

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

F. Ahmadnia¹, A. Ebadi^{1*}, M. Hashemi²

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://creativecommons.org/licenses/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 ($530.59 \pm 30.15 \text{ g.m}^{-2}$), followed by intercropping ($400.21.43 \pm 10.37 \text{ g.m}^{-2}$). 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 ($3.70 \pm 0.82 \text{ kg.m}^{-2}$) 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 $4.18 \pm 0.23 \text{ cm}$), and head diameter ($20.22.12 \pm 2$ and $22.65 \pm 2.22 \text{ cm}$, 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

ارزیابی تأثیر پذیری عملکرد کاهوی آیسبرگ (*Lactuca sativa* var. *Bruma* Rz) از برهم کنش

بقایای گیاهان پوششی و وجین دستی

فاطمه احمدنیا^۱ - علی عبادی^{۱*} - مسعود هاشمی^۲

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۰۷/۳۰

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۱۲/۲۷

چکیده

بیشترین کاهش ارزش تجاری و کیفیت محصولات برگی از جمله کاهو (*Lactuca sativa* L.) ناشی از حضور علف‌های هرز در مزارع است. استفاده از نهاده‌های شیمیایی یک روش موفق در مهار علف‌های هرز محسوب می‌گردد، اما 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 علف‌های هرز در مزارع هستند. این آزمایش در بهار سال ۱۳۹۸ به صورت 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 علف‌های هرز (یک بار، دو بار و بدون وجین دستی) بود. نتایج نشان داد که بیشترین وزن خشک گیاهان پوششی (۵۳۰/۵۹ گرم در مترمربع) از کشت خالص چاودار حاصل شد. کمترین وزن خشک کل علف‌های هرز متعلق به کشت مخلوط گیاهان پوششی با یک بار وجین دستی بود. بیشترین عملکرد کاهوی آیسبرگ (۳/۷۰ کیلوگرم در مترمربع) در کشت مخلوط بدون وجین دستی و بیشترین تعداد برگ (۲۱/۵۵ و ۲۱/۴۴)، قطر طوقه (۴/۱۵ و ۴/۱۸ سانتی‌متر) و قطر تاج (به ترتیب ۲۲/۱۲ و ۲۲/۶۵ 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 علف‌های هرز و بهبود عملکرد در محصولات برگی تأکید داشت.

واژه‌های کلیدی: تراکم، زیست‌توده، کارایی کنترل علف‌های هرز، کشت مخلوط، وزن تر

مقدمه

کاهو (*Lactuca sativa* L.) گیاهی متعلق به خانواده Asteraceae است که به دلیل 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 به عنوان پرمصرف‌ترین سبزی برگ‌دار در جهان شناخته شده است (Baudoin et al., 2017; Urbano et al., 2017). رقم آیسبرگ از انواع کاهوهای تولیدشده در جهان به دلیل 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 علف‌های هرز و رقابت برای نور، عناصر غذایی و آزادسازی ترکیبات دگرآسیب از علف‌های هرز است (Casadei et al., 2020; Riva et al., 2021). علف‌های هرز و آثار رقابتی آن‌ها می‌تواند بر استحکام برگ، محتوای نیترات و کاروتن در کاهو تأثیرگذار باشد (Giannopolitis et al., 1989; Riva et al., 2021).

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

۱- گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران

۲- 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 علف‌های هرز همیشه یکی از دغدغه‌های کشاورزان تولیدکننده کاهو بوده است (Fennimore et al., 2014). شایع‌ترین علف‌های هرز در مزارع کاهو شامل سلمه‌تره (*Chenopodium album* L.)، تاج‌خروس ریشه‌قرمز (*Amaranthus retroflexus* L.) و خردل وحشی (*Sinapis arvensis* L.) است (Shem-Tov et al., 2020). روش‌های مختلفی از جمله روش‌های مکانیکی، فیزیکی، زراعی، زیستی و شیمیایی برای مهار علف‌های هرز مورد استفاده قرار می‌گیرد (Azadbakht & Alebrahim, 2017). با این حال با توجه به محدودیت علف‌کش‌های ثبت‌شده برای کاهو و خطر تجمع سموم در بافت‌های گیاهی، بیشترین میزان مهار علف‌های هرز 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 علف‌های هرز 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. با این حال در بسیاری از مطالعات گزارش شده است که وجین دستی علف‌های هرز ابزار قدرتمندی برای کاهش تراکم و وزن خشک علف‌های هرز است (Dutta et al., 2016; Kumar et al., 2017; Gidesa & Kebede, 2018). برای مثال، پژوهشگران گزارش کردند که تراکم کاشت مناسب و یک بار وجین دستی در مرحله سه الی چهار برگی ذرت^۱ منجر به افزایش عملکرد ۲/۰۱ 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 علف‌های هرز منجر به افزایش عملکرد اسفناج (*Spinacia oleracea* L.) در دو مرحله برداشت اسفناج ریز^۲ 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). به طور 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 علف‌های هرز و کاهش هزینه علف‌کش‌ها (Plastina et al., 2020; Kumar et al., 2020) می‌باشد. بقایای حاصل از گیاهان پوششی علاوه بر بهبود بسیاری از ویژگی‌های فیزیکی، شیمیایی و زیستی خاک، استقرار و جوانه‌زنی علف‌های هرز 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 علف‌های هرز می‌گردد. پژوهشگران در بررسی اثر گیاهان پوششی تابستانه و تاریخ کاشت کاهو گزارش کردند که تمام گیاهان پوششی مورد آزمایش منجر به سرکوب علف‌های هرز و افزایش عملکرد کاهو رقم آدریانا^۳ 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 علف‌های هرز 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 ۱۷/۸ 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 علف‌های هرز 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 علف‌های هرز را خواهند داشت و منجر به کاهش تعداد دفعات وجین دستی و افزایش عملکرد و اجزای عملکرد کاهوی آیسبرگ خواهند شد.

مواد و روش‌ها

به منظور بررسی اثربخشی بقایای گیاهان پوششی و سطوح وجین دستی علف‌های هرز بر عملکرد کاهوی آیسبرگ (*Lactuca sativa* var. Bruma Rz) آزمایشی در بهار و تابستان سال ۱۳۹۸ (۱۰ اردیبهشت الی سه شهریور ۱۳۹۸) در مزرعه تحقیقاتی دانشکده

1- Vegetable corn

2- Baby spinach

3- Adriana

تاریخ ۳۰ تیر ۱۳۹۸ پس از گذشت دوره کارنس علف‌کش پاراکوات (هفت الی ۱۰ روز) به زمین اصلی منتقل و در بین بقایای گیاهان پوششی کشت گردید. تراکم کاشت نشاء کاهوی آیسبرگ براساس ۱۶ بوته در مترمربع با فواصل ۲۵×۲۵ سانتی‌متر در بین بقایای گیاهان پوششی در نظر گرفته شد. وجین دستی علف‌های هرز به‌صورت یک بار وجین دستی (۱۵ روز پس از انتقال نشاء)، دو بار وجین دستی (۱۵ و ۳۰ 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 کارایی مهار علف‌های هرز با استفاده از معادله (۱) محاسبه شد (Rajput & Kasana, 2019).

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

که در آن، DWC: بیانگر وزن خشک علف‌های هرز در شاهد و DWT: وزن خشک علف‌های هرز 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 ۵ درصد و ترسیم شکل‌ها با استفاده از نرم افزار Excel 2019 انجام شد.

نتایج و بحث

وزن خشک گیاهان پوششی و علف‌های هرز: نتایج

تجزیه واریانس نشان داد که وزن خشک گیاهان پوششی و علف‌های هرز در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۳). نتایج مقایسه میانگین‌ها نشان داد که بیشترین وزن خشک گیاهان پوششی از تیمار کشت خالص چاودار ($30/15 \pm 530/59$ گرم در مترمربع) و کشت مخلوط آن با خلر ($10/37 \pm 40/21/43$ گرم در مترمربع) حاصل شد (جدول ۳). کشت خالص خلر ($17/48 \pm 251/76/21$ گرم در مترمربع) کمترین وزن خشک را داشت (شکل ۱).

کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه محقق اردبیلی با ارتفاع ۱۳۵۰ متر از سطح دریا و مختصات جغرافیایی $20^{\circ} 48'$ طول شرقی و $38^{\circ} 19'$ عرض شمالی با شرایط آب‌وهوایی سرد و نیمه‌خشک اجرا شد. برخی از ویژگی‌های خاک مزرعه آزمایشی و شرایط اقلیمی در سال زراعی در **جدول‌های ۱ و ۲** ارائه شده است. آزمایش به‌صورت طرح فاکتوریل بر پایه بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در کرت‌های به ابعاد 3×9 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 علف‌های هرز به‌صورت یک بار وجین دستی، دو بار وجین دستی و بدون وجین دستی بود. گیاهان پوششی در ۱۰ اردیبهشت ۱۳۹۸ با فواصل بین ردیف ۲۰ 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 ۱۰۰ و ۲۵ کیلوگرم در هکتار و برای کشت مخلوط ۵۰ 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 علف‌های هرز با رعایت اثر حاشیه‌ای با استفاده از کوادرات 50×50 سانتی‌متری در تاریخ ۱۵ تیر ۱۳۹۸ انجام شد. نمونه‌های علف‌های هرز پس از تفکیک گونه‌ای و نمونه‌های گیاهان پوششی در آون آزمایشگاهی به‌مدت ۴۸ ساعت در دمای ۷۵ درجه سانتی‌گراد خشک و سپس با استفاده از ترازوی با دقت ۰/۰۱ توزین شدند. به‌دلیل 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 ۱۶ تیر ۱۳۹۸ خاتمه داده شد و بقایای حاصل از آن‌ها در سطح خاک رها شدند (Ahmadnia et al., 2021a). بذر کاهوی آیسبرگ F₁ 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 ۱:۵ 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

جدول ۱- برخی از ویژگی‌های خاک مزرعه آزمایشی

Table1- Some soil characteristics of the experimental field

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

جدول ۲- اطلاعات هواشناسی محل آزمایش در سال ۱۳۹۸

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 ۳- نتایج تجزیه واریانس وزن خشک گیاهان پوششی و علف‌های هرز در مزرعه کاهوی آبسبزرگ

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

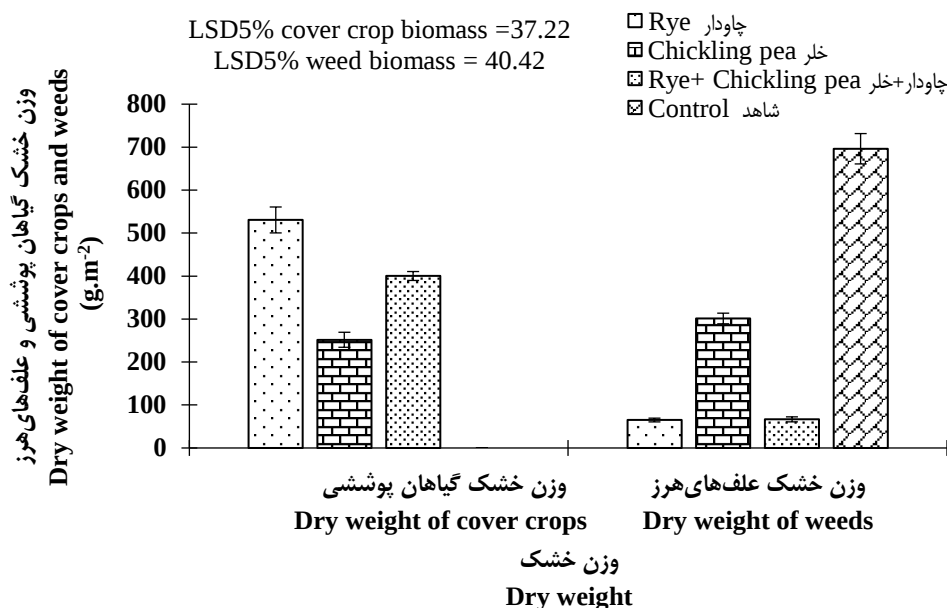
منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی df	وزن خشک علف‌های هرز Dry weight of weeds	وزن خشک گیاهان پوششی Dry weight of cover crops
بلوک Block	2	226.04 ^{ns}	281.17 ^{ns}
گیاهان پوششی Cover crops	3	265426.02 ^{**}	155464.55 ^{**}
خطای آزمایشی Error	6	409.46	347.09
ضریب تغییرات CV (%)	-	7.16	6.30

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

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

به‌دست آمد (شکل ۱). کشت خالص چاودار و کشت مخلوط آن با خلر دارای کمترین وزن خشک علف‌های هرز ($4/34 \pm 5/83$ و $65/05 \pm 5/83$ گرم در مترمربع) بودند (شکل ۱). 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 علف‌های هرز شد (شکل ۱). مجیدی و همکاران (Majidi et al., 2018) گزارش کردند که کشت گیاهان پوششی علف‌پشمکی (*Bromus tomentellus* L.) و علف‌بره (*Festuca arundinacea*) علاوه بر تولید زیست‌توده بیشتر نسبت به سایر تیمارها، موجب کاهش معنی‌دار تراکم و وزن خشک مجموع علف‌های هرز شد، به‌طوری‌که گیاهان پوششی توانستند جمعیت علف‌های هرز را از نظر تنوع و فراوانی کاهش دهند. پژوهشگران گزارش کردند که کشت خالص چاودار باعث کاهش 44 ، 60 و 52 درصدی علف‌های هرز سلمه‌تره، تاج‌خروس و خردل وحشی می‌شود (Ahmadnia et al., 2020b).

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 علف‌های هرز در حضور سبز گیاهان پوششی از شاهد $35/33 \pm 696/23$ گرم در مترمربع



شکل ۱- تغییرات وزن خشک گیاهان پوششی و علف‌های هرز در مزرعه کاهوی آیسبرگ
Figure 1- Dry weight variations of cover crops and weeds in the Iceberg lettuce field

درصد کاهش یافت (جدول ۵). اگرچه وجین دستی علف‌های هرز اثر قابل توجهی در کاهش وزن خشک علف‌های هرز داشت؛ اما 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 ماشک‌گل خوشه‌ای پیش‌تر نیز گزارش شده است (Ahmadnia et al., 2021b). علاوه بر این گزارش شده است که ترکیباتی مانند BOA^2 و $DIBOA^1$ از ساقه چاودار استخراج شدند، که اثر سمیت بیشتری بر جوانه‌زنی و رشد گیاهچه در مقایسه با ترکیبات $MBOA^3$ جداسازی شده از ریشه چاودار داشتند (Clifford et al., 2005).

وزن خشک علف‌هرز گاوزبان بدل: بیشترین وزن خشک علف‌هرز گاوزبان بدل از شاهد بدون وجین دستی ($4/57 \pm 155/2$ 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 ($13/3 \pm 0/88$ گرم در مترمربع) و کشت خالص چاودار با دو بار و بدون وجین دستی (به ترتیب $13/9 \pm 0/37$ و $1/72 \pm 17/7$ گرم در مترمربع) به دست آمد (جدول ۵).

همچنین پژوهشگران در بررسی دیگر گزارش کردند که کشت مخلوط چاودار و خلر باعث کاهش ۹۰ درصدی زیست‌توده خردل وحشی در گیاه کلم قمری (*Brassica oleracea* Gongylodes) شد (Ahmadnia et al., 2019). در بررسی دیگر، پژوهشگران گزارش کردند که کشت مخلوط چاودار و ماشک گل خوشه‌ای (*Vicia villosa* Roth.) باعث کاهش ۸۳/۲۴ درصدی زیست‌توده کل علف‌های هرز گردید (Ahmadnia et al., 2021b).

اثر بقایای گیاهان پوششی و وجین دستی بر وزن خشک علف‌های هرز در کاهو: علف‌های هرز غالب شناسایی شده در مزرعه شامل سلمه‌تره، گاوزبان بدل (*Anchusa italic* Retz) و خردل وحشی بودند. همچنین سایر علف‌های هرز 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 علف‌های هرز بر وزن خشک علف‌های هرز در مقایسه با شاهد در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۴).

وزن خشک علف‌هرز سلمه‌تره: بیشترین و کمترین وزن خشک علف‌هرز سلمه‌تره به ترتیب از تیمار شاهد بدون وجین دستی ($25/23 \pm 329/7$ گرم در مترمربع) و کشت مخلوط چاودار و خلر با یک بار وجین دستی (صفر گرم در مترمربع) به دست آمد (جدول ۵). 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 به ترتیب ۸۹/۴۴ و ۸۸/۲۰

1 2,4-dihydroxy-1,4(2H)-benzoxazin-3-one
2- 2(3H)-benzoxazolinone
3- 6-Methoxy-2-benzoxazolinone

جدول ۴- نتایج تجزیه واریانس وزن خشک علف‌های هرز تحت تأثیر درهم‌کنش گیاهان پوششی و چین دستی در مزرعه پرورش کاهوی آبسبزرگ

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							کارایی مهار علف‌های هرز Weed control efficiency
		سلمه‌تره <i>Chenopodium album</i> L	گاوزبان بدل <i>Anchusa italic</i> Retz	خردل وحشی <i>Sinapis arvensis</i> L	سایر علف‌های هرز Other weeds	وزن خشک کل علف‌های هرز Total dry weight of weeds	وزن خشک کل علف‌های هرز Total dry weight of weeds	وزن خشک کل علف‌های هرز Total dry weight of weeds	
بلوک Block	2	95.79 ^{ns}	2.24 ^{ns}	6.61 ^{ns}	1.80 ^{ns}	147.36 ^{ns}	147.36 ^{ns}	147.36 ^{ns}	69.72 ^{ns}
گیاهان پوششی Cover crops	2	22653.09 ^{**}	3351.71 ^{**}	4888.90 ^{**}	776.85 ^{**}	71345.89 ^{**}	71345.89 ^{**}	71345.89 ^{**}	5500.34 ^{**}
چین دستی Hand weeding	2	61925.65 ^{**}	12054.51 ^{**}	2716.14 ^{**}	1850.01 ^{**}	125734.63 ^{**}	125734.63 ^{**}	125734.63 ^{**}	4981.65 ^{**}
گیاهان پوششی × چین دستی Cover crops × hand weeding	4	18071.12 ^{**}	4387.03 ^{**}	1107.59 ^{**}	1195.94 ^{**}	40340.38 ^{**}	40340.38 ^{**}	40340.38 ^{**}	3341.54 ^{**}
خطای آزمایشی Error	16	54.62	5.36	15.67	4.07	115.85	115.85	115.85	50.93
ضریب تغییرات CV (%)	-	13.81	6.47	13.08	14.37	8.05	8.05	8.05	13.16

بیشترین درصد کاهش (۹۱/۳۹ 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 ۵)؛ که نشان می‌دهد در شاهد انجام یک بار وجین دستی علف‌های هرز 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 (۵۰/۳۳ درصد) نیز در کشت مخلوط چاودار و خلر بدون وجین دستی در مقایسه با شاهد بدون وجین دستی ثبت شد (جدول ۵). این در حالی است که کشت خالص خلر با یک بار و دو بار وجین دستی علف‌های هرز در مقایسه با بدون وجین دستی در همان تیمار، به‌ترتیب ۱۱/۸۵ و ۲۶/۸۱ درصد وزن خشک گاوزبان بدل را کاهش داد (جدول ۵). کشت خالص خلر بدون وجین دستی در مقایسه با شاهد بدون وجین دستی موجب ۷۴/۶۷ درصد کاهش وزن خشک علف‌هرز گاوزبان بدل شد (جدول ۵). اگرچه وجین دستی علف‌های هرز یکی از مؤثرترین روش‌های مهار علف‌های هرز است؛ اما حضور بقایای گیاهان پوششی نیز در شرایط بدون وجین دستی علف‌های هرز 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 علف‌های هرز، کشت خالص چاودار و کشت خالص خلر بدون وجین دستی (صفر گرم در مترمربع) بود (جدول ۵). مقایسه گیاهان پوششی با تیمارهای شاهد در سطوح مختلف وجین دستی علف‌های هرز نشان داد که بیشترین درصد کاهش وزن خشک خردل وحشی مربوط به کشت مخلوط با یک بار، دو بار و بدون وجین دستی علف‌های هرز، کشت خالص چاودار و کشت خالص خلر بدون وجین دستی (۱۰۰ درصد) بود (جدول ۵). ارزیابی اثر برهم‌کنش بقایای گیاهان پوششی و وجین دستی علف‌های هرز 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، اما 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 مترکم و خاصیت دگرآسیبی یکی از مناسب‌ترین گیاهان پوششی شناخته‌شده برای مهار علف‌های هرز معرفی شده است (Silva & Bagavathiannan, 2023). در بسیاری از مطالعات به تأثیر بقایای حاصل از گیاه چاودار بر مهار علف‌های هرز اشاره شده است (Mohammadi, 2010; Bolandi Amughin et al., 2015). طبق گزارشی، گیاهان پوششی چاودار و ماشک گل‌خوشه‌ای، تراکم و زیست‌توده علف‌های هرز را ۷۰ درصد کاهش داد (Uchino et al., 2012).

وزن خشک سایر علف‌های هرز: کمترین وزن خشک سایر علف‌های هرز و بیشترین درصد کاهش وزن خشک سایر علف‌های هرز 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 ۵). به نظر می‌رسد که در کاهش وزن خشک سایر علف‌های هرز، وجین دستی علف‌های هرز 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 علف‌های هرز سبب کاهش 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 علف‌های هرز موجب کاهش هرچه بیشتر سایر علف‌های هرز شده است. کشت خالص خلر بدون وجین دستی و کشت خالص چاودار با یک بار وجین دستی از جمله برهم‌کنش‌های مناسب کاهش‌دهنده سایر علف‌های هرز بودند؛ به‌طوری‌که کشت خالص خلر با دو بار وجین دستی در مقایسه با شاهد با دو بار وجین دستی توانست ۹۰ درصد وزن خشک علف‌های هرز را کاهش دهد (جدول ۵).

وزن خشک کل علف‌های هرز: کمترین وزن خشک کل علف‌های هرز در اثر برهم‌کنش بقایای گیاهان پوششی و وجین دستی علف‌های هرز از کشت مخلوط با یک بار وجین دستی حاصل شد (جدول ۵). همچنین کشت مخلوط با دو بار وجین دستی (۱/۳ ± ۱۰/۱۰ گرم در مترمربع) دومین ترکیب مناسب از نظر مهار علف‌های هرز بود (جدول ۵). بیشترین وزن خشک کل علف‌های هرز نیز در شاهد بدون وجین دستی (۵۷/۳۱ ± ۵۵۴/۰۴ گرم در مترمربع) ثبت شد (جدول ۵). نتایج مقایسه شاهد بدون وجین دستی با شاهد با یک و دو بار وجین دستی علف‌های هرز نشان داد که وجین دستی علف‌های هرز اثر قابل توجهی بر کاهش ۷۰/۰۹ و ۸۵/۹۱ درصدی وزن

خشک کل علف‌های هرز داشت (جدول ۵). نتایج ارزیابی وزن خشک کل علف‌های هرز 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 علف‌های هرز داشت. همچنین حضور بقایای گیاهان پوششی توانست در کشت مخلوط، دفعات وجین دستی علف‌های هرز را یک بار کاهش دهد، این نکته مؤید آن است که علی‌رغم کاهش قابل توجه علف‌های هرز در وجین دستی، حضور بقایای گیاهان پوششی حتی به صورت اندک می‌تواند نتایج دست کم برابر با انجام وجین دستی علف‌های هرز داشته باشد. در این پژوهش اگرچه مفاهیم اقتصادی مورد ارزیابی قرار نگرفت، اما می‌توان بیان نمود که کشت مخلوط چاودار با خلر ترکیب مناسبی برای کاهش هزینه‌های مربوط به وجین دستی، حداقل برای یک بار بود.

شاخص کارایی مهار علف‌های هرز: بیشترین شاخص کارایی مهار علف‌های هرز (۱۰۰، ۸۶/۹۵ و ۸۷/۷۲) از کشت مخلوط چاودار و خلر در یک و دو بار وجین دستی علف‌های هرز و کشت خالص خلر بدون وجین دستی علف‌های هرز به دست آمد (جدول ۵). همچنین کمترین شاخص کارایی علف‌های هرز از کشت خالص خلر با دو بار وجین دستی علف‌های هرز (۱۰/۵۴) حاصل شد (جدول ۵). نتایج حاصل از شاخص کارایی تیمارها براساس وزن خشک علف‌های هرز 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 علف‌های هرز است. استقرار، رشد سریع و بسته شدن تاج پوشش چاودار در مقایسه با خلر و تولید زیست‌توده بالا و خاصیت دگرآسیبی خلر و تلفیق آن‌ها با وجین دستی علف‌های هرز از مهم‌ترین دلایل بهبود شاخص کارایی مهار علف‌های هرز است.

عملکرد کاهوی آیسبرگ: نتایج نشان داد که اثر برهم‌کنش بقایای گیاهان پوششی و وجین دستی علف‌های هرز بر عملکرد کاهوی آیسبرگ در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۶). بیشترین عملکرد کاهو (0.82 ± 3.70 کیلوگرم در مترمربع) در کشت مخلوط بدون وجین دستی علف‌های هرز ثبت شد (شکل ۲). همچنین تیمارهای کشت مخلوط با یک بار وجین دستی علف‌های هرز (0.45 ± 2.71 کیلوگرم در مترمربع)، کشت خالص خلر با دو بار و بدون وجین دستی علف‌های هرز (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 ۲). علاوه بر خاصیت دگرآسیبی در تیمارهای با وزن خشک اندک بقایای گیاهان پوششی، وجین دستی علف‌های هرز نقش بسیاری در کاهش علف‌های هرز و بهبود عملکرد کاهوی آیسبرگ داشت؛ به طوری که شاهد با یک بار وجین دستی علف‌های هرز در مقایسه با سایر تیمارها (0.71 ± 1.14 کیلوگرم در مترمربع عملکرد تر کاهو داشت (شکل ۲). این مهم بیانگر آن است که در شرایط عدم حضور بقایای گیاهان پوششی، یک بار وجین دستی علف‌های هرز 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 ۶). مقایسه میانگین‌ها نشان داد که بیشترین قطر طوقه از تیمار کشت مخلوط و کشت خالص خلر (به ترتیب 0.23 ± 4.18 و 0.13 ± 4.15 سانتی‌متر) حاصل شد (جدول ۷). 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 ۶). بیشترین قطر تاج کاهو از کشت مخلوط و کشت خالص خلر به ترتیب $2/22 \pm 22/65$ و $2/20 \pm 22/12$ سانتی‌متر به دست آمد (جدول ۷). 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 ۶). 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؛ اما ارتفاع بوته نیز در کشت مخلوط و کشت خالص چاودار (به ترتیب $1/51 \pm 19/93$ و $1/21 \pm 19/81$ سانتی‌متر) بیشتر بود (جدول ۷).

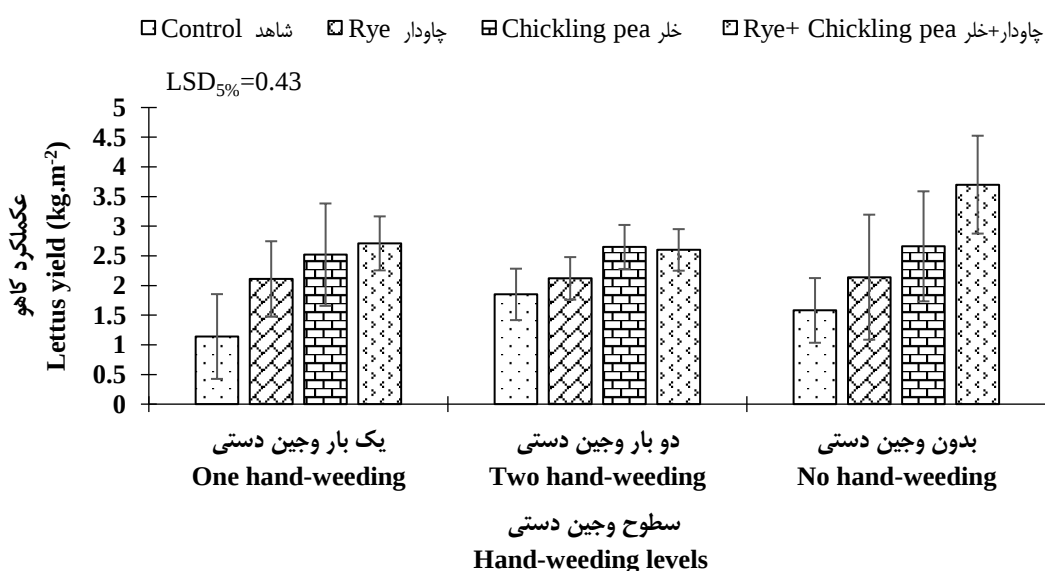
تعداد برگ: تعداد برگ کاهوی آیسبرگ در اثر بقایای گیاهان پوششی در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۶). نتایج نشان داد که کشت خالص خلر و کشت مخلوط دارای بیشترین تعداد برگ کاهو (به ترتیب $2/69 \pm 21/55$ و $1/01 \pm 21/44$) بودند (جدول ۷). تعداد برگ در کشت خالص خلر و کشت مخلوط آن با چاودار در مقایسه با شاهد $24/22$ و $23/83$ افزایش یافت (جدول ۷).

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	دستی Hand weeding	سلمه‌تره <i>Chenopodium album</i> L _e (g.m ⁻²)	گاوزبان بدل <i>Achuthusa italica</i> Retz (g.m ⁻²)	خردل وحشی <i>Sinapis arvensis</i> L _e (g.m ⁻²)	سایر علفهای هرز Other weeds (g.m ⁻²)	وزن خشک کل علفهای هرز Total dry weight of weeds (g.m ⁻²)	کارایی مهار علفهای هرز Weed control efficiency
شاهد Control	یک بار وچین One	43.48±2.56	13.35±0.88	78.30±8.25	30.54±6.37	165.67±13.65	-
	دو بار وچین Two	3.27±0.03	21.44±1.09	36.43±2.68	16.86±1.73	78.02±5.08	-
	بدون وچین No	329.7±25.23	155.24.57	55.81±2.38	13.24±0.61	554.04±31.57	-
چاودار Rye	یک بار وچین 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 وچین 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 وچین 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 وچین 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 وچین 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 وچین 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 وچین 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 وچین 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 وچین 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

به طوری که پژوهش‌های بسیاری بر تأثیر این گیاهان بر بهبود عملکرد محصولات کشاورزی از طریق مهار علف‌های هرز اشاره کردند (Ghahremani et al., 2020; Vaezi 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 علف‌های هرز می‌شوند (Nabati Souha et al., 2021). گیاهان پوششی مورد استفاده در این آزمایش که شامل چاودار و خلر بودند بر اساس مستندات علمی دارای خاصیت دگرآسیبی بوده و علاوه بر تولید زیست‌توده توان رقابت شیمیایی را با علف‌های هرز دارند (Akmal et al., 2023; Bolandi Amughin 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 (Olsen & Sommers, 1982; Campiglia et 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 علف‌های هرز، کنترل بالایی از وزن خشک علف‌های هرز را نشان داد که منجر به افزایش عملکرد کاهو در مقایسه با شاهد شد.

علف‌های هرز یکی از مهم‌ترین عوامل کاهنده عملکرد محصولات برگی از جمله کاهو هستند. عوامل بسیاری بر میزان کاهش عملکرد این محصول و آسیب‌های ناشی از علف‌های هرز تأثیرگذار است. مهم‌ترین این عوامل شامل رقابت بین محصولات کشاورزی با علف‌های هرز، تراکم نسبی علف‌های هرز 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 علف‌های هرز دارند (Mennan et al., 2020; Obopile et al., 2008). بنابراین می‌توان بیان کرد که سبزیجات نسبت به رقابت با علف‌های هرز بسیار حساس هستند و در دوره رشد اولیه باید مزارع آن‌ها عاری از علف‌های هرز باشد (Pannacci et al., 2017; Osipitan et al., 2018). مطالعات بسیاری بر اثر علف‌های هرز بر عملکرد کاهو اشاره کردند. برای مثال در مطالعه‌ای در انگلستان پژوهشگران گزارش کردند که تراکم ۶۵ بوته علف‌هرز (مخلوطی از علف‌های هرز پهن‌برگ و باریک‌برگ) در مترمربع می‌تواند منجر به از بین رفتن کامل عملکرد کاهو شود (Roberts et al., 1997). در مطالعه دیگری، رقابت علف‌های هرز با کاهو برای یک فصل زراعی منجر به کاهش ۵۰ درصدی عملکرد کاهو شد (Lanini & Le Strange, 1991). در مطالعه‌ای دیگر، عدم مهار علف‌های هرز منجر به کاهش عملکرد کاهو تا ۵۶ درصد شدند (Dusky & Stall, 1995). یکی از روش‌های محافظت گیاهان بسیار حساس به علف‌های هرز، استفاده از بقایای گیاهان پوششی در سطح خاک است،



شکل ۲- 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 ۶- نتایج تجزیه واریانس عملکرد تر کاهوی آیسبرگ تحت تأثیر 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: به ترتیب معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد و عدم معنی‌داری.

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

جدول ۷- 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

بالین حال 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 علف‌های هرز سبب افزایش عملکرد شده باشد. علاوه بر 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

نتیجه‌گیری

آنچه در این آزمایش علاوه بر حضور بقایای گیاهان پوششی سبب کاهش قابل توجه علف‌های هرز در تیمارهای دارای بقایای گیاهان پوششی شد، استفاده از وجین دستی علف‌های هرز بود. استفاده از بقایای گیاهان پوششی به منظور مهار علف‌های هرز در این آزمایش بیشتر به میزان وزن خشک گیاهان پوششی بستگی داشت، به‌طوری‌که

خشک تولید شده توسط گیاهان پوششی می‌تواند تعداد دفعات اجرای وجین دستی علف‌های هرز 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.

در تیمارهای بدون وجین دستی، کشت خالص چاودار و کشت مخلوط آن با خلر وزن خشک گیاهان پوششی باعث کاهش وزن خشک علف‌های هرز شد. اگرچه در بررسی جداگانه علف‌های هرز در شرایط بدون وجین دستی، کاهش وزن خشک علف‌های هرز می‌تواند ناشی از خاصیت دگرآسیبی در کشت خالص خلر باشد، اما در زیست‌توده کل علف‌های هرز، یک و یا دو بار وجین دستی اثر بیشتری بر مهار علف‌های هرز داشتند. در راستای کاهش وزن خشک علف‌های هرز علاوه بر احتمال تأمین عناصر غذایی رهاسازی شده 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 تاج پوشش و قطر طوقه، وجین دستی علف‌های هرز و برهم‌کنش آن با گیاهان پوششی تأثیر معنی‌داری نداشت. از نتایج چنین استنباط می‌گردد که میزان وزن

References

- 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>
- 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>
- 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>
- 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).
- 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>
- 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
- 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)
- 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>
- 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)
- Azadbakht, A., & Alebrahim, M.T. (2017). *Potato Production (Emphasizing the weed, diseases and pest's management aspects)*. University Jihad Publications, Ardabil, Iran. 216 pp.
- 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.
- 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>
- 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. *Nutrient 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., Lestrangle, 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. *Advances 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., Nabiolahe, 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., Cecilio 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>