سال × الگوی کاشت	۷	۲/۱۸۴^{ns}
خطای کل	۲۸	۲۰/۷۲۱
ضریب تغییرات٪		۶/۲۳



شکل ۳- اثر الگوی کشت مخلوط ارزن و سویا بر زیست توده کل علف‌های هرز
(تیمارهای دارای حروف مشترک در سطح ۱ درصد اختلاف معنی‌داری براساس آزمون توکی ندارند)

نسبت برابری زمین (LER)

نسبت برابری زمین نشان دهنده سودمندی کشت مخلوط از نظر بهره‌برداری از زمین می‌باشد. شاخص نسبت برابری زمین در تمامی الگوهای کشت مخلوط در میانگین داده‌های دو سال آزمایش بیشتر از یک بدست آمد. در تیمارهای کشت مخلوط آلوده به علف‌هرز نیز در میانگین داده‌های دو سال نسبت برابری زمین بیشتر از یک مشاهده شد (جدول ۳). این مطلب نشانگر سودمندی

کشت مخلوط این دو گونه نسبت به کشت خالص‌آن‌ها می‌باشد. بیشترین میزان نسبت برابری زمین در تیمار کشت مخلوط 2M4S آلوده به علف‌هرز به میزان ۱/۸۵ در میانگین دو سال حاصل شد. و تیمار 2M2S عاری از علف‌هرز و 2S4M عاری از علف‌هرز به ترتیب ۱/۱۱ و۱/۱۲ دارای کمترین میزان نسب برابری زمین در میانگین داده‌های دو سال کشت‌های مخلوط بودند (جدول ۴).

یاسین و همکاران (۲۰۱۴) بیان کردند در کشت مخلوط گیاه علف وتیور با ریحان، نسبت برابری زمین، معادل ۱/۵۴ بود. جداسازی آشیان اکولوژیکی و استفاده از راهکارهای کاهش رقابت، می‌تواند توضیحی برای سودمندی کشت مخلوط ارزن با سویا نسبت به تک کشتی آن‌ها باشد. تفاوت مورفولوژیکی و فیزیولوژیکی دو گونه، با ایجاد اشکوب‌های متفاوت، زمینه استفاده بهتر از نور در کانوپی را فراهم می‌آورد. در کشت مخلوط سطح برگ در واحد سطح افزایش می‌یابد که افزون بر بهره‌برداری بیشتر از نور، از طریق سایه اندازی، دمای خاک و به دنبال آن تبخیر را کاهش می‌دهد و بدین ترتیب نور و آبی که در کشت خالص به هدر می‌رفت، وارد چرخه تولید می‌کند. در خاک نیز تفاوت‌های مورفولوژیکی ریشه، باعث بهره‌برداری بهتر و بیشتر از عناصر غذایی در افق‌های مختلف‌خاک می‌شود. افزایش بیوماس ریشه سویا در خاک و تثبیت بیشتر نیتروژن باعث افزایش رشد رویشی گیاه ارزن شده است و سایه اندازی گیاه ارزن باعث افزایش راندمان فتوسنتز در سویا شده و در نهایت رشد و توسعه گیاه ارزن و سویا در کنار هم با بهره‌برداری بیشتر و بهتر از منابع رشد، زمینه رقابت و کاهش تداخل با علف‌های هرز را فراهم می‌آورد و باعث افزایش تولید در واحد سطح می‌شود. دباغ محمدی نسب و همکاران (۲۰۱۱) در کشت مخلوط ذرت با آفتابگردان در مکان‌ها و سال‌های متفاوت عنوان کردند که میزان نسبت برابری زمین در محیط‌های مختلف نتایج متغیری شامل افزایش، کاهش یا عدم تغییر را از خود نشان می‌دهد. در کشت مخلوط ردیفی و کشت مخلوط نواری آفتابگردان با سویا بالاترین مقدار نسبت برابری زمین معادل ۱/۳۷ و ۱/۱۹ حاصل شد (سودی و المتوالی ۲۰۰۹).

جدول ۴- نسبت برابری زمین (LER) و افت عملکرد واقعی (AYL) کشت مخلوط نواری ارزن و سویا در شرایط عاری و آلوده به علف‌هرز

علف‌های هرز	الگوی کشت مخلوط	LERm	LERs	LER	AYLm	AYLs	AYL
	2M2S	۰/۵۶	۰/۵۴	۱/۱۱	۰/۱۳	۰/۰۹	۰/۲۳
	2M3S	۰/۵۴	۰/۸۱	۱/۳۵	۰/۰۸	۰/۶۲	۰/۷۰
عاری از علف‌هرز	2M4S	۰/۵۲	۰/۹۳	۱/۴۶	۰/۰۵	۰/۸۷	۰/۹۲
	2S3M	۰/۷۳	۰/۴۱	۱/۱۵	۰/۴۷	−۰/۱۶	۰/۳۱
	2S4M	۰/۷۶	۰/۳۵	۱/۱۲	۰/۵۳	−۰/۲۹	۰/۲۴
	3S3M	۰/۶۷	۰/۶۲	۱/۳۰	۰/۳۵	۰/۲۵	۰/۶۰
	2M2S	۰/۶۵	۰/۶۱	۱/۲۶	۰/۳۱	۰/۲۲	۰/۵۳
	2M3S	۰/۷۵	۰/۷۴	۱/۵۰	۰/۵۰	۰/۴۹	۰/۹۹
آلوده به علف‌هرز	2M4S	۰/۸۳	۱/۰۲	۱/۸۵	۰/۶۶	۱/۰۴	۱/۷۰
	2S3M	۱/۲۱	۰/۴۱	۱/۶۲	۱/۴۲	−۰/۱۷	۱/۲۴
	2S4M	۱/۰۹	۰/۳۳	۱/۴۳	۱/۱۹	−۰/۳۲	۰/۸۶
	3S3M	۱/۰۴	۰/۷۰	۱/۷۵	۱/۰۸	۰/۴۱	۱/۵۰

افت عملکرد واقعی (AYL)

شاخص افت عملکرد واقعی اطلاعات ارزشمندی را در مورد رقابت و رفتار هرگونه در کشت مخلوط ارائه می‌دهد. شاخص افت عملکرد واقعی نشان دهنده کاهش یا افزایش عملکرد مخلوط نسبت به کشت خالص می‌باشد. از افت عملکرد جزئی نیز می‌توان میزان کاهش یا افزایش عملکرد هر جز را نسبت به کشت خالص آن جز مشاهده کرد، در صورتی که نسبت برابری زمین جزئی چنین قابلیتی را ندارد (بانیک ۱۹۹۶). در این آزمایش میزان افت عملکرد واقعی ارزن در تمامی کشت‌های مخلوط عاری از علف‌هرز و آلوده به علف‌هرز بزرگ‌تر از صفر بدست آمد، که نشان دهنده اثر مثبت کشت مخلوط بر عملکرد ارزن می‌باشد، یعنی هیچ یک از الگوهای کشت مخلوط عملکرد ارزن را در اثر رقابت برون گونه‌ای نسبت به کشت خالص آن کاهش نداده است. افت عملکرد واقعی سویا در اکثر الگوهای کشت مخلوط در میانگین داده‌های دو سال بیشتر از صفر (مثبت) بود. بیشترین میزان افت عملکرد واقعی سویا در میانگین داده‌های دو سال مربوط به تیمار 2M4S آلوده به علف‌هرز بود (جدول ۴) در میانگین داده‌های دو سال زراعی افت عملکرد واقعی کل در همه الگوهای کشت مخلوط بزرگتر از صفر (مثبت) مشاهده شد که نشان دهنده اثر مثبت الگوهای کشت مخلوط بر عملکرد دانه نسبت به کشت خالص است و بیشترین افت عملکرد واقعی کل در میانگین داده‌های دو سال مربوط به تیمار الگوی کشت مخلوط 2M4S آلوده به علف‌هرز بود (جدول ۴). نتایج مشابهی نیز توسط عبدالهی (۲۰۱۲) و دباغ محمدی نسب و همکاران (۲۰۱۱) گزارش شده است.

ضریب ازدحام نسبی (K)

نتایج ارزیابی داده‌های آزمایشی براساس شاخص ضریب ازدحام نسبی نشان داد که کمترین ضریب ازدحام نسبی از تیمار 2M4S آلوده به علف‌هرز مشاهده شد (جدول ۵). که رقابت بین گونه‌ای کمتری نسبت به سایر الگوهای کشت مخلوط داشتند. در مطالعه کشت مخلوط سویا با ریحان و گاوزبان اروپایی در بیشتر تیمارهای کشت مخلوط ضریب ازدحام نسبی مثبت گزارش شده است و صدری و همکاران در سال ۲۰۱۴ نیز دریافتند در کشت مخلوط رازیانه و شنبلیله، ضریب ازدحام نسبی در بیشتر تیمارهای کشت مخلوط بیشتر از یک بود.

جدول ۵- ضریب ازدحام نسبی (K) و سودمندی (IA) کشت مخلوط در شرایط عاری و آلوده به علف‌هرز

علف‌های هرز	کشت مخلوط	Km	Ks	K	IAm	IAs	IA
عاری از علف‌هرز	2M2S	۰/۳۲	۰/۳۰	۰/۰۹	۵/۳۲	۲/۱۱	۷/۴۳
	2M3S	۰/۲۹	۱/۰۷	۰/۳۱	۳/۱۳	۱۴	۱۷/۱۴
	2M4S	۰/۲۷	۳/۶۲	۰/۹۸	۱/۹۸	۱۹/۵۹	۲۱/۵۷
	2S3M	۰/۷۰	۰/۱۸	۰/۱۲	۱۸/۵۵	-۳/۶۴	۱۴/۹۱
	2S4M	۰/۸۱	۰/۱۳	۰/۱۱	۲۰/۷۲	-۶/۵۵	۱۴/۱۷
	3S3M	۰/۵۲	۰/۴۱	۰/۲۱	۱۳/۷۱	۵/۷	۱۹/۴۲
آلوده به علف‌هرز	2M2S	۰/۴۷	۰/۳۹	۰/۱۸	۱۲/۲۲	۵	۱۷/۲۲
	2M3S	۰/۷۶	۰/۷۴	۰/۵۷	۱۹/۸۱	۱۱/۲۲	۳۱/۰۳
	2M4S	۱/۲۳	-۱۲/۶۴	-۱۵/۶۳	۲۵/۸۸	۲۳/۴۰	۴۹/۲۹
	2S3M	-۱/۴۳	۰/۱۷	-۰/۲۵	۵۰/۴۲	-۳/۹۳	۴۶/۴۹
	2S4M	-۲/۸۵	۰/۱۲	-۰/۳۶	۴۶/۴۹	-۷/۲۸	۳۹/۲۱
	3S3M	-۵/۸۲	۰/۶۰	-۳/۵۳	۴۲/۴۹	۹/۳۷	۵۱/۸۷

سودمندی کشت مخلوط (IA)

با استفاده از این شاخص و با توجه به قیمت واحد هر محصول، کاهش یا افزایش سودمندی کشت مخلوط در تیمارهای مختلف محاسبه شد. شاخص سودمندی کل بدست آمده مثبت بود. بیشترین شاخص سودمندی کشت مخلوط متعلق به کشت مخلوط 2M4S آلوده به علف‌هرز بود که این امر نشان‌گر بهره برداری بهتر دو گونه زراعی در کشت مخلوط در شرایط آلوده به علف‌هرز است و کمترین مقدار نیز متعلق به تیمار کشت مخلوط 2M2S عاری از علف‌هرز بود، که احتمالا ناشی از رقابت بیشتر این دو گونه در این تیمار است (جدول ۵). بانیک و همکاران (۲۰۰۶) نتایج مشابهی در کشت مخلوط گندم و نخود بدست آوردند و اعلام کردند که سودمندی اقتصادی کشت مخلوط این دو گونه بیشتر از کشت خالص آن‌ها می‌باشد. شفیعی و همکاران (۲۰۰۶) گزارش کردند که بالاترین میزان سودمندی کشت مخلوط در تیمار افزایشی (۱۰۰٪ ذرت + ۱۲/۵٪ ارزن) در تاریخ کشت همزمان بدست آمد. شاکرمی و همکاران (۲۰۱۹) نیز بیان کردند که بیشترین سودمندی کشت مخلوط از الگوی کشت جایگزینی ۶۷٪ لوبیا چشم بلبلی + ۳۳٪ ذرت بدست آمد.

نتیجه‌گیری

تیمار کشت مخلوط 2M4S در شرایط عدم کنترل علف‌های هرز در هر دو گیاه ارزن و سویا در واحد سطح اشغالی بترتیب ۲۰٪ و ۹/۷٪ افزایش در عملکرد را نسبت به تیمار خالص هر دو گونه در شرایط کنترل علف‌هرز داشت. در تیمارهای 2M4S و 2M3S کمترین مقدار زیست توده کل علف‌های هرز نسبت به سایر تیمارها بدست آمد. شاخص سطح کانوپی و نسبت برابری زمین در همه الگوهای کشت مخلوط بیشتر از یک بود و بیشترین مقدار متعلق به الگوی کشت 2M4S بود که نشان دهنده برتری این الگوی کشت مخلوط، نسبت به سایر الگوهای کشت مخلوط و کشت خالص دو گونه ارزن و سویا می‌باشد. مثبت بودن شاخص سودمندی اقتصادی کشت مخلوط و افت عملکرد واقعی در همه الگوهای کشت، بیانگر تاثیر مفید گیاهان بر همدیگر و سودمندی کشت مخلوط آن‌ها در شرایط عاری و آلوده به علف‌هرز می‌باشد.

سپاسگزاری

بدینوسیله از مساعدت‌های آقای دکتر عادل دباغ محمدی نسب مدیر محترم گروه اکوفیزیولوژی گیاهی دانشکده کشاورزی دانشگاه تبریز، جهت فراهم نمودن امکانات مورد نیاز در طول اجرای این پژوهش و نیز از زحمات خانم مهندس عاطفه ابراهیمی در جهت انجام پژوهش تشکر و قدردانی می‌نماییم.

منابع مورد استفاده

Abdulahi A, Dabbagh Mohammadi-Nasab A, Nasrolahzadeh S, Zehtab-Salmasi S and Pordad S. 2012. Evaluation of wheat (*Triticum aestivum*)-chickpea intercrop as influenced by nitrogen and weed management. Amercain Journal of Agricultural and Biological Sciences, 7(4): 447-460. https://doi.org/10.3844/ajabssp.2012.447.460

Agegnehu G, Ghizaw A and Sinebo W. 2006. Yield performance and land use efficiency of barley and faba bean mixed cropping in Ethiopian highlands. Europ. J. Agron, 25: 3. 202-207. https://doi.org/10.1016/j.eja.2006.05.002

Ahmadi A, Rashid Mohasel MH, Baghestani Meybodi MA and Rostami M. 2004. Investigation of the effect of the critical period of weed competition on the yield, yield components and morphophysiological characteristics of the brilliant bean variety,12: 31-50.

Atai R, Gholamhosseini M and Shiri MR. 2020.Evaluation of stability of fodder yield of promising common millet lines using graphical analysis method. Iranian Plant Sciences, 51: 165-176. https://doi.org/10.22059/ijfcs.2019.261371.654495

Banik P, Miyda A, Sarkar BK and Ghose SS. 2006. Wheat (*Triticum aestivum*) and chickpea intercropping systems in an additive experiment: Advantages and weed smothering. European J. Agron, 24: 325-332. https://doi.org/10.1016/j.eja.2005.10.010

Banik P.1996. Evaluation of wheat (*Triticum aestivum*) and legume. J. Agron. Crop. Sci, 176:289-294. https://doi.org/10.1111/j.1439-037X.1996.tb00473.x

Benesh SN. Morak MJ and Peterson D. 2003. Interference of red root pigweed (*Amaranthus retroflexus*), Plamer amaranth and common water hemp in soybean (*Glycine max*). Weed Sciences, 51:37-43. https://doi.org/10.1614/0043-1745(2003)051[0037:IORPAR]2.0.CO;2

Carvalho SJP and Christoffoleti PJ. 2008. Competition of Amaranthus species with dry bean plants. Agriculture Science, 65: 239-245. http://dx.doi.org/10.1590/S0103-90162008000300003

Dabbagh Mohammadi-Nasab A, Amon T and Kaul H. 2011. Competition and yield in intercropping of maize (*Zea mays*) - sunflower for biogas. Industrial Crops and Products, 34:1203-1211. https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2011.04.015

Dhima KV, Lithourgidis AA, Vasilakoglou IB, Dordas CA. 2007. Competition indices of common vetch and cereal intercrops in two seeding ratio. Field Crops Res, 100: 249-256. https://doi.org/10.1016/j.fcr.2006.07.008

Fernandez-Aparicio M, Sillero JC and Rubials D. 2007. Intercropping with cereals reduces infection by *Orobanche crenata* in legumes. Crop Protection, 26:1166-1172. https://doi.org/10.1016/j.cropro.2006.10.012

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

Gooding MJ, Murdoch AJ and Ellis RH. 2000. The value of seeds. In: Black and J. D. Bewley (eds). Seed technology and its biological basis. CRC Press. LLC, 3-29. https://doi.org/10.1046/j.0028-646x.2001.00165.x

Heidarian H, Haj Seyed Hadi MR, Shamsi Mahmoodabadi H and Nabavi Kalateh M. 2012. Competitive effect of redroot pig weed on three sunflower cultivars. International Journal of Agronomy and Plant Production, 3:84-88.

Holman J D, Bussan A J, Maxwell B D, Miller PR and Mickelson JA. 2004. Spring wheat (*Triticum aestivum*), canola and sunflower response to Persian darnel (*Lotium persicum*) interferences. Weed Technology, 18:509-520. http://dx.doi.org/10.1614/WT-03-056R

Kavaliauskiate D and Bobinas C. 2006. Determination of weed completion critical period in red beet. Agronomy Research, 4: 217-220.

Kavurmaci Z, Karadavut U, Kokten K and Bakoglu A. 2010. Determining critical period of weed – crop competition in faba bean. Agriculture Biology, 12:318-320.

Koocheki A, Nassiri Mahallati M, Solouki H and Karbor S. 2016. Evaluation of radiation absorption and use efficiency in substitution intercropping of sesame and bean. Advances in plants and Agriculture Research, 5:109-124. https://doi.org/10.15406/apar.2016.03.00109

Latati M, Aouiche A, Tellah S, Laribi A, Benlahrech S, Kaci, G, Ouarem F and Mohamed Ounane S. 2018. Intercropping maize (*Zea mays*) and common bean enhances microbial carbon and nitrogen availability in low phosphorus soil under Mediterranean conditions. European Journal of soil Biology, 80:9-18. http://dx.doi.org/10.22363/2312-797X-2018-13-3-177-184

Lithourgidis AS, Dhima KV, Vasilakoglou IB, Dordas CA and Yiakoulaki MD. 2007. Sustainable production of Barley and wheat (*Triticum aestivum*) by intercropping common vetch, 27: 95-99. https://doi.org/10.1051/agro:2006033

Mazaheri D. 2008. Intercropping. 2nd Ed. Tehran, Iran. 262 p. (In Persian).

Menana A and Zandstra BH. 2005. Effect of wheat cultivars and seeding rate yield loss from *Galium aparine*. Crop Protection, 24: 1061-1067. https://doi.org/10.1016/j.cropro.2005.02.012

Mohammadi GR. 2007. Growth parameters enhancing the competitive ability of corn against weed. Weed Biology and Management, 7: 232-236. https://doi.org/10.1111/j.1445-6664.2007.00261.x

Mohammed IB, Olufajo O, Singh B, Miko S and Mohammed SG. 2008. Growth and development of components of millet/cowpea intercrop in northern Nigeria. ARPN Journal of Agricultural and Biological Science, 3: 7-13.

Paolini R, Faustini F, Saccardo F and Crino P. 2006. Competitive interaction between chickpea genotypes and weed. Weed Research, 46:335-344. https://doi.org/10.1111/j.1365-3180.2006.00513.x

Poggio SL. 2005. Structure of weed communities occurring in monoculture and intercropping of field pea and barley. Agriculture, Ecosystems and Environment, 109:48-58. https://doi.org/10.1016/j.agee.2005.02.019

Sadri S, Pouryousef M and Soleimani A. 2014. Evaluation of yield, essential oil and productivity indices in fennel and fenugreek intercropping. Agric. Crop Manag, 16: 4. 921-932. (In Persian). https://doi.org/10.22059/jci.2015.53586

Samai M, Akbari Gh and Zand I. 2006. Investigating the effects of density and competition of *Amaranthus retroflexus* on morphological characteristics, yield and yield components of soybean cultivars (*Glycine max*). 4: 41-55, (In Persian).

Saudy HI and EL-Metawally MI. 2009. Weed management under different patterns of sunflower-soybean (*Glycine max*) intercropping. Journal of central European Agriculture, 10:41-52.

Shafagh-Kolvanagh J, Zehtab Salmasi S, Javanshir A, Mogadam M and Dabagh Mohammadi Nasab A. 2009. The effect of different levels of nitrogen and weed interference on yield, yield components and leaf chlorophyll content in soybean. Agricultural Science and Sustainable Production, 1(19): 113-125. (In Persian).

Shahmoradi S. 2003. Effects of drought stress on the quantity and quality of soybean cultivars and advanced lines. MSc dissertation, Faculty of Agriculture, University of Tehran, Iran. (In Persian with English Summary).

Shakrami GhE, Rahimzadeh Khoei R, Mirshkari R and Verhram R. 2019. Evaluation of fodder quality in mixed cultivation of corn and cowpea under the influence of vermicompost application and foliar application of urea fertilizer. Scientific-Research Journal of Plant Ecophysiology, 36: 137-151. (In Persian).

Sharifi Y, Agha Alikhani M, Seinari AMM, Mohammad Modares A and Soroushzadeh B. 2006. Effect of mixing ratio and plant density on fodder production in intercropping of sorghum (Sorghum bicolor) with cowpea (Vigna). Iranian Journal of Agricultural Sciences, 1(3):236.245. (In Persian).

Vasilakoglou IB, Lithourgidis AS and Dhima KV. 2005. Assessing common vetch Cereal intercrops for suppression of wild oat. Proceedings of the 13th International symposium, Session S5, European Weed Research Society, Bari, Italy.

Yang F, Huang S, Gao R, liu W, Yong T, Wang X, Wu X and Yang W. 2014. Growth of soybean (*Glycine max*) seedling in relay strip intercropping system in relation to light quantity and red: far-red ratio. Field Crops Research, 155:245-253. https://doi.org/10.1016/j.fcr.2013.08.011

Yassein M, Singh M and Ram D. 2014. Growth, yield and economics of vetiver under intercropping system. Industrial Crops and Products, 61:417-421. https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2014.07.033

Yilmaz F, Atak M and Erayman MN. 2008. Identification of advantages of maize (*Zea mays*) -legume intercropping over solitary cropping through competition indices in the east mediterranean region. Turkish J. Agric. For, 32: 111-119.

Zhao JH, Sun JH and Li WQ. 2018. Effect of maize (*Zea mays*) sowing date on yield and interspecific competition in soybean (*Glycine max*)/ maize intercropping system. Chinese Journal of Eco-Agriculture, 26:1634-1642. https://dx.doi.org/10.13930/j.cnki.cjea.180132