مجله دانش علف‌های‌هرز
دورهٔ ۱۷، شمارهٔ ۲، ۱۴۰۰ (ص ۲۶-۱۱)

Iranian Journal of Weed Science
Vol 17, No 2, 2021 (11-26)
DOI: 10.22092/IJWS.2020.341768.1364

بررسی اثر کودهای آلی و زیستی و ماده افزودنی هیدرومکس بر ماندگاری علف‌کش نیکوسولفورون در خاک با استفاده از روش زیست‌سنجی

ابراهیم ممنوعی[۱]، ابراهیم ایزدی دربندی*[۲]، مهدی راستگو[۲]، محمد علی باغستانی[۳]، محمد حسن زاده خیاط[٤]

۱- دانش آموخته دکتری علوم علف های هرز، دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد، ۲- دانشیار دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد، ۳- استاد موسسه تحقیقات گیاه پزشکی ایران، ٤- استاد دانشکده داروسازی دانشگاه علوم پزشکی مشهد.

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۱۱/۱۰ - تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۳/۸)

چکیده

به‌منظور بررسی اثر کودهای آلی و ماده افزودنی هیدرومکس بر ماندگاری علف‌کش نیکوسولفورون در خاک، آزمایشی با استفاده از روش زیست‌سنجی در سال ۹۵-۱۳۹۴ در دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد انجام شد. آزمایش به‌صورت فاکتوریل و در قالب بلوک کامل تصادفی با سه تکرا بود که تیمارهای آزمایش شامل کاربرد کودهای آلی و زیستی در چهار سطح کود گاوی، ورمی‌کمپوست، مایکوریزا و شاهد بدون کاربرد کود آلی، مقادیر کاربرد علف‌کش نیکوسولفورون (۴۰ و ۸۰ گرم ماده مؤثره در هکتار) و کاربرد و عدم کاربرد ماده افزودنی هیدرومکس بودند. برای تعیین مقدار نیکوسولفورون در خاک، در فواصل زمانی صفر، دو، پنج، هشت، ۱۶، ۳۰، ۶۰ و ۹۰ روز پس از سمپاشی از عمق صفر تا ۱۵ سانتی متری خاک نمونه گیری انجام و پس از انتقال به گلخانه، با استفاده از گیاه محک شاهی با آزمون زیست‌سنجی، مقدار باقیمانده علف‌کش تعیین شد. نتایج نشان دادند که با افزایش مقدار نیکوسولفورون، سرعت تجزیه علف‌کش، کاهش و مقدار پسماند آن در خاک، افزایش یافت. کاربرد هیدرومکس، باعث کاهش سرعت تجزیه علف‌کش و افزایش نیمه عمر آن شد. همچنین کاربرد ماده افزودنی با مقادیر کاهش‌یافته علف‌کش، سبب کاهش باقیمانده علف‌کش شد. بیشترین سرعت تجزیه (۰/۰۷۱ میکروگرم در کیلوگرم خاک در روز) و کمترین نیمه عمر نیکوسولفورون (۹/۷۶ روز)، در تیمار کاربرد کود گاوی و کاربرد نیکوسولفورون به مقدار ۴۰ گرم ماده موثره در هکتار به همراه هیدرومکس مشاهده شد.بر اساس نتایج حاصل از این مطالعه، کاربرد کودهای آلی و زیستی به همراه مقادیر کاهش‌یافته نیکوسولفورون و ماده افرودنی هیدرومکس قادر هستند ماندگاری آن را در خاک کاهش دهند.

کلمات کلیدی: سرعت تجزیه، شاهی، کود گاوی، ماندگاری، نیمه عمر.

Investigationg the effect of organic and biofertilizers and Hydromax adjuvant on nicosulfuron herbicide persistence in soil using bioassay method

Ebrahim Mamnoie[X1], Ebrahim Izadi Darbandi*[1], Mehdi Rastgoo[1], Mohammad Ali Baghestani[2], Mohammad Hasanzadeh Khayyat[3]

1- Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, 2. Iranian Plant Protection Research Institute, 3. Faculty of Pharmacy, Mashhad University of Medical Sciences.

(Received: - January 30, 2020 Accepted: May 28, 2020)

ABSTRACT

To study the effect of organic and biofertilizers and Hydromax adjuvant on nicosulfuron herbicide persistence in soil, a factorial arrangement experiment based on completely randomized block design with three replications was conducted in a corn field at Ferdowsi University of Mashhad, using bioassay method during 2014-2015. Cow manure, vermicompost and mycorrhiza biological fertilizer applications with a control treatment, nicosulfuron dose (80 and 40 g a.i ha^{-1}) and using of Hydromax adjuvant and without adjuvant were experimental treatments. To determine the nicosulfuron residue in the soil after herbicide application, soil sampling was done from 0-15 cm depth of soil at different periods of 0, 2, 5, 8, 16, 30, 60, 90 days after spraying and then transferred to the greenhouse and bioassay experiment was carried out by garden cress (*Lepidium sativum*) as bio-indicator plant. Results showed that by increasing the dose of nicosulfuron, its degradation rate decreased and nicosulfuron half-life increased. When Hydroxide was applied with nicosulfuron, nicosulfuron degradation rate decreased and its half-life increased. Application of nicosulfuron in reduced dose plus Hydroxide, nicosulfuron persistence decreased. When organic and biofertilizers applied to the soil nicosulfuron nicosulfuron Haff-life decreased.The highest nicosulfuron degradation rate (0.07 µg/kg/day) and the lowest nicosulfuron half-life (9.76 days) achieved when nicosulfuron applied in reduced dose (40 g a.i ha^{-1}) plus Hydroxide and cow manure application conditions. Overall results showed that organic and biofertilizers application with reduced dose of (40 g a.i ha^{-1}) plus Hydroxide can reduce persistence of nicosulfuron in the soil.

Keywords: Cow manure, degradation rete, garden cress, half-life, persistence.

* Corresponding author E-mail: e-izadi@um.ac.ir

۱- عضو هیات علمی بخش تحقیقات گیاهپزشکی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی فارس، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، شیراز

(Plant Protection Research Department, Fars Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Shiraz.)

مقدمه

کاربرد گسترده علف‌کش‌ها در کشاورزی رایج، علاوه بر ایجاد آلودگی‌های زیست محیطی، پسماندهایی در خاک باقی می‌گذارد که قادر است به محصولات حساس در تناوب های زراعی خسارت وارد کند. در این ارتباط گزارش شده است که کاربرد کلومازون و ایمازاتاپیر در سویا (*Glycine max* L.)، به گندم (*Triticum aestivum* L.) و ذرت (*Zea mays* L.) در تناوبی زراعی خسارت وارد می‌کند (Barzoei *et al.*, 2016). بر اساس گزارش های موجود، پسماند علف‌کش‌های گروه سولفونیل اوره، اثرات زیادی بر محصولات حساس تناوبی دارند (Izadi *et al.*, 2013)؛ از اینرو تعیین بقایای علف‌کش‌ها در مزرعه جهت مدیریت پسماند و کاهش ماندگاری آن‌ها، اهمیت فراوانی دارد.

تعیین بقایای علف‌کش‌ها در خاک از طریق آنالیز دستگاهی، بسیار زمان‌بر و پر هزینه است و مستلزم وجود تجهیزات دقیق آزمایشگاهی و حلال‌های گرانقیمت می‌باشد. در مقابل، زیست‌سنجی روشی ساده ، سریع و کم هزینه برای ردیابی مقادیر اندک باقیمانده علف‌کش‌ها در خاک است که با استفاده از گیاهان حساس(محک) انجام می‌شود (Ritz & Streibig, 2005). با این روش می‌توان به مقدار باقیمانده علف‌کش‌ها در خاک پی برد و از آسیب‌دیدگی گیاهان زراعی در تناوب زراعی جلوگیری نمود (Barzoei *et al.*, 2016). زیست‌سنجی، کارایی مطلوبی در تعیین بقایای علف‌کش، حتی در مقادیر مصرف کم دارد، به طوری‌که با این روش می‌توان مقادیر ۰/۱ تا یک میکروگرم ماده مؤثره در کیلوگرم خاک را ردیابی کرد (Yaghoubi *et al.*, 2008). با این حال، شناخت و انتخاب گیاه حساس، به عنوان شاخص برای تشخیص باقیمانده علف‌کش، اهمیت زیادی دارد (Barzoei *et al.*, 2016). در این ارتباط گزارش شده است که چغندرقند (*Beta vulgar* L.)، عدس (*Lens culinaris* L.) و کلزا (*Brassica napus* L.) به عنوان گیاهان بسیار حساس (Izadi *et al.*, 2013) و یونجه (*Medicago sativa* L.)، ذرت، آفتابگردان (*Helianthus annuus* L.)، کتان (*Linum usitatissimum* L.)، کاهو (*Lactuca sativa* L.)، خردل سفید (*Sinapis alba* L.) و شاهی (*Lepidium sativum* L.) به عنوان گیاهان حساس در آزمون زیست‌سنجی مطرح می‌باشند (Fakhrerad *et al.*, 2013). همچنین، شاهی به عنوان گیاه حساس برای ردیابی کلروسولفورون (Yaghoubi *et al.*, 2008)، عدس برای نیکوسولفورون+ ریم‌سولفورون (التیمار) (Shahbazi *et al.*, 2015) و بولاغ اوتی (*Nasturtium officinale* L.)، شاهی و خردل (*Brassica alba* L.) برای نیکوسولفورون (Vicari *et al.*, 1998) معرفی شده‌اند.

کاربرد کودهای آلی و مقادیر کاهش‌یافته علف‌کش، از مهم‌ترین رویکردها جهت کاهش پسماند علف‌کش‌ها در خاک است. کودهای آلی و زیستی با بهبود شرایط خاک از نظر حرارت، رطوبت، اسیدیته و تغذیه خاک قادرند تجزیه زیستی (Rathod & Patel, 2010) و شیمیایی علف‌کش‌ها (Maheswari & Ramesh, 2007) را افزایش و ماندگاری آن‌ها را کاهش دهند (Rahman *et al.*, 2011). از سوی دیگر، کاربرد مواد افزودنی با مقادیر کاهش‌یافته علف‌کش جهت حفظ کارایی آن ضروری است (Hammami *et al.*, 2014). مواد افزودنی با تأثیر بر جذب علف‌کش و کاهش آبشویی در خاک (Aliverdi & Zand, 2014)، بر ماندگاری علف‌کش مؤثرند (Kucharski, 2007; Kucharski, 2004). در این ارتباط گزارش شده است

که کاربرد ماده افزودنی المیکس[۱] (روغن معدنی)، ترند (مویان) و بک‌رو[۲] (مویان غیر یونی) با علف‌کش کلریدازُن[۳]، سرعت تجریه آن را کاهش و ماندگاری افزایش داد (Kucharski *et al.*, 2012).

نیکوسولفورون از علف‌کش‌های گروه سولفونیل اوره، دارای فعالیت خاکی و پسماندهای فعال است. این علف‌کش قادر است به محصولات حساس تناوب، خسارت وارد کند (Izadi *et al.*, 2013). با توجه به این‌که مطالعات زیادی روی این علف‌کش در کشور انجام نشده است، این آزمایش با هدف ارزیابی گیاه شاهی به عنوان گیاه محک برای تشخیص پسماند نیکوسولفورون، تحت أثیر کاربرد کودهای آلی و زیستی و ماده افزودنی هیدرومکس انجام شد.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد، به‌صورت فاکتوریل و در قالب بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار، در سال زراعی ۹۵-۱۳۹٤ انجام شد. غوامل مورد بررسی در آزمایش شامل کاربرد کودهای آلی و زیستی (٤۰ تن کود گاوی در هکتار، ۱۰ تن کود ورمی‌کمپوست در هکتار، ۲/۵ تن کود بیولوژیک مایکوریزا در هکتار ، به همراه شاهد بدون کاربرد کود آلی)، مقادیر کاربرد علف‌کش نیکوسولفورون (٤SC٪) با نام تجارتی کروز (۸۰ و ٤۰ گرم ماده مؤثره در هکتار) و کاربرد یا عدم کاربرد ماده افزودنی هیدرومکس (عصاره یوکا ۹۰ درصد، اسید هیومیک دو درصد، مویان پنج درصد) به مقدار نیم درصد حجمی بودند.

برای اجرای آزمایش مزرعه‌ای، زمینی که به مدت چهار سال، هیچ‌گونه سابقه کاشت، کاربرد کود شیمیایی، آلی و علف‌کش نداشت، انتخاب شد. بافت خاک محل آزمایش، سیلتی لوم، وزن مخصوص ظاهری خاک، ۱/۵۷ گرم در سانتیمتر مکعب، اسیدیته آن، ۷/۸۵ و هدایت الکتریکی خاک، ٤/۵ *دسی‌زیمنس بر متر* بود.کربن آلی خاک، ۰/٦۸ درصد و مقادیر نیتروژن، پتاسیم و فسفر قابل جذب آن، به‌ترتیب ۰/۰۷۲، ۱۸۵ و۱۰۰ میلی‌گرم در کیلوگرم بود. برخی از مشخصات کودهای آلی و زیستی مورد استفاده، در جدول یک نشان داده شده است.

آماده‌سازی بستر کاشت، شامل شخم و دیسک عمود بر هم بود. بعد از آماده شدن بستر کاشت، تیمارهای کودهای آلی و زیستی، به‌صورت یکنواخت در کرت‌ها پخش شدند و با لایه سطحی خاک مخلوط شدند. کشت ذرت (رقم ۷۰٤) در تاریخ (۹٤/۳/۱۰) در کرت‌هایی به ابعاد سه در هشت متر با دست انجام شد. کرت‌ها دارای شش خط کاشت به فواصل ۷۰ ×۲۰ سانتی‌متر بود و تراکم کاشت، ۷۱۰۰۰ بوته در هکتار در نظر گرفته شد. فاصله بین کرت‌ها، یک خط نکاشت و بین بلوک‌های دو متر بود وآبیاری به‌صورت نشتی انجام شد. کودهای مصرفی شامل ٤۰۰ کیلوگرم در هکتار اوره که طی سه مرحله (قبل از کاشت، مرحله پنج تا هفت برگی، تشکیل گل آذین نر) به خاک داده شد و ۱۵۰ کیلوگرم سولفات پتاسیم در هکتار بود که در زمان آماده‌سازی بستر کاشت مصرف شد. سمپاشی در مرحله سه تا چهار برگی علف‌های‌هرز، با استفاده از سمپاش پشتی لانس‌دار فشار ثابت، با نازل شره‌ای با فشار ثابت ۲۰۰ کیلو پاسکال انجام شد. نمونه‌برداری خاک از عمق صفر تا ۱۵ سانتی متری خاک و در فواصل زمانی صفر (دو ساعت بعد از سمپاشی)، دو، پنج، هشت، ۱٦، ۳۰، ٦۰ و ۹۰ روز پس از سمپاشی، با استفاده از آگری به قطر هفت سانتیمتر انجام شد. نمونه‌برداری از ۱۰ نقطه تصادفی انجام شد و پس از اختلاط، نمونه‌ها در دمای

[۱] Olemix 84 EC (mineral oil SAE 10/95)
[۲] BackRow
[۳] chloridazon

اتاق خشک شدند و پس با عبور از الک، به گلدان‌هایی به قطر ۱۵ سانتی‌متر انتقال داده شدند. سپس بذرهای شاهی به عنوان گیاه محک در عمق مناسب در هر گلدان کشت شدند و در شرایط گلخانه در دمای ۲ ± ۲۸ درجه سانتی گراد نگهداری شد.

جدول ۱- برخی ویژگی‌های کودهای آلی و زیستی آزمایش

Table 1. Some characteristics of organic and biological fertilizers used in the experiment

Fertilizer	mg/kg			OC (%)	EC (ds/m^2)	pH
	N	K	P			
Cow manure	11375	410.4	7480	20	4.52	8.72
Vermicompost	10033	2371	7820	15	5.81	8.44
Mycorrhiza	6125	97	3680	10	2.46	8.12

ماده آلی (OM)، کربن آلی (OC)، Organic Mater (OM) ,Organic carbon (OC)

همزمان با آزمایش فوق و به منظور بررسی پاسخ گیاه شاهی به بقایای شبیه‌سازی شده نیکوسولفورون و تعیین بقایای آن در خاک، آزمایشی گلدانی با مقادیر مشخص نیکوسولفورون اجرا شد. این آزمایش به‌صورت طرح بلوک‌های کامل تصادفی با چهار تکرار اجرا شد. تیمارهای آزمایش شامل مقادیر مختلف نیکوسولفورون در خاک شامل صفر (صفر)، یک، پنج، ۱۰، ۲۰، ٤۰، ٦۰، ۸۰ و ۱۰۰ درصد مقدار توصیه، معادل صفر(صفر)، ۰/۸، ٤، ۸، ۱٦، ۳۲، ٤۸، ٦٤، ۸۰ گرم ماده موثره در هکتار یا معادل صفر (صفر)، ۰/۰۰۰٥٤، ۰/۰۰۲۷، ۰/۰۰٥٤، ۰/۰۱۰۷، ۰/۰۲۱٤، ۰/۰۳۲، ۰/۰٤۲۷ و ۰/۰٥۳٤ میلی‌گرم ماده مؤثره در کیلوگرم‌خاک بود. خاک آزمایش از همان مکان آزمایشی که در آن علف‌کش استفاده نشده بود، تهیه شد و پس از آلوده سازی خاک و انتقال به گلدان، گیاه شاخص شاهی (۱۰ بذر در هر گلدان) در عمق مناسب کشت شد. آبیاری به‌صورت یکنواخت و در حدی که خروجی آب از زیر گلدان مشاهده نشود انجام شد. یک هفته پس از سبز شدن، گیاهان به پنج بوته در هر گلدان تنک شدند و ٤۰ روز پس از کشت، اندام های هوایی و ریشه شاهی برداشت شدند و پس از خشک شدن در دمای ۷۵ سانتی‌گراد به مدت ٤۸ ساعت، با استفاده از ترازوی دیجیتالی و با دقت یک هزارم گرم، وزن شدند.ه واریانس داده‌های با استفاده از نرم افزار SAS و مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون حداقل تفاوت معنی دار (LSD) در سطح پنج درصد انجام شد. در آزمایش شبیه سازی شده علظت های نیکوسولفورون تجزیه رگرسیون داده‌های حاصل از وزن خشک ریشه و اندام های هوایی، با استفاده از نرم‌افزار R و از برازش معادلات لجستیکی چهار (معادله ۱) و سه پارامتری (معادله ۲) انجام شد و مقدار لازم برای کاهش ۵۰ درصد وزن خشک محاسبه شد (Nielsen *et al.*, 2014).

$$Y = C + \frac{D-C}{1+ exp\{b\,(log(X)- log(ED_{50}))\}} \quad \text{معادله (۱)}$$

$$Y = \frac{D}{1+ exp\{b\,(log(X)- log(ED_{50}))\}} \quad \text{معادله (۲)}$$

در این معادلات، Y: زیست توده اندام های هوایی یا ریشه شاهی، D و C: به‌ترتیب حد مجانب بالا و پایین ریست توده در علظت های صفر و بینهایت علف‌کش در خاک، ED_{50}: علظت علف‌کش لازم در خاک (X) برای کاهش ۵۰ درصد زیست توده شاهی بین حدود بالا و پایین D و C و b: شیب منحنی در محدوده ED_{50} است. با استفاده از این معادلات، مقادیر ED_{10} و ED_{90} نیکوسولفورون محاسبه شد. پس از برزش داده های زیست توده به معادلات مذکور و حصول پارامترهای D، C، b و ED_{50}، برای تعیین بقایای نیکوسولفورون در نمونه خاک های مزرعه در فواصل زمانی مذکور، از طریق جایگزین کردن وزن خشک ریشه و اندام های هوایی شاهی حاصل شده در آنها (Y) استفاده شد. برای

تعیین سرعت تجزیه نیکوسولفورون در خاک پس از تعیین غلظت نیکوسولفورون در خاک، از طریق برازش آنها به معادله سینتیک درجه اول (معادله ۳) استفاده شد و برای تعیین مدت زمان لازم برای کاهش ۵۰ و ۹۰ درصد نیکوسولفورون (DT_{50}، DT_{90})، از معادلات چهار و پنج استفاده شدند.

معادله (۳) $$C_t = C_0 \exp^{(-kt)}$$

معادله (٤) $$DT50 = \frac{\ln 2}{k}$$

معادله (٥) $$DT90 = \frac{\ln 10}{k}$$

در معادله ۳، C_t: غلظت نیکوسولفورون در زمان t، C_o: غلظت اولیه نیکوسولفورون (میکروگرم در کیلوگرم خاک)، k: سرعت تجزیه علف‌کش (میکروگرم در کیلو گرم خاک در روز) و t: زمان (روز) می‌باشد. در معادلات ٤ و ٥، DT_{50} و DT_{90}: زمان لازم برای تجزیه ۵۰ و ۹۰ درصد از باقیمانده نیکوسولفورون و k: ضریب تجزیه علف‌کش است. جهت مقایسه شیب خطوط و سایر پارامترهای آماری، از معادله ٦ استفاده شد. در این معادله، آماره شامل پارامترهای اندازه‌گیری شده یعنی ضریب تجزیه علف‌کش (k)، شیب خط (b) یا ED_{50} یا ED_{90} بود و اشتباه معیار آماره نیز همان خطای استاندارد پارامترها بود که بعد از اضافه و کم کردن خطای استاندارد به پارامتر مورد نظر، دامنه پارامتری تعیین شد. سپس از طریق مقایسه دامنه پارامترهای آماری از طریق همپوشانی یا عدم همپوشانی آن‌ها، گروه‌بندی انجام شد. لازم به ذکر است که با توجه این که مقدار t محاسبه شده جدول در کلیه مقایسه‌ها ثابت بود، از معادله حذف شد (Soltani, 2014). رسم منحنی‌ها با استفاده از نرم افزار R انجام شد.

معادله (٦)

(اشتباه معیار آماره) ($t_{0.05, dfe}$) ± آماره = حدود اطمینان

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس وزن خشک ریشه و اندام های هوایی شاهی در آزمون شبیه‌سازی شده باقیمانده نیکوسولفورون در خاک نشان داد که باقیمانده علف‌کش در خاک، تأثیر معنی‌داری ($P \leq ۰/۰۱$) بر این صفات داشت، به‌طوری‌که با افزایش غلظت نیکوسولفورون در خاک، زیست توده اندام‌های هوایی و ریشه شاهی به‌طور معنی‌دار کاهش یافت. بر این اساس، زیست توده ریشه و اندام‌های هوایی شاهی در غلظت ۵۳ میکروگرم نیکوسولفورون در کیلوگرم خاک در حضور کودهای گاوی، ورمی‌کمپوست، مایکوریزا و شاهد (بدون کود)، سبب کاهش ۹۹ درصد وزن آن شد (جدول ۲، ۳).

استفاده از گیاهان حساس برای تشخیص پسماند علف‌کش‌ها در خاک در گزارش‌های مختلف به اثبات رسیده است، به‌طوری‌که کلزا و چغندرقند، حساس‌ترین گیاهان به بقایای علف‌کش‌های سولفونیل‌اوره در خاک به شمار می روند (Sektowski & Sadowski, 2006). همچنین چغندرقند، تربچه (*Raphanus sativus* L.)، شاهی، نخود و عدس برای تشخیص پسماند علف‌کش مت‌سولفورون‌متیل (Halloway *et al.*, 2006)، نخود و عدس برای کلروسولفورون (Halloway *et al.*, 2006)، نخود، عدس، خردل (*Sinapis alba* L.) و سورگوم برای تریاسولفورون (Halloway *et al.*, 2006)، شاهی، گوجه فرنگی (*Solanum lycopersicum L.*)، جو (*Hordeum sativum* L.)، کلزا و سویا (*Glycine L. max*) برای سولفوسولفورون (Hadizadeh, 2008)، عدس، کلزا و چغندرقند برای نیکوسولفورون+ ریم‌سولفورون (Shahbazi *et al.*, 2015)، خردل، شاهی و یولاف (*Avena fatua L.*) برای نیکوسولفورون (James & Trolove, 2009)، چغندرقند (*Beta vulgaris* L.)، عدس و کلزا برای تری‌بنورون (گرانستار) (Izadi *et al.*, 2013) و سورگوم برای تری‌فلورالین (Barzoei *et al.*, 2016)، کلزا برای

متری‌بیوزین (Fakhrerad *et al.*, 2013) و کلزا و و کاهو (*Lactuca sativa L.*) برای پرومترین (El-Ibrahim & Mahdizadeh, 2016) معرفی شده‌اند.

جدول ۲- اثر سطوح بقایای علف‌کش نیکوسولفورون در خاک بر وزن خشک اندام‌های هوایی شاهی

Table 2. The effect of nicosulfuron residual levels in the soil on dry weight of garden cress shoot

Nicosulfuron (µg/kg soil)	Control (g)	Mycorrhiza (g)	Vermicompost (g)	Cow manure (g)
0	0.87 [a] (0)	0.87 [a] (0)	0.88 [a] (0)	0.87 [a] (0)
0.5	0.82 [b] (6)	0.82 [b] (6)	0.82 [b] (7)	0.81 [b](7)
2.7	0.62 [c] (28)	0.66 [c] (25)	0.64 [c] (27)	0.68 [c] (22)
5.4	0.41 [d] (54)	0.43 [d] (51)	0.41 [d] (53)	0.56 [d] (36)
10	0.31 [e] (65)	0.32 [e] (63)	0.34 [e] (61)	0.43 [e] (51)
24	0.16 [f] (82)	0.16 [f] (81)	0.16 [f] (82)	0.24 [f] (72)
32	0.10 [g](89)	0.11 [g] (88)	0.10 [g] (89)	0.16 [g] (82)
42	0.05 [h] (94)	0.05 [h] (95)	0.05 [h] (95)	0.09 [h] (90)
53	0.009 [i] (99)	0.01 [h] (99)	0.01 [h](99)	0.01 [i] (99)

حروف مشابه در هر ستون، بیانگر عدم اختلاف معنی‌دار در سطح پنج درصد، با آزمون حداقل تفاوت معنی‌دار (LSD) می‌باشد. اعداد داخل پرانتز، درصد کاهش وزن نسبت به وزن اولیه را نشان می‌دهند.

Means with the same letters in the same column are not significantly different (LSD 5%). Numbers in parentheses indicate the weight loss percentage compared to initial weight.

جدول ۳- تأثیر بقایای علف‌کش نیکوسولفورون در خاک بر وزن خشک ریشه شاهی

Table 3. The effect of nicosulfuron residual levels in the soil on dry weight of garden cress root

Nicosulfuron (µg/kg soil)	Control (g)	Mycorrhiza (g)	Vermicompost (g)	Cow manure (g)
0	0.32 [a] (0)	0.33 [a] (0)	0.34 [a] (0)	0.36 [a] (0)
0.5	0.20 [h] (36)	0.27 [b] (20)	0.29 [b] (16)	0.31 [a] (24)
2.7	014 [c] (56)	0.19 [c] (60)	0.21 [c] (39)	0.23 [b] (36)
5.4	010 [cd] (48)	0.14 [d] (60)	0.15 [c] (57)	0.16 [d] (56)
10	0.08 [de] (33)	0.10 [d] (71)	0.10 [d] (70)	0.12 [d] (67)
24	0.05 [ef] (84)	0.05 [de] (85)	0.05 [c](85)	0.05 [e] (85)
32	0.02 [f] (93)	0.02 [e] (93)	0.02 [e] (93)	0.02 [e] (93)
42	0.009 [f] (97)	0.01 [e] (97)	0.01 [e] (97)	0.01 [ef] (97)
53	0.003 [f] (99)	0.004 [e] (99)	0.005 [e] (99)	0.005 [f] (99)

حروف مشابه در هر ستون، بیانگر عدم اختلاف معنی‌دار در سطح پنج درصد، با آزمون حداقل تفاوت معنی‌دار (LSD) می‌باشد. اعداد داخل پرانتز، درصد کاهش وزن نسبت به وزن اولیه را نشان می‌دهند.

Means with the same letters in the same column are not significantly different (LSD 5%). Numbers in parentheses indicate the weight loss percentage compared to initial weight.

پاسخ زیست توده اندام‌های هوایی و ریشه شاهی به بقایای نیکوسولفورون شبیه‌سازی شده در خاک، از معادله سه پارمتری لجستیک تبعیّت کرد (جدول ٤). پارامترهای حاصل از برازش داده‌های زیست‌توده اندام‌های هوایی در سطوح کاربرد کودهای آلی و زیستی حاکی از آن است که کاربرد کودهای گاوی، ورمی‌کمپوست و مایکوریزا، تأثیر معنی‌داری بر پارامترهای ED_{50} و ED_{90} داشت، به‌طوری‌که با کاربرد کودهای مذکور، مقادیر این دو پارامتر نسبت به شاهد (بدون کاربرد کودهای آلی) افزایش یافت (جدول ٤).

مقدار نیکوسولفورون مورد نیاز در خاک برای کاهش ۹۰ درصد (ED_{90}) وزن خشک اندام هوایی در تیمارهای کاربرد کود گاوی و شاهد، به‌ترتیب ۲۹/٦۹ و ۱۵/۸۵ میکروگرم در کیلوگرم خاک بود و برای کاهش ۹۰ درصد وزن خشک ریشه، به‌ترتیب ۲۸/۷۸ و ۱۱/۳۳ میکروگرم در کیلوگرم خاک بود. همچنین با مقایسه پارامترهای ED_{50} و ED_{90} در شرایط بدون کاربرد کودهای آلی و زیستی مشخص شد که برای کاهش زیست‌توده ریشه در مقایسه با زیست توده اندام‌های هوایی، به علف‌کش کمتری نیاز بود. بنابراین

به نظر می‌رسد که حساسیت ریشه شاهی نسبت به اندام هوای آن، به این علف‌کش بیشتر است (جدول ٤). در همین راستا گزارش شده که حساسیت ریشه گیاهان کلزا و چغندر قند نسبت به بخش هوایی آن‌ها به بقایای علف‌کش فوماسولفورون بیشتر است (Peyvastegan & Farahbakhsh, 2011). همچنین در گزارش‌های دیگری، مبنی حساسیت بیشتر ریشه نسبت به اندام‌های هوایی توسط گیاهان محک در کلروسولفورون (Yaghoubi *et al.*, 2008) و سولفوسولفورون (Hadizadeh, 2008)، نیکوسولفورون+ ریم‌سولفورون (Shahbazi *et al.*, 2015) و فلوکاربازون (Anna *et al.*, 2008) تایید شده است.

جدول ٤- پارامترهای برآورد شده حاصل از برازش وزن خشک ریشه و اندام هوایی شاهی به معادله لجستیکی سه پارامتری در آزمایش بقایای شبیه سازی شده نیکوسولفورون در خاک

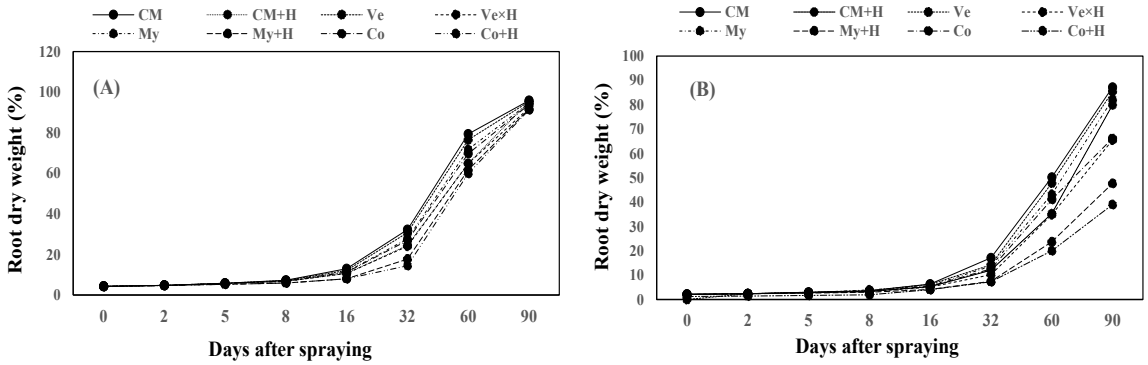
Table 4. Parameters estimated of 3 parameters logistic model fitting to root and shoot dry weight of garden cress and nicosulfuron residual in the soil

Dry mater	organic Fertilizer	Slope (b)	upper limit (d)	($g\ a.i.\ ha^{-1}$)	($g\ a.i.\ ha^{-1}$)	($g\ a.i.\ ha^{-1}$)	R2
Shoot	CM	0.96 (0.05)	0.90 (0.04)	0.30 (0.06) ^{a}	2.96 (0.32) ^{a}	29.69 (2.63) ^{a}	0.99
	Ver	0.97 (0.045)	0.92 (0.04)	0.29 (0.05) ^{a}	2.76 (0.29)^{ab}	26.36 (2.28)^{a}	0.99
	Myc	1.02 (0.049)	0.90 (0.03)	0.29 (0.06) ^{a}	2.55 (0.27)^{ab}	22.18 (1.85)^{b}	0.99
	Con	1.07 (0.049)	0.90 (0.04)	0.27 (0.05) ^{a}	2.05 (0.21) ^{b}	15.85 (1.25)^{c}	0.99
Root	CM	0.95 (0.01)	0.38 (0.04)	0.27 (0.15) ^{a}	2.81 (0.91)^{a}	28.87 (6.16)^{a}	0.99
	Ver	0.93 (0.10)	0.37 (0.04)	0.22 (0.12) ^{a}	2.32 (0.77)^{a}	24.33 (5.28)^{a}	0.99
	Myc	1.01 (0.11)	0.38 (0.05)	0.28 (0.14) ^{a}	2.44 (0.75) ^{a}	21.31 (4.24)^{a}	0.99
	Con	1.03 (0.11)	0.38 (0.05)	0.23 (0.09) ^{a}	1.62 (0.42) ^{a}	11.33 (2.04)^{b}	0.99

اعداد داخل پرانتز نشانگر خطای استاندارد است.

Numbers in the parenthesis indicate standard errors. Cow (Cow manure), Ver (Vermicompost), Myc (Mycorrhiza), Con (Control).

نتایج حاصل از تجزیه واریانس زیست‌توده اندام‌های هوایی و ریشه شاهی در پاسخ به بقایای نیکوسولفورون در خاک مزرعه نیز نشان داد که کاربرد کودهای آلی و زیستی و مقادیر کاربرد علف‌کش و هیدرومکس در زمان‌های مختلف نمونه برداری، اثر معنی‌داری (۰/۰۱ ≥ P) بر این صفات داشت. همچنین اثرات متقابل کاربرد کودهای آلی، مقدار کاربرد نیکوسولفورون و هیدرومکس در زمان‌های مختلف نمونه برداری نیز تأثیر معنی‌داری (۰/۰۱ ≥ P) بر این صفات مزبور داشت (نتایج نشان داده نشده است). اثر بازدارندگی رشد نیکوسولفورون، به‌ویژه در روزهای نخست سمپاشی بر شاهی، بسیار شدید بود، اما با گذشت زمان، تاثیر آن کاهش یافت، به‌طوری‌که وزن خشک ریشه و اندام هوایی در نمونه‌گیری روزهای پایانی بعد از سمپاشی، به‌طور معنی‌داری افزایش یافت. وزن خشک ریشه در تیمار کاربرد ۸۰ گرم ماده مؤثره در هکتار (در شرایط بدون کود و هیدرومکس یا شاهد) در روزهای صفر، دو، پنج، هشت، ١٦، ٣٢، ٦٠ و ٩٠ روز پس از سمپاشی، به ترتیب دو، ٢/٤، ٢/٨، ٣/٤، ٥/٥، ١٢/٥، ٤١ و ٦٦ درصد بود (شکل ١). تغییرات وزن خشک اندام هوایی نیز از روند مشابه‌ای داشت (داده ها نشان داده نشده است).



شکل ۱- تغییرات وزن زیست‌توده ریشه شاهی (درصد) در پاسخ به بقایای نیکوسولفورون در خاک در تیمارهای کودهای آلی و زیستی، مقدار کاربرد علف‌کش و هیدرومکس. (A): ۸۰ گرم ماده مؤثره نیکوسولفورون ، (B): ٤۰ گرم ماده مؤثره نیکوسولفوورن ، (CM): کود گاوی ، (Ve): ورمی‌کمپوست ، (My): مایکوریزا ، (Co): شاهد و (H): هیدرومکس

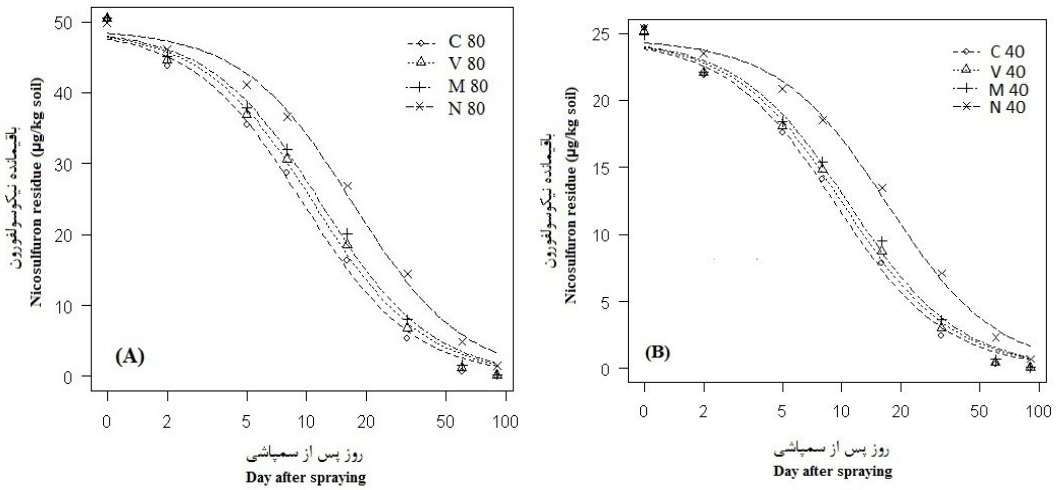
Figure 1. Root dry weight of garden cress changes (percentage) in response to nicosulfuron residue in th soil in organic fertilizer, hydromax and different rates herbicide treatments. (A): Nicosulfuron 80 g a.i ha, (B): Nicosulfuron 40 g a.i ha, (CM): Cow manure, (Ve): Vermicompost, (My): Mycorrhiza, (Co): control without fertilizer, (H): HydroMax.

در شرایط بدون کاربرد کود آلی، کاربرد هیدرومکس با مقادیر توصیه شده نیکوسولفورون (۸۰ گرم ماده مؤثره) قادر بود وزن خشک شاهی را به‌طور معنی‌داری کاهش دهد، به‌طوری‌که وزن خشک ریشه در نمونه‌گیری ۹۰ روز پس از سمپاشی و در تیمار ۸۰ گرم نیکوسولفورون، با و بدون هیدرومکس (در شرایط بدون کابرد کود آلی)، به‌ترتیب با ۳۹ و ٦٦ درصد شاهد بود که تفاوت معنی داری داشتند (شکل ۱). تغییرات وزن خشک اندام هوایی نیز روند مشابه‌ای داشت (داده ها نشان داده نشده است).

کاربرد کودهای آلی و زیستی با نیکوسولفورون (۸۰ گرم ماده مؤثره در هکتار) به تنهایی (بدون کاربرد هیدرومکس) نیز تأثیر معنی‌داری بر زیست توده اندام‌های هوایی و ریشه شاهی در طول زمان‌های مختلف داشت (شکل ۱)، به‌طوری‌که وزن خشک ریشه در تیمارهای کاربرد کودهای گاوی، ورمی‌کمپوست و مایکوریزا با نیکوسولفورون به تنهایی (۸۰ گرم ماده مؤثره در هکتار) در نمونه گیری ۹۰ روز پس از سمپاشی، به‌ترتیب ۸۷، ۸۵ و ۸۲ درصد وزن شاهد (بدون کاربرد علف‌کش) بود که نسبت به تیمار ۸۰ گرم نیکوسولفورون در هکتار، بدون کود آلی و هیدرومکس (٦٦ درصد)، به‌ترتیب ۲۱، ۱۹ و ۱٦ درصد افزایش نشان دادند (شکل ۱)، درحالی‌که وزن خشک ریشه در تیمارهای کودی به‌علاوه نیکوسولفورون (۸۰ گرم ماده مؤثره در هکتار) و هیدرومکس، در نمونه گیری ۹۰ روز پس از سمپاشی، به‌ترتیب ۷۹، ٦۵ و ٤۷ درصد بود که نسبت به تیمار (۸۰ گرم نیکوسولفورون در هکتار به‌علاوه هیدرومکس، بدون کود آلی) با ۳۹ درصد، به‌ترتیب ٤۸، ۳۱ و هشت افزایش نشان دادند (شکل ۱). تغییرات وزن خشک اندام های هوایی نیز از روند مشابه‌ای برخوردار بود (داده‌ها نشان داده نشده‌اند).

در مجموع نتایج نشان داد که با افزایش غلظت نیکوسولفورن در خاک، زیست توده شاهی کاهش یافت. همچنین کاربرد هیدرومکس با نیکوسولفورون نیز سبب کاهش زیست توده شاهی شد که بیانگر افزایش پسماند نیکوسولفورون در خاک است. از سوی دیگر مشخص شد که کاربرد کودهای آلی و زیستی با مقادیر مختلف نیکوسولفورون، با و بدون هیدرومکس، قادر است زیست توده شاهی را افزایش دهد که احتمالا ناشی از کاهش پسماند نیکوسولفورون در حضور کودهای آلی بود.

بر اساس نتایج حاصل از پاسخ گیاه شاهی به بقایای نیکوسولفورون در نمونه های خاک مزرعه، با افزایش دز مصرفی نیکوسولفورون، مقدار باقیمانده آن در خاک افزایش یافت، اما روند تغییرات آن در طول زمان از معادله سینتیکی درجه اول، در طول زمان کاهش یافت (شکل ۲ و جدول ۵). این نتایج با گزارش‌های متعددی مطابقت دارد (Barzoei *et al.,* 2016؛ Rathod & Patel, 2010؛ Barzoei *et al.,* 2019)



شکل ۲- تغییرات بقایای محاسبه شده نیکوسولفورون با استفاده از وزن خشک ریشه شاهی در سطوح علف‌کش و ماده آلی. ۸۰ (A) و (B) ۴۰ گرم ماده مؤثره نیکوسولفورون در هکتار ، (C) کود گاوی، (V) ورمی‌کمپوست، (M) مایکوریزا و (N) شاهد

Figure 2. The trend of nicosulfuron residue in soil using dry weight of garden-cress root in different levels of organic fertilizer and herbicide. 40 (A) and 80 (B) g nicosulfuron ai/ha, (C) Cow manure, (V) Vermicompost,(M) Mycorrhiza) and (N) (control without fertilizer).

جدول ۵- پارامترهای معادله سینتیکی درجه اول حاصل از برازش بقایای محاسبه شده نیکوسولفورون با استفاده از وزن خشک ریشه شاهی در تیمارهای بدون کود آلی و ماده هیدرومکس

Table 5. First-order kinetic equation parameters estimated from calculated nicosulfuron residue in soil using garden cress root dry weight in without organic fertilizer and Hydromax treatments

nicosulfuron (g ai/ha)	K (µg/kg soil)	C_0 (µg/kg soil)	DT_{50} (day)	DT_{90} (day)	R^2
40	0.04 (.0009) [a]	25 (0.46)	17.33	57.56	0.99
80	0.039 (0.0009) [a]	50 (0.90)	17.77	59.05	0.99

DT_{50} و DT_{90}: به‌ترتیب مدت زمان لازم برای تجزیه ۵۰ و ۹۰ درصد علف‌کش، k» ضریب تجزیه ، C_0: غلظت اولیه علف‌کش. اعداد داخل پرانتز، نشانگر خطای استاندارد است. حروف مشابه در هر ستون، بیانگر عدم اختلاف معنی‌دار در سطح پنج درصد است.

DT_{50} and DT_{90}:time required to degrade 50% and 90% of herbicide residue. K: coefficien of degradation and C_0: initial concentration of herbicide. The numbers in parentheses indicate the standard errors. Similar letters in each column indicate non significant different (5%).

دز علف‌کش، تأثیر معنی‌دار بر سرعت تجزیه نیکوسولفورون نداشت (جدول ۵)، به‌طوری‌که سرعت تجزیه نیکوسولفورون محاسبه شده از طریق پاسخ وزن خشک ریشه شاهی به بقایای نیکوسولفورون در خاک در تیمارهای کاربرد ۴۰ و ۸۰ گرم ماده مؤثره در هکتار در شرایط بدون کاربرد کودهای آلی و ماده افزودنی هیدرومکس (شاهد)، به‌ترتیب ۰/۰۴ و ۰/۰۳۹ میکروگرم در کیلوگرم در روز، نیمه عمر آن‌ها (DT_{50})، به‌ترتیب ۱۷/۳۳ و ۱۷/۷۷ روز و زمان لازم برای کاهش ۹۰ درصد باقیمانده نیکوسولفورون در خاک (DT_{90}) نیز به‌ترتیب ۵۷/۵۶ و ۵۹/۰۵ روز بود (جدول ۵). همچنین، سرعت تجزیه نیکوسولفورون، DT_{50} و DT_{90} محاسبه شده با وزن خشک اندام هوای نیز روند مشابه‌ی داشتند (داده‌ها نشان داده نشده‌اند). در این ارتباط، نصرتی و همکاران (Nosrati *et al.,* 2007) نشان دادند که مقدار مصرف علف‌کش قادر است

سرعت تجزیه را کاهش و پسماند آن افزایش دهد. در گزارش‌های دیگر نیز اذعان شده است که با افزایش مقدار مصرف مت‌سولفورون و تریاسولفورون (El-Ghamary *et al.*, 2000)، آترازین (Izadi, 2014) و تریفلورالین (Tiryaki & Temut, 2010)، پسماند آن‌ها در خاک افزایش می‌یابد. بررسی‌ها حاکی از آن است که شرایط محیطی نامناسب که سبب کاهش تجزیه شیمیایی (Gupta & Gajbhiye, 2002) و تاثیر اثرات سمی علف‌کش‌ها بر کاهش فعالیت میکروارگانیسم‌ها (Chowdhury *et al.*, 2008) می‌شود، از عوامل موثر بر افزایش ماندگاری علف‌کش در خاک است.

کاربرد ماده افزودنی هیدرومکس نیز تأثیر معنی‌داری بر سرعت تجزیه علف‌کش نیکوسولفورون داشت. با کاربرد این ماده افزودنی، سرعت تجزیه نیکوسولفورون به‌طور معنی‌داری کاهش یافت (جدول ٦)، به‌طوری‌که سرعت برآورد شده تجزیه نیکوسولفورون از زیست سنجی وزن خشک ریشه، در تیمار ۸۰ گرم ماده مؤثره علف‌کش در هکتار، با و بدون هیدرومکس، به‌ترتیب ۰/۰۳۸ و ۰/۰۳۹ میکروگرم در کیلوگرم خاک در روز بود که اختلاف معنی داری با هم داشتند. در مقابل، سرعت تجزیه نیکوسولفورون در تیمار کاهش‌یافته (٤۰ گرم ماده مؤثره) با و بدون ماده افزودنی، به‌ترتیب ۰/۰۳۹ و ۰/۰٤ میکروگرم در کیلوگرم در روز بود که اختلاف معنی‌داری با هم نداشتند (جدول ٦). همچنین نتایج نشان دادند که کاربرد ماده افزودنی هیدرومکس به همراه نیکوسولفورون، سبب افزایش نیمه‌عمر علف‌کش (DT_{50}) و DT_{90} شد. به‌طوری‌که نیمه عمر نیکوسولفورون (DT_{50}) در تیمارهای کاهش‌یافته علف‌کش (٤۰ گرم ماده مؤثره)، با و بدون هیدرومکس، به‌ترتیب ۱۷/۷۷ و ۱۷/۳۳ روز بود و نیمه عمر آن در تیمار مقدار ۸۰ گرم در هکتار، با و بدون هیدرومکس، به‌ترتیب ۱۸/۲٤ و ۱۷/۷۷ روز بود. همچنین مدت زمان لازم برای کاهش ۹۰ درصد باقیمانده علف‌کش در خاک (DT_{90}) نیز روند مشابهی داشت (جدول ٦)؛ پارامترهای سرعت تجزیه نیکوسولفورون، DT50 و DT_{90} حاصل از زیست‌سنجی زیست توده اندام هوایی شاهی نیز روند مشابهی داشتند (داده‌ها نشان داده نشده‌اند).

جدول ٦- پارامترهای معادله سیتیکی درجه اول حاصل از برازش بقایای محاسبه شده نیکوسولفورون، با استفاده از وزن خشک ریشه شاهی در تیمارهای کاربرد مقدار علف‌کش و هیدرومکس در شرایط بدون کودهای آلی

Table 6. First-order kinetic equation parameters estimated from nicosulfuron residue using dry weight of garden cress root in different nicosulfuron rate and Hydromax without organic fertilizer treatments

nicosulfuron (g ai/ha)	HydroMax	K (µg/kg soil)	C0 (µg/kg soil)	DT50 (day)	DT90 (day)	R2
40	WH	0.04 (.0009) [a]	25 (0.46)	17.33	57.56	0.99
	H	039 (0.0009) [a]	25 (0.45)	17.77	59.04	0.99
80	WH	0.039 (0.0009) [a]	50 (0.90)	17.77	59.05	0.99
	H	0.038 (.0009) [b]	49 (0.90)	18.24	60.59	0.99

DT_{50} و DT_{90}: به‌ترتیب مدت زمان لازم برای تجزیه ۵۰ و ۹۰ درصد علف‌کش، k: ضریب تجزیه، C_0: غلظت اولیه علف‌کش. اعداد داخل پرانتز، نشانگر خطای استاندارد است. حروف مشابه در هر ستون، بیانگر عدم اختلاف معنی‌دار در سطح پنج درصد می‌باشد.

DT_{50} and DT_{90}: time required to degrade 50% and 90% of herbicide residue. K: coefficient of degradation, and C_0: initial concentration of herbicide. Numbers in the parentheses indicate the standard error. Similar letters in each column indicate non significant difference at5% of probability level. .H: HydroMax), WH: without HydroMax.

سمیت علف‌کش‌ها و پیچیدگی ساختار مولکولی آن‌ها، باعث شده است که میکروارگانیسم‌ها، تمایل کمتری برای استفاده از آن‌ها به عنوان منبع تغذیه داشته باشند (Cobb & Reade, 2010)، اما مواد افزودنی با ساختار مولکولی ساده‌تر، بیشتر مورد توجه میکروارگانیسم‌ها به‌عنوان یک منبع تغذیه محسوب قرار می‌گیرند و سریعتر تجزیه می‌شوند (Kucharski and Sadowski, 2006). بنابراین به نظر می‌رسد که در این مطالعه این مهم، دلیل کاهش سرعت تجزیه علف‌کش در حضور ماده افزودنی هیدرومکس است. سایر مطالعات نیز

گزارش کرده اند که ماندگاری علف‌کش‌ها در حضور افزودنی افزایش می‌یابد (Kucharski, 2004؛ Kucharski, 2007)، به‌طوری‌که سرعت تجزیه علف‌کش اتوفومسات با کاربرد ماده افزودنی ترند۹۰ و البراس[۱] (روغن کلزای میتله شده)، کاهش یافت (Kucharski & Sadowski, 2009). همچنین ماندگاری علف‌کش‌های فن‌مدیفام، دس‌مدیفام و اتوفومسات با کاربرد ماده افزودنی روغنی نظیر آدپروس[۲] (اسید چرب تصفیه شده)، آتپلوس[۳] (روغن پارافین) (Kucharski & Sadowski, 2006)، آکتیروب[۴] (اسید چرب متیله شده روغن کلزا) و المیکس[۵] (روغن معدنی) (Kucharski, 2004؛ Kucharski, 2007) افزایش یافت. کاربرد کودهای آلی و زیستی نیز تأثیر معنی‌داری بر سرعت تجزیه و ماندگاری نیکوسولفورون داشت، به‌طوری‌که با کاربرد کودهای آلی، سرعت تجزیه علف‌کش به‌طور معنی‌دار افزایش و ماندگاری آن کاهش یافت (جدول ۷). سرعت تجزیه نیکوسولفورون در تیمارهای کاربرد کود گاوی، ورمی‌کمپوست و مایکوریزا همراه با ۸۰ گرم نیکوسولفورون در هکتار، بدون هیدرومکس، به‌ترتیب ۰/۰۷۷، ۰/۰۶۳ و ۰/۰۵۸ میکروگرم در کیلوگرم خاک در روز بود که نسبت به شاهد بدون کاربرد کود آلی (۰/۰۳۹ میکروگرم در کیلوگرم در روز)، افزایش معنی‌داری نشان دادند. همچنین در تیمارهای کودی، با کاربرد ٤٠ گرم نیکوسولفورون در هکتار، بدون هیدرمکس نیز سرعت تجزیه علف‌کش، به‌ترتیب ۰/۰۷۳، ۰/۰٦٦ و ۰/۰٦ میکروگرم در کیلوگرم خاک در روز بود که نسبت به شاهد (۰/۰٤ میکروگرم در کیلوگرم خاک در روز)، تفاوت معنی داری داشتند (جدول ۷).

تغییر سرعت تجزیه علف‌کش در خاک، بر مقدار باقیمانده علف‌کش و ماندگاری آن در خاک مؤثر است، به‌طوری‌که نیمه عمر نیکوسولفورون (DT_{50}) در تیمارهای کاربرد کودهای گاوی، ورمی‌کمپوست و مایکوریزا با کاربرد ۸۰ گرم نیکوسولفورون در هکتار بدون هیدرومکس، به‌ترتیب ۹/۷٦، ۱۱ و ۱۱/۹۵ روز بود که نسبت به شاهد بدون کاربرد کود (۱۷/۷۷ روز)، به‌ترتیب ۸/۰۱، ٦/۷۷ و ۵/۸۲ روز کاهش نشان دادند. همچنین در تیمارهای کاربرد کودهای آلی گفته شده با کاربرد ٤٠ گرم نیکوسولفورون در هکتار بدون هیدرومکس، به‌ترتیب ۹/۵۰، ۱۰/۵۰ و ۱۱/۵۵ روز بود که نسبت به شاهد بدون کود آلی (۱۷/۳۳ روز)، به‌ترتیب ۷/۳، ٦/۸۳ و ۵/۷۸ روز کاهش یافتند. این نتایج بیانگر آن است که با افزایش کاربرد نیکوسولفورون، ماندگاری آن در خاک افزایش یافت، درحالی‌که با کاربرد کودهای آلی و زیستی، ماندگاری علف‌کش در خاک کاهش یافت. بنابراین آزمون زیست‌سنجی با استفاده از گیاه شاهی توانسته است این تغییرات را به‌طور قابل قبولی نشان دهد. نتایج مطالعات‌های قبل نیز بیانگر آن است که ماندگاری علف‌کش با افزایش مقدار کاربرد علف‌کش بیشتر می‌شود، اما با کاربرد ماده آلی کاهش می‌یابد (Fakhrerad *et al.*, 2013; Barzoei *et al.*, 2016; El-Ibrahim & Mahdizadeh, 2016; Barzoei *et al.*, 2019). همچنین، با کاربرد کودهای آلی حاوی باکتری ریزوبیوم و باکتری‌های تثبیت‌کننده فسفر، سرعت تجزیه علف‌کش‌های دی‌نیتروآنیلین در خاک افزایش و ماندگاری آن‌ها کاهش یافت (Jeenie & Khanna, 2011).

۱ Olbras® 88 EC
۲ Adpros 85 SL (post- refined fatty acid)
۳ Atplus 60 EC
۴ Actirob 842 EC
۵ Olemix 84 EC

جدول ۷- پارامترهای معادله سینتیکی درجه اول حاصل از برازش بقایای محاسبه شده نیکوسولفورون، با استفاده از وزن خشک ریشه شاهی در تیمارهای کودهای آلی، بدون هیدرومکس

Table 7. First-order kinetic equation parameters estimated from nicosulfuron residue using dry weight of garden cress root in organic fertilizer and nicosulfuron rate without Hydromax treatments

organic mater	nicosulfuron (g ai/ha)	K (µg/kg soil)	C0 (µg/kg soil)	DT50 (day)	DT90 (day)	R2
CM	40	0.073(0.002) [a]	25 (0.48)	9.50	31.54	0.99
	80	0.071 (.001) [a]	50 (0.95)	9.76	32.43	0.99
Ver	40	0.066 (.001) [b]	25 (0.47)	10.50	34.89	0.99
	80	0.063 (0.001) [c]	50 (0.94)	11.00	36.55	0.99
Myc	40	0.06 (0.001) [de]	25 (0.46)	11.55	38.38	0.99
	80	0.058 (0.001) [e]	50 (0.93)	11.95	39.70	0.99
Con	40	0.04 (.0009) [f]	25 (0.46)	17.33	57.56	0.99
	80	0.039 (0.0009) [f]	50 (0.90)	17.77	59.05	0.99

DT_{50} و DT_{90}: به‌ترتیب مدت زمان لازم برای تجزیه ۵۰ و ۹۰ درصد علف‌کش، k: ضریب تجزیه ، C_0: غلظت اولیه علف‌کش. اعداد داخل پرانتز، نشانگر خطای استاندارد است. حروف مشابه در هر ستون، بیانگر عدم اختلاف معنی‌دار در سطح پنج درصد می‌باشد

DT_{50} and DT_{90}: time required to degrade 50% and 90% of herbicide residue. K: coefficient of degradation, and C_0: initial concentration of herbicide. Numbers in the parentheses indicate the standard error. Similar letters in each column indicate non significant difference at 5% of probability level. . Cow: Cow manure, Ver: Vermicompost, Myc: Mycorrhiza, Con: Control.

کاربرد کودهای آلی و زیستی در ترکیب با تیمار نیکوسولفورون + هیدرومکس نیز توانست سرعت تجزیه علف‌کش نیکوسولفورون را افزایش دهد (جدول ۸). اگر چه کاربرد هیدرومکس در مقایسه با عدم کاربرد آن سرعت تجزیه را کاهش داد، اما کاربرد کودهای آلی، با بهبود شرایط محیطی توانست تجزیه شیمیایی (Gupta & Gajbhiye, 2002) و زیستی (Chowdhury *et al.*, 2008) را افزایش دهد و سرعت تجزیه علف‌کش را تسریع کند، به‌طوری‌که سرعت تجزیه نیکوسولفورون در تیمارهای کاربرد کودهای گاوی، ورمی‌کمپوست و مایکوریزا با ۸۰ گرم علف‌کش به‌همراه هیدرومکس، به‌ترتیب ۰/۰٦۹، ۰/۰٦۱، ۰/۰۵٦ میکروگرم در کیلوگرم خاک در روز بود که نسبت به شاهد (۸۰ گرم نیکوسولفورون به‌علاوه هیدرومکس بدون کاربرد کود آلی) با میزان ۰/۰۳۸ میکروگرم در کیلوگرم در روز، افزایش معنی دار نشان داد. همچنین در تیمارهای کاربرد کودهای بکار برده شده با ٤۰ گرم نیکوسولفورون به همراه هیدرومکس نیز سرعت تجزیه علف‌کش، به‌ترتیب ۰/۰۷۱، ۰٦٤/ و ۰/۰۵۹ میکروگرم در کیلوگرم خاک در روز بود که نسبت به تیمار شاهد (٤۰ گرم بعلاوه هیدرومکس بدون کاربرد کود آلی) به میزان ۰/۰۳۹ میکروگرم در کیلوگرم خاک در روز، افزایش معنی‌دار داشت (جدول ۸).

بر این اساس، کودهای آلی قادرند سرعت تجزیه نیکوسولفورون + هیدرومکس را افزایش دهند و در مقابل، موجب کاهش معنی‌دار باقیمانده علف‌کش در خاک شوند، به‌طوری‌که نیمه عمر نیکوسولفورون (DT_{50}) در تیمارهای کاربرد کودهای گاوی، ورمی‌کمپوست و مایکوریزا در کاربرد ٤۰ گرم نیکوسولفورون در هکتار به همراه هیدرومکس، به‌ترتیب ۹/۷٦، ۱۰/۸۳ و ۱۱/۷۵ روز بود که نسبت به تیمار شاهد بدون کاربرد کود آلی (۱۷/۷۷ روز)، به‌ترتیب ۸/۰۱، ٦/۹٤ و ٦/۰۲ روز کاهش یافت. همچنین نیمه عمر آن در تیمارهای کودهای آلی با ۸۰ گرم نیکوسولفورون در هکتار به همراه هیدرومکس، به‌ترتیب ۱۰/۰۵، ۱۱/۳٦ و ۱۲/۳۸ روز بود که نسبت به تیمار شاهد (۸۰ گرم نیکوسولفورون + هیدرومکس بدون کاربرد کود آلی) با ۱۸/۲٤ روز، به‌ترتیب ۸/۱۹، ٦/۸۸ و ۵/۸٦ روز کاهش یافت. همچنین مدت زمان لازم برای کاهش ۹۰ درصد باقیمانده علف‌کش در خاک (DT_{90}) در تیمارهای گفته شده، روند مشابهی داشتند (جدول ۸). از سوی دیگر، روند تغییرات سرعت تجزیه علف‌کش (K) و DT_{50} و DT_{90} در محاسبات مربوط به زیست‌سنجی اندام های هوایی، نیز

روند مشابهی داشتند (نتایج نشان داده نشده‌اند). این نتایج با یافته‌های سایر محققین مبنی بر تأثیر ماده آلی در افزایش سرعت تجزیه علف‌کش، کاهش نیمه عمر علف‌کش و ماندگاری علف‌کش در خاک با کاربرد منابع کودهای آلی مطابقت دارد (Rahman *et al.*, 2011; Fakhrerad *et al.*, 2013; Barzoei *et al.*, 2016؛ El-Ibrahim & Mahdizadeh, 2016; Barzoei *et al.*, 2019).

جدول ۸- پارامترهای معادله سیتیکی درجه اول حاصل از برازش بقایای محاسبه شده نیکوسولفورون با استفاده از وزن خشک ریشه شاهی در تیمارهای کودهای آلی، بدون هیدرومکس

Table 8. First-order kinetic equation parameters estimated from nicosulfuron residue using dry weight of garden cress root in organic fertilizer, nicosulfuron rate and Hydromax treatments

Organic mater	nicosulfuron (g ai/ha)	HydroMax	K (µg/kg soil)	C_0 (µg/kg soil)	DT50 (day)	DT90 (day)	R2
CM	40	WH	0.073(0.002) [a]	25 (0.48)	9.50	31.54	0.99
		H	0.071 (0.071) [b]	25 (0.47)	9.76	32.43	0.99
	80	WH	0.071 (.001) [c]	50 (0.95)	9.76	32.43	0.99
		H	0.069 (0.001) [d]	50 (0.94)	10.05	33.37	0.99
Ver	40	WH	0.066 (.001) [cd]	25 (0.47)	10.50	34.89	0.99
		H	0.064 (0.011) [de]	25 (0.46)	10.83	35.98	0.99
	80	WH	0.063 (0.001) [e]	50 (0.94)	11.00	36.55	0.99
		H	0.061 (0.001) [f]	50 (0.94)	11.36	37.75	0.99
Myc	40	WH	0.06 (0.001) [e]	25 (0.46)	11.55	38.38	0.99
		H	0.059 (0.001) [f]	24 (0.45)	11.75	39.03	0.99
	80	WH	0.058 (0.001) [f]	50 (0.93)	11.95	39.70	0.99
		H	0.056 (.001) [g]	50 (0.94)	12.38	41.12	0.99
Con	40	WH	0.04 (.0009) [h]	25 (0.46)	17.33	57.56	0.99
		H	039 (0.0009)[h]	25 (0.45)	17.77	59.04	0.99
	80	WH	0.039 (0.0009) [h]	50 (0.90)	17.77	59.05	0.99
		H	0.038 (.0009) [i]	49 (0.90)	18.24	60.59	0.99

DT_{50} و DT_{90}: به‌ترتیب مدت زمان لازم برای تجزیه ۵۰ و ۹۰ درصد علف‌کش، k: ضریب تجزیه، C_0: غلظت اولیه علف‌کش. اعداد داخل پرانتز، نشانگر خطای استاندارد است. حروف مشابه در هر ستون، بیانگر عدم اختلاف معنی‌دار در سطح پنج درصد می‌باشد.

DT_{50} and DT_{90}: time required to degrade 50% and 90% of herbicide residue. K: coefficient of degradation, and C_0: initial concentration of herbicide. Numbers in the parentheses indicate the standard error. Similar letters in each column indicate non significant difference at 5% of probability level. . Cow: Cow manure, Ver: Vermicompost, Myc: Mycorrhiza, Con: Control, H: HydroMax, WH: without HydroMax.

پزارش شده است که با کاربرد کودهای گاوی، ورمی‌کمپوست و زیستی، جمعیت میکروبی خاک و سرعت تجزیه علف‌کش متری‌بیوزین، به‌ترتیب ۸۶ و ۳۷ درصد افزایش یافت و تیمه عمر آن، ۵۲ روز کاهش یافت (Shahgholi *et al.*, 2014). از سوی دیگر با افزایش ماد آلی خاک، مقدار باقیمانده و نیمه عمر علف‌کش تری‌فلورالین (Triantafyllides *et al.*, 2010) و سولفوسولفورون، به‌طور معنی‌داری کاهش یافت (Maheswari & Ramesh, 2007 ؛Hadizadeh, 2008). کودهای آلی، حاوی اسیدهای آمینه، پپتیدها، لیپیدها و کربوهیدرات‌ها هستند (Tejada *et al.*, 2010) که منبع انرژی برای میکروارگانیسم می‌باشند (Ramezani *et al.*, 2010)؛ بنابراین کاربرد کودهای آلی و زیستی قادر است احتمالا با افزایش جمعیت و فعالیت‌های میکروبی خاک (Ramezani, 2010; Tejada *et al.*, 2010; Kanissery & Sims, 2011)، سبب افزایش سرعت تجزیه (Kanissery & Sims, Rahman *et al.*, 2011 Rathod & Patel, 2010; 2011,) و کاهش پسماند علف‌کش‌ها شوند. در این راستا، ایزدی و همکاران (Izadi *et al.*, 2011) نیز گزارش کردند که سرعت تجزیه آترازین با کاربرد کود گاوی افزایش و ماندگاری آن کاهش می‌یابد. سایر گزارش‌ها نیز حاکی از کاهش ماندگاری علف‌کش‌های تریاسولفورون، کلروسولفورون، مت‌سولفورون‌متیل (Wang *et al.*, 2008)، سولفوسولفورون (Hadizadeh, 2008)، آمیترول (Forouzangohar *et al.*, 2005)، تری‌بنورون

(Izadi *et al.*, 2013)، تری‌فلورالین (Barzoei *et al.*, 2016; Barzoei *et al.*, 2019) و متری‌بیوزین (Fakhrerad *et al.*, 2013) با کاربرد مواد آلی است.

در مجموع نتایج نشان داد که اگرچه ماده افزودنی هیدرومکس قادر است ماندگاری نیکوسولفورون را افزایش دهد، با این وجود، می توان با استفاده از مقادیر کاهش‌یافته نیکوسولفورون به همراه مواد افزودنی می‌توان ضمن حفظ کارایی کنترل علف‌های‌هرز (Mamnoie *et al.*, 2017)، مقدار باقیمانده این علف‌کش در خاک را کاهش داد. همچنین با بهره‌گیری از منابع کودهای آلی و زیستی می‌توان سرعت تجزیه علف‌کش را افزایش و پسماند آن را کاهش داد و خسارت‌های احتمالی ماندگاری علف‌کش در محصولات حساس تناوب را تا حدودی کاهش داد.

نتیجه‌گیری کلی

بر اساس نتایج آزمایش، با افزایش مقدار کاربرد نیکوسولفورون، پسماند آن در خاک افزایش یافت، اما مقدار باقیمانده علف‌کش در طول زمان کاهش یافت و از یک روند معادله سینتیکی درجه اول پیروی نمود. مقدار مصرف علف‌کش، اثر معنی‌داری بر نیمه عمر و سرعت تجزیه نیکوسولفورون نداشت. کاربرد هیدرومکس نیز توانست سرعت تجزیه نیکوسولفورون را کاهش و ماندگاری آن را افزایش دهد. با این وجود، استفاده از این ماده افزودنی با مقادیر کاهش‌یافته علف‌کش می‌تواند ضمن حفظ کارایی کنترل علف‌های هرز، پسماند علف‌کش را کاهش دهد. همچنین با کاربرد کودهای آلی و زیستی می‌توان سرعت تجزیه علف‌کش را افزایش و ماندگاری آن را کاهش داد؛ در نتیجه مقدار خسارت حاصل از پسماند علف‌کش در محصولات حساس تناوب را کاهش داد. از سوی دیگر با توجه به نتایج این آزمایش، شاهی می‌تواند به عنوان یک شاخص علف‌کش در آزمایش زیست‌سنجی برای تعیین بقایای نیکوسولفورون در خاک مورد استفاده قرار گیرد.

منابع

Aliverdi, A. and Zand, A. 2014. Adjuvant for Herbicides. Pages 310-347. Herbicides and their application methods with optimization and reduction approach. (Eds. 2) with major changes. Jahad-e-Daneshgahi, Ferdowsi University of Mashhad press. 552 Pp. (In Persian)

Anna, M., Jeff, J. and Irvine, S. 2008. Evaluating a mustard root length bioassay for predicting crop injury from soil residual flucarbazone. Commun. Soil Sci. Plant Anal. 39: 413-420.

Barzoei, M., Izadi Darbandi, E., Rashed Mohassel, M., Rastgoo, M. and Hassanzadeh, M. 2019. The effect of organic and biological fertilizers on persistence of trifluralin herbicide in soil using gas chromatography method. J. Plant Prot. 30: 289-299.

Barzoei, M., Izadi Darbandi, E., Rashed Mohassel, M., Rastgoo, M. and Hassanzadeh, M. 2016. Estimate of trifluralin half-life in soil by bioassay experiment. J. Plant Prot. 30: 177-178.

Chowdhury, A., Pradhan, S., Saha, M. and Sanyal, N. 2008. Impact of pesticides on soil microbiological parameters and possible bioremediation strategies. India J. Microb. 48: 114-127.

Cobb, A.H. and Reade, J.P.H. 2010 .The inhibition of amino acid biosynthesis. 176–199. Herbicides and Plant Physiology. 2th eds. UK: Wiley-Blackwell, 296 Pp.

El-Ghamary, A.M., Huang, C.Y., Xu, J.M. and Xie, Z.M. 2000. Changes in soil biological with the addition of metsulfuron methyl herbicide. J. Zheji. Unive. Sci. 1: 442- 447.

El Ibrahim, M.T. and Mahdizadeh M. 2016. Assessing the effect of prometryn soil residue on soil microbial biomass and different crops using bioassay test. J. Plant Prot. 30: 337-346.

Fakhrerad, S.F., Izadi Darbandi, E., Rashed Mohasel M.H., Hassanzadeh Khayyat, M. and Nassirli, H. 2013. Investigation of metribuzin degradation in soil and the effect of organic manure on its degradation and half-life. J. Plant Prot. 26: 467-476.

Forouzangohar, N., Hagnia, G.H. and Koocheki, A. 2005. Organic amendment to enhance atrazine and metamitron degradation in two contaminated soils with contrasting textures. Soil Sediment Contam. 14: 245- 355.

Gupta, S. and Gajbhiye, V.T. 2002. Effect of concentration, moisture and soil type on the dissipation of flufenacet form soil. Chemospher. 47: 901-906.

Hadizadeh, M.H. 2008. Effect of soil organic matter and rate application of sulfosulfuron herbicide on stability and soil biological properties in wheat. PhD Thesis. Ferdowsi University of Mashhad, Department of Argronomy and Plant Breeding. 188 Pp. (In Persian)

Halloway, K.L., Kookana, R.S., Noy, D.M., Smith, J.G. and Wilhelm, N. 2006. Crop damage caused by residual acetolactate synthase herbicides in the soils of south-eastern Australia. Aust. J. Exp. Agric. 46: 1323-1331.

Hammami, H., Aliverdi, A. and Parsa, M. 2014. Effectiveness of clodinafop-propargyl, haloxy fop-p-methyl and difenzoquat-methyl-sulfate plus adigor and propel adjuvants in controlling Avena ludoviciana Durieu. J. Agric. Sci. Technol. 16: 291-299.

Izadi, E., Rashed Mohassel, M.H. and Zand, E. 2011. Evaluation of crops sensitivity to Atrazine soil residual. Iranian J. Field Crops Res. 8: 995-1001.

Izadi, E., Rashed Mohassel, M.H., Mahmoudi, G. and Dehghan, M. 2013. Evaluation of some crops tolerance to Granstar (tribenuron methyl) herbicide soil residual. J. Plant Prot. 26: 362-369.

Izadi Darbandi, E. 2014. The fate and survival of herbicides in the agricultural ecosystem. Pages 415-446. Herbicides and their application methods with optimization and reduction approach (Eds. 2): with major changes. Jahad-e- Daneshgahi, Ferdowsi University of Mashhad press, 552 Pp. (In Persian)

James, T. and Trolove, M. 2009. Persistence of residual herbicides in maize silage fields. Found. Arable Res. 66: 1-2.

Jeenie, P. and Khanna, S.V. 2011. In vitro sensitivity of rhizobium and phosphate solubilising bacteria to herbicides. India J. Microb. 51: 230-23.

Kanissery, R.G. and Sims, G.K. 2011. Biostimulation for the enhanced degradation of herbicides in soil. Appl. Environ. Soil Sci. 1-10. Available online at: http://dx.doi.org/10.1155/2011/843450. Accessed: 28 Jun 2011.

Kucharski, M. 2004. Degradation of phenmedipham in soil under laboratory conditions. Veg. Crops Res. Bull. 60: 63-70.

Kucharski, M. 2007. Impact of adjuvants on, phenmedipham, desmedipham and ethofumesate residues in soil and plant. Pestycydy. 3-4: 53-59.

Kucharski, M. and Sadowski, J. 2006. Effect of adjuvants on herbicide residues level in soil and plant. J. Plant Dis. and Prot. 20: 971-975

Kucharski, M. and Sadowski, J. 2009. Degradation of ethofumesate in soil under laboratory conditions. Pol. J. Environ. Stu. 18: 243–247.

Kucharski, M., Sadowski, J. and Domaradzki, K. 2012. Degradation rate of chloridazon in soil as influenced by adjuvants. J. Plant Prot. Res. 52: 114-117.

Maheswari, S.T. and Ramesh, A. 2007. Adsorption and degradation of sulfosulfuron in soils. Environ. Monit. Assess. 127: 97–103.

Mamnoie, E., Izadi Darbandi, E., Rastgoo, M., Baghestani, M.A. and Hasanzadeh, M. 2017. The effect of organic and bio fertilizers on maize (Zea mays), and HydroMax adjuvants application on pptimizing of nicosulfuron herbicide efficacy. J. Crop Prod. Proc. **7:** 55-71.

Nielsen, O.K., Ritz, C.H. and Streibig, J.C. 2004. Nonlinear mixed model regression to analyze herbicide dose-response relationships. Weed Technol. 18: 30-37.

Nosrati, A., Iranbakhsh, A.R. and Sabori, M.S. 2007. Investigation of degradation and shelf life of atrazine and 2,4-D herbicides under field conditions. Res. reconst. 75: 86-96.

Peyvastegan, S. and Farahbakhsh, A. 2011. The residual effects of different doses of Atrazine +Alachlor and foramsulfuron on the growth and physiology of rapeseed (*Brassica napus* L.). World Academy of Science. J. Eng. Technol. 50 .318-323.

Rahman, A., James, T.K., Trolove, M.R. and Dowsett, C. 2011. Factors affecting the persistence of some residual herbicides in maize silage fields. N. Z. Plant Prot. 64: 125-132.

Ramezani, M.K. 2010. A review of herbicide residues in soil and its effects on plants in crop rotations. Weed Res. J. 2: 95-119.

Rathod, P.H. and Patel, R.B.A. I. 2010. Persistence and management of dinitroaniline herbicide residues in sandy loam soil. Int. J. Environ. Sustain. Dev. 9: 53- 57.

Ritz, C. and Streibig, J.C. 2005. Bioassay analysis using R. J. Stat. Softw. 12:1-14.

Sektowski, T. and Sadowski, J. 2006. Use of bioassay for assessment of residual level of herbicides active ingredients in soil. Pestic Pestycydy. 2: 59- 64.

Shahbazi S., Alizadeh H. and Talebi Jahromi K. 2015. Study of nicosufuron+rimsulfuron (Ultima) residues in maize filed by bioassay. Iranian J. field Crop Sci. 46: 15-24.

Shahgholi, H., Makarian, H., Izadi Darbandi, E., Darakhshan Shadmehri, A. and Asghari, H.R. 2014. Evaluating the effect of biological and organic fertilizers on metribuzin herbicide degradation and persistence in soil. J. Soil Manag. Sustain. 4: 91-110.

Soltani, A. 2014. Agricultural Experiment Analysis Plan: (with SAS programs). Jahad-e- Daneshgahi, Ferdowsi University of Mashhad Press. 430 Pp. (In Persian)

Tejada, M., Garcia Martinez, A.M., Gomez, I. and Parrado, J. 2010. Application of MCPA herbicide on soils amended with bio stimulants, short-time effects on soil biological properties. Chemosphere. 80: 1088–1094.

Tiryaki, O. and Temut, D. 2010. The fate of pesticide in the environment. J. Environ. Sci. 4: 29- 38.

Triantafyllides, V., Dimitra, S.M., George, H. and Konstantinou, M. 2010. Persistence of trifluraline in soil of oilseed fields in western Greece. Intern. J. of Environ. Analyt. Chem. 90: 344- 356.

Vicari, A., Dinelli, G. and Catizone, P. 1998. Evaluation of the biological activity of 16 sulfonylureas in soil by *Nasturtium officinale* R. Br. bioassay. Agrochimica. 6:273–283.

Wang, H., Wu, L. and Yates, S. 2008. Residues of 14c- metsulfuron methyl in Chinese paddy soil. Pest Manag. Soil. 64(10):1074-1079.

Yaghoubi, A.Z, Beheshtian, M., Sadeghi, S. and Younesi, O. 2008. Bioassay of chlorsulfuron residue in soil by using cress (lep*idium sativum* L.) plant as an indicator. J. Res. Agric. Sci. 2: 178-184.