University of Birjand

Journal homepage:
https://escs.birjand.ac.ir

تنشهای محیطی در علوم زراعی
Environmental Stresses In Crop Sciences

https://doi.org/10.22077/escs.2024.7240.2267

*Original article*

# Evaluating the effectiveness of clothodim herbicide in controlling littleseed canarygrass (*Phalaris minor* Retz) under different irrigation levels.

**H. Hammami[1,2 *], M. Mirzaei Nasab[3]**

1. *Associate Professor, Department of Plant Production and Genetics engineering, Faculty of Agriculture, University of Birjand, Birjand, Iran*
2. *Member of the Plant and Environmental Stresses Research Group, University of Birjand, Birjand, Iran*
3. *MSc. Student, Department of Plant Production and Genetics engineering, Faculty of Agriculture, University of Birjand, Birjand, Iran*

Received 1 February 2024; Accepted 4 March 2024

نسخه پیش از انتشار

## *Extended abstract*

### Introduction

Drought as abiotic stress and weeds as biotic stress are the major factors that limit crop growth and production in the worldwide, especially in arid and semi-arid regions (Farooq et al., 2012; Abdolahi Norouzi et al., 2024). Drought is also considered the single most devastating environmental stress, which reduces crop growth and productivity more than any other environmental stress (Farooq et al., 2012; Abdolahi Norouzi et al., 2024). The process of dehydration of plants in drought causes fundamental changes in water relations, biochemical and physiological processes, the structure of the membrane cells of the plant. Weeds decrease the growth and productivity of crops by competation for access to radiation, nutrients, and water. Under drought conditions, weeds have a high ability to compete with crops for resources. Moreover, weed management under drought conditions is harder than in normal conditions. Exposer of plant to drought conditions led to morphological, physiological, and biochemical changes in weeds that may affect herbicide performance (Ziska and Dukes, 2011; Alizadeh et al., 2021; Alizadeh et al., 2020; Benedetti et al., 2020). Alizade et al. (2020) concluded that drought restricts photosynthesis and stomatal conductance, reduces absorption, and the effectiveness of the herbicide benzoylpropethyl. Drought increased quinclorac resistance in Echinochloa crusgalli by inducing the metabolic activity of glutathione S-transferases (Wu et al., 2019). Therefore, this experiment was conducted to investigate the performance of clothodim in the control of littleseed canarygrass.

### Materials and methods

The experiments of this study were conducted at the research greenhouse of the College of Agricultural, University of Birjand. To obtain maximum seed germination, seeds of littleseed canarygrass were soaked in potassium nitrate solution (2 $g.L^{-1}$) under dark conditions at 4 0C for one week. Then the seedlings were sown in 5 L plastic pots. According to Monaco et al. (2002) environmental factors one to two weeks before and after the use of herbicides can affect the absorption of herbicides. Therefore, the plants were grown under field capacity conditions until two weeks after sowing (at the 2-leaf stage). Then, pots were irrigated under three regimes every two days: 100% field capacity, 75% field capacity, and 50% field

* Corresponding author: Hossein Hammami; E-Mail: hhammami@birjand.ac.ir

© 2025, The Author(s). Published by University of Birjand. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (https://creativecommons.org/licenses/by/4.0).

capacity. The irrigation treatments were conducted two weeks before and after herbicide application. Clethodim at seven levels (zero, 6.25, 12.5, 25, 50, 75, and 100 percent recommended per hectare (120 g.ai. $ha^{-1}$)) was applied at four leaf stages. Four weeks after spraying herbicide, the shoots of plants were harvested and immediately weighted. Then, the samples were dried in the oven at 75 °C for 48 hours and reweighted. The roots were washed and separated from the soil by tap water three times. After surface drying, samples were weighted, dried, and reweighted. The experiment data were fitted using the three-parameter logistic equation, and the effective doses of 20, 50, 80, and 90% were calculated. Data analysis was done using SAS 9.4 and R software (drc package). Sigmaplot software was also used to draw the figures.

**Results and discussion**

The three-parameter logistic regression model provided a reasonable description of the variation in fresh and dry shoots and roots weight for littleseed canarygrass as the applied clethodim doses increased. With increasing clethodim dose, the fresh and dry weight of shoot and root of littleseed canarygrass decreased in three irrigation regimes. However, the decreasing slopes among the irrigation treatments differed. Under 50% field capacity treatments, the effective dose of 90% inhibitor (ED90) on fresh and dry weight of shoots and roots was increased by 86.24%, 17.04%, 85.35%, and 32.51%, respectively. The higher ED90 under 50% field capacity compared to 100% field capacity showed decreased clethodim performance in littleseed canarygrass control. Drought is believed to reduce herbicide efficacy by reducing herbicide absorption, translocation and metabolism in plants. Increasing cuticle layer thickness and reducing the transfer rate of vascular sap, limit the absorption and translocation of herbicides in water-stressed plants (Ziska and Dukes, 2011; Alizadeh et al., 2021; Alizadeh et al., 2020; Benedetti et al., 2020). The degree of adverse effect of water stress on herbicide performance depends on the type of herbicide and weed population (Alizade et al., 2021).

**Conclusion**

In general, the results of this experiment showed that the application of clethodim under drought conditions, led to decrease clethodim performance on littleseed canarygrass control. By severity of drought stress, performance decreases were higher than control (non stress treatment). The results of this experiment suggested adjusting the herbicide application with the irrigation time to maximize the effectiveness of the herbicide and decrease its consumption. However, further studies are needed in field conditions to prove these results and adjust herbicide doses in drought affected areas.

**Keywords:** Active ingredient, Concentration, Water-deficit, Weed

تنش‌های محیطی در علوم زراعی
Environmental Stresses in Crop Sciences

https://doi.org/10.22077/escs.2024.7240.2267

*مقاله پژوهشی*

# ارزیابی کارایی علف‌کش کلتودیم در کنترل خونی‌واش (*Phalaris minor* Retz) تحت سطوح مختلف آبیاری

**حسین حمامی[۱،۲*]، میثم میرزایی نسب[۳]**

۱. دانشیار گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی دانشکده کشاورزی دانشگاه بیرجند
۲. عضو گروه پژوهشی گیاه و تنش‌های محیطی دانشکده کشاورزی دانشگاه بیرجند
۳. دانش‌آموخته کارشناسی ارشد شناسایی و مبارزه با علف‌های هرز، دانشکده کشاورزی دانشگاه بیرجند

**مشخصات مقاله**

*واژه‌های کلیدی:*
علف‌هرز
غلظت
کمبود آب
ماده مؤثره

تاریخ دریافت:
۱۴۰۲/۱۱/۱۲

تاریخ پذیرش:
۱۴۰۲/۱۲/۱۴

**چکیده**

**شرایط محیط رشد گیاه مانند کاهش آب در دسترس گیاه بر خصوصیات مورفولوژیکی و فیزیولوژیکی گیاه اثر گذاشته که می‌تواند منجر به تغییر کارایی علف‌کش‌ها در کنترل علف‌های هرز شود؛ بنابراین، این آزمایش باهدف بررسی کارایی کلتودیم در کنترل علف‌هرز خونی‌واش در گلخانه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه بیرجند در سال ۱۴۰۱ به‌صورت فاکتوریل بر پایه طرح کاملاً تصادفی انجام شد. تیمارهای آزمایش شامل غلظت علف‌کش کلتودیم در هفت سطح (صفر، ۶/۲۵، ۱۲/۵، ۲۵، ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ درصد توصیه‌شده در هکتار (۱۲۰ گرم ماده مؤثره در هکتار)) و سطوح آبیاری در سه سطح رطوبتی خاک (۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی) با ۳ تکرار انجام شد. نتایج آزمایش نشان داد که صفات اندازه‌گیری شده شامل وزن تازه و خشک اندام هوایی و ریشه تحت تأثیر معنی‌دار غلظت کلتودیم، سطوح رطوبتی خاک و همچنین اثر متقابل غلظت کلتودیم در سطوح رطوبتی خاک قرار گرفت. نتایج آزمایش نشان داد که با کاهش سطح رطوبتی خاک، میزان دز مؤثر ۹۰ درصد بازدارنده در صفت‌های وزن تازه و خشک اندام هوایی و ریشه به ترتیب ۴/۶۴، ۷/۲۱، صفر و ۱۳/۷۲ درصد در سطح رطوبتی ۷۵ درصد ظرفیت زراعی و ۸۶/۲۴، ۱۷/۰۴، ۸۵/۳۵ و ۳۲/۵۱ درصد در سطح رطوبتی ۵۰ درصد ظرفیت زراعی افزایش را نشان داد. نتایج آزمایش نشان داد که سطح رطوبتی ۵۰ درصد ظرفیت زراعی در مقایسه با ۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی به میزان زیادی مقدار کلتودیم موردنیاز برای کنترل خونی‌واش را افزایش داد. به‌طوری‌که با توجه به مقدار پارامتر دز مؤثر ۹۰ درصد برای وزن تازه اندام هوایی، وزن خشک اندام هوایی، وزن تازه ریشه و وزن خشک ریشه به ترتیب ۱/۸۶، ۱/۱۷، ۱/۸۵، ۱/۳۳ برابر برای مشاهده نتایج مشابه با ۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی نیاز است. به‌عبارتی‌دیگر کارایی کنترلی خونی‌واش توسط کلتودیم در شرایط کاهش رطوبت خاک به ۵۰ درصد ظرفیت زراعی، به‌شدت کاهش می‌یابد.**

## مقدمه

خونی‌واش (*Phalaris minor* Retz) به‌عنوان یکی از مهم‌ترین علف‌های هرز یک‌ساله زمستانه در محصولات مختلف و در نقاط مختلف دنیا شناخته شده است (Singh et al., 1999). خونی‌واش دارای دامنه سازگاری گسترده و همچنین توان رقابتی بالایی بوده به‌طوری‌که به‌عنوان یکی از عوامل مهم محدودکننده تولید محصولات مهم مانند گندم، جو، کلزا و سایر محصولات زمستانه در کشورهای مختلف دنیا مانند ایران، پاکستان، هندوستان، عراق، کویت، سوریه، ترکیه، استرالیا، کلمبیا، برزیل، آرژانتین، بولیوی، کاستاریکا، مکزیک، آمریکا، کانادا، پرتغال، کرواسی، هلند، فرانسه، انگلستان، بلژیک، الجزایر، کنیا، لیبی و برخی کشورهای دیگر شناخته شده است (Singh et al., 1999). کاهش کمی و کیفی عملکرد محصولات زراعی مختلف به‌ویژه گندم به دلیل شباهت خیلی زیاد در خصوصیات مورفولوژیکی، فیزیولوژیکی

* نگارنده پاسخگو: حسین حمامی. پست الکترونیک: hhammami@birjand.ac.ir

و اکولوژیکی شامل خودگشنی، دارای مسیر فتوسنتزی سه‌کربنه، بیشترین جوانه‌زنی در پاییز، تولید پنجه، توان جذب بالای عناصر غذایی در مقایسه با گیاهان زراعی، مقاومت به سرما، تولید بذر زیاد، خواب بذر، عمر زیاد بذر، درنتیجه حضور خونی‌واش در مزرعه گزارش شده است (Singh et al., 1999).

روش‌های مختلفی برای مدیریت خونی‌واش در مزرعه مانند وجین دستی و مکانیکی (بهبود عملکرد گندم ۲۶ تا ۲۹ درصد در مقایسه با عدم کنترل (یک‌بار)، بهبود عملکرد گندم ۳۰ تا ۶۰ درصد (دو بار)) و مدیریت شیمیایی (بهبود عملکرد گندم ۴۱ درصد در مقایسه با عدم کنترل) مورداستفاده قرار می‌گیرد. بااین‌وجود بیشترین و کاراترین روش مورداستفاده در مدیریت خونی واش در مزارع مختلف مدیریت شیمیایی است (Singh et al., 1999).

کمبود رطوبت مهم‌ترین و رایج‌ترین تنش غیرزنده است که به‌عنوان مهم‌ترین عامل محدودکننده تولید محصولات کشاورزی شناخته شده است (Farooq et al., 2013; Zhang et al., 2016). با توجه به اینکه اغلب مساحت ایران در نواحی خشک و نیمه‌خشک قرار گرفته است بنابراین مواجه با شرایط کمبود رطوبت در طول فصل رشد اجتناب‌ناپذیر است (Srivastava et al., 2016; Tabari et al., 2014). علاوه بر این تغییرات اقلیمی نیز منجر به تشدید تنش‌های غیرزنده به‌ویژه خشکی در مزارع شده است (Chaves and Pereira, 1992; Vila Traver at al., 2021).

تنش رطوبتی باعث تغییر خصوصیات مورفولوژیکی و فیزیولوژیکی گیاهان زراعی و همچنین علف‌های هرز شده که می‌تواند بر خصوصیات انتخابی بودن علف‌کش‌ها در گیاهان زراعی و کارایی کنترلی علف‌های هرز توسط کاربرد علف‌کش‌ها اثرگذار باشد (Varanasi et al., 2016; Oyarzabal, 1991). علف‌کش‌های گروه بازدارنده استیل کوآنزیم آ کربوکسیلاز جزو علف‌کش‌های باریک‌برگ کش هستند که به‌منظور کنترل علف‌های هرز باریک‌برگ مانند خونی‌واش استفاده می‌شوند (Senseman, 2007). اگرچه این علف‌کش‌ها جزو مؤثرترین خانواده‌های علف‌کشی هستند که تابه‌حال کشف و توسعه پیداکرده‌اند؛ ولی یکی از معایب این گروه از علف‌کش‌ها، وابستگی زیاد کارایی آن‌ها به شرایط آب‌وهوایی محیط رشد گیاه هرز است (Collings et al., 2003). کارایی باریک‌برگ‌کش‌ها به‌طور معنی‌داری وقتی علف‌هرز در شرایط تنش خشکی رشد می‌کند کاهش می‌یابد (Boydston, 1992; Rossi et al., 1993).

نتایج آزمایش مزرعه‌ای نشان داد که کارایی کنترلی دم‌روباهی سبز توسط علف‌کش‌های فلوآزیفوپ، هالوکسی فوپ، فنوکساپروپ و ستوکسیدیم پس از گذشت ۱۰ روز شرایط خشکی کاهش یافت (Boydston, 1990). کاهش کارایی فلوآزیفوپ در صورت وقوع تنش خشکی ۲ روز قبل تا دو روز بعد از کاربرد علف‌کش مشاهده نشد و در این شرایط تغییری در انتقال و متابولیسم فلوآزیفوپ مشاهده نشد (Boydston, 1992). نتایج بررسی‌های انجام‌شده بر روی کارایی علف‌کش‌ها در شرایط کاهش آب در دسترس گیاه نشان‌دهنده افزایش فعالیت آنتی‌اکسیدان‌های آنزیمی و درنتیجه کاهش اثر علف‌کش‌ها در شرایط سطوح رطوبتی پایین است (Radchenko et al., 2014). محتوای کلروفیل a و b و کاروتنوئید در شرایط رطوبت ۶۰ درصد ظرفیت زراعی در صورت کاربرد علف‌کش فنوکساپروپ پی اتیل به ترتیب ۷۳/۸، ۷۳ و ۳۷/۵ درصد کاهش یافت درحالی‌که در شرایط رطوبت ۴۰ درصد ظرفیت زراعی به ترتیب ۴۴/۹، ۳۸/۵ و ۳۱/۶ درصد کاهش یافت (Radchenko et al., 2014)؛ بنابراین کاهش رنگ‌دانه‌ها در شرایط رطوبت بیشتر خاک و کاربرد علف‌کش در مقایسه با شرایط رطوبت کمتر خاک بیشتر است. کاهش محتوا و فعالیت آنتی‌اکسیدان‌های آنزیمی در شرایط کاربرد علف‌کش فنوکساپروپ و تنش خشکی در یولاف وحشی گزارش شده است (Radchenko et al., 2014). کاربرد گلایفوسیت برای کنترل گاوپنبه در شرایط تنش‌های مختلف محیطی شامل خشکی، غرقابی و سرما نشان داد که کمترین کارایی کنترلی گلایفوسیت بر روی گاوپنبه تحت شرایط تنش خشکی مشاهده شد (Zhou et al., 2007). به‌طوری‌که کارایی کنترلی گاوپنبه در صورت کاربرد در شرایط تنش خشکی به کمتر از ۱۰ درصد رسید درحالی‌که در شرایط عدم تنش در این مرحله بیش از ۶۰ درصد کنترل مشاهده شد (Zhou et al., 2007). کاهش کارایی علف‌کش بنزوئیل پروپ اتیل در کنترل یولاف وحشی تحت شرایط تنش خشکی گزارش شده است (Alizadeh et al., 2020). علاوه بر این کاهش کنترل یولاف وحشی و جو وحشی به‌وسیله علف‌کش‌های کلودینافوپ پروپارژیل و سولفوسولفورون تحت شرایط خشکی نیز گزارش شده است (Alizadeh et al., 2021). با توجه به شرایط تغییر اقلیم و وقوع خشک‌سالی، بروز کمبود رطوبت در دسترس گیاه در

نسخه پیش از انتشار

طی دوره رشد گیاهان اجتناب‌ناپذیر است؛ بنابراین این مطالعه باهدف بررسی اثر علف‌کش کلتودیم بر گیاه خونی‌واش رشد یافته تحت شرایط سطوح رطوبتی مختلف خاک انجام شد.

## مواد و روش‌ها

این مطالعه در سال ۱۴۰۱ در گلخانه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه بیرجند انجام شد. خاک مورداستفاده در آزمایش، در آزمایشگاه خاکشناسی دانشکده کشاورزی بیرجند ارزیابی‌شده و خصوصیات آن تعیین شد (جدول ۱).

**جدول ۱. خصوصیات خاک گلدان‌های آزمایش**

**Table 1. Soil characteristics of experimental pots**

| درصد اندازه ذرات Particle size percentage | | | بافت خاک Soil texture | جرم مخصوص ظاهری Bulk density | هدایت الکتریکی EC | اسیدیته pH | کربن آلی Organic carbon | فسفر قابل‌جذب Absorbable phosphorus | پتاسیم قابل‌جذب Absorbable potassium |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| رس Clay | سیلت Silt | شن Sand | | | | | | | |
| ---------- % ---------- | | | | g.cm$^{-3}$ | dS.m$^{-1}$ | | % | ---------- mg.kg$^{-1}$ ---------- | |
| 16.4 | 42.4 | 42.2 | Loam | 1.41 | 3.11 | 7.2 | 0.53 | 13.22 | 26.37 |

خصوصیات آب مورداستفاده برای آبیاری نیز در جدول ۲ به‌صورت خلاصه نشان داده شده است.

آزمایش به‌صورت فاکتوریل بر پایه طرح کاملاً تصادفی با ۳ تکرار بر روی علف‌هرز خونی‌واش انجام شد. تیمارهای آزمایش شامل غلظت علف‌کش کلتودیم در هفت سطح (صفر، ۶/۲۵، ۱۲/۵، ۲۵، ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ درصد توصیه‌شده در هکتار (۱۲۰ گرم ماده مؤثره در هکتار)) و سطوح آبیاری در سه سطح رطوبتی خاک (۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی) بودند. علف‌کش کلتودیم (سلکت سوپر، امولسیون ۱۲ درصد، شرکت آریستا لایف ساینس فرانسه) مورداستفاده قرار گرفت.

**جدول ۲. خصوصیات شیمیایی آب آبیاری استفاده‌شده در آزمایش**

**Table 2. Irrigation water chemical characteristics used in the experiment**

| هدایت الکتریکی EC | اسیدیته pH | نسبت جذب سدیم SAR | کاتیون‌ها Cations | | | | | آنیون‌ها Anions | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | $Ca^{++}$ | $Mg^{++}$ | $Na^{+}$ | $K^{+}$ | $Cl^{-}$ | $HCO_3^{-}$ | $CO_3^{2-}$ | $SO_4^{2-}$ |
| dS.m$^{-1}$ | | | ---------- meq.l$^{-1}$ ---------- | | | | | | | |
| 1.3 | 7.4 | 7.4 | 3.6 | 2.8 | 11.2 | 0.07 | 7.1 | 3.7 | 0 | 4.8 |

قبل از شروع آزمایش، خاک موردنیاز برای گلدان‌های مورداستفاده در آزمایش در معرض هوا خشک شده و پس از عبور از الک ۲ میلی‌متری به مقدار مساوی (۵ کیلوگرم) به داخل گلدان‌های مربعی به ابعاد ۲۰ در ۲۰ سانتی‌متری و ارتفاع ۱۸ سانتی‌متری منتقل شدند. بذرهای خونی‌واش به‌منظور خواب‌شکنی و افزایش درصد جوانه‌زنی، به پتری‌دیش‌های ۱۱ سانتی‌متری حاوی کاغذ صافی منتقل شدند. ۶ میلی‌لیتر محلول نیترات پتاسیم ۰/۲ درصد به هر پتری‌دیش اضافه‌شده و به یخچال با دمای ۴ درجه سانتی‌گراد منتقل شدند. پس از یک هفته پتری‌دیش‌ها به ژرمیناتور در دمای ۲۵ درجه، در شرایط تاریکی منتقل شدند (Rashed Mohassel et al., 2010). پس از جوانه‌زنی و رشد مناسب ریشه‌چه بذرها، پتری‌دیش‌ها به گلخانه تحقیقاتی با دمای روز و شب ۲۵ و ۱۷ درجه سانتی‌گراد منتقل‌شده و تعداد ۵۰ عدد بذر جوانه‌زده به هر گلدان منتقل شدن و بر روی آن‌ها ۲۰۰ گرم خاک خشک پاشیده شد (عمق کاشت حدود یک سانتی‌متر). پس از کشت، آبیاری گلدان‌ها تا دو هفته بعد از کاشت به‌صورت یکنواخت انجام شد. در مرحله دوبرگی کامل گیاهان هر گلدان تنک شده و ۱۰ گیاه یکنواخت در هر گلدان حفظ شد. یک مرحله پس از تنک کردن گلدان‌ها آبیاری کامل انجام شد. تیمار آبیاری‌ها بر اساس ظرفیت زراعی (به روش وزنی) سه روز پس از تنک کردن به‌صورت روز در میان با وزن کردن گلدان‌ها و تأمین کسری آب بر اساس سطوح رطوبتی مختلف آغاز شد و تا دو هفته پس از پاشش علف‌کش ادامه یافت. طول دوره اعمال سطوح آبیاری ۴ هفته بود. سم‌پاشی گیاهان به‌وسیله سم‌پاش شارژی پشتی مجهز به نازل بادبزنی یکنواخت ۸۰۰۲ با فشار ۲ بار در مرحله چهار برگی کامل خونی‌واش انجام شد. چهار هفته پس از سم‌پاشی گیاهان به‌منظور اندازه‌گیری وزن تازه و خشک اندام هوایی، از سطح خاک برداشت شدند. سپس ریشه گیاهان به‌دقت و با روش

نسخه پیش از انتشار

شستشو از خاک گلدان‌ها جدا شدند. وزن تازه اندام هوایی بلافاصله پس از برداشت و وزن تازه ریشه پس از خشک شدن سطح ریشه‌ها بر روی روزنامه و در محیط سایه داخل گلخانه (۳۰ دقیقه پس از شستشو) اندازه‌گیری شدند. وزن خشک نمونه‌های اندام هوایی و ریشه پس از قرار دادن نمونه‌ها به مدت ۴۸ ساعت در آون در دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد اندازه‌گیری شد. داده‌های آزمایش با استفاده از معادله سه پارامتری لجستیک (معادله ۱) برازش داده شده و مقدار دزهای مؤثر ۲۰، ۵۰، ۸۰ و ۹۰ درصد محاسبه شد.

$$f(x,(b,d,e)) = d / 1+exp\{b(\log x) - \log(e)\} \quad [1]$$

که در آن f(x,(b,d,e)) وزن زیست‌توده، D حد بالا هنگامی‌که علف‌کش استفاده نشده است، e دز مؤثر ۵۰ درصد ($ED_{50}$)، b شیب نسبی منحنی است.

تجزیه‌وتحلیل داده‌ها با استفاده از نرم‌افزارهای SAS 9.4 و R (drc package) انجام شد. برای رسم شکل‌ها نیز از نرم‌افزار سیگما پلات استفاده شد.

## نتایج و بحث

### *کلتودیم*

نتایج مطالعه نشان‌دهنده تأثیر معنی‌دار سطوح مختلف آب آبیاری، غلظت کلتودیم و اثر متقابل سطوح آبیاری در غلظت کلتودیم بر وزن تازه اندام هوایی، وزن خشک اندام هوایی، وزن تازه ریشه و وزن خشک ریشه خونی‌واش بود (جدول ۳). به‌استثنای اثر غلظت بر وزن خشک اندام هوایی که در سطح ۵ درصد معنی‌دار بود، اثر سایر منابع تغییرات دارای معنی‌داری در سطح یک درصد بودند (جدول ۳).

**جدول ۳. تجزیه واریانس صفات زیست‌توده خونی واش تحت سطوح مختلف آبیاری و علف‌کش کلتودیم**

**Table 3. Analysis of variance of little seed canary grass (Phalaris minor Retz.) biomass under different levels of irrigation water and clethodim herbicide.**

| منابع تغییرات S.O.V | درجه آزادی (d.f) | میانگین مربعات (Mean squares) وزن تازه اندام هوایی Shoot fresh weight | وزن خشک اندام هوایی Shoot dry weight | وزن تازه ریشه Root fresh weight | وزن خشک ریشه Root dry weight |
|---|---|---|---|---|---|
| سطوح آبیاری Irrigation levels (I) | 2 | 0.2648 ** | 1.5247 ** | 0.2645 ** | 1.9859 ** |
| غلظت Concentration(C) | 6 | 0.4402 ** | 3.3399 * | 0.5136 ** | 4.1718 ** |
| سطوح آبیاری × غلظت I × C | 12 | 0.0195 ** | 0.1738 ** | 0.0225 ** | 0.2130 ** |
| خطا Error | 42 | 0.0003 | 0.0021 | 0.0007 | 0.0019 |
| ضریب تغییرات (درصد) CV (%) | – | *3.753* | *4.773* | *5.428* | *3.65* |

ns، * و **: به ترتیب عدم معنی‌داری و معنی‌داری در سطح ۵ و ۱ درصد است.

ns, * and **: Not-significant and significant at 5% and 1% probability levels, respectively.

کاهش وزن خشک یولاف وحشی در شرایط تنش خشکی در غلظت‌های مختلف علف‌کش‌های کلودینافوپ پروپارژیل و مت‌سولفورون متیل گزارش شده است (Aghabeigi and Khodadadi; 2017). بررسی‌ها نشان داده است که تحت شرایط تنش خشکی، افزایش ۲۵ درصدی غلظت علف‌کش نسبت به غلظت توصیه‌شده منجر به ایجاد کارایی کنترلی معادل غلظت توصیه‌شده در شرایط عدم تنش می‌شود (Aghabeigi and Khodadadi; 2017). کاربرد علف‌کش‌های فلوروپیراکسیفن، هالوسولفورون، گلایفوسیت و تو فور دی تحت شرایط آبیاری روزانه و هفتگی اویارسلام ارغوانی نشان داد که کارایی تمام علف‌کش‌های فوق با افزایش فاصله آبیاری‌ها به هفته‌ای یک‌مرتبه کاهش یافت (Le and Morell, 2021). میزان کاهش وزن اندام هوایی اویارسلام و همچنین افزایش توان تولید غده توسط این گیاه در کاربرد علف‌کش‌های فلوروپیراکسیفن، هالوسولفورون، گلایفوسیت و تو فور دی تحت شرایط سطوح آبیاری مختلف گزارش شد (Le and Morell, 2021). دلایل مختلفی باعث کاهش کارایی علف‌کش‌ها در شرایط کمبود رطوبت می‌شوند که از این دلایل می‌توان به کاهش سطح برگ، افزایش ضخامت کوتیکول، تغییر ترکیب کوتیکول، کاهش فعالیت فتوسنتزی و روزنه‌ها، افزایش متابولیسم و درنهایت کاهش جذب و انتقال علف‌کش اشاره کرد (Ziska and Dukes, 2011;

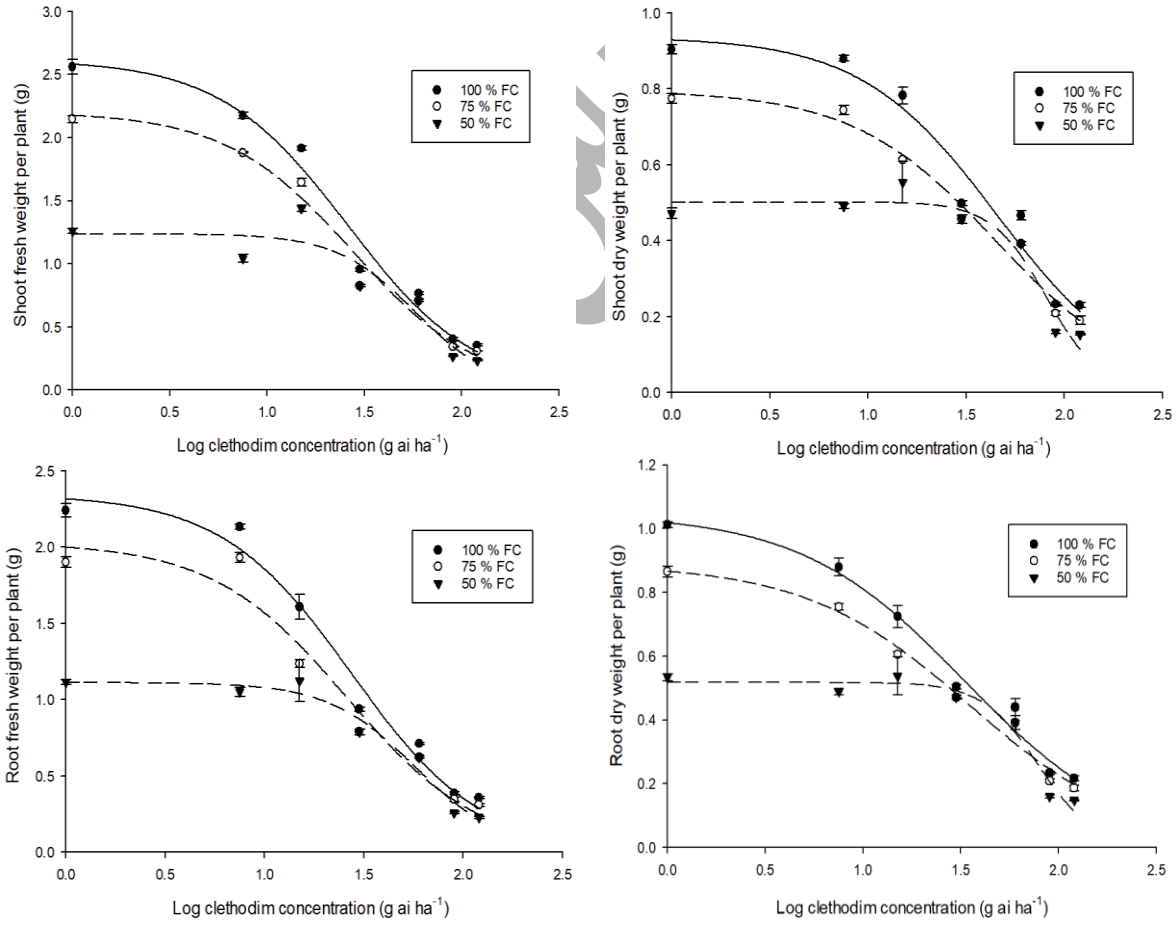
نسخه پیش از انتشار

Alizadeh et al., 2021; Alizadeh et al., 2020; Benedetti et al., 2020).

برخلاف نتایج نشان این مطالعه و همچنین مطالعه آقابیگی و خدادادی (Aghabeigi and Khodadadi; 2017)، لی و مورل (Le and Morell, 2021)، علیزاده و همکاران (Alizadeh et al., 2020)، علیزاده و همکاران (Alizadeh et al., 2021)، عبدالهی نوروزی و همکاران (Abdolahi Norouzi et al., 2024)، رادچنکو و همکاران (Radchenko et al., 2014)؛ نتایج ابوت و استرلینگ (Abbott and sterling; 2006) افزایش جذب و انتقال ایمازاتاپیر و مت‌سولفورون توسط گیاه اسپند و درنهایت افزایش کارایی آن‌ها تحت شرایط تنش کمبود آب را نشان داد. علاوه بر این عدم تأثیر تنش کمبود آب بر کارایی هگزازینون گزارش شد (Abbott and sterling; 2006).

نتایج تأثیر کاربرد علف‌کش‌ها تحت شرایط مختلف آبی به عواملی همچون نوع گونه گیاهی، نوع علف‌کش و مرحله کاربرد بستگی دارد. البته به نظر میر سد نوع گونه گیاهی و مرحله رشدی آن تأثیر بسزایی در کارایی کنترلی علف‌کش‌ها تحت شرایط کمبود آب باشد. به‌عنوان‌مثال افزایش کارایی کنترلی اسپند توسط علف‌کش‌های ایمازاتاپیر و مت‌سولفورون تحت شرایط کمبود رطوبت می‌تواند یک استراتژی مناسب برای کنترل شیمیایی این گیاه باشد (Abbott and sterling; 2006).

مدل لجستیک سه پارامتره برازش مناسبی به داده‌های وزن تازه اندام هوایی، وزن خشک اندام هوایی، وزن تازه ریشه و وزن خشک ریشه خونی‌واش در تیمارهای کلتودیم و سطوح رطوبتی خاک نشان داد (شکل ۱ و جدول ۴).




**شکل ۱. وزن تازه اندام هوایی، وزن خشک اندام هوایی، وزن تازه ریشه و وزن خشک ریشه خونی‌واش تحت تأثیر غلظت‌های مختلف علف‌کش کلتودیم و سطوح آبیاری. علامت‌های بار عمودی نشان‌دهنده خطای استاندارد میانگین هر تیمار هستند (n=3).**

**Fig. 1. Shoot fresh weight, shoot dry weight, root fresh weight, root dry weight of little seed canary grass for subjected to different concentration of clethodim herbicide and irrigation levels. The vertical bars indicate the standard error of the average of treatments (n=3).**

جدول ۴. پارامترهای تخمین زده‌شده اثر کلتودیم بر خونی واش (*Phalaris minor* Retz.) توسط معادله سه پارامتری لجستیک تحت سطوح مختلف آبیاری.

**Table 4. The parameters estimated clethodim effect on little seed canary grass (*Phalaris minor* Retz.) by logistic models with three parameters for the irrigated and the water-stressed**

| سطح آبیاری Irrigation levels | زیست‌توده Biomass | پارامتر a parameter a | شیب b Slope b | پارامتر $X_0$ parameter | ضریب تبیین $R^2$ | ضریب تبیین اصلاح‌شده adj $R^2$ | آزمون نرمالیته شاپیر و ویلکاکسون S-W statistic |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 50 % Field capacity ۵۰ درصد ظرفیت زراعی | وزن تازه اندام هوایی Shoot fresh weight | 1.238 *** (0.136) | -0.203 ns (0.097) | 1.672 *** (0.108) | 0.882 | 0.823 | 0.9419 ns |
| | وزن خشک اندام هوایی Shoot dry weight | 0.502 *** (0.027) | -0.139* (0.046) | 1.909 *** (0.043) | 0.938 | 0.907 | 0.9253 ns |
| | وزن تازه ریشه Root fresh weight | 1.113 *** (0.061) | -0.221 * (0.051) | 1.762 *** (0.056) | 0.968 | 0.952 | 0.9100 ns |
| | وزن خشک ریشه Root dry weight | 0.518 *** (0.023) | -0.143* (0.037) | 1.897 *** (0.035) | 0.962 | 0.943 | 0.8842 ns |
| 75 % Field capacity ۷۰ درصد ظرفیت زراعی | وزن تازه اندام هوایی Shoot fresh weight | 2.202 *** (0.151) | -0.325 ** (0.056) | 1.439 *** (0.078) | 0.976 | 0.965 | 0.9097 ns |
| | وزن خشک اندام هوایی Shoot dry weight | 0.795 *** (0.045) | -0.365** (0.062) | 1.655 *** (0.069) | 0.978 | 0.967 | 0.8998 ns |
| | وزن تازه ریشه Root fresh weight | 2.029*** (0.188) | -0.338 * (0.077) | 1.415 *** (0.106) | 0.959 | 0.938 | 0.9181 ns |
| | وزن خشک ریشه Root dry weight | 0.888 *** (0.050) | -0.421** (0.060) | 1.550 *** (0.072) | 0.984 | 0.976 | 0.8976 ns |
| 100 % Field capacity ۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی | وزن تازه اندام هوایی Shoot fresh weight | 2.617 *** (0.164) | -0.328 ** (0.051) | 1.413 *** (0.071) | 0.981 | 0.971 | 0.9052ns |
| | وزن خشک اندام هوایی Shoot dry weight | 0.936 *** (0.070) | -0.347 * (0.078) | 1.657 *** (0.088) | 0.962 | 0.942 | 0.9683 ns |
| | وزن تازه ریشه Root fresh weight | 2.344 *** (0.139) | -0.327** (0.049) | 1.438*** (0.068) | 0.982 | 0.973 | 0.9709 ns |
| | وزن خشک ریشه Root dry weight | 1.045 *** (0.060) | -0.418** (0.060) | 1.520 *** (0.074) | 0.984 | 0.975 | 0.9096 ns |

ns، *، ** و ***: به ترتیب عدم معنی‌داری و معنی‌داری در سطح ۵ و ۱ درصد می‌باشد. اعداد داخل پرانتز خطای استاندارد را نشان می دهند.

NS, *, and ** non-significant and significant at 5% and 1% probability levels, respectively. Numbers in parenthesis showed standard error.

با افزایش غلظت کلتودیم در هر سه سطح رطوبتی خاک وزن تازه اندام هوایی، وزن خشک اندام هوایی، وزن تازه ریشه و وزن خشک ریشه خونی‌واش کاهش را نشان دادند (شکل ۱). کاهش میزان زیست‌توده تازه و خشک اندام هوایی و ریشه جو وحشی و خردل وحشی با افزایش غلظت علف‌کش سولفوسولفورون (Abdolahi Norouzi et al., 2024)، کاهش وزن خشک یولاف وحشی با افزایش غلظت علف‌کش بنزوئیل پروپ اتیل (Alizadeh et al., 2020) کاهش وزن خشک اندام هوایی یولاف وحشی و جو وحشی با افزایش غلظت علف‌کش‌های کلودینافوپ پروپارژیل و سولفوسولفورون تحت شرایط خشکی گزارش شده است (Alizadeh et al., 2021).

به‌طورکلی بیشترین میزان شیب کاهشی زیست‌توده در سطح ۱۰۰ و ۷۵ درصد ظرفیت زراعی در صفت وزن خشک ریشه مشاهده شد. درحالی‌که در سطح رطوبتی ۵۰ درصد ظرفیت زراعی بیشترین شیب کاهش در صفت وزن تازه ریشه مشاهده شد (جدول ۴). کاهش شیب کاهشی در سطح خشکی ۵۰ درصد ظرفیت زراعی نسبت به ۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی مشاهده شد؛ که نشان‌دهنده واکنش آهسته‌تر وزن تازه اندام هوایی، وزن خشک اندام هوایی، وزن تازه ریشه و وزن خشک ریشه خونی‌واش به کلتودیم در شرایط خشکی است. برخلاف نتایج این آزمایش، شیب کاهشی بیشتر وزن خشک اندام هوایی و وزن خشک اندام هوایی بعلاوه ریشه درنتیجه کاربرد غلظت‌های مختلف علف‌کش سولفوسولفورون تحت شرایط خشکی در جو وحشی و خردل وحشی مشاهده

نسخه پیش از انتشار

شده است (Abdolahi Norouzi et al., 2024). نتایج آزمون نرمالیته نیز نشان داد که داده‌ها طبق آزمون نرمالیته شاپیرو ویلکاکسون، نرمال هستند.

نتایج دز مؤثر ۲۰، ۵۰، ۸۰ و ۹۰ درصد بر وزن تازه اندام هوایی، وزن خشک اندام هوایی، وزن تازه ریشه و وزن خشک ریشه خونی‌واش در جدول ۵ نشان داده شده است. با کاهش سطح رطوبتی خاک، دز مؤثر ۲۰، ۵۰، ۸۰ و ۹۰ درصد در مورد وزن تازه اندام هوایی، وزن خشک اندام هوایی، وزن تازه ریشه و وزن خشک ریشه افزایش یافت؛ که نشان‌دهنده کاهش کارایی علف‌کش کلتودیم تحت این شرایط است (جدول ۵).

**جدول ۵. دزهای مؤثر تخمین زده‌شده اثر کلتودیم بر خونی واش (Phalaris minor Retz.) توسط معادله سه پارامتری لجستیک تحت سطوح مختلف آبیاری.**

**Table 5. The effect dose of clethodim on little seed canary grass (Phalaris minor Retz.) by logistic models with three parameters for the irrigated and the water-stressed**

| سطح آبیاری Irrigation levels | زیست‌توده Biomass | دز مؤثر ۲۰ $ED_{20}$ | دز مؤثر ۵۰ $ED_{50}$ | دز مؤثر ۸۰ $ED_{80}$ | دز مؤثر ۹۰ $ED_{90}$ |
|---|---|---|---|---|---|
| | | ---------- (g.a.i $ha^{-1}$) (گرم ماده مؤثره در هکتار) ---------- | | | |
| 50 % Field capacity ۵۰ درصد ظرفیت زراعی | وزن تازه اندام هوایی Shoot fresh weight | 10.326 (2.806) | 35.566 (5.238) | 122.493 (19.703) | 252.514 (58.910) |
| | وزن خشک اندام هوایی Shoot dry weight | 35.931 (7.241) | 75.059 (6.593) | 156.799 (21.995) | 282.367 (40.906) |
| | وزن تازه ریشه Root fresh weight | 12.920 (3.835) | 41.428 (6.765) | 132.839 (24.216) | 262.623 (68.788) |
| | وزن خشک ریشه Root dry weight | 201.553 (14.097) | 319.577 (13.196) | 545.208 (44.239) | 745.188 (81.899) |
| 75 % Field capacity ۷۰ درصد ظرفیت زراعی | وزن تازه اندام هوایی Shoot fresh weight | 10.126 (1.203) | 28.118 (1.984) | 78.076 (6.215) | 141.896 (15.540) |
| | وزن خشک اندام هوایی Shoot dry weight | 14.781 (2.336) | 46.271 (3.934) | 144.846 (14.435) | 258.650 (29.721) |
| | وزن تازه ریشه Root fresh weight | 9.410 (1.217) | 26.865 (2.198) | 76.702 (7.525) | 141.687 (18.665) |
| | وزن خشک ریشه Root dry weight | 189.997 (9.485) | 303.850 (12.355) | 485.928 (35.281) | 639.519 (62.161) |
| 100 % Field capacity ۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی | وزن تازه اندام هوایی Shoot fresh weight | 9.480 (0.971) | 26.534 (1.601) | 74.266 (5.031) | 135.602 (12.693) |
| | وزن خشک اندام هوایی Shoot dry weight | 15.580 (1.908) | 46.194 (3.134) | 136.963 (11.001) | 241.266 (52.564) |
| | وزن تازه ریشه Root fresh weight | 10.117 (1.160) | 28.105 (1.972) | 78.079 (6.348) | 141.687 (15.671) |
| | وزن خشک ریشه Root dry weight | 187.321 (9.408) | 299.764 (14.862) | 445.843 (38.168) | 562.377 (65.498) |

Numbers in parenthesis showed standard error. اعداد داخل پرانتز خطای استاندارد را نشان می دهند.

در مؤثر ۲۰ درصد کلتودیم در سطح رطوبتی ۵۰ درصد ظرفیت زراعی برای صفت‌های وزن تازه اندام هوایی، وزن خشک اندام هوایی، وزن تازه ریشه و وزن خشک ریشه خونی‌واش به ترتیب ۸/۹۲، ۱۳۰/۶۲، ۷۱/۲۷ و ۷/۶۰ درصد افزایش را نسبت به سطح رطوبتی ۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی نشان داد (جدول ۵). در مؤثر ۵۰ درصد کلتودیم در سطح رطوبتی ۵۰ درصد ظرفیت زراعی برای صفت‌های وزن تازه اندام هوایی، وزن خشک اندام هوایی، وزن تازه ریشه و وزن خشک ریشه خونی‌واش به ترتیب ۳۴/۰۴، ۶۲/۴۹، ۴۷/۴۰ و ۶/۶۱ درصد افزایش را نسبت به سطح رطوبتی ۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی نشان داد (جدول ۵). افزایش میزان دز مؤثر ۵۰ درصد درنتیجه کاهش سطح رطوبتی خاک در سایر مطالعات نیز گزارش شده است. افزایش ۲۲/۰۸ برابری و ۹/۴۸ برابری دز مؤثر ۵۰ درصد سولفوسولفورون در وزن خشک

نسخه پیش از انتشار

اندام هوایی و وزن خشک کل گیاه جو وحشی و ۱۰۲ درصدی و ۴۲/۳۱ درصدی دز مؤثر ۵۰ درصد سولفوسولفورون در وزن خشک اندام هوایی و وزن خشک کل گیاه خردل وحشی گزارش شده است؛ که کاهش تأثیر سولفوسولفورون تحت شرایط کمبود رطوبت را نشان می‌دهد (Abdolahi Norouzi et al., 2024). افزایش ۸۹/۷۴ درصدی دز مؤثر ۵۰ درصد بنزوئیل پروپ اتیل در کنترل یولاف وحشی در شرایط تیمار ۶۰ درصد ظرفیت زراعی گزارش شده است (Alizadeh et al., 2020). دز مؤثر ۵۰ درصد سولفوسولفورون و سولفوسولفورون+ مت سولفورون متیل در کنترل جو وحشی تحت تأثیر شرایط کمبود رطوبت قرار نگرفت. درحالی‌که افزایش ۵۰ درصدی دز مؤثر ۵۰ درصد کلودینافوپ پروپارژیل در کنترل یولاف وحشی مشاهده شده بود (Alizadeh et al., 2021).

نتایج این مطالعه نشان داد که دز مؤثر ۸۰ درصد کلتودیم در سطح رطوبتی ۵۰ درصد ظرفیت زراعی برای صفت‌های وزن تازه اندام هوایی، وزن خشک اندام هوایی، وزن تازه ریشه و وزن خشک ریشه خونی‌واش به ترتیب ۶۴/۹۴، ۱۴/۴۸، ۷۰/۱۳ و ۲۲/۲۹ درصد افزایش را نسبت به سطح رطوبتی ۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی نشان داد (جدول ۵). دز مؤثر ۹۰ درصد کلتودیم در سطح رطوبتی ۵۰ درصد ظرفیت زراعی برای صفت‌های وزن تازه اندام هوایی، وزن خشک اندام هوایی، وزن تازه ریشه و وزن خشک ریشه خونی‌واش به ترتیب ۸۶/۲۲، ۱۷/۰۴، ۸۵/۳۶ و ۳۲/۵۱ درصد افزایش را نسبت به سطح رطوبتی ۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی نشان داد (جدول ۵). افزایش ۱۳/۸۱ برابری و ۹/۷۴ برابری دز مؤثر ۹۰ درصد سولفوسولفورون در وزن خشک اندام هوایی و وزن خشک کل گیاه جو وحشی و ۱۵۵ درصدی و ۸۲/۲۰ درصدی دز مؤثر ۹۰ درصد سولفوسولفورون در وزن خشک اندام هوایی و وزن خشک کل گیاه خردل وحشی گزارش شده است؛ که کاهش تأثیر سولفوسولفورون تحت شرایط کمبود رطوبت را نشان می‌دهد (Abdolahi Norouzi et al., 2024). افزایش ۷۲/۴۰ درصدی دز مؤثر ۹۰ درصد بنزوئیل پروپ اتیل در کنترل یولاف وحشی در شرایط تیمار ۶۰ درصد ظرفیت زراعی گزارش شده است (Alizadeh et al., 2020). کاهش حساسیت سوروف به کوین کلوراک در شرایط خشکی از طریق افزایش فعالیت گلاتاتیون اس ترانسفراز گزارش شده است (Wu et al., 2019). کاهش سطح برگ، افزایش ضخامت کوتیکول، تغییر ترکیب کوتیکول، کاهش فعالیت فتوسنتزی و روزنه‌ها، افزایش متابولیسم و درنهایت کاهش جذب و انتقال علف‌کش در گیاه منجر به کاهش کارایی کنترلی علف‌کش‌ها در شرایط کمبود رطوبت می‌شود (Ziska and Dukes, 2011; Alizadeh et al., 2021; Alizadeh et al., 2020; Benedetti et al., 2020).

## نتیجه‌گیری نهایی

به‌طورکلی نتایج این آزمایش نشان داد که به‌منظور حفظ کارایی کلتودیم در کنترل خونی‌واش تحت شرایط خشکی، ناچار به استفاده از غلظت‌های بالاتر از کلتودیم به‌منظور کنترل مطلوب خونی‌واش هستیم؛ که نشان‌دهنده کاهش کارایی علف‌کش کلتودیم در این شرایط است. با توجه به کاهش کارایی کلتودیم در شرایط سطوح رطوبتی پایین خاک، به نظر می‌رسد استفاده از راهکارهای مناسب تا حدودی می‌تواند منجر به کاهش هزینه‌های اقتصادی و زیست‌محیطی ناشی از کاربرد کلتودیم شد؛ بنابراین به نظر می‌رسد کاربرد مواد افزودنی، کاربرد علف‌کش با فرمولاسیون‌های مختلف، کاربرد علف‌کش در هنگام صبح، استفاده از تکنولوژی‌های سم‌پاشی جدید (مانند سم‌پاشی الکترواستاتیک) را می‌توان به‌عنوان راهکارهایی جهت کاهش و یا حتی حذف اثر منفی تنش خشکی بر کارایی علف‌کش‌ها مدنظر قرار داد.

## تقدیر و تشکر

این تحقیق در قالب طرح پژوهشی به شماره ابلاغ ۲۱۹۴۶/د/۱۴۰۰ مورخ ۱۴۰۰/۱۲/۲۳ و با استفاده از اعتبارات پژوهشی دانشگاه بیرجند انجام شده است که بدینوسیله تشکر و قدردانی می‌شود.

## منابع

Abdolahi Norouzi, M. A., Benakashani, F., Soltani, E., Karimi, S., Akbari, G. A., 2024. Comparative study of influence of water stress on effectiveness of sulfosulfuron to two species of weeds through biomass and photo-

Abbott, L. B., Sterling, T. M., 2006. African rue (*Peganum harmala*) seedling response to herbicides applied under water-deficit stress. Weed Science, 54, 198-204. https://doi.org/10.1614/WS-05-086R.1

نسخه پیش از انتشار

physiological parameters. Crop Protection, 106589. https://doi.org/10.1016/j.cropro.2024.10658

Aghabeigi, M., Khodadadi, M., 2017. Effect of clodinafop-propargyl and mesosulfuronmethyl herbicides on wild oat (*Avena ludoviciana*) control under moisture stress condition. International Journal of Plant and Soil Science, 20, 1–7. https://doi.org/10.9734/IJPSS/2017/38451

Alizade, S., Keshtkar, E., Mokhtassi- Bidgoli, A., Sasanfar, H., Streibig, J.C., 2021. Effect of drought stress on herbicide performance and photosynthetic activity of Avena sterilis subsp. ludoviciana (winter wild oat) and Hordeum spontaneum (wild barley). Weed Research. 61, 288-2997. https://doi.org/10.1111/wre.12477

Alizade, S., Keshtkar, E., Mokhtasi-Bidgoli, A., Sasanfar, H., Streibig, J.C., 2020. Effect of water deficit stress on benzoylprop-ethyl performance and physiological traits of winter wild oat (*Avena sterilis* subsp. ludoviciana). Crop Protection, 137, 105292. https://doi.org/10.1016/j.cropro.2020.105292

Benedetti, L., Rangani, G., Ebeling Viana, V., Carvalho-Moore, P., Rabaioli Camargo, E., Avila, L.A.D., Roma-Burgos, N., 2020. Recurrent selection by herbicide sublethal dose and drought stress results in rapid reduction of herbicide sensitivity in junglerice. Agronomy. 10, 16–19. https://doi.org/10.3390/agronomy10111619

Boydston, R.A., 1990. Soil water content affects the activity of four herbicides on green foxtail (*Setaria viridis*). Weed Science. 38, 578-582. https://doi.org/10.1017/S0043174500051523

Boydston, R.A., 1992. Drought stress reduces fluazifop-P activity on green foxtail (*Setaria viridis*). Weed Science, 40, 20-24. https://doi.org/10.1017/S0043174500056885

Chaves, M.M., Pereira, J.S., 1992. Water stress, CO2 and climate change. Journal of Experimental Botany. 43, 1131-1139. https://doi.org/10.1093/jxb/43.8.1131

Collings, L.V., Blair, A.M., Gay, A.P., Dyer, C.J., Mackay, N., 2003. The effect of weather factors on the performance of herbicides to control *Alopecurus myosuroides* in winter wheat. Weed Research. 43, 146-153. https://doi.org/10.1046/j.13653180.2003.00327.x

Farooq, M., Irfan, M., Aziz, T., Ahmad, I., Cheema, S.A., 2013. Seed priming with ascorbic acid improves drought resistance of wheat. Journal of Agronomy and Crop Science, 199, 12–22. https://doi.org/10.1111/j.1439-037X.2012.00521.x

Le, D., Morell, M., 2021. Influence of water regimes and herbicides for control of purple nutsedge (*Cyperus rotundus*). Advances in Weed Science, 39. e20210085 https://doi.org/10.51694/AdvWeedSci/2021;000015

Monaco, T.J., Weller, S.C., Ashton, F.M., 2002. Weed science: Principles and practices. New York, NY: John Wiley & Sons Inc., pp. 95–126.

Oyarzabal, E.S., 1991 Effect of weed water stress on postemergence herbicides activity. PhD dissertation, Iowa State University, Ames, IA.

Radchenko, M.P., Sychuk, A.M., Morderer, Y.Y., 2014. Decrease of the herbicide fenoxaprop phytotoxicity in drought conditions: the role of the antioxidant enzymatic system. Journal of Plant Protection Research. 54, 390–394. https://doi.org/10.2478/jppr-2014-0058

Rashed Mohassel, M. H., Aliverdi, A., Hammami, H., Zand, E., 2010. Optimizing the performance of diclofop- methyl, cycloxydim, and clodinafop- propargyl on littleseed canarygrass (*Phalaris minor*) and wild oat (*Avena ludoviciana*) control with adjuvants. Weed Biology and Management. 10, 57-63. https://doi.org/10.1111/j.1445-6664.2010.00367.x

Rossi, F. S., Di Tomaso, J. M., Neal, J. C., 1993. Fate of fenoxaprop-ethyl applied to moisture-stressed smooth crabgrass (*Digitaria ischaemum*). Weed Science, 41, 335-340. https://doi.org/10.1017/S0043174500052024

Senseman, S.A., 2007. Herbicide Handbook. 9th ed. Weed Science Society of America., Lawrence, KS.

Singh, S., Kirkwood, R.C., Marshall, G., 1999. Biology and control of *Phalaris minor* Retz. (*littleseed canarygrass*) in wheat. Crop Protection, 18, 1-16. https://doi.org/10.1016/S02612194(98)00090-8

Srivastava, A.K., Pasala, R., Minhas, P.S., Suprasanna, P., 2016. Plant bioregulators for sustainable agriculture: integrating redox signaling as a possible unifying mechanism.

Advances in Agronomy 137, 237-278. https://doi.org/10.1016/bs.agron.2015.12.002

Tabari, H., Talaee, P. H., Nadoushani, S. M., Willems, P., Marchetto, A., 2014. A survey of temperature and precipitation based aridity indices in Iran. Quaternary International, 345, 158-166. https://doi.org/10.1016/j.quaint.2014.03.061

Varanasi, A., Prasad, P.V., Jugulam, M., 2016. Impact of climate change factors on weeds and herbicide efficacy. Advances in Agronomy, 135, 107-146. https://doi.org/10.1016/bs.agron.2015.09.002

Vila-Traver, Jaime, Eduardo Aguilera, Juan Infante-Amate, and M. Gonzalez de Molina., 2021. Climate change and industrialization as the main drivers of Spanish agriculture water stress. Science of the Total Environment 760, 143399.https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.143399

Wu, L.M., Fang, Y., Yang, H.N., Bai, L.Y., 2019. Effects of drought-stress on seed germination and growth physiology of quinclorac-resistant *Echinochloa crusgalli*. PLoS One 14, e0214480. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0214480

Zhang, X., Wang, X., Zhong, J., Zhou, Q., Wang, X., Cai, J., Dai, T., Cao, W., Jiang, D., 2016. Drought priming induces thermo-tolerance to post-anthesis high-temperature in offspring of winter wheat. Environmental and Experimental Botany, 127, 26-36. https://doi.org/10.1016/j.envexpbot.2016.03.004

Zhou, J., Tao, B., Messersmith, C. G., Nalewaja, J. D., 2007. Glyphosate efficacy on velvetleaf (*Abutilon theophrasti*) is affected by stress. Weed Science, 55, 240-244. https://doi.org/10.1614/WS-06-173.1

Ziska, L.H., Dukes, J.S., 2011. Weed Biology and Climate Change. Blackwell Publishing Ltd.

نسخه پیش از انتشار