Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources

Journal of Plant Production Research

Print ISSN: 2322-2050
Online ISSN: 2322-2778

Evaluation of 2,4-D leaching potential via soybeans and cucumbers bioassay at different levels of manure

Taher Ajami[1], Zeinab Avarseji[*2], Ebrahim Gholamalipour Alamdari[3], Abdollatif Gholizadeh[4]

1. M.Sc. Graduate of Weed Science, Dept. of Plant Production, Faculty of Agriculture and Natural Resources, University of Gonbad Kavous, Gonbad Kavous, Iran. E-mail: taher.ajami69@gmail.com
2. Corresponding Author, Assistant Prof., Dept. of Plant Production, Faculty of Agriculture and Natural Resources, University of Gonbad Kavous, Gonbad Kavous, Iran. E-mail: avarseji@gonbad.ac.ir
3. Associate Prof., Dept. of Plant Production, Faculty of Agriculture and Natural Resources, University of Gonbad Kavous, Gonbad Kavous, Iran. E-mail: eg.alamdari@gmail.com
4. Assistant Prof., Dept. of Plant Production, Faculty of Agriculture and Natural Resources, University of Gonbad Kavous, Gonbad Kavous, Iran. E-mail: latif_gholizadeh@yahoo.com

Article Info

Article type:
Full Length Research Paper

Article history:
Received: 01.08.2023
Revised: 02.02.2023
Accepted: 02.25.2023

Keywords:
Herbicide,
Index plant,
Organic matter,
Penetration depth

ABSTRACT

Background and Objectives: The herbicides environmental pollution caused by their over-use is one of the most critical threats to ecosystems and human societies' health. Therefore, understanding the behavior of pesticides in the environment is necessary to reduce the adverse effects of the environment and optimize agricultural activities. The goal of this experiment was to evaluate the effect of manure level on the leaching depth of 2,4-D via soybean and cucumber seedling bioassay.

Materials and Methods: This factorial experiment was performed based on a RCBD with three replications. The first factor was livestock manure including control (without manure and herbicide), 0, 10, 25 and 50% of rotted manure all with herbicide and the second factor of soil layers considered as 0-2, 2-4, 4-6, 6-8, 8-10 and 10-12 cm. 2,4-D herbicide (72% L, 2 $L.ha^{-1}$), 24 hours after soil saturation was applied. 48 hours after herbicide application, five seeds of the plant were planted in each pot and by the end of 30 days, shoot and root length and dry weight of shoot and root were measured.

Results: The results showed that the 2,4-D leaching depth was 10 cm in soybean and 12 cm in cucumber without manure. Adding 10 and 25% manure did not show a significant effect on the 2,4-D leaching reduction, but treatment of 50% manure diminished the leaching depth in soybeans and cucumbers up to 8 and 10 cm. With 50% increase in manure due to increased herbicide adsorption in 2 and 4 cm layers, more inhibition was observed than other layers and as a result, less herbicide was transferred to the next layers. On the other hand, cucumber showed more sensitivity to different amounts of 2,4-D herbicide leaching than soybean, so that up to 8 cm layer, all treatments except herbicide-free control treatment indicated a significant reduction in measured traits. It seems that the increase of soil organic matter in the treatment of 50% manure in layers larger than 8 cm, improved the growth of measured traits close to the control treatment. According to the results of this experiment, cucumber can be used as an index plant to monitor the leaching depth of 2,4-D herbicide.

Conclusion: The more sensitive the plant is, the more it reacts to the herbicides, and as a result, the effective depth of leaching increases for that

plant. At the present study, the effective leaching depth in cucumber and soybean plants was different. In soybean, it was between 6 and 10 cm, and in cucumber, depending on the measured trait sensitivity, it was between 10 and 12 cm. Cucumber showed high sensitivity to different amounts of leaching, so that up to a depth of approximately 6 cm in all treatments a significant reduction in measured traits occurred. Comparing the reaction of soybean and cucumber crops to the depth of 2,4-D leaching, it can be concluded that cucumber is more sensitive than soybean; So that in soybean from a depth of 6 cm and after, no sharp decrease in the studied traits is observed, but in cucumber up to a depth of 10 cm, the decrease was noticed. It is noteworthy that the addition of manure may reduce the leaching of herbicides, but at shallow depths due to the adsorption of high amounts of herbicides, and its gradual application will cause plant burns. Also, according to the results of this experiment, cucumber can be used as a benchmark in monitoring the amount of 2,4-D herbicide leaching.

Cite this article: Ajami, Taher, Avarseji, Zeinab, Gholamalipour Alamdari, Ebrahim, Gholizadeh, Abdollatif. 2023. Evaluation of 2,4-D leaching potential via soybeans and cucumbers bioassay at different levels of manure. *Journal of Plant Production Research*, 30 (3), 141-160.

© The Author(s).
DOI: 10.22069/JOPP.2023.20951.2998
Publisher: Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources

نشریه پژوهش‌های تولید گیاهی

شاپا چاپی: ۲۳۲۲-۲۰۵۰
شاپا آنلاین: ۲۳۲۲-۲۷۷۸

بررسی پتانسیل آبشویی علف‌کش 2,4-D توسط زیست‌سنجی گیاهچه‌های سویا و خیار در سطوح مختلف کود دامی

طاهر عجمی[۱]، زینب اورسجی*[۲]، ابراهیم غلامعلی‌پور علمداری[۳]، عبداللطیف قلی‌زاده[٤]

۱. دانش‌آموخته کارشناسی‌ارشد علوم علف‌های هرز، گروه تولیدات گیاهی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه گنبد کاووس، گنبد کاووس، ایران. رایانامه: taher.ajami69@gmail.com

۲. نویسنده مسئول، استادیار گروه تولیدات گیاهی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه گنبد کاووس، گنبد کاووس، ایران. رایانامه: avarseji@gonbad.ac.ir

۳. دانشیار گروه تولیدات گیاهی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه گنبد کاووس، گنبد کاووس، ایران. رایانامه: eg.alamdari@gmail.com

٤. استادیار گروه تولیدات گیاهی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه گنبد کاووس، گنبد کاووس، ایران. رایانامه: latif_gholizadeh@yahoo.com

اطلاعات مقاله

نوع مقاله:
مقاله کامل علمی- پژوهشی

تاریخ دریافت: ۱٤۰۱/۱۰/۱۸
تاریخ ویرایش: ۱٤۰۱/۱۱/۱۳
تاریخ پذیرش: ۱٤۰۱/۱۲/۰٦

واژه‌های کلیدی:
علف‌کش،
عمق نفوذ،
گیاه محک،
ماده آلی

چکیده

سابقه و هدف: علف‌کش‌ها پرکاربردترین آفت‌کش‌های کشاورزی هستند که آلودگی‌های زیست‌محیطی ناشی از کاربرد آن‌ها از مهم‌ترین عوامل تهدیدکننده سلامت زیست‌بوم‌ها و جوامع بشری می‌باشد؛ از این‌رو شناخت رفتار آفت‌کش‌ها در محیط در جهت کاهش اثرات سوء زیست‌محیطی و بهینه‌سازی فعالیت‌های کشاورزی ضروری است. پژوهش حاضر با هدف بررسی تأثیر کود دامی بر کاهش آبشویی علف‌کش توفوردی از طریق زیست‌سنجی گیاهچه‌های سویا و خیار انجام شد.

مواد و روش‌ها: این آزمایش به‌صورت فاکتوریل بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار در گلخانه تحقیقاتی دانشگاه گنبد کاووس در سال ۱۳۹۷ اجرا شد. عامل اول کود دامی در پنج سطح شامل شاهد (عدم کاربرد کود گاوی وعلف‌کش) و ۰، ۱۰، ۲۵ و ۵۰ درصد کود گاوی پوسیده به همراه کاربرد علف‌کش و عامل دوم لایه‌های خاک در شش سطح شامل لایه‌های صفر تا ۲، ۲ تا ٤، ٤ تا ٦، ٦ تا ۸، ۸ تا ۱۰ و ۱۰ تا ۱۲ سانتی‌متر بود. علف‌کش توفوردی (۷۲٪L) با دز توصیه شده دو لیتر در هکتار، ۲٤ ساعت پس از اشباع خاک و زمانی که آب ثقلی خارج شد؛ به کار برده شد. ٤۸ ساعت پس از اعمال علف‌کش به میزان ۱۰۹×۱۰^{-۳} سی‌سی برای سطح مقطع $۹/۵\times۱۰^{-۳}$ مترمربعی گلدان، در هر کدام، پنج بذر از گیاه مورد نظر کشت و در انتهای ۳۰ روز صفات طول اندام هوایی و ریشه و وزن خشک اندام هوایی و ریشه اندازه‌گیری شد.

یافته‌ها: نتایج نشان داد که عمق آبشویی توفوردی در شرایط بدون مصرف کود دامی در سویا ۱۰ سانتی‌متر و در خیار ۱۲ سانتی‌متر به‌دست آمد. افزودن کود دامی به میزان ۱۰ و ۲۵ درصد تأثیر چشمگیری بر کاهش آبشویی توفوردی نشان نداد؛ اما تیمار ۵۰ درصد کود دامی سبب کاهش عمق آبشویی در سویا و خیار به ۸ و ۱۰ سانتی‌متر شد. با افزایش ۵۰ درصد کود دامی به دلیل افزایش جذب سطحی علف‌کش در لایه‌های ۲ و ٤ سانتی‌متری، بازدارندگی بیش‌تری در صفات مورد بررسی نسبت به لایه‌های دیگر بروز داد و به تبع آن علف‌کش کم‌تری به لایه‌های بعدی خاک منتقل گردید. از سوی دیگر گیاه خیار نسبت به سویا، حساسیت بیش‌تری به مقادیر مختلف آبشویی علف‌کش توفوردی نشان داد، به‌گونه‌ای که تا لایه ۸ سانتی‌متری تمام تیمارهای مورد استفاده به غیر از تیمار شاهد بدون علف‌کش، کاهش چشمگیری در صفات اندازه‌گیری شده بروز دادند. به نظر می‌رسد که افزایش ماده آلی خاک در لایه‌های بیش‌تر از ۸ سانتی‌متر، در تیمار ۵۰ درصد کود دامی، سبب بهبود رشد صفات اندازه‌گیری شده تا نزدیک تیمار شاهد شد.

نتیجه‌گیری: عمق مؤثر آبشویی عاملی از میزان حساسیت گیاه نیز می‌باشد هرچه گیاه حساس‌تر باشد به مقادیر کم‌تری از علف‌کش واکنش نشان می‌دهد و در نتیجه عمق مؤثر آبشویی برای آن گیاه افزایش می‌یابد. بر اساس نتایج این آزمایش خیار می‌تواند به عنوان گیاه محک در پایش مقادیر آبشویی علف‌کش توفوردی به‌کار برده شود.

استناد: عجمی، طاهر، اورسجی، زینب، غلامعلی‌پور علمداری، ابراهیم، قلی‌زاده، عبداللطیف (۱۴۰۲). بررسی پتانسیل آبشویی علف‌کش 2,4-D توسط زیست‌سنجی گیاهچه‌های سویا و خیار در سطوح مختلف کود دامی. *نشریه پژوهش‌های تولید گیاهی*، ۳۰ (۳)، ۱۶۰-۱۴۱.

DOI: 10.22069/JOPP.2023.20951.2998

ناشر: دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

© نویسندگان.

مقدمه

علف‌کش سیستمیک توفوردی (٤،٢ دی کلرو فنوکسی استیک اسید) به‌صورت پیش و پس‌رویشی جهت کنترل علف‌های هرز پهن‌برگ در غلات، مراتع، چمن‌زارها، جنگل‌ها، حاشیه جاده‌ها و پارک‌ها به طور گسترده‌ای استفاده می‌شود (١). و جزء اولین علف‌کش‌های تجاری می‌باشد که در سال ١٩٤٠ به بازار معرفی شد. به دلیل قیمت کم، خاصیت انتخابی، کارایی و توانایی کنترل دامنه وسیعی از علف‌های هرز در زمره رایج‌ترین علف‌کش‌های مورد استفاده در دنیا می‌باشد. دلیل دیگر محبوبیت آن، فرمولاسیون تجاری توفوردی است که به آسانی در آب حل می‌شود و سبب نفوذ سریع‌تر علف‌کش در برگ‌ها و ریشه‌ها و کارایی بهتر آن می‌گردد (٢). اگرچه که اسید آزاد توفوردی هم به عنوان علف‌کش مصرف می‌شود اما دارای ٩ شکل از نمک‌ها، آمین‌ها و استرها است که به عنوان ماده مؤثره در محصولات نهایی ثبت شده‌اند و شامل مشتقات نمک سدیم، نمک دی اتانول آمین، نمک دی متیل آمین، نمک ایزوپروپیلامین، نمک تری تری پروپانول آمین، بوتوکسی اتیل استر، اتیل هگزیل استر و ایزوپروپیل استر می‌باشند که تقریباً ٩٠-٩٥ از کل استفاده جهانی توفوردی به صورت نمک دی متیل آمین و اتیل هگزیل استر انجام می‌شود (٣).

مصرف بی‌رویه علف‌کش‌ها در کشاورزی مدرن، سبب آلودگی خاک، آب‌های زیرزمینی، رودخانه‌ها، دریاچه‌ها و هوا شده است (٤) و گاهی اوقات، غلظت آفت‌کش‌ها در فاضلاب کشاورزی به ٥٠٠ میلی‌گرم در لیتر می‌رسد (٤) باکتری‌ها برای تجزیه آلودگی‌ها نیازمند اکسیژن هستند و بیش‌تر آلاینده‌های اکسیژن‌خواه، از نوع آلی هستند که خود سبب کندی تجزیه این مواد در آب‌های زیرزمینی می‌شود (٥). به عبارت دیگر مشکل اساسی آن‌ها، ماندگاری در محیط بوده که اثرات جانبی زیادی بر سلامت موجودات زنده و میکروارگانیسم‌ها در اکوسیستم‌های مختلف دارند. این آلاینده‌ها پس از ورود به زنجیره‌های غذایی، سلامت انسان را تحت‌تأثیر قرار می‌دهند (٦). از این‌رو شناخت رفتار آفت‌کش‌ها در محیط، برای حذف تاثیرات منفی زیست‌محیطی و بهبود فعالیت‌های سمپاشی، اهمیت یافته است (٧). خواجوی و همکاران (٨، ٩) طی بررسی جامعی بر زیست‌سنجی بقایای دو علف‌کش ایمازتاپیر در پنبه و ذرت و پندی‌متالین در گندم و جو نشان دادند که ریشه و ساقه ذرت در مقایسه با پنبه، حساسیت بیش‌تری به بقایای علف‌کش ایمازتاپیر دارد و حساسیت گندم به بقایای علف‌کش پندی‌متالین از جو بیش‌تر بود. اگرچه مطالعاتی در زمینه بقایا و آبشویی علف‌کش‌ها شروع شده است ولی هم‌چنان کمبود مطالعات و اطلاعات کاربردی در این زمینه احساس می شود؛ از سوی دیگر معرفی گیاهان محک به عنوان گیاهی حساس که به دزهای حداقلی از علف‌کش، واکنش نشان می‌دهد؛ می‌تواند به عنوان راه‌کاری سریع، مؤثر و کاربردی در پایش آبشویی، بقایا و ماندگاری علف‌کش‌ها در خاک و آب به پژوهش‌گران کمک کند (١٠).

در بسیاری از پژوهش‌ها، تأثیر نوع، بافت، ساختمان خاک و نیز عواملی مانند pH و میزان رطوبت، هوموس، رس و حتی فعالیت بیولوژیکی خاک کشاورزی بر روند تجزیه و ماندگاری و سرعت انتقال سموم به لایه‌های پائین‌تر خاک مزارع و گلخانه‌ها مورد توجه قرار گرفته است (١١، ١٢).

در همین راستا روش‌های متعددی برای مطالعه آبشویی علف‌کش‌ها در ستون خاک از جمله کروماتوگرافی لایه نازک خاک، فن‌آوری استخراج فاز جامد، لیزیمتری و مدل‌سازی کامپیوتری از طریق مانیتورینگ باقی‌مانده سموم در خاک وجود دارد (١٣) اما زیست‌سنجی بقایای علف‌کش در خاک ابزاری مهم جهت تعیین کیفی و کمی آبشویی علف‌کش‌ها

می‌باشد (۱٤). روش‌های زیست‌سنجی اغلب کم‌هزینه بوده و زمان کم‌تری جهت انجام آن صرف می‌شود، در مقابل استفاده از مواد شیمیایی، نیاز به تجهیزات گران‌قیمت و روش‌های تحلیلی پیچیده دارد (۱۵).

مواد آلی نقش مهمی در جذب آفت‌کش‌ها در خاک دارد (۲۰) که می‌تواند رفتار متضادی در کاهش انتقال آفت‌کش‌ها در خاک داشته باشد. این واقعیت که افزایش مواد آلی خاک باعث افزایش مقدار K_d می‌شود در پژوهش‌های متعددی گزارش شده است (۱۷). مواد آلی به‌عنوان جزء اصلی کنترل‌کننده جذب بسیاری از آفت‌کش‌ها در خاک می‌باشند (۹) و در مطالعات گذشته بیان شده که جذب آفت‌کش‌های غیریونی توسط خاک عمدتاً توسط محتوای مواد آلی کنترل می‌شود (۹).

مقدار ماده آلی، pH خاک و مقدار آهن و آلومینیوم اکسی‌هیدروکسایدها از عوامل مؤثر در حفظ و نگهداری علف‌کش‌های فنوکسی در خاک می‌باشند (۱۸). به‌طورکلی علف‌کش MCPA به مقدار کمی در خاک باقی می‌ماند و آبشویی آن در داخل ستون خاک به راحتی صورت می‌گیرد (۱۹). هم‌چنین روند و نرخ انتقال سموم مصرف شده به لایه‌های پائین‌تر خاک و نیز آب‌های زیرزمینی، تحت‌تأثیر نوع، بافت، ساختمان خاک و نیز عواملی مانند pH و میزان رطوبت، هوموس، رس و حتی فعالیت بیولوژیکی خاک قرار می‌گیرد (۱۱).

نیمه عمر توفوردی بسته به شرایط محیطی بین ۲۰ تا ۳۱۲ روز می‌باشد (۲۰). این علف‌کش ممکن است به‌صورت مستقیم روی خاک یا روی محصولات پاشیده شود و اغلب از آن‌جا به آب‌ها و رسوبات سطحی می‌رسد (۲۱). معمولاً این علف‌کش، به سبب ضریب جذب پایین ($۱۵۰-۲۷۰ M^{-1}cm^{-1}$) در طول موج ۲۵۳/۷) و حلالیت زیاد در آب ($۹۰۰ mg.L^{-1}$)، در آب‌های سطحی و زیرزمینی یافت می‌شود که به معنی مشکلات زیست‌محیطی و خطرات بهداشتی ناشی از آبشویی این علف‌کش می‌باشد (۲۲). به‌عبارت دیگر ۹۱/۷ درصد توفوردی در نهایت به درون آب‌های زیرزمینی شسته می‌شود (۲۳). از این رو با توجه به میزان آلودگی آب‌های زیرزمینی، یافتن راهکاری جهت کاهش پتانسیل آبشویی این علف‌کش ضروری به‌نظر می‌رسد؛ بنابراین پژوهش حاضر با هدف بررسی تأثیر کود دامی و لایه خاک، بر کاهش آبشویی علف‌کش توفوردی از طریق زیست‌سنجی واکنش گیاهچه‌های سویا و خیار و انتخاب گیاه محک انجام شد.

مواد و روش‌ها

این آزمایش به‌صورت فاکتوریل بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار در گلخانه تحقیقاتی دانشگاه گنبد کاووس در سال ۱۳۹۷ اجرا شد. عامل اول کود دامی در پنج سطح شامل شاهد (عدم کاربرد کود گاوی و علف‌کش) و ۰، ۱۰، ۲۵ و ۵۰ درصد کود گاوی پوسیده به همراه کاربرد علف‌کش (به ترتیب با حروف اختصاری L_1 L_2، L_3، L_4 و L_5) و عامل دوم لایه‌های خاک در شش سطح شامل لایه‌های صفر تا ۲، ۲ تا ٤، ٤ تا ٦، ٦ تا ۸، ۸ تا ۱۰ و ۱۰ تا ۱۲ سانتی‌متر بود.

در این پژوهش از بذر سویا، رقم دی‌پی‌ایکس[1] با دوره رشدی ۱۵۰ روز که از شرکت دانه‌های روغنی گنبدکاووس تهیه شد و هم‌چنین از بذر خیار، رقم بونانزا[2] با دوره رشدی ۵۰ الی ٦۰ روز استفاده گردید. همین‌طور علف‌کش توفوردی (۷۲٪L) نیز با مصرف دو لیتر در هکتار، ساخت شرکت بیواگری‌لند[3] چین مورد استفاده قرار گرفت.

1- DPX
2- Bonanza
3- Bioagriland

خاک مورد استفاده در این آزمایش از باغچه منزل شخصی بدون سابقه سمپاشی (جدول ۱) با نسبت ٦٠ درصد خاک باغچه + ٤٠ درصد ماسه بود. کود آلی مورد استفاده از نوع کود گاوی پوسیده یک‌ساله بود. سپس نسبت‌های صفر، ۱۰، ۲۵ و ۵۰ درصد از کود دامی و خاک تهیه شدند. برای تهیه ستون خاک از لوله‌های پلی‌ونیل‌کلراید (PVC) به قطر ۱۱ سانتی‌متر که به قطعات ۲ سانتی‌متری برش داده شدند استفاده گردید. همه قطعات به ترتیب با شماره‌های ۲، ٤، ٦، ۸، ۱۰ و ۱۲ کدگذاری (نشانگر لایه خاک)، و هر شش قطعه به هم چسبانده شدند تا یک ستون خاک ۱۲ سانتی‌متری ایجاد گردد، سپس هر ستون با خاک مربوط به تیمار خود پر شد. نسبت‌های ۲۵ و ۵۰ درصد کود دامی و خاک، به صورت وزنی در هر یک کیلو خاک تهیه شد به‌عنوان مثال برای تهیه نسبت ۵۰ درصد، نیم کیلو خاک و نیم کیلو کود دامی ترکیب شد. پس از آماده‌سازی ستون‌های خاک، تمام ستون‌ها از آب اشباع شدند تا اولاً خاک کاملاً مرطوب و ته‌نشین شود و کمبود خاک حاصل از نشست در ستون، با خاک اضافی جبران شود و ثانیاً انتقال علف‌کش در طول لوله، یکنواخت صورت گیرد. ستون‌های خاک ٢٤ ساعت قبل از کاربرد علف‌کش با آب اشباع شدند و پس از خروج آب ثقلی علف‌کش توفوردی با دز توصیه شده دو لیتر در هکتار به تمام ستون‌های خاک اضافه شد (به غیر از ستون‌های خاک تیمار شاهد). به این منظور با توجه به دز دو لیتر در هکتار و سطح مقطع $۹/۵\times۱۰^{-۳}$ مترمربعی گلدان میزان سم محاسبه شده برای این سطح مقطع معادل ۱۰۹×۱۰^{-۳} سی‌سی به‌دست آمد که به روش رقیق‌سازی محلول مادر با دز دو لیتر در هکتار و مطابقت آن با سطح مقطع موردنظر انجام شد. پس از رسیدن به غلظت موردنظر، علفکش به ستون‌های خاک اضافه شد.

جدول ۱- خصوصیات خاک مورد استفاده در این آزمایش پیش از تغییر بافت خاک.

Table 1. Properties of the soil used in this experiment before soil texture changing.

B	Zn	Mn	Fe	K	P	Total N(٪)	Organic carbon	Neutralizing materials (%)	E.C. ds/m^2	pH	نوع خاک Soil type
			$mg.kg^{-1}$								
2	0.5	4.1	4.9	450	13.5	0.15	1.5	20	0.73	7.8	سیلتی لومی Silty loam

به مدت ٤٨ ساعت پس از کاربرد علف‌کش عملیات کاشت انجام نشد تا فرصت کافی برای انتقال آن به اعماق خاک وجود داشته باشد. سپس، تمام ستون‌های خاک از مکان‌هایی که قبلاً بهم چسبانده شده بودند جدا گردیدند و زیر هر گلدان توسط یک بشقاب که در آن حفره‌هایی جهت زه‌کشی ایجاد شده بود؛ بسته شد. در هر گلدان، پنج بذر از محصول موردنظر کاشته شد. بعد از کاشت، گلدان‌ها ٤٨ ساعت آبیاری نشدند تا علف‌کش توسط بذر جذب شود (٢٤) و سپس با توجه به نیاز آبی گیاه، آبیاری با آبپاش مناسب انجام گردید. تمامی گلدان‌ها به مدت یک ماه در گلخانه تحت مراقبت قرار گرفتند. طول و وزن خشک ریشه، ارتفاع و وزن خشک اندام هوایی اندازه‌گیری شدند. طول ریشه‌ها پس از شسته شدن، توسط خط‌کش اندازه‌گیری شد. وزن خشک نمونه‌ها نیز پس از ٢٤ ساعت نگهداری در دمای ۷۵ درجه سانتی‌گراد توسط ترازوی یک صدم سنجیده شد. پس از تأیید نرمال بودن توزیع داده‌ها با آزمون

کولموگوروف- اسمیرنوف، آنالیز داده‌های حاصل با نرم‌افزار SAS نسخه ۹/۳ و مقایسه میانگین به روش LSD در سطح ۵ درصد انجام شد.

نتایج و بحث

صفات رشدی سویا: نتایج تجزیه واریانس نشان داد که کود دامی، تأثیر معنی‌داری بر صفات طول اندام هوایی، طول ریشه و وزن خشک ریشه دارد. هم‌چنین اثر اصلی لایه خاک و اثر متقابل کود دامی و لایه خاک بر تمامی صفات معنی‌دار بود (جدول ۲). با توجه به معنی‌دار شدن اثر متقابل، برش‌دهی فیزیکی در سطح کود دامی جهت مقایسه میانگین داده‌ها انجام شد.

جدول ۲- تجزیه واریانس صفات رشدی سویا تحت‌تأثیر میزان آبشویی علف‌کش توفوردی.

Table 2. Analysis of variance of some growth traits of soybean affected by 2,4-D leaching.

منبع تغییرات Source of variation	درجه آزادی Degree of freedom	میانگین مربعات Mean Squares			
		طول اندام هوایی shoot length	طول ریشه Root length	وزن خشک اندام هوایی Shoot dry weight	وزن Root dry weight
بلوک Block	2	1.01 ns	0.20 ns	0.003 ns	0.006 ns
سطوح کود دامی (a) Manure levels (a)	4	51.35 **	13.31 **	0.036 ns	0.035 **
لایه خاک (b) Soil layer (b)	5	149.27 **	44.24 **	0.217 **	0.107 **
a × b	20	12.90 **	4.40 **	0.077 **	0.111 **
خطا Error	58	4.10	1.37	0.021	0.008
ضریب تغییرات (درصد) C.V. (%)		15.76	19.05	20.08	20.21

ns و ** به ترتیب بیانگر تفاوت غیرمعنی‌دار و تفاوت معنی‌دار در سطح ۱ درصد

ns and ** are non-significant and significant at 1% level respectively

طول اندام هوایی: با توجه به نتایج جدول ۳، در تیمار شاهد بدون اعمال علف‌کش، همان‌طور که انتظار می‌رفت به‌دلیل یکنواختی محیط خاک و گلخانه و شرایط آبیاری، اختلاف معنی‌داری در صفت طول اندام هوایی سویا در لایه‌های مختلف خاک مشاهده نشد و از بقیه تیمارها بیش‌تر بود. در تیمار کاربرد علف‌کش در شرایط بدون اعمال کود، طول ساقه از عمق ٤ سانتی‌متر (لایه ٤ تا ٦) به بعد از نظر آماری تفاوت معنی‌داری با لایه‌های پایین‌تر نداشت.

در تیمارهای واجد علف‌کش به همراه ۱۰ و ۲۵ درصد کود دامی، از لایه ٤ تا ٦ سانتی‌متر به بعد اختلاف معنی‌داری بین صفت طول اندام هوایی سویا مشاهده نشد. طول اندام هوایی سویا در تیمار خاک ۵۰ درصد کود دامی و در عمق ۲، ٤ و ٦ سانتی‌متر، نسبت به عمق‌های متناظر (عمق ۲، ٤ و ٦ سانتی‌متر) در دیگر تیمارها کم‌تر بود که احتمالاً به دلیل درصد بالای کود دامی نسبت به بقیه تیمارها می‌باشد که سبب جذب سطحی بیش‌تر علف‌کش توفوردی

توسط کود دامی ۵۰ درصد در این تیمار و دراختیار قرار دادن تدریجی آن به گیاهچه در حال رشد و در نتیجه کاهش طول اندام هوایی سویا شد. از لایه ۸ سانتی‌متر به بعد طول اندام هوایی در تیمار خاک ۵۰ درصد کود دامی تقریباً با تیمار شاهد برابر شد که می‌تواند به دلیل نفوذ کم‌تر علف‌کش و وجود ماده آلی بیش‌تر، نسبت به بقیه تیمارها باشد.

عمق نفوذ مؤثر توفوردی در صفت طول اندام هوایی سویا ۸ سانتی‌متر به‌دست آمد زیرا از این عمق به بعد تقریباً رشد اندام هوایی در تمام تیمارهای کود دامی ثابت است. در لایه ۸ سانتی‌متر و بعد از آن با توجه به این که مقدار علف‌کش شسته شده کاهش یافت، طول اندام هوایی در تیمار کود دامی ۵۰ درصد، افزایش نشان داد که به‌دلیل وجود مقدار کود دامی بیش‌تر نسبت به بقیه تیمارها می‌باشد، به‌طوری‌که از لایه ۸ سانتی‌متر به بعد با توجه به از بین رفتن اثر ممانعت‌کنندگی علف‌کش در اثر شسته شدن کم‌تر از حد بازدارندگی برای سویا به این اعماق، طول اندام هوایی به اندازه تیمار شاهد بدون علف‌کش رسید (جدول ۳).

جدول ۳- مقایسه میانگین طول اندام هوایی سویا (سانتی‌متر) تحت‌تأثیر کود دامی و لایه خاک پس از کاربرد علف‌کش توفوردی.

Table 3. The mean comparison of the shoot length of soybean seedlings (cm) affected by manure levels and soil layer after application of 2,4-D herbicide.

سطوح کود دامی Manure levels	لایه خاک (سانتی‌متر) Soil layer (cm)						میانگین سطوح کود دامی Mean of each manure levels
	12	10	8	6	4	2	
L_1	13.20 ^{a}	13.13 ^{a}	12.73 ^{a}	11.50 ^{a}	10.83 ^{a}	10.97 ^{a}	12.06 ^{A}
L_2	12.20 ^{a}	11.90 ^{ab}	9.63 ^{abc}	7.83 ^{abc}	5.37 ^{bc}	3.30 ^{c}	9.55 ^{B}
L_3	10.83 ^{a}	10.23 ^{a}	10.20 ^{a}	9.60 ^{a}	8.93 ^{a}	4.83 ^{b}	9.11 ^{BC}
L_4	11.33 ^{a}	11.25 ^{ab}	11.23 ^{ab}	11.10 ^{ab}	7.67 ^{ab}	4.70 ^{b}	8.62 ^{BC}
L_5	12.90 ^{a}	12.63 ^{a}	11.73 ^{ab}	9.43 ^{ab}	4.23 ^{bc}	0.77 ^{c}	8.37 ^{C}
میانگین لایه خاک Mean of soil layer	12.09 ^{A}	11.83 ^{A}	11.11 ^{AB}	9.89 ^{AB}	7.41 ^{AB}	4.91 ^{B}	

بر اساس آزمون LSD حروف مشابه در هر ردیف، در سطح احتمال ۵ درصد با یکدیگر اختلاف معنی‌داری ندارند. L_1: عدم کاربرد کود دامی و علف‌کش، L_2: عدم کاربرد کود دامی به همراه علف‌کش، L_3: خاک حاوی ۱۰ درصد کود دامی، L_4: خاک حاوی ۲۵ درصد کود دامی و L_5: خاک حاوی ۵۰ درصد کود دامی. مقادیر LSD برای کود دامی و لایه خاک به ترتیب برابر با ۱/۱٤ و ۲/۷۹ بود. حروف مشابه در ستون میانگین سطوح کود دامی از نظر آماری اختلاف معنی‌داری ندارد

Based on LSD test similar letters in each row have no significance at the 5% probability level. L_1: without manure and herbicide, L_2: without manure and with herbicide, L_3: soil containing 10% manure, L_4: soil containing 25% manure, and L_5: soil containing 50% manure LSD values for manure levels and soil layer are 1.14 and 2.79. Similar letters in column of mean of each manure levels have no significance difference at the 5% probability level

طول ریشه: نتایج مربوط به اندازه‌گیری طول ریشه گیاه سویا تحت‌تأثیر آبشویی علف‌کش توفوردی نشان داد که با افزایش عمق لایه خاک، طول ریشه این گیاه زراعی افزایش یافت (جدول ٤) که بیانگر کاهش آبشویی علف‌کش توفوردی به اعماق خاک می‌باشد. به نظر می‌رسد در عمق بیش‌تر از ۸ سانتی‌متر، طول ریشه به میزان کم‌تری تحت‌تأثیر آبشویی علف‌کش توفوردی قرار گرفته و اختلاف معنی‌داری بین آن‌ها

نیست (جدول ٤). بیش‌ترین طول ریشه در شاهد بدون علف‌کش ثبت شد. در تیمار شاهد با کاربرد علف‌کش و بدون مصرف کود دامی تا لایه ۱۰ سانتی‌متری خاک، کاهش طول ریشه ادامه داشت و سپس ثابت شد. در تیمارهای ۱۰ و ۲۵ درصد کود دامی با کاربرد علف‌کش تقریباً از لایه ۸ سانتی‌متر به بعد، کاهش طول ریشه متوقف شد و اختلاف معنی‌داری از این لایه خاک به بعد در صفت طول ریشه مشاهده نشد. در تیمار خاک ۵۰ درصد کود دامی کم‌ترین طول ریشه در لایه ۲ سانتی‌متری خاک، مشاهده شد؛ اما در همین تیمار از لایه ۱۰ تا ۱۲ سانتی‌متر، بیش‌ترین طول ریشه سویا به‌دست آمد که می‌تواند به این دلیل باشد که در لایه کم‌تر و نزدیک به منبع علف‌کش و جذب سطحی آن توسط کود دامی خاک و سپس در دسترس قرار دادن تدریجی آن صفت‌های مورد مطالعه در این لایه، نسبت به لایه‌های بیش‌تر، کاهش چشمگیری نشان داد اما از سوی دیگر به دلیل همین جذب سطحی علف‌کش در لایه‌های اولیه و عدم انتقال آن به لایه‌های پایین‌تر، صفت رشد ریشه، افزایشی در حد تیمار شاهد بدون علف‌کش بروز داد (جدول ۳). همان‌طور که مشاهده می‌شود در لایه‌های بیش‌تر از ۸ سانتی‌متر، در هر تیمار، میزان تفاوت طول ریشه کم شد و تقریباً در همه تیمارها به‌طور یکنواخت تغییر کرد (جدول ۳) که به دلیل کاهش آبشویی علف‌کش توفوردی به این اعماق می‌باشد، به عبارت دیگر عمق آبشویی مؤثر علف‌کش توفوردی تا لایه ۸ سانتی‌متر بود و از این لایه به بعد اختلافات طول ریشه تحت‌تأثیر میزان کود دامی است و مقدار آبشویی علف‌کش تأثیر زیادی بر آن نداشت.

جدول ٤- مقایسه میانگین طول ریشه گیاهچه‌های سویا (سانتی‌متر) تحت‌تأثیر کود دامی و لایه خاک پس از کاربرد علف‌کش توفوردی.

Table 4. The mean comparison of the root length of soybean seedlings (cm) affected by manure levels and soil layer after application of 2,4-D herbicide.

میانگین سطوح کود دامی Mean of each manure levels	لایه خاک (سانتی‌متر) Soil layer (cm)						سطوح کود دامی Manure levels
	12	10	8	6	4	2	
7.66 ^{A}	8.30 ^{a}	8.20 ^{a}	7.60 ^{ab}	7.33 ^{b}	7.20 ^{b}	7.30 ^{b}	L_1
5.56 ^{B}	8.10 ^{a}	7.90 ^{a}	6.40 ^{b}	5.23 ^{c}	3.53 ^{d}	2.20 ^{e}	L_2
6.07 ^{B}	7.20 ^{a}	6.83 ^{ab}	6.80 ^{ab}	6.37 ^{bc}	5.93 ^{c}	3.27 ^{d}	L_3
6.16 ^{B}	7.37 ^{a}	7.18 ^{a}	7.13 ^{a}	7.07 ^{a}	5.10 ^{b}	3.13 ^{c}	L_4
5.75 ^{B}	8.63 ^{a}	8.43 ^{a}	7.83 ^{a}	6.30 ^{b}	2.80 ^{c}	0.50 ^{d}	L_5
	7.92 ^{A}	7.71 ^{A}	7.15 ^{AB}	6.46 ^{B}	4.91 ^{C}	3.28 ^{D}	میانگین لایه خاک Mean of soil layer

بر اساس آزمون LSD حروف مشابه در هر ردیف، در سطح احتمال ۵ درصد با یکدیگر اختلاف معنی‌داری ندارند. L_1: عدم کاربرد کود دامی و علف‌کش، L_2: عدم کاربرد کود دامی به همراه علف‌کش، L_3: خاک حاوی ۱۰ درصد کود دامی، L_4: خاک حاوی ۲۵ درصد کود دامی و L_5: خاک حاوی ۵۰ درصد کود دامی. مقادیر LSD برای کود دامی و لایه خاک به ترتیب برابر با ۰/۷۳ و ۰/۸۰ بود. حروف مشابه در ستون میانگین سطوح کود دامی از نظر آماری اختلاف معنی‌داری ندارد

Based on LSD test similar letters in each row have no significance at the 5% probability level. L_1: control without manure and herbicide, L_2: without manure and with herbicide, L_3: soil containing 10% manure, L_4: soil containing 25% manure, and L_5: soil containing 50% manure LSD values for manure levels and soil layer are 0.73 and 0.80. Similar letters in column of mean of each manure levels have no significance difference at the 5% probability level

وزن خشک اندام هوایی سویا: همان‌طور که در جدول ۵ مشاهده می‌شود در تیمار شاهد با علف‌کش از عمق ۱۰ سانتی‌متر به بعد، کاهش معنی‌داری در وزن خشک اندام هوایی رخ نداد. به‌طوری‌که این عمق برای تیمارهای ۱۰ و ۲۵ درصد کود دامی به ترتیب ۸ و ٦ سانتی‌متر به‌دست آمد. بیش‌ترین تغییرات وزن خشک اندام هوایی در تیمار خاک ۵۰ درصد کود دامی بود، به‌طوری‌که کم‌ترین وزن خشک اندام هوایی در لایه ۲ تا ٤ سانتی‌متر در این تیمار به‌دست آمد و در لایه‌های بیش‌تر از ٤ سانتی‌متر، وزن خشک اندام هوایی تقریباً در تمام لایه‌ها بیش‌تر از تیمارهای دیگر بود. با توجه به نتایج به نظر می‌رسد که وجود ۵۰ درصد کود دامی در خاک باعث جذب و نگهداری علف‌کش توفوردی در همان لایه‌های ابتدایی ۲ تا ٤ سانتی‌متر شده و به دنبال آن سبب کاهش چشمگیر وزن خشک اندام هوایی نسبت به بقیه تیمارهای کود دامی گردید اما در لایه‌های بیش‌تر به دلیل عدم نفوذ و یا نفوذ زیر آستانه بازدارندگی علف‌کش (دزی از علف‌کش که کم‌تر از آن تأثیری بر خصوصیات مورد اندازه‌گیری ندارد)، وجود کود دامی بیش‌تر در تیمار ۵۰ درصد کود دامی، تأثیر بهتری در رشد سویا و به‌دنبال آن وزن خشک اندام هوایی از خود نشان داد. در تیمارهای دیگر نیز همان‌طور که در جدول ۵ نشان داده شده است با افزایش مقدار کود دامی خاک در اعماق ۲ تا ٤ سانتی‌متر، اثر بازدارندگی علف‌کش توفوردی آبشویی شده افزایش نشان داد به‌طوری‌که تیمارهای ۵۰، ۲۵، ۱۰ و صفر درصد کود دامی خاک به ترتیب کم‌ترین تا بیش‌ترین وزن خشک اندام هوایی را دارا بودند.

جدول ۵- مقایسه میانگین وزن خشک اندام هوایی سویا (گرم در گیاهچه) تحت‌تأثیر کود دامی و لایه خاک پس از کاربرد علف‌کش توفوردی.

Table 5. The mean comparison of the shoot dry weight of soybean seedlings (g per seedling) affected by manure levels and soil layer after application of 2,4-D herbicide.

میانگین سطوح کود دامی Mean of each manure levels	لایه خاک (سانتی‌متر) Soil layer (cm)						سطوح کود دامی Manure levels
	12	10	8	6	4	2	
0.749 ^{A}	0.61 ^{d}	0.65 ^{cd}	0.68 ^{bcd}	0.75 ^{abc}	0.77 ^{ab}	0.79 ^{a}	L_1
0.748 ^{A}	0.89 ^{a}	0.89 ^{a}	0.71 ^{b}	0.67 ^{b}	0.66 ^{b}	0.65 ^{b}	L_2
0.747 ^{A}	0.87 ^{a}	0.85 ^{a}	0.82 ^{ab}	0.73 ^{bc}	0.66 ^{c}	0.56 ^{d}	L_3
0.745 ^{A}	0.87 ^{a}	0.86 ^{a}	0.84 ^{a}	0.83 ^{a}	0.62 ^{b}	0.46 ^{c}	L_4
0.708 ^{A}	1.01 ^{a}	0.92 ^{ab}	0.87 ^{b}	0.82 ^{b}	0.56 ^{c}	0.30 ^{d}	L_5
	0.85 ^{A}	0.83 ^{A}	0.78 ^{A}	0.76 ^{A}	0.65 ^{B}	0.55 ^{B}	میانگین لایه خاک Mean of soil layer

بر اساس آزمون LSD حروف مشابه در هر ردیف، در سطح احتمال ۵ درصد با یکدیگر اختلاف معنی‌داری ندارند. L_1: عدم کاربرد کود دامی و علف‌کش، L_2: عدم کاربرد کود دامی به همراه علف‌کش، L_3: خاک حاوی ۱۰ درصد کود دامی، L_4: خاک حاوی ۲۵ درصد کود دامی و L_5: خاک حاوی ۵۰ درصد کود دامی. مقادیر LSD برای کود دامی و لایه خاک به ترتیب برابر با ۰/۰۹ و ۰/۱۰ بود. حروف مشابه در ستون میانگین سطوح کود دامی از نظر آماری اختلاف معنی‌داری ندارد

Based on LSD test similar letters in each row have no significance at the 5% probability level. L_1: without manure and herbicide, L_2: without manure and with herbicide, L_3: soil containing 10% manure, L_4: soil containing 25% manure, and L_5: soil containing 50% manure LSD values for manure levels and soil layer are 0.09 and 0.10. Similar letters in column of mean of each manure levels have no significance difference at the 5% probability level

وزن خشک ریشه سویا: بیش‌ترین وزن خشک ریشه طبق انتظار از تیمار شاهد عاری از علف‌کش حاصل شد. با افزایش عمق لایه خاک و کاهش نفوذ علف‌کش در بقیه تیمارها وزن خشک ریشه افزایش یافت. در تیمار شاهد کاربرد علف‌کش، عمق نفوذ علف‌کش تا لایه ۱۰ سانتی‌متر ادامه داشت و از آن به بعد کاهش معنی‌داری در وزن خشک ریشه مشاهده نشد. در بقیه تیمارهای ۱۰، ۲۵ و ۵۰ درصد کود دامی، وزن خشک ریشه سویا تا عمق آبشویی ۸ سانتی‌متر تحت‌تأثیر قرار گرفت و از این لایه به پایین، بازدارندگی علف‌کش توفوردی کاهش یافت.

جدول ٦- مقایسه میانگین وزن خشک ریشه گیاهچه‌های سویا (گرم در گیاهچه) تحت‌تأثیر کود دامی و لایه خاک پس از کاربرد علف‌کش توفوردی.

Table 6. The mean comparison of the root dry weight of soybean seedlings (g per seedling) affected by manure levels and soil layer after application of 2,4-D herbicide.

میانگین سطوح کود دامی Mean of each manure levels	لایه خاک (سانتی‌متر) Soil layer (cm)						سطوح کود دامی Manure levels
	12	10	8	6	4	2	
0.36 ^{A}	0.40 ^{a}	0.37 ^{ab}	0.36 ^{ab}	0.35 ^{ab}	0.34 ^{ab}	0.33 ^{b}	L_1
0.29 ^{B}	0.42 ^{a}	0.40 ^{a}	0.34 ^{b}	0.31 ^{b}	0.15 ^{c}	0.09 ^{c}	L_2
0.32 ^{AB}	0.40 $_{a}$	0.39 ^{ab}	0.39 ^{ab}	0.33 ^{b}	0.26 ^{c}	0.15 ^{d}	L_3
0.36 ^{A}	0.46 ^{a}	0.45 ^{ab}	0.41 ^{ab}	0.39 ^{b}	0.28 ^{c}	0.19 ^{d}	L_4
0.27 ^{B}	0.37 ^{a}	0.36 ^{a}	0.34 ^{ab}	0.29 ^{b}	0.18 ^{c}	0.09 ^{d}	L_5
	0.36 ^{A}	0.37 ^{AB}	0.36 ^{AB}	0.33 ^{B}	0.22 ^{C}	0.17 ^{D}	میانگین لایه خاک Mean of soil layer

بر اساس آزمون LSD حروف مشابه در هر ردیف، در سطح احتمال ۵ درصد با یکدیگر اختلاف معنی‌داری ندارند. L_1: عدم کاربرد کود دامی و علف‌کش، L_2: عدم کاربرد کود دامی به همراه علف‌کش، L_3: خاک حاوی ۱۰ درصد کود دامی، L_4: خاک حاوی ۲۵ درصد کود دامی و L_5: خاک حاوی ۵۰ درصد کود دامی. مقادیر LSD برای کود دامی و لایه خاک به ترتیب برابر با ۰/۰۶۲ و ۰/۰۵۷ بود. حروف مشابه در ستون میانگین سطوح کود دامی از نظر آماری اختلاف معنی‌داری ندارد

Based on LSD test similar letters in each row have no significance difference at the 5% probability level. L_1: without manure and herbicide, L_2: without manure and with herbicide, L_3: soil containing 10% manure, L_4: soil containing 25% manure, and L_5: soil containing 50% manure LSD values manure levels and soil layer are 0.062 and 0.057. Similar letters in column of mean of each manure levels have no significance difference at the 5% probability level

هادیزاده (۲۵) گزارش کرد که با افزایش محتوای کود دامی، به دلیل افزایش جذب علف‌کش توسط خاک، آبشویی سولفوسولفورون کاهش یافت و در نتیجه پتانسیل بالاتری برای گیاه‌سوزی نشان داد، اما در خاک‌های با سابقه مصرف بالای علف‌کش، به دلیل سازگاری میکروارگانیسم‌ها و تجزیه آن، هر عاملی که سبب افزایش جمعیت میکروارگانیسم‌ها گردد از جمله افزایش میزان ماده آلی، سبب افزایش تجزیه و به دنبال آن کاهش کارایی علف‌کش و اثر گیاه‌سوزی آن می‌شود. در مطالعه‌ای دیگر ال‌نهال و همدونا (۲۶) گزارش کردند که در خاک با مقدار کم مواد آلی (۰/۵۷ درصد)، مقدار اندکی از علف‌کش آلاکلر بر اثر آبشویی در خاک به دلیل ماهیت هیدرولیکی علف‌کش و خاک جذب شد. هم‌چنین نتایج روجاس (۲۷) نشان

داد که با افزایش مواد آلی در محتوای خاک، میزان جذب سطحی علف‌کش افزایش می‌یابد. گزارش شده است که کاربرد زغال چوب فعال در خاک، سبب کاهش آسیب علف‌کش در محصولات سبزی به دلیل جذب سطحی آن می‌شود (۱۷). علاوه بر این، نتایج اورسجی و همکاران (۱۰) نشان دادند که با افزایش میزان ماده آلی خاک، عمق آبشویی ایمازتاپیر کاهش یافت؛ به‌طوری‌که با افزایش ماده آلی، علاوه بر کاهش انتقال علف‌کش به عمق‌های بیش‌تر، افزایش طول و وزن خشک اندام هوایی و ریشه پنبه حاصل شد.

صفات مورفولوژیک خیار: نتایج تجزیه واریانس نشان داد که کود دامی، لایه خاک و اثر متقابل کود دامی و لایه خاک، تأثیر معنی‌داری بر صفات مورفولوژیک خیار از جمله طول اندام هوایی، طول ریشه و وزن خشک اندام هوایی و وزن خشک ریشه نشان دادند (جدول ۷). با توجه به معنی‌دار شدن اثر متقابل، برش‌دهی فیزیکی در سطح کود دامی جهت مقایسه میانگین داده‌ها انجام شد.

جدول ۷- تجزیه واریانس صفات رشدی خیار تحت‌تأثیر میزان آبشویی علف‌کش توفوردی.

Table 7. Analysis of variance of some growth traits of cucumber affected by 2,4-D leaching.

منبع تغییرات Source of variation	درجه آزادی Degree of freedom	میانگین مربعات Mean squares			
		طول اندام هوایی shoot length	طول ریشه Root length	وزن خشک اندام هوایی Shoot dry weight	وزن خشک ریشه Root dry weight
بلوک Block	2	1.34 ns	1.00 ns	0.063 ns	0.0014 ns
سطوح کود دامی (a) Manure levels (a)	4	147.83 **	134.97 **	1.086 **	0.2482 **
لایه خاک (b) Soil layer (b)	5	216.79 **	134.89 **	1.582 **	0.1508 **
a × b	20	11.00 **	8.46 **	0.119 **	0.0144 **
خطا Error	58	2.06	1.25	0.029	0.0059
ضریب تغییرات (درصد) C.V. (%)		17.45	19.22	18.85	18.79

ns و ** به ترتیب بیانگر تفاوت غیرمعنی‌دار، تفاوت معنی‌دار در سطح ۱ درصد

ns and ** are non-significant and significant at 1% level respectively

طول اندام هوایی خیار: در جدول ۸ مشاهده می‌شود بیش‌ترین طول اندام هوایی خیار از تیمار شاهد بدون علف‌کش به‌دست آمد که تا لایه ۱۰ سانتی‌متر اختلاف زیادی با تیمارهای دیگر داشت و از لایه ۱۰ تا ۱۲ سانتی‌متر اندازه طول اندام هوایی خیار در تیمار ۵۰ درصد کود دامی تقریباً به اندازه تیمار شاهد بدون علف‌کش رسید که به‌دلیل آبشویی علف‌کش توفوردی تا لایه ۱۰ سانتی‌متر می‌باشد که مانع از رشد طول اندام هوایی خیار گردید، اما در عمق‌های بیش‌تر چون بازدارندگی توفوردی در تیمار خاک ۵۰ درصد کود

دامی، کاهش یافت، طول اندام هوایی خیار تحت‌تأثیر کود دامی بالاتر (۵۰ درصد)، افزایش نشان داد و تقریباً هم‌اندازه تیمار شاهد بدون علف‌کش شد.

با توجه به جدول ۸ مشاهده می‌شود که در لایه‌های ۲ و ٤ سانتی‌متر میزان صفت طول اندام هوایی خیار صفر به‌دست آمد که نشان از حساسیت این گیاه به مقدار آبشویی دارد ضمن این‌که در عمق‌های بیش‌تر نیز این بازدارندگی از رشد دیده می‌شود به‌طوری‌که تقریباً از لایه ۱۰ سانتی‌متر به بعد، مقدار آبشویی توفوردی به زیر آستانه بازدارندگی رسیده است. بعد از تیمار شاهد بدون علف‌کش، در بیش‌تر موارد به استثنای لایه صفر تا ۲ سانتی‌متری خاک، طول اندام هوایی خیار در لایه‌های مختلف در تیمار خاک ۵۰ درصد کود دامی بیش‌تر از بقیه تیمارها بود و تیمارهای صفر، ۱۰ و ۲۵ درصد کود دامی در لایه‌های مختلف پاسخ‌های متفاوتی بروز دادند.

جدول ۸- مقایسه میانگین طول اندام هوایی خیار (سانتی‌متر) تحت‌تأثیر کود دامی و لایه خاک پس از کاربرد علف‌کش توفوردی.

Table 8. The mean comparison of the shoot length of cucumber seedlings (cm) affected manure levels and soil layer after application of 2,4-D herbicide.

میانگین سطوح کود دامی Mean of each manure levels	لایه خاک (سانتی‌متر) Soil layer (cm)						سطوح کود دامی Manure levels
	12	10	8	6	4	2	
11.29 ^{A}	12.13 ^{a}	12.17 ^{a}	12.20 ^{a}	11.47 ^{ab}	10.40 ^{ab}	9.40 ^{b}	L_1
4.83 ^{C}	8.03 ^{b}	10.83 ^{a}	6.33 ^{b}	3.77 ^{c}	0.00 ^{d}	0.00 ^{d}	L_2
4.76 ^{C}	10.23 ^{a}	9.87 ^{a}	3.10 ^{b}	5.33 ^{b}	0.00 ^{c}	0.00 ^{c}	L_3
4.54 ^{C}	10.50 ^{a}	7.90 ^{b}	5.23 ^{c}	3.60 ^{c}	0.00 ^{d}	0.00 ^{d}	L_4
6.93 ^{B}	12.50 ^{a}	12.10 ^{a}	9.50 ^{b}	5.30 ^{c}	2.17 ^{d}	0.00 ^{d}	L_5
	10.68 ^{A}	10.57 ^{A}	7.27 ^{B}	5.89 ^{C}	2.51 ^{D}	1.88 ^{D}	میانگین لایه خاک Mean of soil layer

بر اساس آزمون LSD حروف مشابه در هر ردیف، در سطح احتمال ۵ درصد با یکدیگر اختلاف معنی‌داری ندارند. L_1: عدم کاربرد کود دامی و علف‌کش، L_2: عدم کاربرد کود دامی به همراه علف‌کش، L_3: خاک حاوی ۱۰ درصد کود دامی، L_4: خاک حاوی ۲۵ درصد کود دامی و L_5: خاک حاوی ۵۰ درصد کود دامی. مقادیر LSD برای کود دامی و لایه خاک به ترتیب برابر با ۲/۱۰ و ۲/۷۲ بود. حروف مشابه در ستون میانگین سطوح کود دامی از نظر آماری اختلاف معنی‌داری ندارد

Based on LSD test similar letters in each row have no significance at the 5% probability level. L_1: without manure and herbicide, L_2: without manure and with herbicide, L_3: soil containing 10% manure, L_4: soil containing 25% manure, and L_5: soil containing 50% manure LSD values for manure levels and soil layer are 2.10 and 2.72. Similar letters in column of mean of each manure levels have no significance difference at the 5% probability level

طول ریشه خیار: طول ریشه خیار در تیمار شاهد بدون علف‌کش توفوردی در تمام اعماق خاک از سایر تیمارها بیش‌تر بود (جدول ۹) و از لایه ۱۰ سانتی‌متر، طول ریشه در تیمار خاک ۵۰ درصد کود دامی با طول ریشه در تیمار شاهد بدون علف‌کش تفاوت نداشت که به دلیل آبشویی اندک توفوردی به اعماق بیش‌تر از ۱۰ سانتی‌متر و در نتیجه تأثیر مثبت کود دامی بر رشد ریشه بدون مزاحمت مؤثر علف‌کش می‌باشد. در تیمارهای صفر، ۱۰ و ۲۵ درصد کود دامی، طول ریشه تا لایه ۱۲ سانتی‌متر ثابت نشد و به نظر می‌رسد که

آبشویی تا این عمق هم‌چنان ادامه داشته؛ اما در مورد تیمار ۵۰ درصد کود دامی، از لایه ۸ سانتی‌متر به بعد بازدارندگی توفوردی شروع به کاهش کرد و در لایه‌های ۱۰ و ۱۲ سانتی‌متر، تفاوت‌های موجود در بین طول ریشه خیار، معنی‌دار نشد به عبارت دیگر در لایه‌های کم‌تر از ۸ سانتی‌متر طول ریشه در هر چهار تیمار صفر، ۱۰، ۲۵ و ۵۰ درصد کود دامی به هم نزدیک بود، اما از لایه ۸ سانتی‌متر به بعد تیمار خاک ۵۰ درصد کود دامی با جهشی بزرگ از میانگین طول ریشه در سه تیمار دیگر بیش‌تر شد و در نزدیک تیمار شاهد بدون علف‌کش قرار گرفت که به سبب میزان کود دامی و تأثیری که به صورت مستقیم بر رشد گیاه و به دنبال آن رشد ریشه می‌گذارد می‌باشد. قابل ذکر است که در لایه‌های ۲ و ٤ سانتی‌متر طول ریشه خیار صفر به‌دست آمد.

جدول ۹- مقایسه میانگین طول ریشه گیاهچه‌های خیار (سانتی‌متر) تحت‌تأثیر کود دامی و لایه خاک پس از کاربرد علف‌کش توفوردی.

Table 9. The mean comparison of the root length of cucumber seedlings (cm) affected by manure levels and soil layer after application of 2,4-D herbicide.

میانگین سطوح کود دامی Mean of each manure levels	لایه خاک (سانتی‌متر) Soil layer (cm)						سطوح کود دامی Manure levels
	12	10	8	6	4	2	
9.62 A	10.03 ab	10.43 a	9.63 ab	9.93 ab	9.20 ab	8.50 b	L_1
3.42 C	8.17 a	5.73 b	4.67 b	1.93 c	0.00 d	0.00 d	L_2
3.51 C	8.10 a	7.93 b	2.70 b	2.30 b	0.00 c	0.00 c	L_3
3.10 C	7.20 a	6.00 a	3.63 b	1.77 c	0.00 c	0.00 c	L_4
5.53 B	10.10 a	10.30 a	8.63 a	3.17 b	1.00 c	0.00 c	L_5
	8.20 A	8.60 A	5.85 B	3.82 C	2.04 D	1.70 D	میانگین لایه خاک Mean of soil layer

بر اساس آزمون LSD حروف مشابه در هر ردیف، در سطح احتمال ۵ درصد با یکدیگر اختلاف معنی‌داری ندارند. L_1: عدم کاربرد کود دامی و علف‌کش، L_2: عدم کاربرد کود دامی به همراه علف‌کش، L_3: خاک حاوی ۱۰ درصد کود دامی، L_4: خاک حاوی ۲۵ درصد کود دامی و L_5: خاک حاوی ۵۰ درصد کود دامی. مقادیر LSD برای کود دامی و لایه خاک به ترتیب برابر با ۰/۷۳ و ۱/۸۳ بود. حروف مشابه در ستون میانگین سطوح کود دامی از نظر آماری اختلاف معنی‌داری ندارد

Based on LSD test similar letters in each row have no significance at the 5% probability level. L_1: without manure and herbicide, L_2: without manure and with herbicide, L_3: soil containing 10% manure, L_4: soil containing 25% manure, and L_5: soil containing 50% manure LSD values for manure levels and soil layer are 0.73 and 1.83. Similar letters in column of mean of each manure levels have no significance difference at the 5% probability level

وزن خشک اندام هوایی خیار: وزن خشک اندام هوایی خیار در تیمار شاهد بدون علف‌کش توفوردی نسبت به بقیه تیمارها در تمام اعماق بیش‌تر بود و از روند ثابتی پیروی کرد (جدول ۱۰). از عمق ٦ سانتی‌متر به بعد، وزن خشک اندام هوایی در تیمار ۵۰ درصد کود دامی از تیمارهای صفر، ۱۰ و ۲۵ درصد کود دامی بیش‌تر بود و از لایه ۱۰ سانتی‌متر به بعد میانگین وزن خشک در این تیمار به تیمار شاهد بدون علف‌کش نزدیک شد. وزن خشک اندام هوایی در لایه‌های ۲ و ٤ سانتی‌متر در تیمارهای صفر، ۱۰ و ۲۵ درصد کود دامی به دلیل نزدیکی به محل انتشار اولیه توفوردی و جذب بیش‌تر، صفر به‌دست آمد در حالی‌که در تیمار ۵۰ درصد کود دامی، فقط در لایه ۲ سانتی‌متری این صفت به صفر رسید.

جدول ۱۰- مقایسه میانگین وزن خشک اندام هوایی خیار (گرم در گیاهچه) تحت‌تأثیر کود دامی و لایه خاک پس از کاربرد علف‌کش توفوردی.

Table 10. The mean comparison of the shoot dry weight of cucumber seedlings (g per seedling) affected by manure levels and soil layer after application of 2,4-D herbicide.

میانگین سطوح کود دامی Mean of each manure levels	لایه خاک (سانتی‌متر) Soil layer (cm)						سطوح کود دامی Manure levels
	12	10	8	6	4	2	
0.944 A	0.98 a	0.98 a	0.97 a	0.95 a	0.92 a	0.87 a	L_1
0.398 C	0.63 a	0.86 a	0.79 a	0.12 b	0.00 b	0.00 b	L_2
0.372 C	0.90 a	0.86 a	0.32 b	0.15 bc	0.00 c	0.00 c	L_3
0.373 C	0.87 a	0.63 a	0.63 a	0.11 b	0.00 b	0.00 b	L_4
0.587 B	1.04 a	0.97 a	0.88 a	0.57 b	0.07 c	0.00 c	L_5
	0.88 A	0.86 A	0.72 B	0.38 C	0.20 D	0.17 D	میانگین لایه خاک Mean of soil layer

بر اساس آزمون LSD حروف مشابه در هر ردیف، در سطح احتمال ۵ درصد با یکدیگر اختلاف معنی‌داری ندارند. L_1: عدم کاربرد کود دامی و علف‌کش، L_2: عدم کاربرد کود دامی به همراه علف‌کش، L_3: خاک حاوی ۱۰ درصد کود دامی، L_4: خاک حاوی ۲۵ درصد کود دامی و L_5: خاک حاوی ۵۰ درصد کود دامی. مقادیر LSD برای کود دامی و لایه خاک به ترتیب برابر با ۰/۱۲ و ۰/۲۷ بود. حروف مشابه در ستون میانگین سطوح کود دامی از نظر آماری اختلاف معنی‌داری ندارد

Based on LSD test similar letters in each row have no significance at the 5% probability level. L_1: without manure and herbicide, L_2: without manure and with herbicide, L_3: soil containing 10% manure, L_4: soil containing 25% manure, and L_5: soil containing 50% manure LSD values for manure levels and soil layer are 0.12 and 0.27. Similar letters in column of mean of each manure levels have no significance difference at the 5% probability level

وزن خشک ریشه خیار: وزن خشک ریشه خیار در تیمار شاهد بدون علف‌کش در تمام لایه‌ها از بقیه تیمارها بیش‌تر بود (جدول ۱۱). اما در تیمارهای صفر، ۱۰ و ۲۵ درصد کود دامی وزن خشک ریشه تا لایه ٤ سانتی‌متری صفر به‌دست آمد. از لایه ۸ سانتی‌متر به بعد، وزن خشک ریشه خیار در تیمار ۵۰ درصد کود دامی نسبت به تیمارهای صفر، ۱۰ و ۲۵ درصد کود دامی افزایش نشان داد و به وزن خشک ریشه در تیمار شاهد بدون علف‌کش نزدیک شد در حالی‌که سه تیمار دیگر (صفر، ۱۰ و ۲۵ درصد کود دامی) وزن خشک کم‌تری داشتند که به‌نظر می‌رسد با افزایش میزان کود دامی خاک تا ۵۰ درصد، مقدار آبشویی علف‌کش توفوردی به لایه‌های بیش‌تر از ۸ سانتی‌متر کاهش یافت. اما در بقیه تیمارهای صفر، ۱۰ و ۲۵ درصد کود دامی، آبشویی توفوردی تا لایه ۱۲ سانتی‌متر هم ادامه یافت.

جدول ۱۱- مقایسه میانگین وزن خشک ریشه گیاهچه‌های خیار (گرم در گیاهچه) تحت‌تأثیر کود دامی و لایه خاک پس از کاربرد علف‌کش توفوردی.

Table 11. The mean comparison of the root dry weight of cucumber seedlings (g per seedling) affected by manure levels and soil layer after application of 2,4-D herbicide.

میانگین سطوح کود دامی Mean of each manure levels	لایه خاک (سانتی‌متر) Soil layer (cm)						سطوح کود دامی Manure levels
	12	10	8	6	4	2	
0.37 A	0.37 a	0.39 a	0.40 a	0.39 a	0.34 a	0.31 a	L_1
0.09 C	0.20 a	0.17 ab	0.11 abc	0.07 bc	0.00 c	0.00 c	L_2
0.12 C	0.27 a	0.30 a	0.05 b	0.07 b	0.00 b	0.00 b	L_3
0.09 C	0.26 a	0.13 b	0.09 bc	0.05 bc	0.00 c	0.00 c	L_4
0.20 B	0.39 a	0.38 a	0.32 a	0.08 b	0.02 b	0.00 b	L_5
	0.30 A	0.27 A	0.19 B	0.13 C	0.07 D	0.06 D	میانگین لایه خاک Mean of soil layer

بر اساس آزمون LSD حروف مشابه در هر ردیف، در سطح احتمال ۵ درصد با یکدیگر اختلاف معنی‌داری ندارند. L_1: عدم کاربرد کود دامی و علف‌کش، L_2: عدم کاربرد کود دامی به همراه علف‌کش، L_3: خاک حاوی ۱۰ درصد کود دامی، L_4: خاک حاوی ۲۵ درصد کود دامی و L_5: خاک حاوی ۵۰ درصد کود دامی. مقادیر LSD برای کود دامی و لایه خاک به ترتیب برابر با ۰/۰۶ و ۰/۰۵۱ بود. حروف مشابه در ستون میانگین سطوح کود دامی از نظر آماری اختلاف معنی‌داری ندارد

Based on LSD test similar letters in each row have no significance at the 5% probability level. L_1: without manure and herbicide, L_2: without manure and with herbicide, L_3: soil containing 10% manure, L4: soil containing 25% manure, and L_5: soil containing 50% manure LSD values for manure levels and soil layer are 0.062 and 0.051. Similar letters in column of mean of each manure levels have no significance difference at the 5% probability level

بر اساس مطالعات اخیر مواد آلی می‌توانند پویایی و تحرک علف‌کش‌ها را در خاک کاهش دهند (۲۹). بهارواج (۱٤) اشاره کرد که با افزایش مواد آلی، فعالیت میکروبی در خاک نیز افزایش می‌یابد. به‌طوری‌که، با افزایش ۲، ۵ و ۱۰ درصد مواد آلی در خاک، ضریب جذب فروندلیک در سیمازین به ترتیب ۰/۹٤، ۱/٦۹ و ۲/۳٤ درصد افزایش یافت و آبشویی علف‌کش به‌طور قابل‌توجهی کم شد. طبق پژوهش‌ها، با افزایش جذب علف‌کش توسط کلوئیدهای خاک، میزان شستشوی علف‌کش‌ها کاهش می‌یابد. میزان آبشویی علف‌کش به‌طور مستقیم به حلالیت آن در آب، محلول خاک و میزان فعال‌سازی مجدد مولکول‌های آن و قطبیت علف‌کش بستگی دارد و بنابراین علف‌کش‌های دارای باقی‌مانده زیاد در خاک، کم‌تر در معرض شستشو هستند و برعکس علف‌کش‌هایی با بقای کم‌تر، تمایل بیش‌تری به آبشویی دارند (۳۰).

نتیجه‌گیری

عمق آبشویی توفوردی در شرایط بدون مصرف کود دامی در سویا ۱۰ و در خیار ۱۲ سانتی‌متر به‌دست آمد. نکته‌ای که باید مورد توجه قرار گیرد این است که اگرچه در خیار ممکن است روند کاهش صفات مورد بررسی از لایه ۸ سانتی‌متر به بعد ثابت شود اما مقادیر مربوط به صفات نسبت به شاهد بدون علف‌کش هم‌چنان کم است که نشان از اثر منفی

توفوردی بر آن‌ها دارد. از سوی دیگر مصرف ۵۰ درصد کود دامی توانست عمق آبشویی را در سویا به ۸ و در خیار به ۱۰ سانتی‌متر برساند. از مقایسه واکنش دو گیاه زراعی سویا و خیار به عمق آبشویی علف‌کش توفوردی می‌توان نتیجه گرفت که خیار حساس‌تر از سویا می‌باشد. با توجه به یکسان بودن تیمارها، بافت خاک و علف‌کش در هر دو آزمایش مربوط به خیار و سویا، میزان نفوذ و آبشویی علف‌کش در هر دو آزمایش یکسان است، اما به دلیل حساسیت بیش‌تر خیار، کاهش صفات مورد اندازه‌گیری در لایه‌های بیش‌تر هم اتفاق افتاد. نکته قابل توجه این است که افزودن کود دامی ممکن است سبب کاهش آبشویی علف‌کش شود اما در لایه‌های کم به دلیل جذب سطحی مقادیر بالای علف‌کش، و در اختیار قرار دادن تدریجی آن سبب گیاه‌سوزی می‌گردد. هم‌چنین بر اساس نتایج این آزمایش خیار می‌تواند به عنوان گیاه محک در پایش مقادیر آبشویی علف‌کش توفوردی به‌کار برده شود.

سپاسگزاری

بدین‌وسیله از کارشناس آزمایشگاه مرکزی آقای مهندس حسینی سپاسگزاری می‌نمائیم.

منابع

1. Aquino, A., Tunega, D., Haberhauer, G., Gerzabek, M. & Lischka, H. (2007). Interaction of the 2,4-dichlorophenoxyacetic acid herbicide with soil organic matter moieties: atheoretical study. *European Journal of Soil Science*, 58, 889-899.
2. Islam, F., Farooq, M. A., Gill, R. A., Wang, J., Yang, C., Ali, B. & Zhou, W. J. (2017). 2,4-D attenuates salinity-induced toxicity by mediating anatomical changes, antioxidant capacity and cation transporters in the roots of rice cultivars. *Scientific Reports*, 7, 10443.
3. Charles, J. M., Hanley, T. R., Wilson, R. D., van Ravenzwaay, B. & Bus, J. S. (2001). Developmental toxicity studies in rats and rabbits on 2,4-Dichlorophenoxyacetic Acid and its forms. *Toxicological Sciences*, 60(1), 121-131.
4. Islam, F., Wang, J., Farooq, M. A., Khan, M. S. S., Xu, L., Zhu, J., Zhao, M., Munos, S., Li, Q. X. & Zhou, W. (2018). Potential impact of the herbicide 2,4-dichlorophenoxyacetic acid on human and ecosystems. *Environment International*, 111, 332-351.
5. Bozorg-Haddad, O., Delpasand, M. & Loáiciga, H. A. (2021). Water quality, hygiene, and health. In Economical, Political, and Social Issues in Water Resources. Elsevier. pp. 217-257.
6. Chowdhury, A., Pradhan, S., Saha, M. & Sanyal, N. (2008). Impact of pesticides on soil microbiological parameters and possible bioremediation strategies. *Indian Journal of Microbiology*, 48(1), 114-127.
7. Zimdahl, R. J. (2018). Fundamentals of Weed Science. Fifth Edit. Chapter 15 - Herbicides and Soil, 445-462.
8. Khajavi, T. M., Avarseji, Z., Gholam Alipour Alamdari, E. & Biabani, A. (2019). Evaluating the effect of pendimethalin herbicide residue on wheat and barley. *Journal of Plant Productions*, 42(4), 483-494. [In Persian]
9. Khajavi, T. M., Avarseji, Z., Gholamalipour Alamdari, E. & Biabani, A. (2020). Studying the sensitivity of cotton and maize to simulated imazthapyr herbicide residue. Iranian Journal of Weed Science, 16(1), 1-13. [In Persian]
10. Avarseji, Z., Gholamalipour Alamdari, E. & Ajami, T. (2021). Evaluating the effect of soil organic matter on leaching depth of Imazethapyr. *Journal of Plant Protection*, 34(4), 527-539. [In Persian]
11. Aggour, M., Bartls, M. & Heiteuss, R. (1997). Degradation and phyto-toxic effects of Nata after single and multiple applications. *Zpflanzenk*, 8, 209-212.
12. Walter, W. (2005). Mikrobieller Abbau organische Fermedstoffe im Boden.

Didaktik der chemie, Univ. Bayreuth, seite 2-4. [English abstract]
13. Crespin, M. A., Gallego, M., Valcarcel, M. & Gonzalez, J. L. (2001). Study of the degradation of the herbicides 2,4-D and MCPA at different depths in contaminated agricultural soil. *Environmental Science and Technology*, 35, 4265.
14. Bhardwaj, G. (2007). From pioneering invention to sustained innovation: Herbicides at dupont, Chemical Heritag, Online: *ChemHerit News Magazine*, 25(1), 34-36.
15. Pose-Juan, E., Marín-Benito, J., Sánchez-Martín, M. & Rodríguez-Cruz, S. (2018). Dissipation of herbicides after repeated application in soils amended with green compost and sewage sludge. *Journal of Environmental Management*, 223, 1068-1077.
16. Kumar, N., Mukherjee, I. & Varghese, E. (2015). Adsorption–desorption of tricyclazole: effect of soil types and organic matter. *Environmental Monitoring and Assessment*, 187(3), 61.
17. Williams, C. F., Letey, J. & Farmer, W. J. (2006). Estimating the potential for facilitated transport of napropamide by dissolved organic matter. *Soil Science Society of America Journal*, 70(1), 24-30.
18. Baskaran, S., Bolan, N. S., Rahman, A. & Tillman, R. W. (1996). Pesticide sorption by allophanic and non-allophanic soils of New Zealand. *New Zealand Journal of Agricultural Research*, 39(2), 297.
19. Haberhauer, G., Temmel, B. & Gerzabek, M. H. (2002). Influence of dissolved humic substances on the leaching of MCPA in a soil column experiment. *Chemosphere*, 46, 495.
20. Ordaz-Guillén, Y., Galíndez-Mayer, C. J., Ruiz-Ordaz, N., Juárez-Ramírez, C., SantoyoTepole, F. & Ramos-and Monroy, O. (2014). Evaluating the degradation of the herbicides picloram and 2,4-D in a compartmentalized reactive biobarrier with internal liquid recirculation. *Environmental Science and Pollution Research*, 21, 8765-8773.
21. Chinalia, F., & Killham, K. S. (2006). 2, 4-Dichlorophenoxyacetic acid (2,4-D) biodegradation in river sediments of Northeast-Scotland and its effect on the microbial communities (PLFA and DGGE). *Chemosphere*, 64, 1675-1683.
22. Kearns, J., Wellborn, L., Summers, R. & Knappe, D. (2014). 2, 4-D adsorption to biochars: effect of preparation conditions on equilibrium adsorption capacity and comparison with commercial activated carbon literature data. *Water Research*, 62, 20-28.
23. Mountassif, D., Kabine, M., Mounchid, K., Mounaji, K., Latruffe, N., El & Kebbaj, M. H. S. (2008). Biochemical and histological alterations of cellular metabolism from Jerboa (*Jaculus orientalis*) by 2,4-dichlorophenoxyacetic acid, effects on D-3-hydroxybutyrate dehydrogenase. *Pesticide Biochemistry and Physiology*, 90, 87-96.
24. Goodman, N. 2004. Private Pesticide Applicator Training Manual. (18th ed). (p. 197). University of Minnesota Extension Service.
25. Hadizadeh, M. H. (2009). Investigation of the effects of organic matter amendments and sulfosulfuron application rates on the herbicide persistence and biological traits of soil in wheat. Ph.D. Dissertation of Ferdowsi University of Mashhad. 122 p. [In Persian]
26. El-Nahhal, Y. & Hamdona, N. (2017). Adsorption, leaching and phytotoxicity of some herbicides as single and mixtures to some crops. *Journal of the Association of Arab Universities for Basic and Applied Sciences*, 22, 17-25.
27. Rojas, J., Morillo, J., Usero, L., Delgado-Moreno, J. & Gan, F. (2013). Enhancing soil sorption capacity of an agricultural soil by addition of three different organic wastes. *Science of the Total Environment*, 458-460.
28. Singh, V., Masabnib, P., Baumanna, T., Isakeitc, M., Matochaa, T., Provina, R., Katherine, C. & Bagavathiannan, M. (2019). Activated charcoal reduces pasture herbicide injury in vegetable crops. *Crop Protection*, 117, 1-6.

29.Marín-Benitoa, F., María, J., Sánchez-Martína, M., Ordaxa, D., Azejjela, M. & Rodríguez-Cruza, S. (2018). Organic sorbents as barriers to decrease the mobility of herbicides in soils. Modelling of the leaching process. *Geoderma*, 313, 205-216.

30.Ávila, L.G.D., Leite, S.B., Dick, D.P. & Pohlmann, A.R. (2009). Atrazine formulations in xerogels: synthesis and characterization. *Química Nova*, 32(7), 1727-1733.