

تأثیر گیاه‌سوزی باقی‌مانده برخی از علف‌کش‌های مورد استفاده در شالیزار بر شاهی و کاهو

بیژن یعقوبی^{۱*}، اکبر یاسمی^۲ و هاشم امین‌پناه^۳

۱. استادیار، مؤسسه تحقیقات برنج کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، رشت، ایران

۲ و ۳. دانشیار و دانش‌آموخته کارشناسی ارشد زراعت، گروه زراعت و اصلاح نباتات، واحد رشت، دانشگاه آزاد اسلامی، رشت، ایران

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۴/۱۲/۱ - تاریخ پذیرش: ۱۳۹۵/۴/۲۱)

چکیده

یکی از اقدام‌های لازم پیش از کشت گیاهان زراعی دوم، بینش کافی در زمینه تأثیر باقی‌مانده علف‌کش‌های مصرف‌شده در کشت گیاه زراعی اصلی بر رشد گیاهان زراعی کشت دوم است. این آزمایش به منظور بررسی تأثیر بازدارندگی احتمالی باقی‌مانده برخی علف‌کش‌های انتخابی برنج بر کشت شاهی و کاهو به عنوان محصولات غالب کشت دوم انجام شد. عامل‌های آزمایش شامل علف‌کش‌های رایج شالیزار (تیوبنکارب، بوتاکلر، اکسادیارژیل، بن‌سولفورون‌متیل و مصرف نکردن علف‌کش (شاهد) و گیاهان محک (کاهو و شاهی)) بودند. علف‌کش‌های یادشده بنا بر عرف منطقه در کشت نشایی برنج مصرف و پس از برداشت برنج، آزمایش‌های زیست‌سنجی با استفاده از خاک شالیزارهای بالا در شرایط گلدانی انجام شد. نتایج نشان داد که تأثیر بازدارندگی باقی‌مانده علف‌کش‌ها بسته به نوع گیاه کشت دوم و نوع علف‌کش مصرفی شالیزار متفاوت بود. ریشه گیاهان محک در مقایسه با اندام‌های هوایی حساسیت بیشتری به باقی‌مانده علف‌کش‌ها نشان دادند. بوتاکلر کمترین (۹ درصد) و اکسادیارژیل بیشترین (۶۰ درصد) میزان بازدارندگی بر گیاهان محک را داشت و علف‌کش‌های بن‌سولفورون‌متیل و تیوبنکارب نیز از لحاظ آماری تأثیر بازدارندگی همسان اکسادیارژیل بر ریشه گیاهان محک مورد بررسی داشت. بر پایه نتایج این آزمایش، رشد گیاهان شاهی و کاهو به عنوان کشت دوم در شالیزار می‌تواند به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر منفی باقی‌مانده برخی از علف‌کش‌های شالیزار مانند اکسادیارژیل، بن‌سولفورون‌متیل و تیوبنکارب قرار گیرد.

واژه‌های کلیدی: اکسادیارژیل، بن‌سولفورون‌متیل، بوتاکلر، تیوبنکارب، زیست‌سنجی.

Residual phytotoxic effect of some paddy herbicides on the growth of cress and lettuce

Bijan Yaghoubi^{1*}, Akbar Yasami² and Hashem Aminpanah³

1. Assistant Professor, Rice Research Institute of Iran, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Rasht, Iran

2, 3. Associate Professor and Former M. Sc. Student, Department of Agronomy and Plant Breeding, Rasht Branch, Islamic Azad University, Rasht, Iran

(Received: Feb. 20, 2016 - Accepted: Jul. 11, 2016)

ABSTRACT

One of the crucial issues before the second cropping is having enough knowledge about the residue effect of first crop herbicides on second crops. This experiment was conducted to investigate the possible inhibitory effect of some selective paddy herbicides residues to second cropping. Experimental factors were included common paddy herbicides (thiobencarb, butachlor, oxadiargyl, bensulfuronmethyl, and non-herbicide control) and test plants (lettuce (*Lactuca sativa* L.) and cress (*Lepidium sativum* L.)). At first, herbicides were applied in paddy field and bioassay was carried out by using the soils of plots treated with those herbicides and test plants. Results showed that, in general, residual effect of paddy herbicides on the growth of second crops was different depending on plant type and herbicide. Compared with aerial parts, roots of the plants tested were more sensitive to residual herbicides. Butachlor showed the least ($\leq 9\%$) and oxadiargyl the most ($\geq 60\%$) inhibition on test plants, and bensulfuronmethyl and thiobencarb also had statistically similar inhibitory effect on the roots of the test plants. Based on results of this study, the growth of lettuce and cress as second crops in paddy fields could be significantly reduced by the residue of some paddy herbicides including thiobencarb, oxadiargyl and Bensulfuronmethyl.

Keywords: bensulfuronmethyl, bioassay, butachlor, oxadiargyl, thiobencarb.

مقدمه

افزایش جمعیت و نیاز به غذای بیشتر از یک سو و کمبود اراضی مناسب برای توسعه سطح زیر کشت از سوی دیگر، سبب افزایش تلاش‌ها برای کشت گیاهان زراعی دوم شده است. کشت دوم پس از برداشت برنج از جنبه‌های مختلفی اهمیت دارد. برخی از گیاهان کشت دوم مانند باقلا و شبدر برسیم سبب افزایش حاصلخیزی خاک می‌شوند (Tabrizi et al., 2015)؛ بعضی دیگر مانند سبزی‌ها برای تغذیه انسان و گروه دیگری مانند جو، تریکتاله و چاودار برای علوفه دام استفاده می‌شوند (Rabiee et al., 2015). افزون بر موفقیت در تولید برخی از محصولات کشاورزی کشت دوم می‌تواند به بهبود معیشت شالیکاران و افزایش اشتغال و کاهش مهاجرت روستاییان کمک کند. کشت برخی گیاهان زراعی مناسب کشت دوم همانند شاهی، کاهو، تربچه و دیگر سبزی‌های مورد استفاده مستقیم انسان؛ پس از برداشت برنج و در بعضی مناطق از دیرباز در گیلان رایج بوده است. در سال‌های اخیر تلاش‌ها در جهت توسعه سطح زیر کشت یا افزایش تنوع گیاهان زراعی کشت دوم به‌ویژه گیاهان دانه روغنی انجام شده است که تاکنون موفقیت چندانی به دنبال نداشته و گاه با شکست نیز همراه بوده است، اما به دلایل نداشتن توفیق در کشت دوم پرداخته نشده است.

در نیم سده اخیر علف‌کش‌ها به‌طور گسترده‌ای در شالیزارها استفاده شده‌اند. کمبود و گرانی کارگر برای وجین دستی و عملکرد انتخابی خوب علف‌کش‌ها روی برنج و کارایی مطلوب آن‌ها در کنترل علف‌های هرز و کاهش هزینه تولید موجب شده است تا همواره میزان مصرف آن‌ها روند افزایشی داشته باشد. شواهد نشان می‌دهد که مصرف علف‌کش‌ها در برنج گاه تا چند برابر میزان (دز) توصیه‌شده نیز رایج است. یکی از اثرگذاری‌های احتمالی ناشی از کاربرد گسترده علف‌کش‌ها در گیاهان زراعی، تأثیر سوء باقی‌مانده آن‌ها بر گیاهان زراعی کشت دوم است (Ramezani, 2010)؛ به‌ویژه که برخی از محصولات کشت دوم همانند شاهی، کاهو و کلزا به باقی‌مانده علف‌کش‌های مصرف‌شده در کشت اصلی برنج بسیار حساس هستند

(Valioalahpor et al., 2008; Mahmoudi et al.,)

2011). از آسیب باقی‌مانده علف‌کش‌ها در فصل زراعی بعد، می‌توان از راه کشت گیاهان متحمل پرهیز کرد، که در صورت نبود گیاهان متحمل سازگار به اقلیم، زراعت دوم با محدودیت روبه‌رو خواهد شد. نوع علف‌کش، میزان مصرف ویژگی‌های فیزیوشیمیایی خاک، بافت خاک، دما و رطوبت خاک، اسیدیته خاک، ماده آلی خاک، فراوانی و تنوع ریزجانداران (میکروارگانسیم) و میزان فعالیت آن‌ها بر دوام باقی‌مانده آن‌ها در خاک تأثیر می‌گذارند (Goetz et al., 1988; Wiese et al., 1989). با توجه به اینکه عامل‌های زیادی می‌توانند بر جذب علف‌کش‌ها توسط گیاهان تأثیر بگذارند، بنابراین قابلیت دسترسی بیولوژیکی علف‌کش^۱ مهم‌تر از میزان خود علف‌کش در خاک است (Hance, 1987). به همین دلیل زیست‌سنجی یک روش مؤثر برای آشکارسازی مقادیر بسیار پایین و سمی باقی‌مانده علف‌کش‌ها است (Rahman et al., 1993). زیست‌سنجی؛ اندازه‌گیری واکنش بیولوژیکی یک موجود زنده برای تعیین حضور و یا غلظت یک ترکیب و یا یک موجود زنده دیگر است (Streibig, 1988). در بررسی علف‌کش‌ها، هدف از زیست‌سنجی ارزیابی کمی حساسیت بیولوژیکی به علف‌کش‌ها با استفاده از گیاهان محک^۲ است. همچنین زیست‌سنجی قادر به فراهم آوردن اطلاعات زیادی در زمینه انتقال علف‌کش‌ها در لایه‌های خاک و یا تجزیه آن‌ها و نیز قابلیت دسترسی بیولوژیکی آن‌ها است. گزارش شده است که زیست‌سنجی می‌تواند مقادیر علف‌کش کمتر از یک قسمت در بلیون^۳ را آشکار سازد (Kotoula-Syka et al., 1993). در اروپا^۴ نیز زیست‌سنجی به‌عنوان یک روش مناسب برای آشکارسازی مقادیر اندک باقی‌مانده ترکیب‌های سمی در خاک پذیرفته شده است. در بسیاری از آزمایش‌های زیست‌سنجی، برای ارزیابی تأثیر

1. Herbicide bioavailability

2. Test plant

3. Part per billion

4. European Commission Guidance Document on Residue

Analytical Methods کمیون اروپایی راهنمای مستند روش‌های تجزیه باقی‌مانده‌ها.

نظر می‌رسد تا تأثیر باقی‌مانده علف‌کش‌های مصرفی در زراعت برنج بر گیاهان زراعی کشت دوم بررسی شود. ضمن اینکه، تاکنون بررسی در زمینه تأثیر باقی‌مانده علف‌کش‌های رایج شالیزار بر گیاهان زراعی کشت دوم در منطقه گیلان صورت نگرفته است. بنابراین، هدف از اجرای این تحقیق بررسی باقی‌مانده علف‌کش‌های رایج شالیزار و تأثیر آن‌ها بر برخی گیاهان زراعی رایج کشت دوم (کاهو و شاهی) بود.

مواد و روش‌ها

آزمایش در شالیزار پژوهشی مؤسسه تحقیقات برنج کشور- رشت با طول جغرافیایی ۴۰ درجه و ۵۰ دقیقه شرقی و عرض جغرافیایی درجه و ۵۴ دقیقه شمالی و گلخانه پژوهشکده بیوتکنولوژی کشاورزی شمال کشور (رشت) اجرا شد. در آغاز در فصل زراعی کشت برنج علف‌کش‌های تیوبنکارب ($50\% \text{ EC}, 2500 \text{ g.ai.ha}^{-1}$)، بوتاکلر ($60\% \text{ EC}, 1800 \text{ g.ai.ha}^{-1}$)، اکسادپارژیل (EC DF 60% , 105 g.ai.ha^{-1} , 3%) و بن‌سولفورون‌متیل (45 g.ai.ha^{-1}) در میزان توصیه‌شده در برنج نشایی برای کنترل علف‌های هرز در کرت‌های آزمایشی به ابعاد 5×5 مترمربع با سه تکرار مصرف و مدیریت زراعی برابر عرف منطقه در کرت‌ها اعمال شد. برداشت برنج در تاریخ ۲۰ مرداد ۱۳۹۲ انجام شد. پیش از کشت گیاهان دوم، نمونه‌برداری از خاک لایه سطحی ($0-15$ سانتی‌متر) کرت‌های تیمار شده انجام شد. از هر کرت آزمایشی شمار پنج نمونه تهیه شد و پس از اختلاط، در آزمایش زیست‌سنجی استفاده شد. آزمایش گلخانه‌ای در پاییز سال ۱۳۹۲ و به صورت فاکتوریل و در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی و با چهار تکرار اجرا شد. عامل‌های آزمایش شامل خاک تیمار شده با علف‌کش‌های بالا (به همراه شاهد بدون علف‌کش) و گیاهان محک (کاهو، *Lepidium sativum* L. و شاهی، *Lactuca sativa* L.) بودند. نتایج تجزیه خاک پیش از کشت برنج در جدول ۱ آمده است.

به دلیل رس زیاد و چسبندگی خاک مورد استفاده در آزمایش، پس از هوا خشک آن مقدار ۵۰ گرم ماسه

باقی‌مانده علف‌کش‌ها از گیاهان مختلفی مانند عدس، کاهو، آفتابگردان، ذرت، نخود و لوپن به‌عنوان گیاهان محک استفاده شده است (Ndez-Sevillano *et al.*, 2001; Smith & Dilday, 2003). از کاستی‌های زیست‌سنجی این است که به‌طور معمول نتایج متفاوتی در خاک‌های مختلف نشان می‌دهد. مروری بر نتایج آزمایش‌های گذشته در زمینه تأثیر باقی‌مانده علف‌کش‌ها بر رشد و عملکرد محصولات دوم نشان می‌دهد که نتایج گزارش شده بسته به نوع و میزان علف‌کش مصرفی در زراعت اصلی، نوع محصول کشت دوم، شرایط آب‌وهوایی و ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک منطقه انجام آزمایش و نیز فاصله زمانی بین مصرف علف‌کش در زراعت اصلی تا کشت گیاه بعدی متفاوت است. گزارش شده است که در منطقه دشت‌ناز مازندران، باقی‌مانده علف‌کش‌های تیوبنکارب و اکسادپارژیل عملکرد کاهو را به‌طور معنی‌داری کاهش داد، درحالی‌که عملکرد کاهو در منطقه قراخیل مازندران تحت تأثیر باقی‌مانده علف‌کش‌های یادشده قرار نگرفت (Mahmoudi *et al.*, 2011). همچنین گزارش شده است که بقایای علف‌کش بوتاکلر سبب کاهش معنی‌دار طول ریشه شبدر و وزن آن در مقایسه با شاهد در استان مازندران شد (Valioalahpor *et al.*, 2008). در تحقیق دیگری علف‌کش هم‌خانواده اکسادپارژیل که آن‌هم در شالیزار مصرف می‌شود، یعنی علف‌کش اگزادپازون بدون تأثیر سوء بر عملکرد و ماده خشک لوبیا بود (Nepalia & Jain, 2000). باقی‌مانده علف‌کش ایمازامکس آسیب شدید به کاهو در کشت دوم را موجب شد (Pannacci, 2006). همچنین باقی‌مانده علف‌کش BAYMKH 6561 در گندم‌زارها، سبب کاهش عملکرد جو به میزان ۱۱ درصد شد، درحالی‌که عملکرد عدس و نخود تحت تأثیر علف‌کش و میزان آن قرار نگرفت (Rainbolt *et al.*, 2001).

با توجه به مزیت اقتصادی کاربرد علف‌کش‌ها نسبت به وجین دستی در کنترل علف‌های هرز شالیزار و روند روبه افزایش کاربرد آن‌ها در سال‌های اخیر و از سوی دیگر افزایش تلاش بخش دولتی در توسعه کشت دوم و نداشتن توفیق در این زمینه، ضروری به

گیاهچه یکنواخت باقی مانده در تاریخ ۱۳۹۱/۹/۵ (بیست روز پس از کاشت) برداشت و صفات ارتفاع، وزن تر اندام هوایی، طول ریشه و وزن تر ریشه اندازه گیری شد.

تجزیه داده‌ها

تجزیه واریانس داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SAS (ver.9.1) و بر پایه طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی و آزمایش فاکتوریل و مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد انجام شد (SAS, 2004). شایان توجه اینکه فرض عادی بودن داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار یادشده بررسی شد و عادی بودن داده‌ها تأیید شد.

به خاک هر گلدان اضافه شد، زیرا که آزمایش مقدماتی نشان داد که جوانه‌زنی بذرها در خاک بالا به خوبی انجام نگرفت. حجم هر گلدان حدود ۵۰۰ سی‌سی بود که با میزان ۳۵۰ گرم خاک پر شده و کشت بذرها گیاهان محک شاهی و کاهو در تاریخ ۱۳۹۱/۸/۱۵ انجام شد. آزمایش مقدماتی نشان داد که قوه نامیه بذرها گیاهان مورد بررسی در این آزمایش بیش از ۹۸ درصد بود. در هر گلدان شمار پانزده بذر از هر گیاه مورد بررسی کشت و پس از هفت روز نسبت به حذف گیاهان غیریکنواخت اقدام شد. از هیچ نوع کودی در این آزمایش استفاده نشد و آبیاری گلدان‌ها با آب آشامیدنی یک روز در میان انجام شد. شمار ده

جدول ۱. ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی خاک مورد استفاده در آزمایش گلدانی
Table 1. Some physico-chemical properties of soil used in pot experiment

Organic carbon (%)	Sand (%)	Silt (%)	Clay (%)	pH	Total nitrogen (%)	Phosphorus (ppm)	potassium (ppm)	Zinc (ppm)	Copper (ppm)
2.4	4	52	44	7.2	2.2	8.6	172	14.1	21

در خاک تیمار شده با علف‌کش‌های بن‌سولفورون متیل و تیوبنکارب همسان شاهد بود (جدول ۳). طول ریشه کاهو در تیمار علف‌کشی بوتاکلر اندکی (حدود ۶ درصد) و در تیمار با دو علف‌کش بن‌سولفورون متیل و تیوبنکارب به ترتیب ۳۱ و ۲۴ درصد کاهش نشان داد (جدول ۳). بیشترین کاهش طول ریشه کاهو (۶۱ درصد) با کاشت آن در خاک تیمار شده با علف‌کش اکسادپارژیل به دست آمد (جدول ۳). اگرچه، وزن تر ریشه کاهو با کاشت آن در خاک تیمار شده با علف‌کش بوتاکلر به میزان ۱۷ درصد کمتر از میزان آن در شرایط شاهد بود، اما در مقایسه میانگین‌ها مشخص شد که این کاهش از لحاظ آماری معنی‌دار نبود (جدول ۳). کاشت کاهو در خاک تیمار شده با علف‌کش‌های بن‌سولفورون متیل، تیوبنکارب و اکسادپارژیل به ترتیب ۳۰، ۲۷ و ۶۷ درصد کاهش وزن تر ریشه آن را موجب شد (جدول ۳). در این آزمایش، میزان بازدارندگی باقی‌مانده علف‌کش بن‌سولفورون متیل بر طول ریشه کاهو و وزن تر آن یکسان بود. برخلاف نتایج این آزمایش، گزارش شده است که در بررسی واکنش ریشه در تماس با سولفونیل‌اوره‌ها، طول ریشه

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که تأثیر اصلی گونه گیاه محک، نوع علف‌کش و نیز اثر متقابل بین آن‌ها بر همه صفات مورد بررسی معنی‌دار بود (جدول ۲). در نتیجه، واکنش کاهو و شاهی به باقی‌مانده علف‌کش‌های رایج شالیزار جداگانه بررسی شد.

کاهو

میانگین ارتفاع کاهو در تیمار شاهد (خاک کشتزار بدون تیمار علف‌کش در فصل کشت در شالیزار) ۵/۷ سانتی‌متر بود (جدول ۳). باقی‌مانده علف‌کش‌های مختلف تأثیر متفاوتی بر گیاهان محک مورد بررسی داشتند (جدول ۳). ارتفاع کاهو در خاک تیمار شده با علف‌کش بوتاکلر ۱۹ درصد نسبت به شاهد افزایش نشان داد، در حالی که ارتفاع آن در خاک تیمار شده با علف‌کش‌های تیوبنکارب، بن‌سولفورون متیل و اکسادپارژیل به ترتیب ۱۱، ۱۸ و ۴۹ درصد کمتر از شاهد بود (جدول ۳). به همین ترتیب، وزن تر کاهو در خاک تیمار شده با بوتاکلر و اکسادپارژیل به ترتیب دارای ۵۲ درصد افزایش و ۶۴ درصد کاهش نسبت به شاهد نشان داد (جدول ۳). وزن تر اندام هوایی کاهو

به‌طور معمول حساسیت بیشتری به این گروه از آفت‌کش‌ها داشته و صفت مناسب‌تری برای بررسی واکنش به این گروه از علف‌کش‌ها است (Landi & Catizone, 1989).

جدول ۲. تجزیه واریانس (میانگین مربعات) تأثیر باقی‌مانده برخی علف‌کش‌های شالیزار بر صفات مورد بررسی در گیاهان محک

Table 2. Analysis of variance for the effects of some paddy field herbicides on traits measured in the test plants

Source of variance	df	Height	Shoot fresh weight	Root length	Root fresh weight
Repeat	3	22.1 ^{ns}	0.004 ^{ns}	11.6 ^{ns}	0.0001 ^{ns}
Test plant	1	957.3 ^{**}	0.745 ^{**}	3011.5 ^{**}	0.0176 ^{**}
Herbicide	4	375.4 ^{**}	0.378 ^{**}	27391.3 ^{**}	0.0460 ^{**}
Test plant × Herbicide	4	693.6 ^{**}	0.078 ^{**}	422.6 ^{**}	0.0050 ^{**}
Error	24	28.5	0.013	24.3	0.0009
C.V. (%)		9.5	15.7	12.5	9.9

ns و **: به ترتیب نشان‌دهنده عدم معنی‌داری و معنی‌دار بودن در سطح ۱ درصد است.

ns, **: non-significant and significant at 1% level of probability, respectively.

جدول ۳. مقایسه میانگین تأثیر (زیست‌سنجی) باقی‌مانده برخی علف‌کش‌های شالیزار بر کاهو

Table 3. Mean comparison for the effects of some paddy field herbicides residues on lettuce

Treatment	Height (cm)	Shoot fresh weight (g.pot ⁻¹)	Root length (cm)	Root fresh weight (g.pot ⁻¹)
Control	5.7 (100) ab	0.75 (100) b	5.4 (100) a	0.30 (100) a
Butachlor	6.8 (119) a	1.14 (152) a	5.1 (94) a	0.25 (83) ab
Bensulfuronmethyl	4.7 (82) b	0.75 (100) b	3.7 (69) b	0.21 (70) b
Thiobencarb	5.1 (89) b	0.77 (103) b	4.1 (76) b	0.22 (73) b
Oxadiargyl	2.9 (51) c	0.27 (36) c	2.1 (39) c	0.10 (33) c
LSD (0.05)	1.27	0.197	0.9	0.074

اعداد بیرون پرانتز مقدار صفت و اعداد درون پرانتز مقدار آن برحسب درصد نسبت به شاهد بدون علف‌کش است. در هر ستون، میانگین‌های دارای دست‌کم یک حرف همسان از لحاظ آماری اختلاف معنی‌داری با یکدیگر ندارند.

Numbers out of parenthesis represent the amount of traits and in the parenthesis represent the percentage of that traits based on non-treated herbicide control.

شاهی
ارتفاع بوته شاهی در همه تیمارهای علف‌کشی نسبت به شاهد بدون علف‌کش بیشتر بود که کمترین و بیشترین میزان آن به ترتیب در خاک‌های تیمار شده با بوتاکلر و بن‌سولفورون‌متیل بود (جدول ۴). وزن تر اندام هوایی شاهی در تیمارهای علف‌کشی بوتاکلر و بن‌سولفورون‌متیل اندکی بیشتر از شاهد و در تیمارهای علف‌کشی تیوبنکارب و اکسادیارژیل کمتر از تیمار شاهد بود (جدول ۴).
باقی‌مانده علف‌کش‌های تیوبنکارب، اکسادیارژیل و بن‌سولفورون‌متیل به ترتیب ۴۳، ۴۵ و ۶۹ درصد کاهش وزن تر ریشه شاهی را موجب شدند (جدول ۴).

شاهی
ارتفاع بوته شاهی در همه تیمارهای علف‌کشی نسبت به شاهد بدون علف‌کش بیشتر بود که کمترین و بیشترین میزان آن به ترتیب در خاک‌های تیمار شده با بوتاکلر و بن‌سولفورون‌متیل بود (جدول ۴). وزن تر اندام هوایی شاهی در تیمارهای علف‌کشی بوتاکلر و بن‌سولفورون‌متیل اندکی بیشتر از شاهد و در تیمارهای علف‌کشی تیوبنکارب و اکسادیارژیل کمتر از تیمار شاهد بود (جدول ۴).
باقی‌مانده علف‌کش‌های تیوبنکارب،

جدول ۴. مقایسه میانگین تأثیر (زیست‌سنجی) باقی‌مانده برخی علف‌کش‌های شالیزار بر شاهی

Table 4. Mean comparison for the effects of some paddy field herbicides residues on cress

Treatment	Height (cm)	Shoot fresh weight (g pot ⁻¹)	Root length (cm)	Root fresh weight (g pot ⁻¹)
Control	5.2 (100) c	1.05 (100) ab	8.8 (100) a	0.275 (100) a
Butachlor	5.6 (107) c	1.14 (109) a	8.1 (91) a	0.254 (94) a
Bensulfuronmethyl	7.0 (135) a	1.10 (103) ab	3.7 (42) bc	0.085 (31) c
Thiobencarb	6.6 (127) ab	0.95 (90) ab	4.8 (55) b	0.155 (57) b
Oxadiargyl	6.0 (115) bc	0.81 (77) b	3.5 (40) c	0.095 (35) c
LSD (0.05)	1.2	0.20	0.9	0.07

اعداد بیرون پرانتز مقدار صفت و اعداد درون پرانتز مقدار آن برحسب درصد نسبت به شاهد بدون علف‌کش است. در هر ستون، میانگین‌های دارای دست‌کم یک حرف همسان از لحاظ آماری اختلاف معنی‌داری با یکدیگر ندارند.

Numbers out of parenthesis represent the amount of traits and in the parenthesis represent the percentage of that traits based on non-treated herbicide control.

هفته است (Yu-Lin, 1980, Fang *et al.*, 2009)، در نتیجه این علفکش سریع در خاک تجزیه می‌شود. درعین‌حال، تأثیر مثبت بوتاکلر بر افزایش ارتفاع بوته و وزن اندام‌های هوایی کاهو می‌تواند به پدیده هورمسیس نسبت داده شود که در آن رشد برخی از گونه‌های گیاهی در میزان‌های کمتر از میزان توصیه‌شده علفکش افزایش می‌یابد (Vidotto *et al.*, 2007). در ضمن، برخی از محققان گزارش کردند که کاربرد بوتاکلر به‌ویژه در میزان‌های پایین سبب تحریک رشد برخی ریزجانداران خاک مانند باکتری‌های تثبیت‌کننده نیتروژن و باکتری‌های حل‌کننده فسفات می‌شود که این ریزجانداران نقش مهمی در تحریک رشد گیاه دارند (Das & Debnath, 2006). ضمن اینکه گزارش شده است که بوتاکلر سبب افزایش فعالیت آنزیم‌های خاک می‌شود (Min *et al.*, 2001). در آزمایشی مشاهده شد که کلرواستامیدها برای گیاهان زراعی بعدی در تناوب بی‌خطر بودند و آن‌ها به دلیل آبشویی و تجزیه تهریدی برای کشت بعدی نبودند (Zimdahl, 2008). برخلاف نتایج این آزمایش، گزارش شده است که بقایای علفکش بوتاکلر در استان مازندران سبب کاهش معنی‌دار طول ریشه شدر و وزن آن در مقایسه با شاهد شد (Valioalahpor *et al.*, 2008). به نظر می‌رسد که واکنش شدر به بقایای بوتاکلر متفاوت از واکنش شاهی و کاهو به بقایای بوتاکلر است.

نیمه‌عمر تیوبنکارب در شرایط هوایی تا دو هفته و در خاک‌های باتلاقی تا بیش از پنج سال گزارش شده است (Nakamura *et al.*, 1977). جذب تیوبنکارب به‌طور عمده از راه طوقه و ریشه است (Ahrens *et al.*, 1994) و این علفکش‌ها با کاهش تولید جیبرلین در گیاه حساس سبب کاهش رشد طولی می‌شوند (Donald *et al.*, 1979). در این آزمایش، بقای مانده این علفکش پس از گذشت حدود ۵/۵ ماه پس از کاربرد آن در شالیزار، سبب کاهش معنی‌دار ارتفاع و وزن تر کاهو و شاهی شد. محققان گزارش کردند که بقایای علفکش تیوبنکارب بر اسفناج اثر معنی‌داری نداشت، درحالی‌که عملکرد کاهو را به‌طور معنی‌داری کاهش داد (Mahmoudi *et al.*, 2011).

در زمینه نیمه‌عمر اکسادیازیل اطلاعاتی در

به‌طورکلی نتایج این تحقیق نشان داد که رشد کاهو و شاهی تحت تأثیر باقی‌مانده علفکش‌های شالیزار قرار گرفت و آن‌ها واکنش متفاوتی به علفکش‌های مختلف داشتند. واکنش متفاوت گونه‌های گیاهی به باقی‌مانده علفکش‌ها در دیگر آزمایش‌های زیست‌سنجی هم گزارش شده است (Mahmoudi *et al.*, 2011). این محققان گزارش کردند که واکنش اسفناج و کاهو به باقی‌مانده علفکش‌های تیوبنکارب و اکسادیازیل مصرف‌شده در شالیزارها متفاوت بود. در بررسی دیگری، محققان دریافتند که تأثیر علفکش اولتیم (نیکوسولفورون + ریم‌سولفورون) بر بازدارندگی رشد ریشه گیاه عدس نسبت به گندم، جو، لوبیا، ماش، کلزا، چغندرقد و خیار بیشتر بود (Shahbazi *et al.*, 2015). همچنین واکنش گیاهان زراعی کشت دوم به باقی‌مانده علفکش‌های مصرفی شالیزار نیز متفاوت گزارش شده است (Valioalahpor *et al.*, 2008). واکنش متفاوت گونه‌های موردبررسی در این آزمایش به باقی‌مانده علفکش‌ها، افزون بر تفاوت‌های فیزیولوژیک موجود بین آن‌ها می‌تواند ناشی از تفاوت ریخت‌شناختی (مورفولوژیک) موجود در بین آن‌ها نیز باشد. به‌عنوان مثال، کاهو با طول ریشه کوتاه‌تر (۵/۴ سانتی‌متر) در مقایسه با شاهی (۸/۸ سانتی‌متر) به میزان کمتری تحت تأثیر علفکش بن‌سولفورون متیل قرار گرفت (مقایسه جدول‌های ۳ با ۴). تصور می‌شود که آبشویی این علفکش و حرکت آن به اعماق پایین‌تر خاک سبب بروز واکنش متفاوت کاهو و شاهی (با طول ریشه متفاوت) به این علفکش شده است. لازم به یادآوری است که آبشویی علفکش‌های گروه سولفونیل‌اوره بسته به pH خاک، ماده آلی و بافت خاک متفاوت است، به‌طوری‌که با افزایش pH خاک میزان آبشویی علفکش‌ها افزایش می‌یابد (Stork, 1995) و آبیاری گلدان‌ها با آب شهر ممکن است در این فرآیند نقش داشته باشد.

بوتاکلر علفکشی از گروه استانیلیدها است که اگرچه جذب سطحی آن به کلوئیدهای خاک شدید است، اما بنا بر آزمایش‌های انجام‌شده نیمه عمر آن بسته به فصل رشد (مرطوب یا خشک) و میزان مصرفی بین یک تا سه

اسیدیتة آب‌و خاک نقش مهمی در سرعت تجزیه آن دارند. با این حال، ثابت شده است که حتی غلظت‌های کم بقایای علف‌کش‌های این گروه در خاک می‌تواند تأثیر سوء بر گیاهان زراعی در تناوب وارد کند. برای مثال، غلظت ۰/۰۱ تا ۰/۰۷ میکروگرم در کیلوگرم خاک از علف‌کش کلروسولفورون می‌تواند رشد گیاهان حساس از جمله لوبیا، نخودفرنگی، عدس یا یونجه را در تناوب‌های زراعی کاهش دهد (Brown, 1990).

نتایج این آزمایش همچنین نشان داد که اندام‌های زیرزمینی کاهو و شاهی (طول ریشه و وزن تر آن‌ها) در مقایسه با اندام‌های هوایی این گیاهان نسبت به باقی‌مانده علف‌کش‌های مورد بررسی بسیار حساس‌تر بودند، بنابراین می‌توان به آن‌ها در آزمایش‌های زیست‌سنجی باقی‌مانده این علف‌کش‌ها به‌عنوان صفات مناسب‌تری استناد کرد. به نظر می‌رسد که تماس مستقیم ریشه با مولکول‌های علف‌کش و یا غلظت بیشتر علف‌کش‌ها در محیط ریشه منجر به بروز چنین واکنشی شده است. دیگر محققان نیز ریشه را در آزمایش‌های زیست‌سنجی حساس‌تر از ساقه گزارش کردند (Szmigielska *et al.*, 1998). آمپونگ و دتا نیز (۱۹۹۱) اثرگذاری بازدارندگی بن‌سولفورون متیل بر ریشه برنج را بیشتر از اندام‌های هوایی آن گزارش کرده‌اند (Ampong & De Detta, 1991).

نتیجه‌گیری

نتایج این آزمایش نشان داد که تأثیر باقی‌مانده علف‌کش‌های رایج شالیزار بسته به نوع علف‌کش، گونه گیاه محک و اندام مورد بررسی متفاوت بود و از بین علف‌کش‌های رایج شالیزار، باقی‌مانده علف‌کش‌های اکسادیازیل، تیونیکارب و بن‌سولفورون متیل سبب کاهش معنی‌داری در رشد کاهو و شاهی شدند. باقی‌مانده بوتاکلر اثر معنی‌داری بر بازدارندگی رشد ریشه نداشت، در حالی که رشد اندام‌های هوایی را تحریک کرد. در شرایط واقعی شالیزار اختلاط دو گروه از علف‌کش‌ها (بن‌سولفورون متیل با یکی از علف‌کش‌های دیگر مورد بررسی در این آزمایش) و یا دزهای بالاتر به دلیل صرفه اقتصادی کاربرد علف‌کش نسبت به وجین دستی رایج‌تر است. بنابراین احتمال تأثیر سوء و بازدارندگی

دسترس نیست (Mahmoudi *et al.*, 2011)، اما نیمه‌عمر علف‌کش هم‌خانواده آن (اگزادیازون) ۱۰۸-۴۸ روز گزارش شده است (Sudo *et al.*, 2002). دیگران در شرایط اقلیمی همانند گیلان طول دوره دوام اگزادیازون را تا دوازده ماه گزارش کرده‌اند و این علف‌کش به‌شدت به ذرات خاک می‌چسبد (Monaco *et al.*, 2002). با توجه به جذب سطحی شدید اکسادیازیل به کلونیدهای رس و مواد آلی (Wehtje *et al.*, 1993; Ying & Williams, 2000)، تصور می‌شود که آزادسازی کند مولکول‌های این علف‌کش از ذرات خاک و ورود آن به محلول خاک و در نتیجه جذب توسط گیاه، سبب کاهش رشد کاهو شده باشد. این موضوع به‌ویژه در بیشتر شالیزارهای شمال کشور که خاک رسی دارند (جدول ۱)، می‌تواند در تشدید اثرگذاری‌های بازدارندگی باقی‌مانده این علف‌کش مؤثر باشد. همانند نتایج این آزمایش، از استان مازندران گزارش شده است که کاهو در مقایسه با اسفناج حساسیت بیشتری به باقی‌مانده علف‌کش‌های اکسادیازیل و تیونیکارب داشت و مصرف این علف‌کش‌ها در شالیزارها منجر به کاهش عملکرد کاهو در کشت پاییزه آن شد (Mahmoudi *et al.*, 2011). همچنین در بررسی مشخص شد که طول ساقه و ریشه کاهو و وزن ساقه و وزن کل شاهی متأثر از بقایای علف‌کش اگزادیازیل مصرف‌شده در شالیزارها بود (Valioalapor *et al.*, 2008).

سازوکار عمل بیوشیمیایی سولفونیل‌اوره‌ها بازدارندگی از ساخت (سنتز) آمینواسیدهای زنجیرهای والین، لوسین و ایزولوسین است. این اسیدهای آمینه برای توسعه گیاه ضروری بوده و کمبود آن‌ها سبب کاهش سریع رشد ریشه‌چه و ساقه‌چه شده و سرانجام مرگ گیاه را موجب می‌شود (Devine *et al.*, 1993). در شالیزارها، نیمه‌عمر بن‌سولفورون متیل در آب بین ۵ تا ۱۰ روز و در خاک بین ۴ الی ۸ هفته گزارش شده است (Ahrens *et al.*, 1994). بقاء این علف‌کش‌ها وابسته به نوع خاک بوده و بازدارنده‌ای در جهت توسعه کشت دوم در استرالیا گزارش شده‌اند (Halloway *et al.*, 2006). تجزیه این علف‌کش بیشتر با میکروبا و هیدرولیز شیمیایی است و دما و

علف‌کش‌های شالیزار بر گیاهان زراعی کشت دوم
 به‌عنوان یک عامل بازدارنده در توسعه کشت دوم به‌طور
 جدی مطرح است. بنابراین، پیش از انجام کشت دوم در
 شالیزار اطلاع از نوع علف‌کش مصرفی در زراعت برنج و
 تأثیر باقی‌مانده آن بر محصول گیاهان کشت دوم ضروری
 به نظر می‌رسد.

REFERENCES

- Ahrens, W.H., Anderson, C.D., Campbell, J.M., Clay, S., Ditomaso, J.M., Dyer, W.E., Edwards, M. T., Ehr R.J., Frank, J.R., Hickman, M.V., Hill, E.R., Isensee, A.R., Koskinen, W.C., McAvoy, W. J., Mitich, L.W., Ratliff, R.L. & Sterling, T.M. (1994). *Herbicide handbook. Seventh edition. Weed Science Society of America*, Champaign, IL. Pp. 352.
- Ampong, N.K. & De Detta, S.K. (1991). *A handbook for weed control in rice*. International Rice Research Institute. Pp. 113.
- Brown, H.M. (1990). Mode of action, crop selectivity, and soil relations of the sulfonylurea herbicides. *Pesticide Science*, 29, 263-281.
- Das, A.C. & Debnath, A. (2006). Effect of systemic herbicides on N₂-fixing and phosphate solubilizing microorganisms in relation to availability of nitrogen and phosphorus in paddy soils of West Bengal. *Chemosphere*, 65 (6), 1082-1086.
- Devine, M.D., Duke S.O. & Dedtke, C. (1993). *Physiology of herbicide action*. Prentice Hall, Englewood. 441p.
- Donald, W.W., Fawcett, R.S. & Harvey, R.G. (1979). EPTC effects on corn (*Zea mays* L.) growth and endogenous gibberellins. *Weed Science*, 27, 122-127.
- Fang, H., Yu, L.Y., Wang, X.G., Chu, X.Q. & Xiao, E. (2009). Persistence of the herbicide butachlor in soil after repeated applications and its effects on soil microbial functional diversity. *Journal of Environmental Science and Health, Part B*, 44(2), 123-129.
- Goetz, A. J., Walker, R. H., Wehtje, G. & Hajek, B. K. (1989). Sorption and mobility of chlorimuron in Alabama soils. *Weed Science*, 37, 428-433.
- Halloway K.I., Kookana, R.S., Noy, D.M., Smith, J.G. & Wilhelm, N. (2006). Crop damage caused by residual acetolactate synthase herbicides in the soils of south-eastern Australia. *Australian Journal of Experimental Agriculture*, 46, 1323-1331.
- Hance, R.J. (1987). Some continuing uncertainties in the knowledge of herbicide behaviour in the soil. *Annals of Applied Biology*, 110, 195-202.
- Kotoula-Syka, E., Eleftherohorinos, I.G., Gagianas, A. & Sficas, A.G. (1993). Phytotoxicity and persistence of chlorsulfuron, metsulfuron-methyl, triasulfuron and tribenuron-methyl in three soils. *Weed Research*, 33, 355-367.
- Landi, P.A. & Catizone, P. (1989). Response of maize inbred lines and hybrids to chlorsulfuron. *Weed Research*, 29, 265-271.
- Mahmoudi, M., Rahnemaie, R., Sufizadeh, S., Malakouti, M.J. & Shaghi, A.E. (2011). Residual effect of thibencarb and oxadiargil on spinach and lettuce in rotation with rice. *Journal of Agriculture Science and Technology*, 13, 785-794. (in Farsi)
- Min, H., Ye, Y.F., Chen, Z.Y., Wu, W.X. & Yufeng, D. (2001). Effects of butachlor on microbial populations and enzymes activities in paddy soil. *Journal of Environmental Science and Health, Part B*, 36, 581-595.
- Monaco, T.J., Welle, S.C. & Ashton, F.M. (2002). *Weed science, principle and practices*. Fourth edition. Johnwiley & Sons, INC. 685p.
- Nakamura, Y., Ishikawa, K. & Kuwatsuka, S. (1977). Degradation of benthocarb in soils as affected by soil conditions. *Journal of Pesticide Science*, 2, 7-16.
- Ndez-sevillano, E.H., Villarroya, M., Alonso-Prados, J.L. & Jose, M.G. (2001). Bioassay to detect MON-37500 and Triasulfuron Residues in Soils. *Weed Technology*, 15, 447-452.
- Nepalia, V. & Jain, G.L. (2000). Effect of weed control and sulphur on yield of Indian mustard (*Brassica juncea*) and their residual effect on summer greengram (*Phaseolus Radiatus*). *Indian Journal of Agronomy*, 45(3), 483-488.
- Pannacci, E., Onofri, A. & Covarelli, G. (2006). Biological activity, availability and duration of phytotoxicity for imazamox in four different soils of central Italy. *Weed Research*, 46(3), 243-250.
- Rabiee, M., Gilani, M. & Karimi, S. (2015). Effect of consumption of nitrogen and phosphorus fertilizers on harvest indices and some important agronomical traits of Triticale (*Triticosecale Wittmack*) in Guilan area. *Agricultural Crop Management*, 17(2), 313-327. (in Farsi)
- Rahman, A., James, T.K. & Gunther, P. (1993). Bioassays of soil applied herbicides. Proc. Int. Symp. Indian Soc. *Weed Science. Hisar*, 1, 95-106.

22. Rainbolt, C.R., Thill, D.C. & Ball, D.A. (2001). Response of rotational crops to BAY MKH 6561. *Weed Technology*, 15, 365-374.
23. Ramezani. (2010). Soil persistence of herbicides and their carryover effects on rotational crops. *Iranian Weed Research*, 2(1), 95-118.
24. SAS. (2004). *SAS Institute*. Version 9.1.3. Cary, NC, USA.
25. Shahbazi, S., Alizadeh, H. & Talebi Jahromi, K. (2015). Nicosulfuron+rimsulfuron (ultima) residues in maize filed by bioassay. *Iranian Journal of Field Crop Researches*, 46(1), 15-24. (in Farsi)
26. Smith, W.C. & Dilday, R.H. (2003). *Rice origin, history, technology, and production*. 2003. 658p.
27. Stork, P.R. (1995). Field leaching and degradation of soil applied herbicides in a gradationally textured alkaline soil: chlorsulfuron and triasulfuron. *Australian Journal of Agricultural Research*, 46(7), 1445-1458.
28. Streibig, J.C. (1988). Herbicide bioassay. *Weed Research*, 28, 479-484.
29. Sudo, M., Kunimatsu, T. & Okubo, T. (2002). Concentration and loading of pesticide residues in Lake Biwa Basin (Japan). *Water Research*, 36(1), 315-329.
30. Szmigielska, A.M., Schoenau, J.J. & Greer, K. (1998). Comparison of chemical extraction and bioassay for measurement of metsulfuron in soil. *Weed Science*, 487-493.
31. Tabrizi, A.A., Nour Mohammadi, G. & Mobasser, H.R. (2015). Effects of different cropping systems on fertility of paddy soil. *Journal of Crop Ecophysiology*, 9(2), 191-202. (in Farsi)
32. Valioalahpor, R., Rashed Mohassel, M.H., Baghestani, M.A. & Hassanzadeh Khayate, M. (2008). Residual effects of herbicides applied in paddy fields on growth of some aftercrops in Mazandaran province. *Agricultural Science and Technology Journal: Crop Protection*, 22(2), 59-70. (in Farsi)
33. Vidotto, F., Tesio, F., Tabacchi, M. & Ferrero, A. (2007). Herbicide sensitivity of *Echinochloa spp.* accessions in Italian rice fields. *Crop Protection*, 26, 285-293.
34. Wehtje, G.R., Gilliam, C.H. & Hajek, B.F. (1993). Adsorption, desorption, and leaching of oxadiazon in container media and soil. *Hortscience*, 28(2), 126-128.
35. Wiese, A.F., Wood, M.L. & Chenaul, E.W. (1988). Persistence of sulfonylureas in Pullman clay loam. *Weed Technology*, 2, 51-256.
36. Ying, G.G. & Williams, B. (2000). Dissipation of herbicides in soil and grapes in a south australian vineyard. *Agriculture, Ecosystem Environment*, 78(3), 283-289.
37. Yu-Lin, C. (1980). Degradation of butachlor in paddy fields. In 'Weeds and Weed Control in Asia.' pp. 121-41. (Food and Fertilizer Technology Center: Taiwan.)
38. Zimdahl, R.L. (2007). *Fundamental of weed science*. Elsevier Inc. Pp 689.