

## برهمکنش غلظت‌های مختلف علف‌کش مزوسولفورون + یودوسولفورون + دیفلوفنیکان (اُتللو) و رطوبت خاک بر کنترل علف هرز خردل وحشی (*Sinapis arvensis*) در گندم

محمد امین قسام<sup>۱</sup>، حسن علیزاده<sup>۱\*</sup>، مصطفی اویسی<sup>۱</sup> و محمدعلی باغستانی میبیدی<sup>۲</sup>

۱- گروه زراعت و اصلاح نباتات پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران، ۲- موسسه تحقیقات گیاهپزشکی کشور  
(تاریخ دریافت: ۹۶/۱۰/۰۴ - تاریخ پذیرش: ۹۷/۰۳/۱۲)

### چکیده

شرایط محیطی از جمله رطوبت خاک، تأثیر بسزایی بر کارایی علف‌کش‌ها دارد. به منظور ارزیابی اثر غلظت‌های علف‌کش اُتللو در شرایط مختلف رطوبت خاک بر علف هرز خردل وحشی و گندم، آزمایش گلخانه‌ای، به صورت کرت‌های خردشده بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در گلخانه تحقیقاتی پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران انجام شد. سه سطح رطوبت خاک شامل ظرفیت مزرعه، ۷۵٪ ظرفیت مزرعه و ۵۰٪ ظرفیت مزرعه و غلظت‌های مختلف علف‌کش مزوسولفورون + یودوسولفورون + دیفلوفنیکان، شامل صفر، ۳۳، ۶۶، ۹۹، ۱۳۲ و ۱۶۵ گرم ماده موثره در هکتار بودند. نتایج نشان داد که میزان غلظت لازم برای کاهش ۵۰ درصد وزن خشک خردل وحشی در رطوبت ظرفیت مزرعه ۷۱/۵۷ گرم ماده موثره در هکتار بود در حالی که در رطوبت ۷۵٪ و ۵۰٪ ظرفیت مزرعه، به ترتیب ۸۸/۶۹ و ۱۱۶/۲۱ گرم ماده موثره در هکتار بود. میزان غلظت لازم برای کاهش ۵۰ درصد وزن خشک گندم در رطوبت ظرفیت مزرعه، ۸۶/۵۰ گرم ماده موثره در هکتار بود و در رطوبت ۷۵٪ و ۵۰٪ ظرفیت مزرعه، این غلظت لازم به ترتیب به ۱۰۲/۵ و ۷۳/۹۵ گرم ماده موثره در هکتار رسید. نتایج نشان داد که در رطوبت ۵۰ درصد ظرفیت مزرعه، غلظت‌های کمتر این علف‌کش نیز باعث اثرات سوء بر گندم خواهند شد.

واژه‌های کلیدی: وزن تر و خشک، کارایی علف‌کش، رطوبت خاک.

## Interaction effects of different concentrations of Mesosulfuron + Iodosulfuron + Diflufenican (Othello) herbicide and soil moisture content on control of *Sinapis arvensis* in wheat

Mohammad Amin Ghassam<sup>1</sup>, Hassan Alizadeh<sup>1\*</sup>, Mostafa Oveisi<sup>1</sup> and Mohammad Ali Baghestani<sup>2</sup>

1- Agronomy and Plant Breeding Dept., University College of Agriculture and Natural Resources, University of Tehran, 2- Research Institute of Plant Protection

(Received: Dec. 25, 2016 - Accepted: May 2, 2017)

### ABSTRACT

Environmental conditions such as soil moisture have a significant effect on herbicides efficacy. In order to evaluate the effect of Othello herbicide in different soil moisture conditions on wild mustard and wheat, a greenhouse experiment was conducted as split plot based on randomized complete block design with three replications. Three levels of soil moisture including field capacity, 75% field capacity and 50% field capacity, and 0, 33, 66, 99, 132 and 165 grams of active ingredient of Mesosulfuron + Iodosulfuron + Diflufenican per hectare were the experimental treatments. Results showed that the concentration required to reduce the dry matter content of wild mustard by 50% in the field capacity was 71.57 g.a.i /ha of herbicide, while in 75% and 50% of the field capacity, it was increased to 88.69 and 112.11 g of active ingredient per hectare, respectively. The required concentration to reduce 50% of dry weight of wheat in the field capacity was 86.85 g.a.i / ha, while it reached to 102.5 and 73.95 g.a.i /ha at 75% and 50% moisture content, respectively. The results of the data showed that at 50% moisture content of the field capacity, lower concentrations of this herbicide would also have adverse effects on wheat.

Key words: Fresh and Dry weight, Herbicide Efficiency, Soil moisture.

## مقدمه

شب ۲۵ و ۲۳ درجه سانتی‌گراد نسبت به رطوبت یک سوم ظرفیت مزرعه و دمای روز و شب ۵ و ۳ درجه سانتی‌گراد بیشتر بود. واکر و همکاران (Walker et al., 2001) گزارش کردند که کارایی علف‌کش ایزوپروتورون در شرایط تنش رطوبتی، کاهش می‌یابد. در شرایط تنش رطوبتی، معمولاً کارایی علف‌کش‌های پیش‌رویشی کاهش می‌یابد (Zanata et al.; Zhang et al., 2001). مطابق با آزمایش آبوت و Soukup et al., 2004 (Soukup et al., 2004) کارایی علف‌کش استرلینگ (Abbott & Sterling, 2006)، کارایی علف‌کش هگزازینون در کنترل علف‌هرز *Peganum harmala* تحت تأثیر کاهش رطوبت خاک که بر جذب، انتقال و متابولیسم علف‌کش تأثیر می‌گذارد، کاهش می‌یابد. پیرا و همکاران (Pereira et al., 2010) دریافتند که در شرایط عدم تنش آبی (آبیاری نرمال)، کاربرد ۵۰ درصد مقدار توصیه شده علف‌کش فلوآزیفوپ-پی بوتیل، هالوکسی فوپ متیل و ستوکسیدیم برای کنترل موثر علف‌هرز *Urochloa plantaginea* L. کافی است. پیرا و همکاران (Pereira et al., 2011) دریافتند که کارایی علف‌کش ستوکسیدیم در کنترل علف‌هرز الیوسین *Eleusine indica* رشد یافته در تنش آبی، کاهش یافت. در آزمایشی، کارایی علف‌کش‌های فلوآزیفوپ-بوتیل، هالوکسی فوپ-متیل و ستوکسیدیم در کنترل علف‌هرز *Urochloa decumbens* رشد یافته در شرایط رطوبت خاک ۱/۵- مگاپاسکال، کمتر بود. کاهش غلظت علف‌کش، کارایی را کاهش داد؛ به استثنای کاربرد غلظت ۵۰ درصد ستوکسیدیم و فلوآزیفوپ بوتیل که کاربرد آن در مرحله ۴ تا ۶ برگی علف‌هرز در شرایط نرمال آبی، موثر بود (Rocha-Pereira et al., 2012). جورسیک و همکاران (Jursik et al., 2015) گزارش کردند که کارایی بعضی از علف‌کش‌ها از جمله اکسی فلورفن، استاکلر و پروپیکلر در شرایط خشک (تنش رطوبتی)، کاهش یافت. سباستیان و همکاران (Sebastian et al., 2016) دریافتند که گیاه‌سوزی *Kochia scoparia* در اثر کاربرد علف‌کش‌های فلومیوکسازین و ایندازیفلم در خاک با پتانسیل آبی کمتر از ۲۰۰ Kpa-، به شدت کاهش یافت.

بخش قابل توجهی از عملکرد محصولات زراعی در کشورهای پیشرفته، به خاطر مصرف علف‌کش‌ها است به طوری که در سال ۲۰۱۵ میلادی در جهان، سهم فروش علف‌کش‌ها، ۴۸ درصد کل سموم کشاورزی بود (FAO, 2016). در ایران نیز میزان مصرف علف‌کش‌ها بالاست به طوری که در سال ۱۳۹۵، حدود ۵۶۴۲/۷ تن علف‌کش در ایران مصرف شده است که ۴۴/۳ درصد کل سموم کشاورزی مصرفی در کشور را به خود اختصاص داده است (بی‌نام، ۱۳۹۵). شرایط محیطی از جمله دما و رطوبت، بر کارایی علف‌کش‌ها تأثیر می‌گذارد. شرایط محیطی بر صفات مورفولوژیکی و فیزیولوژیکی گیاه تأثیر دارد و بر جذب و انتقال علف‌کش‌ها اثر می‌گذارد؛ بنابراین می‌تواند در کارایی علف‌کش‌ها نقش داشته باشد. از جمله شرایط محیطی، رطوبت خاک در زمان مصرف علف‌کش است که از طریق تأثیر بر شرایط مورفولوژیکی و فیزیولوژیکی گیاه، بر کارایی علف‌کش اثر می‌گذارد. رطوبت خاک می‌تواند کارایی علف‌کش را از طریق تغییر در جذب، انتقال و یا متابولیسم علف‌کش، تحت تأثیر قرار دهد و یک فاکتور ضروری در کارایی علف‌کش به حساب می‌آید (Moyer, 1987). ایمازامتاز-متیل باعث کنترل بیشتر دمرابه‌ای (*Alopecurus mysuroides*) در رطوبت خاک ۷۵ درصد ظرفیت مزرعه نسبت به رطوبت‌های کمتر شد (Malefyt & Quakenbush, 1991). کاهش رطوبت خاک، باعث کاهش کارایی علف‌کش‌ها، بدون در نظر گرفتن محل عمل یا خواص فیزیکی و شیمیایی آنها می‌شود (Kudsk & Kristensen, 1992). مد و همکاران (Medd et al., 2001) گزارش کردند که کمبود رطوبت خاک، ۱۰ روز قبل از کاربرد علف‌کش، منجر به کاهش کارایی علف‌کش کلودینافوپ پروپارژیل شد و اثر شرایط محیطی بر کارایی علف‌کش کلودینافوپ پروپارژیل در کنترل علف‌هرز دم‌رواهی (*Alopecurus mysuroides*)، بسیار مهمتر از مرحله رشدی علف‌هرز بود. اولسن و همکاران (Olsen, et al., 2001)، طی آزمایشی نشان دادند که درصد کنترل علف‌های هرز با علف‌کش MON 37500 در رطوبت اشباع خاک و دمای روز و

مساوی شن ولوم تشکیل شده بود و pH آن ۶/۷ بود. پس از کاشت، گلدان‌ها در گلخانه قرار گرفتند و به صورت روزانه آبیاری شدند تا بذرها سبز شدند. دمای گلخانه ۲۲/۱۶ (شب/روز) بود. در مرحله دو برگی، بوته‌های واقع در گلدان تنک شدند و چهار بوته در هر گلدان نگه داشته شد. در مرحله سه تا چهار برگی خردل وحشی و مرحله چهار تا شش برگی گندم، بوته‌ها با مقادیر صفر، ۳۳، ۶۶، ۹۹، ۱۳۲ و ۱۶۵ گرم ماده موثره در هر هکتار مزوسولفورون+یودوسولفورون+دیفلوفنیکان (آتلولو، شرکت بایرکراپ ساینس آلمان، ۱/۶ لیتر در هکتار) سمپاشی شدند. عملیات سمپاشی به وسیله یک سمپاش پشتی شارژی (Matabi 12v Electric Backpack Sprayer Agratech, UK) مجهز به نازل شره‌ای که با فشار ۲۴۰ کیلوپاسکال و حجم ۲۵۰ لیتر در هکتار تنظیم شده بود، انجام شد. در همین مرحله، بوته‌ها در معرض رطوبت‌های ظرفیت مزرعه، ۷۵ درصد ظرفیت مزرعه و ۵۰ درصد ظرفیت مزرعه قرار گرفتند. رطوبت خاک گلدان‌ها، در دوره ۱۵ روزه (از یک روز قبل از سمپاشی تا زمان سمپاشی) در رطوبت‌های ذکر شده نگه داشته شد به این روش که گلدان‌ها وزن شدند و معادل کاهش وزن، آب اضافه شد تا به وزن دلخواه ( $\pm 0.5g$ ) برسند. به منظور تعیین رطوبت خاک در حالت ظرفیت زراعی، گلدان‌ها تا حد اشباع آبیاری شدند و پس از گذشت ۲۴ ساعت، گلدان‌ها هر ۲ ساعت یکبار وزن شدند. در زمان ثابت شدن وزن گلدان‌ها، از هر گلدان نمونه خاک تهیه شد و وزن آن‌ها اندازه‌گیری شد و سپس به مدت ۴۸ ساعت، در آون با دمای ۱۰۳ درجه سانتی‌گراد منتقل شدند. درصد آب خاک در حالت ظرفیت مزرعه، با استفاده از رابطه زیر اندازه‌گیری شد (Khazaei et al., 2008).

$$\text{درصد آب خاک} = \frac{\text{وزن خشک خاک} - \text{وزن تر خاک}}{\text{وزن خشک خاک}} \times 100$$

برای اعمال تیمارهای رطوبتی، هر گلدان در حالت ظرفیت زراعی وزن شد و سپس بر اساس درصد آب خاک، میزان آب مورد نیاز در تیمار مورد نظر تعیین شد. پس از آن و در دوره

درک اینکه علف‌کش‌ها در رژیم‌های مختلف رطوبتی چه واکنشی را نشان می‌دهند و واکنش محصول از نظر گیاه‌سوزی چگونه است، سبب می‌شود تا غلظت علف‌کش کاربردی، با دقت بیشتری تخمین زده شود. مزوسولفورون (۷/۵ گرم در لیتر) + یوسولفورون (۲/۵ گرم در لیتر) + دیکلوفنیکان (۵۰ گرم در لیتر) (بازدارنده سنتز کارتنوئیدها) + ایمن‌کننده مفن پیر دی اتیل (۲۲/۵ گرم در لیتر) با نام تجاری اوتللو، علف‌کش دومنظوره انتخابی، سیستمیک و پس‌رویشی از خانواده سولفونیل‌اوره‌هاست که برای کنترل علف‌های هرز باریک و پهن برگ در گندم استفاده می‌شود. نحوه اثر مزوسولفورون و یوسولفورون، اختلال در سنتز آنزیم استولاکتات سینتاز (آنزیم موثر در ساخت اسید آمینه‌های ضروری) می‌باشد. دیکلوفنیکان، مانع از ساخت آنزیم فیتوئن دهیدروژناز می‌شود که آنزیم اصلی تشکیل‌رنگدانه کارتنوئیدهاست. ایمن‌کننده مفن پیر دی اتیل، گندم را از آسیب رسیدن مصون می‌دارد. این علف‌کش، در مزارع گندم استفاده می‌شود و گزارش‌هایی از عدم کنترل کافی علف‌های هرز و اثرات سوء بر گندم، در بعضی مناطق کشور گزارش شده است؛ بنابراین، این آزمایش به صورت گلخانه‌ای و با هدف بررسی اثر شرایط مختلف رطوبت خاک بر کارایی این علف‌کش در کنترل خردل وحشی و اثرات سوء بر روی گندم انجام شد.

## مواد و روش‌ها

این پژوهش، در پاییز ۱۳۹۵، در گلخانه تحقیقاتی گروه زراعت و اصلاح نباتات پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران، به صورت کرت‌های خردشده بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار انجام شد. فاکتورهای آزمایش شامل رطوبت خاک، در سه سطح ظرفیت مزرعه، ۷۵ درصد ظرفیت مزرعه و ۵۰ درصد ظرفیت مزرعه و غلظت‌های مختلف علف‌کش مزوسولفورون+یودوسولفورون+دیفلوفنیکان شامل صفر، ۳۳، ۶۶، ۹۹، ۱۳۲ و ۱۶۵ گرم ماده موثره در هکتار بودند. بذرهاي خردل وحشی (*Sinapis arvensis*) و گندم (*Triticum aestivum*) رقم سیروان، به طور جداگانه و به ترتیب در گلدان‌های یک و سه کیلوگرمی کاشته شد. خاک از ترکیب

علف‌کش و **Min**، حد پایین در شرایط بالاترین غلظت علف‌کش می‌باشد. برای برازش توابع، از نرم افزار **Sigma plot (ver.12)** استفاده شد. از شاخص ریشه میانگین مربعات خطا (**RMSE**) (معادله ۳) برای ارزیابی برازش مدل استفاده شد.

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - y_i)^2}{n}} \quad \text{معادله (۳)}$$

**x<sub>i</sub>** و **y<sub>i</sub>**، آیین داده واقعی و برآورد شده می‌باشند و **n** تعداد داده‌ها می‌باشد.

## نتایج و بحث

### بررسی صفات مربوط به خردل وحشی

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثرات رطوبت خاک، غلظت علف‌کش و اثرات متقابل آن‌ها بر صفات وزن تر و خشک، سطح ویژه برگ و سبزیگی برگ خردل وحشی معنی‌دار بود؛ بنابراین از تجزیه رگرسیونی استفاده شد.

### وزن تر خردل وحشی

بر اساس معادله لجستیک سه پارامتره، میزان غلظت لازم برای کاهش ۵۰ درصد وزن تر خردل وحشی در رطوبت ظرفیت مزرعه، ۱۱۲/۰۶ گرم ماده موثره در هکتار از علف‌کش بود و این در حالی بود که در رطوبت ۷۵ درصد و ۵۰ درصد ظرفیت مزرعه، غلظت لازم برای کاهش ۵۰ درصد وزن تر خردل وحشی، به ترتیب ۱۲۷/۶ و ۱۴۷/۸ گرم ماده موثره در هکتار از علف‌کش اوتللو بود. این امر نشان‌دهنده کاهش کارایی این علف‌کش در رطوبت‌های کمتر خاک می‌باشد. به عبارت ساده، با کاهش میزان رطوبت خاک، برای کاهش ۵۰ درصدی وزن تر خردل وحشی، به ۳۵ گرم ماده موثره بیشتر در هکتار از علف‌کش اوتللو نیاز است. همچنین نتایج نشان داد که میزان کاهش وزن تر خردل وحشی به ازای هر واحد افزایش علف‌کش اوتللو، متفاوت بود و در تیمارهای رطوبتی ظرفیت مزرعه، ۷۵ و ۵۰ درصد ظرفیت مزرعه، به ترتیب ۱/۳۴، ۱/۴۸ و ۲/۰۳ بود (جدول ۱). بررسی نتایج در شکل ۱ (a) نشان می‌دهد که در غلظت‌های ۳۳ و ۶۶ گرم ماده موثره در هکتار (۲۵ درصد و ۵۰ درصد غلظت توصیه

آزمایش، گلدان‌ها به صورت روزانه وزن شدند و آب کم شده از هر گلدان تأمین شد (Khazaei et al., 2008). ۱۴ روز پس از سمپاشی، نمونه برداری انجام شد و وزن تر و خشک خردل وحشی و گندم و مقادیر **SPAD** خردل وحشی و گندم اندازه‌گیری شد.

### منحنی‌های غلظت-پاسخ

ابتدا آنالیز واریانس بررسی تأثیر تیمارها انجام شد. سپس با توجه به معنی‌دار بودن اثرات متقابل، از تجزیه رگرسیونی، برای آنالیز اثرات متقابل استفاده شد. داده‌های وزن تر و خشک، سطح ویژه برگ و مقدار **SPAD** خردل وحشی در مرحله نمونه برداری، در مقابل علف‌کش اوتللو، با برازش معادله‌ی غلظت-پاسخ استاندارد سه پارامتره لجستیک استریگ (معادله ۱) توصیف شد و پارامترها محاسبه شد:

$$Y = \frac{a}{1 + (Dose / ED50)^b} \quad \text{معادله (۱)}$$

در این معادله: **Y**، متغیر وابسته؛ **a**، صفت مورد مطالعه علف هرز در شرایط عدم کاربرد علف‌کش؛ **ED50**، غلظتی از علف‌کش که باعث کاهش ۵۰ درصد صفت مورد مطالعه شده است و **b**، شیب خط منحنی در ناحیه‌ای که روند نمودار خطی می‌شود می‌باشد.

برای بدست آوردن منحنی‌های واکنش گندم به غلظت‌های علف‌کش اوتللو، داده‌های وزن تر، وزن خشک و **SPAD** گندم در مرحله نمونه برداری، با استفاده از نرم افزار **Sigma plot(ver.12)** معادله چهار پارامتره استاندارد لجستیک (معادله ۲) برازش داده شد (Ritz & Streibig, 2005).

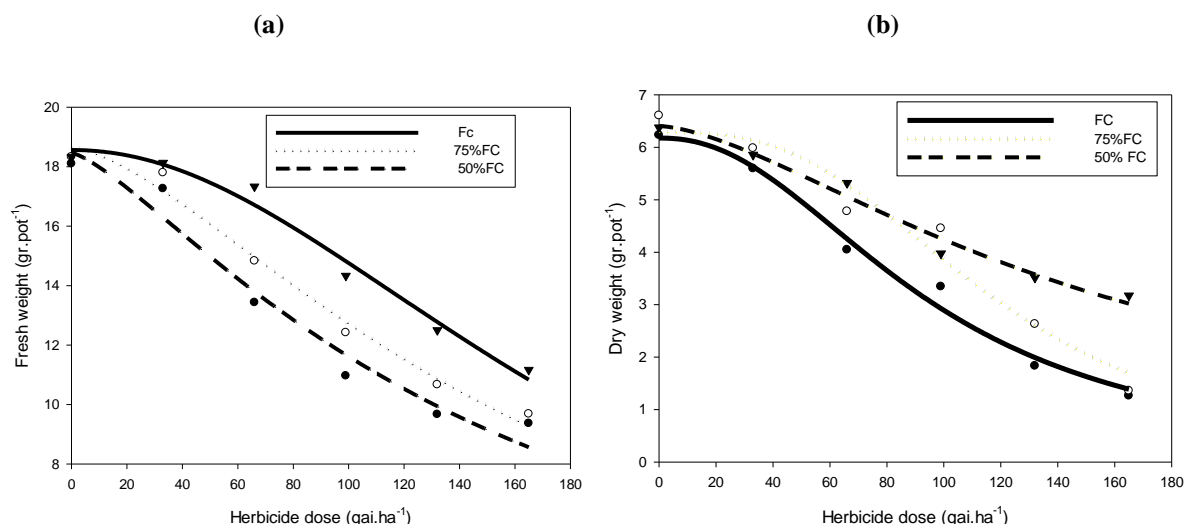
$$Y = Min + \frac{(Max - Min)}{1 + (Dose / ED50)^b} \quad \text{معادله (۲)}$$

در این معادله: **Y**، متغیر وابسته؛ **ED50**، غلظتی از علف‌کش که باعث کاهش ۵۰ درصد صفت مورد مطالعه شده است؛ **b**، شیب خط منحنی در ناحیه‌ای که روند نمودار خطی می‌شود؛ **Max**، حد بالای بیشترین صفت مورد مطالعه در شرایط عدم کاربرد

میزان غلظت لازم برای کاهش ۵۰ درصد وزن خشک خردل وحشی در رطوبت ظرفیت مزرعه، ۷۱/۵۷ گرم ماده موثره در هکتار از علف‌کش بود در حالی که در رطوبت ۷۵ درصد و ۵۰ درصد ظرفیت مزرعه، غلظت لازم برای کاهش ۵۰ درصد وزن خشک خردل وحشی، به ترتیب ۸۸/۶۹ و ۱۱۶/۲۱ گرم ماده موثره در هکتار بود. این امر نشان‌دهنده کاهش کارایی این علف‌کش، در رطوبت‌های کمتر خاک بود. شیب منحنی یا روند کاهش وزن خشک خردل وحشی، با توجه به افزایش یک واحد در غلظت علف‌کش، در رطوبت ظرفیت مزرعه، ۷۵ و ۵۰ درصد ظرفیت مزرعه، به ترتیب ۱/۵۵، ۲/۹۰ و ۲/۲۱ به دست آمد (جدول ۲).

شده) و در شرایط رطوبتی ظرفیت مزرعه و ۷۵ درصد ظرفیت مزرعه، وزن تر خردل وحشی نسبت به تیمار شاهد، اختلاف بیشتری نسبت به شرایط رطوبتی ۵۰ درصد ظرفیت مزرعه داشت. این نتایج نشان می‌دهد که در شرایط رطوبتی نرمال، غلظت‌های کاهش یافته این علف‌کش، کارایی بیشتری در کاهش وزن تر خردل وحشی، نسبت به شرایط تنش رطوبتی دارند و هرچه تنش رطوبتی بیشتر می‌شود، کارایی غلظت‌های کاهش یافته در کنترل علف‌های هرز، کاهش می‌یابد.

### وزن خشک خردل وحشی



شکل ۱- پاسخ وزن تر (شکل a) و خشک (شکل b) خردل وحشی به غلظت‌های مختلف علف‌کش، تحت تأثیر تیمارهای رطوبتی خاک

Figure 1. Response of fresh (figure a) and dry (figure b) weights of *Sinapis arvensis* to different concentrations of herbicide affected by different soil moisture treatments

جدول ۱- برآورد پارامترهای برازش داده شده بر اساس معادله سه پارامتره لجستیک به وزن تر خردل وحشی تحت تأثیر سطوح مختلف رطوبت خاک

Table 1. Parameters estimated based on the Three-Parameters Logistic Equation fitted to fresh weight of *Sinapis arvensis* under different levels of soil moisture

Soil moisture	a	ED50	b	RMSE	R2
FC	18.47 (0.51)	112.06 (7.59)	1.34 (0.17)	0.92	0.94
75%FC	18.65 (0.46)	127.6 (7.82)	1.48 (0.19)	0.85	0.94
50%FC	18.56 (0.52)	147.81 (11.50)	2.03 (0.41)	1.07	0.88

غلظت توصیه شده، در شرایط رطوبتی ظرفیت مزرعه و ۷۵ درصد ظرفیت مزرعه، وزن خشک خردل وحشی نسبت به تیمار

بررسی روند نتایج در شکل ۱ (b) نشان می‌دهد که در غلظت‌های ۳۳ و ۶۶ گرم ماده موثره در هکتار (۲۵ درصد و ۵۰ درصد

بصورت برگ‌پاشی مصرف می‌شود، با سهولت و سرعت بیشتری جذب گیاه هرز می‌شود. همچنین، هر چه بر شرایط رطوبتی رشد گیاهان افزوده شود، برگ‌ها شاداب تر و آبدارتر می‌شوند و لایه مومی و کوتیکول ظریف تری خواهند داشت (Parker, 2008).

### سبزی‌نگی برگ خردل وحشی

بر اساس مدل سه پارامتره غلظت - پاسخ، میزان غلظت لازم برای کاهش ۵۰ درصد سبزی‌نگی برگ خردل وحشی در رطوبت ظرفیت مزرعه، ۱۳۷/۶ گرم ماده موثره علف‌کش در هکتار می‌باشد در حالی که در رطوبت ۷۵ درصد و ۵۰ درصد ظرفیت مزرعه، غلظت لازم برای کاهش ۵۰ درصد سبزی‌نگی برگ خردل وحشی، به ترتیب ۱۱۵/۲ و ۱۱۱/۹ گرم ماده موثره در هکتار می‌باشد. شیب منحنی یا روند کاهش سبزی‌نگی برگ خردل وحشی، با توجه به افزایش یک واحد در غلظت علف‌کش، در رطوبت ظرفیت مزرعه، ۷۵ و ۵۰ درصد ظرفیت مزرعه، به ترتیب ۱/۶، ۱/۵ و ۱/۹ به دست آمد (جدول ۳). بررسی روند نتایج در شکل ۲ نشان می‌دهد که در غلظت‌های ۳۳ و ۶۶ گرم ماده موثره در هکتار (۲۵ درصد و ۵۰ درصد غلظت توصیه شده) و در شرایط رطوبتی ظرفیت مزرعه و ۷۵ درصد ظرفیت مزرعه، سبزی‌نگی برگ نسبت به تیمار شاهد، اختلاف بیشتری نسبت به شرایط رطوبتی ۵۰ درصد ظرفیت مزرعه داشت.

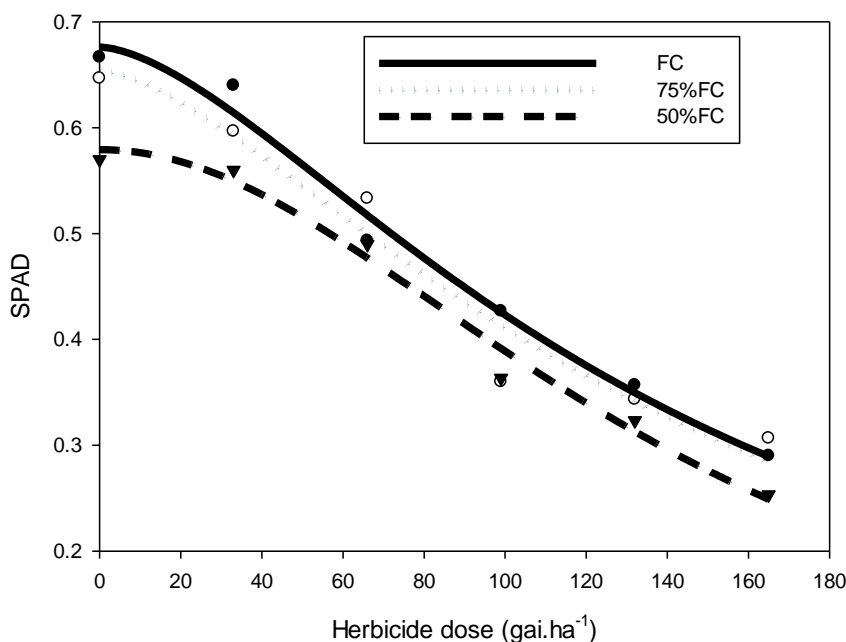
این نتایج، مشابه نتایج تحقیقاتی است که در آن، کنترل بوته‌های *Elytrigia repens* رشد یافته در خاک مرطوب، بیشتر از بوته‌های رشد یافته در خاک خشک بود (Bruce et al., 1996). کارایی کمتر در رطوبت‌های کمتر خاک، ممکن است به علت کاهش

شاهد اختلاف بیشتری نسبت به شرایط رطوبتی ۵۰ درصد ظرفیت مزرعه داشت. این نتایج نشان می‌دهد که در شرایط رطوبتی نرمال، غلظت‌های کاهش یافته این علف‌کش، کارایی بیشتری در کاهش وزن خشک خردل وحشی نسبت به شرایط تنش رطوبتی دارند و هرچه تنش رطوبتی بیشتر می‌شود، کارایی غلظت‌های کاهش یافته در کنترل خردل وحشی کمتر می‌شود. در شرایط رطوبتی ظرفیت مزرعه در مقایسه با ۷۵ درصد و ۵۰ درصد ظرفیت مزرعه، وزن خشک خردل وحشی بیشتر بود و این نتیجه ممکن است یکی از عواملی باشد که باعث افزایش کنترل مشاهده شده در تیمارهای بدون محدودیت آب می‌شود زیرا سطح برگ بیشتر، ممکن است منجر به افزایش میزان دریافت علف‌کش شود. هنگامی که گیاهان در معرض کمبود آب قرار می‌گیرند، امکان بروز رقابت میان حفاظت از آب و میزان جذب  $CO_2$  برای تولید کربوهیدرات‌ها وجود دارد (Taiz & Zeiger, 2002). علاوه بر این، هرچه تقاضای گیاه بیشتر می‌شود، نیاز به جریان آب در سیستم خاک - گیاه - اتمسفر بیشتر می‌شود و در شرایطی که آب در دسترس نیست، گیاهان برای جلوگیری از هدر رفتن آب، به بستن روزنه‌ها روی می‌آورند (Santos & Carlesso, 1998) و این باعث کاهش نفوذ علف‌کش به درون گیاه و در نتیجه کاهش اثربخشی آن خواهد شد. علف‌های هرز که در معرض تنش آب قرار می‌گیرند، نسبت به حالت عادی، از حساسیت کمتری نسبت به علف‌کش‌ها برخوردارند که ممکن است به دو دلیل عمده باشد: ۱- کاهش سرعت متابولیسم در علف هرز، زیرا هرچه گیاه هرز دارای سرعت رشد بیشتری باشد، با سهولت بیشتری با علف‌کش‌ها کنترل می‌شود و ۲- افزایش ضخامت لایه مومی روی برگ‌ها. به عبارت دیگر، زمانی که یک گیاه در شرایط محیطی مرطوب رشد می‌کند، آنگاه محلول علف‌کشی که

جدول ۲- برآورد پارامترهای برازش داده شده بر اساس معادله سه پارامتره لجستیک به وزن خشک خردل وحشی تحت تأثیر سطوح مختلف رطوبت خاک

Table 2. Parameters estimated based on the Three-Parameters Logistic Equation fitted to dry weight of *Sinapis arvensis* under different levels of soil moisture

Soil moisture	*a	ED50	b	RMSE	R <sup>2</sup>
FC	6.17 (0.20)	71.57 (3.9)	2.21 (0.26)	0.96	0.95
75%FC	6.29 (0.23)	88.69 (4.5)	2.90 (0.47)	0.93	0.92
50%FC	6.40 (0.19)	116.21 (7.9)	1.55 (0.23)	0.91	0.92



شکل ۲- پاسخ سبزیگی برگ خردل وحشی به غلظت‌های مختلف علف‌کش، تحت تأثیر تیمارهای رطوبتی خاک

Figure 2. Response of leaf SPAD of *Sinapis arvensis* to different concentrations of herbicide affected by soil moisture treatments

جدول ۳- برآورد پارامترهای برازش داده شده بر اساس معادله سه پارامتره لجستیک به سبزیگی برگ خردل وحشی تحت تأثیر سطوح مختلف رطوبت خاک

Table 3. Parameters estimated based on the Three-Parameters Logistic Equation fitted to leaf SPAD of *Sinapis arvensis* under different levels of soil moisture

Soil moisture	a	ED50	b	RMSE	R <sup>2</sup>
FC	0.67 (0.01)	137.6 (7.1)	1.6 (0.18)	0.93	0.94
75%FC	0.65 (0.02)	139.7 (8.9)	1.5 (0.22)	0.92	0.93
50%FC	0.57 (0.01)	143.05 (4.7)	1.9 (0.18)	0.94	0.94

### وزن تر گندم

میزان غلظت لازم علف‌کش برای کاهش ۵۰ درصد وزن تر گندم در رطوبت ظرفیت مزرعه، ۱۰۳/۸۰ گرم ماده موثره در هکتار بود در حالی که در رطوبت ۷۵ درصد و ۵۰ درصد ظرفیت مزرعه، به ترتیب به ۶۹/۲۶ و ۷۲/۷ گرم ماده موثره در هکتار کاهش یافت. این نتیجه نشان‌دهنده این است که در رطوبت‌های کمتر خاک، غلظت‌های کمتری از این علف‌کش باعث اثرات سوء بر گندم شد. شیب منحنی یا روند کاهش وزن تر گندم، با توجه به افزایش یک واحد در غلظت علف‌کش در رطوبت ظرفیت مزرعه، ۷۵ و ۵۰ درصد ظرفیت مزرعه، به ترتیب ۲/۱، ۵/۴ و ۵/۵۷ به دست آمد (جدول ۴). بررسی نتایج در شکل ۳ (a) نشان می‌دهد که در

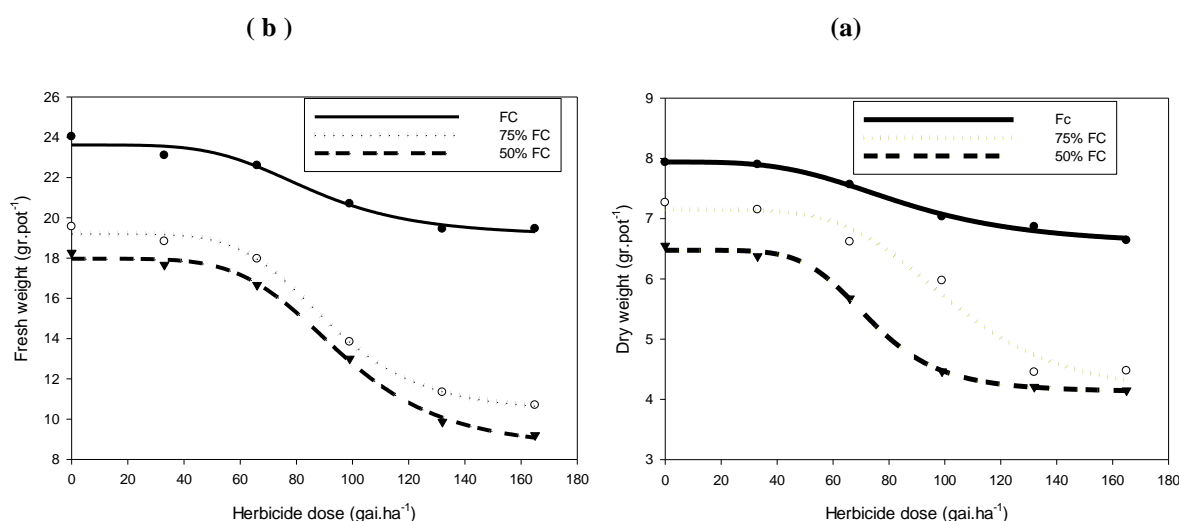
فعالیت فیزیولوژیکی گیاه باشد؛ که نقشی بازدارنده در تأثیر اولیه علف‌کش ایفا می‌کند (Wu et al., 1974). اولسن و همکاران (Olsen et al., 2001) نیز کنترل بیشتر علف‌های هرز در رطوبت ظرفیت مزرعه نسبت به رطوبت یک سوم ظرفیت مزرعه گزارش نمودند.

### بررسی صفات مربوط به گندم

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثرات رطوبت خاک، غلظت علف‌کش و اثرات متقابل آن‌ها بر وزن تر و خشک و SPAD برگ گندم معنی‌دار بود (داده‌ها نشان داده نشده است).

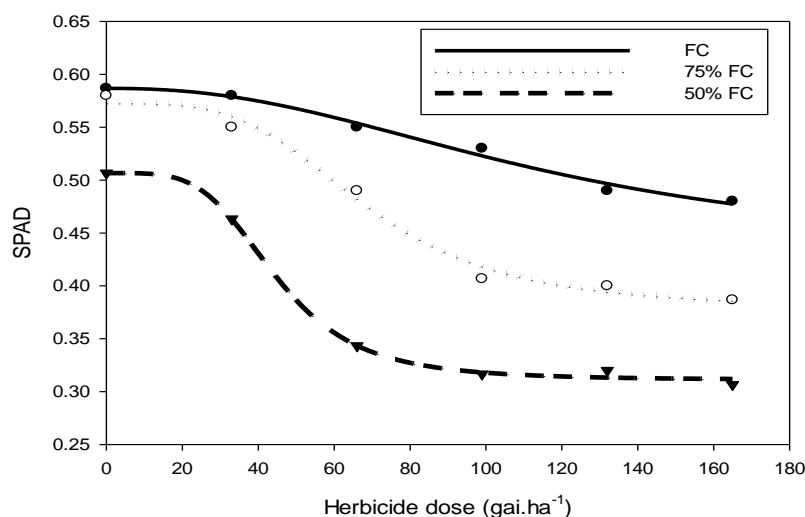
غلظت‌های مختلف علف کش اُتللو به ویژه ۳۳ و ۶۶ گرم ماده موثره در هکتار (۲۵ درصد و ۵۰ درصد غلظت توصیه شده) و در شرایط رطوبتی ظرفیت مزرعه، وزن تر گندم نسبت به تیمار شاهد اختلاف معنی داری نداشت در حالی که در شرایط رطوبتی ۷۵ و ۵۰ درصد ظرفیت مزرعه و در غلظت‌های بیشتر از ۵۰ درصد غلظت توصیه شده، وزن تر گندم اختلاف معنی داری با شاهد نشان داد. این نتایج نشان می‌دهد که در تنش رطوبتی، با افزایش

غلظت این علف کش، اثرات سوء بر گندم بیشتر دیده می‌شود. در غلظت‌های کاهش یافته این عملکرد (۲۵ و ۵۰ درصد توصیه شده)، اختلاف معنی داری در وزن تر گندم در هر سه شرایط رطوبتی مشاهده نشد به طوری که وزن خشک گندم در شرایط بیشترین کاربرد غلظت علف کش (۱۶۰ گرم ماده موثره در هکتار) در شرایط رطوبت نرمال (ظرفیت مزرعه)، ۶۰ گرم علف کش در تنش رطوبتی ۷۵ درصد بود.



شکل ۳- پاسخ وزن تر (شکل a) و خشک (شکل b) گندم به غلظت‌های مختلف علف کش، تحت تأثیر تیمارهای رطوبتی خاک

Figure 3. Response of fresh (figure a) and dry (figure b) weights of *Triticum aestivum* to different concentrations of herbicide affected by soil moisture treatments



شکل ۴- پاسخ برگ گندم به غلظت‌های مختلف علف کش، تحت تأثیر تیمارهای رطوبتی خاک

Figure 4. Response of *Triticum aestivum* leaf SPAD to different herbicide concentrations affected by soil moisture treatments

جدول ۴- برآورد پارامترهای برازش داده شده بر اساس معادله چهار پارامتره لجستیک به وزن تر گندم تحت تأثیر سطوح مختلف رطوبت خاک



**Table 4 . Parameters estimated based on the Four-Parameters Logistic Equation fitted to fresh weight of *Triticum aestivum* under different levels of soil moisture**

Soil moisture	Y <sub>MAX</sub>	X0	Y <sub>MIN</sub>	b	RMSE	R <sup>2</sup>
FC	23.85 (0.73)	103.8 (129.4)	14.7 (12.1)	2.1 (2.2)	0.73	0.85
75%FC	19.22 (0.37)	69.26 (3.91)	10.33 (0.7)	5.4 (1.4)	0.94	0.95
50%FC	17.9 (0.34)	72.7 (4.2)	8.5 (0.85)	5.57 (1.6)	0.95	0.96

### وزن خشک گندم

اختلاف بیشتری با شاهد نشان داد. این نتایج نشان می‌دهد که در شرایط تنش رطوبتی، با افزایش غلظت این علف‌کش، اثرات سوء بر گندم بیشتر مشاهده می‌شود. در غلظت‌های کاهش یافته این علف‌کش (۲۵ و ۵۰ درصد توصیه شده)، اختلاف معنی‌داری در وزن خشک گندم در شرایط رطوبتی ظرفیت مزرعه و ۷۵ درصد ظرفیت مزرعه مشاهده نشد.

### سبزی‌نگی برگ گندم

غلظت لازم علف‌کش برای کاهش ۵۰ درصد سبزی‌نگی برگ گندم در رطوبت ظرفیت مزرعه، ۵۳/۵ گرم ماده موثره در هکتار از علف‌کش بود در حالی که در رطوبت ۷۵ درصد و ۵۰ درصد ظرفیت مزرعه، این میزان علف‌کش، به ترتیب ۳۱/۰۶ و ۲۰/۳ گرم ماده موثره در هکتار کاهش یافت. شیب منحنی یا روند کاهش سبزی‌نگی برگ گندم، با توجه به افزایش یک واحد در غلظت علف‌کش در رطوبت ظرفیت مزرعه، ۷۵ و ۵۰ درصد ظرفیت مزرعه، به ترتیب ۲/۳۲، ۳/۶ و ۴/۱۴ به دست آمد (جدول ۶). بررسی روند نتایج شکل ۴ نشان می‌دهد که در شرایط رطوبتی ظرفیت مزرعه، اختلافی بین غلظت ۳۳ گرم ماده موثره در هکتار (۲۵ درصد توصیه شده) با تیمار شاهد مشاهده نشد در صورتی که در رطوبت ۷۵ و ۵۰ درصد ظرفیت مزرعه، به ویژه ۵۰ درصد ظرفیت مزرعه، این اختلاف بیشتر شد. همچنین در شرایط رطوبت ظرفیت مزرعه، اختلاف بین غلظت‌های بیشتر

غلظت لازم علف‌کش برای کاهش ۵۰ درصد وزن خشک گندم در رطوبت ظرفیت مزرعه، ۸۶/۵۰ گرم ماده موثره در هکتار بود در حالی که در رطوبت ۷۵ درصد و ۵۰ درصد ظرفیت مزرعه، به ترتیب به ۱۰۲/۵ و ۷۳/۹۵ گرم ماده موثره در هکتار کاهش یافت. این نتایج نشان‌دهنده این است که در رطوبت ۵۰ درصد ظرفیت مزرعه، غلظت‌های کمتر این علف‌کش نیز باعث اثرات سوء بر گندم خواهد شد. شیب منحنی یا روند کاهش وزن خشک گندم، با توجه به افزایش یک واحد در غلظت علف‌کش در رطوبت ظرفیت مزرعه، ۷۵ و ۵۰ درصد ظرفیت مزرعه، به ترتیب ۳/۵، ۵/۱ و ۵/۸ به دست آمد (جدول ۵). همان‌طور که در شکل ۳ (b) نشان داده شده است، در غلظت‌های مختلف علف‌کش اوتللو به ویژه ۳۳ و ۶۶ گرم ماده موثره در هکتار (۲۵ درصد و ۵۰ درصد غلظت توصیه شده) و در شرایط رطوبتی ظرفیت مزرعه، وزن خشک گندم نسبت به تیمار شاهد اختلاف معنی‌داری نداشت در حالی که در شرایط رطوبتی ۷۵ و ۵۰ درصد ظرفیت مزرعه و غلظت‌های بیشتر از ۵۰ درصد غلظت توصیه شده، وزن خشک گندم اختلاف بیشتری با شاهد نشان داد. این نتایج، به ویژه در رطوبت ۵۰ درصد ظرفیت مزرعه، بیشتر مشهود بود. در رطوبت ۵۰ درصد ظرفیت مزرعه نسبت به رطوبت ۷۵ درصد ظرفیت مزرعه و در غلظت ۶۶ گرم ماده موثره در هکتار (۵۰ درصد توصیه شده)،

**جدول ۵- برآورد پارامترهای برازش داده شده بر اساس معادله چهار پارامتره لجستیک به وزن خشک گندم تحت تأثیر سطوح مختلف رطوبت خاک**

**Table 5 . Parameters estimated based on the Four-Parameters Logistic Equation fitted to dry weight of *Triticum aestivum* under different levels of soil moisture**

Soil moisture	Y <sub>MAX</sub>	X0	Y <sub>MIN</sub>	b	RMSE	R <sup>2</sup>
FC	7.9 (0.18)	86.5 (۲۶/۱)	6.5 (0.53)	3.5 (3.5)	0.67	0.82
75%FC	7.14 (0.18)	102.5 (11.2)	4.05 (1.4)	5.1 (2.1)	0.87	0.89
50%FC	6.47 (0.08)	73.59 (3.36)	4.12 (0.11)	5.8 (1.47)	0.96	0.96

جدول ۶- برآورد پارامترهای برازش داده شده بر اساس معادله چهار پارامتره لجستیک به SPAD برگ گندم تحت تأثیر سطوح مختلف رطوبت خاک

Table6: Parameters estimated based on the Four-Parameters Logistic Equation Fitted to leaf SPAD of *Triticum aestivum* under different levels of soil moisture

Soil moisture	*Y0(حد بالایی)	X0	ymin	b	RMSE	R2
FC	0.58 (0.01)	53.5 (45.9)	0.42 (0.14)	2.32 (2.1)	0.75	0.86
75%FC	0.57 (0.01)	31.06 (2.86)	0.37 (0.01)	3.6 (1.38)	0.93	0.96
50%FC	0.50 (0.01)	20.3 (2.1)	0.31 (0.01)	4.14 (1.12)	0.93	0.96

غلظت‌های کاهش یافته، کاسته می‌شود. با افزایش رطوبت خاک، میزان علف کش در دسترس برای جذب از طریق ریشه و نیز پتانسیل خسارت به علف هرز افزایش می‌یابد. همچنین از بررسی نتایج واکنش گندم به غلظت‌های مختلف این علف کش در سه رژیم رطوبتی مختلف می‌توان بیان داشت که در شرایط تنش رطوبتی، با افزایش غلظت این علف کش، اثرات سوء بر گندم بیشتر دیده می‌شود. در غلظت‌های کاهش یافته این علف کش (۲۵ و ۵۰ درصد توصیه شده)، اختلاف معنی‌داری در وزن خشک گندم، در شرایط رطوبتی ظرفیت مزرعه و ۷۵ درصد ظرفیت مزرعه مشاهده نشد؛ بنابراین می‌توان گفت در تنش‌های ملایم‌تر رطوبتی، غلظت‌های کاهش یافته این علف کش اثر سویی بر گندم ندارند.

علف کش اوتللو با شاهد کمتر بود در حالی که در رطوبت ۷۵ درصد و ۵۰ درصد ظرفیت مزرعه، با افزایش غلظت علف کش، این اختلاف با شاهد بیشتر شد. در رطوبت ۵۰ درصد ظرفیت مزرعه، این اختلاف بیشتر از شرایط رطوبت ۷۵ درصد ظرفیت مزرعه بود. این نتایج نشان‌دهنده آثار سوء غلظت‌های بالای این علف کش بر گندم در شرایط تنش رطوبتی می‌باشد.

#### نتیجه‌گیری کلی

بررسی نتایج این تحقیق نشان دهنده این است که رطوبت خاک می‌تواند کارایی علف کش اوتللو در کنترل خردل وحشی، را تحت تأثیر قرار دهد. در شرایط رطوبتی نرمال (ظرفیت مزرعه)، غلظت‌های کاهش یافته، کارایی بیشتری در کنترل علف هرز خردل وحشی دارند و هر چه تنش رطوبتی بیشتر شود، از کارایی

#### منابع

- Abbott, L.B., and Sterling, T.M. 2006. Recovery of African rue seedlings from water stress: Implications for recruitment and invasion. African rue (*Peganum harmala*) seedling response to herbicides applied under water-deficit stress. *Weed Sci.* 54: 198-204.
- Bruce, J.A., Carey, J.B., Penner, D. and Kells, J.J. 1996. Effect of growth stage and environment on foliar absorption, translocation, metabolism, and activity of nicosulfuron in quackgrass (*Elytrigia repens*). *Weed Sci.* 44: 447-454.
- Agriculture and Food Organizationm, FAO. 2016. <http://www.FAO.org>. Accessed: January 29, 2016.
- Jursik, M., Soukup, J., Holec, J.J.A. and Hamouzova, K. 2015. Efficacy and selectivity of pre-emergent sunflower herbicides under different soil moisture conditions. *Plant Protect.* 51: 214-222.
- Malefyt, T. and Quakenbush, L. 1991. Influence of environmental factors on the biological activity of the imidazolinone herbicides. Pages 103- 127 in D. L. Shaner and S. L. O'Connor, ed. *The Imidazolinone Herbicides*. Boca Raton. FL: CRC Press.
- Medd, R.W., Van de Ven, R.J., Pickering, D.I., and Nordblom, T., 2001. Determination of environment-specific dose-response relationships for clodinafop-propargyl on *Avena spp.* *Weed Res.* 41: 351-368.
- Moyer, J.R., 1987. Effects of soil moisture on the efficacy and selectivity of soil-applied herbicides. *Rev. Weed Sci.* 3: 19-34.

- Khazaei, A. 2008. Evaluation of some soil moisture measurement methods, Final Report. Iranian Research Institute of Soil and Water. 22 pp.
- Kudsk, P., and Kristensen, J.L. 1992. Effect of environmental factors on herbicide performance. Proceedings of the First International Weed Control Congress. Vol. 1, pp. 173–186.
- Olson, B.L., Al-Khatib, K., Stahlman, P., and Isakson, P.J. 2001. Efficacy and metabolism of MON 37500 in *Triticum aestivum* and weedy grass species as affected by temperature and soil moisture. *Weed Sci.* 48, 541–548.
- Parker R. 2008. Turf and ornamental weed management principles. Washington State University Extension.
- Pereira, M.R.R., Martins, D., Silva, J.I.C., Rodrigues-Costa, A.C.P., and Klar, A.E. 2010. Efeito de herbicidas sobre plantas de *Brachiaria plantaginea* submetidas a estresse hídrico. *Planta dan.* 28:1047-1058.
- Pereira, M.R.R., Souza, G.S.F., Martins, D., Melhorança Filho, A. L., and Klar, A. E. 2011. Respostas de plantas de *Eleusine indica* sob diferentes condições hídricas a herbicidas inibidores da ACCase. *Planta dan.* 29:397-404.
- Ritz, C., and Streibig, J.C. 2005. Bioassay analysis using R. *Journal of Statistical Software.* 12: 1-21
- Rocha-Pereira, M.R., Klar, A.E., Dagoberto Martins, G.S., Souza, F. and Villalba, J. 2012. Effect of water stress on herbicide efficiency applied to *Urochloa decumbens*. *Cien. Inv. Agr.* 39(1): 211-220.
- Santos, R.F., and Carlesso, R. 1998. Déficit hídrico e os processos morfológicos e fisiológicos das plantas. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola Ambiental* 2: 287-294.
- Sebastian, D.J., Nissen, S.J. Westra, P. Shaner, D.L. and Butters, G. 2016. Influence of soil properties and soil moisture on the efficacy of indaziflam and flumioxazin on *Kochia scoparia* L. *Pest Manag. Sci.* 2017; 73: 444–451.
- Soukup J., Jursik, M. Hamouz, P. Holec, J. and Krupka, J. 2004. Influence of soil pH, rainfall, dosage, and application timing of herbicide Merlin 750 WG (isoxaflutole) on phytotoxicity level in maize (*Zea mays* L.). *Plant Soil and Environ.* 52: 88–94.
- Taiz, L. and Zeiger, E. (2002) *Plant Physiology* (Third Edition). Sinauer Associates, Inc., Publishers, Sunderland. 719 pp
- Wu, C., Santelmann, P.W. and Davidson, J.M. 1974. Influence of soil temperature and moisture on terbutryn activity and persistence. *Weed Sci.* 22: 571–574.
- Walker, J., Tao, B., Messersmith, C.G., and Nalewaja, J.D. 2001. Izoproturon efficacy on weeds is affected by stress. *Agric. Ecosyst. Environ.* 55, 240–244.
- Zanatta, J.F., Procopio, S.O. Manica, R. Pauleto, E.A. Cargnelutti, F.A. Vargas, L. Sganzerla, D.C. Rosenthal, M.D. and Pinto, J. J.O. 2008: Soil water contents and fomesafen efficacy in controlling *Amaranthus hybridus*. *Planta dan.* 26: 143–155.
- Zhang, W., Webster, E.P. Selim, H.M. 2001. Effect of soil moisture on efficacy of imazethapyr in greenhouse. *Weed Tech.* 15: 355–359.