



## Impact of some cover crops and hand-weeding on the yield of spinach (*Spinacia oleracea* L.)

Fatemeh Ahmadnia<sup>1</sup>, Ali Ebadi<sup>\*2</sup>, Masoud Hashemi<sup>3</sup>, Akbar Ghavidel<sup>4</sup> and Mohammad Taghi Alebrahim<sup>2</sup>

1- Ph.D student, Agrotechnology- Crop physiology, Department of Plant Production and Genetics,

Faculty of Agriculture and Natural Resources, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran

2- Professor, Department of Plant Production and Genetics, Faculty of Agriculture and Natural Resources, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran

3- Professor, Stockbridge School of Agriculture, University of Massachusetts Amherst, Massachusetts, USA

4- Associate professor, Department of Soil Science, Faculty of Agriculture and Natural Resources, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran

\*Corresponding author: [Ebadi@uma.ac.ir](mailto:Ebadi@uma.ac.ir)

(Received: 13 May 2023

Revise: 17 June 2023

Accepted: 27 June 2023)

### Extended Abstract

- 1. Introduction:** Spinach (*Spinacia Oleracea* L.) belongs to *Chenopodiaceae* and is one of the most important leafy vegetables in the world. Spinach is a valuable human food source because its leaves are rich in minerals, vitamins, antioxidants, and phenolic compounds. Weeds are one of the significant challenges for spinach production. They can lead to a decrease in commercial biomass and spinach quality. The incidence of herbicide resistance in spinach fields has led to the use of environmentally friendly methods such as cover crops. These plants can cause physical suppression of the weeds by creating adequate biomass and developing a canopy. The aim of this study was to provide a quantitative study of the interactions of the cover crops (such as oat and daikon radish) and hand-weeding treatments on the suppression of the weeds and their effect on the vegetative growth and yield of spinach.
- 2. Materials and Methods:** The experiment was conducted in the crop years of 2020-2021 and 2021-2022 at the Research Farm of the Faculty of Agriculture and Natural Resources of the University of Mohaghegh Ardabili with 1350 meters above sea level and geographical coordinates 38° 19' East and 48° 20' North with cold and semi-arid climates. The experiment was performed as a randomized complete block design with three repetitions. Experimental treatments included the first factor of oat (*Avena sativa* L.), daikon radish (*Raphanus sativus* var. Longipinnatus), their intercropping (with 50 % seed ratio), and control treatment (without cover crops). The second factor consisted of hand-weeding and non- weeding. The seed rate of oat and daikon radish was 100 and 20 kg per ha, respectively, and were planted manually at a 3×4 meter plots. In this experiment, the seeds of *Spinach Viroflay* were used. Seeds were sowed manually among the residues of cover crops at 1.5 cm depth. Due to the amount of precipitation in two years, irrigation was performed if needed. The inter and intra-row spacing was 20 and 10 cm. Hand-weeding was done from the planting date to the final harvest of spinach. The investigated traits included dried biomass of cover crops, the density of dominant weeds, and Simpson, Shannon-Weaner, and Margalef indices.
- 3. Results and Discussion:** The biomass of cover crops was significantly affected by planting systems, seed density, and year ( $P \leq 1\%$ ). The results showed that the highest biomass of cover crops ( $538.83 \text{ gm}^{-2}$ ) was obtained from oats. Also, the lowest biomass ( $325.83 \text{ g.m}^{-2}$ ) belonged to daikon radish. The dominant weeds were consisted of three species such as lamb's quarters (*Chenopodium Album*), italian bugloss (*Anchusa Italica* Retz), and common fumitory (*Fumaria officinalis*). The results showed that oat in two years had the lowest weed biomass ( $10.64 \text{ g.m}^{-2}$ ) and density of lamb's quarters, italian bugloss, and common fumitory (4.33, 5.00, and 4.25 number/ $\text{m}^{-2}$ ). The maximum weed control efficiency index (57.67 %) was obtained from the oat monoculture. Also, the highest weed control efficiency index (51.47 %) was obtained from the hand-weeding. Margalef's index decreased in the first and second sampling times compared to 5.55 % and 9.85 % relative to the first year. The highest index of Shannon-Weaner's diversity belonged to control and daikon radish (0.47 and 0.47). The highest baby spinach yield and final yield in the first and second phases of sampling in two years were obtained from oats treatment (with 567.05 and 944  $\text{g.m}^{-2}$ , respectively) and then from their intercropping (390.04 and 786.33  $\text{g.m}^{-2}$ ).
- 4. Conclusion:** The results showed that oat and its combination with daikon radish had the highest biomass

compared to daikon monoculture. The effect of oat biomass on the decrease in density and biomass of the total weeds was significant, which was due to the amount of oat seeds consumed compared to daikon radish. In addition, hand-weeding reduced the density and biomass of the weeds more than non-weeding. Hand-weeding led to the lack of opportunity for weeds' growth. As such, the improvement of the baby spinach and the final yield was due to the hand-weeding of the weeds and the presence of the cover crops biomass in the experiment. The results of are inferred that oat monoculture is suitable both in terms of reducing physical competition of horticultural plants with weeds and improving spinach yield.

**Keywords:** Daikon radish, Oats, Plant residues, Simpson's index, Vegetables

**Citation:** : Ahmadnia, F., Ebadi, A., Hashemi, M., Ghavidel, A. & Alebrahim, M.T. (2024). Impact of some cover crops and hand-weeding on the yield of spinach (*Spinacia oleracea* L.). *Journal of Vegetables Sciences*, 15(1), 109-134. doi: 10.22034/IUVS.2023.2002290.1286

**Copyrights:**

Copyright for this article is retained by the author(s), with publication rights granted to Journal of Vegetables Sciences. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0>).





## تأثیر تعدادی از گیاهان پوششی و وجین دستی علف‌های هرز بر عملکرد اسفناج (*Spinacia oleracea* L.)

فاطمه احمدنیا<sup>۱</sup>، علی عبادی<sup>۲\*</sup>، مسعود هاشمی<sup>۳</sup>، اکبر قویدل<sup>۴</sup> و محمدتقی آل ابراهیم<sup>۲</sup>

- ۱- دانشجوی دکتری، اگروتکنولوژی- فیزیولوژی گیاهان زراعی، گروه آموزشی تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران.  
 ۲- استاد، گروه آموزشی تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران.  
 ۳- استاد، دانشکده کشاورزی استاک بریج، دانشگاه ماساچوست، ماساچوست، آمریکا.  
 ۴- دانشیار، گروه علوم و مهندسی خاک، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران.

\*نویسنده مسئول: Ebadi@uma.ac.ir

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۴/۰۳

تاریخ بازنگری: ۱۴۰۲/۰۳/۲۷

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۲/۲۳

### چکیده

علف‌های هرز یکی از مهم‌ترین چالش‌های تولید سبزیجات برگی مانند اسفناج هستند. بروز مقاومت نسبت به علفکش‌ها در مزارع اسفناج موجب توجه به استفاده از روش‌های سازگار با محیط‌زیست به جهت کنترل علف‌های هرز شده است. به منظور ارزیابی تیمارهای مدیریت علف‌های هرز در اسفناج آزمایشی در سال‌های زراعی ۱۴۰۰-۱۳۹۹ و ۱۴۰۱-۱۴۰۰ در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه محقق اردبیلی به صورت فاکتوریل بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا شد. تیمارهای آزمایشی شامل گیاهان پوششی یولاف زراعی (*Avena sativa* L.)، ترب سفید (*Raphanus sativus* var. *Longipinnatus*)، کشت مخلوط آن‌ها و شاهد بدون گیاه پوششی و سطوح وجین دستی (وجین و عدم وجین دستی) بود. نتایج جداگانه سال‌ها نشان داد بیشترین زیست‌توده گیاهان پوششی (۵۳۸/۸۳ گرم در متر مربع) از تک‌کشتی یولاف زراعی حاصل شد. همچنین بیشترین درصد کاهش زیست‌توده کل، تراکم علف‌های هرز و شاخص کارایی کنترل علف‌های هرز در دو مرحله نمونه‌برداری متعلق به تک‌کشتی یولاف زراعی (۵۷/۲۱ و ۵۳/۶۹ درصد) و وجین دستی علف‌های هرز (۵۵/۰۶ و ۵۱/۴۷) بود. بیشترین شاخص‌های شانون-وینر، سیمپسون از شاهد و تک‌کشتی ترب سفید (۰/۴۷، ۰/۷۹) و کمترین این شاخص‌ها (۰/۴۶، ۰/۷۵ و ۰/۷۶) از تک‌کشتی یولاف زراعی و کشت مخلوط حاصل شد. بیشترین عملکرد اسفناج ریز و عملکرد نهایی در دو مرحله از نمونه‌برداری در دو سال زراعی از تک‌کشتی یولاف زراعی (به ترتیب ۵۶۷/۰۵ و ۹۴۴/۸۳ گرم در متر مربع) حاصل شد. براساس نتایج این مطالعه، استفاده از تک‌کشتی یولاف زراعی و وجین دستی علف‌های هرز بر کاهش تراکم، زیست‌توده کل علف‌های هرز و بهبود عملکرد و اجزای عملکرد اسفناج مناسب می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: بقایای گیاهی، ترب سفید، سبزیجات، شاخص سیمپسون و یولاف

استناد: احمدنیا، ف.، عبادی، ع.، هاشمی، م.، قویدل، ا. و آل ابراهیم، م.ت. (۱۴۰۳). تأثیر تعدادی از گیاهان پوششی و وجین دستی علف‌های هرز بر عملکرد اسفناج (*Spinacia oleracea* L.). علوم سبزی‌ها، ۱۵(۱)، ۱۳۴-۱۰۹.

### حق چاپ:



حق چاپ برای نویسنده (گان) این مقاله محفوظ است. بر اساس قوانین انتشارات با دسترسی آزاد، تمام مطالعات چاپ شده در این مجله به صورت آزاد در وب سایت مجله برای عموم بدون پرداخت هزینه قابل دسترس است.

## مقدمه

اسفناج (*Spinacia oleracea* L.) متعلق به تیره *Chenopodiaceae* است و یکی از مهم‌ترین سبزیجات برگی در جهان است (Gazoulis *et al.*, 2021; Torabi-Giglou *et al.*, 2020). اسفناج یک منبع غذایی ارزشمند برای تغذیه انسان است زیرا برگ‌های آن سرشار از مواد معدنی، ویتامین‌ها، ترکیبات آنتی‌اکسیدانی و ترکیبات فنلی است (Roberts *et al.*, 2016; Seilsepour, 2022). برگ‌های توسعه یافته این محصول می‌تواند به صورت محصولات تازه و یا فرآوری شده به بازار تقاضا عرضه شود (Gil *et al.*, 2020). این گیاه قابلیت کشت در گلخانه و مزرعه به عنوان یک محصول فصل سرد را دارد. با این حال ارقام و هیبریدهای مقاوم به دوره‌های نوری بالا و دمای بالا برای کشت‌های تابستانه نیز وجود دارند (Ribera *et al.*, 2020; Bayarash *et al.*, 2020).

علف‌های هرز یکی از چالش‌های مهم بهره‌وری اسفناج محسوب می‌شوند که منجر به کاهش زیست‌توده تجاری و کیفیت اسفناج می‌شوند (De Cauwer *et al.*, 2021). پژوهشگران گزارش کردند که با کاهش تنوع گونه‌های علف‌های هرز در جامعه گیاهی معین، تلفات محصول اسفناج می‌تواند افزایش یابد (Storkey & Neve, 2018). علاوه بر این، دیگر علفکش‌ها به عنوان یک گزینه‌ای پایدار برای کنترل علف‌های هرز در مناطق کشاورزی با تنوع علف‌های هرز کم محسوب نمی‌شوند، زیرا آن‌ها خطر انتخاب جمعیت‌های علف‌هرز مقاوم به علفکش را افزایش می‌دهند (Neve *et al.*, 2014). بسیاری از تولیدکنندگان محصولات کشاورزی به دلیل هزینه‌های بسیار بالایی تولید و کنترل علف‌های هرز در اسفناج علاقمند به کشت این محصول نمی‌باشند (De Cauwer *et al.*, 2021). گزارش شده است که بین ۱۰ تا ۱۰۰ ساعت در هکتار نیروی کار برای کنترل علف‌های هرز در مزرعه اسفناج مورد نیاز است (De Cauwer *et al.*, 2021; Spruijt *et al.*, 2015;

Lichtenhahn *et al.*, 2020). علیرغم هزینه‌های بالای تولید در مطالعات انجام یافته استفاده از نیروی انسانی برای کنترل علف‌های هرز در مرحله دو برگی، انتخاب فواصل ردیف بیش از ۲۰ سانتی‌متر برای استفاده از رولینگ هاروینگ (Rolling harrowing) و وجین با شعله به عنوان روش‌های کاربردی گزارش شده است (De Cauwer *et al.*, 2021; Fontanelli *et al.*, 2015). با این حال در مرحله چهارالی شش برگی به دلیل افزایش آسیب‌های ناشی از کنترل مکانیکی علف‌های هرز، وجین دستی گزینه نهایی در تولید ارگانیک اسفناج محسوب می‌شود (Pannacci *et al.*, 2017). بنابراین اهمیت کنترل علف‌های هرز در طول مراحل اولیه رشد اثبات شده است زیرا در این بازه زمانی بیشترین رقابت بین محصولات کشاورزی با علف‌های هرز وجود دارد (Osipitan *et al.*, 2018) و عدم کنترل علف‌های هرز در این مرحله می‌تواند موجب بروز کاهش جبران‌ناپذیری در عملکرد کیفی محصولات کشاورزی به‌ویژه سبزی‌های برگی شود (Osipitan *et al.*, 2018; Ahmadnia *et al.*, 2022a).

به طور کلی گیاهان پوششی یکی از راهبردهای جایگزین در برابر علف‌های هرز هستند (Price *et al.*, 2016). این گیاهان از طریق ایجاد زیست‌توده کافی و اشغال فضا می‌توانند موجب سرکوب فیزیکی علف‌های هرز شوند (Ahmadnia *et al.*, 2020b). مطالعات بسیاری بازده متغیری از کنترل علف‌های هرز توسط گیاهان پوششی را (صفر الی ۹۸ درصد) گزارش کرده‌اند (Osipitan *et al.*, 2018; Ahmadnia *et al.*, 2022b). گیاهان پوششی غالباً از طریق رقابت بین‌گونه‌ای (Mirsky *et al.*, 2013)، سرکوب فیزیکی توسط بقایای گیاهان پوششی (Osipitan *et al.*, 2018) و ترکیبات دگرآسیب (Kunz *et al.*, 2016) قادر به مهار علف‌های هرز هستند. با این حال عواملی مانند انتخاب نوع گیاه پوششی (Baraibar *et al.*, 2018)، میزان بذر مصرفی (Ryan *et al.*, 2011)، تاریخ کاشت از

این آزمایش در سال‌های زراعی ۱۴۰۰-۱۳۹۹ و ۱۴۰۱-۱۴۰۰ در مزرعه تحقیقاتی دانشکده 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 آب و هوایی سرد و نیمه‌خشک اجرا شد. به‌منظور بررسی شرایط اولیه خاک مزرعه آزمایشی نمونه‌های به‌صورت تصادفی از عمق صفر تا ۱۵ سانتی‌متری سطح مزرعه جمع‌آوری و پس از اختلاط، به آزمایشگاه مرکزی، آزمایشگاه خاک‌شناسی دانشگاه محقق اردبیلی منتقل و پس از هوا خشک کردن از الک دو میلی‌متری عبور داده شدند. سپس، پتاسیم قابل جذب با روش فلیم فتومتر، فسفر قابل دسترس به روش اولسن و سامرز (Olsen & Sommers, 1982)، نیتروژن کل به روش کج‌لدال (Page, 1982)، کربنات کلسیم به روش تیتراسیون (Page, 1982)، pH و EC در عصاره گل اشباع با استفاده از دستگاه pH متر و Ec سنج (Gupta, 2004)، کربن آلی با روش والکی و بلک (Walkley & Black, 1934) و تعیین بافت خاک به روش هیدرومتر دو قرائتی (Dane & Topp, 2002) انجام شد. برخی از ویژگی‌های خاک مزرعه آزمایشی به شرح جدول ۱ می‌باشد. همچنین میزان بارش و میانگین دما در دو سال زراعی در شکل‌های (۱-الف و ب) ارائه شده است.

### طرح آزمایشی

آزمایش به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح پایه بلوک-های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا شد. مزرعه آزمایشی پیش از کاشت گیاهان پوششی با استفاده از ادوات کشاورزی مکانیزه مسطح شد. تیمارهای آزمایشی شامل فاکتور اول کشت گیاهان پوششی یولاف زراعی (*Avena sativa* L.)، ترب سفید (*Raphanus sativus* var. *Longipinnatus*)، کشت مخلوط آن‌ها (با نسبت بذر ۵۰ درصد) و تیمار شاهد (بدون گیاه پوششی) و فاکتور دوم سطوح مختلف وجین (وجین دستی و عدم وجین علف‌های هرز) بود.

جمله عوامل مؤثر در موفقیت سرکوب علف‌های هرز توسط گیاهان پوششی است (Sturm *et al.*, 2017). مطالعات نشان داده است که کاشت گیاهان پوششی در پاییز و بهار بر تولید زیست‌توده گیاهان پوششی مؤثر است و در بیشتر موارد تاریخ کاشت زود هنگام منجر به سرکوب بیشتر علف‌های هرز می‌شود (Wells *et al.*, 2016). همچنین گزارش شده است که افزایش میزان بذر مصرفی یک گیاه پوششی به میزان سه برابر استاندارد آن در هکتار، موجب کاهش زیست‌توده علف‌های هرز از ۳۰۰ کیلوگرم در هکتار به ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار شده است (Brennan *et al.*, 2009). پژوهشگران گزارش کردند که کمترین زیست‌توده علف‌های هرز در بررسی اثر برهمکنش بقایای گیاهان پوششی و وجین دستی علف‌های هرز بر عملکرد واریته آیسبرگ کاهو (*Lactuca sativa* var. *Iceberg*)، از تک‌کشتی چاودار (۶۵/۰۵ گرم در متر مربع) و کشت مخلوط آن با ماشک گل‌خوشه‌ای (۱۲۲/۹۷ گرم در متر مربع) حاصل شد (Ahmadnia *et al.*, 2021b). این محققان پنجه‌زنی و تراکم کاشت چاودار را از دلایل مهم توان رقابتی زیست‌توده گیاهان پوششی با علف‌های هرز بیان کردند. Rostami Yangi و همکاران (2021)، مهم‌ترین دلیل کاهش زیست‌توده علف‌های هرز را در دو مرحله نمونه‌برداری از محصول سیب‌زمینی را زیست‌توده بالای تولید شده توسط گیاه پوششی چاودار بیان کردند.

بر این اساس، با توجه به اهمیت ارزیابی اثربخشی گیاهان پوششی در سرکوب فیزیکی علف‌های هرز به دلیل روش‌های مدیریتی مختلف، متفاوت است. بنابراین هدف از این آزمایش ارائه یک بررسی کمی در خصوص تأثیر متقابل گیاهان پوششی یولاف زراعی و ترب سفید با وجین دستی و عدم وجین دستی در سرکوب علف‌های هرز و تأثیر آن‌ها بر عملکرد و اجزای عملکرد اسفناج در دو سال زراعی در شرایط آب و هوایی شهرستان اردبیل بود.

### مواد و روش‌ها

بذر گیاهان پوششی از موسسه پاکان بذر اصفهان تهیه و در کرت‌هایی به ابعاد ۳×۴ متر به صورت دستی در تاریخ‌های پنج شهریور ۱۳۹۹ و یک شهریور ۱۴۰۰ کشت شد. میزان بذر مصرفی برای یولاف زراعی و ترب سفید به ترتیب ۱۰۰ و ۲۰ کیلوگرم در هکتار بود (Ahmadnia *et al.*, 2021a; Ghahremani *et al.*, 2020). فواصل بین ردیف گیاهان پوششی ۳۰ سانتی‌متر و با احتساب اثر حاشیه‌ای هر کرت آزمایشی شامل هشت ردیف کاشت بود. در تیمار کشت مخلوط یولاف و ترب سفید، کشت به صورت ردیف‌های یک در میان انجام شد. هیچ نوع کودی در طول دوره رشد گیاهان پوششی استفاده نشد. پس از کشت گیاهان پوششی آبیاری انجام شد. دوره‌های آبیاری تا زمان کاهش دما و شروع باران‌های پاییزی (در سال ۱۴۰۰-۱۳۹۹ از تاریخ کاشت پنج شهریور تا پایان مهر ماه ۱۳۹۹ و در سال ۱۴۰۱-۱۴۰۰ از تاریخ کاشت یک شهریور تا پایان مهرماه ۱۴۰۰) به صورت هفت روز یکبار انجام شد.

### زیست توده گیاهان پوششی

به منظور سنجش زیست توده گیاهان پوششی پس از بسته شدن تاج پوشش گیاهی و پیش از کاهش دما با رعایت اثر حاشیه‌ای از ردیف‌های میانی با استفاده از کوادرات ۵۰×۵۰ سانتی‌متری نمونه برداری انجام شد. نمونه‌های گیاهی در پاکت‌های کاغذی تا حصول وزن ثابت (۷۲ ساعت) در آون آزمایشگاهی با دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد قرار داده شد. پس از حصول وزن ثابت توسط ترازوی با دقت ۰/۰۱ مدل A&D company limited ساخت ژاپن توزین گردید. زیست توده گیاهان پوششی سبز پس از نمونه برداری در سطح خاک (بدون اعمال هیچگونه تغییری در سطح مزرعه) رها شدند.

### اسفناج

به منظور بررسی تأثیر گیاهان پوششی و وجین دستی علف‌های هرز بر عملکرد و اجزای عملکرد اسفناج در دو مرحله نمونه برداری (اسفناج ریز و عملکرد نهایی اسفناج)، بذر اسفناج *Spinach viroflay* از شرکت سپاهان رویش تهیه شد. اسفناج ویروفلائی از گروه

رسیدگی زودرس و متحمل به گرما می‌باشد. پیش از کاشت درصد جوانه‌زنی بذرها (۹۸ درصد) در دماهای بین شش تا ۱۰ درجه سانتی‌گراد مشاهده شد. بذور در بین بقایای گیاهان پوششی به صورت دستی در اواخر اسفند ۱۳۹۹ و ۱۴۰۰ در کرت‌های به ابعاد ۳×۴ متر در عمق ۱/۵ سانتی‌متری خاک کشت شدند. با توجه به میزان بارش در دو سال زراعی آبیاری برحسب نیاز انجام شد (شکل ۱). فواصل بین ردیف کاشت ۲۰ و فواصل روی ردیف کاشت ۱۰ سانتی‌متر بود. وجین دستی علف‌های هرز در تیمارهای دارای وجین دستی پس از سبز شدن (۱۸ و ۲۱ فروردین سال‌های ۱۴۰۰ و ۱۴۰۱) تا زمان نمونه برداری دوم (عملکرد نهایی اسفناج) ۲۸ اردیبهشت و ۳ خرداد سال‌های ۱۴۰۰ و ۱۴۰۱ انجام شد. نمونه برداری از محصول اسفناج در دو مرحله اسفناج ریز و عملکرد نهایی انجام شد. مرحله اول نمونه برداری در دو سال زراعی به ترتیب ۸ و ۱۳ اردیبهشت سال‌های ۱۴۰۰ و ۱۴۰۱ و مرحله دوم نمونه برداری (برداشت نهایی عملکرد اسفناج) به ترتیب در ۳۰ اردیبهشت ۱۴۰۰ و ۳ خرداد ۱۴۰۱ انجام شد. همزمان با برداشت محصول در دو مرحله نمونه برداری تراکم و زیست توده خشک علف‌های هرز نیز برداشت شد. زیست توده تر اسفناج و علف‌های هرز در پاکت‌های کاغذی مجزا در آون آزمایشگاهی با دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد خشک شدند. همچنین صفاتی مانند تعداد برگ، طول دم‌برگ، ارتفاع بوته با استفاده از خط‌کش، قطر طوقه با استفاده از قطرسنج و وزن تر و خشک کل با استفاده از ترازوی با دقت ۰/۰۱ مدل A&D company limited ساخت ژاپن اندازه‌گیری شد.

### شاخص کارایی کنترل علف‌های هرز

شاخص کارایی کنترل علف‌های هرز با استفاده از رابطه (۱) محاسبه شد (Rajput & Kasana, 2019).  

$$WCE = \frac{(DWC - DWT)}{DWC} \times 100 \quad \text{رابطه (۱)}$$
 در این رابطه DWC بیانگر وزن خشک علف‌های هرز در تیمار شاهد و DWT وزن خشک علف‌های هرز در تیمارهای گیاهان پوششی است.

### شاخص سیمپسون

و ترب سفید (۴۱۵/۹۴ گرم در متر مربع) پس از تک-کشتی یولاف زراعی دارای بیشترین زیست‌توده پوششی بود (شکل ۲). نتایج مقایسه میانگین دو سال زراعی بیانگر افزایش ۱۹/۸۶ درصدی زیست‌توده پوششی در سال دوم زراعی بود (شکل ۲-ب). یکی از مهمترین دلایل این امر تاریخ کاشت زود هنگام در سال دوم زراعی و شرایط آب و هوایی منطقه از جمله میانگین دمای بالا نسبت به سال اول زراعی می‌باشد (شکل ۱-ب و شکل ۲-ب).

در مطالعات بسیاری به تأثیر مثبت بهرمندی از سودمندی‌های کشت مخلوط گیاهان پوششی اشاره شده است (Coombs *et al.*, 2017; Mukumbareza *et al.*, 2015; Sharma *et al.*, 2018). اگرچه در این آزمایش انتظار می‌رفت کشت مخلوط یولاف زراعی با ترب سفید دارای بیشترین زیست‌توده گیاهان پوششی باشد؛ اما بیشترین مقدار زیست‌توده از گیاه پوششی یولاف زراعی حاصل شد. به نظر می‌رسد نسبت بذرهاى مصرفی از یولاف زراعی و ترب سفید مهمترین عامل کاهش زیست‌توده در کشت مخلوط می‌باشد. احمدنیا و همکاران (Ahmadnia *et al.*, 2021a) در ارزیابی تأثیر کوتاه‌مدت گیاهان پوششی یولاف و خلر در بهبود برخی از ویژگی‌های منتخب خاک بیشترین میزان زیست‌توده خشک را از گیاه پوششی یولاف در تک‌کشتی و کشت مخلوط آن با خلر گزارش کردند. در بررسی دیگر پژوهشگران گزارش کردند که بیشترین زیست‌توده گیاهان پوششی در دو سال زراعی از تک‌کشتی چاودار (۳۹۷ و ۴۷۳ گرم در متر مربع) حاصل شد (Ahmadnia *et al.*, 2020b). آن‌ها دلیل عدم افزایش زیست‌توده کشت مخلوط را عدم استفاده مطلوب از سودمندی‌های کشت مخلوط توسط دو گونه مورد بررسی دانستند (Ahmadnia *et al.*, 2020b).

شاخص سیمپسون با استفاده از رابطه (۲) محاسبه شد (Simpson, 1949).

$$1 - D = 1 - \frac{\sum ni (ni-1)}{N(N-1)} \quad \text{رابطه (۲)}$$

در این رابطه  $ni$  بیانگر تعداد گونه افراد  $i$  ام،  $N$  بیانگر تعداد کل افراد و  $1-D$  بیانگر شاخص تنوع سیمپسون است.

### شاخص شانون-وینر

شاخص تنوع شانون-وینر با استفاده از رابطه (۳) محاسبه شد (Shannon & weaner, 1949).

$$H = \sum_{i=1}^s pi \log Pi \quad \text{رابطه (۳)}$$

در این رابطه  $H$  بیانگر شاخص تنوع گونه‌ای،  $S$  بیانگر تعداد گونه و  $Pi$  بیانگر فراوانی نسبی گونه  $i$  در اجتماع است.

### شاخص مارگالف

شاخص مارگالف با استفاده از رابطه (۴) محاسبه شد (Katebi Far *et al.*, 2019).

$$M = \frac{s-1}{\ln N} \quad \text{رابطه (۴)}$$

در این رابطه  $M$  بیانگر شاخص مارگالف،  $S$  بیانگر تعداد گونه و  $N$  بیانگر تعداد کل افراد گونه می‌باشد.

### تجزیه آماری

تجزیه آماری با استفاده از نرم‌افزار آماری SAS 9.4 انجام شد. مقایسه میانگین تأثیر تیمارها با استفاده از آزمون LSD 5% و ترسیم شکل‌ها با استفاده از Excel 2019 انجام شد. همبستگی پیرسون با استفاده از نرم‌افزار آماری IBM SPSS Statistics 26 انجام شد.

### نتایج و بحث

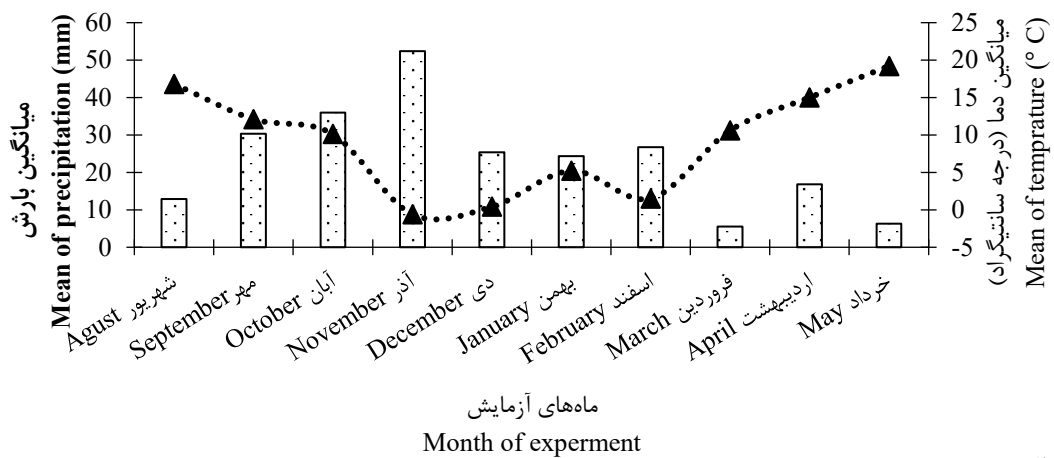
#### زیست‌توده گیاهان پوششی

نتایج مقایسه میانگین دو سال زراعی نشان داد که بیشترین زیست‌توده گیاهان پوششی (۵۳۸/۸۳ گرم در متر مربع) از تک‌کشتی یولاف زراعی حاصل شد (شکل ۲-الف). همچنین کمترین (۳۲۵/۸۳ گرم در متر مربع) زیست‌توده گیاه پوششی متعلق به تک‌کشتی ترب سفید بود (شکل ۲-الف). کشت مخلوط یولاف زراعی

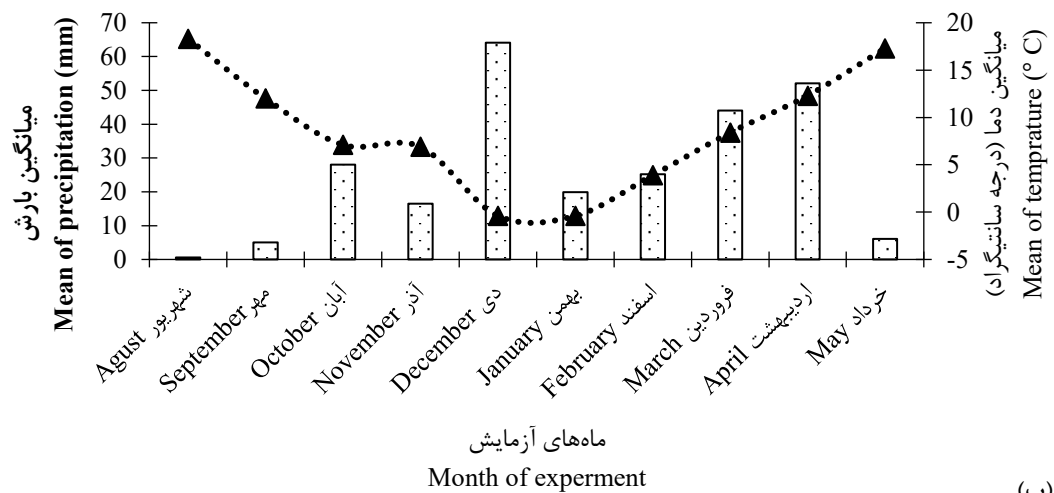
جدول ۱- برخی ویژگی‌های خاک مزرعه مورد آزمایش در عمق صفر تا ۱۵ سانتیمتری خاک

Table 1- Some characteristics of the experiment field soil at the depth of 0 to 15 cm

پتاسیم قابل دسترس Available potassium (mg/kg)	فسفر قابل دسترس Available phosphorus (mg/kg)	نیتروژن کل Total nitrogen (%)	کربن آلنی OC (%)	کربنات کلسیم Calcium carbonate (%)	بافت خاک Soil texture	رس Clay (%)	سیلت Silt (%)	شن Sand (%)	Ec	pH
202	8.2	0.06	0.6	14.5	Loam	23	42	35	2.6	7.83



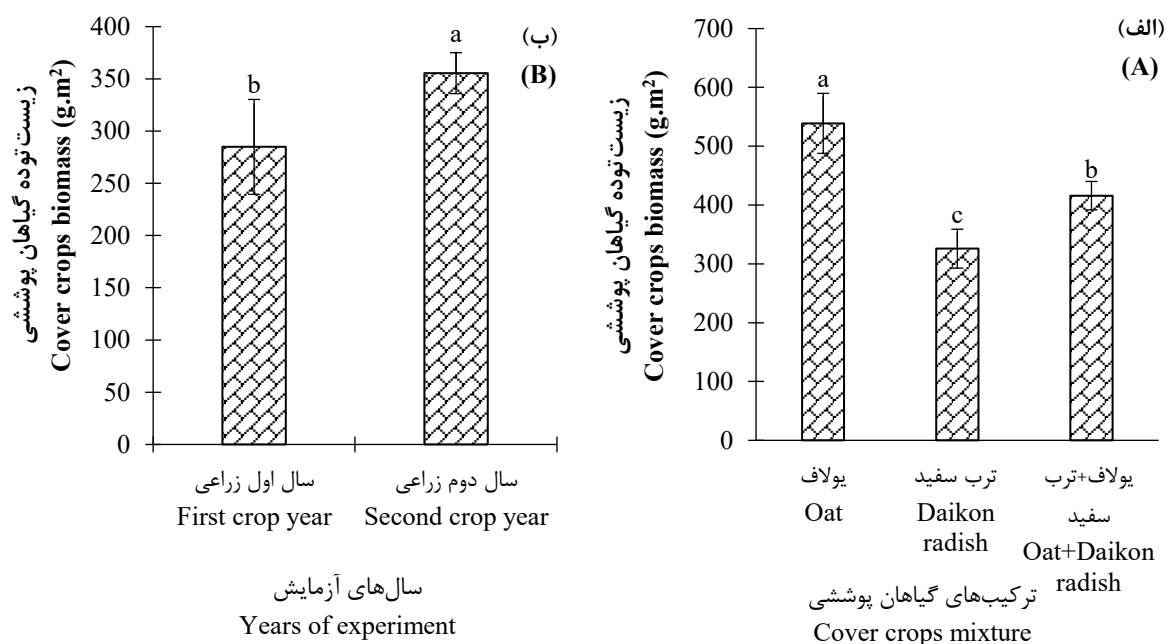
(الف) Mean of precipitation (بارش میانگین) and Mean of Temperature (دمای میانگین) vs Month of experiment



(ب) Mean of precipitation (بارش میانگین) and Mean of Temperature (دمای میانگین) vs Month of experiment

شکل ۱- تغییرات میزان بارش و دما در دو سال زراعی (سال اول زراعی ۱۳۹۹-۱۴۰۰ (الف) و سال دوم زراعی ۱۴۰۰-۱۴۰۱ (ب)) شهرستان اردبیل

Figure 1- Precipitation and temperature changes in two crop years (the first crop year 2020-2021 (A) and the second crop year 2021-2022 (B)) of Ardabil city



شکل ۲- مقایسه میانگین زیست توده گیاهان پوششی یولاف زراعی و ترب سفید (الف) و تغییرات زیست توده گیاهان پوششی در دو سال زراعی (ب) (میانگین‌های با یک حرف مشترک در آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد تفاوت معنی‌داری ندارند)

Figure 2- Comparison of the means biomass of oat and daikon radish cover crops biomass (A) and the variation of cover crops biomass in two crop years (B) (Means followed by same letter are not significantly different at  $p \leq 0.05$  by LSD multiple range test)

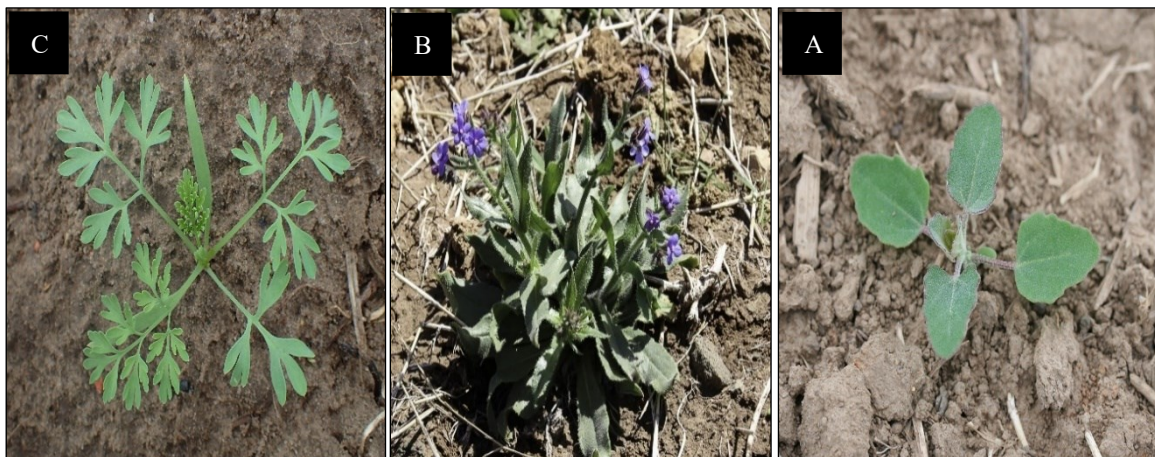
دوم زراعی شده است. نتایج مقایسه میانگین‌ها در اولین مرحله نمونه‌برداری حاکی از زیست توده و تراکم پایین علف‌های هرز غالب در تک‌کشتی یولاف زراعی بود. به طوری که تک‌کشتی یولاف زراعی در مقایسه با شاهد بدون گیاهان پوششی در اولین مرحله از نمونه‌برداری موجب کاهش ۵۷/۲۱، ۴۱/۱۴، ۵۶/۴۰ و ۴۷/۸۹ درصدی زیست توده کل علف‌های هرز، تراکم سلمه‌تره، گاوزبان وحشی و شاه‌تره شد (جدول ۲). همچنین کشت مخلوط یولاف زراعی و ترب سفید در مقایسه با شاهد بدون گیاه پوششی موجب کاهش ۵۳/۶۹، ۲۹/۴۴ و ۴۴/۶۰ و ۳۳/۳۳ درصدی زیست توده کل، تراکم سلمه‌تره، گاوزبان وحشی و شاه‌تره شد (جدول ۲). وجین دستی علف‌های هرز در اولین مرحله از نمونه‌برداری در مقایسه با عدم وجین دستی علف‌های هرز موجب کاهش ۱۷/۸۲، ۱۶/۹۳ و ۱۶/۱۴ و ۲۶/۷۳ درصدی زیست توده کل علف‌های هرز، تراکم

### تراکم و زیست توده علف‌های هرز

علف‌های هرز غالب مزرعه آزمایشی شامل سه گونه سلمه‌تره (*Chenopodium album*)، گاوزبان وحشی (*Anchusa italica* Retz) و شاه‌تره (*Fumaria officinalis*) بود (شکل ۳). نتایج حاصل از مقایسه میانگین دو سال زراعی در اولین مرحله نمونه‌برداری بیانگر کاهش ۱۴/۶۶ درصدی زیست توده کل علف‌های هرز بود (جدول ۲). این در حالی است که تراکم گونه‌های غالب مزرعه آزمایشی (سلمه‌تره، گاوزبان وحشی و شاه‌تره) در اولین مرحله نمونه‌برداری در سال دوم زراعی به ترتیب ۱۷/۳۷، ۸/۴۹، ۲۰/۰۵ درصد افزایش یافت (جدول ۲). احتمال می‌رود رهاسازی مزرعه آزمایشی پس از برداشت نهایی اسفناج در سال اول و ایجاد یک بازه زمانی تا کشت بعدی گیاهان پوششی موجب حضور غالب علف‌های هرز، ایجاد بانک بذر در خاک و افزایش تراکم آن‌ها در سال

(برداشت نهایی محصول اسفناج) نشان داد که تک- کشتی یولاف زراعی در دو سال زراعی دارای کمترین زیست‌توده کل علف‌های هرز (۱۰/۶۴ گرم در متر مربع) و تراکم علف‌هرز سلمه‌تره، گاوزبان وحشی و شاه‌تره (۴/۳۳، ۵/۰۰ و ۴/۲۵ عدد در متر مربع) بود (جدول ۲). یولاف زراعی در مقایسه با شاهد بدون گیاه پوششی موجب کاهش ۵۴/۱۵، ۶۳/۳۹، ۶۰ و ۷۰/۸۵ درصدی زیست‌توده کل علف‌های هرز، تراکم سلمه‌تره، گاوزبان وحشی و شاه‌تره شد (جدول ۲). همچنین کشت مخلوط یولاف زراعی و ترب سفید در مقایسه با شاهد بدون گیاه پوششی موجب کاهش ۴۸/۵۵، ۴۱/۵۸، ۴۶/۷۲ و ۵۶/۰۳ درصدی زیست‌توده کل علف‌های هرز، تراکم سلمه‌تره، گاوزبان وحشی و شاه‌تره شد (جدول ۲).

سلمه‌تره، گاوزبان وحشی و شاه‌تره شد (جدول ۲). نتایج حاصل از دومین برداشت زیست‌توده و تراکم علف‌های هرز همزمان با برداشت نهایی محصول اسفناج بیانگر آن بود که در سال دوم زراعی زیست‌توده کل علف‌های هرز، تراکم علف‌هرز سلمه‌تره، گاوزبان وحشی و شاه‌تره به ترتیب ۱۷/۷۷، ۱۷/۷۰، ۲۴/۴۵ و ۲۲/۹۷ درصد افزایش یافت (جدول ۲). نتایج حاصل از این افزایش به دور از انتظار نبود زیرا براساس مطالعات پیشین احتمال می‌رود گیاهان پوششی خدمات دیگری مانند بهبود شرایط خاک و تأمین عناصر غذایی را در جهت افزایش حاصلخیزی خاک و بهبود شرایط رشد گیاهان فراهم می‌کنند (Finney et al., 2017). علاوه بر این، قدرت رقابت علف‌های هرز در دستیابی به نور، آب و عناصر غذایی در مقایسه با گیاهان زراعی (Ghahremani et al., 2021) می‌تواند یکی از دلایل افزایش زیست‌توده علف‌های هرز در سال دوم زراعی با توجه به تأمین برخی از شرایط رشد توسط گیاهان پوششی باشد. از سوی دیگر احتمال می‌رود رهاسازی مزرعه آزمایشی بین برداشت محصول اسفناج و کشت گیاهان پوششی باعث حضور غالب علف‌های هرز و ایجاد بانک بذر علف‌های هرز در خاک شده است. با این حال نتایج مقایسه میانگین‌ها در دومین مرحله نمونه‌برداری



شکل ۳- علف‌های هرز غالب مزرعه آزمایشی به ترتیب سلمه‌تره (A)، گاوزبان وحشی (B) و شاه‌تره (C)  
 Figure 3- Dominant weeds of the experimental field Lamb's quarters (A), Italian bugloss (B), and Common fumitory (C)

## جدول ۲- مقایسه میانگین زیست توده و تراکم علف‌های هرز اسفناج در مراحل نمونه‌برداری

Table 2- Mean comparisons for biomass and density of weeds in spinach field at the sampling stages

	نمونه‌برداری اول علف‌های هرز (First sampling of weeds)				نمونه‌برداری دوم علف‌های هرز (Second sampling of weed)			
	زیست توده کل Total biomass	تراکم سلمه‌تره Lamb's quarters density	تراکم گاوزبان وحشی Italian bugloss density	تراکم شاه‌تره Common fumitory density	زیست توده کل Total biomass	تراکم سلمه‌تره Lamb's quarters density	تراکم گاوزبان وحشی Italian bugloss density	تراکم شاه‌تره Common fumitory density
	گرم در متر مربع g.m <sup>-2</sup>		تعداد در متر مربع Number. m <sup>-2</sup>		گرم در متر مربع g.m <sup>-2</sup>		تعداد در متر مربع Number.m <sup>-2</sup>	
سال اول (First year)	*21.34 <sub>a</sub>	15.45 <sub>b</sub>	14.75 <sub>b</sub>	12.12 <sub>b</sub>	13.32 <sub>b</sub>	7.16 <sub>b</sub>	6.95 <sub>b</sub>	7.41 <sub>b</sub>
سال دوم (Second year)	18.21 <sub>b</sub>	18.70 <sub>a</sub>	16.12 <sub>a</sub>	15.16 <sub>a</sub>	16.20 <sub>a</sub>	8.70 <sub>a</sub>	9.20 <sub>a</sub>	9.62 <sub>a</sub>
<b>گیاهان پوششی (Cover crops)</b>								
شاهد Control	31.83 <sub>a</sub>	23.50 <sub>a</sub>	24.66 <sub>a</sub>	19.50 <sub>a</sub>	23.21 <sub>a</sub>	11.83 <sub>a</sub>	12.50 <sub>a</sub>	14.58 <sub>a</sub>
یولاف Oat	13.62 <sub>d</sub>	13.83 <sub>c</sub>	10.75 <sub>c</sub>	10.16 <sub>c</sub>	10.64 <sub>c</sub>	4.33 <sub>d</sub>	5.00 <sub>d</sub>	4.25 <sub>d</sub>
ترب سفید Daikon radish	18.92 <sub>b</sub>	14.41 <sub>c</sub>	12.66 <sub>b</sub>	11.91 <sub>b</sub>	13.26 <sub>b</sub>	8.66 <sub>b</sub>	8.16 <sub>b</sub>	8.83 <sub>b</sub>
یولاف + ترب سفید Oat+Daikon radish	14.74 <sub>c</sub>	16.58 <sub>b</sub>	13.66 <sub>b</sub>	13.00 <sub>b</sub>	11.94 <sub>bc</sub>	6.91 <sub>c</sub>	6.66 <sub>c</sub>	6.41 <sub>c</sub>
<b>وجین دستی علف‌های هرز (Weed hand-weeding)</b>								
وجین دستی With hand weeding	17.84 <sub>b</sub>	15.50 <sub>b</sub>	14.08 <sub>b</sub>	11.54 <sub>b</sub>	13.22 <sub>b</sub>	4.75 <sub>a</sub>	5.62 <sub>b</sub>	7.87 <sub>b</sub>
عدم وجین دستی Non-hand weeding	21.71 <sub>a</sub>	18.66 <sub>a</sub>	16.79 <sub>a</sub>	15.75 <sub>a</sub>	16.30 <sub>a</sub>	11.12 <sub>a</sub>	10.54 <sub>a</sub>	9.16 <sub>a</sub>

\*میانگین‌های با یک حرف مشترک در آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد تفاوت معنی‌داری ندارند.

\*Means followed by same letter are not significantly different at  $p \leq 0.05$  by LSD multiple range test.

بروکلی (*Brassica oleracea*) شد (Buchanan et al., 2016). در پژوهشی دیگر، گیاهان پوششی ماشک‌گل‌خوشه‌ای، یونجه یکساله و گندم سیاه به ترتیب موجب کاهش ۲۵، ۳۳ و ۴۳ درصدی زیست‌توده خشک علف‌های هرز شدند (Latify et al., 2015). علاوه بر این، همانطور که از نتایج بر می‌آید وجین دستی علف‌های هرز به عنوان یک روش کنترل فیزیکی نیز در این بررسی جزء مطلوب‌ترین تیمارها از نظر شاخص کارایی کنترل علف‌های هرز بود. برای مثال در بررسی برهمکنش بقایای گیاهان پوششی و وجین دستی علف‌های هرز بر عملکرد کاهو (*Lactuca sativa* var. Iceberg)، گزارش شده است که بیشترین درصد کاهش زیست‌توده کل علف‌های هرز از تلفیق بقایای گیاهان پوششی ماشک‌گل‌خوشه‌ای با دو بار وجین دستی علف‌های هرز (۲۵/۵۹ گرم در متر مربع) حاصل شد (Ahmadnia et al., 2021b).

#### شاخص مارگالف

شاخص مارگالف در اولین مرحله نمونه‌برداری در مقایسه سال‌های زراعی ۵/۵۵ درصد در سال دوم در مقایسه با سال اول کاهش یافت (جدول ۳). همچنین این شاخص تحت تأثیر گیاهان پوششی در مقایسه با شاهد ۱۶/۰۷، ۱۲/۹۶ و ۱۱/۳۲ درصد به ترتیب در یولاف زراعی، ترب سفید و کشت مخلوط آن‌ها افزایش یافت (جدول ۳). وجین دستی علف‌های هرز نیز در مقایسه با عدم وجین دستی موجب افزایش ۵/۰۰ درصدی شاخص مارگالف شد (جدول ۳). نتایج حاصل از دومین مرحله شاخص مارگالف بیانگر کاهش ۹/۸۵ درصدی سال دوم زراعی بود (جدول ۳). همچنین تک-کشتی یولاف زراعی، ترب سفید و کشت مخلوط آن‌ها در مقایسه با شاهد بدون گیاه پوششی موجب افزایش ۳۳/۷۳، ۱۲/۶۹ و ۲۱/۴۲ درصدی شاخص مارگالف شدند (جدول ۳). وجین دستی علف‌های هرز نیز در مقایسه با عدم وجین دستی موجب افزایش ۲۲/۳۶ درصدی شاخص مارگالف شد (جدول ۳). شاخص مارگالف به طور ساده بیانگر تعداد گونه در یک جامعه است، لیکن بعید است که هرگونه دارای تعداد بوته

وجین دستی علف‌های هرز در مقایسه با عدم وجین دستی موجب کاهش ۱۸/۸۹ درصدی زیست‌توده کل علف‌های هرز، کاهش ۵۷/۲۸ درصدی تراکم علف‌هرز سلمه‌تره، کاهش ۴۶/۶۷ درصدی تراکم گاوزبان وحشی و کاهش ۱۴/۰۸ درصدی تراکم علف‌هرز شاه‌تره شد (جدول ۲). به این ترتیب با مقایسه میانگین درصد تراکم کل علف‌های هرز در دو مرحله نمونه‌برداری می‌توان گزارش کرد که دومین مرحله از نمونه‌برداری دارای بالاترین (۶۴/۷۴ درصد) درصد کاهش تراکم علف‌های هرز بود که این امر به دلیل انجام وجین دستی علف‌های هرز در حضور اسفناج و عدم فرصت کافی تا رویش مجدد علف‌های هرز تا زمان برداشت نهایی محصول اسفناج است.

#### شاخص کارایی کنترل علف‌های هرز

نتایج اولین مرحله نمونه‌برداری حاکی از آن بود که بیشترین شاخص کارایی کنترل علف‌های هرز (۵۴/۰۸ درصد) تحت تأثیر سال از سال اول زراعی حاصل شد (جدول ۳). همچنین بیشترین شاخص کارایی کنترل علف‌های هرز تحت تأثیر گیاهان پوششی از تک‌کشتی یولاف زراعی (۵۷/۶۷ درصد) و پس از آن از کشت مخلوط یولاف زراعی با ترب سفید (۵۳/۹۸ درصد) به دست آمد (جدول ۳). نتایج مقایسه میانگین وجین دستی علف‌های هرز نیز نشان داد که شاخص کارایی کنترل علف‌های هرز در وجین دستی علف‌های هرز دارای بیشترین (۵۵/۰۶ درصد) مقدار بود (جدول ۳). این در حالی است که شاخص کارایی کنترل علف‌های هرز تحت تأثیر سال و گیاهان پوششی در دومین مرحله نمونه‌برداری دارای اختلاف آماری معنی‌داری نبود (جدول ۳). وجین دستی علف‌های هرز در مقایسه با عدم وجین دستی نیز دارای بیشترین (۵۱/۴۷ درصد) شاخص کارایی کنترل علف‌های هرز بود (جدول ۳). کارایی کنترل علف‌های هرز، بیانگر میزان کاهش علف‌های هرز به دلیل اعمال تیمارهای کنترل علف‌های هرز است (Bangi et al., 2014). برای مثال گزارش شده است که کاربرد گیاه پوششی شبدر قرمز و جو باعث کاهش ۵۰ درصدی علف‌های هرز مزارع کلم

وینر تحت تأثیر وجین دستی علف‌های هرز در مقایسه با عدم وجین ۲/۱۲ درصد افزایش یافت (جدول ۳). شاخص تنوع شانون- وینر رایج‌ترین شاخص برای بیان تنوع در جوامع گیاهی می‌باشد که با افزایش تنوع در جامعه گیاهی بر مقدار این شاخص افزوده می‌شود (Noruzzadeh *et al.*, 2009). نتایج حاصل از بررسی این شاخص بیانگر این است که در راستای کنترل مناسب تراکم و زیست‌توده علف‌های هرز توسط گیاه پوششی یولاف زراعی و کشت مخلوط آن با ترب سفید و همچنین وجین دستی علف‌های هرز، کمترین تنوع گونه‌ای در این تیمارها بود. علاوه بر این عملکرد نسبتاً ضعیف تک‌کشتی ترب سفید و عدم کاشت گیاهان پوششی در شاهد از جمله دلایل افزایش شاخص تنوع شانون-وینر می‌باشد، زیرا در این تیمارها کنترل و کاهش مطلوبی از زیست‌توده کل و تراکم علف‌های هرز مشاهده نشده است. برای مثال، در آزمایشی گزارش شده است که کشت گیاه پوششی جو و ماشک گل خوشه‌ای در مزرعه سیب‌زمینی، موجب کاهش تنوع گونه‌ای شد. به طوری که کاهش میزان تنوع گونه‌ای علف‌های هرز در تیمار جو و ماشک گل خوشه‌ای در مقایسه با شاهد برابر با ۷۱ و ۳۱ درصد بود (Ahmadvand & Hajinia, 2015).

یکسانی در جامعه گیاهی باشد (Fakhari *et al.*, 2018). در پژوهشی کمترین شاخص مارگالف در دو سال زراعی در الگوی کشت مخلوط ارزن، سنبله-زنیان-کنجد مشاهده شد (Azizi *et al.*, 2009). پژوهشگران گزارش کردند که در کشت مخلوط سیر و اسفناج کمترین میزان شاخص مارگالف در الگوی کشت ۳:۳ در شرایط استفاده از ۲۰ تن در هکتار کود دامی و بیشترین شاخص مارگالف در الگوی کشت مخلوط ۴:۴ سیر و اسفناج و تک‌کشتی سیر (۱/۱۰) حاصل شد (Asadi *et al.*, 2014). در پژوهشی دیگر، کمترین مقدار شاخص مارگالف در دو مرحله نمونه-برداری در الگوی کشت مخلوط گوجه‌فرنگی و گل جعفری با نسبت ۱:۱ مشاهده شد (Koocheki *et al.*, 2013).

#### شاخص سیمپسون و شاخص تنوع شانون-وینر

نتایج مقایسه میانگین‌ها نشان داد که سال‌های زراعی و گیاهان پوششی دارای اختلاف آماری معنی‌داری نبودند (جدول ۳). با این حال بیشترین شاخص سیمپسون (۰/۷۹) تحت تأثیر گیاهان پوششی از شاهد بدون گیاه پوششی به دست آمد (جدول ۳). شاخص سیمپسون بیانگر کاهش تنوع و محدود شدن جامعه گیاهی به چندگونه علف‌هرز می‌باشد (Nabati *et al.*, 2021). در پژوهشی دیگر در مرحله دوم نمونه‌برداری، بیشترین شاخص سیمپسون در الگوی کشت مخلوط افزایشی لوبیا (۱۰۰ درصد زنیان+۲۵ درصد لوبیا) و کمترین شاخص تنوع سیمپسون در الگوی کشت خالص لوبیا حاصل شد (Khorramdel *et al.*, 2014). پژوهشگران اعلام کردند که در کلیه مراحل نمونه‌برداری، بیشترین شاخص تنوع سیمپسون در الگوی تک‌کشتی اسفناج، تحت تیمار کودی ۱۰ تن در هکتار کود دامی مشاهده شد (Asadi *et al.*, 2014). بیشترین شاخص تنوع شانون-وینر از شاهد بدون گیاه پوششی و تک‌کشتی ترب سفید (به ترتیب ۰/۴۷ و ۰/۴۷) به دست آمد (جدول ۳). این در حالی است که شاخص تنوع شانون-

جدول ۳- تغییرات میانگین شاخصهای علفهای هرز در مراحل نمونه برداری

Table 3- Mean indices variation of weeds in the sampling stages

	نمونه برداری اول علفهای هرز First sampling of weeds		نمونه برداری دوم علفهای هرز Second sampling of weed			
	شاخص کارایی کنترل		شاخص کارایی کنترل		شاخص سیمپسون Simpson index	شاخص شانون-وینر Shannon-Weaner index
	علفهای هرز Weed control efficiency	شاخص مارگالف Margalef index	علفهای هرز Weed control efficiency	شاخص مارگالف Margalef index		
<b>سال اول</b> <b>First year</b>	*54.08 <sub>a</sub>	0.54 <sub>a</sub>	50.47 <sub>a</sub>	0.71 <sub>a</sub>	0.76 <sub>a</sub>	0.468 <sub>a</sub>
<b>سال دوم</b> <b>Second year</b>	47.53 <sub>b</sub>	0.51 <sub>b</sub>	46.37 <sub>a</sub>	0.64 <sub>b</sub>	0.77 <sub>a</sub>	0.464 <sub>a</sub>
<b>گیاهان پوششی</b> <b>Cover crops</b>						
<b>شاهد</b> <b>Control</b>	-	0.47 <sub>d</sub>	-	0.55 <sub>d</sub>	0.79 <sub>a</sub>	0.47 <sub>a</sub>
<b>یولاف</b> <b>Oat</b>	57.67 <sub>a</sub>	0.56 <sub>a</sub>	54.66 <sub>a</sub>	0.83 <sub>a</sub>	0.75 <sub>b</sub>	0.46 <sub>b</sub>
<b>ترب سفید</b> <b>Daikon radish</b>	40.77 <sub>c</sub>	0.54 <sub>b</sub>	42.07 <sub>b</sub>	0.63 <sub>c</sub>	0.78 <sub>ab</sub>	0.47 <sub>a</sub>
<b>یولاف + ترب سفید</b> <b>Oat+Daikon radish</b>	53.98 <sub>b</sub>	0.53 <sub>c</sub>	48.52 <sub>ab</sub>	0.70 <sub>b</sub>	0.76 <sub>b</sub>	0.46 <sub>b</sub>
<b>وجین دستی علفهای هرز</b> <b>Weed hand-weeding</b>						
<b>وجین دستی</b> <b>With hand weeding</b>	55.06 <sub>a</sub>	0.54 <sub>a</sub>	51.47 <sub>a</sub>	0.76 <sub>a</sub>	0.82 <sub>a</sub>	0.46 <sub>b</sub>
<b>عدم وجین دستی</b> <b>Non-hand weeding</b>	46.56 <sub>b</sub>	0.51 <sub>b</sub>	45.39 <sub>b</sub>	0.59 <sub>b</sub>	0.72 <sub>b</sub>	0.47 <sub>a</sub>

\*میانگینهای با یک حرف مشترک در آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد تفاوت معنی داری ندارند.  
\*Means followed by same letter are not significantly different at  $p \leq 0.05$  by LSD multiple range test.

## عملکرد و اجزای عملکرد اسفناج

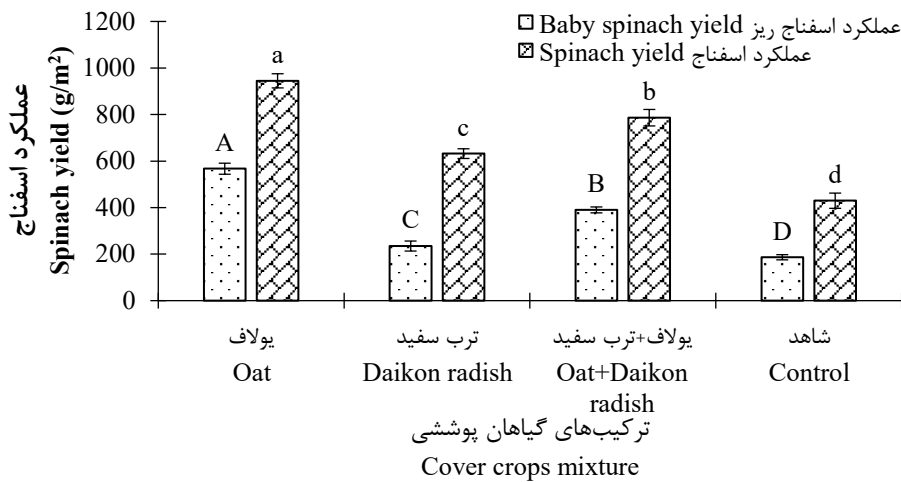
نتایج مقایسه میانگین بیانگر افزایش ۶/۲۵، ۱۴/۷۱، ۱۷/۶۳، ۸/۶۳، ۱۵/۹۴، ۱۴/۲۸، ۱۵/۲۸ و ۱۲/۵۰ درصدی به ترتیب تعداد برگ، طول دمبرگ، قطر طوقه، ارتفاع بوته، وزن تر برگ، وزن خشک برگ، وزن تر کل و وزن خشک کل در مقایسه با سال اول زراعی در اولین مرحله برداشت اسفناج بود (جدول ۴). همچنین نتایج مقایسه میانگین تک‌کشتی و کشت مخلوط یولاف زراعی و ترب سفید بیانگر افزایش عملکرد و اجزای عملکرد اسفناج در تک‌کشتی یولاف زراعی و پس از آن کشت مخلوط یولاف زراعی با ترب سفید بود. به طوری که یولاف زراعی در مقایسه با شاهد بدون گیاه پوششی موجب افزایش ۵۶/۱۶، ۱۲/۳۵، ۵۰/۹۰، ۳۳/۲۹، ۵۷/۷۷، ۷۰/۰۰، ۶۷/۱۰ و ۷۴/۰۴ درصدی به ترتیب تعداد برگ، طول دمبرگ، قطر طوقه، ارتفاع بوته، وزن تر برگ، وزن خشک برگ، وزن تر کل بوته و وزن خشک کل بوته شد (جدول ۴). کشت مخلوط یولاف زراعی و ترب سفید نیز موجب افزایش ۳۵/۵۱، ۱۷/۵۴، ۳۷/۷۱، ۲۳/۲۸، ۴۴/۹۲، ۶۲/۵۰، ۵۲/۱۷ و ۵۳/۴۲ درصدی به ترتیب تعداد برگ، طول دمبرگ، قطر طوقه، ارتفاع بوته، وزن تر برگ، وزن خشک برگ، وزن تر کل بوته و وزن خشک کل بوته در مقایسه با شاهد بدون گیاه پوششی شد (جدول ۴). همچنین وجین دستی علف‌های هرز در مقایسه با شرایط عدم وجین دستی نیز موجب افزایش ۲۳/۷۳، ۲۳/۵۷، ۳۵/۵۰، ۱۹/۹۷، ۲۸/۳۷، ۲۵/۰۰، ۱۶/۸۸ و ۳۲/۵۸ درصدی به ترتیب تعداد برگ، طول دمبرگ، قطر طوقه، ارتفاع بوته، وزن تر برگ، وزن خشک برگ، وزن تر کل بوته و وزن خشک بوته کل شد (جدول ۴). نتایج حاصل از دومین مرحله نمونه‌برداری نشان داد که تعداد برگ، طول دمبرگ، قطر طوقه، ارتفاع بوته، وزن تر برگ، وزن خشک برگ، وزن تر کل بوته و وزن خشک کل بوته تحت تأثیر سال‌های زراعی، در سال دوم در مقایسه با سال اول زراعی به ترتیب ۱۰/۹۲، ۱۲/۲۴، ۱۵/۶۳، ۱۱/۰۸، ۲۲/۴۷، ۲۷/۲۷ و ۵/۹۱ و ۱۳/۶۲ درصد افزایش

یافت (جدول ۵). همچنین نتایج مقایسه میانگین گیاهان پوششی بیانگر تأثیر مثبت و افزایش‌دهنده تک‌کشتی یولاف زراعی (به ترتیب ۴۴/۵۴، ۲۱/۴۹، ۵۱/۰۰، ۳۴/۳۱، ۵۰/۴۷، ۶۱/۵۳، ۵۴/۵۲ و ۶۱/۲۶ درصد) و کشت مخلوط آن با ترب سفید (به ترتیب ۳۰/۹۸، ۱۷/۰۷، ۳۵/۶۴، ۲۶/۹۴، ۳۸/۸۲، ۵۰/۰۰، ۳۱/۹۸ و ۴۰/۲۱ درصد) در مقایسه با شاهد بدون گیاه پوششی در افزایش تعداد برگ، طول دمبرگ، قطر طوقه، ارتفاع بوته، وزن تر برگ، وزن خشک برگ، وزن تر کل بوته و وزن خشک بوته کل بود (جدول ۵). نتایج حاصل از وجین و عدم وجین دستی علف‌های هرز نیز نشان داد که وجین دستی علف‌های هرز در مقایسه با عدم وجین دستی موجب افزایش ۲۱/۱۰، ۲۶/۶۸، ۳۵/۳۸، ۱۲/۲۹، ۳۵/۴۱، ۲۷/۲۷، ۱۸/۲۹ و ۲۸/۰۳ درصدی تعداد برگ، طول دمبرگ، قطر طوقه، ارتفاع بوته، وزن تر برگ، وزن خشک برگ، وزن تر کل بوته و وزن خشک بوته کل شد (جدول ۵).

بیشترین عملکرد محصول اسفناج ریز (Baby spinach) و عملکرد نهایی در اولین و دومین مرحله از نمونه‌برداری در دو سال زراعی از تک‌کشتی یولاف زراعی (۵۶۷/۰۵ و ۹۴۴/۸۳ گرم در متر مربع) و پس از آن از کشت مخلوط یولاف زراعی و ترب سفید (۳۹۰/۰۴ و ۷۸۶/۳۳ گرم در متر مربع) حاصل شد (شکل ۴). افزایش عملکرد اسفناج تحت تأثیر گیاهان پوششی علاوه بر کنترل علف‌های هرز در مراحل اولیه استقرار اسفناج می‌تواند ناشی از تجزیه این گیاهان و تأمین عناصر غذایی مورد نیاز محصول اصلی نیز باشد (Jahanzad et al., 2017). در مطالعات بسیاری بر تأثیر مثبت گیاهان پوششی بر افزایش عملکرد و اجزای عملکرد محصولات کشاورزی اشاره شده است (Ghahremani et al., 2020; Gudarzi et al., 2021; Ahmadnia et al., 2022a, b; Rostami Yangjeh et al., 2021). همچنین وجین دستی علف‌های هرز بیانگر تأثیر مطلوب وجین دستی علف‌های هرز بر عملکرد اسفناج ریز و عملکرد نهایی اسفناج

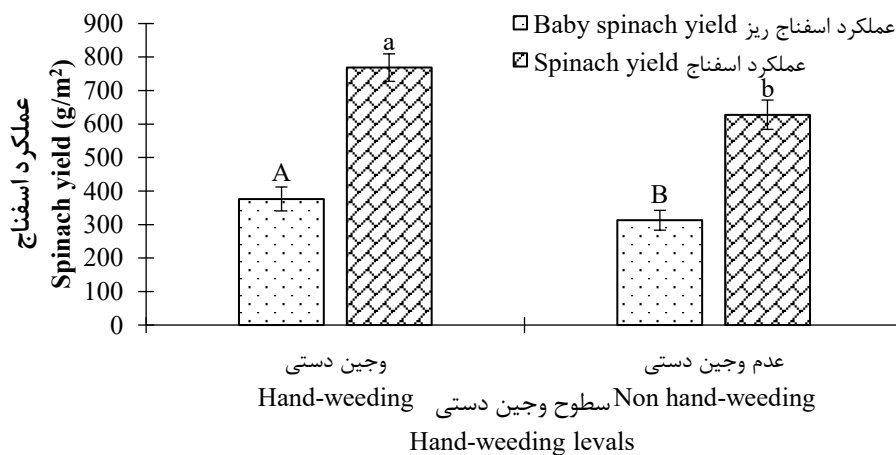
برای رشد و استقرار اسفناج می‌باشد. نتایج مقایسه میانگین سال‌های زراعی نیز بیانگر افزایش ۵۳/۳۱ و ۴۸/۱۲ درصدی عملکرد اسفناج ریز و عملکرد نهایی اسفناج در سال دوم زراعی است (شکل ۶). احتمال می‌رود علاوه بر کنترل علف‌های هرز، تأمین خدماتی مانند حاصلخیزی خاک (Ahmadnia *et al.*, 2020a) و تأمین عناصر غذایی توسط گیاهان پوششی (Jahanzad *et al.*, 2017) موجب بهبود بستر کاشت و افزایش عملکرد اسفناج شده است.

بود. به طوری که در مقایسه با عدم وجین دستی علف‌های هرز، عملکرد اسفناج ریز ۱۶/۸۹ درصد و عملکرد نهایی اسفناج ۱۸/۳۰ درصد افزایش یافت (شکل ۵). با این حال در شرایط عدم وجین دستی علف‌های هرز نیز عملکرد اسفناج ریز (۳۱۲/۷۸ گرم در متر مربع) و عملکرد نهایی (۶۲۷/۸۳ گرم در متر مربع) بود. این اختلاف اندک با شرایط وجین دستی علف‌های هرز بیانگر تأثیر مطلوب گیاهان پوششی بر کاهش زیست-توده و تراکم علف‌های هرز و فراهمی شرایط مناسب



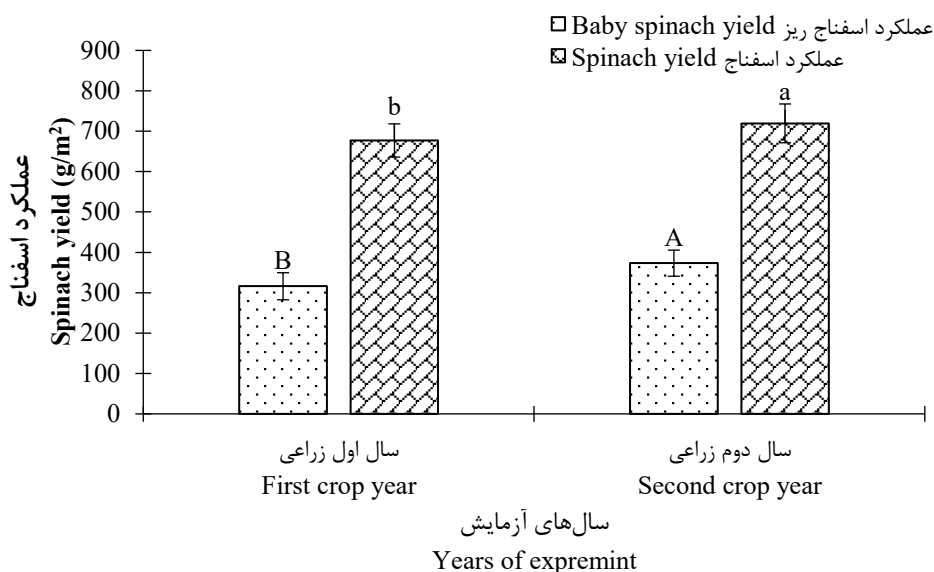
شکل ۴- تغییرات عملکرد نهایی و ریز اسفناج تحت تأثیر گیاهان پوششی (میانگین‌های با یک حرف مشترک در آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد تفاوت معنی‌داری ندارند)

Figure 4- Variations in the final and baby yield of spinach under the influence of cover crops (Means followed by same letter are not significantly different at  $p \leq 0.05$  by LSD multiple range test)



شکل ۵- تغییرات عملکرد نهایی و ریز اسفناج تحت تأثیر وجین دستی (میانگین‌های با یک حرف مشترک در آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد تفاوت معنی‌داری ندارند)

Figure 5- Variations in the final and baby yield of spinach under the influence of hand-weeding (Means followed by same letter are not significantly different at  $p \leq 0.05$  by LSD multiple range test)



شکل ۶- تغییرات عملکرد نهایی و ریز اسفناج تحت تأثیر سال‌های آزمایش (میانگین‌های با یک حرف مشترک در آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد تفاوت معنی‌داری ندارند)

Figure 6- Variations in the final and baby yield of spinach under the influence of experiment years (Means followed by same letter are not significantly different at  $p \leq 0.05$  by LSD multiple range test)

### نتایج همبستگی پیرسون

مثبت و معنی‌داری تراکم و زیست‌توده علف‌های هرز سلمه‌تره، گاوزبان وحشی و شاه‌تره (به ترتیب  $r=0.729^{**}$ ،  $r=0.834^{**}$  و  $r=0.903^{**}$ ) بودند (جدول ۷). همچنین زیست‌توده کل علف‌های هرز (TWB) تأثیر منفی و معنی‌داری بر تعداد برگ ( $r=-0.744^{**}$ )، طول دم‌برگ ( $r=-0.674^{**}$ )، قطر طوقه ( $r=-0.695^{**}$ )، ارتفاع بوته ( $r=-0.723^{**}$ )، وزن تر برگ ( $r=-0.676^{**}$ )، وزن خشک برگ ( $r=-0.726^{**}$ )، وزن خشک کل ( $r=-0.698^{**}$ ) و وزن تر کل ( $r=-0.785^{**}$ ) داشت (جدول ۷). به طور کلی در هر دو نمونه-برداری در هر دو سال زراعی تراکم و زیست‌توده علف‌های هرز موجب کاهش عملکرد و اجزای عملکرد ریز و نهایی اسفناج شدند (جدول‌های ۶ و ۷).

نتایج همبستگی پیرسون در نمونه‌برداری اول (برداشت عملکرد و اجزای عملکرد اسفناج ریز) در دو سال زراعی بیانگر تأثیر مثبت و معنی‌داری تراکم و زیست‌توده علف‌های هرز سلمه‌تره، گاوزبان وحشی و شاه‌تره (به ترتیب  $r=0.924^{**}$ ،  $r=0.899^{**}$  و  $r=0.886^{**}$ ) بودند (جدول ۶). همچنین زیست‌توده کل علف‌های هرز (TWB) تأثیر منفی و معنی‌داری بر تعداد برگ ( $r=-0.626^{**}$ )، طول دم‌برگ ( $r=-0.460^{**}$ )، قطر طوقه ( $r=-0.608^{**}$ )، ارتفاع بوته ( $r=-0.561^{**}$ )، وزن تر برگ ( $r=-0.706^{**}$ )، وزن خشک برگ ( $r=-0.765^{**}$ )، وزن خشک کل ( $r=-0.708^{**}$ ) و وزن تر کل ( $r=-0.630^{**}$ ) داشت (جدول ۶). نتایج همبستگی پیرسون در نمونه‌برداری دوم (برداشت عملکرد و اجزای عملکرد نهایی اسفناج) در دو سال زراعی بیانگر تأثیر

جدول ۴- میانگین عملکرد و اجزای عملکرد اسفناج ریز در اولین مرحله نمونه برداری

Table 4- Mean of comparison of yield and yield components of baby spinach in the first sampling stage

	تعداد برگ Number of leaves (Number)	طول دم‌برگ Petiole length (cm)	قطر طوقه Stem diameter (cm)	ارتفاع بوته Plant height (cm)	وزن تر برگ Fresh leaf weight (g.m <sup>2</sup> )	وزن خشک برگ Dry leaf weight (g.m <sup>2</sup> )	وزن خشک کل Total dried weight (g.m <sup>2</sup> )	وزن تر کل Total fresh weight (g.m <sup>2</sup> )
سال اول First year	*9.45 <sub>a</sub>	4.00 <sub>b</sub>	2.85 <sub>b</sub>	11.96 <sub>b</sub>	29.93 <sub>b</sub>	3.45 <sub>b</sub>	35.07 <sub>b</sub>	316.03 <sub>b</sub>
سال دوم Second year	10.08 <sub>a</sub>	4.69 <sub>a</sub>	3.46 <sub>a</sub>	13.09 <sub>a</sub>	35.39 <sub>a</sub>	3.97 <sub>a</sub>	40.04 <sub>a</sub>	373.13 <sub>a</sub>
<b>گیاهان پوششی Cover crops</b>								
شاهد Control	6.50 <sub>d</sub>	3.90 <sub>c</sub>	2.18 <sub>d</sub>	10.38 <sub>c</sub>	19.46 <sub>d</sub>	1.70 <sub>d</sub>	17.33 <sub>d</sub>	186.54 <sub>d</sub>
یولاف Oat	14.83 <sub>a</sub>	4.45 <sub>ab</sub>	4.44 <sub>a</sub>	15.56 <sub>a</sub>	46.68 <sub>a</sub>	5.31 <sub>a</sub>	65.93 <sub>a</sub>	567.05 <sub>a</sub>
ترب سفید Daikon radish	7.66 <sub>c</sub>	4.28 <sub>bc</sub>	2.49 <sub>c</sub>	10.64 <sub>c</sub>	28.50 <sub>c</sub>	3.45 <sub>c</sub>	30.04 <sub>c</sub>	234.67 <sub>c</sub>
یولاف + ترب سفید Oat+Daikon radish	10.08 <sub>b</sub>	4.73 <sub>a</sub>	3.50 <sub>b</sub>	13.53 <sub>b</sub>	36.01 <sub>b</sub>	4.35 <sub>b</sub>	36.92 <sub>b</sub>	390.04 <sub>b</sub>
<b>وجین دستی علف‌های هرز Weed hand-weeding</b>								
وجین دستی With hand weeding	11.08 <sub>a</sub>	4.92 <sub>a</sub>	3.83 <sub>a</sub>	13.92 <sub>a</sub>	38.72 <sub>a</sub>	4.28 <sub>a</sub>	44.87 <sub>a</sub>	376.38 <sub>a</sub>
عدم وجین دستی Non-hand weeding	8.45 <sub>b</sub>	3.76 <sub>b</sub>	2.47 <sub>b</sub>	11.14 <sub>b</sub>	26.60 <sub>b</sub>	3.13 <sub>b</sub>	30.24 <sub>b</sub>	312.78 <sub>b</sub>

\*میانگین‌های با یک حرف مشترک در آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد تفاوت معنی‌داری ندارند.

\*Means followed by same letter are not significantly different at  $p \leq 0.05$  by LSD multiple range test.

## جدول ۵- میانگین عملکرد و اجزای عملکرد اسفناج در دومین مرحله نمونه برداری

Table 5- Mean of comparison of yield and yield components of spinach in the second sampling stage

	تعداد برگ Number of leaves (Number)	طول دم‌برگ Petiole length (cm)	قطر طوقه Stem diameter (cm)	ارتفاع بوته Plant height (cm)	وزن تر برگ Fresh leaf weight (g.m <sup>2</sup> )	وزن خشک برگ Dry leaf weight (g.m <sup>2</sup> )	وزن خشک کل Total dried weight (g.m <sup>2</sup> )	وزن تر کل Total fresh weight (g.m <sup>2</sup> )
سال اول First year	*13.62 <sub>b</sub>	4.80 <sub>b</sub>	3.56 <sub>b</sub>	13.79 <sub>b</sub>	34.73 <sub>b</sub>	4.17 <sub>b</sub>	42.19 <sub>b</sub>	676.98 <sub>b</sub>
سال دوم Second year	15.29 <sub>a</sub>	5.47 <sub>a</sub>	4.22 <sub>a</sub>	15.51 <sub>a</sub>	44.56 <sub>a</sub>	5.54 <sub>a</sub>	49.35 <sub>a</sub>	719.31 <sub>a</sub>
گیاهان پوششی Cover crops								
شاهد Control	10.58 <sub>d</sub>	4.42 <sub>c</sub>	2.69 <sub>d</sub>	11.85 <sub>d</sub>	26.25 <sub>c</sub>	2.66 <sub>c</sub>	27.87 <sub>d</sub>	429.50 <sub>d</sub>
یولاف Oat	19.08 <sub>a</sub>	5.63 <sub>a</sub>	5.49 <sub>a</sub>	17.63 <sub>a</sub>	52.52 <sub>a</sub>	6.86 <sub>a</sub>	71.20 <sub>a</sub>	944.83 <sub>a</sub>
ترب سفید Daikon radish	12.83 <sub>c</sub>	5.15 <sub>b</sub>	3.20 <sub>c</sub>	13.27 <sub>c</sub>	37.19 <sub>b</sub>	4.70 <sub>b</sub>	39.33 <sub>c</sub>	631.92 <sub>c</sub>
یولاف + ترب سفید Oat+Daikon radish	15.33 <sub>b</sub>	5.33 <sub>ab</sub>	4.18 <sub>b</sub>	15.85 <sub>b</sub>	42.69 <sub>b</sub>	5.19 <sub>b</sub>	46.12 <sub>b</sub>	786.33 <sub>b</sub>
وجین دستی علف‌های هرز Weed hand-weeding								
وجین دستی With hand weeding	16.16 <sub>a</sub>	5.92 <sub>a</sub>	4.72 <sub>a</sub>	15.61 <sub>a</sub>	48.00 <sub>a</sub>	5.62 <sub>a</sub>	53.56 <sub>a</sub>	768.46 <sub>a</sub>
عدم وجین دستی Non-hand weeding	12.75 <sub>b</sub>	4.34 <sub>b</sub>	3.05 <sub>b</sub>	13.69 <sub>b</sub>	31.29 <sub>b</sub>	4.09 <sub>b</sub>	38.70 <sub>b</sub>	627.83 <sub>b</sub>

\*میانگین‌های با یک حرف مشترک در آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد تفاوت معنی‌داری ندارند.

\*Means followed by same letter are not significantly different at  $p \leq 0.05$  by LSD multiple range test.

جدول ۶- نتایج همبستگی پیرسون زیست توده و تراکم علفهای هرز و عملکرد اسفناج در دو سال زراعی در نمونه برداری اول

Table 6- Pearson correlation results of biomass and weed density and spinach yield in two crop years in the first sampling

	TWB	LD	ID	CD	NL	PEL	SD	PL	FLW	DLW	TDW	TFW
TWB	1											
LD	0.924**	1										
ID	0.899**	0.881**	1									
CD	0.886**	0.895**	0.854**	1								
NL	-0.626**	-0.591**	-0.578**	-0.638**	1							
PEL	-0.460**	-0.587**	-0.481**	-0.676**	0.401**	1						
SD	-0.608**	-0.611**	-0.572**	-0.724**	0.836**	0.602**	1					
PL	-0.561**	-0.570**	-0.582**	-0.671**	0.900**	0.588**	0.869**	1				
FLW	-0.706**	-0.658**	-0.637**	-0.705**	0.804**	0.559**	0.814**	0.795**	1			
DLW	-0.765**	-0.684**	-0.687**	-0.688**	0.772**	0.486**	0.797**	0.753**	0.888**	1		
TDW	-0.708**	-0.655**	-0.650**	-0.694**	0.895**	0.395**	0.809**	0.813**	0.873**	0.837**	1	
TFW	-0.630**	-0.604**	-0.623**	-0.624**	0.879**	0.363*	0.786**	0.838**	0.823**	0.812**	0.936**	1

همبستگی پیرسون با  $n=48$  برای ۱۲ صفت از زیست توده و تراکم علفهای هرز و عملکرد اسفناج در نمونه برداری اول در دو سال زراعی انجام شد.

زیست توده کل علفهای هرز (TWB)، تراکم سلمه تره (LD)، تراکم گاوزبان وحشی (ID)، تراکم شاه تره (CD)، تعداد برگ (NL)، طول دم برگ (PEL)، قطر طوقه (SD)، ارتفاع بوته

(PL)، وزن تر برگ (FLW)، وزن خشک برگ (DLW)، وزن خشک کل (TDW) و وزن تر کل (FTW) می باشد.

Pearson correlation with  $n=48$  was done for 12 traits of biomass and density of weeds and spinach yield in the first sampling in two crop years.

Total weed biomass (TWB), Lamb's quarters density (LD), Italian bugloss density (ID), Common fumitory density (CD), number of leaves (NL), petiole length (PEL), stem diameter (SD), plant height (PL), fresh leaf weight (FLW), dried leaf weight (DLW), total dry weight (TDW) and total fresh weight (FTW).

جدول ۷- نتایج همبستگی پیرسون زیست‌توده و تراکم علف‌های هرز و عملکرد اسفناج در دو سال زراعی در نمونه‌برداری دوم

Table 7- Pearson correlation results of biomass and weed density and spinach yield in two crop years in the second sampling

	TWB	LD	ID	CD	NL	PEL	SD	PL	FLW	DLW	TDW	TFW
TWB	1											
LD	0.729**	1										
ID	0.834**	0.899**	1									
CD	0.903**	0.727**	0.786**	1								
NL	-0.744**	-0.749**	-0.785**	-0.704**	1							
PEL	-0.674**	-0.799**	-0.826**	-0.527**	0.716**	1						
SD	-0.695**	-0.814**	-0.792**	-0.646**	0.897**	0.725**	1					
PL	-0.723**	-0.731**	-0.748**	-0.719**	0.891**	0.653**	0.856**	1				
FLW	-0.676**	-0.750**	-0.782**	-0.644**	0.792**	0.697**	0.851**	0.753**	1			
DLW	-0.726**	-0.706**	-0.762**	-0.732**	0.763**	0.582**	0.793**	0.801**	0.878**	1		
TDW	-0.698**	-0.730**	-0.750**	-0.746**	0.880**	0.611**	0.857**	0.832**	0.860**	0.835**	1	
TFW	-0.785**	-0.723**	-0.756**	-0.740**	0.881**	0.644**	0.815**	0.904**	0.697**	0.720**	0.820**	1

همبستگی پیرسون با  $n=48$  برای ۱۲ صفت از زیست‌توده و تراکم علف‌های هرز و عملکرد اسفناج در نمونه‌برداری دوم در دو سال زراعی انجام شد.

زیست‌توده کل علف‌های هرز (TWB)، تراکم سلمه‌تره (LD)، تراکم گاوزبان وحشی (ID)، تراکم شاه‌تره (CD)، تعداد برگ (NL)، طول دم‌برگ (PEL)، قطر طوقه (SD)، ارتفاع بوته

(PL)، وزن تر برگ (FLW)، وزن خشک برگ (DLW)، وزن خشک کل (TDW) و وزن تر کل (TFW) می‌باشد.

Pearson correlation with  $n=48$  was done for 12 traits of biomass and density of weeds and spinach yield in the second sampling in two crop years.

Total weed biomass (TWB), Lamb's quarters density (LD), Italian bugloss density (ID), Common fumitory density (CD), number of leaves (NL), petiole length (PEL), stem diameter (SD), plant height (PL), fresh leaf weight (FLW), dried leaf weight (DLW), total dry weight (TDW) and total fresh weight (TFW).

## نتیجه‌گیری کلی

وجین دستی علف‌های هرز و حضور زیست‌توده گیاهان پوششی در کرت‌های آزمایشی بود. در این راستا، تک-کشتی یولاف زراعی و پس از آن کشت مخلوط یولاف زراعی با ترب سفید دارای بیشترین عملکرد اسفناج در دو مرحله نمونه‌برداری بودند. از نتایج این آزمایش چنین استنباط می‌گردد که تک‌کشتی یولاف زراعی هم از نظر کاهش رقابت فیزیکی با علف‌های هرز و هم از نظر بهبود عملکرد اسفناج، یک گیاه پوششی مناسب در شرایط آب و هوایی شهرستان اردبیل است.

## 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 کردند، ابراز نمایند.

نتایج حاصل از این آزمایش نشان داد که تک‌کشتی یولاف زراعی و کشت مخلوط در مقایسه با ترب سفید بیشترین زیست‌توده گیاهان پوششی را داشتند. تأثیر میزان زیست‌توده پوششی یولاف زراعی در کاهش تراکم و زیست‌توده کل علف‌های هرز قابل توجه بود که این امر به دلیل میزان بذر مصرفی یولاف زراعی در مقایسه با ترب سفید بود. به طوری که در کشت مخلوط نیز گیاه پوششی غالب، یولاف زراعی بود. علاوه بر این در مقایسه با عدم وجین دستی علف‌های هرز، وجین دستی موجب کاهش بیشتر تراکم و زیست‌توده کل علف‌های هرز شد. انجام وجین دستی علف‌های هرز موجب جلوگیری از ایجاد فرصت کافی برای رویش مجدد علف‌های هرز شد و به این ترتیب بهبود عملکرد اسفناج ریز و عملکرد نهایی اسفناج ناشی از انجام

## References

- Ahmadnia, F., Ebadi, A., Hashemi, M., Ghavidel, A. & Ghahremani S. (2021<sub>a</sub>). 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 Farsi)
- Ahmadnia, F., Ebadi, A. & Gudarzi, M. (2021<sub>b</sub>). 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 Farsi) [doi:10.30495/jcep.2022.689806](https://doi.org/10.30495/jcep.2022.689806)
- Ahmadnia, F., Ebadi, A., Hashemi, M. & Ghavidel, A. (2020<sub>a</sub>). Investigating the short time effect of cover crops on biophysical properties of soil. *Journal of Water and Soil Conservation*, 26(6), 277-290. (In Farsi) [doi:10.22069/jwsc.2019.16172.3145](https://doi.org/10.22069/jwsc.2019.16172.3145)
- Ahmadnia, F., Ebadi, A., Hashemi, M. & Nabati, L. (2020<sub>b</sub>). 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 Farsi) [doi:10.22034/SAPS.2021.13090](https://doi.org/10.22034/SAPS.2021.13090)
- Ahmadnia, F., Ebadi, A., Hashemi, M., Ghavidel, A. & Alebrahim, M.T. (2022<sub>a</sub>). Application of agricultural residues (residues of cover crops) in sustainable weed control. In: Proceeding of 2<sup>nd</sup> National Green Waste Management Conference, 12-13 September, Ardabil. Iran. (In Farsi)
- Ahmadnia, F., Ebadi, A., Hashemi, M., Ghavidel, A. & Fattahi, H. (2022<sub>b</sub>). Effectiveness of cover crops on iceberg lettuce weed control. In: Proceeding of 2<sup>nd</sup> National Green Waste Management Conference, 12-13 September, Ardabil. Iran. (In Farsi)
- Ahmadvand, G. & Hajinia, S. (2015). The effect of cover crop and different tillage systems on soil physical properties and yield of potato. *Electronic Journal of Crop Production*, 8(4), 163-182. (In

- Farsi) [doi: 10.22067/JPP.V28I3.43563](https://doi.org/10.22067/JPP.V28I3.43563)
- Asadi, G., Ghorbani, R. & Azizi, E. (2014). The effect of manure rates on diversity and density of weeds in intercropping of spinach (*Spinacia oleracea* L.) and garlic (*Allium sativum* L.). *Journal of Plant Protection*, 28(3), 325-337. (In Farsi) [doi: 10.22067/JPP.V28I3.43563](https://doi.org/10.22067/JPP.V28I3.43563)
- Azizi, G., Koocheki, A., Nassiri Mahallati, M. & Rezvani Moghaddam, P. (2009). Effect of plant diversity and nutrient resource on weed composition and density in different cropping systems. *Journal of Iranian Field Crop Research*, 7(1), 115-125. (In Farsi) [doi: 10.1001.1.20081472.1388.7.1.12.0](https://doi.org/10.1001.1.20081472.1388.7.1.12.0)
- Bangi, SS., Lal, EP., Bangi, SS. & Sattigeri, UT. (2014). Effect of herbicides on weed control efficiency (WCE) and yield attributes in brinjal (*Solanum melongena* L.). *Journal of Agriculture and Veterinary Science*, 7(6), 59-65. [doi: 10.9790/2380-07615965](https://doi.org/10.9790/2380-07615965)
- Baraibar, B., Hunter, MC., Schipanski, M.E., Hamilton, A. & Mortensen, D.A. (2018). Weed suppression in cover crop monocultures and mixtures. *Weed Science*, 66, 121-133. [doi: 10.1017/wsc.2017.59](https://doi.org/10.1017/wsc.2017.59)
- Bayarash, M., Raghani, M., Roosta, H. & Karimi, H. (2020). Evaluation of growth, physiological and photosynthetic characteristics of two spinach cultivars (Hybrid and Iranian) under alkaline water stress. *Journal of Vegetables Science*, 4(7), 25-39. [doi: 10.22034/iuvs.2020.127057.1096](https://doi.org/10.22034/iuvs.2020.127057.1096)
- Brennan, EB., Boyd, N.S., Smith, R.F. & Foster, P. (2009). Seeding rate and planting arrangement effects on growth and weed suppression of a legume-oat cover crop for organic vegetable systems. *Agronomy Journal*, 101, 979-988. [doi: 10.2134/agronj2008.0194x](https://doi.org/10.2134/agronj2008.0194x)
- Buchanan, A.L., Kolb, L.N. & Hooks, C.R. (2016). Can winter cover crops influence weed density and diversity in a reduced tillage vegetable system? *Crop Protection*, 90, 9-16. [doi: 10.1016/j.cropro.2016.08.006](https://doi.org/10.1016/j.cropro.2016.08.006)
- Coombs, C., Lauzon, J.D., Deen, B. & VanEerd, L.L. (2017). Legume cover crop management on nitrogen dynamics and yield in grain corn systems. *Field Crops Research*, 201, 75-85. [doi: 10.1016/j.fcr.2016.11.001](https://doi.org/10.1016/j.fcr.2016.11.001)
- Dane J.H. & Topp, G.C. (2002). Methods of Soil Analysis, Part 4, Physical Method. *Soil Science Society of America Journal*, Inc. Madison, Wisconsin, USA. [doi: 10.2113/3.2.722](https://doi.org/10.2113/3.2.722)
- De Cauwer, B., Delanote, L., Devos, M., De Ryck, S. & Reheul, D. (2021). Optimisation of weed control in organic processing spinach (*Spinacia oleracea* L.): Impacts of cultivar, seeding rate, plant spacing and integrated weed management strategy. *Agronomy*, 2021, 11, 53. [doi: 10.3390/agronomy11010053](https://doi.org/10.3390/agronomy11010053)
- Fakhari, R., Sharifi Ziveh, P., Didehbaz Moghanlu, Gh. & Khalil Tahmasbi, B. (2018). Investigating the management of winter cover crops in weeds control of corn. *Cereal Research*, 8(3), 387-395. (In Farsi) [doi: 10.22124/c.2019.10586.1403](https://doi.org/10.22124/c.2019.10586.1403)
- Finney, D.M., Buyer, J.S. & Kaye, J.P. (2017). Living cover crops have immediate impacts on soil microbial community structure and function. *Journal of Soil and Water Conservation*, 2(4), 361-373. [doi: 10.2489/jswc.72.4.361](https://doi.org/10.2489/jswc.72.4.361)
- Fontanelli, M., Martelloni, L., Raffaelli, M., Frascioni, C., Ginanni, M. & Peruzzi, A. (2015). Weed Management in Autumn Fresh Market Spinach: A Nonchemical Alternative. *Horttechnology*, 25(2), 177-184. [doi: 10.21273/HORTTECH.25.2.177](https://doi.org/10.21273/HORTTECH.25.2.177)
- Gazoulis, I., Kanatas, P. & Antonopoulos, N. (2021). Cultural practices and mechanical weed control for the management of a low-diversity weed community in Spinach. *Diversity*, 13, 616, 1-16. [doi: 10.3390/d13120616](https://doi.org/10.3390/d13120616)

- 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 Farsi) [doi:10.30495/jcep.2020.671644](https://doi.org/10.30495/jcep.2020.671644)
- Ghahremani, S., Ebadi, A., Tobeh, A., Hashemi, M., Sedghi, M., Gholipouri, A. & Barker, V. (2021). Short-term impact of monocultured and mixed cover crops on soil properties, weed suppression, and lettuce yield. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 52(4), 406-415. [doi:10.1080/00103624.2020.1854295](https://doi.org/10.1080/00103624.2020.1854295)
- Gil, M.I. & Garrido, Y. (2020). Leafy vegetables: Fresh and fresh-cut mature spinach. In: Controlled and Modified Atmospheres for Fresh and Fresh-Cut Produce; Gil, M.I., Beaudry, R., Eds., *Academic Press*. (pp. 551-555.) Cambridge, MA, USA. [doi:10.1016/B978-0-12-804599-2.00046-6](https://doi.org/10.1016/B978-0-12-804599-2.00046-6)
- Gudarzi, M., Ebadi, A., Ahmadnia, F., Hashemi, M. & Ghahremani, S. (2021). Effect of cover crops on yield and weeds control of lettuce icebergs (*Lactuca sativa* var. Ice berg). *Journal of Agricultural Science and Sustainable Production*, 30(4), 173-184. (In Farsi) [doi:10.22034/SAPS.2020.12310](https://doi.org/10.22034/SAPS.2020.12310)
- Gupta, PK. (2004). Soil, Plant, Water and fertilizer analysis. *Agro bios*, India. 438p.
- Jahanzad, E., Barker, A.V., Hashemi, M., Sadeghpour, A. & Eaton, T. (2017). Forage radish and winter pea cover crops outperformed rye in a potato cropping system. *Soil Fertility and Crop Nutrition*, 109(2), 1-8. [doi:10.2134/agronj2016.06.0342](https://doi.org/10.2134/agronj2016.06.0342)
- Katebi Far, S., Diyanat, M. & Oveisi, M. (2019). Weed Flora, Spatial Distribution and Diversity Indexes in Afforestation of Around of Karaj. *Journal of Applied Research in Plant Protection*, 8(1), 33-43. (In Farsi)
- Khorramdel, S., Mahmoodi, G., Abdollahi, F. & Hasanzadeh, HR. (2014). Evaluation of growth indices and diversity of weeds in replacement and additive intercropping series of ajowan (*Trachyspermum ammi* L.) with bean (*Phaseolus vulgaris* L.). *Research in Crop Ecosystems*, 1(3), 59-70. (In Farsi)
- Koocheki, A., Asadi, GA., Ghorbani, R. & Azizi, E. (2013). Investigation of marigold interference effect on weed composition and diversity of tomato in an intercropping system. *Journal of Environmental Sciences*, 11(2), 23-34. (In Farsi)
- Kunz, C., Sturm, D.J., Sökefeld, M. & Gerhards, R. (2016). Weed suppression and early sugar beet development under different cover crop mulches. *Plant Protection Science*, 52, 183-193. [doi:10.17221/109/2016-PPS](https://doi.org/10.17221/109/2016-PPS)
- Latify, S., Yousefi, A. & Jamshidi, KH. (2015). Effect of living mulch application on yield and yield components of sunflower (*Helianthus annuus* L.) cultivars and weed control. *Journal of Agroecology*, 25(2), 33-45. (In Farsi)
- Lichtenhahn, M., Koller, M., Dierauer, H. & Baumann, D. (2002). *Biogemüsebau: Unkrautregulierung-Termingerecht und Schlagkräftig* (2<sup>nd</sup> ed.). Forschungsinstitut für Biologischen Landbau (FiBL): Frankfurt am Main, Germany.
- Mirsky, S.B., Ryan, M.R., Teasdale, J.R., Curran, W.S., Reberg-Horton, C.S., Spargo, J.T., Wells, M.S., Keene, C.L. & Moyer, J.W. (2013). Overcoming weed management challenges in cover crop-based organic rotational no-till soybean production in the eastern United States. *Weed Technology*, 27, 193-203. [doi:10.1614/WT-D-12-00078.1](https://doi.org/10.1614/WT-D-12-00078.1)
- Mukumbareza, C., Muchaonyerwa, P. & Chiduza, C. (2015). Effects of oats and grazing vetch cover crops and fertilization on microbial biomass and activity after five years of rotation with maize. *South Africa Journal of Plant and*

- Soil*, 32, 189-197. doi:10.1080/02571862.2015.1025446
- Nabati Souha, L., Alebrahim, MT., 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 Farsi) doi: 10.30495/jcep.2021.683387
- Neve, P., Busi, R., Renton, M. & Vila-Aiub, M.M. (2014). Expanding the eco-evolutionary context of herbicide resistance research. *Pest Management Science*, 70, 1385-1393. doi: 10.1002/ps.3757
- Noruzzadeh, S., Rashed Mohasel, R., Nassiri Mahallati, M., Koocheki, A. & Abbas-poor, M. (2009). Evaluation of species, functional and structural diversity of weeds in wheat fields of Northern, Southern and Razavi Khorasan provinces. *Iranian Journal Field Crop Research*, 6, 471-485. (In Farsi) doi:10.22067/GSC.V6I2.2453
- Olsen, SR. & Sommers, LE. (1982). Phosphorus. In: Page AL. (Ed), *Methods of Soil Analysis, Agronomy*. (pp. 403-430.) No. 9, Part 2: Chemical and Microbiological Properties (2<sup>nd</sup> Ed). American Society Agronomy, Madison.
- Osipitan, OA., Dille, JA., 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. doi: 10.2134/agronj2017.12.0752
- Page, AL., Miller, RH. & Keeney, DR. (1982). Method of Soil Analysis (part 2: Chemical and Microbiological Properties). *American society of Agronomy, Madison*, 1121p.
- Pannacci, E., Lattanzi, B. & Tei, F. (2017). Non-chemical weed management strategies in minor crops: A review. *Crop protection*, 96 (2017), 44-58. doi:10.1016/j.cropro.2017.01.012
- Price, A.J., Monks, C.D., Culpepper, A.S., Duzy, L.M., Kelton, J.A., Marshall M.W., Steckel, L.E., Sonsnoskie, L.M. & Nichols, R.L. (2016). High-residue cover crops alone or with strategic tillage to manage glyphosate-resistant Palmer amaranth (*Amaranthus palmeri*) in southeastern cotton (*Gossypium hirsutum*). *Journal of Soil and Water Conservation*, 71 (1), 1-11. doi:10.2489/jswc.71.1.1
- Rajput, RL. & Kasana, BS. (2019). Integration of chemical and cultural methods for weed control management in soybean (*Glycin Max* L.). *Legume Research*, 3944, 1-4. doi: 10.18805/LR-3944.
- Ribera, A., Bai, Y., Wolters, A.M.A., Van Treuren, R. & Kik, C. (2020). A review on the genetic resources, domestication and breeding history of spinach (*Spinacia oleracea* L.). *Euphytica*, 216, 48 (2020). doi:10.1007/s10681-020-02585-y.
- Roberts, J.L. & Moreau, R. (2016). Functional properties of spinach (*Spinacia oleracea* L.) phytochemicals and bioactives. *Food & Function Journal*, 7 (2016), 3337-3353. doi: 10.1039/c6fo00051g
- Rostami Yangjeh, M., Alebrahim, MT., Ahmadnia, F. & Nabati Souha, L. (2021). The effect of winter cover crops on plant density, biomass of weeds and potato yield (*Solanum tuberosum* L.). *Journal of Crop Ecophysiology*, 14(4), 587-604. (In Farsi) doi: 10.30495/jcep.2021.679982
- Ryan, MR., Curran, WS., Grantham, AM., Hunsberger, LK., Mirsky, SB. & Mortensen, D.A. (2011). Effects of seeding rate and poultry litter on weed suppression from a rolled cereal rye cover crop. *Weed Science*, 59, 438-444. doi:10.1614/WS-D-10-00180.1
- Seilsepour, M. (2022). Study of the effect of municipal solid waste compost and nitrogen on spinach yield, soil and spinach nitrate content and evaluation of its risk aversion for human health. *Journal of Vegetables Science*, 6, 11(1),

- 158-175. [doi: 10.22034/iuvs.2022.554290.1207](https://doi.org/10.22034/iuvs.2022.554290.1207)
- Shannon, C.E. & Weaver, A. (1949). The mathematical theory of communication. University of Illinois Press, 350 pp.
- Sharma, P., Singh, A., Kahlon, C.S., Brar, A.S., Grover, K.K., Dia, M. & Steiner, R.L. (2018). The role of cover crops towards sustainable soil health and agriculture-A review paper. *American Journal of Plant Science*, 9(9), 935-1951. [doi:10.4236/ajps.2018.99140](https://doi.org/10.4236/ajps.2018.99140)
- Simpson, E.H. (1949). Measurement of diversity. *Nature*, 12, 1-20.
- Spruijt, J. & Van der Voort, M. (2015). *Kwalitatieve Informatie Akkerbouw en Vollegrondsgroenteteelt* (29th ed.). Praktijkonderzoek Plant and Omgeving: Lelystad, The Netherlands.
- Storkey, J. & Neve, P. (2018). What good is weed diversity? *Weed Research*, 58, 239-243. [doi: 10.1111/wre.12310](https://doi.org/10.1111/wre.12310)
- Sturm, D.J., Kunz, C., Peteinatos, G. & Gerhards, R. (2017). Do cover crop sowing date and fertilization affect field weed suppression? *Plant Soil Environ*, 63, 82-88. [doi:10.17221/1/2017-PSE](https://doi.org/10.17221/1/2017-PSE)
- Torabi-Giglou, M., Noroozi, H., Maleki Lajayer, H. & Dehdar, B. (2020). Effects of organic and biological fertilizers on growth and nutrient content of spinach (*Spinacea oleracea* L.). *Journal of Vegetables Science*, 3(2), 109-121. [doi: 10.22034/IUVS.2020.32793](https://doi.org/10.22034/IUVS.2020.32793)
- Walkley, A. & Black I.A. (1934). Estimation of soil organic carbon by the chromic acid titration method. *Soil Science*, 37, 29-38. [doi:10.1097/00010694-193401000-00003](https://doi.org/10.1097/00010694-193401000-00003)
- Wells, M.S., Reberg-Horton, S.C. & Mirsky, S.B. (2016). Planting date impacts on soil water management, plant growth, and weeds in cover-crop-based no-till corn production. *Agronomy Journal*, 108, 162-170. [doi:10.2134/agronj2014.0524](https://doi.org/10.2134/agronj2014.0524)