Iranian Journal of Weed Science
Vol 19, No 2, 2024 (1-12)
DOI: 10.22034/IJWS.2023.361442.1432

مجله دانش علف‌های‌هرز
دورهٔ ۱۹، شمارهٔ ۲، ۱۴۰۲ (ص ۱۲-۱)

Response of waxy leaved mustard weed (*Boreava orientalis* Jaub. & Spach.) to different herbicides in greenhouse conditions

Taiebeh Adeli*[1], Iraj Tahmasebi[2] and Sirwan Babaei[3]
1,2,3. Department of Genetics and Plant Production, Faculty of Agriculture, University of Kurdistan, Iran
(Received: March 1, 2023 - Accepted: June 27, 2023)

ABSTRACT

To evaluate the appropriate herbicide for the control of waxy leaved mustard, an experiment was conducted base of a completely randomized block design with 4 replications in the greenhouse of the Faculty of Agriculture, University of Kurdistan. The experimental treatments included 5 herbicides metsulfuron-methyl+ sulfosulfuron (Total), idosulfuron + mesosulfuron + mefen bayer (Atlantis), diflufenican + mesosulfuron methyl + iodosulfuro (Othello), tribenuron methyl (Granstar) and 2,4-D + MCPA in 5 concentrations (0, 0.50, 1, 1.5 and 2 recommended dose) and measured traits were dry weight, leaf area index and stem length. Data were analyzed by SAS (V. V.9.2) and the figures were drawn using SigmaPlot (V.14). The maximum dry weight was 0.27 gr per plant resulted from 2,4-D + MCPA application, and the zero concentration (control) had the highest rate of dry weight among the concentration treatments. Atlantis (Mesosulfuron + Iodosulfuron + Mefen bayer) application resulred the highest leaf area index (0.77) and tribenuron methyl had the lowest leaf area index (zero), equal to the recommended dose of this herbicide. The highest stem length (7.1 cm) was belonged to Atlantis (Mesosulfuron + Iodosulfuron + Mefen bayer) and the lowest (3.8 cm) was obtained from 2,4-D + MCPA. ED_{10}, ED_{50} and ED_{90} index evaluation showed that 2,4-D+MCPA herbicide controlled waxy leaved mustard with a lower dose than other herbicides. The results showed that 2,4-D + MCPA is an efficient herbicide in waxy leaved mustard controll. Tribenuron methyl (Granstar) and mesosulfuron + iodosulfuron + diflufenican (Othello) can also be suitable herbicides to control this weed, but Total (metsulfuron-methyl+ sulfosulfuron) and Atlantis (mesosulfuron + iodosulfuron) did not show enough effect on this weed control.

Keywords: Dose-response, growth indicators, herbicide, invasion, invasive weeds.

پاسخ علف‌هرز خردل برگ‌مومی (*Boreava orientalis* Jaub. & Spach.) به علف‌کش‌های مختلف در شرایط گلخانه‌ای

طیبه عادلی*[۱]، ایرج طهماسبی[۲]، سیروان بابائی[۳]
۱و۲و۳- گروه ژنتیک و تولید گیاهی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه کردستان، سنندج، ایران
(تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۱۲/۱۰- تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/٤/٦)

چکیده

به منظور ارزیابی علف‌کش مناسب برای کنترل علف‌هرز خردل برگ‌مومی، آزمایشی به صورت طرح بلوک‌های کاملا تصادفی با چهار تکرار در گلخانه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه کردستان اجرا شد. تیمارهای آزمایش شامل پنج علف‌کش (مت‌سولفورون‌متیل + سولفوسولفورون (توتال)، مزوسولفورون +یدوسولفورون + مفن بایر (آتلانتیس)، مزوسولفورون + یدوسولفورون + دیفلوفنیکان (اتللو)، تری بنورن متیل (گرانستار) و توفوردی+ام‌سی‌پی‌آ با پنج غلظت (صفر، ۰/۵۰، یک، ۱/۵ و دو برابر دوز توصیه شده) بودند. صفات اندازه‌گیری شده شامل وزن خشک، شاخص سطح برگ و طول ساقه بود. داده‌های به‌دست آمده توسط نرم‌افزار SAS تجزیه شد و رسم شکل‌ها با استفاده از نرم افزار سیگماپلات انجام شد. حداکثر کاهش وزن خشک علف‌هرز ۰/۲۷ گرم بر گیاه بود که مربوط به علف‌کش توفوردی+ام‌سی‌پی‌آ بود و غلظت صفر(تیمار شاهد) بیشترین مقدار وزن خشک را در بین تیمارهای غلظت داشت. بالاترین شاخص سطح برگ مربوط به علف‌کش آتلانتیس (مزوسولفورون+یدوسولفورون+مفن بایر) با ۰/۷۷ و پایین‌ترین شاخص سطح برگ مربوط به علف‌کش گرانستار با مقدار صفر در مقدار برابر با دوز توصیه شده از این علف‌کش بود. بیشترین مقدار طول ساقه در تیمار علف‌کش آتلانتیس (مزوسولفورون+یدوسولفورون+مفن بایر) با ۷/۱ سانتی‌متر و کم‌ترین مقدار مربوط به علف‌کش توفوردی+ ام‌سی‌پی‌آ و با مقدار۳/۸ سانتی‌متر بود. ارزیابی با استفاده از شاخص دوز موثر ۱۰، ۵۰ و ۹۰ درصد نشان داد که علف‌کش توفوردی+ام‌سی‌پی‌آ با مقدار دوز پایین‌تری نسبت به سایر علف‌کش‌ها، باعث کنترل خردل برگ مومی شد. نتایج نشان داد که علف‌کش توفوردی+ ام‌سی‌پی‌آ یک علف‌کش کارآمد در کنترل علف‌هرز خردل برگ مومی است. علف‌کش تری‌بنورون‌متیل

* Corresponding author E-mail: t.adeli@uok.ac.ir

(گرانستار) و مزوسولفورون+یدوسولفورون+دیفلوفنیکان (اتللو) نیز می‌تواند علف‌کش‌های مناسبی برای کنترل این علف‌هرز باشند، اما علف‌کش‌های توتال (مت سولفورون+سولفوسولفورون) و آتلانتیس (مزوسولفورون+یدوسولفورون) تأثیر چندانی بر روی کنترل این علف‌هرز نشان ندادند.

کلمات کلیدی: تهاجم، دوز–پاسخ، شاخص‌های رشدی، علف‌هرز مهاجم.

مقدمه

در میان عوامل کاهش دهنده تولید گندم کشور، علف‌های‌هرز اهمیت خاصی دارند و می‌توانند از طریق رقابت بر سر آب و مواد غذایی و نیز از راه اختلال در امر برداشت محصول، عملکرد را کاهش دهند؛ در ایران این خسارت به‌طور میانگین ۲۳ درصد گزارش شده‌است (Zand *et al.*, 2009). خردل برگ مومی، علف‌هرزی از خانواده شب بو است که اخیراً به‌طور گسترده در مزارع گندم استان کردستان با سطح کشت ٥٩٤ هزار هکتار گسترش یافته است. این علف‌هرز به‌صورت کپه‌ای در برخی مزارع حدود ۳۵ درصد سطح مزارع را پوشانده و به دلیل رویش زودهنگام در پاییز و دارا بودن برگ‌های پهن، مانع از پنجه‌زنی و رشد گندم می‌شود. پیشینه حضور این علف‌هرز در استان کردستان، به کمتر از یک دهه برمی‌گردد و در این مدت کوتاه، به یکی از مهم‌ترین علف‌های‌هرز بسیاری از مزارع گندم تبدیل شده است (Babaei *et al.*, 2020).

در زراعت گندم، عملیات وجین مرسوم نیست و روش‌های مکانیکی مبارزه با علف‌های‌هرز نیز کارایی ندارد؛ بنابراین کنترل شیمیایی مؤثرترین و رایج‌ترین شیوه مبارزه با علف‌های‌هرز در گندم‌زارها به‌شمار می‌آید (Forcella, 2002). علف‌کش‌ها در طیف وسیعی مدیریت علف‌های‌هرز را به‌دست گرفته‌اند. تعداد ٢٤ علف‌کش برای گندم به ثبت رسیده است که از این تعداد، نه مورد باریک‌برگ‌کش، هشت پهن‌برگ‌کش و هفت علف‌کش دومنظوره هستند (Zand *et al.*, 2018). در آزمایشی که در کلرادو آمریکا انجام شد نشان داده شد که علف‌کش‌های گروه سولفونیل‌اوره تا ٤٣ درصد بیشتر از علف‌کش‌های اکسینی باعث افزایش ماده خشک در گیاه زراعی می‌شوند و استفاده از علف‌کش‌های سولفونیل‌اوره تا ۷۱ درصد موجب کاهش علف‌های‌هرز در این آزمایش شد (Lair & Redente. 2004). مکانیسم عمل خانواده سولفونیل‌اوره‌ها به این صورت است که باعث اختلال در سنتز آنزیم استولاکتات سینتاز و مانع تشکیل کارتنوئید در گیاه می‌شود. خانواده سولفونیل‌اوره شامل علف‌کش‌هایی برای کنترل پهن‌برگ‌ها، برخی برای کنترل باریک‌برگ‌ها و تعدادی دو منظوره هستند. از مهم‌ترین ویژگی این دسته از علف‌کش‌ها، فعالیت زیستی بالایی است که سبب شده که طیف علف‌کشی وسیعی را دربر گیرد و در نتیجه مقدار مصرف آن‌ها کم است (Russel *et al.*, 2002). تری بنورون متیل که با نام تجاری گرانستار شناخته می‌شود، یک علف‌کش سیستمیک از خانواده سولفونیل‌اوره است که توانایی کنترل علف‌های‌هرز پهن‌برگ در مزارع گندم را دارد (Noorbakhsh *et al.*, 2018). علف‌کش گرانستار با کاهش میزان آنزیم‌های کاتالاز و پراکسیداز، باعث اختلال در گیاه می‌شود (Baghestani, 2007). اتللو علف‌کش دیگری از این گروه می‌باشد؛ در آزمایشی با کاربرد اتللو برای کنترل علف‌های‌هرز پهن‌برگ در مزرعه گندم، بیشترین کاهش تراکم علف‌هرز در تیمار کاربرد اتللو مشاهده شد (Mavi *et al.*, 2015). در آزمایش بررسی اثر زمان کاربرد علف‌کش‌ها برکنترل

علف‌های‌هرز و تأثیر بر عملکرد گندم، بیشترین عملکرد دانه گندم مربوط به علف‌کش توتال بود و علف‌کش‌های آتلانتیس و توتال موجب کاهش تعداد علف‌هرز یولاف وحشی در زمان ابتدای پنجه‌زنی گندم شدند (Al-kasir *et al.*, 2013). بیشتر از ۵۰٪ از علف‌کش‌های پهن‌برگ‌کش مزارع گندم در ایران، علف‌کش‌های هورمونی هستند که توفوردی + امسی‌پی‌آ جز این گروه می‌باشد (Zand, 2012). در یک آزمایش گلخانه‌ای نشان داده شد که گونه‌ی *Vicia cracca* L. حساسیت بیشتری نسبت به علف‌کش‌های هورمونی نسبت به مهارکننده‌های استولاکتات[1] دارد (Seefdeldt *et al.*, 2007). با توجه به این‌که خردل برگ مومی در سال‌های اخیر به شدت زمین‌های زراعی به ویژه گندم را آلوده کرده است و به صورت مهاجم در حال گسترش به نواحی غرب ایران، به ویژه استان کردستان است، بنابراین هدف از این تحقیق، بررسی علف‌کش‌های مختلف و معرفی علف‌کش کارآمدتر برای کنترل این علف‌هرز است تا بتوان از گسترش بیشتر آن جلوگیری کرد.

مواد و روش‌ها

آزمایش دوز- پاسخ علف‌کش‌ها

به منظور ارزیابی دوز مناسب علف‌کش برای کنترل علف‌هرز خردل برگ‌مومی، این آزمایش به صورت طرح کاملا تصادفی با چهار تکرار به صورت گلدانی در گلخانه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه کردستان در سال ۱۳۹۷ اجرا شد. تیمارهای آزمایشی شامل پنج علف‌کش شامل (مت‌سولفورون‌متیل + سولفوسولفورون (توتال)، مزوسولفورون + یدوسولفورون + مفن بایر با (آتلانتیس)، مزوسولفورون + یدوسولفورون + دیفلوفنیکان (اتللو)، تری بنورن متیل (گرانستار) و توفوردی + امسی‌پی‌آ (یو٤٦ کمبی فلویید) با پنج غلظت (صفر، ۰/۵۰، یک، ۱/۵ و دو برابر دوز توصیه شده) بودند. غلظت علف‌کش‌ها در جدول ۱ آمده است.

جدول ۱- علف‌کش‌های به کار برده شده با توجه به دوز توصیه شده و مقدار به‌کار برده شده برای کنترل خردل‌برگ‌مومی

Table 1. The rate of herbicides according to the recommended dose and applied rate to control waxy leaved mustard

Recommended dose	Idosulfuron + Mesosulfuron + Mefen bayer (L/ha)	Sulfosulfuron + Metsulfuron-methyl (gr/ha)	Diflufenican + Mesosulfuron methyl + Iodosulfuron (L/ha)	Tribenuron methyl (gr/ha)	2,4-D+MCPA(L/ha)
0	0	0	0	0	0
0.5	0.75	20	0.8	12.5	0.75
1	1.5	40	1.6	25	1.5
1.5	2.25	60	2.3	37.5	2.25
2	3	90	3.2	50	3

بدین منظور، گلدان‌هایی به قطر ۲۰ و عمق ۲۰ سانتی‌متر با ماسه و خاک مزرعه به نسبت ۵۰ درصد به ۵۰ درصدپر شدند. درهرگلدان ۱۰ بذر جوانه زده خردل برگ مومی کشت و درگلخانه با میانگین دمای ۲۰ درجه سانتی‌گراد نگهداری شدند. هر روز گلدان‌های آزمایشی کنترل و در صورت نیاز آبیاری شدند. در مرحله دو تا چهار برگه شدن علف‌های‌هرز، پنج بوته دارای رشد مشابه در هرگلدان حفظ و بوته‌های اضافی حذف شدند. در این مرحله رشدی، سمپاشی گلدان های آزمایشی با استفاده از سمپاش پشتی شارژی مدل ماتابی سوپر آرگو ۲۰[2] با فشار دو بار و نازل شره‌ای (با زاویه پاشش ۱۲۰ درجه، ۰/٤ گالن آمریکایی، زرد رنگ) انجام و سپس گلدان‌ها مجددا به گلخانه منتقل شدند. صفاتی که اندازه‌گیری شده شامل

[1] ALS

[2] Matabi super agro 20

ارتفاع بوته، ارزیابی خسارت چشمی، وزن خشک و سطح برگ درگلدان بود. ارزیابی چشمی تأثیرگذاری علف‌کش‌ها به روش استاندارد کمیته تحقیقات علوم علف‌هرز اروپا و به فاصله دو–۱۵ روز پس از کاربرد علف‌کش‌ها انجام گرفت (Sandral *et al.*, 1997). بر این اساس، تأثیر گیاه‌سوزی علف‌کش‌ها به صورت نمره‌دهی از دامنه یک تا نه به‌صورت چشمی مورد ارزیابی قرار گرفت. بعد از گردآوری، نمونه‌های تر به مدت ٤۸ ساعت در آون ۸۰ درجه سانتی‌گراد قرار گرفتند و سپس وزن خشک آن‌ها اندازه‌گیری شد. سطح برگ توسط دستگاه سنجش سطح برگ[۱] (مدل سی ۲۰۲[۲]) اندازه‌گیری شد. آنالیز داده‌ها با استفاده از نرم افزار SAS و در سطح احتمال پنج درصد و برازش معادلات با استفاده از نرم افزارسیگماپلات انجام شد. برای رسم منحنی‌های واکنش به دوز پاسخ از معادله‌های سیگموئیدی استفاده شد (Ritz *et al.*, 2005):

معادله (۱) $$y = \frac{a}{(1+\exp(-\frac{x-x0}{b}))}$$

در این معادله، b: شیب خط و a: زمان رسیدن به ۵۰٪ مقدارصفت اندازه‌گیری شده می‌باشد.

معادله (۲) $$y = \frac{y0+a}{(1+\exp(-\frac{x-x0}{b})}$$

دراین معادله b: شیب خط، a: زمان رسیدن به ۵۰٪ مقدارصفت اندازه‌گیری شده و y_0: عرض از مبدأ می‌باشد.

معادله (۳) $$y = a * \exp(b * x)$$

در این معادله، b: شیب خط و a عرض از مبدأ می‌باشد.

معادله (٤) $$y = y0 + a * \exp(b * x)$$

در این معادله، b :شیب خط، a: زمان رسیدن به ۵۰٪ مقدارصفت اندازه‌گیری شده و y_0: عرض از مبدأ می‌باشد.

در مطالعات مربوط به مقایسه تحمل گیاهان به کاربرد علف‌کش‌ها، از پارامترهای دوز مؤثر[۳] استفاده می‌شود و در ارزیابی حساسیت گیاهان به کاربرد علفکش‌ها از پارامترهای دوز موثر ۱۰، ۵۰ و ۹۰ درصد[٤] استفاده می‌شود (Dhammu & Nickolson, 2006). مقدار علف‌کش برای ۱۰ ،۵۰ و ۹۰ درصد کاهش ماده خشک علف‌هرز (به ترتیب دوز موثر ۱۰، ۵۰ و ۹۰درصد) با استفاده از معادله‌ی (۵) محاسبه شد (Streibig, 2003).

معادله (۵)

$$f(x,(b,c,d,e)) = c + \frac{d-c}{1+\exp\{b(\log(x)-\log(e))\}}$$

که در این در معادله، b: شیب منحنی در نقطه e، c: حد پایین منحنی تلفات ماده خشک (وقتی که مقدار کاربرد علف کش حداکثر است)، e: مقداری از علف‌کش که سبب ۵۰ درصد کاهش در پاسخ علف‌هرز می‌شود وd: حد بالای منحنی (زمانی که مقدار کاربرد علف کش صفر است) است.

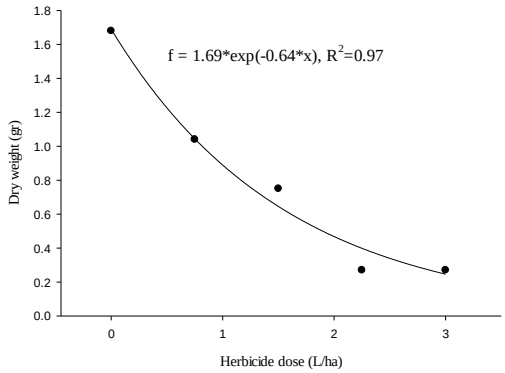
نتایج و بحث

وزن خشک

نتایج نشان داد که علف‌کش‌های آزمایش شده بر روی خردل برگ مومی تأثیر داشتند، به‌طوری‌که تأثیر علف‌کش توفوردی+ام‌سی‌پی‌آ وگرانستار بر روی کاهش وزن خشک علف‌هرز اثر معنی‌داری داشتند و حداکثر کاهش وزن، ۰/۲۷ گرم بر گیاه بود که به علف‌کش توفوردی+ام‌سی‌پی‌آ تعلق داشت و غلظت صفر(تیمار شاهد)، بیشترین مقدار وزن خشک را در بین تیمارهای غلظت داشت (شکل‌های ۱–۵). با توجه به شیب خط علف‌کش‌ها (جدول۲)، علف‌کش تری بنورون متیل با ۰/۰۲، کم‌ترین مقدار را دارا بود و با شیب بیشتری روند کاهشی را نشان داد. علف‌کش توتال نیز با ۷/۳، بالاترین شیب را دارد به خود

[۱] LAI meter
[۲] C/202-USA
[۳] Effective Dose
[٤] ED_{10}, ED_{50}, ED_{90}

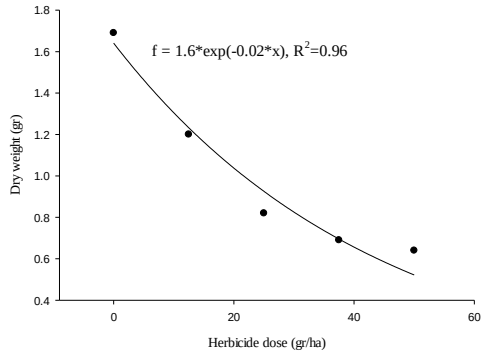
اختصاص داد. علف‌کش توفوردی+ امسی‌پی‌آ در غلظت ۱/۵ برابر دوز توصیه شده کاهش شدیدی در مقدار وزن خشک علف‌هرز را نشان داد (شکل۱) و



شکل ۱- اثر علف‌کش‌توفوردی+ MCPA بر وزن خشک در خردل برگ مومی

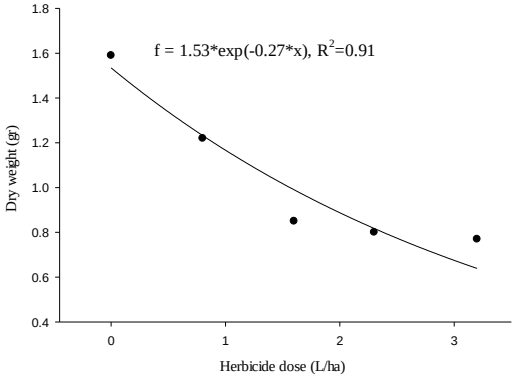
figure 1. Effect of 2,4-D+MCPA on the waxy leaved mustard dry weight

علف‌کش تری بنورون متیل در دوز ۱/۵ برابر مقدار توصیه شده، به یکباره کاهش یافت (شکل ۲).



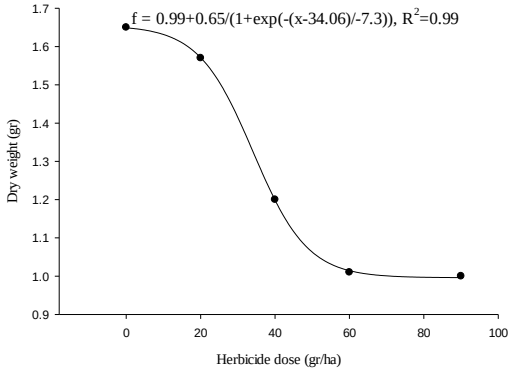
شکل ۲- اثر علف‌کش تری بنورون متیل بر وزن خشک در خردل برگ مومی

figure 2. Effect of tribenuron methyl on waxy leaved mustard dry weight



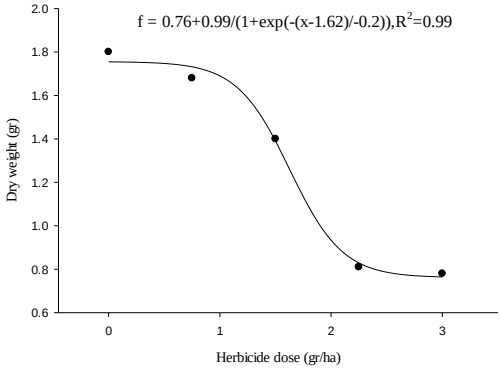
شکل ۳- اثر علف‌کش مزوسولفورون+یدوسولفورون+دیفلوفنیکان بر وزن خشک در خردل برگ مومی

figure 3. Effect of mesosulfuron + iodosulfuron + diflufenican on waxy leaved mustard dry weight



شکل ٤- اثر علف‌کش مت سولفورون متیل+سولفوسولفورون بر وزن خشک در خردل برگ مومی

figure 4. Effect of metsulfuron-methyl + sulfosulfuron on waxy leaved mustard dry weight



شکل ۵- اثر علف‌کش مزوسولفورون+یدوسولفورون+مفن بایر بر وزن خشک در خردل برگ مومی

figure 5. Effect of mesosulfuron + iodosulfuron + mefen bayer on waxy leaved mustard dry weight

مقدار وزن خشک علف‌هرز (۰/۷۷) در غلظت ۱/۵ برابر دوز توصیه شده علف‌کش اتللو نسبت به سایر

مقادیر دوزهای توصیه شده کم‌تر بود (شکل ۳). نمودار اثر علف‌کش توتال بر وزن خشک خردل برگ مومی روند سیگموییدی داشت و بالاترین مقدار وزن خشک علف‌هرز (یک گرم)، در این علف‌کش مشاهده شد (شکل ٤). علف‌کش آتلانتیس نیز روند سیگموییدی را نشان داد و با دو برابر شدن غلظت توصیه شده علف‌کش، روند کاهشی را نشان داد (شکل ۵).

جد ول۲- برآورد پارامترهای حاصل از برازش معادله سیگموئیدی به وزن خشک علف‌هرز

Table 2. Estimation of parameters obtained from sigmoid equation fitting to weed dry weight

	Parameter estimated					
Herbicide	a	b	x_0	y_0	R^2	F_{value}
2,4D+MCPA	1.69**±0.09	0.64**±0.06			0.97	<0.05
Tribenuron methyl	1.6**±0.08	0.02**±0.002			0.96	<0.05
Mesosulfuron + Iodosulfuron + Diflufenican	1.5**±0.1	0.2*±0.04			0.91	<0.05
Met sulfuron-methyl + Sulfosulfuron	0.65**±0.009	7.3**±0.33	0.34**±0.41	0.99**±0.004	0.99	<0.05
Mesosulfuron + Iodosulfuron + Mefenbayer	0.99±0.1	0.2±0.12	1.6*±0.1	0.76±0.07	0.99	<0.05

** و *: معنی‌دار در سطح یک و پنج درصد

** and *: significant at 1% and 5% of probability levels, respectively.

در آزمایشی وزن خشک علف‌هرز خردل وحشی در پاسخ به افزایش دوز علف‌کش آتلانتیس کاهش یافت (Ahmadi *et al*., 2020). در آزمایشی دیگر، منتظری (Montazeri, 1990) نشان داد که علف‌کش توفوردی+ امسی‌پی‌آ باعث کاهش وزن خشک شیرین بیان تا ۵۷ درصد شد. بررسی روی خردل وحشی، بیشترین کاهش وزن خشک با استفاده از تیمار توتال را در ابتدای پنجه زنی گندم و ۰/۳٦ گرم نشان داد (Al-Kasir *et al*., 2014). علف‌کش گرانستار تأثیر کمی بر کاهش وزن خشک تلخه دارد (Shirmohammadi *et al*., 2013).

با توجه به جدول (۳)، مقادیر دوز مؤثر برای واکنش وزن خشک خردل برگ مومی به علف‌کش‌های مختلف مورد بررسی قرار گرفت. علف‌کش توفوردی+امسی‌پی‌آ نسبت به سایر علف‌کش‌ها اثر بیشتری بر روی این علف‌هرز داشت و با مقدار کم‌تر از دوز توصیه شده علف‌کش، اثر بیشتری بر روی کاهش وزن علف‌هرز گذاشت. دوز ۱۰ درصد در این علف‌کش یک، دوز ۵۰ درصد برابر ۱/۳۸ و دوز ۹۰ درصد برابر با ۱/۷ بود. علف‌کش توتال در بین علف‌کش‌های استفاده شده در این آزمایش کمترین کارایی را نشان داد.

جدول ۳- پارامترهای تخمین زده شده برای واکنش وزن خشک خردل برگ مومی به علف‌کش‌ها

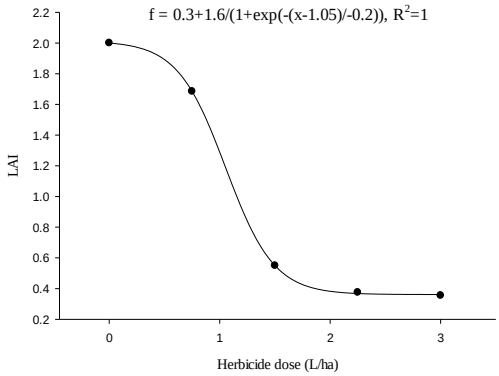
Table 3. Estimated parameters of the response of waxy leaved mustard dry weight to herbicides

Herbicides	ED10	ED50	ED90
Tribenuron methyl	13	39	52
2,4D+MCPA	1	1.38	1.7
Mesosulfuron + Iodosulfuron + Diflufenican	0.12	0.64	1.16
Met sulfuron-methyl + Sulfosulfuron	9	45	81
Mesosulfuron + Iodosulfuron + Mefenbayer	0.73	1.75	2

شاخص سطح برگ

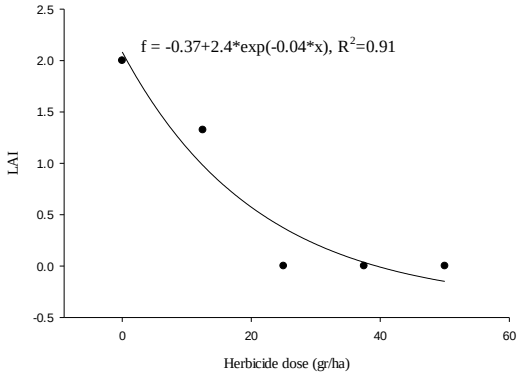
اثر علف‌کش‌ها بر روی شاخص سطح برگ علف‌هرز معنی‌دار بود. با توجه به شکل‌های ٦-۱۰ مشاهده می‌شود که بالاترین شاخص سطح برگ (۰/۷۷) به علف‌کش (مزوسولفورون+یدوسولفورون+مفن‌بایر) و پایین‌ترین آن (صفر) به علف‌کش گرانستار در مقدار

برابر با دوز توصیه شده از این علف‌کش تعلق داشت. پارامترهای حاصل از معادله سیگموئیدی به شاخص سطح برگ برآورد شد (جدول ٤).



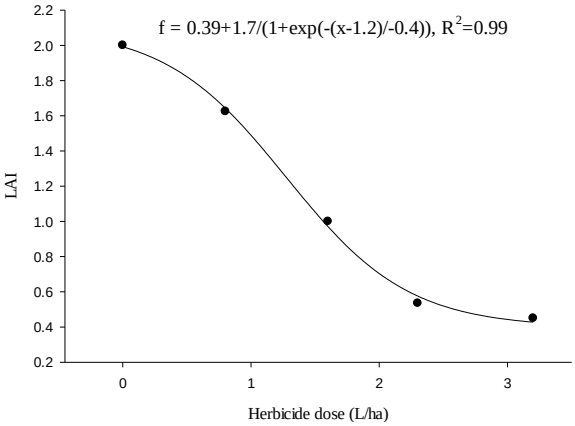
شکل ٦- اثر علف‌کش توفوردی+ MCPA بر شاخص سطح برگ در خردل برگ مومی

figure 6. Effect of 2,4-D+MCPA on the waxy leaved mustard LAI



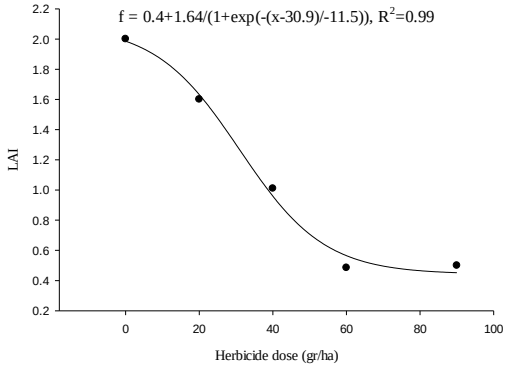
شکل ۷- اثر علف‌کش تری بنورون متیل بر شاخص سطح برگ در خردل برگ مومی

figure 7. Effect of tribenuron methyl on the waxy leaved mustard LAI



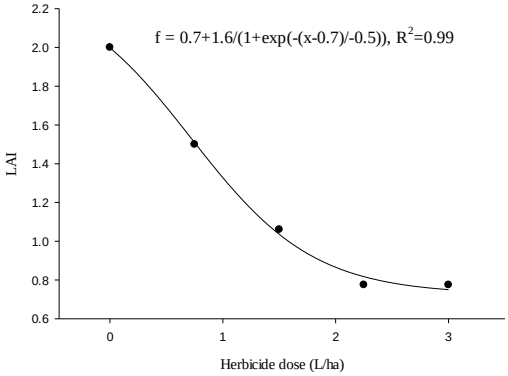
شکل ۸- اثر علف‌کش مزوسولفورون+یدوسولفورون+دیفلوفنیکان بر شاخص سطح برگ در خردل برگ مومی

Figure8. The effect of mesosulfuron + iodosulfuron + diflufenican on LAI on waxy leaved mustard



شکل ۹- اثر علف‌کش مت سولفورون متیل + سولفوسولفورون بر شاخص سطح برگ در خردل برگ مومی

figure 9. Effect of metsulfuron-methyl + sulfosulfuron on the waxy leaved mustard LAI



شکل ۱۰- اثر علف‌کش مزوسولفورون+یدوسولفورون+مفن بایر بر شاخص سطح برگ در خردل برگ مومی

figure 10. Effect of mesosulfuron + iodosulfuron + mefenbayer on the waxy leaved mustard LAI

بیشترین سطح برگ در به تیمار شاهد و آن با غلظت دوبرابر دوز توصیه شده از علف‌کش گرانستار (تری بنورون متیل) مشاهده شد. با توجه به شکل ٦، علف‌کش توفوردی+ام‌سی‌پی‌آروند سیگموییدی داشت و ضرایب معادله برای این علف‌کش معنی‌دار بود (جدول ٥).

جدول٤- برآورد پارامترهای حاصل از معادله سیگموئیدی برای شاخص سطح برگ

Table 4. Estimated parameters from the sigmoid equation for LAI

	Parameter estimated					
Herbicide	a	b	X_0	y_0	R^2	F_{value}
2,4D+MCPA	1.6**±0.01	0.3**±0.04	1.05**±0.009	0.3*±0.007	1	<0.05
Tribenuron methyl	2.4±0.73	0.04±0.03		0.37±0.72	0.91	<0.05
Mesosulfuron + Iodosulfuron + Diflufenican	1.7±0.15	0.4±0.09	1.2±0.1	0.39±0.07	0.99	<0.05
Met sulfuron-methyl + Sulfosulfuron	3.44±0.21	0.3**±0.04	0.79±0.04	0.79±0.04	0.99	<0.05
Mesosulfuron + Iodosulfuron + Mefenbayer	3.2±0.7	0.36*±0.12	0.48±0.17	1.45±0.14	0.99	<0.05

** و *: معنی‌دار در سطح یک و پنج درصد

** and *: significant at 1% and 5% of probability levels, respectively.

جدول ٥- پارامترهای تخمین زده شده برای واکنش شاخص سطح برگ خردل برگ مومی به علف‌کش‌ها

Table 5. Estimated parameters of the response of waxy leaved mustard LAI to herbicides

Herbicides	ED10	ED50	ED90
Tribenuron methyl	2.5	12.5	22.5
2,4D+MCPA	0.8	1.46	1.99
Mesosulfuron + Iodosulfuron + Diflufenican	0.8	1.6	2.3
Met sulfuron-methyl + Sulfosulfuron	20	40	59
Mesosulfuron + Iodosulfuron + Mefenbayer	0.75	1.5	2.3

پایین‌ترین شیب خط معادله (۰/۰٤) به علف‌کش گرانستار اختصاص داشت (در سطح احتمال پنج درصد). این منحنی روند نزولی داشت و در دوز برابر با مقدارتوصیه شده از این علف‌کش، شاخص سطح برگ صفر بود و سطح فتوسنتزکننده در گیاه از بین رفته بود. بیشترین مقدار ضریب خط معادله سیگموییدی (۰/٤) در تیمار علف‌کش مزوسولفورون + یدوسولفورون + دیفلوفنیکان (اتللو) مشاهده شد. بالاترین سطح کنترل علف‌هرز نمره ۱۰ معادل ۱۰۰ درصد کنترل، به توفوردی+ام‌سی‌پی‌آ اختصاص داشت. کاربرد تیمار علف‌کش پس‌رویشی توفوردی+ام‌سی‌پی‌آ از نظر داشتن توانایی بالا برای کنترل جمعیت این علف‌هرز، کارایی مناسبی داشت. بر اساس ارزیابی چشمی صورت گرفته، اثرکنترلی سایر تیمارهای علف‌کشی، ضعیف تا بسیارضعیف بود و تیمارهای کاربرد پس‌رویشی آتلانتیس و توتال، تفاوت معنی‌داری با تیمارهای حایز بهترین سطح کنترلی یعنی گرانستار و توفوردی+ام‌سی‌پی‌آ نشان دادند.

علف‌کش‌های به‌کاربرده شده در این آزمایش، اغلب از گروه سولفونیل اوره‌ها بودند و فقط علف‌کش توفوردی+ ام‌سی‌پی‌آ از گروه علف‌کش‌های هورمونی بود. در آزمایشی، کاربرد علف‌کش‌های توفوردی +ام‌سی‌پی‌آ و اتللو، نمره ارزیابی خسارت چشمی بالایی را نشان دادند (Mirvakili *et al.*, 2018). علف‌کش‌های گروه سولفونیل‌اوره بر روی سطح برگ اثر منفی می‌گذارند و باعث کاهش سطح برگ می‌شوند. در آزمایشی بر روی برخی گونه‌های خردل وحشی و شلمی، گرانستار موجب کاهش سطح برگ این علف‌های‌هرز شد (Hatami moghadam *et al.*, 2016).

پارامترهای تخمین‌زده شده (دوزهای ۱۰، ۵۰ و ۹۰

درصد) برای واکنش شاخص سطح برگ در جدول (٤) نشان داده شده است. علف‌کش توفوردی+ام‌سی‌پی‌آ دارای دوز ۱۰ درصد برابر ۰/۸ و دوز ۵۰ درصد برابر ۱/٤٦ و دوز ۹۰ درصد برابر ۱/۹۹ می‌باشد و بیشترین کارایی را داشت. علف‌کش توتال (مت سولفورون+سولفوسولفورون) کمترین کارایی را از نظر دوز مؤثر نشان داد و علف‌کش تری بنورون متیل نیز در دوز توصیه شده باعث از بین رفتن سطح برگ شد و از این نظر کارآمد به نظر می‌آید (جدول ۵).

طول ساقه

بر اساس نتایج به‌دست آمده، اثر علف‌کش‌ها و غلظت بر روی ارتفاع ساقه خردل برگ مومی معنی‌دار بود (شکل‌های ۱۱-۱۵). بیشترین مقدار طول ساقه در تیمار علف‌کش آتلانتیس (مزوسولفورون + یدوسولفورون + مفن بایر) با مقدار ۷/۱ سانتی‌متر و کمترین آن در تیمار علف‌کش توفوردی+ ام‌سی‌پی‌آ و با مقدار۳/۸ سانتی‌متر مشاهده شد. علف‌کش توفوردی از دسته علف‌کش‌های هورمونی است و این می‌تواند در ایجاد اختلال در رشد مؤثر باشد. در مقایسه شیب خط (جدول٦) علف‌کش‌ها، کمترین مقدار (۰/٤) به روند سیگموییدی علف‌کش توفوردی+ ام‌سی‌پی‌آ تعلق داشت و با شیب بیشتری، روند نزولی را نشان داد. بالاترین مقدار ضریب شیب خط در تیمار علف‌کش اتللو (مزوسولفورون + یدوسولفوروپن + دیفلوفنیکان) با شیب ۷/۲ و روند سیگموییدی مشاهده شد. علف‌کش توتال باعث کاهش طول ساقه خردل برگ مومی بعد از توفوردی+ ام‌سی‌پی‌آ شد و گرانستار نیز روندی مشابه علف‌کش توتال داشت.

در بررسی کاربرد علف‌کش‌های مختلف، گرانستار و توتال در مراحل رشدی گندم، کارایی بهتری را نشان دادند و موجب کاهش ارتفاع ساقه علف‌های‌هرز در مزرعه شدند (Ebrahimpoor *et al*., 2011). همچنین علف‌کش گرانستار موجب کاهش ارتفاع ساقه در برخی گونه‌های علف‌هرز مانند خردل وحشی و شلمی شد (Hatami moghadam *et al.*, 2016).

جدول ٦- برآورد پارامترهای حاصل از برازش معادله سیگموئیدی به طول ساقه علف‌هرز

Table 6. Estimated parameters of the sigmoidal equation fitting to weed stem length

	Estimated parameter					
Herbicide	a	b	X_0	y_0	R^2	F_{value}
2,4D+MCPA	7.2*±0.4	0.4±0.05	1.05*±0.06	3.7*±0.16	0.99	<0.05
Tribenuron methyl	6.4*±0.13	6.3*±0. 3	16.2*±0.34	5.08**±0.05	0.99	<0.05
Mesosulfuron + Iodosulfuron + Diflufenican	7.2±11.4	0.9±2.1	1.5±1.1	4.7±5.4	0.95	<0.05
Met sulfuron-methyl + Sulfosulfuron	6.2**±0.4	0.05*±0.01		5.003**±0.2	0.99	<0.05
Mesosulfuron + Iodosulfuron + Mefenbayer	5.6*±0.93	0.6±0.24		6.2*±0.97	0.98	<0.05

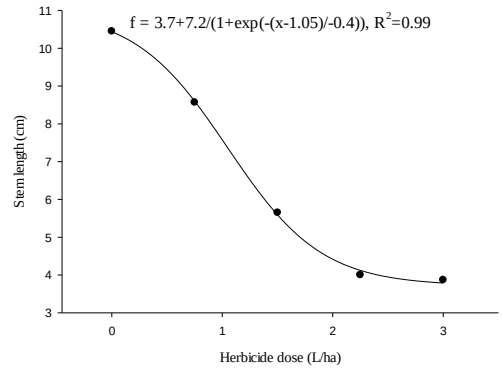
** و *: معنی‌دار در سطح یک و پنج درصد

** and *: significant at 1% and 5% of probability levels, respectively.

جدول ۷- پارامترهای تخمین زده شده برای واکنش طول ساقه خردل برگ مومی به علف‌کش‌ها

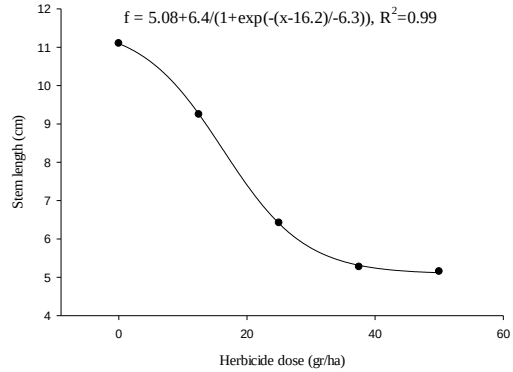
Table 7. Estimated parameters of the response of o waxy leaved mustard stem length to herbicides

Herbicides	ED10	ED50	ED90
Tribenuron methyl	12.5	25	37.5
2,4D+MCPA	0.75	1.6	2.2
Mesosulfuron + Iodosulfuron + Diflufenican	0.7	1.8	2.5
Met sulfuron-methyl + Sulfosulfuron	7	20	45
Mesosulfuron + Iodosulfuron + Mefenbayer	0.75	1.4	2.2



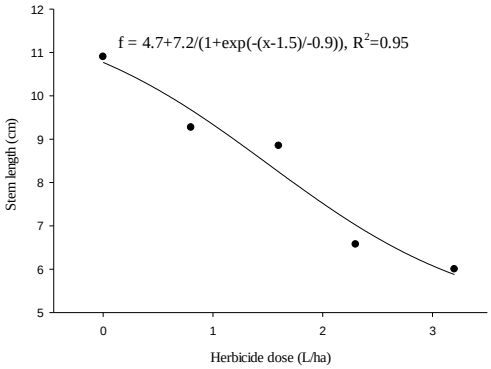
شکل ۱۱- اثر علف‌کش توفوردی + MCPA بر طول ساقه در خردل برگ مومی

figure 11. Effect of 2,4-D+MCPA on the waxy leaved mustard stem length



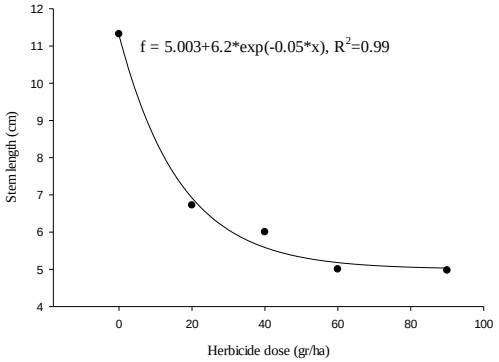
شکل ۱۲- اثر علف‌کش تری بنورون متیل بر طول ساقه در خردل برگ مومی

figure 12. Effect of tribenuron methyl on the waxy leaved mustard stem length



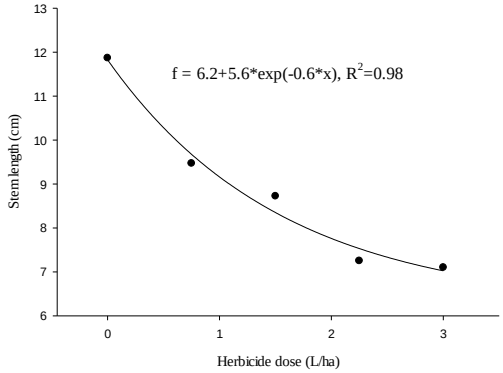
شکل ۱۳- اثر علف‌کش مزوسولفورون + یدوسولفورون + دیفلوفنیکان بر طول ساقه در خردل برگ مومی

figure 13. Effect of mesosulfuron + iodosulfuron + diflufenican on the waxy leaved mustard stem length



شکل ١٤- اثر علف‌کش مت سولفورون متیل + سولفوسولفورون بر طول ساقه در خردل برگ مومی

figure 14. Effect of metsulfuron-methyl + sulfosulfuron on the waxy leaved mustard stem length



شکل ۱۵- اثر علف‌کش مزوسولفورون+یدوسولفورون+مفن بایر بر طول ساقه در خردل برگ مومی

figure 15. Effect of mesosulfuron + iodosulfuron + mefenbayer on the waxy leaved mustard stem length

پارامترهای تخمین زده شده (دوزهای ۱۰، ۵۰ و ۹۰ درصد) در واکنش طول ساقه خردل برگ مومی به علف‌کش‌های مختلف در جدول ۷ نشان داده شده است. علف‌کش توفوردی+ امسی‌پی‌آ کارایی بالایی نسبت به دوز مصرفی داشت و نسبت به سایر علف‌کش‌های مورد آزمایش، از دوز مؤثر کمتری برخوردار بود. مقدار دوز ۱۰ درصد در این علف‌کش، ۰/۷۵، دوز ۵۰ درصد، ۱/٦ و دوز ۹۰ درصد، ۲/۲ بود

که این مقادیر نسبت به سایر علف‌کش‌های این آزمایش بازدهی بالاتری به نسبت مقدار مصرف کم در این علف‌کش داشت. بیشترین مقادیر دوز مؤثر مربوط به علف‌کش توتال بود که بازدهی کمتری داشت.

نتیجه‌گیری کلی

با توجه به نتایج این آزمایش می‌توان گفت که علف‌کش توفوردی + ام‌سی‌پی‌آ، یک علف‌کش کارآمد در کنترل علف‌هرز خردل برگ مومی است.

علف‌کش تری بنورون متیل (گرانستار) و مزوسولفورون+یدوسولفورون+دیفلوفنیکان (اتللو) نیز می‌تواند علف‌کش‌های مناسبی برای کنترل این علف‌هرز باشند، اما علف‌کش‌های توتال (مت سولفورون + سولفوسولفورون) و آتلانتیس (مزوسولفورون+یدوسولفورون)، تأثیر چندانی بر روی کنترل این علف‌هرز نداشتند. با توجه به این‌که این علف‌هرز در حال گسترش در مناطق غرب و زمین‌های زراعی است، آگاهی از روش‌های کنترل این علف‌هرز می‌تواند به بهبود برنامه‌های مدیریتی کمک کند و می‌توان تصمیم‌های بهتری برای کنترل این علف‌هرز مهاجم گرفت.

منابع

Ahmadi, A., Bakhsandeh, A., Siadat, A., Qurina, M. H., and Alami Saeed, K. 2020. Investigating nitrogen fertilizer and herbicide dosages on wheat competition with wild mustard and winter oats in dry conditions. Iran's Rain-Fed Agri. 8(1).

Al Kasir, F., Madhaj, A., Farhoudi, R. and Hamdi Shangri, A. 2013. Investigating the effect of different times of use of Apirus, Total, Atlantis and Shavalieh herbicides on the control of wheat weeds in the environmental conditions of Shushtar. Plant Agro. Sci. 3(2):20-24.

AlKasir, F., Madhaj, A., Farhoudi, R. and Hamdi Shangri, A. 2014. Investigating the effect of different times of using Apirus, Total, Atlantis and Chevalieh herbicides on the control of wheat weeds in the environmental conditions of Shushtar. Plant Agro. Sci. 3(2):20-24.

Babaei, S., Adeli, T., Tahmasabi, A. and Mozaffarian, V. 2020. Introduction of waxy leaved mustard as a problematic weed in the wheat fields of Kurdistan province. Gilan Grain Res. 9(3): 291-296.

Baghestani, M.A., Zand, E., Soufizadeh, S., Eskandari, A., Pourazar, R., Vaysi, M. and Nassirzadeh, N. 2007. Efficacy evaluation of some dual purpose herbicides to control weeds in maize (*Zea mays* L.). Crop Protec. 26: 936-942.

Dhammu, H.S. and Nickolson, D.F. 2006. Metribuzin tolerance of EGA Eagle Rock wheat. 15th Australian Weeds Conference. 355-358.

Ebrahimpoor, F., Chaab, A., Mousavi, H. and Mousavian, N. 2011. Evaluating the efficiency of total and the combination of two herbicides, Tribenorone methyl and Pinoxadan in different growth stages of wheat. Crop Pro. 4(2):17-30.

Forcella, F. 2002. Real-time assessment of seed dormancy and seedling growth for weed management. Seed Sci. 8: 201-209.

Hatami Moghaddam, Z., Gherekhloo, J., De Prado, R. and Sadeghipour, H.R. 2016. Tracing resistance to tribenuron-methyl in populations of wild mustard (*Sinapis arvensis* L.) and turnipweed (*Rapistrum rugosum* L.) collected from wheat fields of Golestan Province and introduction a new method in order to detect their resistant population. J. Plant Pro. 30(2):347-358.

Lair, K. and Redente, F.E. 2004. Influence of auxin and sulfonylurea herbicides on seeded native communities. Rang. Ecolo. Manag. 57: 211-218.

Mavi, F., Baghestani, M.A., Zand, A. and Khalaj, A. 2015. Investigating the effectiveness of the new herbicide Othello (mesosulfuron methyl + iodosulfuron methyl sodium + diflufenican + mefenpyr diethyl) on the control of weeds in wheat fields. 6th IR Weed Science Conference, Birjand.

Mirvakili, M., Anaghli, A., Mighani, F. and Karim Beigi, H. 2018. The effect of mixing 2,4D + MCPA and glyphosate in the integrated management of kohork weed. Know. Weeds. 13(1): 1-9.

Montazeri. M. 1990. The vegetative growth of *Glyctrrhiza glabra* L. a perennial weed and its chemical control in Kermanshah province. 9th IR. Plant Protection Congress.

Noorbakhsh, S. 2018. List of important pests, diseases and weeds of major agricultural products, poisons

and recommended methods to control them. Plant Protection Organization of the Country. 203 Pp.
Ritz, C., and Streibig, J. C. 2005. Bioassay analysis using R. Journal of Stat. Soft. 12:1-22.
Russell, M.H., Saladini, J.L. and Lichtner, F. 2002. Sulfonylurea Herbicides. Pest. Outlook.166-173.
Sandral, G.A., Dear, B.S., Pratley, J.E., and Cullis, B.R. 1997. Herbicide dose rate response curve in subterranean clover determined by a bioassay. Aust. J. Exp. Agri. 37: 67-74.
Shirmohammadi, K., Zand, A., Baghestani, M.A. and Rahi, A. 2013. Evaluating the effectiveness of some herbicides in controlling broad-leaved and narrow-leaved weeds in potato cultivation. Plant Pro. Res. 19(2).
Seefeldt, S.S., Conn, J.S., Jackson, B.E. and Sparrow, S.D. 2007. Response of seedling bird vetch (*Vicia cracca* L.) to six herbicides. Weed Technol. 21: 692– 694.
Streibig J.C. 2003. Assessment of herbicide effects, herbicide interaction. University of Copenhagen. 6. 2010 Pp.
Zand, A., Baghestani, M.A., Shimi, P. and Betrafan, M. 2018. Guide to herbicides registered in Iran with the approach of managing weed resistance to herbicides. Academic Jihad (Ferdowsi University), Mashhad, 68 Pp.
Zand, A., Sarmi, H. and Mousavi, R. 2009. The guide of herbicides registered in Iran with the approach of managing weed resistance to herbicides. Mashhad Academic Jihad Publications. 10-13Pp.
Zand, A., Baghestani, M.A., Shimi, P., Nizamabadi, N., Mousavi, S.M.R. and Mousavi, S.K. 2012. Guide to the chemical control of weeds in important agricultural and horticultural crops of Iran (with the approach of correct application and reducing the use of herbicides). Publications University of Mashhad.