

The effect of cover crops on density, biomass and species diversity of weeds in three soybean cultivars

Mansoorreh Kamandloo ^a, Hassan Makarian ^{*a}, Hamid Abbasdokht ^a, Javid Gherekhloo ^b

^a Department of Agronomy and Plant Breeding, Faculty of Agriculture, Shahrood University of Technology, Shahrood, Iran

^b Department of Agronomy, Faculty of Plant Production, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran

*Corresponding Author: h.makarian@shahroodut.ac.ir

Received: 9 August 2025

Accepted: 2 January 2026

DOI: 10.22034/CSRAR.2025.472483.1431

How to cite this article:

Kamandloo, M., Makarian, H., Abbasdokht, H. and Gherekhloo, J., 2026. The effect of cover crops on density, biomass and species diversity of weeds in three soybean cultivars. *Crop Science Research in Arid Regions*, 8(1), 203-222. <https://doi.org/10.22034/CSRAR.2025.472483.1431>

Abstract

Introduction: Soybean (*Glycine max* L.), with 20% oil and 40% protein, is economically one of the most important plants of the legume family and has the largest cultivated area among the plants of this family. Weeds are the most important factor in reducing crop yield and the main limiting factor in optimal soybean production. Improper use of herbicides may also lead to problems such as herbicide residues, groundwater contamination, and weed resistance. Therefore, it is important to adopt appropriate management solutions that do not include the above problems. One of the non-chemical solutions for weed management is the use of cover crops. Cover crops are effective in suppressing weed biomass. Considering the serious problems caused by the competition of weeds with soybean in Golestan province and the significant decrease in soybean yield, this research was conducted with the aim of investigating the effectiveness of cowpea, mung bean, and millet cover crops in the management of weeds of three soybean cultivars in Golestan province.

Materials and Methods: A factorial experiment was conducted as a randomized complete blocks design in three replications in Gorgan and Aliabad Katoul, Golestan province, in the crop year of 2018-2019. The test factors were soybean cultivars in three levels, Saman, Katoul and Sari as the first factor and six levels of weed management including pure soybean cultivation with herbicide use, pure soybean cultivation with weeding operations, simultaneous cultivation of mung bean cover crops (*Vigna radiata* L.) together with soybean, cowpea cover crops (*Vigna unguiculata* L.) together with soybean and of millet cover crop (*Panicum miliaceum* L.) together with soybean and pure soybean cultivation without any management operations (control) infested with weeds, was considered as the second factor. Height, density and dry weight of weeds were measured three times, 5, 10 and 15 weeks during the growing season. The data obtained were subjected to analysis of variance (ANOVA) using SAS software version 9.1 (SAS Institute, Cary, NC, USA). The significant differences among the treatments were determined by the least significant difference (LSD) test ($p < 0.05$). Figures were drawn by Excel 2019.

Results and Discussion: The results showed that the highest percentage of reduction in dry weight,



leaf area, height, number of species and density of weeds compared to the control was related to the treatments of cover crops, and the lowest percentage of dry weight, leaf area, height, number of species and density of weeds was 71.67, 64.27, 57.71, 44.71 and 70.91% belonged to herbicide treatment respectively. The highest soybean grain yields were observed in the amount of 26.36%, respectively, compared to the control treatment in Saman cultivar in Aliabad under the conditions of weeding. The highest uniformity index with 0.69 was obtained from Gorgan, which showed 32.69% more uniformity than Aliabad. Also, the highest Peleo species richness index with 0.95% was obtained from Aliabad, which was 9.27% more than Gorgan. The highest Sorensen similarity index with 0.6867 and 0.4622% was obtained from herbicide and weeding treatments, and the lowest amount of this index was observed in the treatment of mung bean, cowpea and millet cover crops with 0.0556%. The highest uniformity index of Saman with mung bean cover crop treatment and Sari with millet cover crop treatment was 0.98% and 0.973%, respectively, and the lowest uniformity index of Ketol with herbicide management treatment was 0.841%. The highest index of menhinic richness was obtained from the treatment of Saman in cowpea cover crop, and Katoul in mung bean cover crop (1.064%), and the lowest index was obtained Saman in weeding management (0.791%), which is statistically similar to the treatments Mung bean cover crop in Saman and Katoul cultivars, and the treatments cowpea cover crop in Katoul and Sari cultivars were in the same group.

Conclusion: The most favorable treatment for Weed Control Efficiency and the highest percentage of reduction in dry weight, leaf area, and height, number of species, and density of weeds was simultaneous cultivation of cover crops, and the lowest amount of all these traits was obtained in the herbicide treatment.

Keywords: Cowpea, Millet, Mung bean, Weed management

تأثیر گیاهان پوششی بر تراکم، زیست توده و تنوع گونه‌ای علف‌های هرز در سه رقم سویا

منصوره کمندلو^۱، حسن مکاریان^{۱*}، حمید عباس دخت^۱، جاوید قرخلو^۲

۱- گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی شاهرود، شاهرود، ایران

۲- گروه زراعت، دانشکده تولید گیاهی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران

* مسئول مکاتبه: h.makarian@shahroodut.ac.ir

DOI: 10.22034/CSRAR.2025.472483.1431

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۱۰/۱۲

تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۰۵/۱۸

چکیده

به منظور ارزیابی اثربخشی مدیریت علف‌های هرز سویا، آزمایشی به صورت فاکتوریل و در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار در دو مزرعه آزمایشی در شهرستان‌های گرگان و علی‌آباد کتول استان گلستان در سال زراعی ۱۳۹۷-۱۳۹۸ انجام شد. ارقام سویا در سه سطح، سامان، کتول و ساری به عنوان فاکتور اول و شش سطح مدیریت علف‌هرز شامل کشت خالص سویا با مصرف علف‌کش، کشت خالص سویا با انجام عملیات وجین، کشت گیاه پوششی ماش (*Vigna radiata* L.) همراه با سویا، کشت گیاه پوششی لوبیا چشم‌بلبلی (*Vigna unguiculata* L.) همراه با سویا و کشت گیاه پوششی ارزن (*Panicum miliaceum* L.) همراه با سویا و کشت خالص سویا (شاهد آلوده به علف هرز)، به عنوان فاکتور دوم در نظر گرفته شد. بیشترین درصد کاهش وزن خشک، کاهش سطح برگ، کاهش ارتفاع، کاهش تعداد گونه و کاهش تراکم علف‌های هرز نسبت به شاهد به ترتیب به میزان ۹۹/۶۵، ۹۹/۵۶، ۹۹/۱۳، ۹۸/۱۵ و ۹۹/۳۱ درصد، مربوط به تیمارهای گیاهان پوششی بود و کمترین درصد کاهش صفات فوق به ترتیب به میزان ۷۱/۶۷، ۷۱/۱۸، ۶۰/۱۷، ۴۴/۷۱ و ۷۰/۹۱ درصد متعلق به تیمار علف‌کش بود. بیشترین عملکرد دانه سویا به میزان ۲۶/۳۶ درصد نسبت به تیمار شاهد در رقم سامان در شرایط وجین علف‌های هرز مشاهده شد. براساس نتایج این پژوهش، استفاده از گیاهان پوششی بعنوان روشی غیر شیمیایی پتانسیل بالایی در کنترل علف‌های هرز سویا و افزایش عملکرد آن دارد.

واژه‌های کلیدی: ارزن، لوبیا چشم بلبلی، ماش، مدیریت علف‌های هرز

مقدمه

اگر علف‌های هرز به خوبی کنترل نشوند، باعث کاهش ۴۸ درصدی عملکرد سویا می‌شوند (Christopher et al., 2022). روش‌های متعددی برای مدیریت علف‌های هرز سویا وجود دارد. وجین دستی یکی از موثرترین روش‌های کنترل علف‌های هرز بوده اما به دلیل هزینه بسیار و مشکل تامین کارگر، در سطوح وسیع مقرون به صرفه نیست (Woyessa, 2022). علف‌کش‌ها نیز یکی از روش‌های رایج مدیریت علف‌های هرز می‌باشند و امروزه بطور وسیع در کنترل علف‌های هرز مزارع سویا استفاده می‌شوند (Christopher et al., 2022). با این حال، استفاده مکرر از علف‌کش‌ها منجر به تکامل مقاومت علف‌های هرز نسبت به علف‌کش‌ها شده که مدیریت علف‌های هرز را چالش برانگیز کرده است (Hulme, 2023; Heap, 2023). استفاده نادرست از علف‌کش‌ها نیز ممکن است منجر به ایجاد مشکلاتی نظیر پسماند علف‌کش‌ها (Hu et al., 2024) آلودگی آب‌های زیرزمینی (Li et al., 2023) و مقاوم‌شدن علف‌های هرز (Heap, 2023; Hulme, 2023) به علف‌کش‌ها شود. بنابراین

سویا با نام علمی *Glycine max* L. با ۲۰ درصد روغن و ۴۰ درصد پروتئین (Jin et al., 2023)، از نظر اقتصادی از مهمترین گیاهان خانواده بقولات بوده و بزرگترین سطح زیر کشت را در بین گیاهان این خانواده (Kim et al., 2021)، در دنیا به خود اختصاص داده است. امروزه حدود ۷۶ درصد از تولید سویا به عنوان پروتئین ارزان‌قیمت و با کیفیت برای خوراک دام، ۲۰ درصد به عنوان روغن‌های خوراکی و کمی هم برای مصارف صنعتی استفاده می‌شود (Ritchie, 2021). علف‌های هرز مهمترین عامل در کاهش عملکرد گیاهان زراعی و عامل اصلی محدودکننده در تولید بهینه سویا می‌باشند (Krstic et al., 2021). طی تحقیقات به عمل آمده، میانگین افت عملکرد سویا در ازای تراکم یک بوته علف‌هرز در مترمربع تا ۳۰ درصد گزارش شده و در بیشترین سطوح تراکم ممکن است این خسارت اقتصادی به ۸۰ درصد نیز برسد (Savarinejad et al., 2014). همچنین گزارش شده است که

هرز، عملکرد مطلوبی را گزارش نمودند. ایشان کاهش وزن خشک علف‌های هرز در تیمار ماش را، به کاهش رشد و تراکم کمتر علف‌های هرز در واحد سطح، ناشی از تسخیر فضاهای خالی نسبت دادند (Mehdipour et al., 2019). یکی از گیاهان پوششی مهم، لوبیا چشم‌بلبلی می‌باشد (Tursun et al., 2018). تسخیر فضاهای خالی و در نتیجه خفه‌شدن علف‌های هرز توسط این گیاه، کاهش رشد و تراکم علف‌های هرز را به دنبال دارد (Amira and Amany, 2023). همچنین گزارش شده است که لوبیا چشم‌بلبلی به عنوان یک سرکوب‌کننده و کاهنده زیست توده ایده‌آل علف‌های هرز، می‌تواند به عنوان یک گیاه پوششی در سیستم‌های کشت ذرت استفاده شود (Woghirena et al., 2021). پژوهشگران دریافتند که استفاده از بقایای گیاهان پوششی ماش و ارزن (*Panicum L.* *miliaceum*)، در کاهش تراکم و ماده خشک علف‌های هرز گیاه باقلا (*Vicia faba* L.) موثر بود (Baei et al., 2023). با توجه به مشکلات جدی ناشی از رقابت علف‌های هرز با گیاه سویا در استان گلستان و کاهش قابل توجه عملکرد سویا، این پژوهش با هدف بررسی اثربخشی گیاهان پوششی لوبیا چشم‌بلبلی، ماش و ارزن در مدیریت علف‌های هرز سه رقم سویا در استان گلستان انجام شد.

مواد و روش‌ها

به منظور بررسی تأثیر گیاهان پوششی بر رشد، عملکرد و تنوع گونه‌ای علف‌های هرز در سه رقم سویا، آزمایشی به صورت فاکتوریل و در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار در دو مزرعه آزمایشی استان گلستان، در شهرستان‌های گرگان و علی‌آباد کتول در سال زراعی ۹۸-۱۳۹۷ انجام شد. فاکتورهای آزمایش عبارت بودند از ارقام سویا در سه سطح، سامان، کتول و ساری به عنوان فاکتور اول و شش سطح مدیریت علف‌هرز شامل کشت خالص سویا با مصرف علف‌کش مرسوم در منطقه، کشت خالص سویا با انجام عملیات وجین، کشت همزمان گیاه پوششی ماش همراه با سویا، کشت همزمان گیاه پوششی لوبیا چشم‌بلبلی همراه با سویا، کشت همزمان گیاه پوششی ارزن معمولی یا پروسو همراه با سویا و کشت خالص سویا بدون هیچ‌گونه عملیات مدیریتی (شاهد آلوده به علف هرز)، به عنوان فاکتور دوم در

اتخاذ راهکارهای مناسب مدیریتی که مشکلات فوق را در بر نداشته باشد حائز اهمیت می‌باشد. یکی از راهکارهای غیر شیمیایی مدیریت علف‌های هرز، استفاده از گیاهان پوششی است. گیاهان پوششی در سرکوب زیست‌توده علف‌های هرز موثر عمل می‌کنند (Yousefi et al., 2024). استفاده از گیاهان پوششی می‌تواند جوانه‌زنی و رشد علف‌های هرز را از طریق آلودپاتی (دگرآسیبی) (Ullah et al., 2022) و رقابت بین گیاه پوششی و علف‌های هرز برای منابع محدود مانند نور، آب (Fernando and Shrestha, 2023) و مواد غذایی را کاهش دهند (Abdalla et al., 2019). گیاهان پوششی با کاهش فرسایش خاک، چرخه مواد مغذی (Yousefi et al., 2024)، ارائه خواص ساختاری بهتر خاک (پایداری سنگدانه‌ها)، بهبود خواص هیدرولیکی خاک (نفوذ آب)، کاهش چگالی ظاهری خاک و افزایش منافذ درشت خاک و کاهش رولاناب، کاهش آبشویی نیترات (Yousefi et al., 2024) و در نتیجه کاهش آلودگی آب‌های زیرزمینی باعث افزایش تنوع زیستی شده و جمعیت میکروبی و سلامت خاک را بهبود می‌بخشند (Blanco-Canqui et al., 2022). با این حال، مزایای مختلف استفاده از گیاهان پوششی به انتخاب گونه‌های گیاهان پوششی (حبوبات و غیر حبوبات)، زمان کاشت و خاتمه رشد آن‌ها و روش‌های پایان‌دادن به رشد آن‌ها بستگی دارد (Kumar et al., 2023). افزایش عملکرد گیاه اصلی توسط گیاهان پوششی به دفعات گزارش شده است (Subhra Sahoo et al., 2024; Bourgeois et al., 2022). از طرفی، برخی پژوهشگران، اثرات منفی آن‌ها را بر عملکرد محصول (Bourgeois et al., 2022) و نیز اثرات خنثی (Alvarez et al., 2017) و منفی بر گیاه سویا (Shitikova et al., 2024; Waring et al., 2023) را گزارش کرده‌اند. پاسخ عملکرد محصول به گیاهان پوششی بر اساس نوع گونه، زمان پایان‌دادن به رشد آن‌ها، مقدار زیست‌توده در سطح زمین و مدیریت بقایای گیاهان پوششی متفاوت است. تاخیر در زمان خاتمه گیاهان پوششی، به دلیل رقابت مصرف آب (Stefanic et al., 2022) و تخلیه مواد غذایی و رطوبت، موجب تأثیر منفی بر عملکرد محصول اصلی می‌شود (Abdalla et al., 2019). محققین با هدف دستیابی به کشاورزی پایدار با استفاده از کشت ماش به عنوان گیاه پوششی در کجند (*Sesamum indicum* L.)، ضمن کنترل علف‌های

با میانگین بارندگی سالانه ۶۶۵/۵ (میلی‌متر) و میانگین ۱۰۸/۳ روز بارانی (GDMGP, 2022) در روستای مزرعه (۳۶ درجه و ۹۵ دقیقه شمالی، ۵۴ درجه و ۸۵ دقیقه شرقی) واقع بود (جدول ۱).

نظر گرفته شد. گرگان، دارای آب و هوای نیمه خشک با میانگین بارندگی سالانه ۵۴۳/۴ میلی‌متر و میانگین ۸۶/۴ روز بارانی (GDMGP, 2022)، در ایستگاه تحقیقاتی کشاورزی عراقی محله (۳۶ درجه و ۵۴ دقیقه شمالی، ۵۴ درجه و ۲۵ دقیقه شرقی) و علی‌آباد کتول، دارای آب و هوای نیمه مرطوب

جدول ۱- مشخصات آب و هوایی مناطق انجام آزمایش

Table 1- The characteristics of the climatic conditions of the study sites

موقعیت Location	میانگین دمای بلندمدت Average long-term temperature (°C)	میانگین دمای کمینه بلندمدت Minimum long-term temperature (°C)	میانگین دمای بیشینه بلندمدت Average Maximum long term temperature (°C)	میانگین بارش سالانه Average annual precipitation (mm)	میانگین تعداد روزهای بارش Average number of rainy days	نوع اقلیم The climatic
گرگان Gorgan	25.9	20	31.7	543.4	86.4	نیمه خشک Semi-arid
علی‌آبادکتول Aliabad Katoul	26.7	20.6	32.7	665.5	108.3	نیمه مرطوب Semi-moisture

در زمین باقی ماندند. کاشت به صورت خشکه‌کاری و سیستم آبیاری مورد استفاده به‌صورت بارانی انجام گردید. بعد از آبیاری‌های اولیه برای سبزشدن، آبیاری‌های بعدی بر اساس نیاز گیاه انجام شد. نیتروژن به صورت قبل از کشت به میزان ۵۰ کیلوگرم در هکتار با توجه به نتیجه آزمون خاک (جدول ۲) در تمام تیمارها، بصورت یکسان استفاده شد.

به عبارتی کودهای پایه اوره، سوپر فسفات تریپل و سولفات پتاسیم به میزان ۵۰-۱۰۰-۱۰۰ کیلوگرم در هکتار با توجه به نتیجه آزمون خاک (جدول ۲) در تمام تیمارها قبل از کاشت استفاده شد.

تیمار علف‌کش شامل استفاده از سم دو منظوره (پیشرو) دی نیترامین با نام تجاری (Cobex W/V %25 EC) به میزان ۰/۷۵۰ کیلوگرم ماده موثره در هکتار بصورت پیش کاشت مخلوط با خاک بود و تیمار وجین به صورت دستی انجام شد. در انتهای دوره رشد به منظور اندازه‌گیری صفات مورد نظر در هر کرت، دو ردیف کناری و یک متر ابتدایی و انتهایی هر ردیف حذف و برداشت به شکل دستی صورت گرفت. برداشت نهایی سویا در مرحله رسیدگی فیزیولوژیک در دهه سوم آبان ماه انجام شد. عملکرد سویا و وزن خشک علف‌های هرز در آزمایشگاه اندازه‌گیری شد. برای محاسبه عملکرد زیستی نمونه‌ها در آون با دمای ۷۵ درجه سانتی‌گراد به مدت ۴۸

عملیات کاشت در مزارع در تاریخ ۱۳۹۷/۰۴/۱۵ به‌صورت دستی انجام شد. بذور ارقام تجاری از شرکت خدمات حمایتی گرگان و بذور گیاهان پوششی از استان آذربایجان شرقی تهیه شد. هر کرت به طول ۷ و عرض ۲ متر در نظر گرفته شد. ابعاد کرت‌ها ۷×۲ متر، فاصله بین هر کرت نیم متر و فاصله بین تکرارها نیز ۲ متر در نظر گرفته شد. به‌منظور افزایش دقت آزمایش، از شاهد متناظر (هر کرت به دو نیمه تقسیم شد، نیمه اول به طول ۴ متر بعنوان تیمار و نیمه دوم به طول ۳ متر بعنوان شاهد) استفاده شد. فاصله بین هر ردیف ۵۰ سانتی‌متر و فاصله روی ردیف ۱۰ سانتی‌متر عمق کاشت ۳ سانتی‌متر در نظر گرفته شد و در هر کرت ۴ ردیف کاشت گیاه اصلی (سویا) وجود داشت. مابین ردیف‌های سویا، گیاهان پوششی به فاصله ۲ سانتی‌متر روی ردیف (میزان بذر مصرفی متناسب با نوع گیاه پوششی به میزان ۳ برابر مقدار مرسوم بود)، کشت شد (Dadashi, 2013). کاشت بذور گیاهان پوششی به صورت دستپاش بر روی پشته‌ها و با فاصله ۲۵ سانتی‌متر از ردیف گیاه زراعی انجام گرفت. بذر ماش، لوبیا چشم‌بلبلی و ارزن به ترتیب به میزان ۷۵، ۷۵ و ۴۰ کیلوگرم در هکتار کشت شدند (Ghanbari et al, 2006). اولین آبیاری بلافاصله بعد از کاشت بذور انجام گرفت. به منظور ایجاد تراکم مورد نظر، سویا در مرحله ۴-۶ برگگی تنک شد. گیاهان پوششی تا پایان فصل رشد

ساعت قرار گرفت تا رطوبت به صفر برسد، پس از آن به وسیله ترازوی دقیق وزن شد، سپس به هکتار تعمیم داده شد. نمونه‌ها در آون با دمای ۷۲ درجه سانتی‌گراد به مدت ۷۲ ساعت برای اندازه‌گیری وزن خشک قرار گرفتند. سپس توسط ترازوی دقیق ۰/۰۰۱ گرم توزین و وزن خشک اندازه‌گیری شد (Turner, 1981). اندازه‌گیری عملکرد به این ترتیب انجام شد که پس از زرد و خشک‌شدن غلاف‌ها، به عبارتی رسیدگی فیزیولوژیک

سویا، از خطوط دوم و سوم که برای عملکرد در نظر گرفته شد، بعد از حذف اثر حاشیه‌ای، بوته‌ها از سطح یک مترمربع خاک برداشت شد. سپس تمامی دانه‌ها جدا، توزین و به هکتار تعمیم و درنهایت، عملکرد دانه محاسبه شد. برای محاسبه عملکرد بیولوژیک، وزن خشک تمام اجزای گیاه به غیر از ریشه اندازه‌گیری شد.

جدول ۲- نتایج تجزیه شیمیایی و فیزیکی خاک محل انجام آزمایش

Table 2- The results of chemical and physical analysis of the soil at the test site

موقعیت Location	درصد ماده آلی Percentage of organic matter	نیترژن Absorbable (%) nitrogen	کربنات کلسیم قابل جذب Absorbable calcium carbonate (%)	پتاسیم قابل جذب Absorbable potassium (mgkg ⁻¹)	فسفر قابل جذب Absorbable phosphorus (mgkg ⁻¹)	گوگرد قابل جذب Absorbable sulfur (mgkg ⁻¹)	هدایت الکتریکی Electrical conductivity (dSm ⁻¹)	اسیدیته pH	بافت خاک Soil texture
گرگان Gorgan	0.07	0.05	33	235	8.56	13	2.18	7.97	رسی - سیلت Clay - Silt
علی‌آبادکتول Aliabad Katoul	0.58	0.07	19	189	10.35	8.61	2.54	8.16	شنی - لومی Sandy-Loamy

ارتفاع، تراکم و وزن خشک علف‌های هرز در سه نوبت، ۵، ۱۰ و ۱۵ هفته در طی فصل رشد اندازه‌گیری شد. اندازه‌گیری ارتفاع مطابق روش (Mohammadi Golrang et al., 2007) انجام شد و ساقه‌ای که از بقیه بلندتر بود در نظر گرفته شد. نوع علف‌های هرز اندازه‌گیری شده در طرح، به شرح جداول ۳ می‌باشد. به منظور محاسبه بازده تیمارها در کنترل علف‌های هرز (کارایی کنترل علف‌های هرز یا درصد مهار علف‌هرز) از رابطه ۱ استفاده شد (Somani, 1992).

کارایی کنترل علف‌های هرز (WCE)، جمعیت یا وزن خشک علف‌های هرز در کرت‌های شاهد و B جمعیت یا وزن خشک علف‌های هرز در کرت‌های تیمار شده است.

$$WCE = ((A-B)/A) * 100 \quad (1)$$

شاخص‌های تراکم و غنای گونه‌ای (شمارش تعداد و تنوع علف‌های هرز به تفکیک گونه) به وسیله کادر چوبی به مساحت یک مترمربع، قبل از برداشت محاسبه گردید. پس از نمونه‌گیری برای اندازه‌گیری وزن خشک علف‌های هرز، نمونه‌ها به مدت ۴۸ ساعت در آون با دمای ۷۵ درجه سانتی‌گراد قرار گرفت، پس از آن اطلاعات به‌دست آمده توسط روابط مربوطه به شاخص‌های

قابل ارزیابی نظیر غنای منهنیک محاسبه شد. شاخص غنای منهنیک شاخصی برای بیان غنای گونه‌ای است (رابطه ۲) (Menhinick, 1964) که در آن S تعداد گونه و N فراوانی (تعداد کل افراد) کل گونه‌ها می‌باشد.

$$Rmn = \frac{S}{\sqrt{N}} \quad (2)$$

میزان شباهت گونه‌ای بین تیمارهای مختلف بر اساس شاخص تشابه سورنسون (رابطه ۳) تعیین گردید (Magurran, 1998) که در آن S شاخص تشابه، W تعداد گونه‌های مشترک در دو شرایط، C و J تعداد گونه‌های موجود در هر یک از دو شرایط می‌باشند. مقدار S بین صفر تا یک متغیر بوده و S=1 نشان‌دهنده تشابه کامل است.

$$S = 2W/(C+J) \quad (3)$$

شاخص غنای گونه‌ای (پیلئو) نشان دهنده تعداد گونه‌های ثبت شده در هر تیمار است (رابطه ۴) (Magurran, 1998). R غنای گونه‌ای و S تعداد گونه است.

$$R = S \quad (4)$$

شاخص یکنواختی گونه‌ای به شکل غیرمستقیم نحوه پراکنش و توزیع گونه‌ها را بیان می‌کند، به این صورت که هر

می‌باشد. شاخص یکنواختی بین صفر برای حداقل یکنواختی توزیع افراد بین گونه‌ها و یک برای حداکثر یکنواختی توزیع متغیر است.

$$E = \hat{H}/\ln(S) \quad (5)$$

اندازه یکنواختی بیشتر باشد میزان پایداری و ثبات بیشتر است و بالطبع تنوع نیز بیشتر است (Barnes et al, 1987). شاخص یکنواختی بر مبنای شاخص شانون محاسبه می‌شود. این شاخص از رابطه (۵) معروف به پیلو (Peet, 1974) به دست می‌آید که H ، مقدار شاخص شانون وینر و S ، تعداد گونه‌ها

جدول ۳- علف‌های هرز مشاهده شده در آزمایش

Table 3- The weeds observed at the test site

نام عمومی Common name	خانواده Family	نام علمی Scientific name	سیستم فتوسنتزی Photosynthetic system	چرخه زندگی Lifecyle	مکان location	
					گرگان Gorgan	علی‌آباد کتول Aliabad katoul
					تراکم Density	تراکم Density
					(m ²)	(m ²)
توق	Asteraceae	Xanthium strumarium (L.)	C ₃	یک‌ساله Annual	0	2.044
تاج خروس	Amaranthaceae	Amaranthus spp	C ₄	یک‌ساله Annual	0.8888	0.2666
گاو پنبه	Malvaceae	Abutilon theophrasti Medicus	C ₃	یک‌ساله Annual	0.6222	0.8444
خرفه	Portulacaceae	Portulaca oleracea (L.)	C ₄	یک‌ساله Annual	2.5333	0
علف چمن یک‌ساله	Cyperaceae	Fimbristylis miliacea	C ₄	یک‌ساله Annual	1.9111	4.3555
چمن هرز	Poaceae	Poa annua (L.)	C ₃	چندساله Perennial	2.7111	5.2888
قیاق	Poaceae	Sorghum halepense	C ₄	چندساله Perennial	1.4666	1.8666

معنی‌داری بر این صفت نداشت. نتایج مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که در هر سه مرحله نمونه‌برداری بیشترین درصد کاهش وزن خشک علف‌های هرز به ترتیب هفته ۱۵، ۱۰ و ۵ پس از کاشت، ۹۹/۶۴۹، ۹۹/۵۹۵، ۹۹/۵۸۶ درصد مربوط به تیمارهای گیاهان پوششی ماش بود (که با لوبیا چشم‌بلبلی و ارزن در یک گروه آماری قرار داشتند) و کمترین درصد کاهش به ترتیب هفته ۱۵، ۱۰ و ۵ پس از کاشت، ۷۱/۹۲۵، ۷۱/۶۶۶، ۷۱/۹۷۱ درصد متعلق به تیمار علف‌کش بود (جدول ۵). به نظر می‌رسد گیاهان پوششی توانسته‌اند با اشغال نیچ اکولوژیک و نیز سایه‌اندازی، مانع از سبز شدن و نیز رشد علف‌های هرز در این تیمارها نسبت به کاربرد علف‌کش و وجین شوند. محققین به اثر ماش و ارزن (Baei et al., 2023)، و لوبیا چشم‌بلبلی (Woghirena et al., 2021) به عنوان گیاهان پوششی موثر

برای تجزیه و تحلیل مرکب داده‌ها در این پژوهش از نرم‌افزار SAS 9.1 همچنین برای مقایسه میانگین‌ها از آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد ($p \leq 0/05$) استفاده شد. محاسبه شاخص‌های مربوط به علف‌های هرز توسط نرم‌افزار Past 3 انجام شد. رسم شکل‌ها توسط نرم‌افزار Excel 2019 انجام گردید.

نتایج و بحث

کاهش وزن خشک علف‌های هرز

نتایج تجزیه واریانس مرکب داده‌های درصد کاهش وزن خشک علف‌های هرز نشان داد که تنها اثر اصلی مدیریت علف‌های هرز تاثیر معنی‌داری ($p \leq 0/01$) بر صفت مذکور داشت (جدول ۴). سایر اثرات ساده و متقابل تیمارها تاثیر

در کاهش وزن خشک علف‌های هرز اذعان داشتند. بنابراین می‌توان گفت گیاهان پوششی از طریق سایه‌اندازی، کاهش دمای خاک و اثرات دگرآسیبی از جوانه‌زنی و رشد و نمو گیاهچه‌های علف‌هرز جلوگیری می‌کنند (Fernando and Shrestha, 2023; Ullah et al., 2022). نتیجه یک تحقیق

نشان داد که وزن خشک کل علف‌های هرز در تراکم‌های ۵، ۱۰ و ۱۵ بوته در متر مربع گیاه پوششی ماش در مزرعه کنجد، نسبت به تیمار آلوده به علف‌های هرز در شرایط بدون کشت پوششی (شاهد)، به ترتیب ۸۴، ۸۹ و ۹۰ درصد کاهش یافت (Mehdipour et al., 2019).

جدول ۴- نتایج تجزیه واریانس داده‌های (میانگین مربعات) تراکم و وزن خشک علف‌هرز در طی دوره رشد

Table 4- The results of analysis of variance (mean square) of density and weed dry weight during growth period

منابع تغییر	درجه آزادی	درصد کاهش وزن خشک علف‌های هرز مرحله اول	درصد کاهش وزن خشک علف‌های هرز مرحله دوم	درصد کاهش وزن خشک علف‌های هرز مرحله سوم	درصد کاهش شاخص سطح برگ علف‌های هرز مرحله اول	درصد کاهش شاخص سطح برگ علف‌های هرز مرحله دوم	درصد کاهش شاخص سطح برگ علف‌های هرز مرحله سوم
Source of variation	df	The percentage of dry weight reduction of weed in the first stage	The percentage of dry weight reduction of weed in the second stage	The percentage of dry weight reduction of weed in the third stage	Percentage reduction of weed leaf area index in the first stage	Percentage reduction of weed leaf area index in the second stage	Percentage reduction of weed leaf area index in the third stage
مکان	1	0.00018 ^{ns}	2.81 ^{ns}	4.295 ^{ns}	99.37 ^{ns}	54.01 ^{ns}	107.72 ^{ns}
Location							
خطای اصلی	4	301.59 ^{**}	310.06 [*]	325.34 ^{**}	414.13 ^{**}	313.097 ^{**}	390.12 ^{**}
Main error							
رقم	2	23.29 ^{ns}	23.19 ^{ns}	23.73 ^{ns}	15.22 ^{ns}	24.16 ^{ns}	32.42 ^{ns}
Cultivar							
مدیریت	4	2588.97 ^{**}	2531.23 ^{**}	2538.07 ^{**}	2623.49 ^{**}	2414.47 ^{**}	2470.28 ^{**}
Management							
V×M	8	88.87 ^{ns}	80.32 ^{ns}	110.31 ^{ns}	130.56 ^{ns}	82.87 ^{ns}	83.53 ^{ns}
L×V	2	67.91 ^{ns}	79.95 ^{ns}	52.03 ^{ns}	115.93 ^{ns}	137.57 ^{ns}	96.96 ^{ns}
L×M	4	5.58 ^{ns}	9.88 ^{ns}	10.63 ^{ns}	51.51 ^{ns}	34.84 ^{ns}	42.61 ^{ns}
L×V×M	8	63.26 ^{ns}	58.52 ^{ns}	61.92 ^{ns}	118.66 ^{ns}	106.04 ^{ns}	135.56 ^{ns}
خطای فرعی	56	77.40	86.72	86.28	86.37	82.24	78.54
Sub error							
ضریب تغییرات		9.68	10.58	10.21	10.23	9.93	9.74
CV (%)							

ns، * و **: به ترتیب غیر معنی‌دار، معنی‌دار در سطوح احتمال پنج و یک درصد.

ns, * and **: Non significant, Significant at the 5% and 1% probability levels respectively.

کاشت گیاهان پوششی بین ردیف‌های گیاهان زراعی با جلوگیری از عبور نور (Fernando and Shrestha, 2023) و رقابت برای مواد غذایی و آب (Abdalla et al., 2019) و تولید ترکیبات آللوپاتیک (Ullah et al., 2022) موجب کنترل علف‌های هرز می‌شوند.

کاهش میانگین شاخص سطح برگ علف‌های هرز

نتایج تجزیه واریانس مرکب نشان داد که صفت درصد کاهش میانگین شاخص سطح برگ علف‌های هرز به طور

معنی‌داری ($p \leq 0.01$) تحت تاثیر اثر اصلی مدیریت علف‌های هرز قرار گرفت (جدول ۴). سایر اثرات ساده و متقابل تیمارها تاثیر معنی‌داری بر این صفت نداشت. نتایج مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که در هر سه مرحله نمونه‌برداری بیشترین درصد کاهش میانگین سطح برگ علف‌های هرز به ترتیب هفته ۱۰، ۱۵ و ۵ پس از کاشت به میزان ۹۹/۵۸۹، ۹۹/۵۸۶، ۹۹/۵۵۶ درصد مربوط به تیمارهای گیاهان پوششی ماش بود (که با لوبیا چشم‌بلبلی و ارزن در یک گروه آماری قرار داشتند) و کمترین مقدار به میزان به ترتیب هفته ۱۰، ۱۵ و ۵

سرکوب علف‌های هرز توسط یک گیاه پوششی در حال رشد فعال، شامل رقابت برای منابع رشد محدود گیاه است که منجر به کاهش زیست توده علف‌های هرز، تولید بذر و در نتیجه کاهش افزودن بذر به بانک بذر خاک می‌شود (Fernando and Shrestha, 2023).

پس از کاشت، ۷۱/۱۸۱، ۷۱/۲۷۰، ۷۲/۶۳۹ درصد از تیمار علف‌کش حاصل شد (جدول ۵). به طور کلی، ارتفاع و شاخص سطح برگ دو عامل تعیین کننده برتری در جریان رقابت برای نور در دو گونه گیاهی به شمار می‌روند (Jiang et al., 2019). معمولاً گونه‌هایی با سطح برگ و ارتفاع بیشتر در رقابت موفق تر عمل می‌کنند (Mafakheri et al., 2010). رایج ترین روش‌های

جدول ۵- اثر روش‌های مدیریت علف‌های هرز بر میانگین درصد کاهش وزن خشک، کاهش شاخص سطح برگ و کاهش ارتفاع علف‌های هرز

Figure 5- The effect of weed management methods on the average percentage of dry weight reduction, reduction of leaf area index and reduction of weed height

روش‌های مدیریت Management methods	میانگین درصد کاهش وزن خشک علف‌های هرز The average percentage of dry weight loss of weeds (%)			میانگین درصد کاهش شاخص سطح برگ علف‌های هرز The average percentage of weed leaf area index reduction (%)			میانگین درصد کاهش ارتفاع علف‌های هرز The average percentage of weed height reduction (%)		
	هفته پنجم			هفته پنجم			هفته پنجم		
	هفته دهم			هفته دهم			هفته دهم		
	هفته پانزدهم			هفته پانزدهم			هفته پانزدهم		
	5th week	10th week	15th week	5th week	10th week	15th week	5th week	10th week	15th week
علف‌کش Herbicide	71.666 ^c	71.971 ^c	71.925 ^c	71.181 ^c	72.639 ^c	71.270 ^c	67.985 ^c	62.027 ^c	60.172 ^c
وجین Weeding	86.673 ^b	86.961 ^b	86.842 ^b	87.116 ^b	87.305 ^b	86.579 ^b	81.806 ^b	78.654 ^b	77.285 ^b
ماش Mungbean	99.595 ^a	99.586 ^a	99.649 ^a	99.556 ^a	99.589 ^a	99.586 ^a	99.128 ^a	98.852 ^a	98.92 ^a
لوبیا چشم‌بلبلی Cowpea	99.155 ^a	99.168 ^a	99.136 ^a	98.52 ^a	99.003 ^a	98.752 ^a	98.668 ^a	98.589 ^a	98.528 ^a
ارزن Millet	97.516 ^a	97.608 ^a	97.572 ^a	97.746 ^a	97.958 ^a	97.692 ^a	97.000 ^a	96.886 ^a	96.483 ^a

میانگین‌هایی که در هر ستون دارای حروف مشترک هستند در سطح ۵ درصد بر اساس آزمون Lsd اختلاف معنی داری ندارند.

Means of each column with common letters are not significantly different at 5% by LSD test.

درصد کاهش میانگین ارتفاع علف‌های هرز

مطابق نتایج تجزیه واریانس داده‌های درصد کاهش ارتفاع علف‌های هرز، تنها اثر اصلی مدیریت علف‌های هرز تأثیر معنی داری ($p \leq 0/01$) بر این صفت داشت (جدول ۶). نتایج مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که بیشترین درصد میانگین کاهش ارتفاع علف‌های هرز به ترتیب هفته ۱۵، ۱۰ و ۵ پس از کاشت به میزان ۹۸/۹۲، ۹۸/۸۵۲، ۹۹/۱۲۸ درصد مربوط به تیمارهای گیاهان پوششی ماش بود (که با لوبیا چشم‌بلبلی و ارزن در یک گروه آماری قرار داشتند) و کمترین مقدار به ترتیب هفته ۱۵، ۱۰ و ۵ پس از کاشت به میزان ۶۰/۱۷۲، ۶۲/۰۲۷،

۶۷/۹۸۵ درصد از تیمار علف‌کش در هر سه مرحله نمونه‌برداری حاصل شد (جدول ۵). گیاهان پوششی زنده به طور مستقیم با علف‌های هرز برای نور، آب، مواد مغذی و فضا رقابت می‌کنند و جوانه‌زنی، رشد و پتانسیل تولیدمثلی علف‌های هرز را کاهش می‌دهند و باعث کاهش جوانه‌زنی، رشد و پتانسیل زایش علف‌های هرز (Fernando and Shrestha, 2023) و نیز موجب کاهش ارتفاع و رشد علف‌های هرز می‌شوند (Uchino et al., 2011). اغلب گیاهان پوششی شامل غلات، تیره شب‌بو و لگوم‌ها به دلیل رشد سریع در بهار، کارآیی خوبی برای کنترل علف‌های هرز تیپ تابستانه دارند (Mafakheri et al., 2010).

جدول ۶- نتایج تجزیه داده‌های (میانگین مربعات) ارتفاع، تعداد و تراکم علف‌هرز در طی دوره رشد

Table 6- Data analysis results (mean square) of weed height, number and density during growth period

منابع تغییر	درجه آزادی	درصد کاهش ارتفاع علف‌های هرز مرحله اول	درصد کاهش ارتفاع علف‌های هرز مرحله دوم	درصد کاهش ارتفاع علف‌های هرز مرحله سوم	درصد کاهش تعداد گونه علف‌هرز	درصد کاهش تعداد (تراکم) علف‌هرز
Source of variation	df	The percentage of weed height reduction in the first stage	The percentage of weed height reduction in the second stage	The percentage of weed height reduction, the third stage	Percentage reduction in the number of species	Percentage reduction in the number (density) of weed
مکان	1	36.57 ^{ns}	151.84 ^{ns}	41.02 ^{ns}	0.82 ^{ns}	0.269 ^{ns}
location						
خطای اصلی	4	387.51 ^{**}	557.91 [*]	*643.47	*912.97	*363.897
Main error						
رقم	2	24.402 ^{ns}	12.86 ^{ns}	62.39 ^{ns}	66.39 ^{ns}	39.61 ^{ns}
Cultivar						
مدیریت	4	**3390.26	**4795.95	**5293.59	**10516.39	**2648.71
management						
V×M	8	122.24 ^{ns}	160.87 ^{ns}	234.96 ^{ns}	581.19 ^{ns}	112.004 ^{ns}
L×V	2	244.89 ^{ns}	490.54 ^{ns}	469.39 ^{ns}	*1011.62	94.57 ^{ns}
L×M	4	2.48 ^{ns}	8.87 ^{ns}	4.26 ^{ns}	60.51 ^{ns}	8.59 ^{ns}
L×V×M	8	157.39 ^{ns}	193.05 ^{ns}	176.118 ^{ns}	*692.02	112.23 ^{ns}
خطای فرعی	56	103.24	157.24	194.53	314.21	112.67
Sub error						
ضریب						
تغییرات		11.43	14.41	16.17	22.25	11.84
CV (%)						

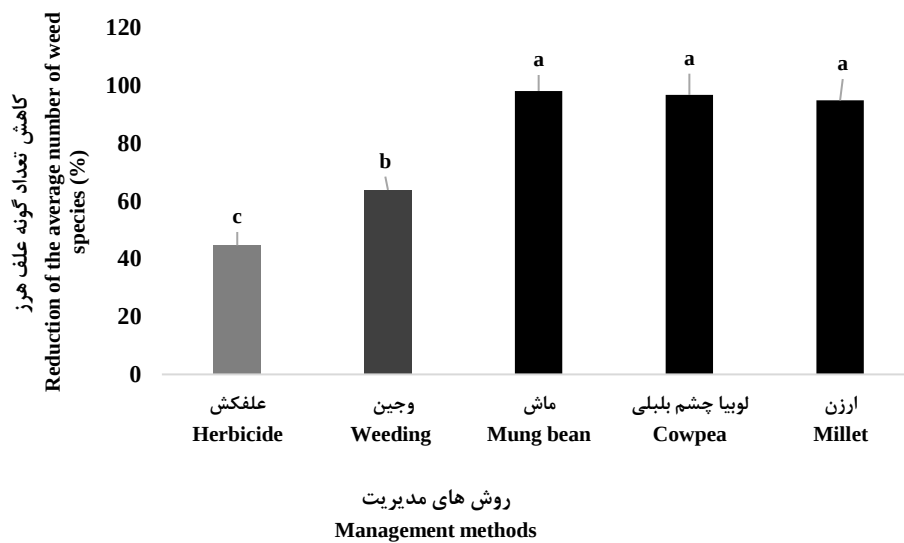
ns, * و **: به ترتیب غیر معنی‌دار، معنی‌دار در سطوح احتمال پنج و یک درصد.

ns, * and **: Non significant, Significant at the 5% and 1% probability levels respectively.

میانگین کاهش تعداد گونه علف‌هرز

نتایج نشان داد که اثر اصلی مدیریت علف‌هرز، به طور معنی‌داری ($p \leq 0/01$) بر صفت میانگین کاهش تعداد گونه علف‌های هرز موثر بود (جدول ۶). مطابق نتایج مقایسه میانگین داده‌ها، بیشترین درصد میانگین کاهش تعداد گونه علف‌های هرز به میزان ۹۴/۹۰۷، ۹۶/۷۵۹، ۹۸/۱۴۸، درصد مربوط به تیمارهای گیاهان پوششی بود و کمترین میزان (۴۴/۷۱ درصد) در تیمار علف‌کش مشاهده شد (شکل ۱). در کشت همزمان گیاهان پوششی با گیاه زراعی اصلی، به دلیل افزایش تنوع گیاهان زراعی و انتخاب صحیح گونه‌های زراعی، تنوع، تراکم (Osipitan et al., 2018) و وزن تر و خشک علف‌های هرز کاهش می‌یابد (Mehdipour et al., 2019). تاثیر گیاهان پوششی مختلف بر علف‌های هرز، رشد، اجزای عملکرد و عملکرد دانه ذرت رقم سینگل کراس ۱۰۷ نشان داد نور قرمز دور که از برگ‌ها عبور می‌کند، مانع جوله‌زنی بذور موجود در سایه‌لنداز

گیاهان می‌شود. ممکن است کاهش تنوع علف‌های هرز به دلیل اشغال فضای رشد و ممانعت نوری ایجاد شده توسط گیاهان پوششی باشد. این درحالیست که سایه‌انداز گیاهان زراعی بر روی رشد زایشی و تولید بذور علف‌های هرز تاثیر می‌گذارد (Mafakheri et al., 2010). بیان شده است که گیاهان پوششی در طول دوره رشد، کمیت و کیفیت نور را کاهش می‌دهند (نسبت قرمز به قرمز دور) که به نوبه خود باعث کاهش جوانه‌زنی بذور علف‌های هرز می‌شود (Fernando and Shrestha, 2023). بنابراین، گیاهان پوششی و تغییراتی که در کیفیت و کمیت نور ایجاد می‌کنند، عاملی مؤثر بر میزان رویش گیاهچه علف‌های هرز در صورت رشد فعال گیاهان پوششی می‌باشد. گیاهان پوششی همچنین با کاهش در میزان بانک بذور علف‌های هرز، به عنوان یک عامل سرکوب‌کننده علف‌های هرز گزارش شده‌اند (Fernando and Shrestha, 2023).



شکل ۱- اثر مدیریت علف‌های هرز بر میانگین کاهش تعداد گونه علف‌های هرز

حروف متفاوت نشان‌دهنده تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ با آزمون LSD می‌باشد.

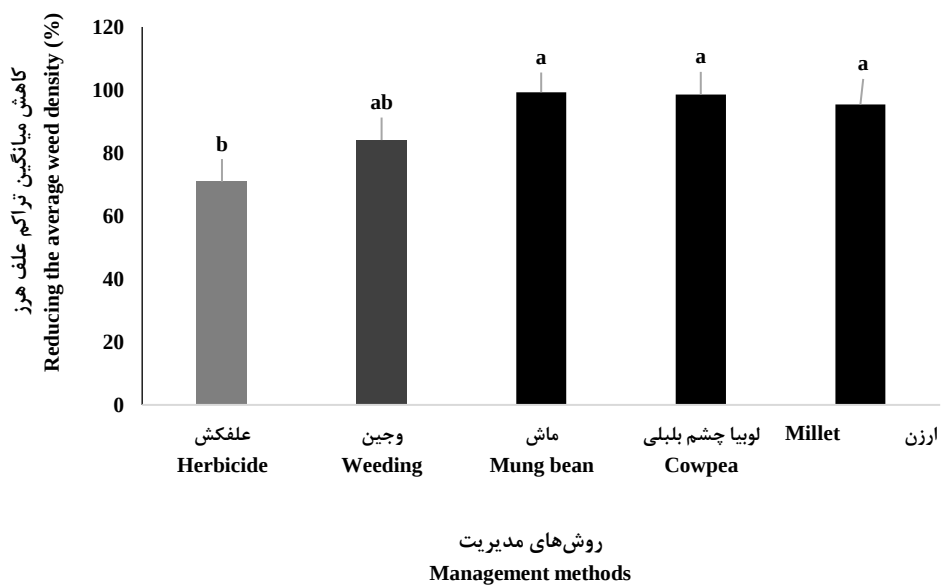
Figure 1- The effect of weed management on the average reduction in the number of weed species

Different letters indicate a significant difference at the 5% probability level with the LSD test.

نشان داد که بیشترین درصد میانگین کاهش تراکم علف‌های هرز به میزان ۹۵/۴۱۷، ۹۸/۵۸۹، ۹۹/۳۰۶ درصد مربوط به تیمارهای گیاهان پوششی ماش، لوبیا چشم‌بلبلی و ارزن بود و کمترین میزان ۷۰/۹۰۷ درصد در تیمار کاربرد علف‌کش مشاهده شد (شکل ۲).

میانگین کاهش تراکم علف‌های هرز

مطابق نتایج تجزیه واریانس، تنها اثر اصلی مدیریت علف‌هرز تاثیر معنی‌داری ($p \leq 0/01$) بر میانگین کاهش تراکم علف‌های هرز داشت. سایر اثرات ساده و متقابل تیمارها بر این صفت معنی‌دار نبود (جدول ۶). نتایج مقایسه میانگین داده‌ها



شکل ۲- اثر مدیریت علف‌های هرز بر میانگین کاهش تراکم علف‌های هرز

حروف متفاوت نشان‌دهنده تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ با آزمون LSD می‌باشد.

Figure 2- The effect of weed management on the average reduction of weed density

Different letters indicate a significant difference at the 5% probability level with the LSD test.

(Fernando and Shrestha, 2023). گیاهان پوششی مانند کف آفتابی (*Crotalaria juncea*)، لوبیا چشم‌بلبلی و لوبیا مخملی (*Mucuna deeringiana*) نیز گزارش شده‌اند که جوانه‌زنی و رشد علف‌های هرز را سرکوب می‌کنند (Adler and Chase, 2007).

گیاهان پوششی جزء مهمی از برنامه‌های مدیریت یکپارچه علف‌های هرز در سیستم‌های کشت سالانه و چندساله به دلیل توانایی‌های مهار علف‌های هرز هستند. آن‌ها با استفاده از مکانیسم‌های مختلف تعامل گیاهی که می‌تواند تسهیل کننده یا سرکوب کننده باشد، بر جمعیت علف‌های هرز تأثیر می‌گذارد.

جدول ۷- نتایج تجزیه داده‌های (میانگین مربعات) شاخص‌های علف‌هرز تحت تأثیر مکان، رقم و مدیریت علف‌های هرز در طی دوره رشد

Table 7- Data analysis results (mean square) of weed indices under the influence of location, cultivar and weed management during growth period

منابع تغییر	درجه آزادی	یکنواختی	غنای منهنیک	غنای گونه‌ای پیلئو	شاخص تشابه سورنسن	درصد مهار علف‌هرز
Source of variation	df	Evenness	Menhinic richness	species richness (Pileo)	Sorensen similarity index	weed control efficiency
مکان	1	**0.11	0.04 ^{ns}	**0.087	0.12 ^{ns}	1.92 ^{ns}
Location						
خطای اصلی	4	0.0067 ^{ns}	0.03 ^{ns}	0.006 ^{ns}	0.11 ^{ns}	**310.37
Main error						
رقم	2	0.006 ^{ns}	0.007 ^{ns}	0.01 ^{ns}	0.008 ^{ns}	23.07 ^{ns}
Cultivar						
مدیریت	4	0.005 ^{ns}	0.01 ^{ns}	0.01 ^{ns}	**0.78	**4189.99
Management						
V×M	8	*0.007	0.06 ^{ns}	0.0061 ^{ns}	0.06 ^{ns}	89.62 ^{ns}
L×V	2	0.000001 ^{ns}	*0.11	0.000001 ^{ns}	0.12 ^{ns}	67.31 ^{ns}
L×M	4	0.0025 ^{ns}	0.01 ^{ns}	0.0065 ^{ns}	0.037 ^{ns}	8.36 ^{ns}
L×V×M	8	0.0027 ^{ns}	0.01 ^{ns}	0.0074 ^{ns}	0.023 ^{ns}	59.61 ^{ns}
خطای فرعی	11	0.002	0.02	0.0063	0.61	83.26
Sub error						
ضریب تغییرات		5.27	16.55	8.8	89.27	10.02
CV (%)						

ns, * و **: به ترتیب غیر معنی‌دار، معنی‌دار در سطوح احتمال پنج و یک درصد.

ns, * and **: Non significant, Significant at the 5% and 1% probability levels respectively.

جدول ۸- مقایسه میانگین اثر مکان بر شاخص‌های یکنواختی و غنای گونه‌ای پیلئو

Table 8- Means comparison of effect of location on indicators of homogeneity and paleo species richness

مکان	شاخص یکنواختی	شاخص غنای گونه‌ای پیلئو
Location	(%) Evenness index	Species richness index (%)
گرگان	0.6867 ^a	0.86273 ^b
Gorgan		
علی‌آباد	0.4622 ^b	0.95087 ^a
Aliabad		

حروف متفاوت نشان‌دهنده تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۱٪ با آزمون LSD می‌باشد.

Different letters indicate a significant difference at the 1% probability level with the LSD test.

شاخص‌های تنوع زیستی

نتایج حاصل از آنالیز واریانس شاخص‌های تنوع زیستی نشان داد که اثر اصلی مکان بر شاخص یکنواختی در سطح ۵ درصد و بر شاخص غنای گونه‌ای (پیلئو) در سطح یک درصد معنی‌دار بود و بر سایر شاخص‌ها تأثیر معنی‌داری نشان نداشت.

(جدول ۷). بیشترین شاخص یکنواختی با ۰/۶۹ از منطقه گرگان به دست آمد که نسبت به منطقه علی‌آباد ۳۲/۶۹ درصد یکنواختی بیشتر مشاهده شد (جدول ۸). همچنین بیشترین شاخص غنای گونه‌ای پیلئو با ۰/۹۵ درصد از منطقه علی‌آباد به دست آمد که نسبت به منطقه گرگان ۹/۲۷ درصد بیشتر بود.

(جدول ۸). همچنین اثر اصلی مدیریت بر شاخص تشابه سورنسن و درصد مهار علف‌های هرز در سطح یک درصد معنی‌دار بود و بر سایر شاخص‌ها تأثیر معنی‌داری نشان نداد (جدول ۷). بیشترین شاخص تشابه سورنسن با ۰/۶۸۶۷ و ۰/۴۶۲۲ درصد از تیمارهای علف‌کش و وجین حاصل شد و کمترین میزان این شاخص در تیمار گیاهان پوششی ماش، لوبیا چشم‌بلبلی و ارزن با ۰/۵۵۵۶ مشاهده شد (جدول ۹). مقایسه میانگین‌ها همچنین نشان داد که بیشترین شاخص مهار علف‌های هرز از گیاهان پوششی ماش و لوبیا چشم‌بلبلی به ترتیب با ۹۹/۶۰۷ و ۹۹/۱۵۶ و کمترین شاخص مهار علف‌های هرز از تیمار علف‌کش با ۷۱/۹۰۶ درصد حاصل شد (جدول ۹). صفت غنای منهنیک به طور معنی‌داری در سطح ۵ درصد تحت تأثیر اثر متقابل مکان در رقم قرار گرفت (جدول ۷). اثر اصلی رقم، اثر متقابل مکان در مدیریت علف‌هرز و اثر سه‌گانه مکان در رقم در مدیریت علف‌هرز روی هیچ‌یک از شاخص‌های تنوع زیستی تأثیر معنی‌داری نشان نداد (جدول ۷).

نتایج بررسی آزمون مقایسات میانگین در مورد شاخص‌های تنوع زیستی نشان داد که بیشترین شاخص یکنواختی از رقم سامان با تیمار مدیریتی گیاهان پوششی ماش و رقم ساری با تیمار مدیریتی گیاهان پوششی ارزن به ترتیب ۰/۹۷۳ و ۰/۹۷۳ کمترین شاخص یکنواختی رقم کنترل با تیمار مدیریتی علف‌کش به میزان ۰/۸۴۱ درصد مشاهده شد (جدول ۱۰). بیشترین شاخص غنای منهنیک از تیمار رقم سامان در گیاه پوششی لوبیا چشم‌بلبلی، و رقم کنترل در گیاه پوششی ارزن با ۱/۰۶۴ درصد و کمترین شاخص غنای منهنیک از تیمار رقم سامان در وجین ۰/۷۹۱ به دست آمد که از نظر آماری با تیمارهای ماش در ارقام سامان و کنترل، تیمار لوبیا چشم‌بلبلی در ارقام کنترل و ساری، و تیمار ارزن در رقم ساری در یک گروه قرار داشت (جدول ۱۰). به نظر می‌رسد طول ساقه و حجم شاخه و برگ گیاهان پوششی، با ممانعت از رشد علف‌های هرز، تأثیر بیشتری بر مهار علف‌های هرز داشته است.

جدول ۹- مقایسه میانگین اثر مدیریت علف‌های هرز بر شاخص تشابه سورنسن و شاخص مهار علف‌های هرز

Table 9- Means comparison of effect of weed management on Sorensen's similarity index and weed control index

مدیریت علف‌های هرز Weed management	شاخص تشابه سورنسن Sorensen's similarity index (%)	شاخص مهار علف‌های هرز (%) Weed Control Efficiency
علف‌کش Herbicide	0.6867 ^a	71.906 ^d
وجین Weeding	0.4622 ^a	86.884 ^c
ماش Mungbean	0.0556 ^b	99.607 ^a
لوبیا چشم‌بلبلی Cowpea	0.0556 ^b	99.156 ^a
ارزن Millet	0.0556 ^b	97.541 ^b

حروف متفاوت نشان‌دهنده تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۱٪ با آزمون LSD می‌باشد.

Different letters indicate a significant difference at the 1% probability level with the LSD test.

نتایج این پژوهش نشان می‌دهد که عوامل محیطی و به دنبال آن شیوه‌های مدیریت محصول، بیشترین تأثیر را بر ترکیب و ساختار جامعه علف‌های هرز و روی دانه‌های سویا داشتند. میزان بارندگی در طول فصل رشد مهمترین عامل تعیین‌کننده ترکیب گونه‌ای علف‌های هرز بود. نتایج مشابهی را می‌توان در مطالعات دیگر یافت (Landau et al., 2022). کشت مخلوط، یکنواختی جمعیت علف‌های هرز را از طریق

کاهش فراوانی نسبی علف‌های هرز غالب تغییر می‌دهد. محققین گزارش کردند بیشترین شاخص یکنواختی از نسبت کاشت ۲۵٪ سیر+۷۵٪ نخود فرنگی با ۰/۹۱ و کمترین مقدار از کشت خالص سیر با ۰/۵ مشاهده گردید (Landau et al., 2022). در پژوهش دیگری بیشترین یکنواختی را از نسبت کشت ۵۰٪ کینجد+۵۰٪ ماش با ۰/۱۴ و کمترین مقدار را از کشت خالص ماش با ۰/۰۶ گزارش کردند (Rastgoo et al., 2012). برای

نشان دادن وضعیت تنوع، شاخص‌های متعددی ارائه شده است (Landau et al., 2022). شاخص غنای منهنیک عمدتاً معرف غنای گونه‌ای یک بوم نظام است و گویای وضعیت محیط، از لحاظ شرایط مناسب زیستی می‌باشد زیرا شرایط مطلوب محیطی، موجب افزایش حضور گونه‌ها می‌شود و امکان مقایسه زیستگاه‌های مشابه در نقاط مختلف را نشان می‌دهد، از طرفی، این شاخص قادر به بیان توزیع جمعیت افراد بین گونه‌ها نیست. غنای گونه‌ای ساده‌ترین روش اندازه‌گیری تنوع است که تفاوت فراوانی افراد را در نظر نمی‌گیرد درحالی‌که شاخص شانون، تنوع را با توجه به فراوانی افراد هر گونه نشان می‌دهد (Magurran, 2004, Shannon, 1949). برخی محققین گزارش کردند که غنای گونه‌های علف‌های هرز در داخل نوارهای مالچ گیاهان پوششی کاهش یافت (Radicetti et al., 2013). کاربرد اصلی شاخص تشابه سورنسن، بررسی میزان شباهت یا مقایسه مناطق از نظر تشابه گونه‌های موجود در آن‌ها می‌باشد (Magurran, 2004). گیاهان پوششی قادر هستند از طریق ایجاد رقابت برای جذب منابع و خاصیت دگرآسیبی (Ullah et al., 2022)، جذب مواد شیمیایی محرک جوانه‌زنی و تغییر در شرایط میکروبی خاک به نفع گیاه زراعی موجب کنترل علف‌های هرز شوند (Olson et al., 2014).

جدول ۱۰- اثر برهمکنش رقم × مدیریت علف‌های هرز بر شاخص‌های یکنواختی و غنای منهنیک

Table 10- The interaction effects of cultivar and weed management on the indicators of evenness and menhenic richness			
رقم	مدیریت علف‌های هرز	شاخص یکنواختی	شاخص غنای منهنیک
Cultivar	Weed management	Evenness index (%)	Menhenic richness (%)
سامان Saman	علف‌کش	0.87333 ^{ab}	0.87714 ^{ab}
	Herbicide		
	وجین	0.91 ^{ab}	0.79125 ^b
	Weeding		
	ماش	0.98 ^a	0.82875 ^b
	Mungbean		
کتول Katoul	لوبیا چشم‌بلبلی	0.94333 ^{ab}	1.06375 ^a
	Cowpea		
	ارزن	0.9433 ^{ab}	0.90857 ^{ab}
	Millet		
	علف‌کش	0.840667 ^b	0.96857 ^{ab}
	Herbicide		
ساری Sari	وجین	0.9 ^{ab}	0.87714 ^{ab}
	Weeding		
	ماش	0.93667 ^{ab}	0.79125 ^b
	Mungbean		
	لوبیا چشم‌بلبلی	0.946 ^{ab}	0.82875 ^b
	Cowpea		
ساری Sari	ارزن	0.9466 ^{ab}	1.06375 ^a
	Millet		
	علف‌کش	0.876 ^{ab}	0.90857 ^{ab}
	Herbicide		
	وجین	0.91 ^{ab}	0.96857 ^{ab}
	Weeding		
ساری Sari	ماش	0.93 ^{ab}	0.87714 ^{ab}
	Mungbean		
	لوبیا چشم‌بلبلی	0.93667 ^{ab}	0.79125 ^b
	Cowpea		
	ارزن	0.97333 ^a	0.82875 ^b
	Millet		

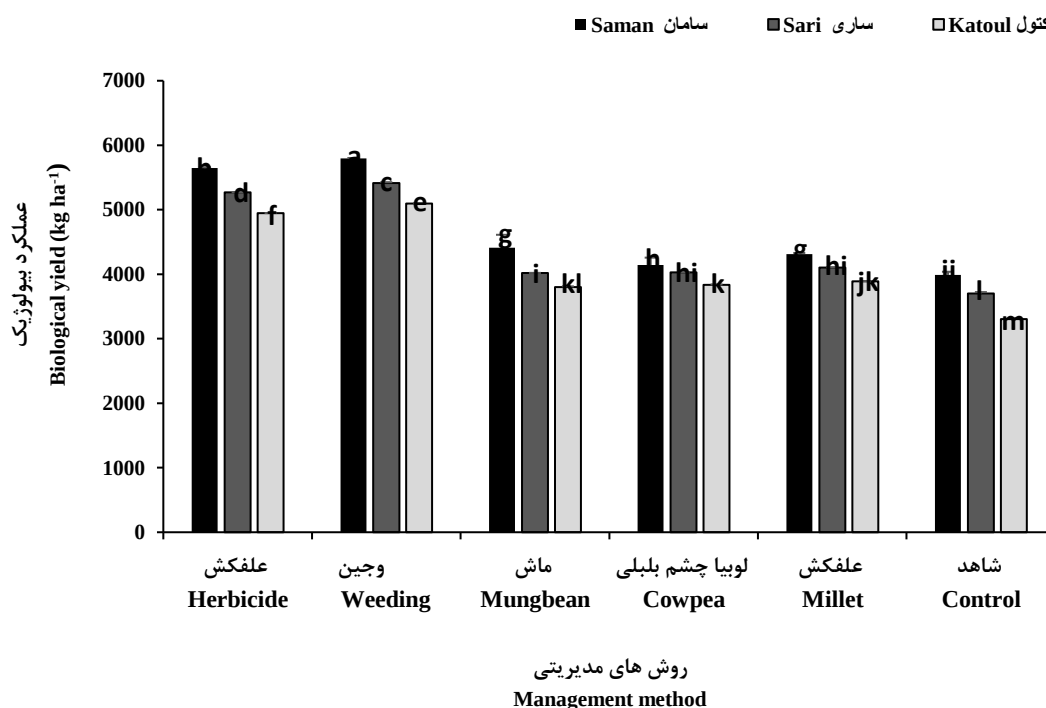
حروف متفاوت نشان‌دهنده تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ با آزمون LSD می‌باشد.

Different letters indicate a significant difference at the 1% probability level with the LSD test.

تأثیر تیمارهای آزمایشی بر عملکرد بیولوژیک و دانه سویا

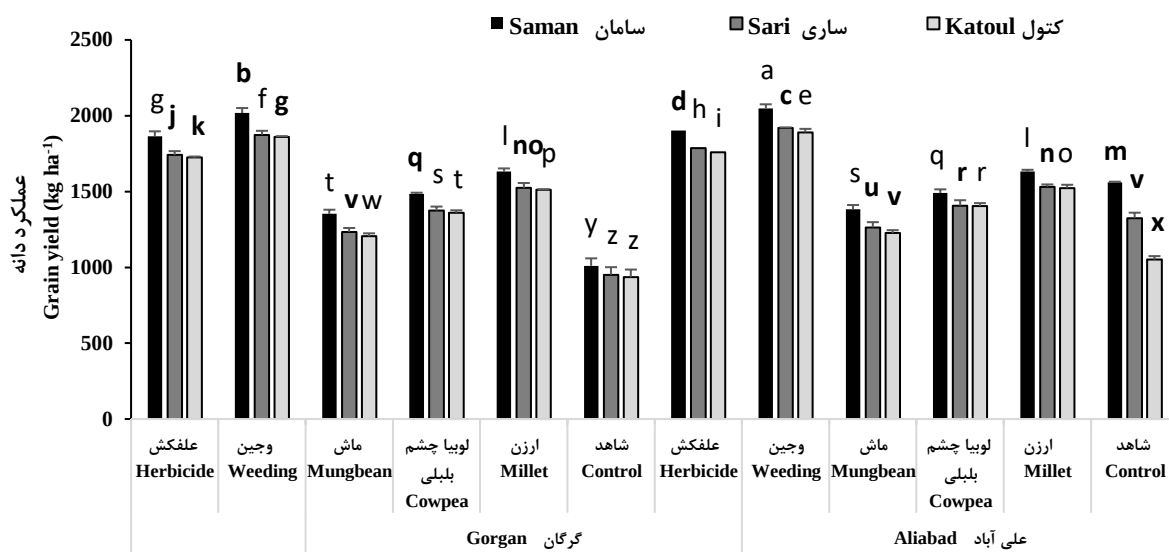
نتایج تجزیه مرکب نشان داد که اثرات اصلی و متقابل رقم و مدیریت علف‌های هرز و اثر دوگانه رقم در مدیریت علف‌های هرز بر عملکرد بیولوژیک سویا ($p \leq 0/01$) و نیز اثر اصلی مکان و اثر دوگانه مکان در رقم بر عملکرد بیولوژیک سویا ($p \leq 0/05$) معنی‌دار بود. طبق شکل ۳، بیشترین عملکرد بیولوژیک سویا در شرایط مختلف مدیریتی، مربوط به رقم سامان در شرایط وجین مشاهده شد. یافته‌ها نشان داد که رقم ساری کمترین عملکرد بیولوژیک را در تیمار شاهد نشان داد و هنگامی که سه رقم سویا با گیاهان پوششی ماش و ارزن همراه شدند، در بین ارقام، رقم سامان نسبت به سایر ارقام توانایی رقابتی برتری از خود نشان داد. عملکرد دانه سویا به طور معنی‌داری ($p \leq 0/01$) تحت تأثیر اثرات اصلی و متقابل دو گانه و سه‌گانه تیمارها قرار گرفت (شکل ۴). نتایج نشان داد که رقم سامان در هر دو منطقه بیشترین عملکرد دانه را در شرایط وجین علف‌هرز

نشان داد، درحالی‌که کمترین عملکرد دانه در تیمار شاهد در گرگان ثبت شد. در منطقه گرگان وجود علف‌های هرز باعث کاهش عملکرد دانه ارقام سامان، ساری و کتول به ترتیب به میزان ۵۰، ۴۸ و ۴۹/۵ درصد نسبت به تیمار وجین شد. در منطقه علی‌آباد، کاهش عملکرد دانه ارقام سامان، ساری و کتول ناشی از علف‌های هرز به ترتیب به میزان ۲۳/۷۷، ۳۰/۹۷ و ۴۴/۳۹ درصد نسبت به تیمار وجین هرز بود. در بین سه گیاه پوششی، کشت سویا مخلوط با ارزن بالاترین عملکرد دانه را نشان داد، درحالی‌که کشت مخلوط با ماش کمترین عملکرد دانه را در هر دو منطقه داشت. گیاهان پوششی ممکن است به دلیل رقابت برای مواد مغذی و آب، عملکرد محصول را کاهش دهند (Abdalla et al., 2019). نتایج محققان اغلب کاهش عملکرد را برای محصولات اصلی نشان می‌دهند (Alvarez et al., 2017). به عنوان مثال، از بررسی ۱۰۶ مطالعه در ۳۷۲ مطالعه در سراسر جهان، میانگین کاهش عملکرد ۴ درصد گزارش شده است (Abdalla et al., 2019).



شکل ۳- اثر برهمکنش رقم و روش‌های مدیریت بر عملکرد بیولوژیک سویا

Figure 3- The effect of cultivar and management methods on soybean biological yield



شکل ۴- اثر برهمکنش سه گانه رقم، مکان و روش‌های مدیریت بر عملکرد دانه سویا

Figure 4- Triple interaction effect of cultivar, location and management methods on soybean grain yield

نتیجه‌گیری کلی

چشم‌بلبلی یک گیاه پوششی مناسب‌تر برای کاهش تراکم علف‌های هرز و خسارت آنها در سویا است. ویژگی‌های رشد، سیستم ریشه، الگوهای استفاده از منابع گیاه پوششی ارزن باعث شد که در مقایسه با لوبیا چشم‌بلبلی و ماش، کمتر تأثیر رقابتی بر سویا داشته باشد، بنابراین به دلیل امکان همزیستی هماهنگ‌تر بین گیاه پوششی ارزن و گیاه اصلی سویا، این گیاه پوششی جهت کنترل علف‌های هرز مزرعه سویا پیشنهاد می‌گردد.

گیاه پوششی لوبیا چشم‌بلبلی به دلیل تولید زیست‌توده بالاتر نسبت به سویا و همچنین گیاه پوششی ماش به دلیل فنوتیپ نسبتاً مشابهی از نظر ارتفاع به سویا، رقابت بین گونه‌ای بیشتری برای دریافت نور، آب و مواد مغذی با گیاه سویا داشتند و به طور بالقوه، عملکرد کلی سویا را کاهش دادند. به دلیل تفاوت در ارتفاع تاج پوشش بین سویا و ماش، این دو گونه نه تنها برای مواد مغذی و آب بلکه برای نور خورشید نیز با هم رقابت داشتند. نتایج نشان‌داد که ارزن در مقایسه با ماش و لوبیا

References

- Abdalla, M., Hastings, A., Cheng, K., Yue, Q., Chadwick, D. and Espenberg, M., 2019. A critical review of the impacts of cover crops on nitrogen leaching, net greenhouse gas balance and crop productivity. *Global Change Biology*, 25, pp.2530–2543. <https://doi.org/10.1111/gcb.14644>
- Adler, M.J. and Chase, C.A., 2007. Comparison of the allelopathic potential of leguminous summer cover crops: cowpea, sunn hemp, and velvetbean. *HortScience*, 42, pp.289–293. <https://doi.org/10.21273/hortsci.42.2.289>
- Alvarez, R., Steinbach, H.S. and De Paepe, J.L., 2017. Cover crop effects on soils and subsequent crops in the pampas: A meta-analysis. *Soil and Tillage Research*, 170, pp.53–65. <https://doi.org/10.1016/j.still.2017.03.005>
- Amira, A.E.M. and Amany, K.E.H., 2023. Eco-friendly treatments for weed control in maize fields intercropped with cowpea. *Environment, Biodiversity & Soil Security*, 7, pp.149–161. <https://doi.org/10.21608/jenvbs.2023.219835.1222>

- Baei, E., Siahmarguee, A., Gherekhloo, J. and Kazemi, H., 2023. Effect of summer cover crops and row spacing on weed management, yield and its components of faba bean (*Vicia faba* L.). *Scientific Research Journal of Agricultural Knowledge and Sustainable Production*, 32(4), pp.33–50. [In Persian]. <https://doi.org/10.22034/saps.2021.47570.2724>
- Barnes, B.V., 1998. *Forest ecology*. John Wiley and Sons, Inc., Hoboken, 773 p.
- Blanco-Canqui, H., Shaver, T.M., Lindquist, J.L., Shapiro, C.A., Elmore, R.W., Francis, C.A. and Hergert, G.W., 2015. Cover crops and ecosystem services: Insights from studies in temperate soils. *Agronomy Journal*, 107, pp.2449–2474. <https://doi.org/10.2134/agronj15.0086>
- Bourgeois, B., Charles, A., Van Eerd, L.L., Tremblay, N., Lynch, D., Bourgeois, G., Bastien, M., Bélanger, V., Landry, C. and Vanasse, A., 2022. Interactive effects between cover crop management and the environment modulate benefits to cash crop yields: A meta-analysis. *Canadian Journal of Plant Science*, 102, pp.656–678. <https://doi.org/10.1139/cjps-2021-0177>
- Christopher, A., Landau, A., Aaron, G., Hager, B., Martin, M. and Williams, II., 2022. Deteriorating weed control and variable weather portends greater soybean yield losses in the future. *Science of the Total Environment*, 830, 154764. <https://doi.org/10.1139/cjps-2021-0177>
- Dadashi, F., 2013. *Soybean and wheat cover crops affects on weed control of corn under different fertilizer sources*. MSc thesis. Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University, Iran. [In Persian].
- Fernando, M. and Shrestha, A., 2023. The potential of cover crops for weed management: A sole tool or component of an integrated weed management system? *Plants*, 12(4), p.752. <https://doi.org/10.3390/plants12040752>
- General Directorate of Meteorology of Golestan Province (GDMGP), 2022. Meteorological data of Golestan Province. Gorgan, Iran.
- Ghanbari, A., Ghadiri, H. and Jokar, M., 2006. Effect of intercropping of maize and cucumber on controlling weeds. *Pajouhesh and Sazandegi in Agronomy and Horticulture*, 73, pp.193–199. [In Persian].
- Heap, I., 2023. *The International Herbicide-Resistant Weed Database*. Online. Available at: www.weedscience.org
- Hu, T., Fang, H., Pan, Q., Xu, H., Lv, T., Fan, X., Wang, Y., Guo, Y., Mou, L. and Xu, J., 2024. Seed microbiome-mediated herbicide resistance evolution in weeds. *New Phytologist*, 242, pp.333–343. <https://doi.org/10.1111/nph.19459>
- Hulme, P.E., 2023. Weed resistance to different herbicide modes of action is driven by agricultural intensification. *Field Crops Research*, 292, 108819. <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2023.108819>
- Jiang, K., Wu, B., Wang, C. and Ran, Q., 2019. Ecotoxicological effects of metals with different concentrations and types on the morphological and physiological performance of wheat. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 167(15), pp.345–353. <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2018.10.048>
- Jin, H., Yang, X., Zhao, H., Song, X., Tsvetkov, Y.D., Wu, Y., Gao, Q., Zhang, R. and Zhang, J., 2023. Genetic analysis of protein content and oil content in soybean by genome-wide association study. *Frontiers in Plant Science*, 14, 1182771. <https://doi.org/10.3389/fpls.2023.1182771>

- Kim, I.S., Kim, C.H. and Yang, W.S., 2021. Physiologically active molecules and functional properties of soybeans in human health-a current perspective. *International Journal of Molecular Sciences*, 22(8), p.4054. <https://doi.org/10.3390/ijms22084054>
- Krstic, J., Malidza, G., Rajkovic, M. and Krstic, M., 2021. Influence of different methods for breaking seed dormancy of *Ambrosia artemisiifolia*, *Abutilon theophrasti* and *Xanthium strumarium* on emergence in field conditions. *Acta Herbol*, 1, pp.29–37. <https://doi.org/10.5937/actaherb2101029k>
- Kumar, V., Singh, V., Flessner, M.L., Haymaker, J., Reiter, M.S. and Mirsky, S.B., 2023. Cover crop termination options and application of remote sensing for evaluating termination efficiency. *PLOS One*, 18(4), p.e0284529. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0284529>
- Landau, C.A., Hager, A.G. and Williams, M.M., 2022. Deteriorating weed control and variable weather portends greater soybean yield losses in the future. *Science of the Total Environment*, 830, p.154764. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.154764>
- Li, Y., Guo, R., Liang, X., Yao, B., Yan, S.H., Han, Y. and Cui, J., 2023. Pollution characteristics, ecological and health risks of herbicides in a drinking water source and its inflowing rivers in North China. *Environmental Pollution*, 334, 122130. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2023.122130>
- Mafakheri, S., Ardakani, M.R., Mighani, F., Mirhadi, M.J. and Vazan, S., 2010. Rye cover crop management affects weeds and yield of corn (*Zea mays* L.). *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca*, 38(3), pp.117–123. <https://doi.org/10.15835/nbha3834726>
- Magurran, A.E., 1988. *Ecological diversity and its measurement*. Princeton University Press, Princeton, NJ.
- Magurran, A.E., 2004. *Measuring biological diversity*. Blackwell Science, Oxford, UK, 256 p.
- Mehdipour, H., Abbasi, R. and Abbasian, A., 2019. Effect of mung bean (*Vigna radiata* L.) cover crop density on seed yield and yield components of sesame (*Sesamum indicum* L.) and weed control. *Journal of Agricultural Science and Sustainable Production*, 29, pp.255–266. [In Persian].
- Menhinick, E.F., 1964. A comparison of some species-individuals diversity indices applied to samples of field insects. *Ecology*, 45, pp.859–861. <https://doi.org/10.2307/1934933>
- Mohammadi Golrang, B., Gazanchian, G.H., Ramzani Moghadam, R., Falahati, H., Rouhani, H. and Mashayekhi, M., 2008. Estimation of forage yields of some range plant species by plant height and diameter measurements. *Journal of Range and Desert Research*, 15(2), pp.158–178. [In Persian].
- Olson, K., Ebelhar, S.A. and Lang, J.M., 2014. Long-term effects of cover crops on crop yields, soil organic carbon stocks and sequestration. *Open Journal of Soil Science*, 4(8), pp.284–292. <https://doi.org/10.4236/ojss.2014.48030>
- Osipitan, O.A., Dille, J.A., Assefa, Y., Radicetti, E., Ayeni, A. and Knezevic, S.Z., 2018. Impact of cover crop management on level of weed suppression: A meta-analysis. *Crop Science*, 59(3), pp.833–842. <https://doi.org/10.2135/cropsci2018.09.0589>
- Peet, R.K., 1974. The measurement of species diversity. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 5(1), pp.285–307. <https://doi.org/10.1146/annurev.es.05.110174.001441>

- Radicetti, E., Mancinelli, R. and Campiglia, E., 2013. Impact of managing cover crop residues on the floristic composition and species diversity of the weed community of pepper crop (*Capsicum annuum* L.). *Crop Protection*, 44, pp.109–119. <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2012.10.017>
- Rastgoo, S., Ayneband, A. and Fateh, A., 2012. Study of characteristics of weed communities in sesame and mung bean mixed system using diversity indices. *The Second National Organic and Conventional Agriculture Congress*, Ardabil. [In Persian].
- Ritchie, H., 2021. Is our appetite for soy driving deforestation in the Amazon? *Our World in Data*. <https://ourworldindata.org/soy>
- Savarinejad, A., Yunes Abadi, M. and Habibian, L., 2014. Introduction of new invasive weeds in soybean fields of Golestan province. *Agriculture and Natural Resources Research Center of Golestan Province*, pp.1–18. [In Persian].
- Shannon, C.E. and Wiener, W., 1949. *The mathematical theory of communication*. University of Illinois Press, 350 p.
- Shitikova, A.V., Zarenkova, N.V. and Negassi, B.T., 2024. Soybean yield in mixed crops. *BIO Web of Conferences*, 82, p.02015. <https://doi.org/10.1051/bioconf/20248202015>
- Somani, L.L., 1992. *Dictionary of weed science*. Agronomy Publishing Academy, India.
- Stefanić, E.R., Rašić, S., Lučić, P., Tolić, S., Zima, D., Antunović, S., Japundžić-Palenkić, B. and Stefanić, I., 2022. Weed community in soybean responses to agricultural management systems. *Agronomy*, 12, p.2846. <https://doi.org/10.3390/agronomy12112846>
- Subhra Sahoo, A., Mahmoud, F., Seleiman, B.C., Dharendra Kumar Roy, A., Shivani Ranjan, A., Sumit Sow, A., Raj Kumar Jat, D., Bushra, A., Alhammad, E. and Harun Gitari, F., 2024. Conservation agriculture and weed management effects on weed community and crop productivity of a rice-maize rotation. *Heliyon*, 10, e31554. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e31554>
- Turner, N.C., 1981. Techniques and experimental approaches for the measurement of plant water stress. *Plant and Soil*, 58, pp.339–366. <https://doi.org/10.1007/bf02180062>
- Tursun, N., Işık, D., Demir, Z. and Jabran, K., 2018. Use of living, mowed, and soil-incorporated cover crops for weed control in apricot orchards. *Agronomy*, 8(8), p.150. <https://doi.org/10.3390/agronomy8080150>
- Uchino, H., Iwama, K., Jitsuyama, Y., Ichiyama, K., Sugiura, E. and Yudate, T., 2011. Stable characteristics of cover crops for weed suppression in organic farming systems. *Plant Production Science*, 14, pp.75–85. <https://doi.org/10.1626/pp.14.75>
- Ullah, R., Aslam, Z., Attia, H., Sultan, K.H., Alamer, K.H.H., Mansha, M.Z., Althobaiti, A.T., Al Kashgry, A.T.N., Algethami, B. and Zaman, Q.U., 2022. Sorghum allelopathy: Alternative weed management strategy and its impact on mung bean productivity and soil rhizosphere properties. *Life*, 12(9), p.1359. <https://doi.org/10.3390/life12091359>

- Waring, E., Licht, M., Ripley, E., Staudt, A., Carlson, S. and Helmers, M., 2023. Cover crop mixtures versus single species: Water quality and cash crop yield. *Journal of Soil and Water Conservation*, 78(1), pp.1–15. <https://doi.org/10.2489/jswc.2023.00174>
- Woghirena, A.I., Awodoyin, R.O., Antiabong, C.I., Ngonadi, E.N., Jeminiwa, O.R. and Olaoti-Laaro, S.O., 2021. Effects of cowpea (*Vigna unguiculata* L. Walp.) as a live mulch on weed management in maize cropping. *Nigerian Journal of Weed Science*, 38(1), pp.61–67. <https://doi.org/10.4314/njb.v38i1.7>
- Woyessa, D., 2022. Weed control methods used in agriculture. *American Journal of Life Science and Innovation (AJLSI)*, 1(1), pp.19–26. <https://doi.org/10.54536/ajlsi.v1i1.413>
- Yousefi, M., Dray, A. and Ghazoul, J., 2024. Assessing the effectiveness of cover crops on ecosystem services: A review of the benefits, challenges, and trade-offs. *International Journal of Agricultural Sustainability*, 22(1), p.2335106. <https://doi.org/10.1080/14735903.2024.2335106>