

# Investigation of the response of crown vetch (*Coronilla varia*) ecotypes to various post-emergence herbicides under greenhouse conditions, with the aim of assessing the feasibility of cultivating it

Rahimeh Saberfar<sup>1</sup>, Gholamreza Heidari<sup>1\*</sup>, Farzad Nazari<sup>2</sup>, Sirwan Babaei<sup>1</sup>, Ayoub Molaahmad Nalousi<sup>2</sup>

1- Department of Plant Production and Genetics, University of Kurdistan, Sanandaj, Iran

2- Department of Plant Sciences and Engineering, University of Kurdistan, Sanandaj, Iran

Email: g.heidari@uok.ac.ir

<https://doi.org/10.22067/jpp.2025.94023.1236>

## Introduction

Crown vetch (*Coronilla varia*) is a perennial tetraploid leguminous plant ( $2n=24$ ) belonging to the Fabaceae family. Widely used as a decorative ground cover and in erosion control along roadsides, it also plays a vital role in nitrogen fixation, environmental improvement, and soil microclimate enhancement. Native to Central and Southern Europe, its cultivation has expanded to the Mediterranean, Russia, Middle East, and the United States. In Iran, it is found in various provinces such as Mazandaran, Ilam, Lorestan, Guilan, Qom, Kermanshah, Golestan, Kurdistan, and Chaharmahal and Bakhtiari, primarily in pastures, orchards, and field margins. Although primarily valued as forage with nutritional quality comparable to alfalfa, Crown vetch contains toxic compounds like cyanogenic glycosides, notably "croneoline," which pose risks to non-ruminant animals, especially horses. The herbicide 2,4-Dichlorophenoxyacetic acid (2,4-D) is used post-emergently for controlling broadleaf weeds in various crops, particularly in no-till systems. Common broadleaf herbicides used in alfalfa fields in Iran include chlorotoluron, paraquat, glyphosate, imazethapyr, topramezone, and bentazone, along with grass herbicides such as fluazifop-p-butyl and haloxyfop-methyl. Atlantis is a herbicide containing methylsulfuron-methyl and iodosulfuron-methyl-sodium from the sulfonylurea active ingredient group; it is widely used for controlling broadleaf weeds as well as some annual weeds in wheat fields. The use of Crown vetch as a cultivated crop in Iran remains limited, and its potential as a weed or a cover crop warrants further investigation.

## Materials and Methods

To evaluate the effects of herbicides on different ecotypes of *Medicago sativa* subsp. *falcata*, a factorial experiment was conducted in a completely randomized design with four replications in the greenhouse of the University of Kurdistan in 2024. The experimental factors included ten ecotypes (collected from the provinces of Hamadan, Kermanshah, Kurdistan, Ilam, and Semnan) and five herbicide treatments (control without herbicide, Totril, 2,4-DB, Granstar, and Atlantis). Seeds were germinated using the top-paper method, and uniform seedlings were transplanted into pots under controlled greenhouse conditions. At the four-leaf stage, plant density was thinned to two plants per pot, and herbicides were applied at the recommended wheat dosages during the branching stage. Spraying was carried out at  $22 \pm 2$  °C, 60–65% relative humidity, and a spray volume of 300 L ha<sup>-1</sup>. After 21 days, visual injury ratings were recorded, and shoot dry weight was measured after oven-drying samples at 72 °C for 48 h. Plant height and leaf area index (LAI) were also recorded. Changes in LAI were measured using an LAI meter and analyzed by fitting a logistic growth model. Data were subjected to ANOVA using SAS (version 9.4), mean comparisons were performed by LSD test at the 1% level, and data normality was checked using Minitab. Graphs were prepared using Microsoft Excel.

## Results and Discussion

In the evaluation of leaf area index, the highest value was observed in the control treatment of the Paveh ecotype (1.45), while the lowest value was recorded in the 2,4-DB treatment of the Marivan ecotype (0.24). Overall, the average reduction in leaf area index compared with the control treatment for the herbicides 2,4-DB, Totril, Granstar, and Atlantis was 58.03%, 48%, 41.4%, and 21.03%, respectively. Visual assessment results indicated that the herbicides 2,4-DB (99%) and Totril (95.5%) had the greatest effect on controlling the *Medicago sativa* ecotypes, whereas Atlantis (53.7%) showed the lowest control efficiency. The highest percentage reduction in plant height compared to the control treatment was observed as follows: 2,4-DB (68.52% in the Hamedan ecotype), Totril (58.68% in the Sazez ecotype), Granstar (38.71% in the Nahavand ecotype), and Atlantis (26.02% in the Hamedan ecotype). In the evaluation of leaf area index (LAI), the highest value was recorded in the control treatment of the Paveh ecotype (1.45), and the lowest value in the 2,4-DB treatment of the Marivan ecotype (0.24). Overall, the average reduction in LAI compared with the control for 2,4-DB, Totril, Granstar, and Atlantis was 58.03%, 48%,

41.4%, and 21.03%, respectively. Regarding shoot dry weight, the highest value was observed in the control treatment of the Paveh ecotype (28.67 g), and the lowest in the 2,4-DB treatment of the Saez ecotype (5.11 g). In general, Totril and 2,4-DB caused the greatest reduction in shoot dry weight of *Medicago sativa*, whereas Atlantis had the least reduction compared to the other herbicides.

## Conclusion

The study demonstrated that Totril and 2,4-DB herbicides were the most effective in controlling *Medicago sativa* as a weed, while Granstar and Atlantis showed lower efficacy. Considering the potential phytotoxicity of 2,4-DB in orchards, Totril is recommended as a safer option for weed management in such environments. Furthermore, the Paveh and Semnan ecotypes, with higher shoot dry weight and leaf area index, were identified as herbicide-resistant and high-performing, making them suitable for cultivation purposes. Pre-emergence application of effective herbicides like Totril is advised to control weeds without reducing crop performance.

**Keywords :** Dry weight, Visual assessment, Totril, Atlantis, Herbicide efficacy

## ارزیابی واکنش اکوتیپ‌های یونجه‌باغی (*Coronilla varia*) به علف‌کش‌های مختلف پس‌رویشی در

### شرایط گلخانه‌ای با هدف امکان‌سنجی کشت زراعی

رحیمه صابرفر<sup>۱</sup>، غلامرضا حیدری<sup>۱\*</sup>، فرزاد نظری<sup>۲</sup>، سیروان بابائی<sup>۱</sup>، ایوب ملااحمد نالوسی<sup>۲</sup>

تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۰۳/۲۸

تاریخ بازنگری: ۱۴۰۴/۰۵/۲۹

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۰۶/۲۳

۱- گروه تولید و ژنتیک گیاهی، دانشگاه کردستان، سنندج، ایران

۲- گروه علوم و مهندسی باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه کردستان، سنندج، ایران

<https://doi.org/10.22067/jpp.2025.94023.1236>

## چکیده

به‌منظور بررسی واکنش اکوتیپ‌های مختلف یونجه باغی نسبت به علف‌کش‌ها آزمایشی در سال ۱۴۰۳ در گلخانه‌ی دانشگاه کردستان به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح پایه کاملاً تصادفی در چهار تکرار اجرا شد. فاکتور اول شامل ده اکوتیپ مختلف یونجه باغی (نپاوند، همدان، سمنان، ایلام، کرمانشاه، پاه، سنندج، مریوان، سقز، سروآباد) و فاکتور دوم پنج سطح علف‌کش شامل (شاهد بدون علف‌کش، توتربیل (ایوکسینیل)، توفوردی بی (۲ و ۴-دی کلروفنوکی دی‌هیدروکسی)، گرانستار (تری‌بنورون متیل) و آتالانتیس (یدوسولفورون متیل سدیم + مزوسولفورون متیل + ایمن کننده مفن پیر دی اتیل) بود. صفات مورد ارزیابی شامل خسارت چشمی، ارتفاع بوته، شاخص سطح برگ و وزن خشک بودند. نتایج حاصل از ارزیابی چشمی نشان داد که علف‌کش‌های توفوردی بی (۹۹ درصد) و توتربیل (۹۵/۵ درصد) بیشترین تأثیر در کنترل اکوتیپ‌های یونجه‌باغی را داشتند، درحالی‌که آتالانتیس (۵۳/۷ درصد) کمترین میزان کنترل را نشان داد. بیشترین درصد کاهش ارتفاع نسبت به تیمار شاهد به‌ترتیب در علف‌کش‌های توفوردی بی (۶۸/۵۲ درصد در اکوتیپ همدان)، توتربیل (۵۸/۶۸ درصد در اکوتیپ سقز)، گرانستار (۳۸/۷۱ درصد در اکوتیپ نپاوند) و آتالانتیس (۲۶/۰۲ درصد در اکوتیپ همدان) مشاهده شد. در بررسی شاخص سطح برگ بیشترین مقدار مربوط به تیمار شاهد پاه (۱/۴۵) و کمترین مقدار مربوط به تیمار توفوردی بی در اکوتیپ مریوان (۰/۲۴) بود. به‌طور کلی، میانگین کاهش شاخص سطح برگ در مقایسه با تیمار شاهد برای علف‌کش‌های توفوردی بی، توتربیل، گرانستار و آتالانتیس به‌ترتیب ۴۸، ۴۱/۴ و ۲۱/۰۳ درصدی بود. در خصوص وزن خشک، بیشترین مقدار به تیمار شاهد در اکوتیپ پاه (۲۸/۶۷ کیلوگرم) و کمترین مقدار به تیمار توفوردی بی در اکوتیپ سقز (۵/۱۱ کیلوگرم) اختصاص داشت. به‌طور کلی، علف‌کش‌های توتربیل و توفوردی بی بیشترین تأثیر کاهش در وزن خشک یونجه باغی را نشان دادند، در حالی‌که آتالانتیس کمترین کاهش را در مقایسه با سایر علف‌کش‌ها ایجاد کرد.

**کلمات کلیدی:** وزن خشک، ارزیابی چشمی، توتربیل، آتالانتیس، کارایی علف‌کش

## مقدمه

یونجه‌باغی (*Coronilla varia*) گیاهی چندساله، تتراپلوئید ( $2n=24$ ) و متعلق به خانواده Fabaceae است. این گونه به‌عنوان یک گیاه پوششی زینتی و مرتعی، به‌طور گسترده‌ای برای کنترل علف‌های هرز، تثبیت نیتروژن جوی، افزایش فعالیت‌های آنزیمی و بهبود شرایط خرداقلیمی خاک مورد استفاده قرار می‌گیرد. یونجه‌باغی به‌ویژه در حاشیه جاده‌ها و بزرگراه‌ها، با هدف کاهش فرسایش خاک و استحکام‌بخشی به بسترهای کناری، کاشت می‌شود (Molano-Flores, 2014). این گیاه از طریق بذر یا ریزوم تکثیر می‌یابد و در خاک‌هایی با شوری ۵/۰ درصد رشد می‌کند (Wu et al., 2011). یونجه‌باغی بومی اروپای مرکزی و جنوبی است و در حال حاضر کشت آن در منطقه مدیترانه، روسیه، خاورمیانه و ایالات متحده رایج است (Gustine and Moyer, 1990). در ایران در مراتع و باغات و حاشیه مزارع استان‌های مازندران، ایلام، لرستان، گیلان، قم، کرمانشاه، گرگان، کردستان و چهارمحال بختیاری گزارش شده است (Salehi Shanjani et al., 2023). یونجه‌باغی عمدتاً به‌منظور تولید علوفه کشت می‌شود و از نظر ارزش غذایی، قابل مقایسه با یونجه معمولی (*Medicago sativa*) است. با این حال، به‌دلیل وجود ترکیبات نیتروگلیکوزیدی در بافت‌های گیاه، مصرف آن برای اسب‌ها و سایر حیوانات غیرنشخوارکننده می‌تواند سمی و خطرناک باشد. مصرف بیش از حد یونجه‌باغی می‌تواند موجب بروز عوارضی نظیر کندی رشد، بروز سکنه مغزی و در موارد شدید، مرگ شود. این گیاه حاوی ترکیب سمی گلیکوزیدی به‌نام «کرونیلین» است که عامل اصلی این اثرات سمی شناخته می‌شود (Al-Snafi, 2016). در ایران یونجه‌باغی به‌عنوان گیاه مرتعی و گاهی علف‌هرز باغات شناخته می‌شود، اما تاکنون به‌عنوان گیاه علوفه‌ای زراعی کشت نشده است. چنانچه یونجه‌باغی با هدف علوفه‌ای کشت گردد، باتوجه به اینکه رشد و نمو گیاهان علوفه‌ای چندساله، در سال اول استقرار به‌آهستگی صورت می‌گیرد به‌همین دلیل، در رقابت با علف‌های هرز به‌شدت آسیب می‌بیند (Sowinski, 2014). بنابراین باتوجه به اینکه یونجه در سال اول استقرار رشد کندی دارد، در رقابت با علف‌های هرز به‌شدت آسیب‌پذیر است و کنترل شیمیایی علف‌های هرز در چنین مراحل اهمیت ویژه‌ای دارد. بنابراین، تعیین حساسیت یا مقاومت یونجه‌باغی نسبت به علف‌کش‌های پس‌رویشی برای ارزیابی امکان کشت زراعی این گونه ضروری است. علف‌های هرز شدیدترین و گسترده‌ترین محدودیت بیولوژیکی در سیستم‌های تولید کشاورزی به‌شمار می‌روند و به اراضی زراعی و غیرزراعی خسارت وارد می‌کنند. آن‌ها عملکرد و کیفیت محصول را کاهش و هزینه تولید را افزایش می‌دهند. کشاورزی فشرده در دوران انقلاب سبز، استفاده از کودهای شیمیایی و رقم‌های پاکوتاه و روش‌های نوین کشت و آبیاری را توسعه داد که باعث افزایش رشد علف‌های هرز در مزارع و استفاده گسترده از علف‌کش‌ها برای کنترل آن‌ها شد (Nath et al., 2024).

علف‌کش توفوردی بی (۲،۴-دی کلروفنوکسی‌دی‌هیدروکسی) یک علف‌کش پس‌رویشی با اثر اختصاصی بر علف‌های هرز پهن‌برگ است که در مدیریت علف‌هرز بسیاری از محصولات زراعی، به‌ویژه در سیستم‌های بدون خاک‌ورزی (No-tillage)، به‌کار می‌رود (Gazola et al., 2022). از علف‌کش‌های پهن‌برگ متداول مزارع یونجه در ایران داکتال، گراماکسون، راندآپ، پرسویت، توفوردی و بازگران و باریک‌برگ‌کش فوزیلید فورته و گالانت سوپر را می‌توان نام برد (Zand et al., 2019). توتریل، گرانستار و آتلانتیس از ترکیبات فعال گروه سولفونیل‌اوره هستند مواد موثره از طریق برگ‌های علف‌های هرز جذب می‌شوند و با مهار آنزیم‌های ALS رشد آن‌ها را متوقف می‌کنند (Said and Jaff, 2020). توتریل علف‌کشی پس‌رویشی است که در مزارع پیاز ایران مورد استفاده قرار می‌گیرد و قادر به کنترل تاج‌خروس، خرفه، پنیرک، پیچک، هویج‌وحشی و شاه‌تره می‌باشد (Rouzkhush et al., 2024). علف‌کش‌گرانستار به‌دلیل سمیت پایین برای پستانداران، خطر زیست‌محیطی اندک، قابلیت استفاده در دزهای پایین، قیمت مناسب و توانایی کنترل طیف وسیعی از علف‌های هرز پهن‌برگ به‌طور گسترده در مدیریت علف‌های هرز مزارع گندم در ایران مورد استفاده قرار می‌گیرد (Tahmasebi et al., 2024). استفاده مکرر گندمکاران و نارضایتی از کنترل بهینه و مؤثر علف‌کش گرانستار، منجر به بررسی مقاومت علف‌های هرز پهن‌برگ در مزارع گندم ایران شده است. طی فراخوانی ملی در سال ۱۳۹۷، در مجموع ۲۴۰ جمعیت علف‌های هرز پهن‌برگ متعلق به ۱۳ گونه و ۷ خانواده گیاهی از ۱۵۳ مزرعه گندم در ۷۲ شهرستان در ۱۴ استان مشکوک به مقاوم بودن به علف‌کش گرانستار جمع‌آوری شد و به‌طور کلی، نتایج نشان داد که ۵۱/۷ درصد از جمعیت‌های غربال شده (۱۲۴ جمعیت) در برابر گرانستار مقاومت داشتند (Tahmasebi et al., 2024). در فرآیند مدیریت علف‌های هرز استفاده از دوزهای پایین علف‌کش به دلیل خطر کمتر برای محیط زیست توصیه می‌شود، به‌ویژه آن‌هایی که دارای سولفونیل‌اوره هستند (Kovach et al., 1992). آتلانتیس علف‌کشی، حاوی مزوسولفورون‌متیل و یدوسولفورون‌متیل‌سدیم که از ترکیبات فعال گروه سولفونیل‌اوره هستند، می‌باشد و به‌طور گسترده برای کنترل علف‌های هرز پهن‌برگ و همچنین برخی از علف‌های هرز یکساله در مزارع گندم استفاده می‌شوند (Said and Jaff, 2020). در یک مطالعه، تأثیر نمک سدیم توفوردی در غلظت‌های مختلف بر گندم و علف‌های هرز *Rumex dentatus* L. و *Medicago polymorpha* L. بررسی شد. نتایج نشان داد که دوزهای ۵ تا ۲۰ گرم تأثیر معنی‌داری بر عملکرد گندم نداشت ولی استفاده از دوزهای پایین توفوردی موجب کاهش پتانسیل تولید بذر علف‌های هرز شد (Kaur and Kaur, 2019). در یک پژوهش به‌منظور کنترل علف‌های هرز *Medicago sativa* L. از علف‌کش‌های مختلفی شامل ارادیکان، سنکور، توفوردی بی، بازگران و پرسویت

استفاده شدند. نتایج نشان داد که در کنترل علف‌های هرز پهن‌برگ، علف‌کش سنکور با ۹۹ و ۹۷ درصد و پس از آن پرسویت با ۹۱ و ۹۰ درصد کارایی، بیشترین تأثیر را داشتند، درمقابل ارادیکان با ۳۶ و ۴۴ درصد، ضعیف‌ترین عملکرد را در این گروه از علف‌های هرز نشان داد. برای کنترل علف‌های باریک‌برگ، ارادیکان با اثر بخشی ۱۰۰ درصد و سنکور با ۸۷ و ۹۱ درصد، به‌عنوان مؤثرترین علف‌کش‌ها شناسایی شدند (Norouzi et al., 2023). در مراتع طبیعی، کاربرد توفوردی با غلظت ۱/۵ لیتر در هکتار در اواسط ماه جولای، علف‌های هرز پهن‌برگ را به‌طور مؤثر کنترل کرد، بدون اینکه تأثیر قابل توجهی بر کیفیت علوفه داشته باشد (Faji et al., 2022). استفاده از علف‌کش‌های گرانستار، فلوروکسی پیر (استاران) و ترکیب هر دو (تاگون) بر روی علف‌های هرز مزارع گندم مصر بیانگر کاهش تراکم و زیست توده تازه و خشک علف‌های هرز پهن برگ مزارع گندم بود. تاگون منجر به حداکثر کاهش وزن تر علف‌های هرز پهن‌برگ شد و بالاترین راندمان کنترل علف‌های هرز را به‌همراه داشت (Khozimy et al., 2023). ارزیابی اثر ترکیب علف‌کش‌های تاپیک و گرانستار با نسبت‌های مختلف (به‌ترتیب ۰، ۱۲۰۰، ۱۶۰۰ و ۲۰۰۰ میلی‌لیتر در هکتار برای تاپیک و ۰، ۲۰، ۴۰ و ۶۰ گرم در هکتار برای گرانستار) نشان داد که تیمار ترکیبی تاپیک با ۲۰۰۰ میلی‌لیتر در هکتار همراه با ۶۰ گرم در هکتار گرانستار بیشترین میزان کاهش رشد کل علف‌های هرز را به‌دنبال داشته است (Hussain et al., 2018). در پژوهشی جهت بررسی اثر علف‌کش‌های پیش‌رویشی و پس‌رویشی بر عملکرد گندم، از علف‌کش استامپ+ اتلانتیس و ترفلان + اتلانتیس، استفاده شد که علف‌کش ترفلان به‌صورت پیش‌کاشت و استامپ به‌صورت پیش‌رویشی مصرف شد. استفاده از علف‌کش پیش‌کاشتی استامپ به‌همراه علف‌کش اتلانتیس منجر به افزایش عملکرد نسبت به تیمار شاهد و مصرف علف‌کش ترفلان گردید (Moghaddam et al., 2023). در مطالعه‌ای دیگر اثرات چهار علف‌کش تاپیک، بازگران، اکسیال و اتلانتیس بر رشد، عملکرد دو رقم گندم (وافیه و اوزکان) و ویژگی‌های علف‌های هرز بررسی شد. علف‌کش تاپیک با اکسیال وزن خشک علف‌های هرز را به ۵۳/۶۰ گرم در مترمربع کاهش داد و کمترین تأثیر مربوط به علف‌کش اتلانتیس بود. کمترین عملکرد دانه (۳۸۴/۶۰ گرم در مترمربع) با اکسیال در گندم وافیا مشاهده شد (Al-Hashemi, and Al-Obaidi, 2024). در پژوهشی جهت کنترل علف‌های هرز پهن برگ مزرعه پیاز استفاده از علف‌کش‌های توتریل، گل و استامپ از نظر کارایی کنترل علف‌های هرز و افزایش عملکرد نتایج مشابهی را بدست آوردند (Mamnooei and Atari, 2020). برای کنترل علف‌هرز گل‌قاصدک در چمن فریژکتاکی از دو علف‌کش یو ۴۶- کمبی فلویید و دوپلوسان سوپر و برهمکنش آن‌ها با توتریل استفاده شد. نتایج نشان داد که ترکیب ۲ لیتر در هکتار یو ۴۶- کمبی فلویید و همچنین ۲/۵ لیتر در هکتار دوپلوسان سوپر و توتریل بهترین کارایی را در کاهش وزن علف‌هرز و بهبود کیفیت چمن داشتند (Mesbahi et al., 2023). با توجه به اهمیت مدیریت علف‌های هرز در استقرار گیاهان علوفه‌ای چندساله و نبود اطلاعات کافی درباره حساسیت یونجه‌باغی (*Coronilla varia*) به علف‌کش‌های پس‌رویشی، هدف این پژوهش ارزیابی واکنش اکوتیپ‌های مختلف این گیاه به علف‌کش‌های متداول است تا امکان سنجی استفاده زراعی آن به‌عنوان گیاه علوفه‌ای بررسی گردد.

## مواد و روش‌ها

به‌منظور بررسی اثر علف‌کش‌ها بر روی اکوتیپ‌های مختلف یونجه باغی، آزمایشی به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با چهار تکرار در گلخانه دانشگاه کردستان در سال ۱۴۰۳ اجرا شد. عامل اول در این طرح اکوتیپ‌های مختلف یونجه‌باغی (نپاوند، همدان، سمنان، ایلام، کرمانشاه، پاوه، سنج، مریوان، سقز، سروآباد) و عامل دوم سموم علف‌کش (شاهد (بدون علف‌کش)، توتریل (ایوکسینیل)، توفوردی بی (۲ و ۴-دی کلروفنوکی‌دی‌هیدروکسی)، گرانستار (تری‌نورون متیل) و اتلانتیس (یدوسولفورون متیل سدیم + مزوسولفورون متیل + ایمن‌کننده مفن پیر دی اتیل) بود. بذر اکوتیپ‌های مختلف یونجه باغی از مراتع، باغات و حاشیه مزارع استان‌های همدان، کرمانشاه، کردستان، ایلام و سمنان جمع‌آوری گردید. برای تهیه بوته‌های یکسان، بر اساس روش تاپ پیپر، تعداد ۵۰ عدد بذر از هر اکوتیپ پس از ضدعفونی بر روی کاغذ صافی واتمن شماره ۱ در پتری دیش‌هایی به قطر ۹ سانتی‌متر در ژرمیناتور (مدل MLR-350H، شرکت الکتریک سانپو ژاپن) در دمای ۲۰ درجه سلسیوس در شرایط ۸ ساعت نور و ۱۶ ساعت تاریکی قرار داده شد (Vivanco et al., 2021). پس از جوانه‌زنی، بذرهای یکنواخت هر اکوتیپ انتخاب و به‌تعداد ۵ عدد در گلدان‌های پلاستیکی با ارتفاع و قطر دهانه ۲۱ سانتی‌متر و سطح مقطع ۱۷۵ سانتی‌مترمربع در بستر کاشت ترکیب خاک زراعی، ماسه و کود دامی پوسیده به نسبت حجمی یکسان کشت شدند. شرایط رشد گیاه در گلخانه شامل دمای روز/شب ۳ ± ۲۵/۱۷ درجه سلسیوس، رطوبت نسبی ۵۰ ± ۵ درصد، شدت شار نوری فتوسنتزی ۹۰۰-۷۰۰ میکرومول بر مترمربع بر ثانیه و یک فتوپریود ۱۴ ساعته بود. پس از استقرار گیاه و رسیدن به مرحله چهار برگ، تراکم گیاهی از طریق تنک‌سازی به دو بوته در هر گلدان کاهش یافت. با شروع مرحله تشکیل انشعابات فرعی (تقریباً ۲ ماه پس از کاشت)، در یک نوبت تیمار علف‌کش‌ها با دز توصیه شده برای گندم (توتریل ۱/۵ لیتر در هکتار)، توفوردی بی (۲ لیتر در هکتار)، گرانستار (۲۰ گرم در هکتار) و اتلانتیس (۱/۵ لیتر در هکتار) اعمال شد. محلول‌پاشی با سمپاش پستی جکتو برزیل مدل

PJH مجهز به نازل مخروطی توخالی در فشار ۳ بار و حجم پاشش معادل ۳۰۰ لیتر در هکتار انجام شد. عملیات سمپاشی در گلخانه با دمای ۲۲±۲ درجه سانتی‌گراد و رطوبت نسبی ۶۰-۶۵٪ انجام شد. توسط سمپاش پستی جکتو ساخت برزیل، مدل PJH مورد استفاده قرار گرفتند. پس از گذشت ۲۱ روز از اعمال تیمارها، درصد خسارت به‌صورت چشمی در مقیاس صفر (عدم خسارت) و ۱۰ (نابودی کامل گیاه) ارزیابی گردید (Donald, 2002; Abbasi and Hamill, 1977; Alizadeh, 2012).

طبق روش ارزیابی (Adkins et al., 1977)، چهار هفته پس از مصرف علف‌کش، جمعیت‌هایی گیاهی براساس وزن خشک نسبت به شاهد به سه گروه طبقه‌بندی می‌شوند: جمعیت‌هایی با بیش از ۸۰ درصد وزن خشک نسبت به شاهد به‌عنوان مقاوم، جمعیت‌هایی با حداقل ۵۰ درصد وزن خشک به‌عنوان احتمالاً مقاوم و جمعیت‌هایی با کمتر از ۵۰ درصد وزن خشک، مستعد (حساس) در نظر گرفته می‌شوند. برای برآورد وزن خشک اندام‌های هوایی، پس از برداشت اکوتیپ‌های مختلف، نمونه‌ها در آون با دمای ۷۲ درجه سانتی‌گراد به مدت ۴۸ ساعت قرار داده و سپس نمونه‌ها توزین شدند. ارتفاع بوته با استفاده از خط‌کش برآورد گردید. شاخص سطح برگ در هر گلدان نیز برای اکوتیپ‌های مختلف یونجه‌باغی اندازه‌گیری شد. شاخص سطح برگ توسط دستگاه سنجش سطح برگ (مدل C/202-USA) قبل از سم‌پاشی و در طی دوره ۲۱ روزه هر سه روز نیز اندازه‌گیری شد و سپس مقادیر روزانه شاخص سطح برگ از برازش تابع لوجستیکی از رابطه ۱ محاسبه گردید (Yusuf, 1999):

$$(۱) LAI = a + b \times 4 \times \frac{\left(\exp\left(-\frac{t-c}{d}\right)\right)}{1 + \exp\left(\frac{(-t-c)^2}{d}\right)}$$

در این معادله LAI شاخص سطح برگ، b حداکثر شاخص سطح برگ، c زمان رسیدن به حداکثر شاخص سطح برگ، a و d ضرایب معادله و t روز پس از سبز شدن می‌باشد. تجزیه واریانس داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار آماری SAS (نسخه ۹/۴) انجام شد. مقایسه میانگین تیمارهای آزمایشی براساس آزمون حداقل اختلاف معنی‌دار (LSD) در سطح یک درصد انجام شد. بررسی نرمال بودن توزیع داده‌ها نیز با بهره‌گیری از نرم‌افزار Minitab صورت گرفت. ترسیم نمودارهای گرافیکی نتایج با استفاده از نرم‌افزار Excel انجام شد.

## نتایج و بحث

### ارزیابی چشمی

ارزیابی چشمی ۲۱ روز پس از مصرف علف‌کش‌ها نشان داد که بین نوع علف‌کش، اکوتیپ‌های مختلف یونجه‌باغی و اثر متقابل آن‌ها، اختلاف معنی‌داری وجود داشت (جدول ۱). نتایج مقایسه میانگین اثر متقابل اکوتیپ‌های مختلف یونجه‌باغی با علف‌کش‌ها نشان داد که علف‌کش‌های توفوردی بی، توتریل و سپس گرانتستار بیشترین خسارت را به یونجه‌باغی وارد کردند، در حالی که علف‌کش آتلانتیس کمترین خسارت را در بین تمام اکوتیپ‌ها داشت. مقاوم‌ترین اکوتیپ نسبت به علف‌کش‌ها، اکوتیپ مریوان با ۶۹/۳ درصد خسارت بود و بیشترین خسارت، معادل ۹۳/۷ درصد، در اکوتیپ سروآباد مشاهده شد. توفوردی بی یک پیش‌علف‌کش است که در گیاه از طریق بتا‌اکسیداسیون تبدیل به توفوردی می‌شود و بر روی گیاهان هدف اثرگذار است. گیاهان خانواده حبوبات به‌دلیل نگهداری کمتر علف‌کش توفوردی بی روی برگ، جذب و انتقال کمتر و تجزیه سریع‌تر از طریق بتا-اکسیداسیون، نسبت به علف‌های هرز پهن‌برگ مقاومت بیشتری دارند. از این‌رو برای کنترل علف‌های هرز پهن‌برگ حبوبات قابل استفاده خواهد بود (Zimdahl, 2012; Hawf et al., 1974). در مطالعه‌ی (Norouzi et al., 2023)، توفوردی بی تأثیر منفی بر عملکرد یونجه نداشت و حتی در برخی تیمارها باعث افزایش عملکرد شد که نشان‌دهنده مقاومت یونجه به این علف‌کش است. با این حال، در تحقیق حاضر، توفوردی بی بیشترین خسارت را به یونجه‌باغی وارد کرد که نشان‌دهنده حساسیت این اکوتیپ‌ها به این علف‌کش است. یکی از دلایل احتمالی این حساسیت، تحریک تولید اتیلن در گیاهان حساس توسط توفوردی بی است که منجر به بروز علائم سمیت و کاهش رشد می‌شود (Grossmann, 2010). کاربرد نمک سدیم توفوردی بی در دوزهای زیر کشنده (۵-۵۰ گرم در هکتار) هیچ علائم سمیت گیاهی بر روی علف‌های هرز *Rumex dentatus* L. و *Medicago polymorpha* L. نشان نداد، درحالی‌که بالاترین دوز آن (۵۰۰ گرم در هکتار) در ۲۱ روز پس از کاشت، بر رشد هر دو گونه علف‌هرز تأثیر منفی گذاشت، اما نتوانست باعث کنترل کامل آن‌ها شود و نشان‌دهنده اثربخشی ضعیف علف‌کشی در برابر این علف‌های هرز دولپه‌ای است (Kaur and Kaur, 2019).

در مطالعه‌ای از علف‌کش‌های بنتازون، توفوردی بی و ایمازتاپیر در بهار در مرحله ۶ تا ۸ برگی یونجه و اوایل رشد علف‌های هرز در همدان و یزد استفاده شد. توفوردی بی سبب کنترل صددرصدی علف‌هرز *Convolvulus arvensis* و سایر علف‌های هرز پهن‌برگ در مزرعه یونجه زراعی همدان شد و بر روی یونجه زراعی در یزد در دوزهای ۳/۱ و ۳/۵ لیتر در هکتار سبب گیاه‌سوزی جزئی یونجه گردید و مناسب‌ترین علف‌کش در مقایسه با بازرگان ایمازتاپیر از

لحاظ افزایش وزن خشک یونجه شد (Mighani et al., 2010). در پژوهشی دیگر ارزیابی چشمی کنترل علف‌هرز *Boreava orientalis* Jaub. And *Spach* توسط علف‌کش‌ها نشان داد که علف‌کش‌های پس‌رویشی توفوردی+ام‌سی‌پی‌آ و گرانستار بالاترین سطح کنترل جمعیت این علف‌هرز را داشتند و درمقابل سایر تیمارهای علف‌کشی تأثیری ضعیف تا بسیار ضعیف در کنترل *Boreava orientalis* Jaub. And *Spach* نشان دادند، همچنین تیمارهای پس‌رویشی آتلاتنیس و توتال کمترین اثربخشی را در کاهش جمعیت این علف‌هرز داشتند (Adeli et al., 2024). نتایج ارزیابی چشمی اثر علف‌کش‌های توفوردی‌بی و توتریل بر اکوتیپ‌های یونجه‌باغی نشان داد که این دو علف‌کش بالاترین میزان کنترل را داشتند، درحالی‌که علف‌کش آتلاتنیس کمترین اثر کنترلی را نشان داد. در صورتی که یونجه‌باغی به‌عنوان گیاه زراعی کشت شود، کاربرد علف‌کش‌های پس‌رویشی توفوردی‌بی، توتریل و گرانستار ممکن است باعث گیاه‌سوزی گردد. بنابراین، کاربرد این علف‌کش‌ها برای کنترل علف‌های هرز در مزارع یونجه‌باغی به‌صورت پس‌رویشی توصیه نمی‌شود و باید از روش‌های جایگزین یا زمان‌بندی متفاوت استفاده کرد.

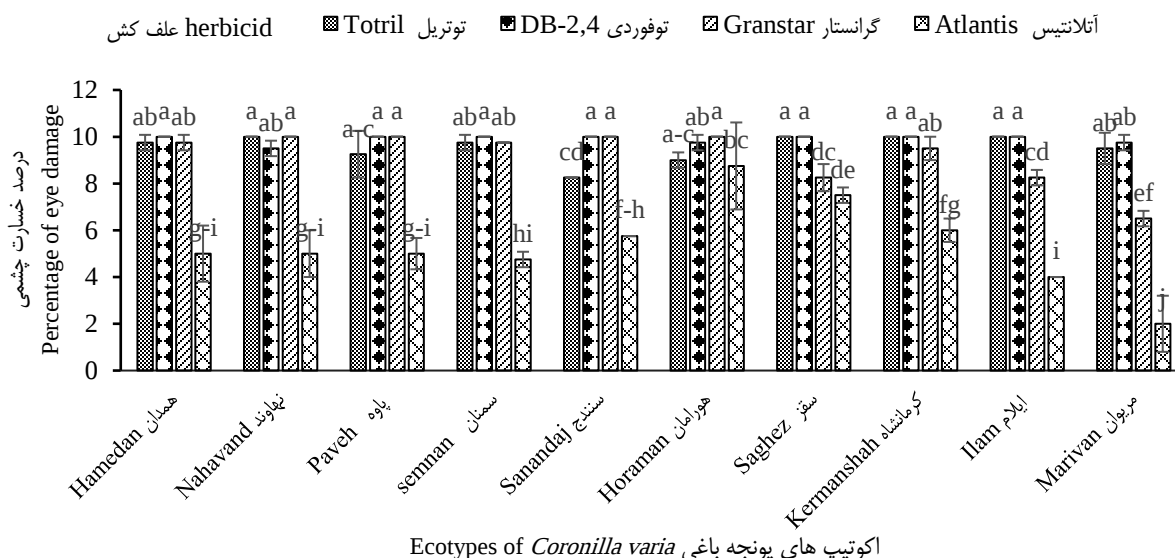
جدول ۱- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) درصد خسارت چشمی، ارتفاع بوته، وزن تر و خشک اندام هوایی اکوتیپ‌های مختلف یونجه‌باغی تحت تأثیر علف‌کش‌های مختلف

Table 1. Analysis of variance (mean squares) for visual damage percentage, plant height, fresh and dry weight of aerial parts of different orchard *coronilla varia* ecotypes under the influence of applied herbicides

| میانگین مربعات<br>MS                   |                     |                                          |                             |                                 |                                            |
|----------------------------------------|---------------------|------------------------------------------|-----------------------------|---------------------------------|--------------------------------------------|
| منابع تغییرات<br>S.O.V                 | درجه<br>آزادی<br>df | درصد ارزیابی<br>چشمی<br>Visual Score (%) | ارتفاع بوته<br>Plant Height | شاخص سطح برگ<br>Leaf Area Index | وزن خشک اندام<br>هوایی<br>Shoot Dry Weight |
| اکوتیپ<br>Ecotype                      | 9                   | *5.360                                   | *173.738                    | *0.737                          | *286.518                                   |
| علف‌کش<br>Herbicide                    | 4                   | *712.030                                 | *1385.394                   | *2.200                          | *861.248                                   |
| اکوتیپ × علف‌کش<br>Ecotype × Herbicide | 36                  | *3.785                                   | *43.331                     | *0.096                          | *37.763                                    |
| خطای آزمایش<br>Error                   | 147                 | 0.668                                    | 15.309                      | 0.003                           | 7.441                                      |
| ضریب تغییرات (%)<br>CV (%)             | -                   | 12.01                                    | 15.40                       | 8.81                            | 20.68                                      |

\* معنی دار در سطح احتمال ۱ درصد

\* Significant at 1% probability level

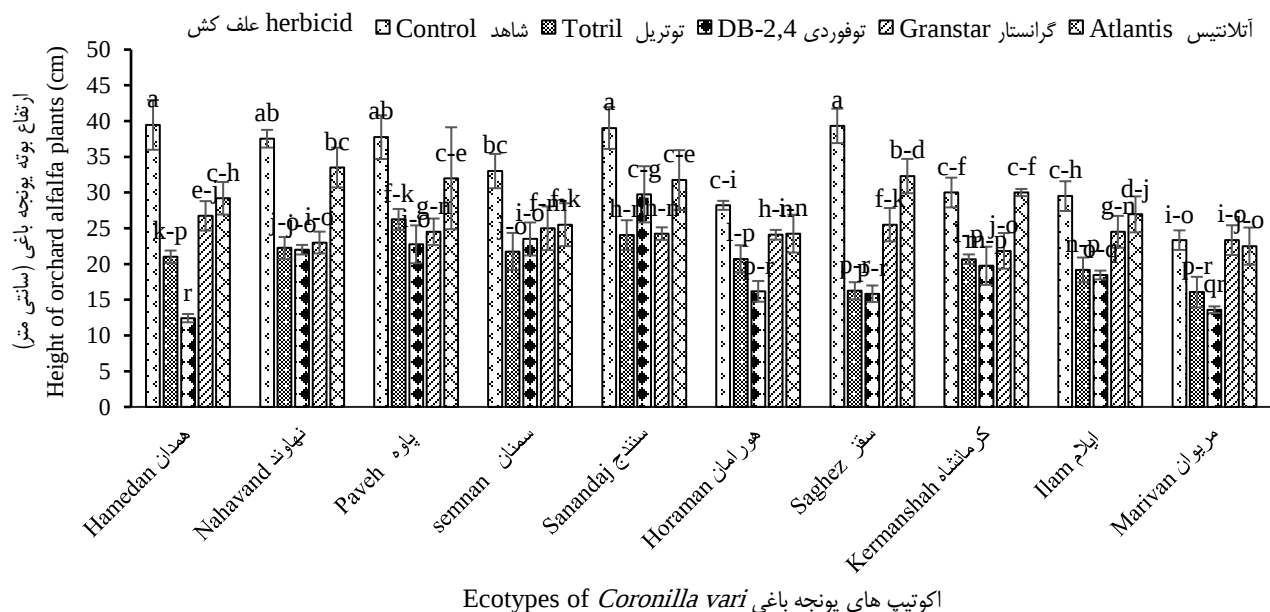


شکل ۱- مقایسه میانگین اثر سموم علف کش در اکوتیپ‌های مختلف یونجه باغی بر درصد خسارت چشمی (میله‌ها نشان‌دهنده میانگین  $\pm$  خطای استاندارد (SE) بر اساس چهار تکرار (n=4) هستند)

Figure 1. Comparison of the mean effect of herbicides on visual damage percentage among different orchard *coronilla varia* ecotypes (Bars represent the mean  $\pm$  SE (n =4)).

## ارتفاع بوته

نتایج تجزیه واریانس بیانگر آن بود که ارتفاع بوته‌های اکوتیپ‌های مختلف یونجه باغی به‌طور معنی‌داری تحت تاثیر سموم علف کش قرار گرفته است و اختلاف معنی‌داری بین علف کش‌ها، اکوتیپ‌های مختلف یونجه باغی و اثر متقابل علف کش بر اکوتیپ وجود دارد (جدول ۱). نتایج مقایسه میانگین نشان داد بین علف کش‌ها، علف کش توفوردی بی بیشترین اثر و علف کش آتلانتیس کمترین اثر را بر کاهش ارتفاع داشته است. کمترین (۱۲/۴۲ سانتی‌متر) و بیشترین (۳۹/۴۶ سانتی‌متر) ارتفاع بوته مربوط به علف کش توفوردی بی و نمونه شاهد در اکوتیپ همدان بود. علف کش توتریل بیشترین تاثیر در کاهش ارتفاع را در اکوتیپ سقز با ۵۸/۶۸ درصد نسبت به شاهد و کمترین کاهش ارتفاع در اکوتیپ مریوان با ۲۳/۳۴ درصد نسبت به شاهد داشت. بیشترین درصد کاهش ارتفاع نسبت به شاهد در علف کش توفوردی بی مربوط به اکوتیپ همدان با ۶۸/۵۲ درصد کاهش و کمترین درصد کاهش ارتفاع مربوط به اکوتیپ سنندج با ۲۳/۷۷ درصد کاهش بود. علف کش گرانستار بیشترین تاثیر در کاهش ارتفاع را در اکوتیپ نهاوند با ۳۸/۷۱ درصد نسبت به شاهد داشت و اکوتیپ مریوان نسبت به شاهد کاهش ارتفاعی نداشت. علف کش آتلانتیس ۲۶/۰۲ درصد کاهش ارتفاع نسبت به شاهد در اکوتیپ همدان را نشان داد و در اکوتیپ کرمانشاه کاهش ارتفاع نسبت به شاهد نشان داده نشد. در تحقیقی استفاده از ترکیب سموم (ایزوپروتورون و توفوردی)، همچنین توفوردی خالص سبب افزایش ارتفاع محصول گردید که بیانگر تاثیر این سموم در کنترل علف‌های هرز و عدم رقابت علف‌های هرز با محصول می‌باشد (Sharma et al., 2024). بیشترین ارتفاع ساقه در خردل برگ‌مومی در تیمار علف کش آتلانتیس و کمترین آن در علف کش توفوردی مشاهده شد. علف کش توفوردی از علف کش‌های هورمونی محسوب می‌گردد که سبب اختلال در رشد و در نتیجه کاهش ارتفاع بوته می‌شود (Adeli et al., 2024).



اکوتیپ های یونجه باغی *Coronilla vari* Ecotypes of

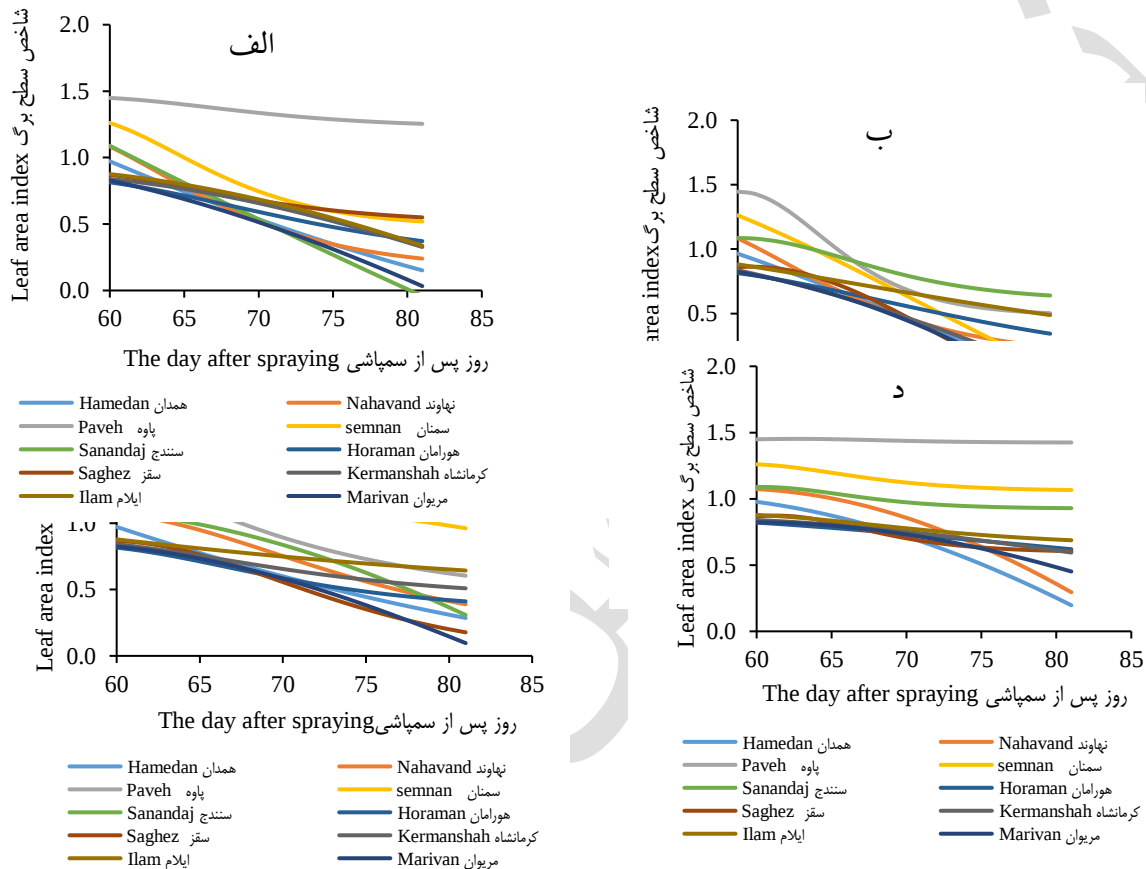
شکل ۲- مقایسه میانگین اثر سموم علف کش در اکوتیپ های مختلف یونجه باغی بر ارتفاع بوته (میلها نشان دهنده میانگین  $\pm$  خطای استاندارد (SE) بر اساس چهار تکرار (n=4) هستند)

Figure 2- Comparison of the average effect of herbicides on plant height in different *coronilla varia* ecotypes (Bars represent the mean  $\pm$  SE (n =4)).

### شاخص سطح برگ

شاخص سطح برگ (LAI) یکی از شاخص های مهم برای تعیین رشد گیاه است. بیشترین شاخص سطح برگ در زمان گل دهی حادث می شود (Campbel and Kondra, 1978). نتایج تجزیه واریانس نشان داد که شاخص سطح برگ یونجه باغی به طور معنی داری تحت تاثیر سموم علف کش قرار گرفته است و اختلاف معنادار بین اکوتیپ های مختلف یونجه باغی، سموم علف کش و اثر متقابل اکوتیپ های مختلف و سموم علف کش مشاهده شد (جدول ۱). قبل از سم پاشی توسط علف کش شاخص سطح برگ هر اکوتیپ بالاترین مقدار خود را داشت و سپس به دلیل اثر سموم و خشک شدن و از بین رفتن برگ ها سیر نزولی پیدا کرد. بیشترین شاخص سطح برگ مربوط به تیمار شاهد اکوتیپ پاه (۱/۴۵) و کمترین شاخص سطح برگ مربوط به تیمار توفوردی بی اکوتیپ مریوان (۰/۲۴) بود. به طور کلی، میانگین کاهش شاخص سطح برگ در مقایسه با تیمار شاهد برای علف کش های توفوردی بی، توتریل، گرانستار و آتلانتیس به ترتیب ۵۸/۰۳، ۴۸، ۴۱/۴ و ۲۱/۰۳ درصدی بود (شکل ۳).

در یک بررسی، بالاترین مقدار شاخص سطح برگ (LAI) در تیمار با علف کش آتلاتیس (۰/۷۷) مشاهده شد، در حالی که پایین ترین مقدار شاخص سطح برگ مربوط به تیمار با گرانستار در دو برابر دوز توصیه شده بود (Adeli et al., 2024). توتریل علف کشی است که با مهار فتوسنتز و توقف رشد گیاه، علف های هرز را کنترل می کند. کاربرد غلظت های مختلف توتریل می تواند موجب کاهش طول ریشه و برگ در گیاه شود (Gomurgen et al., 2023). در بررسی دیگر استفاده از سم متسولفورون، ترکیب سموم (ایزوپروتورون و توفوردی) و همچنین توفوردی خالص سبب افزایش شاخص سطح برگ محصول بر اثر کنترل علف های هرز پهن برگ مزرعه گندم گردید (Sharma et al., 2024).



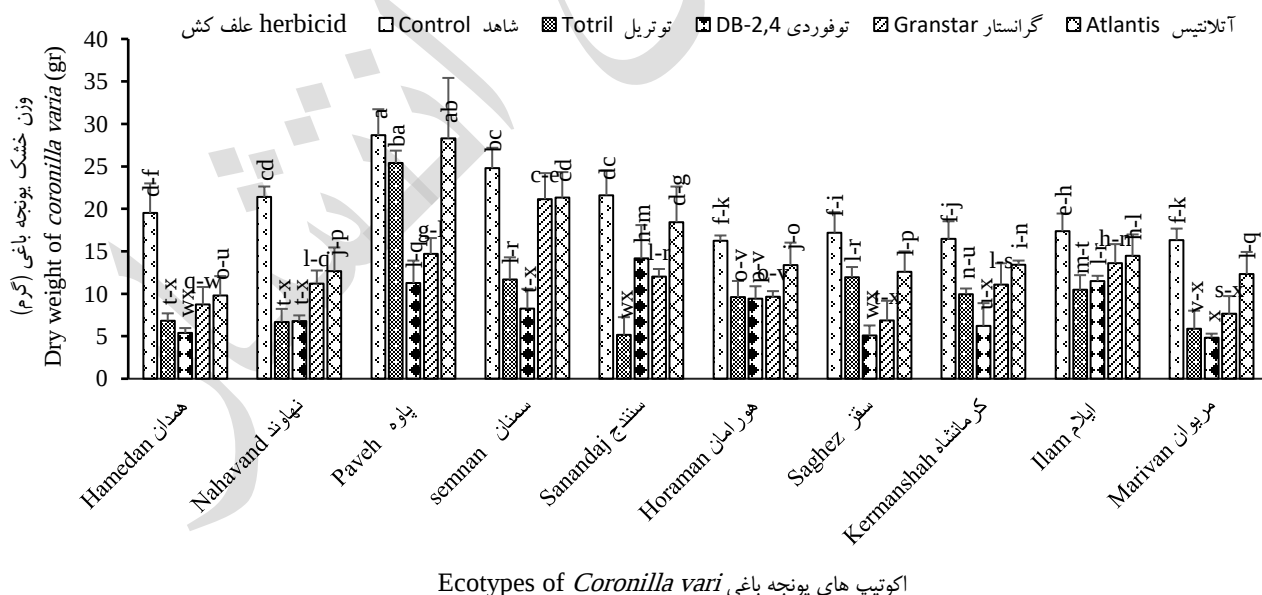
شکل ۳ - اثر سموم علف کش توتریل (الف)، توفوردی بی (ب)، گرانستار (ج) و آتلاتیس (د) در اکوتیپ های مختلف یونجه باغی بر روند تغییرات شاخص سطح برگ در طی ۲۱ روز پس از سم پاشی

Figure 3 - Effect of herbicides Tortril (A), DB-2,4 (B), Granstar (C) and Atlantis (D) in different *coronilla varia* ecotypes on changes in leaf area index during 21 days after spraying

### وزن خشک اندام های هوایی

وزن خشک اندام های هوایی یونجه باغی در این آزمایش به طور معنی داری تحت تاثیر سموم علف کش قرار گرفت و بین اکوتیپ های مختلف یونجه باغی، سموم علف کش و اثر متقابل اکوتیپ های مختلف و سموم علف کش اختلاف معنی دار مشاهده شد (جدول ۱). یکی از اجزای فیزیولوژیک عمده در تولید عملکرد و سرعت رشد محصول شاخص سطح برگ است که با جذب تابش خورشیدی، تعیین کننده میزان تولید ماده خشک گیاه می باشد؛ به طوری که در بسیاری از گونه ها با به حداکثر رسیدن سطح برگ، تولید ماده خشک نیز به اوج خود می رسد (Sarmadnia and Kochak, 2013). در بین علف کش های مورد استفاده، گرانستار و آتلاتیس بازدارنده ALS بوده و با مهار مسیر سنتز اسیدهای آمینه شاخه دار، تشکیل برگ های جدید را محدود می کنند و در نتیجه شاخص سطح برگ و وزن خشک اندام های هوایی کاهش می یابد (Al-Hashemi and Al-Obaidi, 2024). سایر علف کش ها مانند توتریل و توفوردی

بی مکانیسم ALS ندارند و اثر آن‌ها بیشتر از طریق اختلال در رشد طولی و تقسیم سلولی برگ و ریشه بروز می‌کند، که کاهش شاخص سطح برگ و وزن خشک را به دنبال دارد. بیشترین وزن خشک مربوط به تیمار شاهد اکوتیپ پاوه (۲۸/۶۷ کیلوگرم) و کمترین وزن خشک مربوط به تیمار توفوردی بی اکوتیپ سقز (۵/۱۱ کیلوگرم) بود. به‌طور کلی علف‌کش توتریل و توفوردی بی، سپس گرانستار سبب کاهش خشک یونجه باغی شدند و علف‌کش آتلانتیس کمترین کاهش خشک را نسبت به سایر علف‌کش‌ها نشان داد (شکل ۴). طبقه‌بندی اکوتیپ‌های مختلف نسبت به علف‌کش‌های مورد استفاده براساس روش (Adkins et al., 1977) در جدول ۲ نشان داده شد. نتایج تحقیق (Al-Hashemi and Al-Obaidi, 2024) نشان داد که کمترین تاثیر در کنترل علف‌های هرز گندم مربوط به سم آتلانتیس می‌باشد که با نتایج این تحقیق مطابقت دارد. استفاده از علف‌کش آتلانتیس جهت کنترل خردل وحشی با افزایش دوز آن سبب کاهش وزن خشک شد. (Adeli et al., 2024). در پژوهشی کاربرد برخی علف‌کش‌ها، با وجود اثر مؤثر بر علف‌های هرز پهن‌برگ، می‌توانند به یونجه (*Medicago sativa*) آسیب زده و وزن خشک آن را کاهش دهند. در میان علف‌کش‌های مورد بررسی، توفوردی بی فعالیت پس‌رویشی انتخابی مؤثری علیه علف‌های هرز پهن‌برگ داشت و تأثیر منفی قابل توجهی بر رشد و عملکرد یونجه نشان نداد (Arregui et al., 2001). بنابراین برخلاف نتایج تحقیق حاضر توفوردی بی می‌تواند برای مدیریت رقابت علف‌های هرز پهن‌برگ در مزارع یونجه به‌طور مؤثر استفاده شود و باعث حفظ یا افزایش وزن خشک گیاه شود. زمان و دُز مناسب کاربرد توفوردی بی نقش کلیدی در به حداکثر رساندن کنترل علف‌های هرز و حداقل کردن اثرات جانبی بر محصول دارد (Sharif et al., 2024). در مطالعه‌ی دیگر، از علف‌کش توفوردی بی ۳ و ۳/۵ لیتر در هکتار پس‌رویشی استفاده شد و سبب ۷۴ و ۷۵ درصد وزن خشک علف‌های هرز نسبت به شاهد شد (Norouzi et al., 2023). در این مطالعه نیز توفوردی سبب کاهش وزن یونجه‌باغی در تمام اکوتیپ‌ها نسبت به نمونه شاهد شد (شکل ۴). در پژوهشی دیگر، استفاده از سم زیستی آلایل‌ایزوتیوسیانات سبب کاهش صددرصدی تعداد غده و بیشترین کاهش وزن خشک اندام‌های هوایی و زیرزمینی اویارسلام را داشت و سپس علف‌کش‌های توتریل و توفوردی جهت کنترل علف‌هرز اویار سلام در مزارع پیاز سبب کاهش وزن خشک اندام‌های هوایی و زیرزمینی و تعداد غده اویارسلام شد (Rouzkhush et al., 2024). نتایج مطالعه‌ای نشان داد در میان فرمولاسیون‌های تجاری تری‌بنورون‌متیل، علف‌کش گرانستار (Granstar) در کنترل علف‌های هرز گندم بیشترین کارایی را داشت و در گروه سولفونیل‌اوره‌ها گزینه مناسبی برای استفاده در گندم محسوب می‌شود. گرانستار پس از اکسیال (Axial)، کش‌کول (Cash Cool) و تریونات (Tribunat) بیشترین تأثیر را در کاهش زیست‌توده علف‌های هرز نشان داد. همچنین گرانستار، اسکایلا (Skylia) و کش‌کول بیشترین کاهش تراکم علف‌های هرز را ایجاد کردند و گرانستار با کارایی کنترل علف‌هرز (WCE) معادل ۹۸/۳۲ درصد برترین عملکرد را داشت. (El-Kholy and El-Tawil, 2019).



شکل ۴- مقایسه میانگین اثر سموم علف‌کش در اکوتیپ‌های مختلف یونجه باغی بر وزن خشک (میله‌ها نشان‌دهنده میانگین  $\pm$  خطای استاندارد (SE) بر اساس چهار تکرار (n=4) هستند)

Figure 4- Comparison of the average effect of herbicides on dry weight in different *coronilla varia* ecotypes (Bars represent the mean  $\pm$  SE (n =4)).

جدول ۲- طبقه‌بندی اکوتیپ‌های مختلف یونجه‌باغی بر اساس واکنش آنها به علف‌کش‌های پس‌رویشی مطابق روش (Adkins et al., 1977)

Table 2. Classification of different *Coronilla varia* ecotypes based on their response to post-emergence herbicides according to (Adkins et al., 1977)

| اکوتیپ Ecotype      | Herbicide علف‌کش |                    |                   |                   |
|---------------------|------------------|--------------------|-------------------|-------------------|
|                     | Tutrial توتریل   | 2-4-D,B توفوردی بی | Granstar گرانستار | Atlantis آتلانتیس |
| Hamdean همدان       | (S)              | (S)                | (S)               | (PR)              |
| Nahavand نه‌آوند    | (S)              | (S)                | (PR)              | (PR)              |
| Paveh پاهه          | (R)              | (S)                | (PR)              | (R)               |
| Semnan سمنان        | (S)              | (S)                | (R)               | (R)               |
| Sanandaj سنندج      | (S)              | (PR)               | (PR)              | (R)               |
| Sarvaabd سروآباد    | (PR)             | (PR)               | (PR)              | (R)               |
| Saghez سقز          | (PR)             | (S)                | (S)               | (PR)              |
| Kermanshah کرمانشاه | (PR)             | (S)                | (PR)              | (R)               |
| Ilam ایلام          | (PR)             | (PR)               | (PR)              | (R)               |
| Marivan مریوان      | (S)              | (S)                | (S)               | (PR)              |

R = مقاوم، RR = احتمالاً مقاوم و S = حساس

R = Resistant, PR = Probably Resistant and S = Susceptible

### نتیجه‌گیری

نتایج این پژوهش نشان داد که علف‌کش‌های توتریل و توفوردی بی بیشترین کارایی را در کنترل یونجه‌باغی به‌عنوان علف‌هرز نشان دادند، در حالی که گرانستار و آتلانتیس تأثیر کمتری داشتند. با این حال، با توجه به اینکه توفوردی بی می‌تواند در باغات میوه موجب آسیب به درختان پهن‌برگ شود، کاربرد آن در چنین محیط‌هایی محدود و نیازمند رعایت دقیق فاصله ایمن، دما و شرایط وزش باد است. از این رو، توتریل به‌عنوان گزینه ایمن‌تر و مؤثر برای کنترل یونجه‌باغی در باغات توصیه می‌شود.

همچنین اکوتیپ‌های پاهه و سمنان به دلیل داشتن وزن خشک و شاخص سطح برگ بالاتر نسبت به سایر اکوتیپ‌ها، به‌عنوان اکوتیپ‌های مقاوم به علف‌کش و دارای عملکرد مطلوب، گزینه‌های مناسبی برای کشت زراعی محسوب می‌شوند. به‌طور کلی، برای کشت زراعی یونجه‌باغی، استفاده از تیمارهای پیش‌رویشی با علف‌کش‌های مؤثر مانند توتریل می‌تواند کنترل مؤثر علف‌هرز را بدون کاهش عملکرد فراهم کند.

### References

- Abbasi, R., and Alizadeh, H. (2012). Control of redroot pigweed in greenhouse with oxyflourfen and determining the rate and time of this herbicide in controlling soybean weeds. *Iranian Journal of Field Crops Science*, 43(1), 1–9. (In Persian with English abstract). <https://doi.org/10.22059/ijfcs.2012.24873>
- Adkins, E. K. (1977). Effects of diverse androgens on the sexual behavior and morphology of castrated male quail. *Hormones and Behavior*, 8(2), 201–207. [https://doi.org/10.1016/0018-506X\(77\)90001-2](https://doi.org/10.1016/0018-506X(77)90001-2)
- Adeli, T., Tahmasebi, I., and Babaei, S. (2024). Response of waxy leaved mustard weed (*Boreava orientalis* Jaub. and Spach.) to different herbicides in greenhouse conditions. *Iranian Journal of Weed Science*, 19(2), 1–12. (In Persian with English abstract). <https://doi.org/10.22034/ijws.2023.361442.1432>
- Al-Hashemi, A. T. H. S., and Al-Obaidi, M. A. A. (2024). Comparison of the effect of four types of chemical herbicides on the growth characteristics and yield of wheat and the weeds that grow with it. 5th International

- Conference of Modern Technologies in Agricultural Sciences, In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 1371, 5, 052086. IOP Publishing. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1371/5/052086>
5. Al-Snafi, A. E. (2016). The pharmacological and toxicological effects of *Coronilla varia* and *Coronilla scorpioides*: A review. *The Pharmaceutical and Chemical Journal*, 3(2), 105–114.
  6. Arregui, M., Sanchez, D. O., & Scotta, R. R. (2001). Weed control in established alfalfa (*Medicago sativa*) with postemergence herbicides. *Agricultural and Food Sciences*, 15(3), 424–431. [https://doi.org/10.1614/0890-037X\(2001\)015\[0424:WCIEAM\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1614/0890-037X(2001)015[0424:WCIEAM]2.0.CO;2)
  7. Campbel, D. C., and Kondra, Z. P. (1978). Relationships among growth patterns, yield components, and yield of rapeseed. *Canadian Journal of Plant Science*, 58, 87–93. <https://doi.org/10.4141/cjps78-016>
  8. Donald, W. W. (2002). Estimating relative crop yield loss resulting from herbicide damage using crop ground cover or rated stunting, with maize and sethoxydim as a case study. *Weed Research*, 38(6), 425–431. <https://doi.org/10.1046/j.1365-3180.1998.00110.x>
  9. El-Kholy, R. M. A., and El-Tawil, M. F. (2019). Efficacy of certain tribenuron-methyl formulations for the control of broad-leaved weeds in wheat under field conditions. *Journal of Plant Protection and Pathology*, 10(6), 303–309. <https://doi.org/10.21608/jppp.2019.48296>
  10. Faji, M., Kebede, G., Feyissa, F., Mohammed, K., Mengistu, G., and Terefe, G. (2022). Doses and timing of 2,4-D application for broadleaf weed control, botanical compositions, productivity, and nutritive value of natural pasture. *Advances in Agriculture*, 2022, Article ID 6913488. <https://doi.org/10.1155/2022/6913488>
  11. Gazola, T., Costa, R. N., Carbonari, C. A., and Velini, E. D. (2022). Dynamics of 2,4-D and dicamba applied to corn straw and their residual action in weeds. *Plants*, 11(20), 2800. <https://doi.org/10.3390/plants11202800>
  12. Gomurgen, A. N., Furtana, G. B., and Tipirdamaz, R. (2023). Cytophysiological impacts of tribenuron-methyl herbicide on *Allium cepa*. *Biyoloji Bilimleri Araştırma Dergisi*, 16(2), 51–60.
  13. Grossmann, K. (2010). Auxin herbicides: Current status of mechanism and mode of action. *Pest Management Science*, 66(2), 113–120. <https://doi.org/10.1002/ps.1860>
  14. Gustine, D. L., and Moyer, B. G. (1990). Crownvetch (*Coronilla varia* L.). p. 341–354. In: Y.P.S. Bajaj (Ed). *Biotechnology in Agriculture and Forestry. Legumes and Oilseed Crops I*. Springer-Verlag Berlin, Heidelberg.
  15. Hamill, A. S., Marriage, P. B., and Friesen, G. (1977). A method for assessing herbicide performance in small plot experiments. *Weed Science*, 25(5), 386–389. <https://doi.org/10.1017/S0043174500033713>
  16. Hawf, L. R., & Behrens, R. (1974). Selectivity factors in the response of plants to 2,4-DB. *Weed Science*, 22(3), 245–249. <https://doi.org/10.1017/S0043174500036997>
  17. Hussain, M. A., Khether, A. A., and Mohammed, M. O. (2018). Influence of combine application of topic, granstar herbicides and phosphor levels on weeds and bread wheat yield and its components. *Journal of Duhok University*, 21(1), 45–56. <https://doi.org/10.51694/AdvWeedSci/2023;41:00022>
  18. Khozimy, A. M., Hamada, S. H., and Abuzeid, M. A. S. (2023). Efficacy of tribenuron-methyl, fluroxypyr and their combinations in controlling broad-leaved weeds in wheat. *Alexandria Science Exchange Journal*, 44(4), 735–745.
  19. Kovach, J., Petzoldt, C., Degnil, J., and Tette, J. (1992). A method to measure the environmental impact of pesticides. *IPM Program*, Cornell University, New York State Agricultural Experiment Station.
  20. Kaur, A., and Kaur, N. (2019). Effect of sub-lethal doses of 2,4-D sodium salt on physiology and seed production potential of wheat and associated dicotyledonous weeds. *Indian Journal of Weed Science*, 51(4), 352–357. <https://doi.org/10.5958/0974-8164.2019.00074.1ResearchGate+1isws.org.in+1>
  21. Mamnooei, A., and Atari, A. (2020). Efficacy comparison of pendimethalin herbicide with some registered herbicides in the weed control of onion in south Kerman. *Journal of Crop Improvement*, 22(2), 307–317. (In Persian with English abstract). <https://doi.org/10.22059/jci.2019.283455.2233>
  22. Mesbahi, S. M., Ghasemi Ghahsareh, M., and Esmaeili, S. (2023). Chemical control of dandelion (*Taraxacum* sp.) weed in Kentucky bluegrass (*Poa pratensis* L.). *Plant Productions*, 46(1), 1–13. <https://doi.org/10.22055/ppd.2023.41710.2055>
  23. Mighani, F., Mirvakili, S. M., Jahedi, A., Baghestani, M. A., and Shimi, P. (2010). Evaluation of 2,4-DB herbicide (Butress) efficacy for weed control in established alfalfa. *Iranian Weed Science Journal*, 6(2), 67–77. (In Persian with English abstract)
  24. Moghaddam, N., Monsefi, A., and Ayneband, A. (2023). Effect of combined application of pre- and post-emergence herbicides on wheat yield and yield components. *Journal of Plant Production Research*, 30(3), 123–140. (In Persian with English abstract). <https://doi.org/10.22069/jopp.2023.20748.2978>
  25. Molano-Flores, B. (2014). An invasive plant species decreases native plant reproductive success. *Natural Areas Journal*, 34(4), 465–470. <https://doi.org/10.3375/043.034.0410>

26. Nath, C. P., Singh, R. G., Choudhary, V. K., Datta, D., Nandan, R., and Singh, S. S. (2024). Challenges and alternatives of herbicide-based weed management. *Agronomy*, 14(1), 126. <https://doi.org/10.3390/agronomy14010126>
27. Norouzi, M., Dadashi, M. R., Mighani, F., and Ajam Norouzi, H. (2023). Effectiveness of various herbicides on weed control, growth indices, and forage yield of alfalfa. *Journal of Plant Environmental Physiology*, 69(1), 99–114. (In Persian with English abstract). <https://doi.org/10.30495/iper.2022.690248>
28. Rouzkhush, M., Rastgoo, M., Hajmohammadniaqalybaf, K., Tahmasebi, B. Kh., and Aein, A. (2024). The effect of different herbicides on the control of purple nutsedge (*Cyperus rotundus* L.) in onion (*Alium cepa* L.). *Iranian Journal of Weed Science*, 19(2), 141–158. (In Persian with English abstract). <https://doi.org/10.22034/ijws.2024.365532.1455>
29. Said, I. A., and Jaff, D. M. A. (2020). Evaluation of Chevalier WG and Atlantis OD herbicides to control weeds in winter wheat fields. *The Iraqi Journal of Agricultural Science*, 51, 96–100. <https://doi.org/10.36103/ijas.v51iSpecial.886>
30. Salehi Shanjani, P., Rasoulzadeh, L., and Javadi, H. (2023). Evaluation of morphological traits in the populations of *Coronilla varia* L. *Journal of Rangeland Science*, 13(1), 52–71.
31. Sarmadnia, G. H., and Kochaki, A. (2013). *Physiology of field crops* (2nd ed.). Mashhad: Ferdowsi University of Mashhad Press. (In Persian with English abstract).
32. Sharif, Y. O. N. A., Al-Mafrajy, A. S. H., and Albarzenje, Z. M. M. (2024, July). Evaluation of the effectiveness of 2,4-D 72% herbicide in combating weedy leaves associated with different varieties of forage sorghum (*Sorghum bicolor* L.) and its effect on growth characteristics. In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* (Vol. 1371, No. 5, p. 052020). IOP Publishing. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1371/5/052020>
33. Sharma, N., Pandey, B. K., and Tiwari, A. (2024). Growth and yield parameters of wheat (*Triticum aestivum* L.) as affected by different herbicides on different weeds in the field. *International Journal of Research in Agronomy*, 7(2), 24–28. <https://doi.org/10.33545/2618060X.2024.v7.i2a.275>
34. Sowinski, J. (2014). The effect of companion crops management on biological weed control in the seeding year of lucerne. *Biological Agriculture and Horticulture*, 30(2), 107–108. <https://doi.org/10.1080/01448765.2013.864571>
35. Tahmasebi, B. K., Zand, E., Yousefi, A., Babaei, S., and Sadeghpour, A. (2024). Surveillance and mapping of tribenuron-methyl-resistant weeds in wheat fields. *Scientific Reports*, 14(1), 28626. <https://doi.org/10.1038/s41598-024-75308-1>
36. Vivanco, P., Oliveira, J. A., and Martín, I. (2021). Optimal germination conditions for monitoring seed viability in wild populations of fescues. *Spanish Journal of Agricultural Research*, 19(3), e0703. <https://doi.org/10.5424/sjar/2021193-17451>
37. Wu, C., Wang, Q., Xie, B., Wang, Z., Cui, J., and Hu, T. (2011). Effects of drought and salt stress on seed germination of three leguminous species. *African Journal of Biotechnology*, 10(78), 17954–17961. <https://doi.org/10.5897/AJB11.2018>
38. Yusuf, R. I., Siemens, J. C., and Bullock, D. G. (1999). Growth analysis of soybean under no-tillage and conventional tillage systems. *Agronomy Journal*, 91, 928–933. <https://doi.org/10.2134/agronj1999.916928x>
39. Zand, E., Baghestani, M. A., Nezam Abadi, N., Shimi, P., and Mousavi, S. K. (2019). *Chemical weed control guide in Iran* (6th ed.). Mashhad: Jihad Daneshgahi Press. (In Persian with English abstract).
40. Zimdahl, R. L. (2012). *Weed science: A plea for thought—Revisited*. New York: Springer. <https://doi.org/10.1007/978-1-4614-7935-4>