Journal of Horticultural Science
https://jhs.um.ac.ir

Research Article
Vol. 39, No. 3, Fall 2025, p. 471-487

Evaluation of the Effectiveness of Iceberg Lettuce (*Lactuca sativa* var. Bruma Rz) Yield from Interaction of Cover Crops and Hand-Weeding

F. Ahmadnia[1], A. Ebadi[1*], M. Hashemi[2]

1- Department of Plant Production and Genetics, Faculty of Agriculture and Natural Resources, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran
2- Stockbridge School of Agriculture, Soil Sciences, University of Massachusetts Amherst, Massachusetts, USA
(*- Corresponding author's Email: ebadi@uma.ac.ir)

Received: 21 October 2024
Revised: 16 February 2025
Accepted: 17 March 2025
Available Online: 17 March 2025

How to cite this article:
Ahmadnia, F., Ebadi, A., & Hashemi, M. (2025). Evaluation of the effectiveness of Iceberg lettuce (*Lactuca sativa* var. Bruma Rz) yield from interaction of cover crops and hand-weeding. *Journal of Horticultural Science*, *39*(3), 471-487. (in Persian with English abstract). https://doi.org/10.22067/jhs.2025.90386.1386

Introduction

The most significant reduction of the commercial value and quality of leafy crops, such as lettuce, is primarily caused by weeds. The most common weeds in lettuce fields include Lambs quarters (*Chenopodium album* L.), Redroot pigweed (*Amaranthus retroflexus* L.), and wild mustard (*Sinapis arvensis* L.). Although using chemical inputs is considered a successful method in weed control, the risk of accumulating chemical contamination in plants and reducing human health by using these products increased the idea of using safe and environmentally friendly methods. Cover crops are an environmentally friendly strategy for controlling weeds in agricultural fields, offering numerous environmental benefits. Rye (*Secale cereale* L.) and chickling pea (*Lathyrus sativus*) are well-known worldwide cover crops. Many studies have mentioned them for their ability to control weeds, improve soil conditions, and release nutrients. Also, hand-weeding is known as one of the simple but expensive weed control methods. In our study, we aimed to explore how rye and chickling pea cover crop residues, when used in monoculture and intercropping systems, can help reduce the need for hand-weeding and improve the yield of Iceberg lettuce, considering the importance of weed control in leafy products.

Materials and Methods

In the spring of 2020, an experiment was conducted using a factorial design base of RCBD with three replications. The experimental treatments included monoculture and intercropping of rye (*Secale cereal* L.), and chickling pea (*Lathyrus sativus*) cover crops, control (without cover crops), and additionally, different levels of hand-weeding were implemented (once, twice, and no hand-weeding). The amount of seed used for the rye and chickling pea monoculture was 100 and 25 kg.ha^{-1}, respectively. For intercropping, 50% of the recommended seed was used. F1 Iceberg lettuce (Bruma Rz.) seeds were planted in a mixture of peat moss and perlite in a 1:5 ratio. Due to the short growing season in Ardabil (20°48' E and 19°38' N), the growth of cover crops was terminated 67 days after the sowing date using paraquat. Then, lettuce seedlings were transplanted manually by 25 × 25 cm inter-row spacing. Hand weeding was conducted at three different stages: once 15 days after transplanting, twice at 15 and 30 days after transplanting, and not at all at the time of lettuce harvest. In this experiment, in addition to investigating the dry weight of cover crops and weeds, weed control efficiency index and fresh yield and lettuce yield components such as number of leaves, plant height, crown diameter, and head diameter were measured.

©2025 The author(s). This is an open access article distributed under Creative Commons Attribution 4.0 International License (CC BY 4.0).
https://doi.org/10.22067/jhs.2025.90386.1386

Results and Discussion

The results indicated that the highest dry weight of cover crops was obtained from the rye monoculture (530.59 ± 30.15 $g.m^{-2}$), followed by intercropping (400.21.43 ± 10.37 $g.m^{-2}$). The lowest dry weight of *Chenopodium album* L. and *Anchusa italica* Retz. weeds (0 $g.m^{-2}$) were recorded in intercropping with one- and two-times hand-weeding. The dry weight of *Sinapis arvensis* L. in intercropping once, twice, and without hand-weeding, rye and chickling pea monoculture without hand-weeding was 0 $g.m^{-2}$. The lowest total weed dry weight was found in the intercropping of cover crops with once hand-weeding. The highest weed control efficiency indexes (100, 86.95, and 87.72) were observed with intercropping by once and twice hand-weeding, and chickling pea monoculture without hand-weeding. The highest yield of Iceberg lettuce (3.70 ± 0.82 $kg.m^{2}$) was achieved by intercropped cover crops without hand-weeding. The maximum number of leaves (21.55 ± 2.69 and 21.44 ± 1.01), crown diameter (4.15 ± 0.13 and 4.18 ± 0.23 cm), and head diameter (20. 22.12 ± 2 and 22.65 ± 2.22 cm, respectively) were obtained from the chickling pea monoculture and intercropping.

Conclusion

The effectiveness of using cover crop residues for weed control depends largely on the quantity of their dry weight. In the treatments without hand weeding, the rye monoculture and intercropping reduced the dry weight of weeds. The presence of cover crop residues reduced weed growth, although hand-weeding was still a more effective method of weed control in vegetables. However, the results highlighted the impact of cover crop dry weight on reducing hand-weeding for lettuce. In terms of increasing the yield of iceberg lettuce, rye intercropping, and chickling pea were favorable for the Ardabil region's climatic conditions.

Acknowledgment

The authors would like to express their gratitude to the Department of Plant Production and Genetics, Faculty of Agriculture and Natural Resources at the University of Mohaghegh Ardabili, Iran, for their financial support.

Keywords: Biomass, Density, Fresh weight, Intercropping, Weed control efficiency

نشریه علوم باغبانی
https://jhs.um.ac.ir

مقاله پژوهشی
جلد 39، شماره 3، پاییز 1404، ص. 487-471

ارزیابی تأثیرپذیری عملکرد کاهوی آیسبرگ (*Lactuca sativa* var. Bruma Rz) از برهم‌کنش بقایای گیاهان پوششی و وجین دستی

فاطمه احمدنیا[1]- علی عبادی[1*]- مسعود هاشمی[2]

تاریخ دریافت: 1403/07/30
تاریخ پذیرش: 1403/12/27

چکیده

بیشترین کاهش ارزش تجاری و کیفیت محصولات برگی از جمله کاهو (*Lactuca sativa* L.) ناشی از حضور علف‌های‌هرز در مزارع است. استفاده از نهاده‌های شیمیایی یک روش موفق در مهار علف‌های‌هرز محسوب می‌گردد، امّا خطر تجمع نهاده‌های شیمیایی در بافت‌های گیاهی و کاهش سلامت انسان موجب افزایش استفاده از روش‌های ایمن و سازگار با محیط زیست شده است. گیاهان پوششی یکی از راهبردهای سازگار با محیط زیست برای مهار علف‌های‌هرز در مزارع هستند. این آزمایش در بهار سال 1398 به‌صورت فاکتوریل بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا شد. تیمارهای آزمایشی شامل کشت خالص و مخلوط گیاهان پوششی چاودار (*Secale cereal* L.)، خلر (*Lathyrus sativus*)، شاهد (بدون کشت گیاهان پوششی) و سطوح وجین دستی علف‌های‌هرز (یک بار، دو بار و بدون وجین دستی) بود. نتایج نشان داد که بیشترین وزن خشک گیاهان پوششی (530/59 گرم در مترمربع) از کشت خالص چاودار حاصل شد. کمترین وزن خشک کل علف‌های‌هرز متعلق به کشت مخلوط گیاهان پوششی با یک بار وجین دستی بود. بیشترین عملکرد کاهوی آیسبرگ (3/70 کیلوگرم در مترمربع) در کشت مخلوط بدون وجین دستی و بیشترین تعداد برگ (21/55 و 21/44)، قطر طوقه (4/15 و 4/18 سانتی‌متر) و قطر تاج (به‌ترتیب 22/12 و 22/65 سانتی‌متر) از کشت خالص خلر و کشت مخلوط به دست آمد. نتایج این آزمایش بر تأثیر میزان وزن خشک گیاهان پوششی بر کاهش تعداد دفعات وجین دستی علف‌های‌هرز و بهبود عملکرد در محصولات برگی تأکید داشت.

واژه‌های کلیدی: تراکم، زیست‌توده، کارآیی کنترل علف‌های‌هرز، کشت مخلوط، وزن تر

مقدمه

استاندارد بالای کیفیت در محصولات کشاورزی از جمله سبزی‌ها یکی از مهم‌ترین تقاضاهای روز جامعه است و علف‌های‌هرز یکی از عوامل کاهنده عملکرد کمّی و کیفی اغلب محصولات کشاورزی هستند. توسعه بوم‌نظام‌های زراعی امروزه متکی بر مصرف علف‌کش‌های شیمیایی است که موجب ایجاد مقاومت در علف‌های‌هرز و کاهش سلامت انسان و محیط زیست می‌گردد (Ghorbani *et al.*, 2015; Parven *et al.*, 2025).

کاهو (*Lactuca sativa* L.) گیاهی متعلق به خانواده *Asteraceae* است که به‌دلیل ارزش غذایی بالا یک سبزی بسیار مهم در رژیم غذایی انسان در سراسر جهان محسوب می‌گردد (Santos-Naressi *et al.*, 2022). این گیاه سرشار از عناصر پرمصرف و کم‌مصرف بوده و به‌عنوان پرمصرف‌ترین سبزی برگدار در جهان شناخته شده است (Urbano *et al.*, Baudoin *et al.*, 2017; 2017). رقم آیسبرگ از انواع کاهوهای تولیدشده در جهان به‌دلیل خوش‌خوراکی و ماندگاری بالا پس از برداشت تا زمان عرضه به بازار فروش در بین انواع کاهوهای بازارپسند دنیا در رتبه دوم قرار دارد (Kist *et al.*, 2020). عوامل بسیاری بر عملکرد کاهو مؤثر هستند که مهم‌ترین آن‌ها شامل اثر تداخل علف‌های‌هرز و رقابت برای نور، عناصر غذایی و آزادسازی ترکیبات دگرآسیب از علف‌های‌هرز است (Riva *et al.*, 2021Casadei *et al.*, 2020;). علف‌های‌هرز و آثار رقابتی آن‌ها می‌تواند بر استحکام برگ، محتوای نیترات و کاروتن در کاهو تأثیرگذار باشد (Riva *et al.*, Giannopolitis *et al.*, 1989 ;

1- گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران
2- گروه علوم خاک، استاک بریج، دانشگاه ماساچوست، ماساچوست، آمریکا
(*- نویسنده مسئول: Email: ebadi@uma.ac.ir)
https://doi.org/10.22067/jhs.2025.90386.1386

2023).

مدیریت علف‌های‌هرز همیشه یکی از دغدغه‌های کشاورزان تولیدکننده کاهو بوده است (Fennimore *et al*., 2014). شایع‌ترین علف‌های‌هرز در مزارع کاهو شامل سلمه‌تره (*Chenopodium album* L.)، تاج‌خروس ریشه‌قرمز (*Amaranthus retroflexus* L.) و خردل وحشی (*Sinapis arvensis* L.) است (Shem-Tov *et al*., 20232006; Pereira *et al*., 2020). پژوهشگران گزارش کردند که تداخل علف‌های‌هرز می‌توانند باعث کاهش 30 الی 40 درصدی عملکرد کاهو شوند (Casadei *et al*., Giancotti *et al*., 2010; 2020). روش‌های مختلفی از جمله روش‌های مکانیکی، فیزیکی، زراعی، زیستی و شیمیایی برای مهار علف‌های‌هرز مورد استفاده قرار می‌گیرد (Azadbakht & Alebrahim, 2017). بااین‌حال با توجه به محدودیت علف‌کش‌های ثبت‌شده برای کاهو و خطر تجمع سموم در بافت‌های گیاهی، بیشترین میزان مهار علف‌های‌هرز وابسته به نیروی انسانی است (Riva *et al*., 2023). وجین دستی یکی از روش‌های مهار فیزیکی است که از دیرباز مورد استفاده کشاورزان خرده‌پا بوده که منجر به مهار درصد بالایی از علف‌های‌هرز می‌گردد (Tiwari *et al*., 2022). این در حالی است که این روش مهار اغلب افزایش هزینه‌های تولید را برای کشاورز در پی دارد و به همین دلیل رغبت افزایش سطح تولید این محصول در میان کشاورزان کاهش یافته است. بااین‌حال در بسیاری از مطالعات گزارش شده است که وجین دستی علف‌های‌هرز ابزار قدرتمندی برای کاهش تراکم و وزن خشک علف‌های‌هرز است (Kumar *et al*., 2017; Dutta *et al*., 2016; Gidesa & Kebede, 2018). برای مثال، پژوهشگران گزارش کردند که تراکم کاشت مناسب و یک بار وجین دستی در مرحله سه الی چهار برگی ذرت[1] منجر به افزایش عملکرد 2/01 تنی ذرت می‌شود (Thiem *et al*., 2020). در بررسی دیگری، پژوهشگران گزارش کردند که کشت خالص یولاف زراعی (*Avena sativa* L.) به همراه وجین دستی علف‌های‌هرز منجر به افزایش عملکرد اسفناج (*Spinacia oleracea* L.) در دو مرحله برداشت اسفناج ریز[2] و برداشت نهایی شد (Ahmadnia *et al*., 2024a).

اثربخشی گیاهان پوششی بر سیستم‌های کشاورزی اهمیت بسیاری در گسترش نظام‌های کشاورزی پایدار دارد و اثر آن بر اقتصاد مزرعه یکی از مهم‌ترین انگیزه‌های استفاده از گیاهان پوششی در سیستم‌های کشاورزی پایدار است (Bergtold *et al*., 2017). به‌طور کلی، مزیت‌های استفاده از گیاهان پوششی در مقابل هزینه‌های اولیه تهیه بذر، کاشت و مدیریت‌های زراعی شامل افزایش عملکرد محصولات کشاورزی (Blanco-Canqui *et al*., 2012)، فرصت‌های چرا و تأمین علوفه برای دام (Planisich *et al*., 2021)، مهار علف‌های‌هرز و کاهش هزینه علف‌کش‌ها (Plastina *et al*., 2020; Kumar *et al*., 2020) می‌باشد. بقایای حاصل از گیاهان پوششی علاوه‌بر بهبود بسیاری از ویژگی‌های فیزیکی، شیمیایی و زیستی خاک، استقرار و جوانه‌زنی علف‌های‌هرز را تحت تأثیر قرار می‌دهد. پژوهشگران اظهار داشتند که حضور بقایای گیاهی در سطح خاک با کاهش نوسانات دمایی و جلوگیری از نفوذ نور (Sias *et al*., 2021)، خاصیت دگرآسیبی (Sturm *et al*., 2018)، رقابت بین‌گونه‌ای برای جذب منابع غذایی (Lemessa & Wakjira, 2015) و ایجاد لایه خفه‌کننده از طریق تسریع فرآیند بسته‌شدن تاج‌پوشش گیاهی (Osipitan *et al*., 2018) موجب کاهش جوانه‌زنی و رشد علف‌های‌هرز می‌گردد. پژوهشگران در بررسی اثر گیاهان پوششی تابستانه و تاریخ کاشت کاهو گزارش کردند که تمام گیاهان پوششی مورد آزمایش منجر به سرکوب علف‌های‌هرز و افزایش عملکرد کاهو رقم آدریانا[3] شدند (Kruse & Nair, 2016). در بررسی دیگر پژوهشگران گزارش کردند که گیاهان پوششی در کشت‌های مخلوط و کشت خالص در مقایسه با شاهد منجر به افزایش عملکرد کاهو از طریق بهبود ویژگی‌های خاک و مهار علف‌های‌هرز شد (Ghahremani *et al*., 2020). همچنین در این پژوهش گزارش شد که گیاهان پوششی خلر (*Lathyrus sativus* L.) و گندم سیاه (*Fagopyrum esculentum* L.)، عملکرد کاهو را 17/8 درصد در مقایسه با شاهد افزایش دادند (Ghahremani *et al*., 2020).

گسترش روز افزون استفاده از سموم و علف‌کش‌های شیمیایی و اثرات جبران‌ناپذیر آن بر سلامت انسان و محیط زیست، تفکر بهره‌گیری از گیاهان پوششی در مهار علف‌های‌هرز را در پی داشت که منجر به انجام پژوهشی با عنوان ارزیابی تأثیرپذیری عملکرد کاهوی آیسبرگ از برهم‌کنش بقایای گیاهان پوششی و وجین دستی شد. فرضیه اولیه بر این اساس بود که گیاهان پوششی با تولید وزن خشک بیشتر، مهار مؤثرتری از علف‌های‌هرز را خواهند داشت و منجر به کاهش تعداد دفعات وجین دستی و افزایش عملکرد و اجزای عملکرد کاهوی آیسبرگ خواهند شد.

مواد و روش‌ها

به‌منظور بررسی اثربخشی بقایای گیاهان پوششی و سطوح وجین دستی علف‌های‌هرز بر عملکرد کاهوی آیسبرگ (*Lactuca sativa* var. Bruma Rz) آزمایشی در بهار و تابستان سال 1398 (10

1- Vegetable corn

2- Baby spinach

3- Adriana

اردیبهشت الی سه شهریور 1398) در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه محقق اردبیلی با ارتفاع 1350 متر از سطح دریا و مختصات جغرافیایی ´20 °48 طول شرقی و ´19 ° 38 عرض شمالی با شرایط آب‌وهوایی سرد و نیمه‌خشک اجرا شد. برخی از ویژگی‌های خاک مزرعه آزمایشی و شرایط اقلیمی در سال زراعی در جدول‌های 1 و 2 ارائه شده است. آزمایش به‌صورت طرح فاکتوریل بر پایه بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در کرت‌های به ابعاد 9 ×3 متر اجرا شد. تیمارهای آزمایشی شامل حفظ بقایای گیاهان پوششی چاودار (*Secale cereal* L.)، خلر (*Lathyrus sativus* L.)، کشت مخلوط آن‌ها و شاهد و سطوح مختلف وجین دستی علف‌های‌هرز به‌صورت یک بار وجین دستی، دو بار وجین دستی و بدون وجین دستی بود. گیاهان پوششی در 10 اردیبهشت 1398 با فواصل بین ردیف 20 سانتی‌متر به‌صورت دستی کشت شدند. بذر گیاهان پوششی از موسسه پاکان بذر اصفهان تهیه شد. میزان بذر مصرفی برای کشت خالص چاودار و خلر به‌ترتیب 100 و 25 کیلوگرم در هکتار و برای کشت مخلوط 50 درصد بذر توصیه شده در نظر گرفته شد (Ahmadnia *et al*., 2020a). کشت مخلوط گیاهان پوششی به‌صورت کشت مخلوط ردیفی بود. بلافاصله پس از کاشت گیاهان پوششی آبیاری انجام شد. هیچ نوع کوددهی در طول دوران رشد رویشی گیاهان پوششی صورت نگرفت. وزن خشک گیاهان پوششی و علف‌های‌هرز با رعایت اثر حاشیه‌ای با استفاده از کوادرات 50 ×50 سانتی‌متری در تاریخ 15 تیر 1398 انجام شد. نمونه‌های علف‌های‌هرز پس از تفکیک گونه‌ای و نمونه‌های گیاهان پوششی در آون آزمایشگاهی به‌مدت 48 ساعت در دمای 75 درجه سانتی‌گراد خشک و سپس با استفاده از ترازوی با دقت 0/01 توزین شدند. به دلیل کوتاهی فصل رشد در شهرستان اردبیل و ایجاد فرصت کافی برای رشد محصول اصلی (کاهوی آیسبرگ) با استفاده از علف‌کش پاراکوات به‌میزان سه لیتر در هکتار به رشد گیاهان پوششی در 16 تیر 1398 خاتمه داده شد و بقایای حاصل از آن‌ها در سطح خاک رها شدند (Ahmadnia *et al*., 2021a). بذر کاهوی آیسبرگ F_1 رقم (Bruma Rz.) از شرکت سپاهان رویش تهیه گردید. همزمان با دوران رشد رویشی گیاهان پوششی، نشاء کاهوی آیسبرگ در بستری از پیت‌ماس و پرلیت به نسبت 1:5 در گلخانه دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه محقق اردبیلی تهیه شد. پس از خاتمه دادن به رشد گیاهان پوششی، نشاء کاهو در مرحله چهار الی شش برگی در تاریخ 30 تیر 1398 پس از گذشت دوره کارنس علف‌کش پاراکوات (هفت الی 10 روز) به زمین اصلی منتقل و در بین بقایای گیاهان پوششی کشت گردید. تراکم کاشت نشاء کاهوی آیسبرگ براساس 16 بوته در مترمربع با فواصل 25×25 سانتی‌متر در بین بقایای گیاهان پوششی در نظر گرفته شد. وجین دستی علف‌های‌هرز به‌صورت یک بار وجین دستی (15 روز پس از انتقال نشاء)، دو بار وجین دستی (15 و 30 روز پس از انتقال نشاء) و بدون وجین دستی (تا زمان برداشت عملکرد کاهو) صورت گرفت. نمونه‌برداری از محصول کاهو با احتساب اثر حاشیه‌ای به‌صورت برداشت چهار بوته به‌صورت تصادفی از کرت‌های آزمایشی انجام شد و میانگین آن‌ها مبنای محاسبات عملکرد و اجزای عملکرد کاهوی آیسبرگ در نظر گرفته شد. ارتفاع بوته با استفاده از خط‌کش، قطر طوقه و تاج‌پوشش به‌وسیله قطرسنج معمولی و تعداد برگ کاهو به‌روش تخریبی اندازه‌گیری شدند.

شاخص کارآیی مهار علف‌های‌هرز با استفاده از معادله (1) محاسبه شد (Rajput & Kasana, 2019).

$$\text{Weed control efficincy} = \frac{(DWC-DWT)}{DWC} \times 100 \quad (1)$$

که در آن، DWC: بیانگر وزن خشک علف‌های‌هرز در شاهد و DWT: وزن خشک علف‌های‌هرز در تیمارهای گیاهان پوششی است.

تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها: تجزیه داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار آماری SAS v.9.4، مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون LSD در سطح احتمال 5 درصد و ترسیم شکل‌ها با استفاده از نرم افزار Excel 2019 انجام شد.

نتایج و بحث

وزن خشک گیاهان پوششی و علف‌های‌هرز: نتایج تجزیه واریانس نشان داد که وزن خشک گیاهان پوششی و علف‌های‌هرز در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول 3). نتایج مقایسه میانگین‌ها نشان داد که بیشترین وزن خشک گیاهان پوششی از تیمار کشت خالص چاودار (30/15 ± 530/59 گرم در مترمربع) و کشت مخلوط آن با خلر (10/37 ± 400/21/43 گرم در مترمربع) حاصل شد (جدول 3). کشت خالص خلر (17/48 ± 251/76/21 گرم در مترمربع) کمترین وزن خشک را داشت (شکل 1).

جدول 1- برخی از ویژگی‌های خاک مزرعه آزمایشی

Table1- Some soil characteristics of the experimental field

pH	هدایت الکتریکی EC ($dS.m^{-1}$)	شن Sand	سیلت Silt	رس Clay	بافت Texture	کلسیم کربنات Calcium carbonate	کربن آلی Organic C	نیتروژن Nitrogen	فسفر قابل جذب Phosphorus	پتاسیم قابل جذب Potassium
	(%)					(%)			($mg.kg^{-1}$)	
7.8	2.6	35	42	23	Loam	14.5	0.6	0.06	8.2	202

جدول 2- اطلاعات هواشناسی محل آزمایش در سال 1398

Table 2- Climatic information of the experimental site in year 2020 .

	بارش Precipitation (mm)	میانگین درجه حرارت Temperature means (◦C)
اردیبهشت 21 April-21 May	29.5	12.4
خرداد 22 May-21 June	13.0	17.6
تیر 22 June-22 July	0.1	18.8
مرداد 23 July-22 August	0.0	19.7
شهریور 23 August-22 September	18.8	16.3

جدول 3- نتایج تجزیه واریانس وزن خشک گیاهان پوششی و علف‌های‌هرز در مزرعه کاهوی آیسبرگ

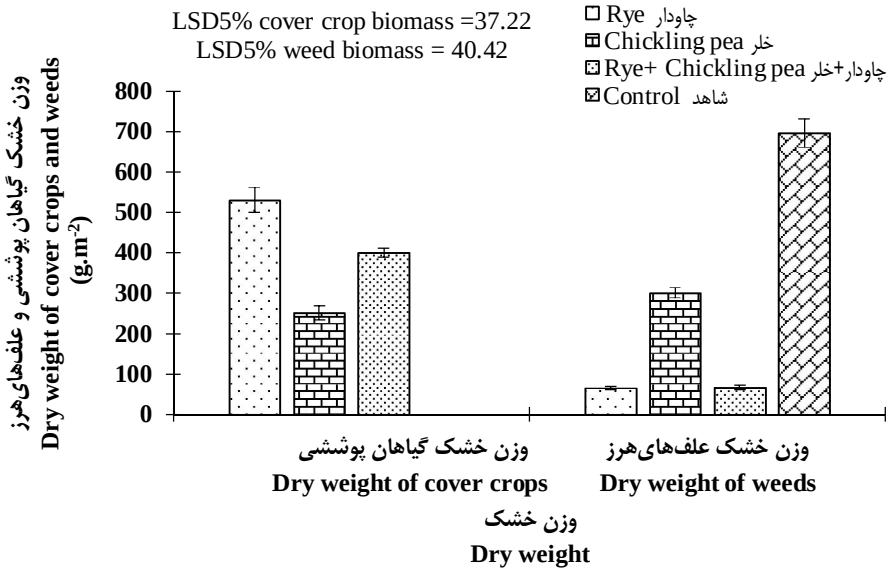
Table 3- ANOVA results for dry weight of cover crops and weeds in the Iceberg lettuce field

منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی df	وزن خشک علف‌های‌هرز Dry weight of weeds	وزن خشک گیاهان پوششی Dry weight of cover crops
بلوک Block	2	226.04^{ns}	281.17^{ns}
گیاهان پوششی Cover crops	3	265426.02**	155464.55**
خطای آزمایشی Error	6	409.46	347.09
ضریب تغییرات CV (%)	-	7.16	6.30

** و ns: به‌ترتیب معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد و عدم معنی‌داری.

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

کاهش وزن خشک در کشت مخلوط در مقایسه با کشت خالص چاودار می‌تواند ناشی از کاهش مقدار بذر مصرفی باشد، به‌طوری‌که میزان بذر مصرفی خلر در مقابل چاودار برابر با نسبت 1: 4 است و کاهش این مقدار به 50 درصد در کشت مخلوط از عوامل اصلی کاهش وزن خشک در کشت مخلوط است. برای مثال احمدنیا و همکاران (Ahmadnia *et al*., 2021a) در ارزیابی کشت گیاهان پوششی یولاف و خلر گزارش کردند که بیشترین وزن خشک گیاهان پوششی از کشت خالص یولاف و پس از آن از کشت مخلوط یولاف و خلر حاصل شد. در بررسی دیگر، پژوهشگران گزارش کردند که بیشترین زیست‌توده گیاهان پوششی در دو سال زراعی از تک‌کشتی چاودار (397 و 473 گرم در مترمربع) حاصل شد (Ahmadnia *et al*., 2020b). آن‌ها دلیل عدم زیست‌توده بالا در کشت مخلوط را عدم استفاده مطلوب از سودمندی‌های کشت مخلوط توسط دو گونه مورد بررسی دانستند (Ahmadnia *et al*., 2020b). نتایج مقایسه میانگین‌ها نشان داد که بیشترین وزن خشک علف‌های‌هرز در حضور سبز گیاهان پوششی از شاهد 35/33 ± 696/23 گرم در مترمربع به‌دست آمد (شکل 1). کشت خالص چاودار و کشت مخلوط آن با خلر دارای کمترین وزن خشک علف‌های‌هرز (4/34 ± 65/05 و 5/83 ± 66/60 گرم در مترمربع) بودند (شکل 1). نتایج ارزیابی کاشت گیاهان پوششی در مقابل عدم کاشت آن‌ها نیز نشان داد که کشت خالص چاودار، کشت خالص خلر و کشت مخلوط آن‌ها در مقایسه با شاهد سبب کاهش به‌ترتیب 90/65، 56/72 و 90/43 درصدی وزن خشک علف‌های‌هرز شد (شکل 1). مجیدی و همکاران (Majidi *et al*., 2018) گزارش کردند که کشت گیاهان پوششی علف‌پشمکی (*Festuca arundinacea*) و علف‌بره (*Bromus tomentellus* L.) علاوه‌بر تولید زیست‌توده بیشتر نسبت به سایر تیمارها، موجب کاهش معنی‌دار تراکم و وزن خشک مجموع علف‌های‌هرز شد، به‌طوری‌که گیاهان پوششی توانستند جمعیت علف‌های‌هرز را از نظر تنوع و فراوانی کاهش دهند. پژوهشگران گزارش کردند که کشت خالص چاودار باعث کاهش 44، 60 و 52 درصدی علف‌های‌هرز سلمه‌تره، تاج‌خروس و خردل وحشی می‌شود (Ahmadnia *et al*., 2020b).



شکل 1- تغییرات وزن خشک گیاهان پوششی و علف‌های‌هرز در مزرعه کاهوی آیسبرگ

Figure 1- Dry weight variations of cover crops and weeds in the Iceberg lettuce field

همچنین پژوهشگران در بررسی دیگر گزارش کردند که کشت مخلوط چاودار و خلر باعث کاهش 90 درصدی زیست‌توده خردل وحشی در گیاه کلم قمری (*Brassica oleracea* Gongylodes group) شد (Ahmadnia *et al.*, 2019). در بررسی دیگر، پژوهشگران گزارش کردند که کشت مخلوط چاودار و ماشک گل خوشه‌ای (*Vicia villosa* Roth.) باعث کاهش 83/24 درصدی زیست‌توده کل علف‌های‌هرز گردید (Ahmadnia *et al.*, 2021b).

اثر بقایای گیاهان پوششی و وجین دستی بر وزن خشک علف‌های‌هرز درکاهو: علف‌های‌هرز غالب شناسایی‌شده در مزرعه شامل سلمه‌تره، گاوزبان‌بدل (*Anchusa italic* Retz) و خردل وحشی بودند. همچنین سایر علف‌های‌هرز شامل تاج‌خروس ریشه‌قرمز، کنگر وحشی (*Cirsium arvense* L.) و پیچک صحرایی (*Convolvulus arvensis* L.) بودند. نتایج نشان داد که برهم‌کنش بقایای گیاهان پوششی و وجین دستی علف‌های‌هرز بر وزن خشک علف‌های‌هرز در مقایسه با شاهد در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول 4).

وزن خشک علف‌هرز سلمه‌تره: بیشترین و کمترین وزن خشک علف‌هرز سلمه‌تره به‌ترتیب از تیمار شاهد بدون وجین دستی (329/7 ± 25/23 گرم در مترمربع) و کشت مخلوط چاودار و خلر با یک بار وجین دستی (صفر گرم در مترمربع) به دست آمد (جدول 5). همچنین نتایج نشان داد که وزن خشک علف‌هرز سلمه‌تره در کشت خالص چاودار با یک بار وجین دستی و کشت مخلوط چاودار و خلر بدون وجین دستی در مقایسه با شاهد به‌ترتیب 89/44 و 88/20 درصد کاهش یافت (جدول 5). اگرچه وجین دستی علف‌های‌هرز اثر قابل توجهی در کاهش وزن خشک علف‌های‌هرز داشت؛ امّا با توجه به وزن خشک حاصل از گیاه پوششی چاودار در کشت خالص و کشت مخلوط آن با خلر احتمال می‌رود که بقایای گیاهان پوششی در سطح خاک از طریق کاهش نفوذ نور، افزایش نوسانات رطوبتی و همچنین رهاسازی ترکیبات دگرآسیب (Jabran, 2017) سبب کاهش جوانه‌زنی علف‌هرز سلمه‌تره شده باشند. کاهش زیست‌توده سلمه‌تره در اثر تک-کشتی چاودار با یک و دو بار وجین دستی و کشت مخلوط آن با ماشک‌گل‌خوشه‌ای پیش‌تر نیز گزارش شده است (Ahmadnia *et al.*, 2021b). علاوه‌بر این گزارش شده است که ترکیباتی مانند DIBOA[1] و BOA[2] از ساقه چاودار استخراج شدند، که اثر سمیت بیشتری بر جوانه‌زنی و رشد گیاهچه در مقایسه با ترکیبات MBOA[3] جداسازی‌شده از ریشه چاودار داشتند (Clifford *et al.*, 2005).

وزن خشک علف‌هرز گاوزبان بدل: بیشترین وزن خشک علف‌هرز گاوزبان بدل از شاهد بدون وجین دستی (155/2 ± 4/57 گرم در مترمربع) و کمترین وزن خشک آن از کشت مخلوط چاودار و خلر با یک و دو بار وجین دستی (صفر گرم در مترمربع)، شاهد با یک بار وجین دستی (13/3 ± 0/88 گرم در مترمربع) و کشت خالص چاودار با دو بار و بدون وجین دستی (به‌ترتیب 0/37 ± 13/9 و 1/72

1 2,4-dihydroxy-1,4(2H)-benzoxazin-3-one

2- 2(3H)-benzoxazolinone

3- 6-Methoxy-2-benzoxazolinone

± 17/7 گرم در مترمربع) به دست آمد (جدول 5).

جدول ٤- نتایج تجزیه واریانس وزن خشک علف‌های‌هرز تحت تأثیر برهم‌کنش گیاهان پوششی و وجین دستی در مزرعه پرورش کاهوی آیسبرگ

Table 4- ANOVA results for the percentage of weed dry weight reduction as affected by cover crops and hand weeding of the Iceberg lettuce field

منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی df	میانگین مربعات Mean squares					
		سلمه‌تره *Chenopodium album* L.	گاورزبان بدل *Anchusa italic* Retz	خردل وحشی *Sinapis arvensis* L.	سایر علف‌های‌هرز Other weeds	وزن خشک کل علف‌های‌هرز Total dry weight of weeds	کارآیی مهار علف‌های‌هرز Weed control efficiency
بلوک Block	2	95.79^{ns}	2.24^{ns}	6.61^{ns}	1.80^{ns}	147.36^{ns}	69.72^{ns}
گیاهان پوششی Cover crops	2	22653.09**	3351.71**	4888.90**	776.85**	71345.89**	5500.34**
وجین دستی Hand weeding	2	61925.65**	12054.51**	2716.14**	1850.01**	125734.63**	4981.65**
گیاهان پوششی × وجین دستی Cover crops× hand weeding	4	18071.12**	4387.03**	1107.59**	1195.94**	40340.38**	3341.54**
خطای آزمایشی Error	16	54.62	5.36	15.67	4.07	115.85	50.93
ضریب تغییرات CV (%)	-	13.81	6.47	13.08	14.37	8.05	13.16

بیشترین درصد کاهش (91/39 درصد) در اثر بقایای گیاهان پوششی و وجین دستی در مقایسه با شاهد از کشت مخلوط چاودار و خلر بدون وجین دستی حاصل شد (جدول 5)؛ که نشان می‌دهد در شاهد انجام یک بار وجین دستی علف‌های‌هرز سبب کاهش قابل توجه وزن خشک علف‌هرز گاوزبان بدل در مقایسه با شرایط بدون وجین در همان تیمار شد. کمترین درصد کاهش وزن خشک علف‌هرز گاوزبان بدل (50/33 درصد) نیز در کشت مخلوط چاودار و خلر بدون وجین دستی در مقایسه با شاهد بدون وجین دستی ثبت شد (جدول 5). این در حالی است که کشت خالص خلر با یک بار و دو بار وجین دستی علف‌های‌هرز در مقایسه با بدون وجین دستی در همان تیمار، به‌ترتیب 11/85 و 26/81 درصد وزن خشک گاوزبان بدل را کاهش داد (جدول 5). کشت خالص خلر بدون وجین دستی در مقایسه با شاهد بدون وجین دستی موجب 74/67 درصد کاهش وزن خشک علف‌هرز گاوزبان بدل شد (جدول 5). اگرچه وجین دستی علف‌های‌هرز یکی از مؤثرترین روش‌های مهار علف‌های‌هرز است؛ امّا حضور بقایای گیاهان پوششی نیز در شرایط بدون وجین دستی علف‌های‌هرز حتی با وجود زیست‌توده اندک، اثر معنی‌داری بر کاهش علف‌هرز گاوزبان بدل داشت. شاید یکی از دلایل این امر، وجود خاصیت دگرآسیبی در گیاه پوششی خلر باشد (Khan *et al*., 2015). برای مثال، در بررسی اثر آللوپاتیک عصاره ریشه خلر بر جوانه‌زنی عدس (*Lens culinaris* L.)، پژوهشگران گزارش کردند که افزایش غلظت عصاره ریشه خلر بر طول ساقه و ریشه عدس معنی‌دار بود. در این پژوهش، نتایج تجزیه و تحلیل LCMS/MS عصاره متانولی، بیانگر بازدارندگی ترکیبات فنولی عصاره ریشه خلر بر شاخص‌های طولی رشد گیاهچه عدس تأکید داشت (Akmal *et al*., 2023).

وزن خشک خردل وحشی: نتایج نشان داد که وزن خشک خردل وحشی در تیمارهای کشت مخلوط با یک بار، دو بار و بدون وجین دستی علف‌های‌هرز، کشت خالص چاودار و کشت خالص خلر بدون وجین دستی (صفر گرم در مترمربع) بود (جدول 5). مقایسه گیاهان پوششی با تیمارهای شاهد در سطوح مختلف وجین دستی علف‌های‌هرز نشان داد که بیشترین درصد کاهش وزن خشک خردل وحشی مربوط به کشت مخلوط با یک بار، دو بار و بدون وجین دستی علف‌های‌هرز، کشت خالص چاودار و کشت خالص خلر بدون وجین دستی (100 درصد) بود (جدول 5). ارزیابی اثر برهم‌کنش بقایای گیاهان پوششی و وجین دستی علف‌های‌هرز نشان داد که بقایای گیاهان پوششی در کشت مخلوط، کشت خالص چاودار باعث کاهش معنی‌دار علف‌هرز خردل وحشی شدند. کشت خالص خلر نیز اگرچه دارای وزن خشک پوششی اندکی در مقایسه با سایر ترکیب‌های گیاهان پوششی بود، امّا در مقایسه با عدم کاشت گیاهان پوششی باعث کاهش وزن خشک خردل وحشی شد. این احتمال وجود دارد که ترشح ترکیبات دگرآسیب (Akmal *et al*., 2023) از بقایای چاودار و خلر سبب کاهش علف‌هرز خردل وحشی در شرایط بدون وجین دستی شده است. چاودار به‌دلیل تولید زیست‌توده متراکم و خاصیت دگرآسیبی یکی از مناسب‌ترین گیاهان پوششی شناخته‌شده برای مهار علف‌های‌هرز معرفی شده است (Silva & Bagavathiannan, 2023). در بسیاری از مطالعات به تأثیر بقایای حاصل از گیاه چاودار بر مهار علف‌های‌هرز اشاره شده است (Bolandi Amughin *et al*., 2015Mohammadi, 2010;). طبق گزارشی، گیاهان پوششی چاودار و ماشک گل‌خوشه‌ای، تراکم و زیست‌توده علف‌های‌هرز را 70 درصد کاهش داد (Uchino *et al*., 2012).

وزن خشک سایر علف‌های‌هرز: کمترین وزن خشک سایر علف‌های‌هرز و بیشترین درصد کاهش وزن خشک سایر علف‌های‌هرز مربوط به تیمارهای کشت خالص چاودار با دو بار وجین دستی و کشت مخلوط با یک بار وجین دستی (صفر گرم در مترمربع) بود (جدول 5). به نظر می‌رسد که در کاهش وزن خشک سایر علف‌های‌هرز، وجین دستی علف‌های‌هرز سهم قابل توجهی از کاهش را داشته است، به‌طوری‌که کشت مخلوط گیاهان پوششی در مقایسه با کشت خالص چاودار توانست با یک بار وجین دستی علف‌های‌هرز سبب کاهشی بدون اختلاف آماری معنی‌دار با کشت خالص چاودار شود. شاید یکی از دلایل این امر، ترشح ترکیبات دگرآسیب حاصل از دو گیاه پوششی چاودار (Godar *et al*., 2024) و خلر (Khan *et al*., 2015) باشد که همسو با یک بار وجین دستی علف‌های‌هرز موجب کاهش هرچه بیشتر سایر علف‌های‌هرز شده است. کشت خالص خلر بدون وجین دستی و کشت خالص چاودار با یک بار وجین دستی از جمله برهم‌کنش‌های مناسب کاهش‌دهنده سایر علف‌های‌هرز بودند؛ به‌طوری‌که کشت خالص خلر با دو بار وجین دستی در مقایسه با شاهد با دو بار وجین دستی توانست 90 درصد وزن خشک علف‌های هرز را کاهش دهد (جدول 5).

وزن خشک کل علف‌های‌هرز: کمترین وزن خشک کل علف‌های‌هرز در اثر برهم‌کنش بقایای گیاهان پوششی و وجین دستی علف‌های‌هرز از کشت مخلوط با یک بار وجین دستی حاصل شد (جدول 5). همچنین کشت مخلوط با دو بار وجین دستی (1/3 ± 10/10 گرم در مترمربع) دومین ترکیب مناسب از نظر مهار علف‌های‌هرز بود (جدول 5). بیشترین وزن خشک کل علف‌های‌هرز نیز در شاهد بدون وجین دستی (57/31 ± 554/04 گرم در مترمربع) ثبت شد (جدول 5). نتایج مقایسه شاهد بدون وجین دستی با شاهد با یک و دو بار وجین دستی علف‌های‌هرز نشان داد که وجین دستی علف‌های‌هرز اثر قابل توجهی بر کاهش 70/09 و 85/91 درصدی وزن

خشک کل علف‌های‌هرز داشت (جدول 5). نتایج ارزیابی وزن خشک کل علف‌های‌هرز بیانگر آن است که در مجموع پایش اثر وزن خشک گیاهان پوششی، کشت مخلوط چاودار با خلر در مقایسه با کشت‌های خالص گیاهان پوششی اثر قابل توجهی بر کاهش وزن خشک علف‌های‌هرز داشت. همچنین حضور بقایای گیاهان پوششی توانست در کشت مخلوط، دفعات وجین دستی علف‌های‌هرز را یک بار کاهش دهد، این نکته مؤید آن است که علی‌رغم کاهش قابل توجه علف‌های‌هرز در وجین دستی، حضور بقایای گیاهان پوششی حتی به‌صورت اندک می‌تواند نتایج دست‌کم برابر با انجام وجین دستی علف‌های‌هرز داشته باشد. در این پژوهش اگرچه مفاهیم اقتصادی مورد ارزیابی قرار نگرفت، امّا می‌توان بیان نمود که کشت مخلوط چاودار با خلر ترکیب مناسبی برای کاهش هزینه‌های مربوط به وجین دستی، حداقل برای یک بار بود.

شاخص کارآیی مهار علف‌های‌هرز: بیشترین شاخص کارآیی مهار علف‌های‌هرز (100، 86/95 و 87/72) از کشت مخلوط چاودار و خلر در یک و دو بار وجین دستی علف‌های‌هرز و کشت خالص خلر بدون وجین دستی علف‌های‌هرز به دست آمد (جدول 5). همچنین کمترین شاخص کارآیی علف‌های‌هرز از کشت خالص خلر با دو بار وجین دستی علف‌های‌هرز (10/54) حاصل شد (جدول 5). نتایج حاصل از شاخص کارآیی تیمارها براساس وزن خشک علف‌های‌هرز در کشت خالص و مخلوط گیاهان پوششی و شاهد بدون گیاه پوششی حاصل شد. این نتایج نیز بیانگر تأثیر مطلوب کشت گیاهان پوششی بر کاهش وزن خشک و تراکم علف‌های‌هرز است. استقرار، رشد سریع و بسته شدن تاج‌پوشش چاودار در مقایسه با خلر و تولید زیست‌توده بالا و خاصیت دگرآسیبی خلر و تلفیق آن‌ها با وجین دستی علف‌های‌هرز از مهم‌ترین دلایل بهبود شاخص کارآیی مهار علف‌های‌هرز است.

عملکرد کاهوی آیسبرگ: نتایج نشان داد که اثر برهم‌کنش بقایای گیاهان پوششی و وجین دستی علف‌های‌هرز بر عملکرد کاهوی آیسبرگ در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول 6). بیشترین عملکرد کاهو (0/82 ± 3/70 کیلوگرم در مترمربع) در کشت مخلوط بدون وجین دستی علف‌های‌هرز ثبت شد (شکل 2). همچنین تیمارهای کشت مخلوط با یک بار وجین دستی علف‌های‌هرز (0/45 ± 2/71 کیلوگرم در مترمربع)، کشت خالص خلر با دو بار و بدون وجین دستی علف‌های‌هرز (0/37 ± 2/65 و 0/92 ± 2/66 کیلوگرم در مترمربع)، کشت مخلوط با دو بار وجین دستی (0/35± 2/60 کیلوگرم در مترمربع) از نظر عملکرد کاهوی آیسبرگ اختلاف آماری معنی‌دار نداشتند (شکل 2). علاوه‌بر خاصیت دگرآسیبی در تیمارهای با وزن خشک اندک بقایای گیاهان پوششی، وجین دستی علف‌های‌هرز نقش بسیاری در کاهش علف‌های‌هرز و بهبود عملکرد کاهوی آیسبرگ داشت؛ به‌طوری که شاهد با یک بار وجین دستی علف‌های‌هرز در مقایسه با سایر تیمارها 0/71 ± 1/14 کیلوگرم در مترمربع عملکرد تر کاهو داشت (شکل 2). این مهم بیانگر آن است که در شرایط عدم حضور بقایای گیاهان پوششی، یک بار وجین دستی علف‌های‌هرز قادر به مهار مناسبی نبوده و تأثیر قابل توجهی در بهبود عملکرد کاهو نداشت.

قطر طوقه: نتایج نشان داد که اثر اصلی گیاهان پوششی بر قطر طوقه کاهوی آیسبرگ در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول 6). مقایسه میانگین‌ها نشان داد که بیشترین قطر طوقه از تیمار کشت مخلوط و کشت خالص خلر (به‌ترتیب 0/23 ± 4/18 و 0/13 ± 4/15 سانتی‌متر) حاصل شد (جدول 7). ارزیابی درصد افزایش قطر طوقه در گیاهان پوششی در مقایسه با شاهد نشان داد که کشت مخلوط و کشت خالص خلر سبب افزایش 12/44 و 11/80 درصد قطر طوقه شدند.

قطر تاج کاهو: نتایج نشان داد که اثر بقایای گیاهان پوششی بر قطر تاج بوته کاهو در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول 6). بیشترین قطر تاج کاهو از کشت مخلوط و کشت خالص خلر به‌ترتیب 2/22 ± 22/65 و 2/20 ± 22/12 سانتی‌متر به دست آمد (جدول 7). بقایای گیاهان پوششی سبب افزایش 45/09 و 43/75 درصدی تاج بوته کاهو در کشت مخلوط و کشت خالص خلر در مقایسه با شاهد شدند.

ارتفاع بوته: ارتفاع بوته کاهو در اثر بقایای گیاهان پوششی در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول 6). در راستای نتایج حاصل از قطر طوقه و تاج بوته، اگرچه انتظار می‌رفت که ارتفاع بوته نیز در کشت خالص خلر مانند قطر طوقه و تاج بوته بیشترین باشد؛ امّا ارتفاع بوته نیز در کشت مخلوط و کشت خالص چاودار (به‌ترتیب 1/51 ± 19/93 و 1/21 ± 19/81 سانتی‌متر) بیشتر بود (جدول 7).

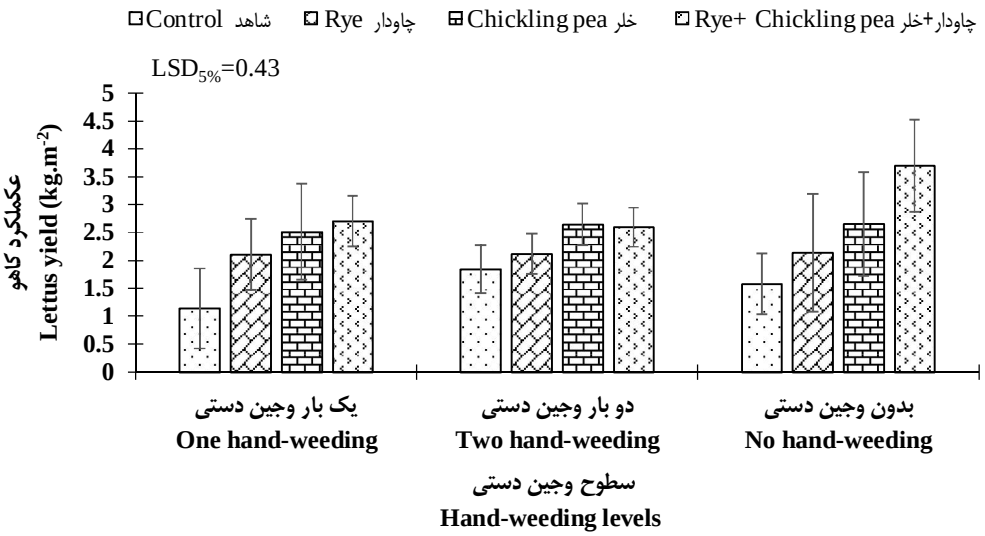
تعداد برگ: تعداد برگ کاهوی آیسبرگ در اثر بقایای گیاهان پوششی در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول 6). نتایج نشان داد که کشت خالص خلر و کشت مخلوط دارای بیشترین تعداد برگ کاهو (به‌ترتیب 2/69 ± 21/55 و 1/01 ± 21/44) بودند (جدول 7). تعداد برگ در کشت خالص خلر و کشت مخلوط آن با چاودار در مقایسه با شاهد 24/22 و 23/83 افزایش یافت (جدول 7).

جدول ۵ - تغییرات وزن خشک علف‌های هرز در طی رشد رویشی کاهوی آیسبرگ

Table 5- The weed dry weight variation during vegetative growth of Iceberg lettuce

ترکیب‌های گیاهان پوششی Cover crop mixtures	وجین دستی Hand weeding	سلمه‌تره *Chenopodium album* L. ($g.m^{-2}$)	گاوزبان بدل *Anchusa italica* Retz ($g.m^{-2}$)	خردل وحشی *Sinapis arvensis* L. ($g.m^{-2}$)	سایر علف‌های هرز Other weeds ($g.m^{-2}$)	وزن خشک کل علف‌های هرز Total dry weight of weeds ($g.m^{-2}$)	کارآیی مهار علف‌های هرز Weed control efficiency
شاهد Control	یک بار وجین One	43.48±2.56	13.35±0.88	78.30±8.25	30.54±6.37	165.67±13.65	-
	دو بار وجین Two	3.27±0.03	21.44±1.09	36.43±2.68	16.86±1.73	78.02±5.08	-
	بدون وجین No	329.7±25.23	155.24.57	55.81±2.38	13.24±0.61	554.04±31.57	-
چاودار Rye	یک بار وجین One	4.56±1.08	27.82±1.81	43.32±4.17	3.47±1.22	79.17±3.02	51.90±5.65
	دو بار وجین Two	7.0±0.88	13.96±0.37	51.2±4.81	0.00±0.00	72.21±3.76	6.98±10.71
	بدون وجین No	134.4±5.86	17.7±1.72	0.00±0.00	11.35±0.93	163.59±4.58	70.43±1.06
خلر Chickling pea	یک بار وجین One	19.1±1.42	34.6±3.93	52.83±4.35	2.23±0.13	108.86±8.99	33.75±14.21
	دو بار وجین Two	10.4±0.97	28.77±0.99	45.00±6.21	1.63±0.31	85.85±6.95	10.54±0.47
	بدون وجین No	10.5±0.42	39.31±2.11	0.00±0.00	18.13±0.31	67.94±2.15	87.72±0.47
چاودار +خلر Rye + chickling pea	یک بار وجین One	0.00±0.00	0.00±0.00	0.00±0.00	0.00±0.00	0.00±0.00	100.00±0.00
	دو بار وجین Two	9.03±1.30	0.00±0.00	0.00±0.00	1.07±0.01	10.10±1.3	86.95±3.13
	بدون وجین No	70.35±3.51	77.08±3.31	0.00±0.00	69.98±0.23	217.41±5.70	60.64±36.83
$LSD_{5\%}$		12.51	3.92	6.70	3.41	18.22	12.35

علف‌های‌هرز یکی از مهم‌ترین عوامل کاهنده عملکرد محصولات برگی از جمله کاهو هستند. عوامل بسیاری بر میزان کاهش عملکرد این محصول و آسیب‌های ناشی از علف‌های‌هرز تأثیرگذار است. مهم‌ترین این عوامل شامل رقابت بین محصولات کشاورزی با علف‌های‌هرز، تراکم نسبی علف‌های‌هرز در مزارع، زمان ظهور آن‌ها و مدت زمان رقابت می‌باشد (Mennan *et al.*, 2020). سبزیجات برگی مانند کاهو که با استفاده از بذر و یا نشاء کشت می‌گردند غالباً دارای ریشه کم‌عمق و ضعیفی بوده و توان رقابتی اندکی در برابر علف‌های‌هرز دارند (Obopile *et al.*, Mennan *et al.*, 2020 ; 2008). بنابراین می‌توان بیان کرد که سبزیجات نسبت به رقابت با علف‌های‌هرز بسیار حساس هستند و در دوره رشد اولیه باید مزارع آن‌ها عاری از علف‌های‌هرز باشد (Pannacci *et al.*, 2017 ; Osipitan *et al.*, 2018). مطالعات بسیاری بر اثر علف‌های‌هرز بر عملکرد کاهو اشاره کردند. برای مثال در مطالعه‌ای در انگلستان پژوهشگران گزارش کردند که تراکم 65 بوته علف‌هرز (مخلوطی از علف‌های‌هرز پهن‌برگ و باریک‌برگ) در مترمربع می‌تواند منجر به از بین رفتن کامل عملکرد کاهو شود (Roberts *et al.*, 1997). در مطالعه دیگری، رقابت علف‌های‌هرز با کاهو برای یک فصل زراعی منجر به کاهش 50 درصدی عملکرد کاهو شد (Lanini & Le Strange, 1991). در مطالعه‌ای دیگر، عدم مهار علف‌های‌هرز منجر به کاهش عملکرد کاهو تا 56 درصد شدند (Dusky & Stall, 1995). یکی از روش‌های محافظت گیاهان بسیار حساس به علف‌های‌هرز، استفاده از بقایای گیاهان پوشش در سطح خاک است، به‌طوری‌که پژوهش‌های بسیاری بر تأثیر این گیاهان بر بهبود عملکرد محصولات کشاورزی از طریق مهار علف‌های‌هرز اشاره کردند (Vaezi *et al.*, 2020Ghahremani *et al.*, 2020 ;). گیاهان پوششی و بقایای آن‌ها در سطح خاک از طریق ایجاد یک مانع فیزیکی از نفوذ نور به سطح خاک جلوگیری کرده و با افزایش درصد رطوبت خاک و کاهش دمای خاک مانع از تأمین شرایط لازم برای جوانه‌زنی و استقرار علف‌های‌هرز می‌شوند (Nabati Souha *et al.*, 2021). گیاهان پوششی مورد استفاده در این آزمایش که شامل چاودار و خلر بودند براساس مستندات علمی دارای خاصیت دگرآسیبی بوده و علاوه‌بر تولید زیست‌توده توان رقابت شیمیایی را با علف‌های‌هرز دارند (Bolandi Amughin Akmal *et al.*, 2023 ; *et al.*, 2015; Khan *et al.*, 2015). این گیاهان غالباً از طریق کاهش رقابت‌های بین‌گونه‌ای برای جذب منابع (Lemessa & Wakjira, 2015)، رهاسازی ترکیبات دگرآسیب (Sturm *et al.*, 2018)، جذب مواد محرک رشد و تغییر در جمعیت میکروبی خاک به نفع گیاهان زراعی (Campiglia *et* Olsen & Sommers, 1982 ; *al.*, 2010)، کاهش دمای خاک (Azad Shahraki *et al.*, 2010)، افزایش رطوبت (Mohammadi *et al.*, 2009) و کاهش میزان نفوذ نور (Doane *et al.*, 2009) به ایجاد محیط مناسبی برای رشد محصول تجاری کمک می‌کنند. در این مطالعه نیز حضور بقایای گیاهان پوششی در کشت خالص و مخلوط همراه با وجین دستی علف‌های‌هرز، کنترل بالایی از وزن خشک علف‌های‌هرز را نشان داد که منجر به افزایش عملکرد کاهو در مقایسه با شاهد شد.



شکل 2- اثر برهم‌کنش بقایای گیاهان پوششی × وجین دستی علف‌های هرز بر عملکرد کاهوی آیسبرگ

Figure 2-The interaction effect of the cover crops residues × hand-weeding on the iceberg lettuce yield

جدول 6- نتایج تجزیه واریانس عملکرد تر کاهوی آیسبرگ تحت تاثیر کاربرد بقایای گیاهان پوششی و وجین دستی علف‌های هرز
Table 6- ANOVA results for the Iceberg lettuce fresh yield by using cover crops residues and hand-weeding

منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی df	عملکرد کاهو Lettuce yield	قطر طوقه Crown diameter	قطر تاج Head diameter	تعداد برگ‌ها Number of leaves	ارتفاع بوته Plant height
بلوک Block	2	0.020^{ns}	0.011^{ns}	21.20^{ns}	1.51^{ns}	4.08^{ns}
گیاهان پوششی Cover crops	3	3.676**	0.54**	220.20**	40.87**	60.51**
وجین دستی Hand weeding	2	0.468**	0.073^{ns}	6.49^{ns}	0.208^{ns}	7.58^{ns}
گیاهان پوششی×وجین دستی Cover crops× hand weeding	6	0.340**	0.062^{ns}	8.25^{ns}	3.46^{ns}	5.87^{ns}
خطای آزمایشی Error	22	0.065	0.045	8.79	3.57	6.62
ضریب تغییرات CV (%)	-	11.02	5.34	16.22	10.39	13.31

** و ns: به‌ترتیب معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد و عدم معنی‌داری.
** and ns: significant at 1% of probability level, and non- significant, respectively.

جدول 7- تأثیر گیاهان پوششی بر برخی از صفات کاهو آیسبرگ
Table 7- The effect of cover crops on some traits of Iceberg lettuce

ترکیب‌های گیاهان پوششی Cover crop mixtures	قطر طوقه Crown diameter (cm)	قطر تاج Head diameter (cm)	تعداد برگ‌ها Number of leaves	ارتفاع بوته Plant height (cm)
شاهد Control	3.68±0.32	12.43±4.89	16.33±3.90	15.43±2.68
چاودار Rye	3.88±0.13	15.92±1.86	18.00±1.41	19.81±1.21
خلر Chickling pea	4.15±0.13	22.12±2.20	21.44±1.01	17.59±1.37
چاودار+خلر Rye + chickling pea	4.18±0.23	22.65±2.22	21.55±2.69	19.93±1.51
$LSD_{5\%}$	0.20	2.89	2.51	1.84

بااین‌حال در شرایط بدون وجین دستی، حضور بقایای گیاهان پوششی نیز اثر قابل توجهی بر افزایش عملکرد کاهو داشت. این احتمال وجود دارد که افزایش سرعت رشد نشاء کاهو در شرایط مطلوب محیطی بدون رقابت با علف‌های‌هرز سبب افزایش عملکرد شده باشد. علاوه‌بر این، رهاسازی عناصر غذایی از بقایای گیاهان پوششی نیز می‌تواند منجر به افزایش عملکرد در کشت مخلوط شده باشد، زیرا یکی از دلایل مهم کاربرد گیاهان پوششی، تأمین بخشی از نیتروژن مورد نیاز محصول اصلی است (Jahanzad *et al*., 2016). بهبود در رشد و اجزای عملکرد کاهو از جمله افزایش قطر طوقه می‌تواند ناشی از اثر گیاهان پوششی بر ویژگی‌های فیزیکی، شیمیایی و زیستی خاک نیز باشد (Ahmadnia *et al*., 2021b)، زیرا حضور ریشه گیاهان پوششی منجر به افزایش کربن آلی خاک و تخلخل و کاهش فشردگی و جرم مخصوص ظاهری خاک (Ahmadnia *et al*., 2021a; Ahmadnia *et al*., 2024b) می‌گردد که امکان گسترش ریشه گیاه و به‌دنبال آن افزایش قطر طوقه را فراهم می‌کند. همچنین افزایش قطر تاج، تعداد برگ و ارتفاع بوته در این بررسی نیز نشان‌دهنده ایجاد فضای مناسب رشد توسط گیاهان پوششی و وجین دستی علف‌های‌هرز است.

نتیجه‌گیری

آنچه در این آزمایش علاوه‌بر حضور بقایای گیاهان پوششی سبب کاهش قابل توجه علف‌های‌هرز در تیمارهای دارای بقایای گیاهان پوششی شد، استفاده از وجین دستی علف‌های‌هرز بود. استفاده از بقایای گیاهان پوششی به‌منظور مهار علف‌های‌هرز در این آزمایش بیشتر به‌میزان وزن خشک گیاهان پوششی بستگی داشت، به‌طوری‌که

در تیمارهای بدون وجین دستی، کشت خالص چاودار و کشت مخلوط آن با خلر وزن خشک گیاهان پوششی باعث کاهش وزن خشک علف‌های‌هرز شد. اگرچه در بررسی جداگانه علف‌های‌هرز در شرایط بدون وجین دستی، کاهش وزن خشک علف‌های‌هرز می‌تواند ناشی از خاصیت دگرآسیبی در کشت خالص خلر باشد، امّا در زیست‌توده کل علف‌های‌هرز، یک و یا دو بار وجین دستی اثر بیشتری بر مهار علف-های‌هرز داشتند. در راستای کاهش وزن خشک علف‌های‌هرز علاوه‌بر احتمال تأمین عناصر غذایی رهاسازی‌شده از بقایای گیاهی، تلفیق وجین دستی و بقایای گیاهان پوششی بر عملکرد تر کاهوی آیسبرگ مؤثر بود. این در حالی است که در بررسی اجزای عملکرد کاهوی آیسبرگ مانند ارتفاع بوته، تعداد برگ، قطر تاج‌پوشش و قطر طوقه، وجین دستی علف‌های‌هرز و برهم‌کنش آن با گیاهان پوششی تأثیر معنی‌داری نداشت. از نتایج چنین استنباط می‌گردد که میزان وزن خشک تولیدشده توسط گیاهان پوششی می‌تواند تعداد دفعات اجرای وجین دستی علف‌های‌هرز را در محصولات سبزی کاهش دهد. در این آزمایش، کشت مخلوط گیاهان پوششی چاودار و خلر از نظر افزایش عملکرد کاهوی آیسبرگ مناسب با شرایط اقلیمی شهرستان اردبیل بود.

سپاسگزاری

نویسندگان بر خود لازم می‌دانند مراتب تشکر و قدردانی خود را از مسئولین محترم مزرعه تحقیقاتی و آزمایشگاه‌های گروه تولید و ژنتیک گیاهی دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه محقق اردبیلی که در اجرای این پژوهش ما را یاری نمودند، ابراز نمایند.

References

1. Ahmadnia, F., Ebadi, A., & Gudarzi, M. (2021b). Interaction effect of cover crop residues and hand weeding of weeds on Iceberg lettuce (*Lactuca sativa* var. Iceberg) yield. *Journal of Crop Ecophysiology*, *15*(4), 555-574. (in Persian with English Abstract). https://doi.org/10.30495/jcep.2022.689806
2. Ahmadnia, F., Ebadi, A., Hashemi, M., & Ghavidel, A. (2020a). Investigating the short time effect of cover crops on biophysical properties of soil. *Journal of Water and Soil Conservation*, *26*(6), 277-290. (in Persian with English Abstract). https://doi.org/10.22069/jwsc.2019.16172.3145
3. Ahmadnia, F., Ebadi, A., Hashemi, M., & Nabati, L. (2020b). Investigating the effectiveness of Sunn Hemp (*Crotalaria juncea*) and Rye (*Secale cereal* L.) in weed suppression and yield of Kohlrabi (*Brassica oleracea* var. *Gongylodes*). *Journal of Agricultural Science and Sustainable Production*, *31*(2), 43-56. (in Persian with English Abstract). https://doi.org/10.22034/SAPS.2021.13090
4. Ahmadnia, F., Ebadi, A., Hashemi, M., Ghavidel, A., & Alebrahim M.T. (2024b). Impact of oat (*Avena sativa* L.) and Daikon radish (*Raphanus sativus* var. Longipinnatus) cover crops on some soil properties. *Applied Soil Research*, *12*(2), 1-17. (in Persian with English Abstract).
5. Ahmadnia, F., Ebadi, A., Hashemi, M., Ghavidel, A., & Alebrahim, M.T. (2024a). Impact of some cover crops and hand-weeding on the yield of spinach (*Spinacia oleracea* L.). *Journal of Vegetables Sciences*, *15*(1), 109-134. (in Persian with English Abstract). https://doi.org/10.22034/IUVS.2023.2002290.1286
6. Ahmadnia, F., Ebadi, A., Hashemi, M., Ghavidel, A., & Ghahremani, S. (2021a). Evaluation of short-term effect of oat and chickling pea cover crops in improving selected soil properties. *Applied Soil Research*, *9*(1), 72-87. (in Persian with English Abstract). https://asr.urmia.ac.ir/article_121035.html
7. Ahmadnia, F., Ebadi, A., Hashemi, M., Ghavidel, A., Godarzi, M., & Ghahramani, S. (2019). Effect of cover crops on weed control of Kohlrabi (*Brassica oleracea*). *Journal of Agroecology*, *9*(2), 151-166. (in Persian with English Abstract)
8. Akmal, M., Gupta, A.K., Shukla, D.N., & Shareef, M. (2023). Allelopathic effect of *Lathyrus sativus* L. on seed germination and seedling growth of *Lens culinaris* L. *Agriculture Research Journal*, *60*(6), 882-887. https://doi.org/10.5958/2395-146X.2023.00128.X
9. Azad Shahraki, F., Naghavi, H., & Najafi Nejad, H. (2010). Effects of tillage systems and wheat residue management on soil characteristics and yield of maize in Kerman. *Journal of Modern Agriculture*, *8*(19), 2-9. (in Persian with English Abstract)
10. Azadbakht, A., & Alebrahim, M.T. (2017). *Potato Production (Emphasizing the weed, diseases and pest's management aspects)*. University Jihad Publications, Ardabil, Iran. 216 pp.
11. Baudoin, W., Nersisyan, A., Shamilov, A., Hodder, A., Gutierrez, D., Pascale, S., Nicola, S., Gruda, N., Urban, L., & Tanny, J. (2017). Good agricultural practices for greenhouse vegetable production in the South East European Countries: Principles for sustainable intensification of smallholder farms. *Rome: FAO*, 428 p.
12. Bergtold, J.S., Ramsey, S., Maddy, L., & Williams, J.R. (2017). A review of economic considerations for cover crops as a conservation practice. Renewable Agriculture and Food Systems, Cambridge University Press, 1-15 p. https://doi.org/10.1017/S1742170517000278
13. Blanco-Canqui, H., Claassen, M.M., & Presley, D.R. (2012). Summer cover crops fix nitrogen, increase crop yield, and improve soil–crop relationships. *Agronomy Journal*, *104*(1), 137-147. https://doi.org/10.2134/agronj2011.0240

14. Bolandi Amughin, M., Tobeh, A., & Alebrahim, M.T. (2015). The effect of species, planting date, and management of cover crops on weed community in hybrid sunflower (*Helianthus annuus*). *Journal of Plant Protection*, *29*(3), 337-348. (in Persian with English Abstract). https://doi.org/10.22067/jpp.v29i3.28939
15. Campiglia, A., Mancinelli, R., Radicetti, E., & Caporali, F. (2010). Effect of cover crop and mulches on weed control and nitrogen fertilization on tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.). *Crop Protection*, *29*, 354-363. https://doi.org/10.1016/j.cropro.2009.12.001
16. Casadei, E., Bacha, A.L., Rodrigues, J.S., Santos, R.T.S., Alves, P.L.C.A., & Arthur, B.C.F. (2020). Redroot pigweed interference with lettuce crop. *Planta Daninha*, *38*(e020222945), 1-8.
17. Clifford, P., Rice, Y., Aref, A., & John, R.T. (2005). Hydroxamic acid content and toxicity of rye at selected growth stage. *Journal of Chemical Ecology*, *31*(8),1887-1905. https://doi.org/10.1007/s10886-005-5933-6
18. Doane, T.A., Horwath, W.R., Mitchell, J.P., Jackson, J., Miyao G., & Brittan, K. (2009). Nitrogen supply from fertilizer and legume cover crop in the transition to no-tillage for irrigated row crops. *Nutrint Cycling in Agroecosystems*, *85*(3), 253-262. https://doi.org/10.1007/s10705-009-9264-9
19. Dusky, J.A., & Stall, W.M. (1995). *Weed management practices for lettuce production using imazethapyr*. In Proceedings of the 108th Florida State Horticultural Society, Lake Alfred, FL, USA, 22–24 October 1995. pp. 204-207.
20. Dutta, D., Thentu, T.L., & Duttamudi, D. (2016). Effect of weed- management practices on weed flora, soil micro-flora and yield of baby corn (*Zea mays*). *Indian Journal of Agronomy*, *61*(2), 210-216. https://doi.org/10.59797/ija.v61i2.4350
21. Fennimore, S.A., Smith, R.F., Tourte, L., Lestrange, M., & Rachuy, J.S. (2014). Evaluation and economics of a rotating cultivator in Bok choy, Celery, Lettuce, and Radicchio. *Weed Technological*, *28*, 176-188. https://doi.org/10.1614/WT-D-13-00051.1
22. Ghahremani, S., Ebadi, A., Tobeh, A., Hashemi, M., Sedghi, M., & Gholipuri, A. (2020). The effect of cover crops on yield and weeds control of potato (*Solanum tuberosum* L.). *Journal of Crop Ecophysiology*, *14*(1),119-134. (in Persian with English Abstract). https://doi.org/10.30495/jcep.2020.671644
23. Ghorbani, R., Khoramdel, S., Asadi, G.H., & Afrikan, R. (2015). Evaluation the effect of weed management strategies on weed seed bank and spinach yield (*Spinacia oleracea* L.). *Journal of Plant Protection*, *29*(4), 400-411. https://doi.org/10.22067/JPP.V29I3.34878
24. Giancotti, P.R.F., Machado, M.H., & Yamauti, M.S. (2010). Total period of weed interference prevention in Lettuce cv. Solaris. *Ciências Agrárias*, *31*, 1299-1304.
25. Giannopolitis, C.N., Vassiliou, G., & Vizantinopoulos, S. (1989). Effects of weed interference and herbicides on nitrate and carotene accumulation in lettuce. *Journal Agricultural Food & Chemistry*, *37*, 312-315. https://doi.org/10.1021/jf00086a008
26. Gidesa, A., & Kebede, M. (2018). Integration effects of herbicide and hand weeding on grain yield of Soybean (*Glycine max* (L.) Merr.) in Assosa, Western Ethiopia. *Advences in Crop Science and Technology*, *6*(5), 1-5.
27. Godar, A.S., Norsworthy, J. N., & Barber, T. (2024). Effect of cereal rye cover crop termination timings on weed control and corn yield under a two-pass herbicide program. *Frontiers in Agronomy*, *6*(1419228), 1-11. https://doi.org/10.3389/fagro.2024.1419228
28. Jabran, K. (2017). *Manipulation of Allelopathic Crops for Weed Control*. Springer Briefs in plant Science, Springer Nature International Publishing, AG, Switzerland, p. 87. https://doi.org/10.1007/978-3-319-53186-1
29. Jahanzad, E., Barker, A.V., Hashemi, M., Eaton, T., Sadeghpour, A., & Eeis, A. (2016). Nitrogen release dynamics and decomposition of buried and surface cover crop residues. *Soil Fertility and Crop nutrition Agronomy Journal*, *108*(4), 1735-1741. https://doi.org/10.2134/agronj2016.01.0001
30. Khan, H., Adil, B., Gul, A.K.M., & Marwat, K.B. (2015). Efficacy of aqueous extracts of different allelopathic plants on germination and growth of wheat and wild oat. *Pakistan Journal of Botany*, *47*(SI), 181-185.
31. Kist, B.B., Santos, C.E., De Carvalho, C., & Beling, R.R. (2020). Anuário Brasileiro de Horti & Fruti. Santa Cruz do Sul: Editora Gazeta, 98 p.
32. Kruse, R., & Nair, A. (2016). Summer cover crops and lettuce planting time influence weed population, soil nitrogen concentration, and lettuce yields. *HortTechnology*, *26*(4), 409-416. https://doi.org/10.21273/HORTTECH.26.4.409
33. Kumar, B., Prasad, S., Mandal, D., & Kumar, R. (2017). Influence of integrated weed management practices on weed dynamics, productivity and nutrient uptake of Rabi maize (*Zea mays* L.). *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, *6*(4), 1431-1440. https://doi.org/10.20546/ijcmas.2017.604.175
34. Kumar, V., Obour, A., Jha, P., Liu, R., Manuchehri, M.R., Dille, J.A., Holman, J., & Stahlman, P.W. (2020) Integrating cover crops for weed management in the semiarid U.S. Great Plains: Opportunities and challenges. *Weed Science*, *68*, 311-323. https://doi.org/10.1017/wsc.2020.29
35. Lanini, W.T., & Le Strange, M. (1991). Low-input management of weeds in vegetable fields. *California Agriculture*, *45*(1991), 11–13.
36. Lemessa, F., & Wakjira, M. (2015). Cover crops as a means of ecological weed management in agroecosystems.

Journal of Crop Science and Biotechnology, *18*(2), 123-135. https://doi.org/10.1007/s12892-014-0085-2
37. Majidi, M.R., Mirshekari, B., Samedani, B., Hajinajari, H., & Frahvash, F. (2018). Effect of four cover crop species on weed control and population changes in Karaj region. *Iranian Journal of Weed Science*, *14*(1), 11-22. (in Persian with English abstract). https://doi.org/10.22092/IJWS.2018.1401.02
38. Mennan, H., Jabran, K., Zandstra, B.H., & Pala, F. (2020). Non-chemical weed management in vegetables by using cover crops: A review. *Agronomy*, *10*, 257. https://doi.org/10.3390/agronomy10020257
39. Mohammadi, G.R. (2010). Weed control in irrigated corn by hairy vetch inter seeded at different rates and times. *Weed Biology and Management*, *10*, 25-32. https://doi.org/10.1111/j.1445-6664.2010.00363.x
40. Mohammadi, K.H., Nabiolahi, K., Alikhani, M., & Kharmali, F. (2009). Effects of tillage systems on soil physical properties and yield and yield components of wheat. *Journal of Plant Production*, *16*(4), 77-91.
41. Nabati Souha, L., Alebrahim, M.T., Ahmadnia, F., & Rostami Yangjeh, M. (2021). Investigating of the ability of some cover crops to weeds control. *Journal of Crop Ecophysiology*, *15*(2), 281-298. (in Persian with English Abstract). https://doi.org/10.30495/jcep.2021.683387
42. Obopile, M., Munthali, D.C., Matilo, B. (2008). Farmers' knowledge, perceptions and management of vegetable pests and diseases in Botswana. *Crop Protection*, *27*, 1220-1224. https://doi.org/10.1016/j.cropro.2008.03.003
43. Olsen, S.R., & Sommers, L.E. (1982). *Phosphorus*. In: Page AL. (ed), Methods of Soil Analysis, Agronomy. No. 9, Part 2: Chemical and microbiological properties, 2nd ed., American Society Agronomy, Madison, 403-430 p.
44. Osipitan, O.A., Dille, J.A., Assefa, Y., & Knezevic, S.Z. (2018). Cover crop for early season weed suppression in crops: Systematic review and meta-analysis. *Agronomy Journal*, *110*, 2211-2221. https://doi.org/10.2134/agronj2017.12.0752
45. Pannacci, E., Lattanzi, B., & Tei, F. (2017). Non-chemical weed management strategies in minor crops: A review. *Crop protection*, *96*(2017), 44-58. https://doi.org/10.1016/j.cropro.2017.01.012
46. Parven, A., Meftaul, I.M., Venkateswarlu, K., & Megharaj, M. (2025). Herbicides in modern sustainable agriculture: environmental fate, ecological implications, and human health concerns. *International Journal of Environmental Science and Technology*, *22*(2025), 1181-1202. https://doi.org/10.1007/s13762-024-05818-y
47. Pereira, L., Tejada, J.L., Cecílio Filho, A.B., Alves, P.L.D.C.A. (2023). Lettuce weed control with prior soil solarization. *Comunicata Scientiae Horticultural Journal*, *7*(14), 1-7. https://doi.org/10.14295/CS.v14.3906
48. Planisich, A., Utsumi, S.A., Larrip, M., & Galli, J.R. (2021). Grazing of cover crops in integrated crop-livestock systems. *Animal, The international Journal of Animal Bioscience*, *15*(1), 100054, 1-7. https://doi.org/10.1016/j.animal.2020.100054
49. Plastina, A., Liu, F., Miguez, F., & Carlson, S. (2020). Cover crops use in Midwestern US agriculture: Perceived benefits and net returns. *Renewable Agriculture and Food Systems*, *35*, 38-48. https://doi.org/10.1017/S1742170518000194
50. Rajput, R.L., & Kasana, BS. (2019). Integration of chemical and cultural methods for weed control management in soybean (*Glycin max* L.). *Legume Research*, *3944*, 1-4. https://doi.org/10.18805/LR-3944
51. Riva, N.B., Biffe, D.F., Nalin, D., Mendes, R.R., Silva, V.F.V., Ferreira, L.A.I., & Constantin, J. (2021). Sensitivity of lettuce cultivar Lucy Brown to pre-planting herbicide application. *Horticultura Brasileira*, *39*, 305-311.
52. Riva, N.B.D., Biffe, D.F., Nalin, D., Mendes, R.R., Ferreira, L.A. I., Silva, V.F.V., & Constantin, J. (2023). Weed interference periods in lettuce crop. *Horticultura Brasileira, 41*, 2566, 1-9.
53. Roberts, H.A., Hewson, R.T., & Ricketts, M.A. (1997). Weed competition in drilled summer lettuce. *Horticulture Research*, *17*(1997), 39-45.
54. Santos-Naressi, R., Santos-Pimentel-Oliveira, L., Santos, E.H., Francisco, J.P., & Lopes, A.D. (2022). Iceberg lettuce cultivated in different systems of planting and sources of fertilizer. *Brazilian Journal of Biology*, *84*, e255421, 1-8.
55. Shem-Tov, S.H., Fennimore, S.A., & Thomas Lanini, W. (2006). Weed management in lettuce (*Lactuca sativa*) with preplan irrigation. *Weed Technology*, *20*(4), 1058-1065. https://doi.org/10.1614/WT-05-085.1
56. Sias, C., Wolters, B.R., Reiter, M.S., & Flessner, M.L. (2021). Cover crops as a weed seed bank management tool: A soil down review. *Italian Journal of Agronomy*, *16*, 1852, 1-9. https://doi.org/10.4081/ija.2021.1852
57. Silva, G.C., & Bagavathiannan, M. (2023). Mechanisms of weed suppression by cereal rye cover crop: A review. *Crop Ecology and Physiology*, *115*(2023), 1571-1585. https://doi.org/10.1002/agj2.21347
58. Sturm, D.J., Peteinatos, G., & Gerhards, R. (2018). Contribution of allopathic effects to the overall weed suppression by different cover crops. *Weed Research*, *58*(5), 331-337. https://doi.org/10.1111/wre.12316
59. Thiem, T.T., Thu, T.T.P., & Loan, N.T. (2020). Effect of plant density and hand weeding on weed control and yield of the vegetable corn. *Vietnam Journal of Agricultural Sciences*, *3*(4), 784-797. https://doi.org/10.31817/vjas.2020.3.4.02
60. Tiwari, S., Sindel, B.M., Smart, N., Coleman, M.J., Fyfe, C., Lawlor, C., Vo, B., & Kristiansen, P. (2022). Hand weeding tools in vegetable production systems: An agronomic, ergonomic and economic evaluation. *International Journal of Agricultural Sustainability*, *20*(4), 659-674. https://doi.org/10.1080/14735903.2021.1964789

61. Uchino, H., Iwama, K., Jitsuyama, Y., Ichiyama, K., Sugiura, E.R.I., Yudate, T., Nakamura, S., & Gopal, J.A.I. (2012). Effect of inter seeding cover crops and fertilization on weed suppression under an organic and rotational cropping system 1. Stability of weed suppression over years and main crops of potato, maize and soybean. *Field Crops Research*, *127*, 9-16. http://doi.org/10.1016/j.fcr.2011.10.007
62. Urbano, V.R., Mendonça, T.G., Bastos, R.G., & Souza, C.F. (2017). Effects of treated wastewater irrigation on soil properties and lettuce yield. *Agricultural Water Management*, *181*, 108-115. http://dx.doi.org/10.1016/j.agwat.2016.12.001
63. Vaezi Rad, S., Valadabadi, S.A., Pourousef, M., Seifzadeh, S., & Zakerin, H.R. (2020). Evaluating of forage yield increase of sorghum (*Sorghum bicolor* L.) and weed control by its intercropping with forage legumes. *Journal of Crop Ecophysiology*, *14*(1), 101-118. https://doi.org/10.30495/jcep.2020.671643