

The role of adjuvants in increasing the effectiveness of pinoxaden herbicide in controlling susceptible and resistant populations of two important narrow-leaves in wheat fields

Alireza Ghafouri¹, Leila Alimoradi^{2*}, Mohammad Ali Baghestani Meibodi³, Eskandar Zand⁴,
Mohammad Hassan Rashed Mohassel⁵

1,2. Department of Agricultural Sciences, Mashhad Branch, Islamic Azad University, Mashhad, Iran,
3,4. Weeds Department, Iranian Plant Protection Research Institute, Tehran, Iran.
5. Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran.

(Received: December 10, 2022, Accepted: June 20, 2023)

ABSTRACT

Considering the importance of using herbicides and optimizing their use efficiency in order to manage narrow-leaved weeds in wheat fields, an experiment was conducted to investigate the effect of five adjuvants on the efficiency of different doses of pinoxaden (EC 5%) herbicide in control of *Avena ludoviciana* and *Lolium rigidum* populations. The experiment was conducted as a factorial experiment in a completely randomized design with four replications in the greenhouse of the Iranian Plant Protection Research Institute in 2020. Factors tested in this experiment were including five different adjuvants (Ino Alg NPK, Ino Alg NPK (NG), Torpedo II and the amino acid leucine), different doses of pinoxaden (37.2, 46.2, 56.7, and 72 g.a.h⁻¹ of commercial herbicide (pinoxaden EC 5%) and *Avena ludoviciana* and *Lolium rigidum* populations as the third factor (susceptible and resistant)). Weeds were treated in three to four leaf growing stage. The results of this study showed that by increasing the dosage of pinoxaden herbicide, the control of the susceptible and resistant populations of the aforementioned weeds increased. So, use of Ino AlgNPK (NG) adjuvant with fresh weight loss of 93.69 and 87.39% (in susceptible and resistant populations of *Avena ludoviciana*, respectively) and the amino acid leucine with fresh weight loss of 96.48 and 80.78% (in susceptible and resistant populations of *Lolium rigidum*, respectively) with a dose of 72 g.a.h⁻¹ had the highest reduction in fresh weight loss compared to the control. However, in terms of EWRC index and dry weight loss percentage, no significant difference was observed between doses and adjuvants used in the control of susceptible and resistant populations of these two weeds. Therefore, according to the results of this experiment, the use of the amino acid leucine adjuvant and Ino AlgNPK (NG) adjuvant is recommended to increase the effectiveness of the pinoxaden herbicide in controlling the weeds of *Lolium rigidum* (susceptible and resistant populations) and *Avena ludoviciana* (susceptible and resistant populations), respectively.

Keywords: Adjuvant, annual ryegrass, pinoxaden, wild oats.

نقش مواد افزودنی در افزایش کارایی علف کش پینوکسادن در کنترل جمعیت‌های حساس و مقاوم دو باریک‌برگ مهم در مزارع گندم

علیرضا غفوری^۱، لیلا علیم‌رادی^{۲*}، محمدعلی باغستانی میبیدی^۳، اسکندر زند^۴، محمدحسن راشد محصل^۵

۱-۲- به ترتیب دانشجوی دکتری و استادیار، گروه علوم کشاورزی، واحد مشهد، دانشگاه آزاد اسلامی، مشهد، ایران.

۳-۴- استاد، بخش علف‌های هرز، موسسه تحقیقات گیاهپزشکی کشور، ایران، ۵- استاد، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی، مشهد، ایران.

(تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۹/۱۹ - تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۳/۳۰)

چکیده

با توجه به اهمیت کاربرد علف‌کش‌ها و بهینه‌سازی کارایی مصرف آن‌ها به منظور مدیریت علف‌های هرز باریک‌برگ مزارع گندم، آزمایشی به منظور بررسی تأثیر پنج ماده افزودنی بر کارایی دُزهای مختلف علف‌کش پینوکسادن (EC 5%) در کنترل جمعیت‌های یولاف وحشی زمستانه و چچم یک‌ساله انجام شد. آزمایش به صورت فاکتوریل و در قالب طرح کاملاً تصادفی با چهار تکرار در گلخانه موسسه تحقیقات گیاهپزشکی کشور در سال ۱۳۹۹ انجام شد. فاکتورهای مورد بررسی در این آزمایش، کاربرد شش تیمار بدون ماده افزودنی و پنج ماده افزودنی مختلف (Ino Alg NPK, Doctil, Torpedo II, Ino Alg NPK (NG) و اسیدآمین لوسین)، دُزهای مختلف پینوکسادن (شامل ۳۷/۲، ۴۶/۲، ۵۷/۶ و ۷۲ گرم ماده مؤثره در هکتار از ماده تجاری علف‌کش پینوکسادن EC 5%) و فاکتور سوم شامل جمعیت‌های یولاف وحشی زمستانه و چچم یک‌ساله (حساس و مقاوم) بود. علف‌های هرز در مرحله رشد سه تا چهار برگی تیمار شدند. نتایج این مطالعه نشان داد که با افزایش دُز مصرفی علف‌کش پینوکسادن، کنترل جمعیت‌های حساس و مقاوم علف‌های هرز فوق‌العاده افزایش یافت؛ به طوری که، کاربرد مواد افزودنی Ino AlgNPK (NG) با کاهش وزن تر ۹۳/۶۹ و ۸۷/۳۹ درصد (به ترتیب در توده حساس و مقاوم یولاف وحشی زمستانه) و اسیدآمین لوسین با کاهش وزن تر ۹۶/۴۸ و ۸۰/۷۸ درصد (به ترتیب در توده حساس و مقاوم چچم یک‌ساله) به همراه دُز مصرفی ۷۲ گرم ماده مؤثره در هکتار در مقایسه با سایر دُزها و مواد افزودنی بیش‌ترین کاهش درصد وزن تر را در مقایسه با شاهد داشتند. اما از نظر شاخص EWRC و درصد کاهش وزن خشک تفاوت معنی‌دار قابل توجهی بین دُزها و مواد افزودنی مصرفی در کنترل توده‌های حساس و مقاوم این دو علف‌هرز مشاهده نشد. بنابراین، با توجه به نتایج این آزمایش، استفاده از مواد افزودنی اسیدآمین لوسین و Ino AlgNPK (NG) به ترتیب به منظور افزایش کارایی علف‌کش پینوکسادن در کنترل علف‌های هرز چچم یک‌ساله (توده حساس و مقاوم) و یولاف وحشی زمستانه (توده حساس و مقاوم) توصیه می‌شود.

واژه‌های کلیدی: پینوکسادن، چچم، مواد افزودنی، یولاف وحشی زمستانه.

مقدمه

گندم با نام علمی (*Triticum aestivum*) از خانواده گندمیان (*Poaceae*) یکی از غلات مهم جهان و ایران می‌باشد (Montazeri et al., 2005; Chaudhary et al., 2022). بیش از هفتاد درصد سطح زیر کشت گیاهان زراعی را گندم به خود اختصاص داده است که بیش از پنجاه درصد پروتئین مورد نیاز انسان را می‌تواند تأمین کند (Yazdanipour et al., 2021). بنابراین کنترل عواملی که باعث کاهش عملکرد گندم هستند ضروری می‌باشد. یکی از مهم‌ترین عوامل کاهش عملکرد گندم، علف‌های هرز می‌باشد. مدیریت علف‌های هرز باعث افزایش عملکرد و کیفیت گندم می‌شود (Mirgorodskaya et al., 2019). از مهم‌ترین علف‌های هرز باریک‌برگ مشکل‌ساز کشور علف‌های هرز چچم یک‌ساله (*Lolium rigidum* L.) و یولاف وحشی زمستانه (*Avena ludoviciana* D.) می‌باشند (Montazeri et al., 2005)؛ به طوری که خسارت ناشی از علف‌های هرز یولاف وحشی زمستانه در مزارع گندم کشور به بیش از حدود ۲۳ درصد (Zand et al., 2007) و وجود ۵۰ بوته علف‌هرز چچم یک‌ساله در یک متر مربع باعث کاهش ۴۲ درصدی عملکرد گندم می‌شود (Minbashi et al., 2008). با توجه به رایج‌نبودن عملیات وجین دستی و سایر روش‌های مکانیکی، استفاده از علف‌کش‌ها از مهمترین روش‌های مدیریت علف‌های هرز محسوب می‌شود (Rastgoo et al., 2020; Samadi Kalkhoran)

(et al., 2021, 2022). استفاده از علف‌کش‌های بازدارنده ACCase از جمله پینوکسادن (آکسیال 6% EC) که یک علف‌کش باریک‌برگ‌کش و تماسی در مزارع گندم است (Vijayarajan et al., 2020) و روش مهمی در کنترل علف‌های هرز، به‌ویژه علف‌های هرز باریک‌برگ از جمله یولاف وحشی زمستانه و چچم یک‌ساله در مزارع گندم در ایران است (Baghestani et al., 2007). با توجه به بروز پدیده مقاومت به سایر علف‌کش‌های بازدارنده ACCase از جمله کلودینافوپ-پروپارژیل در گندم، بررسی کارایی این علف‌کش و ارائه راهکارهایی به منظور افزایش کارایی علف‌کش پینوکسادن در کنترل علف‌های هرز باریک‌برگ ضروری می‌باشد. در حال حاضر از ۲۵ علف‌کش ثبت‌شده برای مزارع گندم در ایران، تعداد ۱۰ باریک‌برگ‌کش، ۱۰ پهن-برگ‌کش و شش علف‌کش دومنظوره هستند (Zand et al., 2020). اما به هنگام مصرف علف‌کش‌ها، بهینه‌سازی مصرف آن‌ها باید در دستور کار محققان و کشاورزان قرار گیرد (Ghorbani et al., 2010; Mirgorodskaya et al., 2019). همچنین با توجه به انکارناپذیر بودن کاربرد علف‌کش‌ها به منظور کنترل علف‌های هرز، به ناچار مجبور به استفاده مکرر و دُزهای بالا از علف‌کش‌ها می‌باشند که این مشکلاتی از قبیل مقاومت به علف‌کش‌ها و اثرات سوء زیست‌محیطی را به دنبال دارد (Samadi Kalkhoran et al., 2022). برای رفع مشکلاتی از این قبیل و بهینه‌سازی مصرف علف‌کش‌ها راهکارهای مختلفی ارائه شده

(NPK (NG) اشاره کرد که به دلیل مرتفع‌ساختن اثرات هم‌گاهی مربوط به کیفیت پایین آب و افزایش جذب و انتقال برخی از علف‌کش‌ها، از مواد افزودنی مفیدی در افزایش کارایی علف‌کش‌ها و کاهش دُز مصرفی آن‌ها می‌باشند (Robert *et al.*, 2008). همچنین ماده افزودنی **Torpedo II**، ماده افزودنی ویژه برای استفاده با علف‌کش‌هایی است که فرمولاسیون آنها امولسیون می‌باشد (Abbaspoor, 2006). در سال‌های اخیر تحقیقات نسبتاً گسترده‌ای در زمینه تأثیر مواد افزودنی مختلف در افزایش کارایی علف‌کش‌ها به‌منظور کنترل علف‌های هرز انجام شده است (Pratt *et al.*, 2003; Bunting *et al.*, 2004; Mousavinik *et al.*, 2009; Rashed-Mohassel *et al.*, 2010). اما پژوهش حاضر، به‌منظور تعیین توانایی پنج نوع مواد افزودنی در افزایش کارایی علف‌کش پینوکسادن (آکسیال) در کنترل جمعیت‌های حساس و مقاوم علف‌های هرز باریک‌برگ از جمله یولاف وحشی زمستانه و چچم یک‌ساله انجام شد.

مواد و روش‌ها

به‌منظور بررسی اثر برخی مواد افزودنی در افزایش کارایی علف‌کش پینوکسادن در کنترل علف‌های هرز یولاف وحشی زمستانه و چچم یک‌ساله، آزمایشی به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی و با چهار تکرار در گلخانه مؤسسه تحقیقات گیاه‌پزشکی در دو مرحله در سال ۱۳۹۹ انجام شد. مشخصات علف‌کش پینوکسادن و مواد افزودنی در جداول ۱ و ۲ اشاره شده است. فاکتورهای آزمایش شامل شش تیمار بدون اضافه‌کردن ماده افزودنی و

است که از جمله آن می‌توان به اختلاط علف‌کش‌ها، کاربرد مواد افزودنی و مصرف کاراترین غلظت برای کنترل علف‌های هرز اشاره کرد (Kudsk, 2008; Mehdizadeh *et al.*, 2020). مواد افزودنی، مواد شیمیایی هستند که منجر به افزایش کارایی علف‌کش‌ها (Hu *et al.*, 2019; Mehdizadeh *et al.*, 2020; Alebrahim *et al.*, 2022) و در نتیجه موجب استفاده از آن‌ها با دُز کمتر می‌شود (Sharma & Singh, 2000; Rastgoo *et al.*, 2020). مواد افزودنی یا در زمان تولید در فرمولاسیون علف‌کش به کار می‌روند یا همراه با علف‌کش در زمان مصرف به‌صورت مخلوط در مخزن سمپاش مورد استفاده قرار می‌گیرند (Bunting *et al.*, 2004). این مواد با تأثیر بر کشش سطحی از طریق کاهش زاویه تماس (Sharma & Singh, 2000; Arand *et al.*, 2018)، تأثیر بر اندازه قطره‌های سم با کاهش گرانروی و کشش سطحی (Chowdhury *et al.*, 2015; Curran *et al.*, 2007)، غلبه بر مشکلات کاربرد علف‌کش‌ها از جمله بادبردگی (Celen, 2010) می‌توانند باعث افزایش جذب، نفوذ و انتقال علف‌کش (Kudsk, 2008) شوند. تحقیقات فراوانی وجود دارد که نشان می‌دهد که مواد افزودنی می‌توانند فعالیت بیولوژیکی علف‌کش‌ها را افزایش دهند (Green & Beestman, 2007; Alebrahim *et al.*, 2022). کودها و اسیدهای آمینه از مواد افزودنی هستند که کارایی‌های مختلفی دارند. از انواع کودهای افزودنی می‌توان به **Ino Alg** و **Ino Alg NPK**

علف‌هرز تیمار خاصی اعمال نشد. گلدان‌ها در داخل گلخانه در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد با تناوب نوری ۱۶ ساعت روشنایی و هشت ساعت تاریکی قرار گرفتند. بعد از سبز شدن گیاهچه‌ها و قبل از سم‌پاشی برای جلوگیری از رقابت درون‌گونه‌ای، تعداد گیاهان داخل گلدان به هفت عدد کاهش یافت. گیاهچه‌های یولاف وحشی ۲۸ روز بعد از کاشت در مرحله سه تا چهاربرگی در گلخانه بخش تحقیقات علف‌های هرز مؤسسه تحقیقات گیاه‌پزشکی کشور بر اساس تیمارهای فوق سمپاشی شدند. سم‌پاشی توسط سم‌پاش پستی برقی مجهز به نازل بادبزی و حجم محلول مصرف ۲۰۰ لیتر در هکتار در فشار دو بار انجام شد. ارزیابی براساس شاخص EWRC، ۱۴ و ۲۸ روز بعد از سم‌پاشی انجام شد. همچنین ۲۸ روز بعد از سم‌پاشی اندام هوایی گیاهان زنده از سطح خاک بریده و وزن تر آنها توسط ترازوی حساس با دقت ۰/۰۱ اندازه‌گیری شد. وزن خشک، بعد از قرارگیری در دستگاه آون به مدت ۴۸ ساعت در دمای ۷۲ درجه سانتی‌گراد توسط ترازوی حساس با دقت ۰/۰۱ گرم اندازه‌گیری شد. بعد از جمع‌آوری داده‌ها، تمامی تجزیه‌های آماری با استفاده از نرم‌افزار آماری SAS، SAS institute In (2002) انجام شد. قبل از انجام عمل تجزیه واریانس، از نرمال بودن توزیع باقیمانده‌ها با استفاده از رویه (Univariate) و همگن بودن واریانس‌ها اطمینان حاصل شد. تجزیه واریانس داده‌های آزمایش با استفاده از رویه GLM انجام شد. مقایسه میانگین اثرهای اصلی تیمارهای آزمایشی و در صورت معنی دار شدن اثرات متقابل، بر پایه روش برش‌دهی فیزیکی و با استفاده از روش

پنج ماده افزودنی بهبوددهنده مختلف شامل Ino Alg NPK (شامل ۲۰٪ عصاره جلبک دریایی به میزان چهار لیتر در هکتار)، ماده افزودنی Torpedo II با دُز ۰/۱ لیتر در هکتار، ماده افزودنی Doctil با دُز ۰/۰۴ لیتر در هکتار) و اسید آمینه لوسین با دُز سه درصد تولید شرکت سیگما آلدریچ) و کود شامل Ino Alg NPK (NG) ۲۰٪ عصاره جلبک دریایی و ۱۰٪ اسید آمینه‌های آزاد با دُز دو لیتر در هکتار) به عنوان فاکتور اول، و چهار دُز مختلف علف‌کش پینوکسادن شامل (۳۷/۲ گرم ماده مؤثره در هکتار) ۰/۶۲ لیتر در هکتار، (۴۶/۲ گرم ماده مؤثره در هکتار) ۰/۷۷ لیتر در هکتار، (۵۷/۶ گرم ماده مؤثره در هکتار) ۰/۹۶ لیتر در هکتار و (۷۲ گرم ماده مؤثره در هکتار) ۱/۲ لیتر در هکتار) به عنوان فاکتور دوم و توده‌های مقاوم و حساس علف‌های هرز یولاف وحشی زمستانه (*Avena ludoviciana* D.) و چچم یک‌ساله (*Lolium rigidm L.*) به عنوان فاکتور سوم بود.

ابتدا به منظور شکستن خواب بذرهای علف‌هرز یولاف وحشی زمستانه، پوسته بذور (لما و پالنا) در تمام آزمایش‌ها توسط دست از بذر جدا شد (Beckie et al., 2000). سپس روی دو کاغذ صافی اشباع از آب درون پتری‌های شیشه‌ای نه سانتی متری قرار گرفت و به منظور حذف خواب، در دمای چهار درجه سانتی‌گراد به مدت چند روز تا یک هفته سرمادهی شد. پس از رفع خواب بذر تعداد ۱۰ عدد بذر در هر گلدان نیم لیتری (قطر دهانه گلدان نه و ارتفاع ۱۲ سانتی‌متر) کاشته شد. برای شکست خواب بذرهای علف‌هرز چچم به دلیل جوانه‌زدن این

دانکن صورت گرفت.

جدول ۱- مشخصات علف‌کش پینوکسادن و دُزهای مورد استفاده در آزمایش.

Table 1. Specifications of pinoxaden herbicide and doses used in the experiment.

Common Name	Name Trade	Formulation	Recommended dose (L/ha)	Chemical family	Application	Herbicide dose (L/ha)
oxaden	Axial	EC 5%	1.2	Phenyloxopyrazolinyl formate (Den)	Early to late wheat tillering	0.62 0.77 0.96 1.2

جدول ۲- مشخصات مواد افزودنی مورد استفاده در آزمایش.

Table 2. Specifications of adjuvants used in the experiment.

Adjuvants	Ingredients	Adjuvants dose (L/ha)
Ino Alg NPK	Phosphorus 7%, Potassium 4%, Seaweed extract 20% (Ascophyllum Nodosum)	4
Ino Alg NPK (NG)	Nitrogen 9%, Phosphorus 7%, 4%, Seaweed extract 20% (Ascophyllum Nodosum)	2
Torpedo II	Alkvaksalat amino Tau, Ethoxylate alcohol, Natural fatty acids and Polyalkolin glycol	0.1
Doctil	-	0.04
Lusin acid-amine	-	0.03

نتایج و بحث

*جمعیت، دُز*جمعیت، دُز*ماده افزودنی و اثر سه‌گانه دُز*ماده افزودنی*جمعیت همگی در سطح احتمال ($P \leq 0.01$) اثر معنی‌داری روی کاهش وزن تر چچم یک‌ساله داشته است (جدول ۳). نتایج تجزیه واریانس پارامترهای دُز، ماده افزودنی و نوع جمعیت روی کاهش وزن خشک چچم یک‌ساله نشان داد که اثرات اصلی دُز، جمعیت و اثر متقابل این دو عامل در سطح احتمال ($P \leq 0.01$) اثر معنی‌داری روی کاهش وزن خشک چچم یک‌ساله داشته است (جدول ۳). این در حالی است که اثر اصلی ماده افزودنی مصرفی، اثرات متقابل ماده افزودنی*جمعیت، دُز*ماده افزودنی و اثر سه‌گانه دُز*ماده افزودنی*جمعیت تأثیر معنی‌داری روی کاهش وزن خشک نشان ندادند. نتایج تجزیه

نتایج تجزیه واریانس پارامترهای دُز، ماده افزودنی و نوع جمعیت روی کاهش وزن تر یولاف وحشی زمستانه نشان داد که دُز، ماده افزودنی مصرفی، نوع جمعیت (حساس یا مقاوم) و اثرات متقابل دُز*ماده افزودنی، دُز*جمعیت و اثرات سه‌گانه دُز*ماده افزودنی*جمعیت همگی در سطح احتمال ($P \leq 0.01$) و اثر متقابل ماده افزودنی*جمعیت در سطح احتمال ($P \leq 0.05$) اثر معنی‌داری روی کاهش وزن تر یولاف وحشی زمستانه نشان داد (جدول ۳). همچنین با توجه به این نتایج، پارامترهای دُز، ماده افزودنی و نوع جمعیت روی کاهش وزن تر چچم یک‌ساله نشان داد که همه اثرات اصلی دُز، جمعیت، ماده افزودنی مصرفی، اثرات متقابل ماده افزودنی

هکتار به همراه ماده افزودنی **Ino Alg NPK (NG)**، میزان درصد کاهش وزن تر توده مقاوم یولاف وحشی در مقایسه با شاهد را به ترتیب ۷۶/۳۵، ۸۱/۳۰، ۸۲/۶۵ و ۸۷/۳۹ درصد کاهش داد. غفوری و همکاران (Ghafouri et al., 2022) گزارش کردند که کاربرد ماده افزودنی **Ino Alg NPK (NG)** به همراه مزوسولفورون+یدوسولفورون بیشترین کاهش را در وزن تر و خشک یولاف وحشی ایجاد کرد. نتایج مقایسه میانگین اثرات سه‌گانه دُز*ماده افزودنی*جمعیت روی شاخص **EWRC** نیز نشان داد که در همه دُزهای مورد استفاده از علف‌کش پینوکسادن درصد کنترل علف‌هرز یولاف وحشی زمستانه یکسان و برابر با ۱۰۰ درصد بوده است. بین هیچ‌کدام از دُزهای مورد استفاده همراه با مواد افزودنی مختلف در هیچ‌یک از جمعیت‌های حساس و مقاوم یولاف وحشی زمستانه تفاوت نبوده و با هم اختلاف معنی‌داری نداشتند. بنابراین با توجه به نتایج مورد آزمایش می‌توان از دُزهای کاهش‌ی علف‌کش پینوکسادن به همراه ماده افزودنی در کنترل توده‌های حساس و مقاوم یولاف وحشی زمستانه استفاده کرد. البته باید توجه داشت که مصرف دُزهای کاهش‌ی علف‌کش‌ها به مرور ممکن است باعث ایجاد مقاومت علف‌هرز یولاف وحشی زمستانه به علف‌کش پینوکسادن شود. حتی کاربرد دُزهای افزایشی این علف‌کش نیز نمی‌تواند کارایی مناسبی در کنترل این علف‌هرز داشته باشد.

واریانس پارامترهای دُز، ماده افزودنی و نوع جمعیت روی شاخص **EWRC** چچم یک‌ساله نشان داد که همه اثرات اصلی دُز، جمعیت، ماده افزودنی مصرفی، اثرات متقابل ماده افزودنی*جمعیت، دُز*جمعیت، دُز*ماده افزودنی و اثر سه‌گانه دُز*ماده افزودنی*جمعیت همگی در سطح احتمال ($P \leq 0/01$) اثر معنی‌داری روی شاخص **EWRC** چچم یک‌ساله داشته است (جدول ۳).

نتایج مقایسه میانگین اثرات سه‌گانه دُز*ماده افزودنی*جمعیت روی کاهش وزن تر یولاف وحشی نشان داد که با افزایش دُز مصرفی علف‌کش پینوکسادن، وزن تر در توده‌های حساس و مقاوم کاهش پیدا کرده است (جدول ۴). با توجه به میانگین کاهش وزن تر بین دُزهای مصرفی علف‌کش پینوکسادن می‌توان بیان کرد که از دُزهای کاهش‌یافته این علف‌کش به همراه ماده افزودنی می‌توان جهت کنترل یولاف وحشی استفاده کرد تا بدین منظور از بروز برخی مشکلات از جمله پیدایش مقاومت ممانعت کرد. همچنین بیش‌ترین کاهش وزن تر در هر دو توده حساس و مقاوم مربوط به کاربرد ماده افزودنی **Ino Alg NPK (NG)** به همراه دُزهای مختلف علف‌کش پینوکسادن می‌باشد (جدول ۴)؛ به‌طوری‌که به هنگام کاربرد دُزهای ۳۷/۲، ۴۶/۲، ۵۷/۶ و ۷۲ گرم ماده مؤثر در هکتار به همراه ماده افزودنی **Ino Alg NPK (NG)**، میزان درصد کاهش وزن تر توده حساس یولاف وحشی در مقایسه با شاهد به ترتیب ۸۰/۳۰، ۸۴/۹۱، ۸۶/۷۵ و ۹۳/۶۹ درصد کاهش یافت. علاوه بر این، کاربرد دُزهای ۳۷/۲، ۴۶/۲، ۵۷/۶ و ۷۲ گرم ماده مؤثر در

جدول ۳- نتایج تجزیه کاربرد مواد افزودنی به همراه علف‌کش پینوکسادن روی کاهش درصد وزن تر، وزن خشک و کنترل جمعیت‌های حساس و مقاوم یولاف وحشی و چچم یک‌ساله.

Table 3. Results of analysis of variance of application of adjuvants with pinoxaden herbicide on fresh weight loss, dry weight and EWRC index of sensitive and resistant populations of the *Avena ludoviciana* and *Lolium rigidum*.

SOV	Df	<i>Avena ludoviciana</i>			<i>Lolium rigidum</i>		
		Fresh weight	Dry weight	EWRC	Fresh weight	Dry weight	EWRC
Dose	3	0.26**	0.13**	65.62 ^{ns}	0.22**	0.006 ^{ns}	9.5**
Adjuvant	5	0.05**	0.01**	148**	0.11**	0.005 ^{ns}	8.04**
Population	1	29**	0.1**	351918 ^{ns}	11.01**	0.17**	4750**
Dose*Adjuvant	15	0.06**	0.001**	42.70 ^{ns}	0.02**	0.002 ^{ns}	12.63**
Dose* Population	3	0.05**	0.05**	65.62 ^{ns}	0.19**	0.009**	15.41**
Adjuvant* Population	5	0.01 ^{ns}	0.002 ^{ns}	148**	0.11**	0.001 ^{ns}	13.25**
Dose*Adjuvant* Population	15	0.04**	0.001**	42.70**	0.02**	0.001 ^{ns}	14.78**
Error	144	0.02	0.001	40.43	0.01	0.001	2.30
CV (%)	-	18.34	14.48	11.52	22.76	24.25	1.59

^{ns}، * و ** به ترتیب نشان دهنده عدم معنی‌داری و معنی‌داری در سطح پنج و یک درصد می‌باشند. بنابراین برای هر علف هرز تجزیه واریانس جداگانه در نظر گرفته شده است.

^{ns}، * and ** indicate insignificance and significance at the level of five and one percent, respectively.

این علف‌کش را داشته است. کاهش وزن تر در توده مقاوم نیز نشان می‌دهد که این توده در دُزهای مصرفی ۵۷/۶ گرم ماده مؤثره در هکتار و دُز توصیه شده ۷۲ گرم ماده مؤثره در هکتار به ترتیب بیش‌ترین و کم‌ترین کاهش وزن تر با افزایش دُز فوق به دُز توصیه‌شده را داشتند. همچنین با وجود تأثیر کم ماده افزودنی مصرفی روی کاهش وزن تر، کاربرد ماده افزودنی اسیدآمینه لوسین افزایش کارایی این علف‌کش را در کنترل توده حساس و مقاوم چچم یک‌ساله به دنبال داشته است (جدول ۴). در توده چچم یک‌ساله حساس با وجود اینکه ماده افزودنی اسیدآمینه لوسین بیش‌ترین کاهش وزن تر را به همراه دُزهای مصرفی داشته است ولی در هیچ‌کدام از دُزهای مصرفی علف‌کش پینوکسادن بین هیچ‌یک از مواد افزودنی مصرف‌شده در کاهش وزن تر چچم یک‌ساله، اختلاف معنی‌داری وجود نداشت. بنابراین با توجه به نتایج فوق می‌توان بیان کرد که دُزهای کاهش‌یافته علف‌کش پینوکسادن به همراه ماده

در آزمایشی که به منظور بررسی تأثیر مقدار کاربرد کود نیتروژن در کارایی علف‌کش گلپوسیت در کنترل علف هرز گاوپنبه (*Abutilon theophrasi*) انجام شد، مشاهده شد که دز موثر گلپوسیت برای کاهش ۵۰ درصد زیست توده گاوپنبه (ED₅₀) در سطح پایین نیتروژن خاک (۰/۷ میلی مولار)، ۴۳۱ گرم ماده تجاری گلپوسیت در هکتار بود. حال اینکه در سطح بالای نیتروژن خاک (۷/۷ میلی مولار) دُز مذکور به ۲۴۱ گرم ماده تجاری گلپوسیت در هکتار تقلیل یافت (Cathcart et al., 2004). نتایج مقایسه میانگین تأثیر اثر سه‌گانه دُز*ماده افزودنی*جمعیت روی کاهش وزن تر چچم یک‌ساله نشان داد که افزایش دُز مصرفی علف‌کش پینوکسادن به‌طور کلی باعث کاهش وزن تر توده حساس و مقاوم چچم یک‌ساله شده است. البته کاهش وزن تر در توده حساس خیلی محسوس نبوده و دُزهای کاهش‌یافته این علف‌کش به همراه ماده افزودنی، همان کارایی دُز توصیه‌شده

افزایش دهند (Stagnari et al., 2006). کاربرد پینوکسادن به همراه مواد افزودنی روغن نارگیل، روغن کنجد و روغن بادام به میزان ۰/۳ درصد حجمی باعث افزایش کارایی پینوکسادن در کاهش وزن خشک علف‌هرز فالاریس (*Phalaris minor* L.) شد (Rastgoo et al., 2020).

نتایج مقایسه میانگین اثر ماده افزودنی مصرفی و اثر متقابل دُز*جمعیت روی کاهش وزن خشک یولاف وحشی زمستانه نشان داد که افزایش دُز مصرفی علف‌کش پینوکسادن در هر دو جمعیت حساس و مقاوم کاهش وزن تر را به دنبال داشته است. بیش‌ترین و کم‌ترین کاهش وزن خشک مربوط به کاربرد دُزهای ۷۲ (۸۰/۱۵) درصد کاهش وزن خشک در مقایسه با شاهد) و ۳۷/۲ (۷۴/۴۱) درصد کاهش وزن خشک در مقایسه با شاهد) گرم ماده مؤثره در هکتار بوده است (جدول ۵). ولی کاهش وزن خشک در هر دو توده حساس و مقاوم با افزایش دُز مصرفی علف‌کش ناچیز بوده است. همچنین کاربرد مواد افزودنی مورد استفاده در این آزمایش نشان داد که مواد افزودنی **Ino Alg NPK (NG)** و **Torpedo II** کاهش وزن خشک یکسانی را نسبت به عدم کاربرد ماده افزودنی نشان دادند. همچنین کاربرد مواد افزودنی اسیدآمینه لوسین و **Doctil** کم‌ترین کاهش وزن خشک را در مقایسه با عدم کاربرد ادجونت نشان دادند (جدول ۵).

افزودنی مصرفی همان کارایی دُز توصیه‌شده این علف‌کش را دارد و می‌توان جهت جلوگیری از هزینه‌های مصرفی و آلودگی محیط زیست از دُزهای کاهش‌یافته این علف‌کش استفاده کرد. همچنین در توده مقاوم نیز دُز مصرفی ۵۷/۶ گرم ماده مؤثره در هکتار همان کارایی دُز توصیه‌شده علف‌کش پینوکسادن را در کنترل توده مقاوم چچم یک‌ساله نشان داد (جدول ۴). بنابراین از دُزهای کاهش‌یافته این علف‌کش نیز می‌توان جهت مدیریت این علف‌هرز به جای دُز توصیه‌شده استفاده کرد. موسوی نیک و همکاران (*Mousavinik et al., 2009*) در بررسی اثر مواد افزودنی آدیگور، سیتوگیت، ولک و ستوهف در کارایی علف‌کش پینوکسادن در کنترل علف‌هرز فالاریس (*Phalaris minor Retz*)، یولاف وحشی زمستانه (*Avena ludoviciana*) و چچم یک‌ساله (*Lolium temulentum L.*) گزارش کردند که روغن ولک بیش‌ترین تأثیر را در افزایش کارایی علف‌کش پینوکسادن در کنترل چچم یک‌ساله، علف قناری و یولاف وحشی داشته است. این محققان نتیجه‌گیری کردند که کاربرد مناسب مواد افزودنی می‌تواند مقدار مصرف علف‌کش‌ها را بدون ایجاد نقصانی در کارایی آن کاهش دهد که از دیدگاه اقتصادی و زیست‌محیطی اهمیت دارد. در آزمایشی دیگر کاربرد روغن‌های گیاهی و معدنی در کنترل علف‌هرز یولاف وحشی و چچم توانستند کارایی علف‌کش کلودینافوپ-پروپارژیل را

جدول ۴. اثرات متقابل دز*مواد افزودنی*جمعیت روی کاهش وزن تر و شاخص EWRC یولاف وحشی زمستانه و چچم یک‌ساله.

Table 4. The effect of dose*population*adjutant interactions on fresh weight loss and EWRC index of the *Avena ludoviciana* and *Lolium rigidum*.

Dose (g.ai.h ⁻¹)	Population	Adjutant	<i>Avena ludoviciana</i>				<i>Lolium rigidum</i>			
			Fresh weight (g.plant ⁻¹)	Fresh weight loss compared to control (%)	Index EWRC (%)	Index† EWRC loss compared to control(%)	Fresh weight (g.plant ⁻¹)	Fresh weight loss compared to control (%)	Index EWRC (%)	Index† EWRC loss compared to control (%)
37.2	S	0	0.30 ^c	74.33 ^b	0 ^a	100 ^a	0.11 ^d	94.50 ^a	0 ^a	100 ^a
		Ino Alg NPK	0.25 ^c	77.25 ^b	0 ^a	100 ^a	0.09 ^d	95.50 ^a	0 ^a	100 ^a
		Ino Alg NPK (NG)	0.20 ^d	81.30 ^a	0 ^a	100 ^a	0.10 ^d	95 ^a	0 ^a	100 ^a
		Torpedo II	0.23 ^c	78.83 ^b	0 ^a	100 ^a	0.09 ^d	95.50 ^a	0 ^a	100 ^a
		Doctil	0.22 ^c	79.95 ^b	0 ^a	100 ^a	0.08 ^d	96.10 ^a	0 ^a	100 ^a
		Lusin acid-amine	0.24 ^c	78.60 ^b	0 ^a	100 ^a	0.10 ^d	95 ^a	0 ^a	100 ^a
	R	0	0.53 ^a	52.02 ^d	0 ^a	100 ^a	1.09 ^a	45.22 ^d	10 ^b	90 ^b
		Ino Alg NPK	0.47 ^a	57.43 ^d	0 ^a	100 ^a	0.56 ^c	72 ^b	19 ^c	81 ^e
		Ino Alg NPK (NG)	0.26 ^c	76.35 ^b	0 ^a	100 ^a	0.52 ^c	74 ^b	15 ^b	85 ^{cd}
		Torpedo II	0.38 ^b	65.76 ^c	0 ^a	100 ^a	0.87 ^b	56.28 ^c	12 ^b	88 ^c
		Doctil	0.51 ^a	53.43 ^d	0 ^a	100 ^a	0.94 ^b	53 ^c	10 ^b	90 ^b
		Lusin acid-amine	0.49 ^a	55.40 ^d	0 ^a	100 ^a	0.51 ^c	74.37 ^b	9 ^b	91 ^b
46.2	S	0	0.25 ^c	76.92 ^b	0 ^a	100 ^a	0.11 ^e	94.50 ^a	0 ^a	100 ^a
		Ino Alg NPK	0.17 ^d	84.91 ^b	0 ^a	100 ^a	0.09 ^e	95.50 ^a	0 ^a	100 ^a
		Ino Alg NPK (NG)	0.16 ^e	85.36 ^a	0 ^a	100 ^a	0.09 ^e	95.50 ^a	0 ^a	100 ^a
		Torpedo II	0.17 ^d	84.91 ^b	0 ^a	100 ^a	0.09 ^e	95.50 ^a	0 ^a	100 ^a
		Doctil	0.21 ^{cd}	81.98 ^{ab}	0 ^a	100 ^a	0.07 ^e	96.48 ^a	0 ^a	100 ^a
		Lusin acid-amine	0.17 ^d	84.68 ^b	0 ^a	100 ^a	0.06 ^e	96.86 ^a	0 ^a	100 ^a
	R	0	0.42 ^a	68.47 ^d	0 ^a	100 ^a	0.74 ^a	62.65 ^e	10 ^b	90 ^b
		Ino Alg NPK	0.27 ^{bc}	75.45 ^{bcd}	0 ^a	100 ^a	0.48 ^d	75.75 ^{bc}	10 ^b	90 ^b
		Ino Alg NPK (NG)	0.20 ^d	81.30 ^{ab}	0 ^a	100 ^a	0.53 ^c	73.37 ^c	10 ^b	90 ^b
		Torpedo II	0.27 ^{bc}	75.45 ^{bcd}	0 ^a	100 ^a	0.61 ^b	69.22 ^d	10 ^b	90 ^b

57.6	S	Doctil	0.24 ^{cd}	77.62 ^b	0 ^a	100 ^a	0.58 ^{bc}	70.72 ^{cd}	10 ^b	90 ^b
		Lusin acid-amine	0.32 ^b	70.72 ^{dc}	0 ^a	100 ^a	0.47 ^d	76.38 ^b	10 ^b	90 ^b
		0	0.20 ^{bc}	79.58 ^{bc}	0 ^a	100 ^a	0.12 ^d	94.20 ^a	0 ^a	100 ^a
		Ino Alg NPK	0.17 ^c	83.7 ^b	0 ^a	100 ^a	0.06 ^d	96.86 ^a	0 ^a	100 ^a
		Ino Alg NPK (NG)	0.15 ^d	86.75 ^a	0 ^a	100 ^a	0.05 ^d	97.60 ^a	0 ^a	100 ^a
	R	Torpedo II	0.16 ^{cd}	84.26 ^{ab}	0 ^a	100 ^a	0.05 ^d	97.60 ^a	0 ^a	100 ^a
		Doctil	0.17 ^c	83.78 ^b	0 ^a	100 ^a	0.10 ^d	95 ^a	0 ^a	100 ^a
		Lusin acid-amine	0.16 ^{cd}	84.46 ^{ab}	0 ^a	100 ^a	0.04 ^d	97.74 ^a	0 ^a	100 ^a
		0	0.31 ^a	71.61 ^d	0 ^a	100 ^a	0.64 ^a	67.84 ^d	10 ^b	90 ^c
		Ino Alg NPK	0.24 ^b	76.93 ^c	0 ^a	100 ^a	0.53 ^b	73.24 ^c	10 ^b	90 ^c
72	S	Ino Alg NPK (NG)	0.18 ^c	82.65 ^b	0 ^a	100 ^a	0.41 ^b	79.40 ^b	10 ^b	90 ^c
		Torpedo II	0.19 ^{bc}	82.43 ^{bc}	0 ^a	100 ^a	0.43 ^c	78.52 ^b	10 ^b	90 ^c
		Doctil	0.20 ^{bc}	81.98 ^{bc}	0 ^a	100 ^a	0.54 ^b	72.61 ^c	9 ^b	91 ^{bc}
		Lusin acid-amine	0.23 ^b	77.15 ^c	0 ^a	100 ^a	0.36 ^c	81.53 ^b	6 ^b	94 ^b
		0	0.15 ^c	86.48 ^b	0 ^a	100 ^a	0.11 ^c	94.50 ^a	0 ^a	100 ^a
	R	Ino Alg NPK	0.09 ^d	91.89 ^a	0 ^a	100 ^a	0.07 ^c	96.48 ^a	0 ^a	100 ^a
		Ino Alg NPK (NG)	0.07 ^d	93.69 ^a	0 ^a	100 ^a	0.12 ^c	94.20 ^a	0 ^a	100 ^a
		Torpedo II	0.08 ^d	92.97 ^a	0 ^a	100 ^a	0.10 ^c	95 ^a	0 ^a	100 ^a
		Doctil	0.09 ^d	91.89 ^a	0 ^a	100 ^a	0.10 ^c	95 ^a	0 ^a	100 ^a
		Lusin acid-amine	0.11 ^{cd}	90.09 ^{ab}	0 ^a	100 ^a	0.07 ^c	96.48 ^a	0 ^a	100 ^a
R	0	0.23 ^a	79.28 ^c	0 ^a	100 ^a	0.57 ^a	71.60 ^c	10 ^b	90 ^{bc}	
	Ino Alg NPK	0.20 ^{ab}	81.98 ^{cb}	0 ^a	100 ^a	0.48 ^{ab}	75.37 ^b	5 ^b	95 ^b	
	Ino Alg NPK (NG)	0.14 ^c	87.39 ^b	0 ^a	100 ^a	0.42 ^b	78.79 ^b	5 ^b	95 ^b	
	Torpedo II	0.15 ^c	86.48 ^b	0 ^a	100 ^a	0.40 ^b	79.75 ^b	5 ^b	95 ^b	
	Doctil	0.19 ^{ab}	82.88 ^{cb}	0 ^a	100 ^a	0.50 ^{ab}	75 ^{bc}	5 ^b	95 ^b	
	Lusin acid-amine	0.20 ^{ab}	81.98 ^{cb}	0 ^a	100 ^a	0.38 ^b	80.78 ^b	5 ^b	95 ^b	
Untreated control			1.11	100	1.99	100				

حساس و مقاوم چچم یک‌ساله نشان داد که دُزهای کاهش‌یافته علف‌کش پینوکسادن تقریباً کارآیی یکسانی را در مقایسه دُز توصیه‌شده این علف‌کش (۷۲ گرم ماده مؤثره در هکتار) در کاهش وزن خشک توده‌های حساس و مقاوم چچم یک‌ساله داشته است.

نتایج تحقیق ماهونی و همکاران (Mahoney et al., 2001) نشان داد کاربرد گلایفوسیت ماده خشک علف‌هرز گاوپنبه را به میزان ۷۷ درصد و به همراه آمونیوم‌سولفات ۹۳ درصد کاهش داد. نتایج مقایسه میانگین تأثیر اثر متقابل دُز*جمعیت روی کاهش وزن خشک توده

جدول ۵. تأثیر دُز و مواد افزودنی روی کاهش وزن خشک یولاف وحشی زمستانه و چچم یک‌ساله.

Table 5. The effect of dose and adjuvant on dry weight loss of the *Avena ludoviciana* and *Lolium rigidum*.

	<i>Avena ludoviciana</i>			<i>Lolium rigidum</i>		
	Population	Dry weight	Dry weight (g.plant ⁻¹)	Population	Dry weight	Dry weight (g.plant ⁻¹)
37.2	S	0.11 ^b	82.88 a	S	0.03 ^b	96.67 a
	R	0.16 ^a	74.41 b	R	0.10 ^a	88.19 b
46.2	S	0.09 ^b	84.34 a	S	0.04 ^b	95.63 a
	R	0.12 ^a	75 b	R	0.09 ^a	89.14 b
57.6	S	0.08 ^b	87.89 a	S	0.03 ^b	96.87 a
	R	0.09 ^a	85.22 b	R	0.09 ^a	89.63 b
72	S	0.07 ^a	88.80 a	S	0.03 ^b	96.18 a
	R	0.07 ^a	80.15 a	R	0.08 ^a	90.18 b
Untreated control			0.64	0.84		

یک از دُزهای مصرفی در کاهش وزن تر جمعیت حساس علف‌هرز چچم یک‌ساله وجود نداشت. از لحاظ پارامتر EWRC نیز، هر چهار دُز مصرفی علف‌کش پینوکسادن به همراه مواد افزودنی مورد استفاده در این آزمایش کنترل یکسانی روی جمعیت‌های حساس و مقاوم یولاف وحشی زمستانه نشان دادند و بین هیچ کدام از دُزهای مصرفی و جمعیت‌های حساس و مقاوم علف‌هرز یولاف وحشی تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد و همگی کنترل ۱۰۰٪ را روی جمعیت‌های حساس و مقاوم این علف‌هرز نشان دادند. اما در جمعیت‌های چچم یک‌ساله دُزهای مختلف علف‌کش پینوکسادن

نتیجه‌گیری کلی

به‌طور کلی با توجه به نتایج این پژوهش می‌توان بیان کرد که با افزایش دُز مصرفی علف‌کش پینوکسادن وزن تر جمعیت‌های حساس و مقاوم علف‌های هرز یولاف وحشی زمستانه و چچم یک‌ساله کاهش یافته است. در بین پنج ماده افزودنی مورد استفاده نیز، مواد افزودنی Ino Alg NPK (NG) و اسید آمینه لوسین به‌ترتیب بیش‌ترین کارآیی را در درصد کاهش وزن تر جمعیت‌های حساس و مقاوم علف‌های هرز یولاف وحشی زمستانه و چچم یک‌ساله داشته‌اند. همچنین بین دُزهای مختلف علف‌کش پینوکسادن به همراه مواد افزودنی مختلف تفاوت معنی‌دار در هیچ

بیش‌تری را در مقایسه با جمعیت‌های مقاوم نشان دادند، ولی از لحاظ آماری در بین دُزهای مختلف علف‌کش پینوکسادن از لحاظ کاهش وزن خشک تفاوت معنی‌داری وجود نداشت و فقط بین جمعیت‌های حساس و مقاوم تفاوت معنی‌داری حاصل شد.

کارایی کمتری در کنترل جمعیت مقاوم چچم یک‌ساله در مقایسه با جمعیت حساس این علف‌هرز نشان داد. همچنین، واکنش جمعیت‌های حساس و مقاوم این دو علف‌هرز از لحاظ درصد کاهش وزن خشک، به هنگام کاربرد دُزهای مختلف علف‌کش پینوکسادن به این صورت بود که در هر چهار دُز مصرفی جمعیت‌های حساس کاهش وزن خشک

منابع

- Abbaspoor, M. 2006. Chlorophyll a fluorescence and herbicide efficacy, metabolism and selectivity [including 5 Papers] (Doctoral dissertation, Royal Veterinary and Agricultural University [Department of Agricultural Sciences]).
- Alebrahim, M.T. Samadi Kalkhoran, E. and Tseng, T.M.P. 2022. Joint action of herbicides on weeds and their risk assessment on earthworm (*Eisenia fetida* L.). In: New insights in herbicide science. Accepted May 18, 2022.
- Arand, K. Asmus, E. Popp, C.H. Schneider, D. and Reiderer, M. 2018. The mode of action of adjuvants – relevance of physicochemical properties for effects on the foliar application, cuticular permeability and greenhouse performance of pinoxaden. *J. Agric Food Chem.* 66: 5770-5777.
- Baghestani, M.A. Zand, E. Soufizadeh, S. Jamali, M. and Maighany, F. 2007. Evaluation of sulfosulfuron for broadleaved and grass weed control in wheat (*Triticum aestivum*) in Iran. *Crop Prot.* 26: 1385-1389.
- Beckie, H.J. Heap, I.M. Smeda, R.J. and Hall, L.M. 2000. Screening for herbicide resistance in weeds. *Weed Technol.* 14: 428-445.
- Bunting, J.A. Sprague, C.L. and Riechers, D.E. (2004). Proper adjuvant selection for foramsulfuron activity. *Crop Prot.* 23: 361-366.
- Cathcart, R.J. Chandler, K. and Swanton, C.J. (2004). Fertilizer nitrogen rate and the response of weeds to herbicides. *Weed Sci.* 52: 291-296.
- Celen, I.H. 2010. The effect of spray mix adjuvants on spray drift. *Bulg. J. Agric. Sci.* 16: 105-110.
- Chaudhary, A.N. Patel, A.M. Mor, V.B. and Chaudhary, H.N. 2021. Effect of irrigation level and weed management practices on wheat growth, yield and economics. *Indian J. Weed Sci.* 54: 46-50.
- Chowdhury, K. Banu, L.A. Khan, S. and Latif, A. 2007. Studies on the fatty acid composition of edible oil. *Bangladesh J. Sci. Ind. Res.* 42: 311-316.
- Curran, W.S. McGlamery, M.D. Liebl, R.A. and Lingenfelter, D.D. 2015. Adjuvants for enhancing herbicide performance. *Agronomy Facts* 37. The Pennsylvania State University University Park, Pennsylvania, PA. <http://cropsoil.psu.edu/extension/facts/uc106.pdf> 2015 (accessed 22 January 2015).
- Ghafouri, A.R. Baghestani, M. Alimoradi, L. Rashed Mohassel, M.H. and Zand, E. 2022. Evaluation of mesosulfuron-methyl+ iodosulfuron-methyl sodium+ in control susceptible and resistant populations of wild oat (*Avena ludoviciana* Durieu.) influenced by the dose and application of adjuvant. *Iranian J. Weed Sci.* 18(1).

- Ghorbani, R. Hosseini, S. Mousavi, S.K. and Hajmohammadnia Ghalibaf, K. 2010. Sustainable weed management. Mashhad: University Jihad Publications. 924 Pp. (In Persian).
- Green, J.M. and Beestman, G.B. 2007. Recently patented and commercialized formulation and adjuvant technology. *Crop Protec.* 26: 320–327.
- Hu, X. Gong, H. Li, Z. Ruane, S. Liu, H. Pamou, E. Awn, C. King, S. Ma, K. Li, P. Padia, F. Bell, G. and Lu, J.R. 2019. What happens when pesticides are solubilized in nonionic surfactant micelles. *J. Colloid Interface Sci.* 541: 175–182.
- Kudsk, P. 2008. Optimising herbicide dose: A straightforward approach to reduce the risk of side effects of herbicides. *Environ.* 28: 49-55.
- Mahoney, K.J. 2001. Biology of Biennial Wormwood (*Artemisia biennis* Willd.). M.Sc. thesis. North Dakota State University, Fargo, ND. 63 p.
- Mehdizadeh, M. Mehdizadeh, Z. and Baghaeifar, Z. 2020. Efficacy evaluation of tribenuron methyl herbicide by using different adjuvants for common lambsquarters (*Chenopodium album* L.) control. *Int. J. biomed. adv. res.* 8: 1-8.
- Minbashi, M.M. Baghestani, M.A. Rahimian, H. and Aleefard, M. 2008. Weed mapping for irrigated wheat fields of Tehran province using geographic information system (GIS). *Iran. J. Weed Sci.* 4: 97-118. (In Persian).
- Mirgorodskaya, A.B. Kushnazarova, R.A. Lukashenko, S.S. Nikitin, E.N. Sinyashin, K.O. Nesterova, L.M. and Zakharova, L.Y. 2019. Carbamate-bearing surfactants as effective adjuvants promoted the penetration of the herbicide into the plant. *Colloids and Surf. A: Physicochem. and Engineering Aspects.* 586: 124254.
- Mousavinik, A. Zand, E. Baghestani, M. Deihimfard, M. Soufizadeh, S. Ghezeli, F. and Aliverdi, A. 2009. Ability of adjuvants in enhancing the performance of pinoxaden and clodinafop propargyl herbicides against grass weeds. *Iran. J. Weed Sci.* 5: 65-77. (In Persian).
- Montazeri, M. Baghestani, M.A. and Zand, E. 2005. Weeds and their control in Iranian wheat fields. Publications of the Plant Pests and Diseases Research Institute. Pp. 85.
- Pratt, D. Kells, J.J. and Penner, D. 2003. Substitutes for ammonium sulfate as additives with glyphosate and glufosinate. *Weed Technol.* 17: 576–581.
- Rashed-Mohassel, M.H. Aliverdi, A. Hamami, H. and 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 Biol. Manag.* 10: 57-63.
- Rastgoo, M. Kargar, M. and Assadillahi, H. 2020. Vegetable oil characteristics enhance the phytotoxicity of pinoxaden and haloxyfop-R-methyl on littleseed canarygrass (*Phalaris minor* Retz.). *J. Crop. Protec.* 9: 711-720.
- Robert, J.D. Galas, F.G. and Matysiak, R. 2008. Influence of diammonium sulfate and other salts on glyphosate phytotoxicity. *Pestic. Sci.* 38: 77-84.
- Samadi Kalkhoran, E. Alebrahim, M.T. Mohammaddust Chamn Abad, H.R. Streibig, J.C. Ghavidel, A. and Tseng, T.M.P. 2022. The survival response of earthworm (*Eisenia fetida* L.) to individual and binary mixtures of herbicides. *Toxics.* 10: 320.
- Sharma, S.D. and Singh, M. 2000. Optimizing foliar activity of glyphosate on *Bidens frondosa* and *Panicum maximum* with different adjuvant types. *Weed Res.* 40: 523-533.
- Stagnari, F. Onofri, A. and Covarelli, G. 2006. Influence of vegetable and mineral oils on the efficacy of some post-emergence herbicides for grass weed control in wheat. *J. Pestic. Sci.* 31: 339-343.

- Vijayarajan, V.B.A. Forristal, P.D. Cook, S.K. Staples, J. Schilder, D. Hennessy, M. and Barth, S. 2020. First report on assessing the severity of herbicide resistance to ACCase inhibitors pinoxaden, propaquizafop and cycloxydim in six *Avena fatua* populations in Ireland. *Agron.* 10: 1362.
- Yazdanipour, S. Alizadeh, H. Nosrati, I. and Bahraminejad, S. 2020. Evaluation of different cultivars of wheat, barley and oat crops tolerance to trifluralin. *Iranian J. of Weed Sci.* 17: 17-26.
- Zand, A. Benakashani, F. Baghestani, M.A. McNally, A. Minbashi, M. Soufizadeh, S. and Deyhimfard, R. 2007. Distribution of clodinafop propargyl herbicide resistant wild oats (*Avena ludoviciana*) in southwestern Iran. *J. Environ. Sci.* 4: 85-92. (In Persian).
- Zand, E. Nezamabadi, N. Baghestani, M. Shimi, P. and Mosavi, S. 2020. A guide to chemical control of weeds in Iran. Mashhad: University Jihad Publications. 216 Pp. (In Persian).