مجله دانش علف‌های‌هرز
دورهٔ ۱۶، شمارهٔ ۱، ۱۳۹۹ (ص ۱۳-۱)

Iranian Journal of Weed Science
Vol 16, No 1, 2020 (1-13)
DOI: 10.22092/IJWS.2020.1601.1253

بررسی میزان حساسیت پنبه و ذرت به بقایای شبیه‌سازی‌شده علف‌کش ایمازتاپیر

تاج‌محمد خواجوی[۱]، زینب اورسجی[۲*]، ابراهیم غلامعلی‌پور علمداری[۳]، عباس بیابانی[٤]

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد علوم علف‌های‌هرز، ۲ و ۳- استادیارگروه تولیدات گیاهی، دانشکده علوم کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه گنبد کاووس، ٤- دانشیار گروه تولیدات گیاهی، دانشکده علوم کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه گنبدکاووس

(تاریخ دریافت:۱۳۹۷/۲/۱٦- تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۷/۲)

چکیده

به‌منظور بررسی بقایای علف‌کش ایمازتاپیر (پرسوئیت ۱۰ درصد SL) در خاک بر پنبه و ذرت، آزمایشی در قالب طرح کاملا تصادفی با سه تکرار در گلخانه دانشکده کشاورزی دانشگاه گنبد کاووس اجرا شد. در این آزمایش، یازده غلظت علف‌کش ایمازتاپیر معادل صفر، یک، پنج، ۱۰، ۱۵، ۲۰، ۳۰، ۴۰،۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ درصد مقدار توصیه‌شده علف‌کش که به ترتیب معادل صفر، ۴/۵، ۲۳، ۴۵، ۶۸، ۹۱، ۱۴۰، ۱۸۰، ۲۳۰، ۳۴۰ و ۴۵۰ میکروگرم در کیلوگرم خاک می‌باشد، روی گیاهان زراعی ذرت و پنبه به‌کار برده شد و وزن خشک ریشه و ساقه گیاهان زراعی مورد نظر، ارتفاع، طول ریشه و سطح برگ نیز در انتهای آزمایش اندازه‌گیری شدند. در برازش داده‌ها، از منحنی‌های لگاریتم لجستیک سه و چهار پارامتره استفاده شد. نتایج نشان داد که تقریبا در همه داده‌های مورد بررسی، منحنی سه پارامتره، برازش مناسبی نشان داد. در برازش جداگانه داده‌ها، همواره بقایای علف‌کش ایمازتاپیر، زیست‌توده خشک ساقه و ریشه گیاهان زراعی پنبه و ذرت را کاهش داد به‌طوری که برای کاهش ۵۰ درصدی وزن خشک ساقه پنبه و ذرت، به‌ترتیب $۱/۲\times۱۰^{-۴}$ و ۱×۱۰^{-۴} گرم ماده موثره ایمازتاپیر در کیلوگرم خاک لازم بود. همچنین جهت کاهش ۵۰ درصدی وزن خشک ریشه پنبه و ذرت، به ترتیب به ۳×۱۰^{-۴} و $۱/۱۵\times۱۰^{-۴}$ گرم ماده موثره ایمازتاپیر در کیلوگرم خاک نیاز بود. در مجموع، نتایج حاصل از برازش دوگانه داده‌ها نشان داد که همواره ریشه و ساقه ذرت در مقایسه با پنبه، حساسیت بیشتری به بقایای علف‌کش ایمازتاپیر بروز داد. ارتفاع، طول ریشه و سطح برگ با افزایش بقایای علف‌کش ایمازتاپیر کاهش یافت.

کلمات کلیدی: رگرسیون، زیست سنجی، طول ریشه، وزن خشک

Studying the sensitivity of cotton and maize to simulated imazthapyr herbicide residue

Taj Mohammad Khajavi[1,2], Zeinab Avarseji[2*], Ebrahim Gholam Alipour Alamdari[2], Abbas Biyabani[2]
1. M.S. student of Weed science, 2, Crop Protection Department, Faculty of Agriculture and Natural Resources, University of Gonbad Kavous, Iran
(Received: May 6, 2018 - Accepted: October 24, 2019)

ABSTRACT

To evaluate the soil residue of imazthapyr effects on cotton and maize, an experiment was carried out based on completely randomized design at greenhouse of Agricultural Faculty of University of Gonbad Kavous. Different doses of imazthapyr (0, 4.5, 23, 45, 68, 91, 140, 180, 230, 340 and 450 $\mu g.kg^{-1}$ soil) were applied on maize and cotton and finally the dry weight of root and shoot, shoot height, root length and leaf area of crops were measured. Three and four Log- logistic curves were fitted to the data. Results indicated that almost all data fitted better to the three parameter log- logistic curve. Results of separate fitting of the data showed that the residue of imazthapyr always reduced dry weight of crops. For 50 percent reduction of shoot dry weight of cotton and maize, 13.26 and 21.91 $g.a.i.ha^{-1}$of imazthapyr were needed respectively. To reduce 50 percent of root dry weight of cotton and maize, 72.75 and 25.19 g.a.i. $ha^{-1}$of imazyhapyr were needed. Generally, the results of data simultaneously fitting showed that maize root and shoot sensitivity to imazthapyr were always more than cotton. Shoot height, root length and leaf area were decreased as imazthapyr residue was increased.

Keywords: Bioassay, dry weight, regression, root length

* Corresponding author E-mail: avarseji@erp.gonbad.ac.ir

مقدمه

مبارزه با علف‌های‌هرز یعنی استفاده از روشی که به‌آسانی بتوان آن‌ها را از بین برد ولی مدیریت علف‌های‌هرز، به‌مفهوم پذیرش علف‌های‌هرز به‌عنوان جزئی از اکوسیستم و طبیعت است. بر این اساس، باید تلاش شود تا علف‌های‌هرز در سامانه طبیعی مدیریت شوند (Zand *et al.*, 2004). هرچند کنترل مکانیکی، شامل شخم و یا وجین دستی، ابزاری کارآمد در مدیریت علف‌های‌هرز است اما به دلیل محدودیت‌هایی از قبیل عدم دسترسی به کارگر، نامناسب بودن شرایط محیطی به‌ویژه درفصل بارانی و هزینه‌های بالای آن، تمایل به استفاده از علف‌کش‌ها افزایش یافته است. استفاده ناصحیح از این تکنولوژی ممکن است منجر به بروز مشکلاتی مانند پسماند علف‌کش‌ها، آلودگی آب‌های زیرزمینی و مقاوم‌شدن علف‌های‌هرز به علف‌کش‌ها شود (Caamal-Maldonado *et al.*, 2001).

اثر بقایای علف‌کش‌های خاک‌مصرف که در بیشتر محصولات زراعی استفاده می‌شوند، به نوع علف‌کش و ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی خاک بستگی دارد. مزیت استفاده از علف‌کش‌های خاک‌مصرف، کنترل طولانی‌مدت و گاه تمام طول فصل علف‌های‌هرز با یک‌بار کاربرد می‌باشد. از معایب این علف‌کش‌ها آن است که باقی‌مانده برخی از آن‌ها، محدودکننده گزینه‌های کشت دوم است و گاه امکان کشت برخی گونه‌های حساس به آن علف‌کش در تناوب را سلب می‌نمایند. به‌همین دلیل، انتخاب علف‌کش مناسب با فلور علف‌های‌هرز موجود و با مدنظر قرار دادن گیاه در تناوب، دشوار می‌شود (Naylor, 1996).

هر ماده مؤثره موجود در یک علف‌کش که به محیط خاک نفوذ می‌کند، دستخوش فرآیندهای بیوفیزیکی و بیوشیمیایی خاصی قرار می‌گیرد. زمانی که ماده مؤثره علف‌کش وارد خاک می‌شود، میان فاز جامد خاک (ذرات خاک) و فاز آبی (محلول خاک) آن تقسیم می‌شود. در محیط خاک، تنها بخشی از ماده مؤثره که در فاز مایع خاک یافت می‌شود، در دسترس گیاهان قرار می‌گیرد. در عین‌حال، مولکول‌های علف‌کشی که به‌وسیله فاز جامد خاک جذب شده یا با آن پیوند پیوند شیمیایی برقرار کرده‌اند، توسط گیاهان جذب نمی‌شوند. در شرایط مزرعه، این تعادل همواره درحال بهم‌خوردن است که از دلایل آن می‌توان به فعالیت میکروارگانیسم‌های خاک و تغییرات درجه حرارت و محتوای رطوبت خاک اشاره کرد که قابلیت دسترسی علف‌کش‌ها را برای علف‌های‌هرز و گیاهان زراعی تحت تأثیر قرار می‌دهند (Sadowski, 2001; Vicari et *al.*, 1994).

علف‌کش ایمازتاپیر (5-ethyl-2-[(RS)-4-isopropyl-4-methyl-5- oxo-2-imidazolin-2-yl] nicotinic Acid) از گروه ایمیدازولینون‌ها می‌باشد که به عنوان علف‌کش انتخابی برای علف‌های هرز پهن برگ استفاده می‌شود. قدرت انتخابی بالا و تحمل مناسب گیاهان زراعی به آن، سبب استفاده زیاد از این علف‌کش شده است (Sondhia, 2018; Loux *et al.*, 1989). ایمازتاپیر سبب کاهش سطح سه اسید آمینه شاخه دار لوسین، ایزولوسین و والین می‌شود که با جلوگیری از آنزیم استوهیدروکسی سینتاز که در مسیر بیوسنتز این سه اسید آمینه نقش ایفا می‌کند، اثر خود را نشان می‌دهد . این بازدارندگی سبب اختلال تولید پروتئین و در نتیجه تداخل در مسیر سنتز DNA و رشد سلول می‌شود. در شرایط مزرعه، این علف‌کش به وسیله تجزیه میکروبی و نوری کاهش می‌یابد (Stougaard *et al.*, 1990). این گروه از علف‌کش‌ها، به مقدار بسیار کم و ضعیف، به‌وسیله خاک جذب

می‌شوند (Gan *et al.*, 1994; Mangel, 1991) ومقدار آبشویی کمی دارد اما برخی از گزارش‌ها، از وجود این علف‌کش در عمق ۲۵ سانتی‌متری خاک خبر می‌دهند. به دلیل پایداری این علف‌کش و آسیب به گیاهان زراعی موجود در تناوب، فاصله زمانی بین شش تا ۳٤ ماه برای کاشت گیاهان حساس بیان شده است (Bresnahan *et al.*, 2000; Rodrigues *et al.*, 2000).

نتایج فخر راد و همکاران (Fakhrerad *et al.*, 2012) پس از آزمایش تاثیر باقیمانده هفت غلظت مختلف علف‌کش متری‌بیوزین در خاک روی هشت گیاه زراعی شامل لوبیا، عدس، ذرت، گندم، جو، کلزا و چغندرقند نشان داد که میزان تحمل گیاهان مزبور متفاوت بود. در این تحقیق، ذرت متحمل‌ترین گیاه به بقایای علف‌کش متری‌بیوزین شناخته شد و پس از آن به ترتیب لوبیا، نخود، عدس، گندم، جو، چغندرقند و کلزا قرار داشت. در آزمایشی، تاثیر بقایای غلظت‌های مختلف علف‌کش تریفلورالین بر رشد و گره‌زایی ژنوتیپ‌های مختلف نخود (هاشم، آی ال سی، کاکا، کرمانشاهی) بررسی شد و نتایج نشان داد که در بین ژنوتیپ‌های نخود، بیشترین تلفات زیست‌توده ساقه و ریشه، در ژنوتیپ کاکا و کمترین تلفات زیست‌توده اندام‌های هوایی و ریشه، به‌ترتیب در ژنوتیپ‌های کرمانشاهی و هاشم مشاهده شدند. همچنین ژنوتیپ آی ال سی و کرمانشاهی، به ترتیب حساس‌ترین و متحمل‌ترین ژنوتیپ‌های نخود به بقایای تریفلورالین در خاک بودند (Izadi and Soleimanpour, 2015).

به باور برخی محققین، قبل از هر تصمیمی درخصوص گیاهان زراعی کشت دوم، ابتدا لازم است اطلاعات کافی از اثرات نامطلوب باقی‌مانده علف‌کش از کشت نخست را به دست آورد تا تصمیم متناسب اتخاذ شود (Eliason *et al.*, 2004). در این راستا، روش‌های زیست‌سنجی می‌توانند اثرات خسارت‌زای بقایای موجود در خاک را اندازه‌گیری کنند (Demczuk *et al.*, 2004; Sarmah *et al.*, 1999; Sekutowski and Sadowski, 2009) و به‌طور موثری در تشخیص کمی وکیفی بقایای علف‌کش‌ها در خاک به ما کمک کند. هدف از اجرای این پژوهش، بررسی تاثیر بقایای علف‌کش ایمازتاپیر بر دو گیاه زراعی پنبه و ذرت می‌باشد.

مواد و روش‌ها

به‌منظور بررسی بقایای علف‌کش ایمازتاپیر در خاک بر ذرت و پنبه، آزمایشی در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار، در گلخانه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه گنبد کاووس، در سال ۱۳۹۵-۹٦ اجرا شد. در این آزمایش، غلظت‌های مختلف علف‌کش ایمازتاپیر (صفر، ٤/۵، ۲۳، ٤۵، ٦۸، ۹۱، ۱٤۰، ۱۸۰، ۲۳۰، ۳٤۰ و ٤۵۰ میکروگرم در کیلوگرم خاک) که به‌ترتیب معادل صفر، یک، پنج، ۱۰، ۱۵، ۲۰، ۳۰، ٤۰، ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ درصد مقدار توصیه‌شده علف‌کش (یک لیتر ماده تجاری ۱۰ درصد SL) بود، روی گیاهان زراعی ذرت و پنبه بررسی شد. خاک گلدان ها از ترکیب مقادیر مساوری از شن، خاک و خاک‌برگ بود و غلظت‌های موردنظر علف‌کش، از رقیق کردن محلول مادر ۱۰۰۰ قسمت در میلیون هر کدام از علف‌کش‌ها به‌دست آمد، به‌طوری که پس از تعیین چگالی خاک مورد نظر که حدود ۱/۳ بدست آمد و با دانستن حجم یک هکتار خاک به عمق ۱۰ سانتی‌متر که به طور استاندارد معادل $۱۰^{٦}$ متر مکعب می‌باشد، وزن خاک مورد استفاده در این آزمایش برابر با $۱/۳\times۱۰^{٦}$ بدست آمد که به دنبال آن، وزن یک کیلوگرم خاک محاسبه شد و غلظت علف‌کش برای این مقدار خاک تعیین شد. برای اختلاط کامل و یکنواخت علف‌کش با خاک، مقدار خاک مورد نیاز برای هر غلظت محاسبه

شد و سپس حجم محاسبه‌شده محلول هر غلظت علف‌کش موردنظر با استفاده از بورت مدرج، با مقدار خاکی که ریشه گیاه زراعی در آن نفوذ می‌کند مخلوط شد (Izadi *et al.*, 2011). گلدان‌هایی با قطر ۱۵ سانتی‌متر انتخاب شدند و بسته به نازک یا پهن‌برگ بودن گیاه زراعی، ۱۵ یا ۲۰ بذر در عمق مناسب کشت شد. جهت جلوگیری از آبشویی علف‌کش‌ها، آبیاری گلدان‌ها به اندازه‌ای بود که آب اضافی از انتهای آن‌ها خارج نشود (Izadi *et al.*, 2011). تنک‌کردن گیاهان، در مرحله دو تا سه‌برگی انجام شد و تراکم آن‌ها به سه عدد در هر گلدان کاهش یافت. پس از طی مراحل رشد مربوط به هر گیاه (سی روز پس از کاشت)، وزن خشک اندام‌های هوایی و ریشه هر گیاه اندازه‌گیری شد. در ذرت، ارتفاع ساقه و در پنبه، علاوه بر ارتفاع ساقه، طول ریشه و سطح برگ نیز اندازه گیری شد. تجزیه رگرسیونی داده‌ها، توسط نرم‌افزار R (بسته drc) انجام شد و رسم شکل‌ها نیز به‌وسیله نرم‌افزار R (Ritz and Streibig, 2005) و Excel صورت گرفت. در تجزیه رگرسیونی داده‌ها، با استفاده از رابطه ۱ و ۲، غلظت‌های علف‌کش برای ۵۰ درصد بازدارندگی گیاه زراعی محاسبه شد (Seefeldt, *et al.*, 1995).

رابطه (۱)
$$U_i = \frac{D - C}{1 + \exp[2b_i(\log(ED_{50i}) - \log(z))]} + C$$

که در آن:

U_i، وزن تر یا وزن خشک؛ z، مقدار علف‌کش؛ D و C، مجانب منحنی در کمترین و بیشترین مقدار علف‌کش؛ ED_{50i}، مقداری از علف‌کش که باعث ۵۰ درصد کاهش رشد می‌شود؛ b_i، شیب خط در محدوده ED_{50i} و i، تیمار علف‌کشی می‌باشد. ED_{50} می‌تواند با هر ED_x دیگری جایگزین شود که در این آزمایش، ED_{50} برآورد شد و پارامترهای مربوط به آن محاسبه شدند. لازم به ذکر است، چنانچه در برخی شرایط c برابر صفر شد، از معادله سه پارامتره زیر استفاده شد.

رابطه(۲)
$$U_i = \frac{D}{1 + \exp[2b_i(\log(ED_{90i}) + 1.099/b_i - \log(z))]}$$

نتایج و بحث

وزن خشک ساقه پنبه و ذرت

تفاوت مدل‌های رگرسیونی لگاریتم لجستیک چهار پارامتره و سه پارامتره برازش داده شده به وزن خشک ساقه پنبه و ذرت معنی‌دار نشد ($p>0/05$)؛ بنابراین از مدل سه پارامتره استفاده شد. خلاصه تجزیه رگرسیون در جدول (۱) آورده شده است. همان‌طور که در این جدول مشاهده می‌شود، تخمین تمامی پارامترهای مدل (b، d، ED_{50}) معنی‌دار است که نشان می‌دهد، تمام پارامترها در برازش منحن،ی نقش مهمی دارند و نمی‌توان منحنی را به کمتر از سه پارامتر کاهش داد.

منحنی دز–پاسخ، تبعیت داده‌های وزن خشک ساقه ذرت و پنبه از تابع لگاریتم لجستیک سه پارامتره را نشان می‌دهد (شکل ۱). وزن خشک ساقه در پنبه، تا دز $٤/٥\times١٠^{-٤}$ گرم ماده موثره ایمازتاپیر در کیلوگرم خاک کاهشی نشان نداد، اما پس از آن، با افزایش دز علف‌کش، وزن خشک ساقه روند کاهشی نشان داد و در چهار دز حداکثر در پنبه، میانگین وزن خشک ساقه به صفر نزدیک شد. به‌عبارت دیگر، از دز ١٨×١٠^{-٥} گرم ماده موثره ایمازتاپیر در کیلوگرم خاک، وزن تر ساقه پنبه با صفر تفاوت معنی‌داری نداشت (جدول ۱ و شکل ۱–الف).

وزن خشک ساقه ذرت پس از دز ٢٣×١٠^{-٦} گرم ماده موثره ایمازتاپیر در کیلوگرم خاک، شروع به کاهش نمود و در دو دز حداکثر ٣٤×١٠^{-٥} و ٤٥×١٠^{-٥} گرم ماده موثره ایمازتاپیر در کیلوگرم خاک، به صفر نزدیک شد (جدول ۱ و شکل ۱–ب). بر اساس نتایج، برای کاهش ۵۰ درصد از وزن خشک ساقه پنبه و ذرت، به ترتیب ۱۳/۲۶ و ۲۱/۹۱ گرم ماده موثره

ایمازتاپیر در هکتار لازم بود (جدول ۱).

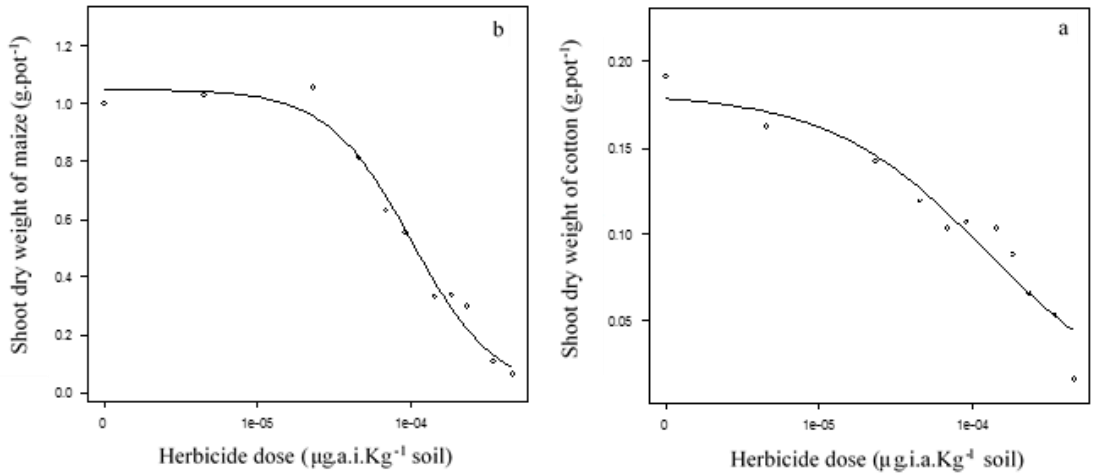
جدول ۱- پارامترهای برآوردشده حاصل از برازش مدل سه پارامتری لگاریتم لجستیک به داده‌های وزن خشک ساقه پنبه و ذرت در بقایای شبیه‌سازی‌شده ایمازتاپیر در خاک

Table 1. Estimated parameters of 3-parameter Log- logistic model fitted to shoot dry weight of cotton and maize data at simulated imazthapyr residue in soil

	b		c		d		ED_{50}	
	Cotton[1]	Maize[2]	Cotton	Maize	Cotton	Maize	Cotton	Maize
Estimated parameters values	0.85	1.59	-	-	0.18	1.05	1.2×10^{-4}	1.0×10^{-4}
Standard Error	0.29	0.24	-	-	0.02	0.05	4.6×10^{-5}	1.2×10^{-4}
Possibility	0.0072	0	-	-	0	0	0.0153	0

آزمون عدم برازش معنی‌دار نبود (P_1= 0.9504 and P_2= 0.8778)

Lack of fit test was not significant (P_1= 0.9504 and P_2= 0.8778)



شکل ۱- پاسخ وزن خشک ساقه پنبه (a) و ذرت (b) به غلظت‌های مختلف ایمازتاپیر در خاک (محور x، لگاریتمی مقیاس بندی شده است)

Fig 1. Cotton (a) and maize (b) Shoot dry weight response to different concentrations of imazthapyr in soil (X axis is logarithmic)

ایزدی و همکاران (Izadi *et al.*, 2012) با توجه به روند تغییرات ماده خشک تولیدشده ساقه و ریشه گیاهان مورد بررسی در پاسخ به غلظت‌های مختلف علف‌کش تری‌بنورون‌متیل مشاهده کردند که کلزا، حساس‌ترین و گوجه‌فرنگی، متحمل‌ترین گیاهان به بقایای گرانستار بودند، به‌طوری‌که کلزا در کمترین غلظت علف‌کش تری‌بنورون‌متیل (۰/۰۰۰۰۹ میلی‌گرم در کیلوگرم خاک)، بیشترین تلفات ماده خشک (۸۹/۱٤ درصد) را نسبت به شاهد داشت، درحالی‌که گوجه‌فرنگی در بیشترین میزان بقایای گرانستار در خاک (۰/۰۰۲ میلی‌گرم در کیلوگرم خاک)، ٦۰ درصد تلفات ماده خشک داشت و ذرت با متوسط تلفات زیست‌توده اندام هوایی (٦٤ درصد)، نسبت به کلزا متحمل‌تر بود. زیست سنجی پسماند علف‌کش‌های آترازین، نیکوسولفورون، ریم سولفورون، آترازین+آلاکلر، نیکوسولفورون+فورام سولفورون، نیکوسولوفورون + ریم سوفورون و فورام سولفورون

+ ریم سولفورون توسط قسام و همکاران (Ghassam *et al.*, 2009) نشان داد که تیمار آترازین، سبب کمترین مقدار جوانه زنی، طول و وزن خشک شاخساره در گیاه شاهی شد و تیمار نیکوسولفورون در بین خانواده سولفونیل اوره، تاثیر بیشتری بر کاهش وزن خشک شاخساره شاهی نشان داد.

وزن خشک ریشه پنبه و ذرت

داده‌های وزن خشک ریشه پنبه، از مدل لگاریتم لجستیک سه پارامتره پیروی کرد و آزمون عدم برازش معنی‌دار نشد (P= ۰/۹۹۷۸) (جدول ۲). پارامترهای b، d و ED_{50} به‌ترتیب با مقادیر برآوردشده دو، ۰/۰۵ و ۳×۱۰^{-٤} و خطای استاندارد ۰/۰۸، ۰/۰۰۳ و ٦×۱۰^{-٥} و احتمال ۰/۰۲ برای پارامتر b و احتمال صفر برای پارامترهای d و ED_{50} به‌دست آمد (جدول ۲). وزن خشک ریشه پنبه تا دز ٦٨×۱۰^{-٦} گرم ماده موثره در کیلوگرم خاک، کاهشی نشان نداد اما با افزایش دز علف‌کش، کاهش شدیدی در مقادیر آن مشاهده شد. برای کاهش ۵۰ درصدی وزن خشک ریشه، ۳×۱۰^{-٤} گرم ماده موثره ایمازتاپیر در کیلوگرم خاک لازم بود (شکل ۲-الف، جدول ۲).

جدول ۲- پارامترهای برآوردشده حاصل از برازش مدل سه پارامتری لگاریتم لجستیک به داده‌های وزن خشک ریشه پنبه و ذرت در بقایای شبیه‌سازی‌شده ایمازتاپیر در خاک

Table 2. Estimated parameters of 3-parameter Log– logistic model fitted to root dry weight of cotton and maize data at simulated Imazthapyr residue in soil

	b		c		d		ED_{50}	
	Cotton[1]	Maize[2]	Cotton	Maize	Cotton	Maize	Cotton	Maize
Estimated parameters values	2	1.22	-	-	0.05	1.88	3×10^{-4}	1.15×10^{-4}
Standard Error	0.08	0.23	-	-	0.003	0.10	6×10^{-5}	1.84×10^{-5}
Possibility	0.02	0	-	-	0	0	0	0

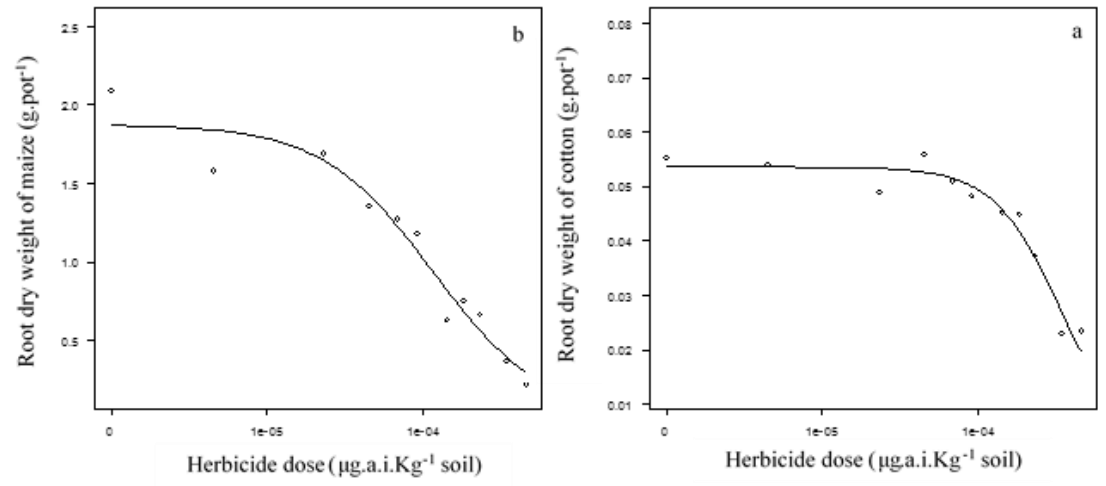
آزمون عدم برازش معنی‌دار نبود (P_1= 0.9978 and P_2= 0.2643)

Lack of fit test was not significant (P_1= 0.9978 and P_2= 0.2643)

داده‌های وزن خشک ریشه ذرت نیز مانند پنبه، از منحنی لگاریتم لجستیک سه پارامتره پیروی کردند (P=۰/۲٦٤۳) و پارامترهای b، d و ED_{50}، به‌ترتیب با مقادیر برآوردشده ۱/۲۱، ۱/۸۸ و $۱/۱۵\times۱۰^{-٤}$ و خطای استاندارد ۰/۲۳، ۰/۱ و $۱/۸٤\times۱۰^{-٥}$ و احتمال صفر برای هر سه پارامتر به‌دست آمدند (جدول ۲). همان‌گونه که در شکل ۲-ب و جدول ۲ مشاهده می‌شود، وزن خشک ریشه ذرت با افزایش دز علف‌کش ایمازتاپیر به ۲۳×۱۰^{-٦} گرم ماده موثره در کیلوگرم خاک، شروع به کاهش کرد و برای کاهش ۵۰ درصدی وزن خشک ریشه، به $۱/۱۵\times۱۰^{-٤}$ گرم ماده موثره ایمازتاپیر در کیلوگرم خاک نیاز بود.

در آزمایش ایزدی و همکاران (Izadi *et al.*, 2011)، پاسخ گیاهان زراعی نخود، عدس، لوبیا، گوجه‌فرنگی، ذرت، کلزا و چغندرقند به تغییرات غلظت توتال در خاک، به‌صورت مدل لجستیک بود که با مطالعات ژنگ و همکاران (Zhang *et al.*, 1997)، هالاوی و همکاران (Halloway *et al.*, 2006) و سانتین‌مونتانیا و همکاران (Santín-Montanyá *et al.*, 2006) نیز مطابقت داشت. پیوستگان و فرحبخش (Peyvastegan and Farahbakhsh, 2011) گزارش کردند که بقایای شبیه‌سازی‌شده علف‌کش‌های آترازین+آلاکلر و فوماسولفورون، وزن خشک زیست‌توده هوایی و ریشه گیاه کلزا را به‌طور معنی‌داری کاهش دادند و

پاسخ آن‌ها به بقایای علف‌کش مذکور، از رابطهٔ لجستیک پیروی کرد. بر اساس نتایج این آزمایش، خسارت ناشی از بقایای آترازین+آلاکلر، بیشتر از فوماسولفورون بود، به‌طوری که میزان ED_{50} برای آترازین+آلاکلر در زیست‌تودهٔ هوایی، در محدودهٔ ۲۸/۳۶ تا ۳۰/۳۵ و در ریشه، در محدودهٔ ۲۸/۳۶ تا ۳٤/۰۲ بود و این مقدار برای فوماسولفورون، در زیست‌توده هوایی، ۳۹/۰۲ تا ۵۸/۷٦ و برای ریشه، ۲۱/٤٤ تا ۵۷/۸۷ میلی‌گرم ماده موثره متری‌بیوزین در کیلوگرم خاک بود (Peyvastegan and Farahbakhsh, 2011). نتایج آل ابراهیم و مهدی زاده (Ale Ebrahim & Mehdi zadeh, 2016) نشان داد که بقایای پرومترین در خاک، تأثیر معنی‌داری بر جوانه زنی کاهو، جو، کلزا و چغندرقند نداشت ولی با افزایش غلظت پرومترین، وزن خشک ریشه و اندام‌های هوایی همه گیاهان به‌طور معنی‌داری کاهش پیدا کرد. گیاهان مورد مطالعه، به بقایای پرومترین در خاک، پاسخ متفاوتی نشان دادند، به طوری که کلزا با داشتن کمترین ED_{50} به عنوان حساسترین گیاه و جو با داشتن بیشترین ED_{50} به عنوان مقاومترین گیاه به بقایای پرومترین شناخته شدند.



شکل ۲- پاسخ ماده خشک ریشه پنبه (a) و ذرت (b) به غلظت‌های مختلف ایمازتاپیر در خاک (محور x، لگاریتمی مقیاس بندی شده است)

Fig 2. Cotton (a) and maize (b) Root dry weight response to different concentrations of imazthapyr in soil (X axis is logarithmic)

درصد از شاهد پنبه-ذرت

وزن خشک ساقه

آزمون عدم برازش حاصل از منحنی لگاریتم لجستیک سه پارامتره برای وزن خشک ساقه پنبه و ذرت معنی‌دار نبود (P=۰/۹۹٤۹). مقادیر پارامترهای برآوردشده، خطای استاندارد و احتمال مربوط به همه پارامترها با حد بالای صفر و حد پائین یکسان، در جدول (۳) آورده شده است. جهت مقایسه دو منحنی دز پاسخ مربوط به وزن خشک ساقه پنبه و ذرت، از برازش همزمان دو منحنی با فرض یکسان بودن حد بالا و پائین منحنی استفاده شد.

وزن خشک ساقه پنبه و ذرت نیز اختلاف معنی‌داری از نظر حساسیت به دزهای مختلف علف‌کش ایمازتاپیر نشان ندادند (شکل ۳). اگرچه روند کاهشی وزن خشک ساقه در پنبه، در چهار دز اول ایمازتاپیر (صفر، $٤/٥\times10^{-٤}$ ، ۲۳×10^{-٦} و ٥٤×10^{-٦} گرم ماده موثره در کیلوگرم خاک)، زودتر از ذرت شروع شد اما در تمام دزها، اختلاف آن با ذرت غیرمعنی‌دار بود. مقادیر بدست آمده ED_{50} نیز برای هر دو گیاه زراعی

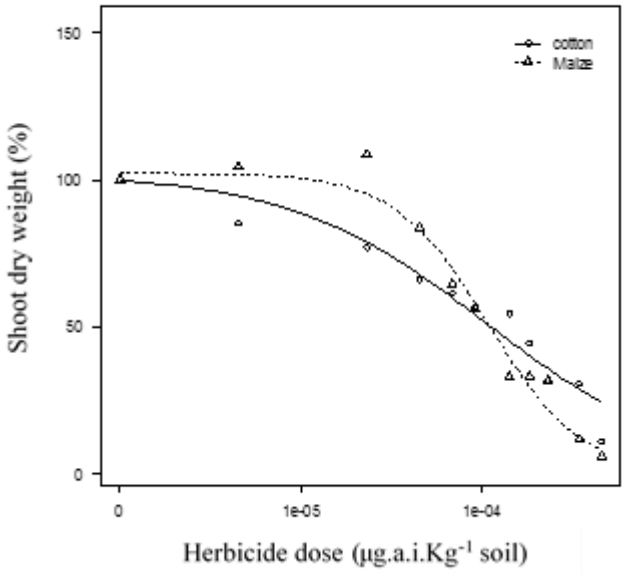
تقریبا به یک اندازه به‌دست آمد. به عبارت دیگر، برای کاهش ۵۰ درصدی وزن خشک ساقه پنبه و ذرت، به ترتیب به $۱/۰٤\times۱۰^{-٤}$ و $۱/۰٦\times۱۰^{-٤}$ گرم ماده موثره ایمازتاپیر در کیلوگرم خاک نیاز بود. نتایج آزمایشات هندرسون و وبر (Henderson and Webber, 1993) که به منظور ارزیابی اثرات بقایای تعدادی از علف‌کش‌های پیش‌رویشی و پس‌رویشی بر لوبیا انجام شد نشان داد که پرومترین در دزهای مورد نیاز برای کنترل مؤثر علف‌های‌هرز، باعث مرگ لوبیا در روزهای آغازین پس از کاربرد علف‌کش می‌شود و در نتیجه منجر به کاهش معنی‌داری در عملکرد لوبیا شده است؛ از این رو گیاه لوبیا را به‌عنوان یک گیاه حساس به بقایای پرومترین در خاک در نظر گرفتند.

جدول ۳- پارامترهای برآوردشده حاصل از برازش مدل سه پارامتری لگاریتم لجستیک با حد بالای یکسان (d) به داده‌های وزن خشک ساقه پنبه و ذرت در بقایای شبیه‌سازی‌شده ایمازتاپیر در خاک

Table 3. Estimated parameters of simultaneously 3-parameter Log- logistic model fitted to cotton and maize shoot dry weight data at simulated imazthapyr residue in soil

		b	c	d	ED_{50}
Estimated parameters	Cotton	0.79	-	102.23	1.04×10^{-4}
	Maize	1.70	-		1.06×10^{-4}
Standard Error	Cotton	0.22	-	5.89	2.8×10^{-5}
	Maize	0.33	-		1.5×10^{-5}
Possibility	Cotton	0	-	0	0
	Maize	0	-		0

Lack of fit test was not significant (P= 0.9949) آزمون عدم برازش معنی‌دار نبود (P= 0.9949)



شکل ۳- پاسخ ماده خشک ساقه پنبه و ذرت به غلظت‌های مختلف علف‌کش ایمازتاپیر در خاک (محور x، لگاریتمی مقیاس بندی شده است).

Fig 3. Cotton and maize shoot dry weight response to different concentrations of imazthapyr in soil (X axis is logarithmic).

در بیشتر تحقیقات انجام شده، تغییرات رشد ساقه در پاسخ به بقایای علف‌کش در خاک، از مهم‌ترین پارامترهای ارزیابی حساسیت گونه‌های گیاهی به شمار می رود و علف‌کش‌های سولفونیل اوره را از دسته علف‌کش‌هایی با زیست ماندگاری بالا در تعداد زیادی از گیاهان زراعی مانند ماش (Alonso-Prados *et al.*, 2002)عدس و لوبیا (santin-Montanya *et al.*, 2006) و کدو و کلزا (Moyer *et al.*, 1990) معرفی کرده‌اند.

وزن خشک ریشه

برازش دوگانه منحنی‌های لگاریتم لجستیک سه پارامتره برای وزن خشک ریشه پنبه و ذرت با حد بالا و پائین یکسان انجام شد و آزمون عدم برازش معنی‌دار نبود (P= ۰/۹۸۹٤) و پارامترهای b، d و ED_{50} معنی‌دار شدند (جدول ٤).

جدول ۴- پارامترهای برآورد شده حاصل از برازش مدل سه پارامتری لگاریتم لجستیک با حد بالای یکسان (d) به داده‌های وزن خشک ریشه پنبه و ذرت در بقایای شبیه‌سازی‌شده ایمازتاپیر در خاک

ED_{50}	d	C	b		
3.34×10^{-4}	95.10	-	2.40	Cotton	Estimated parameters
1.04×10^{-4}		-	1.12	Maize	
3.89	4.10	-	0.72	Cotton	Standard Error
1.96		-	0.28	Maize	
0	0	-	0.0016	Cotton	Possibility
0		-	0.0002	Maize	

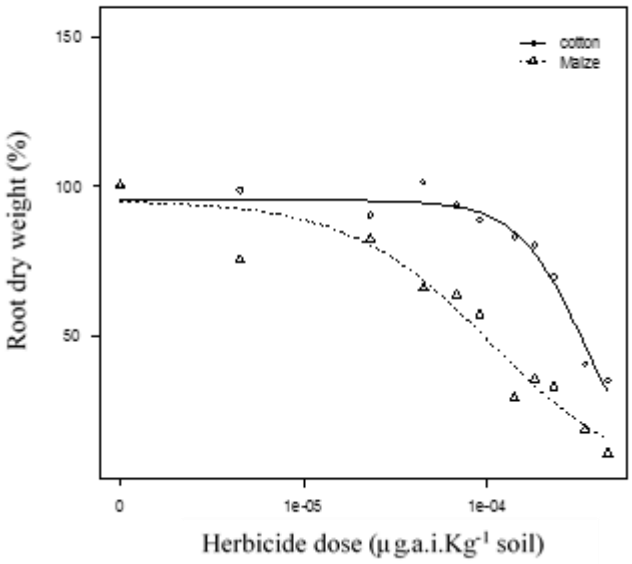
آزمون عدم برازش معنی‌دار نبود (P= 0.9894) Lack of fit test was not significant (P= 0.9894)

Table 4- Estimated parameters of simultaneously 3-parameter Log– logistic model fitted to root dry weight of wheat and barley data at simulated imazthapyr residue in soil

در هر دو گیاه پنبه و ذرت، وزن خشک ریشه در سه دز اول (صفر، $٤/٥\times10^{-٤}$ و ٢٣×10^{-٦} گرم ماده موثره ایمازتاپیر در کیلوگرم خاک) اختلاف معنی‌داری باهم نداشتند و با افزایش دز، تفاوت‌ها معنی‌دار شدند. وزن خشک ریشه ذرت، حساسیت بیشتری به بقایای علف‌کش نشان داد و بازدارندگی این صفت از غلظت‌های پائین‌تر علف‌کش ایمازتاپیر آغاز شد (شکل ٤) اما برای کاهش ۵۰ درصدی وزن خشک ریشه پنبه، به $٣/٣٤\times10^{-٤}$ و برای ذرت، به $١/٠٤\times10^{-٤}$ گرم ماده موثره ایمازتاپیر در کیلوگرم خاک نیاز بود.

فخررراد و همکاران (Fakhrerad *et al.*, 2013) با بررسی پاسخ گیاهان به بقایای متری‌بیوزین در خاک نشان داند که کمترین و بیشترین تلفات زیست‌تودهٔ اندام هوایی و بیشترین و کمترین تلفات زیست‌تودهٔ ریشه، به‌ترتیب در ذرت و کلزا مشاهده شد. با توجه به نتایج حاصل از آزمایش این محققان، ذرت با داشتن بالاترین ED_{50}، به‌عنوان مقاوم‌ترین گیاه وکلزا باکمترین مقدار، به‌عنوان حساس‌ترین گیاه به بقایای متری‌بیوزین شناخته شدند. ایزدی و همکاران (Izadi *et al.*, 2011)، حساسیت هفت گیاه (نخود، عدس، لوبیا، گوجه فرنگی، ذرت، کلزا و چغندرقند) را به بقایای مختلف علف‌کش توتال بررسی کردند و نتایج نشان داد که با افزایش بقایای توتال در خاک، درصد سبز شدن، بقا و زیست‌توده ریشه و ساقه در همه این محصولات زراعی کاهش یافت، به گونه‌ای که نخود و کلزا، به‌ترتیب کمترین درصد تلفات‌زیست‌توده ساقه و

ریشه را داشتند؛ همچنین ذرت و کلزا، به ترتیب متحمل‌ترین و حساس‌ترین گیاهان به بقایای این علف‌کش بودند.



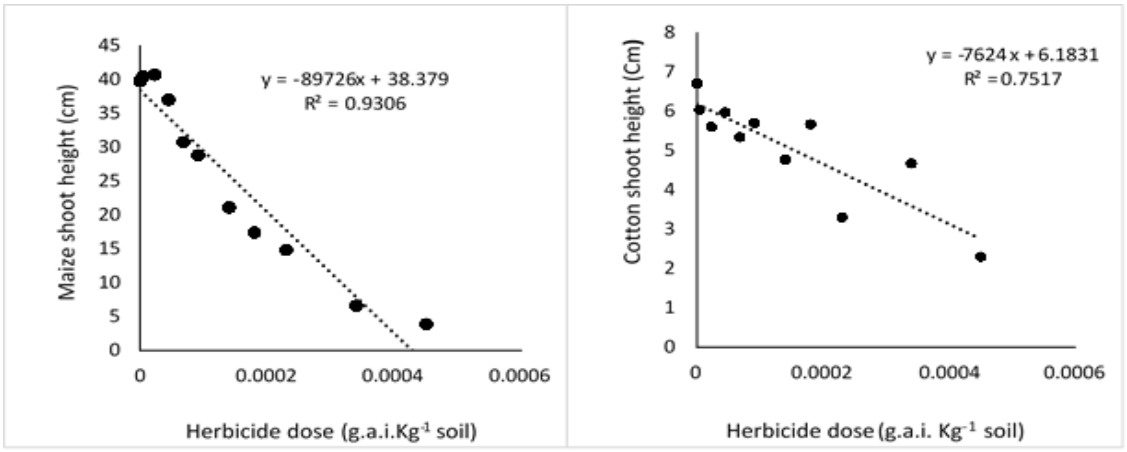
شکل ٤- پاسخ ماده خشک ریشه پنبه و ذرت به غلظت‌های مختلف علف‌کش ایمازتاپیر در خاک (محور x، لگاریتمی مقیاس بندی شده است).

Fig 4. Cotton and maize root dry weight response to different concentrations imazthapyr in soil (X axis is logarithmic).

ارتفاع ذرت و پنبه

بقایای علف‌کش ایمازتاپیر بر ارتفاع ساقه ذرت و پنبه تاثیرگذار بود (شکل ۵). همان طور که در شکل (۵) دیده می‌شود، کاهش ارتفاع ساقه در ذرت، با شیب شدیدتری نسبت به پنبه اتفاق افتاده است.

مقدار ضریب تبیین حاصل از برازش داده‌های ارتفاع ساقه ذرت، ۰/۹۳ بدست آمد. ارتفاع ساقه ذرت در



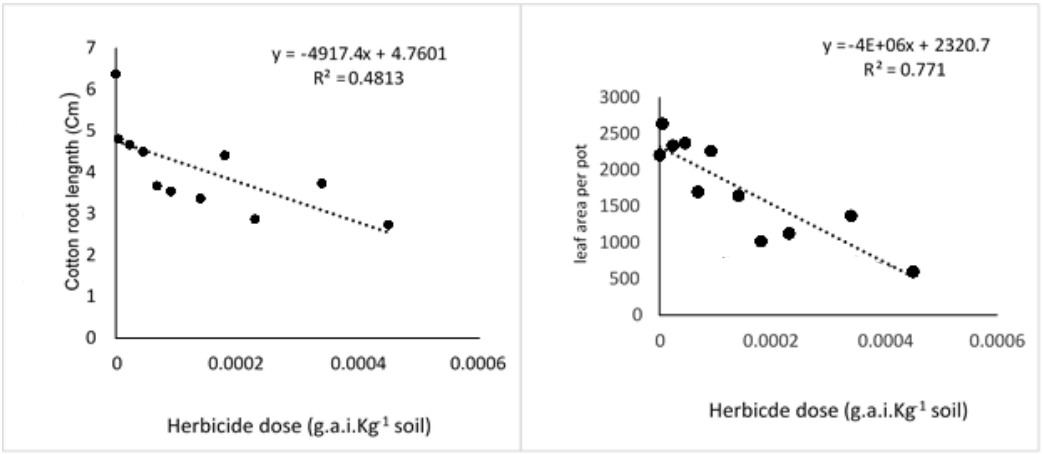
شکل ۵- پاسخ ارتفاع ساقه پنبه و ذرت به غلظت‌های مختلف علف‌کش ایمازتاپیر در خاک

Fig 5. Cotton and maize shoot height responses to different concentrations of imazthapyr in soil

تیمار شاهد صفر، ٤٠ سانتی‌متر بود و در تیمار دز توصیه‌شده علف‌کش ایمازتاپیر در هکتار (معادل ٤٥٠ میکروگرم در کیلوگرم خاک)، به ۳/۸٦ سانتی‌متر رسید؛ ضریب تبیین خط برازش داده شده در پنبه، ۰/۷۵ بود. کاهش ارتفاع پنبه، با شیب ملایم‌تری اتفاق افتاد و از ٦/۷ سانتی‌متر در تیمار شاهد صفر، به ۲/۳ سانتی‌متر در تیمار ٤٥×١٠^{-٥} گرم ماده موثره ایمازتاپیر در کیلوگرم خاک رسید که ٦٥/٦ درصد کاهش یافت در حالی‌که در ذرت، درصد کاهش، ۹۰/۳۵ بود. هر دو گیاه، به بقایای علف‌کش ایمازتاپیر واکنش نشان دادند اما ارتفاع ساقه در ذرت، بیشتر از پنبه تحت تاثیر دزهای مختلف علف‌کش قرار گرفت. براساس نتایج ایزدی و سلیمان‌پور (Izadi and Solaimanpour, 2015)، باقیمانده علف‌کش تریفلورلین در خاک، ارتفاع، تعداد شاخه جانبی، تعداد گره تمام ژنوتیپ‌های نخود مورد بررسی را به‌طور معنی‌داری کاهش داد. گزارش‌های زیادی در زمینه حساسیت گیاهان زراعی به بقایای تریفلورالین وجود دارد؛ نتایج فرانک و همکاران (Frank *et al.*, 1998) نشان داد که زیست‌توده، سبزشدن و جوانه‌زنی ۱۰ ژنوتیپ یولاف زراعی، تحت تاثیر باقیمانده این علف‌کش قرار گرفت به گونه‌ای که یک سال پس از کاربرد ۱۹۲۰ گرم تریفلورالین در هکتار ، سبب کاهش معنی‌دار زیست‌توده یولاف شد.

سطح برگ و طول ریشه پنبه

همان‌طور که در شکل ٦ ملاحظه می‌شود، با افزایش غلظت علف‌کش ایمازتاپیر، طول ریشه و سطح برگ پنبه در گلدان کاهش یافت. طول ریشه پنبه در تیمار شاهد صفر، ٦/۳۸ سانتی‌متر و در تیمار ۱۰۰ درصد دز توصیه‌شده که معادل ٤٥×١٠^{-٥} گرم ماده موثره ایمازتاپیر در کیلوگرم خاک، ۲/۷۳ بدست آمد که معادل ۵۷ درصد کاهش بود. با افزایش بقایای علف‌کش ایمازتاپیر، ۷۷ درصد از سطح برگ پنبه کاسته شد. بر اساس گزارش ایزدی و سلیمان‌پور (Izadi and Solaimanpour, 2015)، با افزایش غلظت علف‌کش تریفلورالین، رشد ریشه و اندام‌های هوایی همه ژنوتیپ‌های نخود مورد بررسی کاهش یافت.



شکل ٦- پاسخ طول ریشه و سطح برگ پنبه به غلظت‌های مختلف علف‌کش ایمازتاپیر در خاک (تعداد بوته در هر گلدان سه عدد بود).

Fig 6. Cotton root length and leaf area responses to different concentrations of imazthapyr in soil (three plants were per pot)

نتیجه‌گیری

براساس نتایج حاصل از برازش داده‌های مربوط به آزمایش حساسیت گیاهان زراعی پنبه و ذرت به بقایای علف‌کش ایمازتاپیر، صفت‌های رشدی هر دو گیاه به بقایای علف‌کش واکنش نشان داد و همواره حساسیت ریشه و ساقه ذرت نسبت به پنبه بیشتر بود. علاوه بر صفت‌های وزن خشک ریشه و ساقه، صفت ارتفاع بوته در هر دو گیاه زراعی، شاخص خوبی برای تعیین اثر بقایای علف‌کش بود.

منابع

Al-E-Ebrahim, M.T. and Mehdizadeh, M. 2017. Effect of prometrin residue on soil microbial biomass and different crops through bioassay. J. Plant Protec. 30(2):337-346.

Alonso-Prados. J.L., Hernandez, E., Sevillano Lianos, S., Villarroya, M. and Baudin, J.M. 2002. Effects of sulfosulfuron soil residues on barley (*Hordeum vulgare*), sunflower (*Helianthus annuus*) and common vetch (*Vicia sativa*). Crop Prot. 21:1061-1066.

Bresnahan, G.A., Koskinen, W.C., Dexter, A.G. and Lueschen, W.F. 2000. Influence of soil pH−sorption interactions on imazethapyr carry-over. J. Agric. Food Chem. 48:1929–1934.

Caamal-Maldonado, J.A., Jimenez-Osornio, J.J., Torres-Barragan, A. and Anaya, A.L. The use of allelopathic legume cover and mulch species for weed control in cropping systems. Agron. J. 93:27-36.

Demczuk, A., Sacała, E. and Grzys, E. 2004. Changes in the activity of the acetyl lactate (ALS) under the effect of the herbicide Titus at different varieties of cucumber. Prog. Plant Prot. 44:645-647.

Eliason, R., Schoenau, J.J., Szmigielski, A.M. and Laverty, W.M. 2004. Hytotoxicity and persistence of flucarbazone-sodium in soil. Weed Sci. 52:857-862.

Fakhrerad, S.F., Izadi Darbandi, E., Rashed Mohassel, M.H. and Hassanzadeh-Khayat, M. 2012. Evaluation of some pulses and other crops sensitivity to metribuzin simulated soil residue. Iranian J. Pulses Res. 3(2):73-84.

Frank, A.M., Richard, K., Zollinger, M.S., Mullen Mc. and Orval Swenson, R. 1998. Trifluralin reduces oat establishment and yield but not quality. Department of Cereal Science and Department of Plant Sciences. North Dakota State University.

Gan, J., Weimer, M.R., Koskinen, W.C., Buhler, D.D., Wyse, D.L. and Becker, R.L. 1994. Sorption and desorption of imazethapyr and 5-hydroxyimazethapyr in Minnesota soils. Weed Sci. 42:92–97.

Ghassam, A., Alizadeh, H., Bihamta, M.R. and Ashrafi, S.Y. 2009. Bioassay to used herbicide residue in corn, using Cress, as sensitive plant. 3rd Iranian Weed Science Congress. Babolsar, Iran.

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 (10), 1323-1331.

Henderson, C.W.L. and Webber, M.J. 1993. Phytotoxicity of several pre-emergence and post-emergence herbicides to green bean (*Phaseolus vulgaris*). Aust. J. Exp. Agric. 33:645-652.

Izadi, A., Rashed Mohassel, M.H. Mahmoodi, G. and Dehghan, M. 2011. Evaluation of crops sensitivity to Total (mesosulforun+metsulforun) herbicide soil residue. J. Plant Prot. 25(2):191-201.

Izadi, A. and Soleimanpour, Z. 2015. Effect of trifluralin herbicide residues in soil on growth and nodulation of chickpea genotypes. Iranian J. Pulses Res. 6(1):117-126.

Izadi, E., Rashed-Mohassel, M.H. and Zand, E. 2011. Evaluation of different crops sensitivity to atrazine soil residue. Iranian J. Field Crops Res., 8: 995-1001. (In Persian)

Loux, M.M., Liebl, R.A. and Slife, F.W. 1989. Adsorption of imazaquin and imazethapyr on soils, sediments, and selected adsorbents. Weed Sci. 37:712–718.

Mangel, G. 1991. The imidazolinone herbicides. ed. by Shaner D.L. and O'Conner, S.L., CRC Press, Boca Raton, FL, pp: 191–209.

Moyer J.R., Esau R. and Kozub, G.C. 1990. Chlorsulfuron persistence and response of nine rotational crops in alkaline soil of southern Alberta. Weed Technol. 4:543-548.

Naylor, R. 1996. Herbicides in Asian rice: Transitions in weed management. IRRI: 270 p.

Peyvastegan, A. and Farahbakhsh, A. 2011. The residual effects of different doses of atrazine, alachlor and oramsulfuron on the growth and physiology of rape seed (*Brassica napus* L.). International J. of Innov. And Sci. Res. 5(2): 88-93

Ritz, C. and Streibig, J.C. 2005. Bioassay analysis using R. J. Stat. Softw 12(5).

Rodrigues, B.N., de Lima, J., Yada, I F.U., Ulbrich A.V. and Fornarolli, D.A. 2000. Mulch influence on weed-crop competition and on imazaquin retention in no tillage soybean crop. Planta Daninha. 18:231–239.

Santin-Montanya I., Alonso-Prados J.L., Villarroya M. and Garcia-Baudin J.M. 2006. Bioassay for determining sensitivity to sulfosulfuron on seven plant species. J. Environ. Sci. Health. 41:781-793.

Sarmah, A.K., Kookana, R.S. and Alston, A.M. 1999. Degradation of chlorsulfuron and triasulfuron in alkaline soil under laboratory conditions. Weed Res. 39:83-92.

Seefeldt, S.S., Jensen, J.E. and Furst, E.P. 1995. Log-logistic analysis of dose-response relationships. Weed Technol. 9:218-227.

Sekutowski, T. and Sadowski, J. 2006. Use of bioassays for assessment of residues level of herbicides active ingredients in the soil. Pesticides/Pestycydy (1-2): 59-64.

Sekutowski, T., and Sadowski, J. 2009. Phytotoxkittm microbiotest used in detecting herbicide residue in soil. Environ. Prot. Eng. 35: 105-110

Sondhia, S. 2013. Leaching behaviour of metsulfuron in two texturally different soils. Indian J. Weed Sci. 45:58–61.

Stougaard, R.N., Shea, P.J. and Martin A.R. 1990. Effect of soil type and pH on adsorption, mobility and efficacity of imazaquin and imazethapyr. Weed Sci. 38:67–73.

Vicari, A., Catizone, P. and Zimdahl, R.L. 1994. Persistence and mobility of chlorsulfuron and metsulfuron under different soil and climatic conditions. Weed Res. 34:147-156.

Zand, E., Rahimiyan, H., Kouchaki, A., Khalaghani, J., Mousavi, S.K. and Ramezani, K. 2004. Weed Ecology (Management Approach). Mashhad Jahad University Press. 544Pp.

Zhang, W.M., Megiffen, M.E., Beker, J.O., Ohr, H.D., Sims, J.J. and Kallenbach, R.L. 1997. Dose response of weeds to methyl and methyl bromide. Weed Res. 37:181- 189.