نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد ۵، شماره ۲، تابستان ۱۳۹۲، ص. ۱۳۳-۱۲۲

Journal of Agroecology
Vol. 5, No. 2, Summer 2013, p. 122-133

ارزیابی اثرات زیست محیطی کاربرد آفتکش‌ها در نظام‌های مختلف تولید چغندرقند (*Beta vulgaris* L.) در استان‌های خراسان

امیر بهزاد بذرگر*[۱]، افشین سلطانی[۲]، علیرضا کوچکی[۳]، ابراهیم زینلی[۴] و علیرضا قائمی[۵]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۰/۰۳/۱۰
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۰/۰۸/۲۰

چکیده

ساماندهی برنامه‌های مدیریت آفات از دیدگاه محیط زیست و تغییر سمت و گرایش آنها به سوی برنامه‌های با کمترین مخاطرات زیست محیطی یکی از مهمترین اولویت‌های متخصصین مرتبط با تولید غذا به ویژه در کشورهای در حال توسعه است. این مطالعه تأثیرات زیست محیطی مصرف آفتکش‌ها در نظام‌های مختلف تولید چغندرقند (*Beta vulgaris* L.) را با استفاده از روش شاخص تأثیر زیست محیطی (Environmental Impact Quotient) یا EIQ در استان‌های خراسان به‌عنوان بزرگترین منطقه تولید این محصول استراتژیک در کشور ارزیابی کرده است. در این مطالعه، اطلاعات مربوط به کلیه سموم مورد استفاده در ۲۶ منطقه از ۱۱ ناحیه جغرافیایی در استان‌های خراسان (استان‌های خراسان شمالی، رضوی و جنوبی) در سه نظام تولید سنتی، نیمه‌مکانیزه و مکانیزه چغندرقند جمع‌آوری شد. بر اساس شاخص EIQ که نشان‌دهنده متوسط فشار زیست محیطی وارد بر سه جزء کارگران مزرعه‌ای، مصرف‌کنندگان وجزء اکولوژیک است، در هر سه نظام تولید چغندرقند در استان‌های خراسان، بیشترین اثر منفی کاربرد آفتکش‌ها مربوط به جزء اکولوژیک یعنی اثر بر موجودات زنده بوم‌نظام بود. این تحقیق نشان داد که افزایش استفاده از آفتکش‌ها در مزرعه به لحاظ تنوع سموم و مقدار کمی ماده مؤثره رابطه‌ای با عملکرد ندارد. همچنین با افزایش مکانیزاسیون در تولید چغندرقند مقدار فشار زیست محیطی وارد شده در مزرعه افزایش می‌یابد، اما با در نظر گرفتن میزان تولید هر یک از نظام‌های تولید چغندر، آسیب‌های زیست محیطی ایجاد شده به ازای یک تن چغندرقند تولید شده در نظام‌های مکانیزه ۳۳ درصد کمتر از نظام‌های سنتی بود. بنابراین، به نظر می‌رسد که امکان بهبود کارکرد زیست محیطی تولید چغندرقند با کاهش مصرف یا جایگزینی سموم شیمیایی همراه با حفظ و یا افزایش عملکرد اقتصادی وجود داشته و تمایل نظام‌های تولید چغندرقند به سوی نظام‌های مکانیزه‌تر و پر تولیدتر می‌تواند در مقیاس ملی هزینه‌های زیست محیطی تولید داخلی را کمتر و در مقیاس جهانی نیز از بار زیست محیطی ناشی از حمل و نقل تولید غیرمحلی جلوگیری نماید.

واژه‌های کلیدی: بار زیست محیطی، سمیت اکولوژیک، سمیت انسانی، شاخص تأثیر زیست محیطی

مقدمه

در کشورهای در حال توسعه کشاورزان کاربرد آفتکش‌ها را یکی از مهمترین راه‌های بهبود تولید و از سویی ضامن افزایش درآمد می‌دانند. بر اساس آمار ارائه شده توسط سازمان خواربار جهانی (به نقل از Snelder et al., 2008)، حدود ۵۵ درصد از کل ذخایر بالقوه غذایی بشر پیش (۳۵ درصد) و یا پس از برداشت (۲۰ درصد) توسط آفات زراعی از دست می‌روند. تلفات محصولات زراعی در کشورهای در حال توسعه بیش از سه برابر کشورهای توسعه یافته بوده و به ۷۵ درصد می‌رسد. افزایش قیمت تولیدات غذایی ناشی از این تلفات برخی از متخصصین را متقاعد ساخته است که فشرده‌سازی کشاورزی بر پایه فن‌آوری تولید باید به عنوان یک راهبرد برای کاهش فقر و افزایش امنیت غذایی به طور گسترده‌ای توسط کشاورزان خرده‌پا مورد استفاده قرار گیرد (Snelder et al., 2008).

از سوی دیگر، اتکای کشاورزان به آفتکش‌ها که بخش قابل توجهی از هزینه‌های تولید را در بر می‌گیرد، به مخاطره افتادن سلامت انسانی و سلامت بوم‌نظام‌های کشاورزی به‌طور مستقیم و غیرمستقیم که همگی از پیامدهای ورود آفتکش‌ها به مزارع است، نگرش بالا را به چالش کشیده است. آبشویی آفتکش‌ها از طریق رواناب سطحی و زهکش عمقی و ورود به اتمسفر در اثر بادبردگی،

۱، ۲، ۳، ۴ و ۵- به ترتیب استادیار گروه زراعت، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد نیشابور، استاد گروه زراعت دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، استاد گروه زراعت دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد، استادیار گروه زراعت دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، استادیار بخش تحقیقات چغندرقند، مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی خراسان رضوی
(*- نویسنده مسئول: E-mail: abbarzgar@yahoo.com)

سلامت کشاورزان، کارگران مزرعه و مصرف‌کنندگان محصولات کشاورزی را مورد تهدید جدی قرار داده است (Matthews et al., 2003). همچنین تکرار استفاده از ترکیبات شیمیایی اثرات منفی بر توزیع گونه‌های گیاهی، جانوری و ریز موجودات زنده داشته و تنوع زیستی زیر و روی خاک را در بوم‌نظام‌های کشاورزی و محیط‌های اطراف آنها تخریب کرده است (Larson et al., 2005).

خصوصیات ویژه اقلیمی و اجتماعی (مانند درجه حرارت‌های بالا و سوء تغذیه جوامع) از سویی و شرایط نامطلوب حفاظتی و مکانیزاسیون کاربرد آفتکش‌ها در کشورهای در حال توسعه نظیر ایران سبب شده است که این کشورها علیرغم سهم کمتر در مصرف آفتکش‌های تولید شده در دنیا، حساسیت بیشتری نسبت به مصرف این ترکیبات داشته و بیشتر متاثر از سمیت‌های حاصل از آنها باشند (Snelder et al., 2008). نتایج برخی مطالعات نشان داده است که جوامع با درآمد کمتر شدیداً با این عدم تناسب مصرف و آلودگی زیست محیطی درگیرند (Simunovic, 2003).

ساماندهی برنامه های مدیریت آفات از دید محیط زیست و تغییر سمت و گرایش آنها به سوی برنامه‌های با کمترین مخاطرات زیست محیطی امروزه یکی از مهمترین نگرانی‌های متخصصین مرتبط با تولید غذا است که ضرورت آن در کشور های در حال توسعه بیشتر احساس می‌شود. مولفه‌های زراعی، مدیریتی و اقتصادی متعددی در گزینش برنامه‌های راهبردی مدیریت آفات در نظر گرفته می‌شود. اثرات زیست محیطی آفتکش‌های مورد استفاده نیز یکی از عوامل مؤثر بر تصمیم‌گیری‌های مدیریت آفات است. یکی از روش‌های ارزیابی اثرات زیست محیطی آفتکش‌ها، استفاده از روش EIQ[1] یا شاخص تأثیر زیست محیطی آفتکش‌ها است که با ارزیابی پتانسیل آبشویی و تلفات سطحی، نیمه عمر خاک و گیاه و اثرات سمی ترکیبات شیمیایی مورد استفاده در مزرعه بر گروه‌های مختلف موجودات زنده، تخمینی از میزان خطرات بالقوه مواد مؤثره آفتکش‌ها را ارائه می‌دهد (Kovach et al., 2010).

در مطالعات بسیاری از EIQ برای مقایسه آسیب‌های زیست محیطی آفتکش‌های مختلف و یا نظام‌های تولیدی متفاوت استفاده شده است (Brimner et al., 2005; Deihimfard et al., 2007; Sikkema et al., 2007; Soltani et al., 2007&2010) . از این روش همچنین برای ارائه یک معیار کمی به کشاورزان و سیاست-گزاران بخش کشاورزی استفاده می‌شود تا انجام مقایسات مختلف را تسهیل نماید. تعیین آفتکش‌ها و یا ترکیباتی از آفتکش‌های مختلف که بتواند همزمان با مدیریت آفات، کمینه آسیب‌های زیست محیطی را با بیشینه عملکرد به همراه آورد، مورد توجه تولیدکنندگان چغندرقند در استان‌های خراسان خواهد بود.

این مطالعه تأثیرات زیست محیطی مصرف آفتکش‌ها در مزارع تولید چغندرقند در استان‌های خراسان به‌عنوان بزرگترین منطقه تولید این محصول استراتژیک در کشور را با استفاده از روش EIQ ارزیابی کرد.

مواد و روش‌ها

در این مطالعه داده‌های مربوط به تولید چغندرقند در سه نظام تولید سنتی، نیمه‌مکانیزه و مکانیزه در ۲۶ منطقه در ۱۱ ناحیه جغرافیایی در خراسان (استان‌های خراسان شمالی، رضوی و جنوبی) مورد بررسی قرار گرفت. اطلاعات تفصیلی و ویژگی های آنها در جدول ۱ ارائه شده است. اطلاعات مربوط به کلیه سموم مورد استفاده در این مکان نظام‌ها جهت مبارزه و مدیریت آفات (از جمله حشرات و کنه‌های خسارت‌زا، قارچ‌های بیماری‌زا و علف‌های هرز) بر حسب نوع سم، تعداد سمپاشی و غلظت ماده مؤثره جمع‌آوری شد (جدول ۲).

برای ارزیابی اثرات زیست محیطی آفتکش‌های مورد استفاده در این مطالعه از روش EIQ (شاخص تأثیر زیست محیطی آفتکش‌ها) استفاده شد (Kovach et al., 1992; Kovach et al., 2004; Kovach et al., 2010). در روش EIQ میزان سمیت (شامل سمیت‌های مزمن، پوستی، سمیت برای ماهی‌ها، پرندگان، بندپایان و زنبورهای عسل)، آبشویی و تلفات سطحی بالقوه، و نیمه عمر خاک و گیاه برای تخمین میزان آسیب‌رسانی زیست محیطی مواد مؤثره آفتکش‌های مربوطه مد نظر قرار می‌گیرد (Soltani et al., 2010). مقدار عددی EIQ میانگین سه جزء اصلی آسیب شامل آسیب بالقوه برای سلامت کارگران مزرعه، آسیب بالقوه برای مصرف‌کنندگان ازطریق اثر مستقیم مواد سمی باقیمانده در محصولات غذایی و یا از طریق آلودگی آب‌های زیر زمینی و اثرات منفی بالقوه برای محیط زیست شامل موجودات زنده آبزی و خشکی‌زی را نشان می‌دهد. جزییات محاسبه هر یک از این سه بخش توسط کواچ و همکاران (Kovach et al., 1992) ارائه شده است. بدین ترتیب مدل EIQ مجموعه اطلاعات اثرات زیست محیطی مصرف آفتکش‌ها به صورت یک عدد از طریق معادله‌ای مبتنی بر سه جزء اصلی گفته شده را ارائه می‌دهد. تعیین مقدار EIQ برای هر آفتکش با استفاده از معادله (۱) در زیر ارائه شده است (Stenrød et al., 2008).

معادله (۱)

$$EIQ = \{C\,[(DT \times 5) + (DT \times P)] + [(C \times ((S + P)/2) \times SY) + (L)] + [(F \times R) + (D \times ((S + P)/2) \times 3) + (Z \times P \times 3) + (B \times P \times 5)]\}/3$$

که در این معادله، DT: سمیت پوستی، C: سمیت مزمن، SY: سیستمیک بودن، F: سمیت برای ماهی‌ها، L: پتانسیل آبشویی، R: پتانسیل تلفات سطحی، D: سمیت برای پرندگان، S: نیمه عمر خاک، Z: سمیت برای زنبور عسل، B: سمیت برای بند پایان سودمند و P: نیمه عمر سطح گیاه است.

مقادیر EIQ و سه جز آن برای هر آفتکش توسط کواچ و همکاران (Kovach et al., 2010) ارائه شده است. لازم به ذکر است که برای علف‌کش گالانت مقدار EIQ یافت نشد. دلیل این امر احتمالا به خطرات سمیت شدید مصرف این علف‌کش در امریکا و بسیاری از کشورهای اروپایی دیگر مربوط می‌باشد. بنابراین، میانگین مقادیر متوسط علف‌کش‌ها برای EIQ کل و اجزای آن استفاده شد که احتمالاً این مقدار از مقدار واقعی اثر گالانت کمتر است. از این روش در برخی دیگر از پژوهش‌ها برای محاسبه EIQ استفاده شده است (Bindraban et al., 2009; Fisher & Tozer, 2009).

همچنین برای قارچ‌کش کربوکسین- تیرام که جهت ضدعفونی کردن بذرهای پلی ژرم IC استفاده شده است، میانگین EIQ کربوکسین (ویتاواکس) و تیرام و برای حشره‌کش تاچیگارن که در ضدعفونی کردن بذرهای وارداتی استفاده می‌شود و برای علف‌کش گلتیکس از میانگین مقادیر آفتکش‌های کلاس مربوطه استفاده شد.

پس از محاسبه مقادیر EIQ بر اساس ماده مؤثره هر آفتکش و برای مقایسه اثرات زیست محیطی بین آفتکش‌ها و برنامه‌های مختلف مدیریت آفات، شاخص EIQ نرخ کاربرد مزرعه[1] (EIQ-FUR) از حاصلضرب مقدار EIQ در میزان ماده مؤثره هر آفتکش و مقدار مصرف آفتکش در مزرعه محاسبه گردید (Soltani et al., 2011). در نهایت، مقادیر EIQ-FUR برای آفتکش‌های مختلف بکار رفته در هر مکان نظام، برای تعیین اثرات زیست محیطی هر استراتژی و نظام تولیدی در مدیریت آفات جمع زده شدند.

تجزیه داده‌ها در قالب طرح کاملاً تصادفی نامتعادل انجام شد و در آن هر نظام تولیدی (مکانیزه، نیمه‌مکانیزه و سنتی) به‌عنوان یک تیمار و هر منطقه به عنوان یک تکرار در نظر گرفته شد. مقایسات میانگین‌های حسابی در صورت معنی‌داری آزمون F با استفاده از آزمون کمترین اختلاف معنی‌دار (LSD)[2] در سطح احتمال یک درصد انجام شد. تجزیه‌های آماری مورد نیاز با استفاده از نرم‌افزار آماری SAS 9.1 انجام شد (SAS Institute Inc, 2003).

نتایج و بحث

شکل ۱ نشان دهنده تنوع فراوان در میزان شاخص EIQ و اجزای آن در بین آفتکش‌های مورد استفاده در مزارع چغندرقند استان‌های خراسان است. بیشترین مقدار EIQ در بین آفتکش‌های مورد استفاده برای حشره‌کش متاسیستوکس– آر (۷۵/۰۳) و بازودین (۴۴/۰۳) بود و علف‌کش پیرامین (۱۶/۰۱) و حشره‌کش مچ (۱۶/۲۹) نیز به ترتیب دارای کمترین مقدار این شاخص بودند (شکل ۱– a). همچنین حشره‌کش متاسیستوکس– آر (۸۰) دارای بیشترین اثر بر کارگران مزرعه بود و کمترین این جز مربوط به حشره‌کش دورسبان (۶) بود (شکل ۱– b). در بین گروه‌های مختلف آفتکش، قارچ‌کش ها دارای بیشترین اثر در جزء مصرف‌کنندگان بودند (شکل ۱– c). به لحاظ اثرات اکولوژیک نیز حشره‌کش‌های متاسیستوکس–آر و بازودین به ترتیب با ۱۲۸/۱ و ۱۲۲/۷۵ دارای بیشترین آسیب‌رسانی و علف-کش‌های رونیت و مچ به ترتیب با ۳۳ و ۳۳/۶۳ دارای کمترین آسیب‌رسانی بودند (شکل ۱ a– d).

بنابراین، می‌توان دو حشره‌کش متاسیستوکس–آر و بازودین را پر مخاطره ترین آفتکش‌های مورد استفاده برای محیط زیست در تولید چغندرقند در استان‌های خراسان دانست.

در هر سه نظام تولید چغندرقند در استان‌های خراسان، بیشترین اثر منفی کاربرد آفتکش‌ها مربوط به جزء اکولوژیک یعنی اثر بر موجودات زنده بوم‌نظام بود (شکل ۲)، اما با مکانیزه شدن نظام تولیدی سهم این جزء کم شد به طوریکه از ۸۶/۲ درصد در نظام‌های سنتی به ۷۸/۴ درصد در نظام‌های مکانیزه کاهش یافت. همچنین در هر سه نظام تولیدی کمترین سهم اثر منفی کاربرد آفتکش‌ها مربوط به جزء اثر مصرف‌کنندگان و آبشویی بود. سهم این جزء در نظام‌های سنتی (۴/۹ درصد) نسبت به نظام‌های مکانیزه (۷/۵۸ درصد) و نیمه-مکانیزه (۷/۵۹ درصد) کمتر بود. سلطانی و همکاران (Soltani et al., 2011) و بوئس و همکاران (Bues et al., 2004) نیز بیشترین اثر منفی کاربرد آفتکش‌ها را به ترتیب مربوط به جزء اکولوژیکی، کارگران مزرعه و مصرف‌کنندگان و آبشویی دانسته‌اند.

جدول ۳ تجزیه واریانس شاخص‌های اثرات زیست محیطی کاربرد آفتکش‌ها حاصل از مدل EIQ و عملکرد غده چغندرقند تصحیح شده بر اساس ۱۶ درصد عیار قند در نظام‌های مختلف تولید چغندرقند در استان‌های خراسان را نشان می‌دهد. نتایج بیانگر آن بود که به جز در مورد عملکرد، بین نظام‌های مختلف تولید تفاوت معنی-داری در سایر شاخص‌ها یعنی EIQ مزرعه‌ای (EIQ-FUR) و سه جزء آن یعنی اثر برکارگران مزرعه[3] (W-FUR)، اثر بر مصرف-کنندگان و آبشویی[4] (CL-FUR) و اثرات اکولوژیک بر موجودات زنده[5] (E-FUR)، EIQ-FUR برای تیمار بذر، EIQ-FUR برای حشره کش ها، EIQ-FUR برای قارچ کش ها، EIQ-FUR برای علف کش ها وEIQ-FUR به ازای یک تن چغندرقند (تصحیح شده برای عیار قند ۱۶ درصد) مشاهده نشد. اگرچه این تفاوت‌ها در برخی شاخص‌ها در سطوح معنی‌داری کمی بالاتر معنی‌دار بود (جدول ۳).

1- EIQ Field Use Rate
2- Least significant differences

3- Worker- Field Use Rate
4- Consumer and Leaching- Field Use Rate
5-Ecological- Field Use Rate

جدول ۱- مکان نظام‌های تولید چغندرقند ارزیابی شده در استان‌های خراسان

Table 1- Sugar beet production system/locations evaluated in Khorasan provinces, Iran

کد مکان/نظام System/Location code	منطقه جغرافیایی Geographic region	نوع نظام تولید production System type[1]	منطقه نماینده Location Represented by:	عرض/طول جغرافیایی *latitude/longitude*	ارتفاع (متر از سطح دریا) Altitude (m asl.)	نوع خاک Soil type	شاخص بارندگی (میلی‌متر در سال) Rainfall index (mm.year^{-1})	میانگین دما (درجه سانتی- گراد) Average air temperature (^{o}C)	میانگین مساحت مزرعه (هکتار) Average farm size (ha)	نوع رقم کشت شده Cultivar
1	مشهد Mashhad	M*	توس Toos	36^{0} 26 N/59^{0} 33E	1020	لوم Loam	248.6	15.3	14	دوروتا Dorotea
2	مشهد Mashhad	S	ناظر آباد Nazer abad	36^{0} 25 N/59^{0} 29E	1029	لومی شنی Loamy sand	248.6	15.3	3	اربیس Orbis
3	مشهد Mashhad	T	غازقان Qazqan	36^{0} 14 N/59^{0} 52E	906	لومی رسی Loamy clay	248.6	15.3	2	آی. سی IC.
4	چناران Chenaran	M	حکیم آباد Hakim abad	36^{0} 46 N/59^{0} 53E	1180	رسی لومی Clay loam	210.5	13.4	50	لاتیتیا Laetitia
5	چناران Chenaran	S	نوبهار Nowbahar	36^{0} 35 N/59^{0} 13E	1157	لوم Loam	210.5	13.4	3	لاتیتیا Laetitia
6	چناران Ghoochan	M	آلماجق Almajeq	36^{0} 53 N/58^{0} 43E	1256	لومی شنی Loamy sand	311.1	12.9	90	پرسیا Persia
7	شیروان Shirvan	M	خرم آباد Khoram abad	37^{0} 20 N/58^{0} 07E	1141	لوم Loam	311.1	12.9	13	کاستیل Castille
8	شیروان Shirvan	S	دوین Devin	37^{0} 18 N/58^{0} 02E	1137	لومی رسی Loamy clay	311.1	12.9	5	بریجیتا Brigitta
9	شیروان Shirvan	T	شوقان Shoghan	37^{0} 18 N/56^{0} 48E	1222	لومی رسی Loamy clay	272.4	13.1	7	آی. سی IC.
10	نیشابور Neshabur	M	حمید آباد Hamid abad	36^{0} 11 N/58^{0} 55E	1305	لومی شنی Loamy sand	235	14.3	30	دوروتا Dorotea
11	نیشابور Neyshabur	S	همت آبادHemat abad	36^{0} 08 N/58^{0} 39E	1108	سیلتی لومی Silt loam	235	14.3	15	پی پی ۲۲ PP22
12	نیشابور Neyshabur	T	شوری Shoori	36^{0} 17 N/58^{0} 39E	1168	لومی رسی Loamy clay	235	14.3	1.2	آی. سی IC.
13	فریمان Fariman	M	فریمان Fariman	35^{0} 39 N/59^{0} 50E	1455	لومی شنی Loamy sand	244.5	12.4	15	پائولینا Paulina
14	فریمان Fariman	S	کاریزان Karizan	35^{0} 30 N/60^{0} 12E	1187	لوم Loam	244.5	12.4	1.75	پرسیا Persia
15	فریمان Fariman	T	لوشاب Loshab	35^{0} 38 N/59^{0} 48E	1495	لومی شنی Loamy sand	244.5	12.4	2	آی. سی IC.

16	تربت حیدریه Torbat Heydariye	M	کدکن Kadkan	35^0 39 N/58^0 51E	1629	لومی شنی Loamy sand	258.5	14	9	بریجیتا Brigitta
17	تربت حیدریه Torbat Heydariye	S	سنبله رخ Sonbole rokh	35^0 37 N/59^0 16E	1663	لوم Loam	227.9	11.16	2	پائولینا Paulina
18	تربت حیدریه Torbat Heydariye	T	زاوه Zaveh	35^0 16 N/59^0 25E	1344	لوم Loam	258.5	14	0.4	آی. سی IC.
19	تربت جام Torbat Jam	M	بوژگان Bujgan	35^0 09 N/60^0 49E	809	لوم Loam	176.4	15.7	200	بریجیتا Brigitta
20	تربت جام Torbat Jam	S	صالح آباد Saleh abad	35^0 49 N/60^0 48E	971	لوم Loam	176.4	15.7	7	دوروتا Dorotea
21	سبزوار Sabzevar	M	جوین Jovein	36^0 41 N/57^0 15E	1113	شنی لومی Sandy loam	204.9	14.23	25	پائولینا Paulina
22	سبزوار Sabzevar	S	حکم آباد Hokm abad	36^0 37 N/57^0 33E	1098	سیلتی لومی Silt loam	204.9	14.23	1.75	فلورس Flores
23	سبزوار Sabzevar	T	سلطان آباد Soltan abad	36^0 26 N/58^0 02E	1169	لومی سیلتی Loamy silt	204.9	14.23	3	آی. سی IC.
24	سرخس Sarakhs	S	کندکلی Kandakly	36^0 35 N/61^0 03E	276	لومی رسی Loamy clay	190.6	18	1	آی. سی IC.
25	بیرجند Birjand	S	سربیشه Sarbishe	32^0 39 N/59^0 46 E	1480	لوم Loam	167.2	16.4	2	فیاما Fiamma
26	بیرجند Birjand	T	طبس مسینا Tabas e Masina	32^0 57 N/59^0 58 E	1480	لومی رسی Loamy clay	167.2	16.4	1	آی. سی IC.

*M، S و T: به ترتیب نشاندهنده نظام‌های مکانیزه، نیمه‌مکانیزه و سنتی هستند.

* M, S and T: are mechanized, semi-mechanized and traditional systems, respectively.

برای در نظر گرفتن سهم هر یک از نظام‌های تولیدی در ایجاد اثرات زیست محیطی در تولید چغندرقند در استان‌های خراسان، میانگین وزنی هر شاخص بر اساس نسبت سطح زیر کشت هر مکان نظام نسبت به سطح زیر کشت نظام مربوطه در استان‌های خراسان محاسبه و مقایسه شد (جدول ۴).

کمترین میزان میانگین وزنی EIQ-FUR هنگامی مشاهده شد که تولید چغندرقند به صورت سنتی انجام شد (جدول ۴). نتایج این مطالعه نشان داد که با افزایش مکانیزاسیون مقدار EIQ-FUR افزایش داشت.

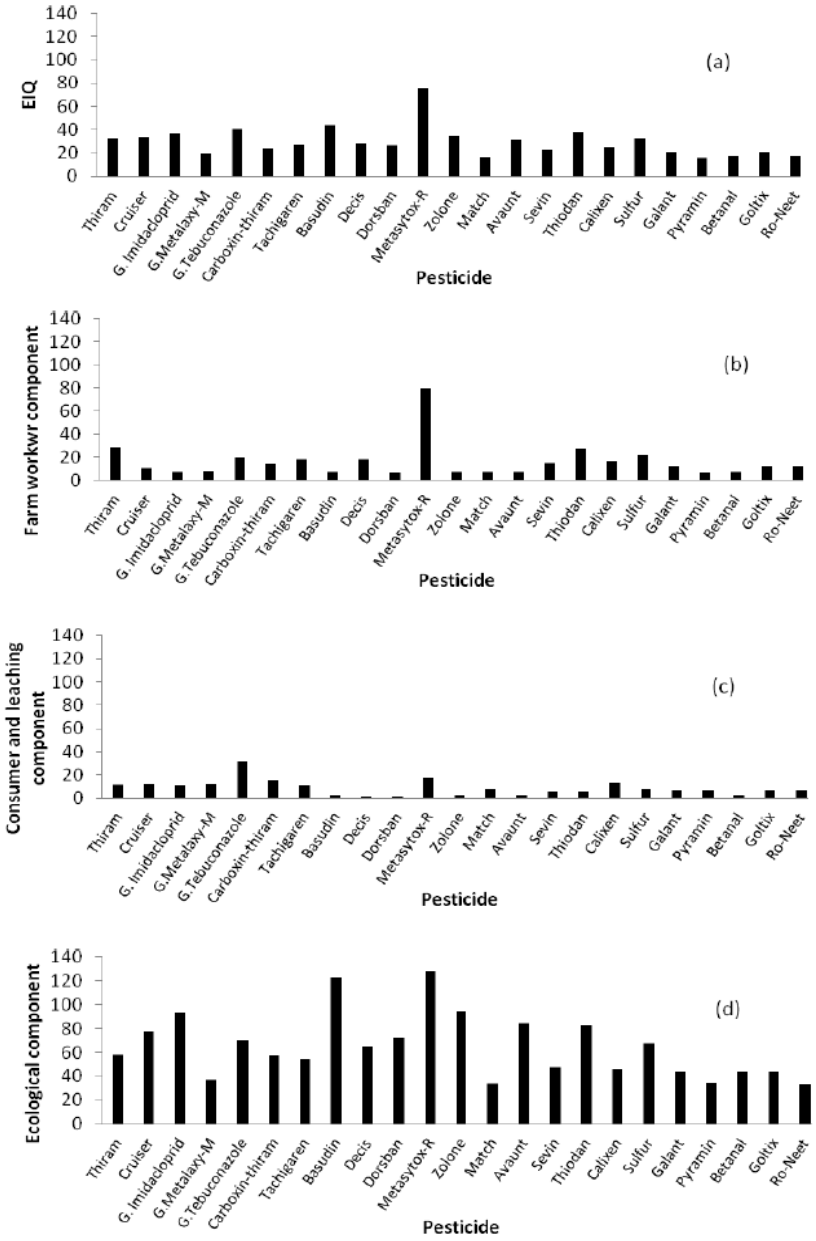
افزایش تنوع آفتکش‌های مورد استفاده در نظام‌های مکانیزه‌تر (از هشت آفتکش در نظام‌های سنتی تا ۱۸ آفتکش در نظام‌های مکانیزه) و همچنین بیشتر بودن مقدار مصرف کلی آفتکش‌ها در مزارع تولید چغندرقند به روش مکانیزه می‌تواند از دلایل این امر باشد. میزان مصرف کلی آفتکش‌ها در نظام‌های سنتی، نیمه‌مکانیزه و مکانیزه به ترتیب ۲/۷، ۴/۳ و۵/۷ کیلوگرم ماده مؤثر در هکتار بود. در نظام‌های سنتی به ویژه برای مدیریت علف‌های هرز به جای مبارزه شیمیایی از نیروی انسانی استفاده شده است؛ به طوریکه از پنج علف‌کش مورد استفاده در تولید چغندرقند در استان‌های خراسان در نظام‌های سنتی تنها از بتانال استفاده شد و میانگین وزنی EIQ-FUR برای این علف‌کش در نظام‌های سنتی ۵۴۲ بود. در نظام‌های نیمه‌مکانیزه چهار علف‌کش از پنج علف‌کش مورد استفاده، مورد استفاده قرار گرفت (به جز رونیت) که علف‌کش پیرامین با EIQ-FUR معادل ۳۱۱۵۲ بیشترین مقدار این شاخص را داشت. همچنین در نظام‌های مکانیزه از هر پنج علف‌کش استفاده شد و بیشترین مقدار EIQ-FUR (۲۸۴۱۲) برای علف‌کش گلتیکس مشاهده شد. به طور کلی، بیشترین مقدار میانگین وزنی EIQ-FUR برای علف‌کش‌ها در نظام‌های مکانیزه مشاهده شد (۶۳۱۶۷) که ۱/۹ میانگین EIQ-FUR برای علف‌کش-ها در تولید چغندرقند در استان‌های خراسان بود. این در حالی است که مقدار EIQ-FUR برای علف کش‌ها در نظام‌های سنتی (۵۴۲) کمتر از ۰/۰۲ مقدار میانگین بود.

اگر چه در هر دو نظام‌های مکانیزه و سنتی چهار حشره‌کش از نه حشره‌کش به کار رفته در تولید چغندرقند استان‌های خراسان استفاده شد، اما مقدار میانگین وزنی EIQ-FUR برای حشره‌کش‌ها در نظام-های سنتی (۷۱۹۰۵) کمی بیش از نظام‌های مکانیزه (۶۲۰۹۹) بود.

جدول ۲- نوع و میانگین وزنی میزان مصرف آفتکش‌ها در نظام‌های مختلف تولید چغندرقند در استان‌های خراسان

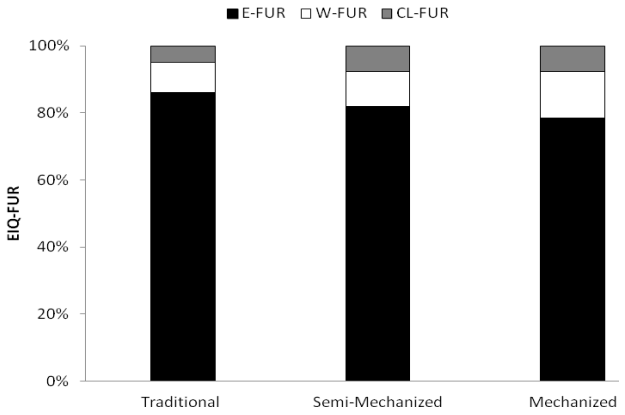
Table 2- Type and weighted average of pesticides used in different sugar beet production systems in Khorasan provinces, Iran

کلاس Class	آفتکش Pesticide	نام عمومی General name	ماده مؤثره Active substances	میزان مصرف (کیلوگرم در هکتار) Amount of consumption (Kg.ha $^{-1}$)			
				سنتی Traditional	نیمه‌مکانیزه Semi-Mechanized	مکانیزه Mechanized	میانگین Average
حشره‌کش و قارچ‌کش مصرف شده برای ضدعفونی بذر Insecticides andfungicides used for seed treatment	تیرام Thiram	Thiram	0.6	0	0.01	0.08	0.02
	کرویزر Cruiser	Thiametoxam	0.6	0	0.01	0.01	0.01
	گاوچو Gaucho	Imidacloprid	0.127	0	0.07	0.02	0.04
	گاوچو Gaucho	Metalaxyl-M	0.0082	0	0.07	0.02	0.04
	گاوچو Gaucho	Tebuconazole	0.0062	0	0.07	0.02	0.04
	کربوکسین تیرام Carboxin-thiram	Carboxin-Thiram	0.6	0.25	0	0	0.06
	تاچیگارن Tachigaren	Hymexazol	0.7	0	0.03	0.03	0.02
حشره‌کش Insecticide	بازودین Basudin	Diazinon	0.6	1.20	1.83	1.35	1.58
	دسیس Decis	Deltamethrin	0.025	0.27	0	0.01	0.06
	دورسبان Dorsban	Chlorpyrifos	0.408	2.18	0.64	0.81	1.04
	متاسیستوکس آر Metasytox-R	Oxydemeton-Methyl	0.25	0	0	0.19	0.04
	زولون Zolone	Phosalone	0.35	1.23	0.19	1.16	0.65
	مچ Match	Lufenuron	0.05	0	0.09	0	0.05
	آوانت Avaunt	Indoxacarb	0.15	0	0.16	0	0.09
	سوین Sevin	Carbaryl	0.43	0.13	0.05	0	0.05
	تیودان Thiodan	Endosulfan	0.35	0	0.10	0	0.05
قارچ‌کش Fungicide	کالیکسین Calixen	Tridemorph	0.75	0.55	0.58	0.40	0.53
	سولفور Sulfur	Sulfur	0.8	0	0.19	0.39	0.19
علف‌کش Herbicide	گالانت Galant	Haloxyfop	0.125	0	0.34	0.59	0.31
	پیرامین Pyramin	Chloridazon	0.8	0	2.43	1.12	1.57
	بتانال Betanal	Desmedipham	0.175	0.19	0.94	3.10	1.24
	گلتیکس Goltix	Metamitron	0.7	0	0.02	1.95	0.44
	رونیت Ro-Neet	Cycloate	0.73	0	0	0.81	0.18



شکل ۱- اثر آفتکش‌های استفاده شده در نظام‌های مختلف تولید چغندرقند در استان‌های خراسان بر اساس مدل EIQ: الف) میزان EIQ برای آفتکش‌های استفاده شده، ب) اثر کاربرد آفتکش‌های مختلف به کار رفته بر کارگران مزرعه (جزء اول EIQ)، پ) اثر کاربرد آفتکش‌های مختلف به کار رفته بر مصرف‌کنندگان و میزان آبشویی (جزء دوم EIQ) و ت) اثر کاربرد آفتکش‌های مختلف به کار رفته بر موجودات بوم‌نظام (جزء سوم EIQ)

Fig. 1- The effect of pesticides used in different sugar beet production systems in Khorassan provinces based on EIQ model: (a) EIQ for used pesticide, (b) The effect of pesticide on farm worker component, (c) The effect of pesticide on consumer and leaching component, and (d) The effect of pesticide on ecological component



شکل ۲- سهم جزء اکولوژیک(E-FUR)، جزء کارگران مزرعه (W-FUR) و جزء مصرف‌کنندگان و آبشویی (CL-FUR) در تعیین EIQ-FUR در نظام‌های مختلف تولید چغندرقند در استان‌های خراسان

Fig. 2- The proportion of ecological component (E-FUR), farm worker component (W-FUR), and consumer and leaching component (CL-FUR) in EIQ-FUR determination in different sugar beet production systems in Khorassan provinces

استفاده از سیستم‌های آبیاری بارانی در نظام‌های مکانیزه سبب کاهش آسیب‌رسانی حشرات شده و این می‌تواند در کاهش مصرف حشره‌کش‌ها و کاهش مقدار EIQ-FUR برای حشره‌کش‌ها در این نظام‌ها مؤثر باشد. در نظام‌های سنتی میزان EIQ-FUR برای سه حشره‌کش دورسبان، زولون و سوین (به ترتیب با مقادیر ۲۳۹۳۴، ۱۴۸۷۸ و ۱۲۲۸) بیش از دو نظام دیگر بوده و سبب افزایش مقدارمیانگین وزنی EIQ-FUR کل برای حشره‌کش‌ها شده است. در حالیکه حشره‌کش بازودین در هر سه نظام تولید چغندرقند بیشترین مقدار EIQ-FUR (به ترتیب ۴۸۳۵۸، ۳۵۷۲۵ و ۳۱۶۷۸ برای نظام-های نیمه‌مکانیزه، مکانیزه و سنتی) را به خود اختصاص دادند. بنابراین، بیشترین فشار زیست محیطی را در بین حشره‌کش‌های مورد استفاده در هر سه نظام تولیدی ایجاد کرده است. هومبرت و همکاران (Humbert et al., 2007) نیز در بررسی اثر سمیت مهمترین آفتکش‌های مورد استفاده در کاستاریکا، دیازینون را یکی از پنج ماده مؤثری معرفی نموده که ۷۵ درصد از سمیت اکولوژیک را در محدوده مورد مطالعه سبب شده‌اند.

مقدار EIQ-FUR برای قارچ‌کش‌ها در نظام‌های تولید مکانیزه چغندرقند بیشترین (۱۷۷۱۴) و در نظام‌های سنتی (۱۰۴۴۸) کمترین بود. در نظام‌های مکانیزه و نیمه‌مکانیزه از کالکسین و سولفور به عنوان قارچ‌کش استفاده شد؛ در حالیکه در نظام‌های سنتی فقط کالکسین به کار رفت. در نظام‌های مکانیزه سولفور (۱۰۲۰۸) و در نظام‌های نیمه‌مکانیزه کالیکسین (۱۰۸۹۲) بیشترین مقدار EIQ-FUR را ایجاد کردند. هومبرت و همکاران (Humbert et al., 2007) نیز در مطالعه خود کالکسین (با ماده مؤثره تریدمورف) را یکی از قارچ‌کش‌های با مخاطره زیست محیطی بالا گزارش کرده‌اند که باید با سموم مشابه کم خطرتر جایگزین گردد.

در نظام‌های تولید چغندرقند مکانیزه و نیمه‌مکانیزه در استان‌های خراسان از بذور وارداتی (به جز در منطقه نیشابور) و در نظام‌های سنتی از بذور تولید شده در داخل کشور استفاده گردید. برای ضدعفونی کردن بذور خارجی در کارخانجات تولید بذر از قارچ‌کش-های تیرام و تاچیگارن و حشره‌کش کروییزر و آفتکش گائوچو که مخلوطی از حشره‌کش‌ها و قارچ‌کش‌ها با مواد مؤثره ایمیداکلوپرید، متالاکسی و تبوکونازول است استفاده شد و برای ضدعفونی کردن بذور داخلی از قارچ‌کش کربوکسن تیرام استفاده شد. اگر چه مقدار EIQ در تمام آفتکش‌های مورد استفاده در ضدعفونی کردن بذر تنوع زیادی نداشت (۲۴ درکربوکسین تیرام تا ۳۳ در کروییزر)، اما بیشتر بودن درصد ماده مؤثره در قارچ‌کش کربوکسین تیرام (۶۰ درصد) نسبت به گائوچو (حداکثر ۰/۱ درصد) و مقدار بیشتر بذر مورد نیاز برای کاشت در بذر داخلی نسبت به خارجی سبب شد تا مقدار-EIQ FUR برای ضدعفونی کردن بذر در نظام‌های سنتی (۳۶۴۶) بیشتر از دو نظام مکانیزه (۲۳۳۹) و نیمه‌مکانیزه (۱۱۵۱) باشد.

نتایج این مطالعه حاکی از آن است که به طور متوسط مقدارمیانگین وزنی EIQ-FUR در تولید چغندرقند در استان‌های خراسان در حشره‌کش‌های مورد استفاده است. بیشترین (۶۳۴۳۸) و پس از آن علف‌کش‌ها (۳۳۰۵۵)، قارچ‌کش‌ها (۱۵۰۱۰) و آفتکش‌هایی است که در کارخانه های تولید بذر به جهت ضدعفونی کردن بذور به کار رفته‌اند (۲۰۰۰) در رتبه‌های بعدی قرار داشتند (جدول ۴). اما این رتبه‌بندی در تمام نظام‌های مختلف تولیدی صادق نبود، به طوریکه در مزارعی که به صورت مکانیزه چغندرقند تولید می‌کنند. میانگین وزنی مقدار EIQ-FUR در علف‌کش‌ها بیش از سایر دسته‌های آفتکش بود.

جدول ٤- میانگین‌های حسابی و وزنی EIQ مزرعه‌ای (EIQ-FUR) و اجزای آن، EIQ مزرعه‌ای برای انواع آفتکش‌های استفاده شده و به ازای یک تن چغندرقند تولید شده در نظام‌های مختلف تولید در استان‌های خراسان. عملکرد غده چغندرقند تصحیح شده بر اساس ١٦ درصد عیار قند (کیلوگرم در هکتار) نیز نشان داده شده است.

Table 4- Arithmetic and weighted average for EIQ Field Use Rate (EIQ-FUR) and its component, EIQ-FUR for different types of pesticides and per 1 ton sugar beet produced in different systems in Khorassan provinces. Beet yield adjusted to 16% of sugar concentration is shown

نظام تولید Production system		EIQ مزرعه ای EIQ-Field use rate (EIQ-FUR)	جزء اثر برکارگران مزرعه Farm worker component	جزء اثر بر مصرف کنندگان و آبشویی Consumer and leaching component	جزء اثرات اکولوژیک Ecological component	EIQ-FUR برای تیمار بذر EIQ-FUR for seed treatment	EIQ-FUR برای حشره‌کش‌ها EIQ-FUR for insecticides	EIQ-FUR برای قارچ‌کش‌ها EIQ-FUR for fungicides	EIQ-FUR برای علف‌کش‌ها EIQ-FUR for herbicides	EIQ-FUR به ازای یک تن چغندرقند EIQ-FUR per ton sugar beet	عملکرد چغندرقند تصحیح شده Adjusted sugar beet yield
سنتی Traditional	میانگین حسابی Arithmetic Average	82084.2 a*	22317.4 a	12665.2 a	213475.9 a	3435.4 a	66767.1 a	11007.6 a	874.0 a	3081.2 a	26640.6 c
	میانگین وزنی Weighted Average	86540.3	23324.5	12914.4	225722.5	3645.6	71905.0	10447.8	541.9	3338.6	25920.9
نیمه‌مکانیزه Semi-Mechanized	میانگین حسابی Arithmetic Average	139963.6 a	49534.5 a	29235.5 a	341580.8 a	1729.6 a	75416.4 a	29644.8 a	33172.7 a	3529.9 a	39650.6 b
	میانگین وزنی Weighted Average	112295.1	35401.0	25590.0	275913.2	1150.6	60317.1	15889.6	34937.7	2802.7	40066.5
مکانیزه Mechanized	میانگین حسابی Arithmetic Average	123904.6 a	54486.4 a	28931.0 a	288241.7 a	2272.9 a	50216.4 a	29034.6 a	42380.7 a	1934.2 a	64059.7 a
	میانگین وزنی Weighted Average	145319.1	61182.7	33082.5	341637.6	2338.8	62099	17713.6	63167	2227.4	65242.5
میانگین کل Total mean	میانگین حسابی Arithmetic Average	118821.8	43920.8	24668.9	288627.5	2376.9	64364.7	24415.9	27664.3	2664.3	44597.2
	میانگین وزنی Weighted Average	113503.5	38235.3	24255.2	278569.2	1999.8	63438.4	15009.8	33055.3	2684.6	42280.2

*میانگین های دارای حداقل یک حرف مشابه در هر ستون بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال یک درصد اختلاف معنی دار ندارند.

*Means with at least one similar letter in each column, are not significantly different (p≤0.01) based on LSD test.

جدول ٣- نتایج آنالیز واریانس (میانگین مربعات) EIQ مزرعه‌ای (EIQ-FUR) و اجزای آن، EIQ مزرعه‌ای برای انواع آفتکش‌های استفاده شده و به ازای یک تن چغندرقند تولید شده در نظام‌های مختلف تولید در استان‌های خراسان. عملکرد غده چغندرقند تصحیح شده بر اساس ١٦ درصد عیار قند (کیلوگرم در هکتار) نیز نشان داده شده است.

Table 3- Degree of freedom, mean square and significant level for EIQ Field Use Rate (EIQ-FUR) and its component, EIQ-FUR for different types of pesticides and per 1 ton sugar beet produced in different systems in Khorassan provinces.Beet yield adjusted to 16% of sugar concentration is shown

منبع تغییر Source of variation	درجه آزادی df	EIQ مزرعه‌ای EIQ-Field use rate(EIQ-FUR)	جزء اثر برکارگران مزرعه Farm worker component	جزء اثر بر مصرف‌کنندگان و آبشویی Consumer and leaching component	جزء اثرات اکولوژیک Ecological component	EIQ-FUR برای تیمار بذر EIQ-FUR for seed treatment	EIQ-FUR برای حشره‌کش‌ها EIQ-FUR for insecticides	EIQ-FUR برای قارچ‌کش‌ها EIQ-FUR for fungicides	EIQ-FUR برای علف‌کش‌ها EIQ-FUR for herbicides	EIQ-FUR به ازای یک تن چغندرقند EIQ-FUR per ton sugar beet	عملکرد چغندرقند تصحیح شده Adjusted sugar beet yield
نظام تولید Production system	2	7074912853 ns	2293368456 ns	690330388 ns	33788073435 ns	6065333 ns	1531685270 ns	861942683 ns	3638306246 ns	7073932 ns	2955431952**
باقی مانده Residue	23	4257150071	1091669111	299566174	23483085140	2592754	1316027242	1189626003	1505546500	29167267	142779289
سطح احتمال معنی دار بودن Significant level		0.2118	0.1452	0.1224	0.2578	0.1189	0.3300	0.4953	0.1115	0.1107	0.0001

ns و **به ترتیب غیر معنی دار و معنی دار در سطح یک درصد

ns and ** are non significant and significant at 1% probability level.

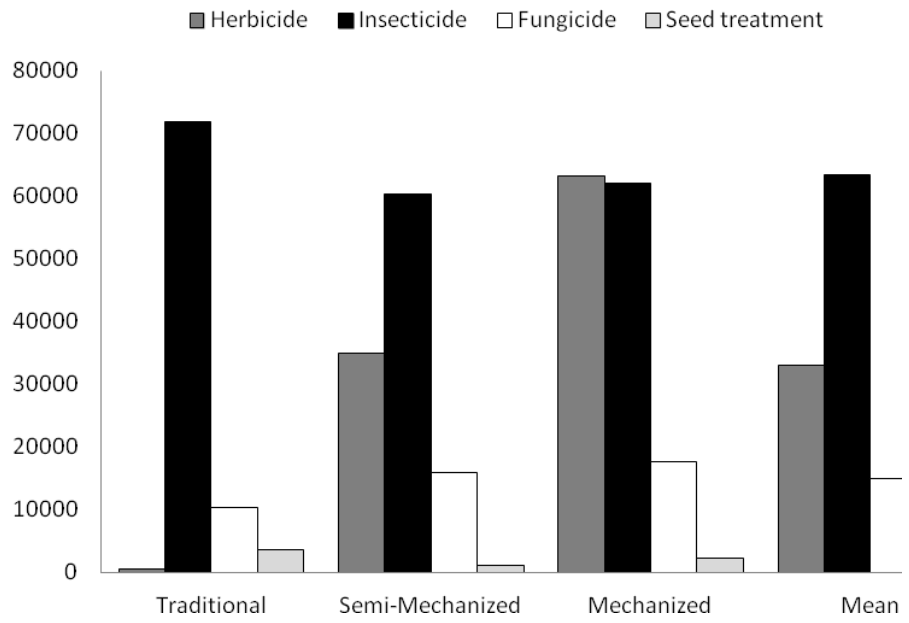
همچنین در نظام‌های مکانیزه‌تر توزیع EIQ-FUR در هر یک از دسته‌های آفتکش یکنواخت‌تر بود، در حالیکه در نظام‌های سنتی بخش عمده EIQ-FUR (۸۳ درصد) حاصل کاربرد حشره‌کش‌ها بود (شکل ۳). بوئس و همکاران (Bues et al., 2004) نیز در بررسی اثرات زیست محیطی تولید گوجه فرنگی (*Solanum lycopersicum* L.) با روش EIQ نشان دادند که حشره کش ها بیشترین فشار را بر محیط زیست وارد می‌کنند.

شکل ۴ نشان می‌دهد که بین EIQ-FUR و عملکرد چغندرقند در مکان نظام‌های مختلف کشت در استان‌های خراسان رابطه متقنی وجود ندارد. این بدان معنی است که افزایش استفاده از آفتکش‌ها در مزرعه به لحاظ تنوع سموم و هم از نظر مقدار کمی ماده مؤثره افزایش قابل ملاحظه‌ای در عملکرد چغندرقند نداشته است.

بنابراین، امکان بهبود کارکرد زیست محیطی تولید چغندرقند با کاهش سموم شیمیایی همراه با حفظ و یا افزایش عملکرد اقتصادی وجود دارد. مطالعه سلطانی و همکاران (Soltani et al., 2011) بر روی شش مزرعه گندم (*Triticum aestivum* L.) در گرگان نیز نتایج مشابهی را در پی داشت.

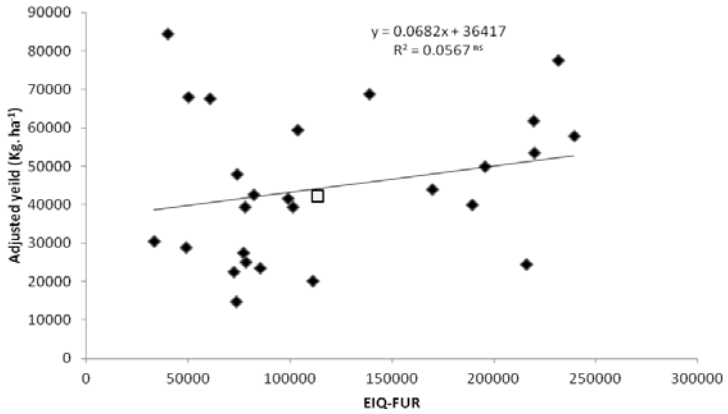
علاوه بر این، اگر چه حاصل این مطالعه بیان می‌کند که با افزایش مکانیزاسیون در تولید چغندرقند میانگین وزنی EIQ-FUR در نظام تولیدی افزایش می‌یابد (جدول ۴)، اما با در نظر گرفتن میزان تولید هر یک از نظام‌های تولید چغندرقند می‌توان مقدار EIQ-FUR به ازای یک تن چغندرقند تولید شده را به عنوان شاخصی از فشار زیست محیطی منتسب به کارکرد نظام ارزیابی کرد. همانگونه که در شکل ۵ نشان داده شده است مقدارمیانگین وزنی EIQ-FUR به ازای یک تن چغندرقند (تصحیح شده برای عیار ۱۶ درصد) تولید شده در نظام‌های مکانیزه ۳۳ درصد کمتر از چغندرقند تولید شده در نظام‌های سنتی آسیب های زیست محیطی دارد. بدیهی است که این به دلیل کم بودن میزان عملکرد در نظام‌های سنتی است.

چنانکه یکی از دغدغه‌های نظام‌های دوستدار محیط زیست (اکولوژیک، کم نهاده، زیستی و ...) نیز نگرانی از کاهش تولید در این نظام‌ها است چرا که کاهش تولید و تامین نشدن تقاضای داخلی برای محصول تولید شده در چنین نظام‌هایی سبب افزایش واردات محصول شده و این ضمن تعارض با تولید محلی به عنوان یکی از اصول پایداری در نظام‌های کشاورزی در مقیاس جهانی خود آسیب‌های زیست محیطی ناشی از حمل و نقل را در پی خواهد داشت.



شکل ۳- مقایسه میانگین وزنی EIQ-FUR گروه‌های مختلف آفتکش‌های مورد استفاده در تولید چغندرقند در استان‌های خراسان به تفکیک نظام تولید

Fig. 3- Comparison of EIQ-FUR weighted average for different types of pesticides used in each production system in sugar beet production in Khorassan provinces

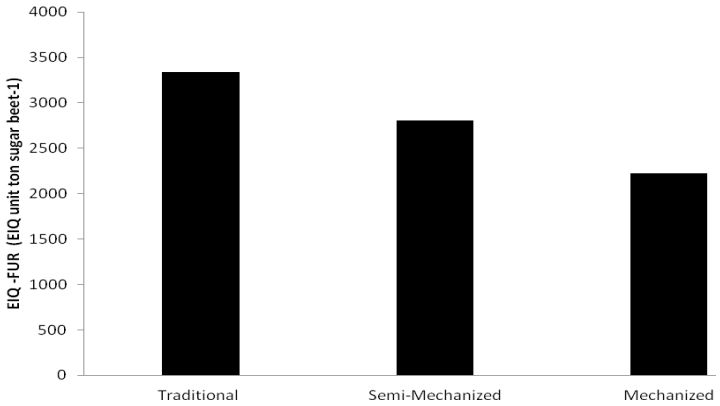


شکل ٤- رابطه بین مقدار EIQ-FUR و میزان عملکرد چغندرقند تصحیح شده برای عیار قند ١٦ درصد در نظام‌های مختلف تولید در استان‌های خراسان

نقطه کمرنگ نشاندهنده میانگین است.

Fig. 4- Relationship between EIQ-FUR and sugar beet yield adjusted to 16% of sugar concentration in different sugar beet production systems in Khorassan provinces

The pale square shows the average.



شکل ٥- مقدار EIQ-FUR به ازای یک تن چغندرقند (تصحیح شده برای عیار قند ١٦ درصد) تولید شده در نظام‌های مختلف تولید چغندرقند در استان‌های خراسان

Fig. 5- EIQ-FUR per 1 ton sugar beet adjusted to 16% of sugar concentration in different sugar beet production systems in Khorassan provinces

نتیجه‌گیری

بنابراین، می‌توان از نتایج این پژوهش چنین دریافت که نظام‌های کاشت چغندرقند امکان تولید محصولاتی کم‌آسیب‌تر به لحاظ زیست محیطی را با حفظ یا افزایش عملکرد اقتصادی دارند؛ در ارائه گزارشات زیست محیطی، اکتفا به مقدار مصرف آفتکش‌ها به تنهایی (آنچه در حال حاضر مرسوم است)، برای تصمیم‌گیری در جهت کاهش اثرات زیست محیطی کافی نیست و باید داده‌های مربوط به میزان مصرف در ترکیب با شاخص‌های کیفی ماده مؤثره به صورت ضرایبی میزان تأثیر زیست محیطی در واحد مصرف را نشان دهد؛ توجه به استفاده از آفتکش‌های کم خطرتر، سیاست‌گزاری در جهت انتخاب آفتکش‌های کم‌آسیب جایگزین و میزان بهینه مصرف از سوی سیاست‌گزاران بخش کشاورزی، مدیران صنعت قند و شکر و کشاورزان می‌تواند در رسیدن به این هدف راهگشا باشد؛ و تمایل نظام‌های تولید چغندرقند به سوی نظام‌های مکانیزه‌تر و پرتولیدتر می‌تواند در مقیاس ملی هزینه‌های زیست محیطی تولید چغندرقند مورد نیاز داخل کشور را کمتر کند و در مقیاس جهانی نیز از ایجاد بار زیست محیطی ناشی از حمل و نقل تولید غیرمحلی جلوگیری نماید.

منابع

1- Bindraban, P.S., Frank, D.O., Ferraro, A.C., Ghersa, C.M., Lotz, L.A.P., Nepomuceno, A., Smulders, M.J.M., and van de Wiel, C.C.M. 2009. GM- related sustainability: agro-ecological impacts, risks and opportunities of soy production in Argentina and Brazil. Report 259, Plant research international B.V., Wageningen. Available at: http://edepot.wur.nl/7954 (accessed 20 February 2011).

2- Brimner, T.A., Gallivan, G.J., and Stephenson, G.R. 2005. Influence of herbicide-resistant canola on the environmental impact of weed management. Pest Management Science 61: 47–52.

3- Bues, R., Bussières, P., Dadomo, M., Dumas, Y., Garcia-Pomar, M.I. and Lyannaz, J.P. 2004. Assessing the environmental impacts of pesticides used on processing tomato crops. Agriculture Ecosystems and Environment 102: 155-162.

4- Deihimfard, R., Zand, E., Mahdavi Damghani, A., and Soufizadeh, S. 2007. Herbicide risk assessment during the Wheat Self-sufficiency Project in Iran. Pest Management Science 63: 1036-1045.

5- Fisher, J., and Tozer, P. 2009. Evaluation of the environmental and economic impact of roundup ready® canola in the western Australian crop production systems. Technical Report, Curtin University of Technology Muresk, School of Agriculture and Environment Northam WA 6401 Australia. Available at: http://www.afaa.com.au/news/news pdf 068 WA Curtin University canola study.pdf (accessed 20 March 2011).

6- Humbert, S., Margni, M., Charles, R., Torres Salazar, O.M., Quiro´s, A.L., and Jolliet, O. 2007. Toxicity assessment of the main pesticides used in Costa Rica. Agriculture, Ecosystems and Environment 118: 183–190.

7- Kovach, J., Petzoldt, C., Degni, J., and Tette, J. 1992. A method to measure the environmental impact of pesticides. New York's Food and Life Sciences Bulletin 139: 139–146.

8- Kovach, J., Petzoldt, C., Degni, J., and Tette, J. 2004. A method to measure the environmental impact of pesticides: updated EIQ values. Available at website: http://www.nysipm.cornell/edu /publications/EIQ/default.asp (verified 20 February 2011)

9- Kovach, J., Petzoldt, C., Degni. J., and Tette, J. 2010. A method to measure the environmental impact of pesticides. New York's food and life sciences bulletin. Geneva, NY: NYS Agricultural experiment station, Cornell University. Available at website: http://www.nysipm.cornell.edu /publications /eiq/files/EIQ_values_2010p1-4.pdf (verified 20 February 2011)

10- Larson, D.L., Mcdonald, S., Fivizzani, A., Newton, W., and Hamilton, S. 2005. Effect of pesticides on amphibians and reptiles. Journal of Experimental Zoology, India 7: 39–47.

11- Matthews, G., Wiles, T., and Baleguel, P., 2003. A survey of pesticide application in Cameroon. Crop Protection 22(5): 707–714.

12- SAS Institute Inc. 2003. SAS/STAT Release 9.1. SAS Institute Inc., Cary, NC.

13- Simunovic, C. 2003. Broad-based community involvement in a comprehensive approach for clean air. Operation Clean Air Summit, Fresno Metro Ministry.

14- Sikkema, P.H., Van Eerd, L.L., Vyn, R., and Weaver, S.E. 2007. A comparison of reduced rate and economic threshold approaches to weed management in a corn– soybean rotation. Weed Technology 21: 647–655.

15- Snelder, D.J., Masipiquen, M.D., de Snoo, G.R. 2008. Risk assessment of pesticide usage by smallholder farmers in the Cagayan Valley (Philippines). Crop Protection 27: 747–762.

16- Soltani, A., Rajabi, M.R., Soltani, E., and Zeinali, E. 2011. Evaluation of environmental impact of crop production using LCA: wheat in Gorgan, Final Report, Research Vice-Presidency, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources 201-218 (In Persian with English summary)

17- Soltani, N., Van Eerd, L., Vyn, R., Shropshire, C., and Sikkema, P.H. 2007. Weed management in dry beans *(Phaseolus vulgaris)* with dimethenamid plus reduced doses of imazethapyr applied preplant incorporated. Crop Protection 26: 739–745.

18- Soltani, N., Nurse, R.E., Van Eerd, L.E., Vyn, R.J., Shropshire, C., and Sikkema, P.H. 2010. Weed control, environmental impact and profitability with trifluralin plus reduced doses of imazethapyr in dry bean. Crop Protection 29: 364–368.

19- Stenrød, M., Heggen, E.H., Bolli, R.I., and Eklo, O.M. 2008. Testing and comparison of three pesticide risk indicator models under Norwegian conditions: a case study in the Skuterud and Heiabekken catchments. Agriculture, Ecosystems and Environment 123: 15–29