مجله کشاورزی بوم‌شناختی (۱) ۳ (۱۳۹۲) ۱۱۰- ۹۶

بررسی مخاطرات زیست محیطی حشره‌کش‌های ثبت شده در ایران

سیدشهاب الدین معین الدینی[۱]، اسکندر زند[۲]، جعفر کامبوزیا[۳،*]، عبدالمجید مهدوی دامغانی[۳] و رضا دیهیم فرد[۳]

[۱]گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران.

[۲]بخش تحقیقات علف های هرز، موسسه تحقیقات گیاه پزشکی کشور، تهران، ایران.

[۳]گروه کشاورزی اکولوژیک، پژوهشکده علوم محیطی، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران.

[*]نویسنده مسئول: j_kambouzia@sbu.ac.ir

تاریخ دریافت: ۱۳۹۱/۰۹/۲۰

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۲/۰۲/۲۵

معین الدینی، س. ش.، ا. زند، ج. کامبوزیا، ع. مهدوی دامغانی و ر. دیهیم‌فرد. ۱۳۹۲. بررسی مخاطرات زیست محیطی حشره‌کش‌های ثبت شده در ایران. مجله کشاورزی بوم شناختی. ۳ (۱): ۱۱۰- ۹۶.

چکیده

حشره‌کش‌ها از مهمترین آفت‌کش‌های مصرفی در ایران می‌باشند و طی ۲۰ سال گذشته سهم حشره‌کش‌ها از کل سموم مصرفی بیشتر از ۵۰ درصد بوده است. با این وجود اثرات منفی استفاده از حشره‌کش‌ها غیر قابل انکار است. به طوری که این آفت‌کش‌ها مخاطرات متعدد زیست‌محیطی را موجب شده و سلامت انسان را به خطر انداخته است. از طرف دیگر بروز پدیده مقاومت به حشره‌کش‌ها از دیگر مشکلات استفاده نابجا از آن‌ها می‌باشد. از این رو در این تحقیق مخاطرات زیست محیطی حشره‌کش‌های ثبت شده در ایران با استفاده از مدل "ضریب اثر محیطی" مورد بررسی قرار گرفت. مدل ضریب اثر محیطی بر مبنای نمره دهی عمل می‌کند که از سه بخش مصرف کننده، کارگر سمپاش و اثرات اکولوژیک تشکلیل شده است و نمره نهایی میانگین این سه بخش می‌باشد. سپس حشره‌کش‌ها بر مبنای طبقه‌بندی کمیته مبارزه با پدیده مقاومت به حشره‌کش‌ها، گروه‌بندی شدند و گروه‌های مختلف از نظر میزان مخاطرات زیست محیطی مورد ارزیابی قرار گرفتند. نتایج نشان داد که از میان گروه‌های مختلف گروه ۲ و گروه ۶ بیشترین میزان ضریب اثر محیطی (سمیت بالقوه) را به خود اختصاص دادند. حشره‌کش ایمیداکلوپراید از گروه ۴ نیز بیشترین سمیت بالقوه را در میان حشره‌کش‌های ثبت شده به خود اختصاص داده است. با در نظر گرفتن، میزان ماده موثره حشره‌کش‌های ثبت شده و میزان مصرف آنها از سال ۸۰ تا ۱۳۸۵ در کشور و در نظر گرفتن سمیت بالقوه سموم حشره‌کش (سمیت بالقوه)، ضریب اثر محیطی مزرعه‌ای سموم که در واقع بیانگر سمیت بالفعل آنها می‌باشد مورد بررسی قرار گرفت. از این رو بالاترین سمیت بالفعل، به ترتیب مربوط به به گروه‌های دوم، اول و چهارم می‌باشد. بررسی حشره‌کش‌های ثبت شده در کشور از نقطه نظر مخاطرات زیست‌محیطی و بروز مقاومت به آن‌ها می‌تواند گام بزرگی در راستای حفظ سلامت محیط زیست و افزایش پایداری سامانه‌های کشاورزی باشد.

واژه‌های کلیدی: ایران، حشره‌کش، سمیت بالقوه، ضریب اثر محیطی، نحوه عمل سموم.

Archive of SID

www.SID.ir

مقدمه

تکنولوژی مواد شیمیایی بعد از جنگ جهانی اول قدرت زیادی در اختیار بشر قرار داد تا بتواند با آفات زراعی به خوبی مقابله کند. برای اولین بار در تاریخ در حدود ۵۰ سال پیش بشر به ابزاری فوق‌العاده برای مبارزه با آفات کشاورزی دست یافت. افزایش بهره‌وری تولید در کشاورزی که مدیون کنترل مناسب آفات زراعی، افزایش دسترسی به کودهای شیمیایی و مکانیزه شدن سامانه‌های تولید بود، امکان بهبود شرایط زندگی را در تمامی مناطق دنیا فراهم آورد. اما از سوی دیگر افزایش بی‌رویه مصرف سموم، فقط به صرف بالا بردن تولید و رسیدن به خوداتکایی و بدون در نظر گرفتن مخاطرات زیست‌محیطی، بی‌تردید اثرات مخربی را بر سلامت انسان و محیط زیست بر جای گذاشت (Deihimfard, 2007). چندی بعد از وقوع انقلاب سبز، مفاهیم مدیریتی در رابطه با بررسی اثرات منفی و همچنین اثرات مثبت استفاده گسترده از تکنولوژی‌های شیمیایی شکل گرفت. بشر به این حقیقت دست یافت که اگرچه آفت‌کش‌ها نقش حیاتی و موثری را در تولید مطلوب و بهینه در کشاورزی ایفا می‌کنند، اما با این وجود آن‌ها می‌توانند منشا ایجاد بسیاری از مشکلات زیست‌محیطی باشند که از جمله می‌توان آلودگی آب‌های زیرزمینی و سطحی و از بین رفتن موجودات غیرهدف را نام برد و همچنین آفت‌کش‌ها می‌توانند مشکلات زیادی از نظر بهداشت و سلامت کاربران، کارگران مزرعه و مصرف‌کننده را به دنبال داشته باشند (Whelan *et al.*, 2005).

حشره‌کش‌ها از مهمترین آفت‌کش‌های مصرفی در ایران می‌باشند و طی ۲۰ سال گذشته سهم حشره‌کش‌ها از کل سموم مصرفی بیشتر از ۵۰ درصد بوده است. در سال ۱۳۸۶ در کشور مصرف حشره‌کش‌ها در حدود ۸۰۰۰ تن بوده که میزان قابل توجهی است. اگر چه در سالهای اخیر (۱۳۸۵) این نسبت به ۳۰/۷ درصد کاهش یافته است که دلیل این امر افزایش مصرف علف‌کش‌ها نسبت به سایر آفت‌کش‌ها می‌باشد (Anonymous, 2007).

مشکلی که در خصوص استفاده از حشره‌کش‌ها وجود دارد مربوط به مخاطرات متعدد زیست‌محیطی و تهدید سلامت انسان می باشد که در سطوح مختلف چرخه استفاده از آنها از جمله تولید، فروش، استفاده در عرصه‌های کشاورزی و در نهایت به صورت بقایا در مواد غذایی، بروز می‌کند (Holvoet, 2006). امروزه تمایلات فراوانی برای شناسایی اثرات مخرب زیست‌محیطی آفت‌کش‌ها (به ویژه حشره‌کش‌ها) وجود دارد (Maud *et al.*, 2001). برای دست‌یابی این مهم باید مخاطرات ناشی از استفاده سموم دفع آفات شیمیایی را به صورت خلاصه و قابل مدیریت، بررسی نمود (Levitan, 1995). به طور قطع، نمونه‌گیری[1] و پایش[2] سموم یکی از روش‌های ارزیابی اثرات محیطی آن‌ها می‌باشد، اما این روش (اندازه‌گیری ریسک سموم پس از مصرف) بسیار پر هزینه است. از این‌رو روش‌هایی برای پیش‌گویی اثرات زیست‌محیطی آفت‌کش‌ها (اندازه‌گیری ریسک سموم پیش از مصرف) توسعه پیدا کرده‌اند که می‌توانند راه‌گشا باشند (Reus *et al.*, 2002). با استفاده از مدل‌سازی[3] می‌توان به میزان آلودگی ناشی از استفاده حشره‌کش‌ها در قسمت‌های مختلف اکوسیستم پی برد و علاوه بر این مدل‌ها می‌توانند به عنوان ابزاری قابل اعتماد به منظور کاهش آلودگی‌های زیست‌محیطی که ناشی از آلاینده‌ها می‌باشد، مورد استفاده قرار گیرند (Holvoet, 2006). از بین کلیه مدل‌های مطرح شده، استفاده از مدلی که مجموعه‌ای از عوامل محیطی (شامل مصرف کنندگان، موجودات زنده و غیره) را ارزیابی کند، در عمل کاراتر بوده و دارای دقت و صحت بیشتری در ارزیابی زیست‌محیطی می‌باشد (Dunn, 2004).

از سوی دیگر باید توجه داشت که با افزایش مقدار مصرف آفت‌کش‌ها، بروز پدیده مقاومت امری طبیعی است. برابر اطلاعات موجود تا سال ۲۰۰۸ تعداد ۸۴۶۸ مورد مقاومت در ۵۵۷ گونه از حشرات و کنه‌ها به ۳۲۲ نوع حشره‌کش و کنه‌کش گزارش شده است. مقاومت به آفت‌کش‌ها هزینه کاربرد آن‌ها را به طور مستقیم، به دلیل افزایش میزان مصرف آن‌ها و کاهش عملکرد محصول افزایش می‌دهد (Heydari and Torkamand, 2009). یکی از مناسبترین راهکارهایی که توسط کمیته مبارزه با پدیده مقاومت به حشره‌کش‌ها۴ ارائه می‌شود استفاده تناوب و توالی در مصرف حشره‌کش‌های با نحوه عمل متفاوت می‌باشد. با

[1] Sampling
[2] Monitoring
[3] Modeling
[4] Insecticide Resistance Action Committee

Archive of SID

www.SID.ir

افزایش مقاومت به حشره‌کش‌ها، متقابلاً میزان مصرف آن‌ها نیز افزایش خواهد یافت (Heydari and Torkamand, 2009) و افزایش میزان مصرف حشره‌کش‌ها، قطعاً افزایش مخاطرات زیست‌محیطی را به دنبال خواهد داشت.

بنابراین با بررسی مخاطرات زیست‌محیطی حشره‌کش‌ها در قالب نحوه عمل (شناسایی مقاومت به حشره‌کش‌ها) آن‌ها، می‌توان حشره‌کش‌ها را از نقطه نظر مخاطرات زیست‌محیطی و بروز مقاومت به آن‌ها، شناسایی و تدابیر مناسب را در راستای مدیریت پایدار استفاده از آن‌ها اتخاذ نمود. شناسایی حشره‌کش‌های ثبت شده در کشور از نقطه نظر مخاطرات زیست‌محیطی و بروز مقاومت به آن‌ها و نیز شناسایی حشره‌کش‌هایی که مقدار دز مصرف پایین که در عین حال اثرات محیطی آن‌ها نیز کمتر باشد، می‌تواند گام بزرگی در راستای حفظ سلامت محیط زیست و افزایش پایداری سامانه‌های کشاورزی باشد.

مواد و روش‌ها

این تحقیق در قالب یک پروژه تحلیلی بر روی حشره‌کش‌های به ثبت رسیده در ایران به انجام رسیده است. آمار مصرف هریک از سموم حشره‌کش از سال ۸۰ تا ۸۵ و فهرست حشره‌کش‌های به ثبت رسیده در ایران از سال ۱۳۴۷ تا ۱۳۸۵ همراه با فرمولاسیون و مقدار دز مصرفی آن‌ها از موسسه تحقیقات گیاه‌پزشکی کشور جمع‌آوری شده است. حشره‌کش‌ها در این تحقیق بر اساس نحوه عمل طبقه‌بندی شده‌اند که بر گرفته از طبقه‌بندی کمیته مبارزه با پدیده مقاوت به حشره‌کش‌ها می‌باشد.

اطلاعات مربوط به تاثیر هر حشره‌کش بر روی انسان مانند سمیت حاد (نشانگرهای LD_{50} و LC_{50})، سمیت مزمن (شاخص NOAEL[1]) و تاثیر هر حشره‌کش بر اکوسیستم و موجودات زنده آن مانند سمیت برای ماهی، کرم خاکی، زنبور عسل، پرندگان و غیره از منابع تحقیقاتی مانند IUPAC، EXTOXNET، The Pesticide Manual, ECOTOX, استخراج شده است. در نهایت حشره‌کش‌ها بر اساس اثرات زیست‌محیطی شناسایی و در قالب نحوه عمل آن‌ها مورد بررسی قرار گرفتند.

مبنای اصلی سنجش و طبقه‌بندی میزان خطرات زیست‌محیطی سموم حشره‌کش در این تحقیق، مدل ارائه شده توسط Kovach *et al*. (2007) می‌باشد که مدل ضریب اثر محیطی[2] نام دارد (معادله۱).

معادله۱- معادله تعیین ضریب اثر محیطی برای سموم حشره‌کش

(۱)

$$EIQ=\{[C((DT\times5)+(DT\times P))]+[1/2\ (C\times(S+P)\times SY)+L]+[(F\times R)+1/2\ (D\times(S+P)\times3)+(Z\times P\times3)+(B\times S\times5)]\}/3$$

DT= سمیت پوستی، C= سمیت مزمن، SY= سیستمیک بودن، F= سمیت برای ماهی، D= سمیت برای پرندگان، R= پتانسیل روان‌آب، Z= سمیت برای زنبود عسل، L= پتانسیل آب‌شویی، S= نیمه‌عمر در خاک، B= سمیت برای بند پایان سودمند، P= نیمه عمر در سطح گیاه (Kovach *et al.*, 1992; Gallivan *et al.*, 2001; Gallivan *et al.*, 2005; Deihimfard *et al.*, 2007)

مدل EIQ هشت متغیر محیطی را مورد محاسبه قرار می‌دهد. این متغیرها عبارتند از: تاثیر آفت‌کش‌ها بر کارگر سمپاش، کارگر برداشت‌کننده، مصرف کننده، آب‌های زیرزمینی، ماهی‌ها، پرندگان، زنبور عسل و بندپایان سودمند (جدول ۱). برای هر یک از آفت‌کش‌ها یک نمره ترکیبی با استفاده از یک معادله جبری محاسبه می‌شود تا بدین وسیله مقادیر عددی تخصص یافته به هر یک از این هشت متغیر با هم ترکیب شود. برخی از متغیرها بیش از یک بار و در گروه‌های مختلف به عنوان نشانگر مورد استفاده قرار گرفته‌اند که از این میان می‌توان متغیر نیمه‌عمر در سطح گیاه را نام برد که برای ۵ گروه موجودات زنده (زنبور عسل، بند پایان سودمند، پرندگان، مصرف‌کننده و کارگران مزرعه) مورد استفاده قرار گرفته است (معادله۱).

اساس این مدل بر مبنای سیستم نمره‌دهی می‌باشد. مقیاس سیستم نمره دهی ۱، ۳ و ۵ است. برای محاسبه EIQ هر سم، تمامی داده‌های ورودی چه داده‌های عددی و چه داده‌های قیاسی (طبقاتی) به نمره‌های ۱، ۳ و ۵ تبدیل می‌گردند. برای تمامی متغیرها (متغیرهای طبقاتی

[1] No-Observed-Adverse-Effect Level

[2] Environmental Impact Quotient

Archive of SID

www.SID.ir

و متغیرهای عددی) نمره ۱ هنگامی که حشره‌کش دارای سمیت پایینی است و یا اینکه تاثیر کمی بر آن متغیر دارد (برای مثال دوره کوتاه تماس با سم)، نمره ۳ هنگامی که دارای سمیت و یا تاثیر متوسط و رتبه ۵ هنگامی که حشره‌کش دارای سمیت بالایی است و یا تاثیر منفی زیادی بر محیط زیست دارد، تعلق می‌گیرد (جدول ۱). در خصوص متغیرهای عددی پیوسته در مدل EIQ (برای مثال سمیت پوستی حاد، سمیت برای پرندگان، نیمه عمر در سطح خاک، نیمه عمر در سطح گیاه) بر اساس ضوابط ارائه شده در جدول ۱، نمره‌دهی در مقیاس ۱، ۳ و ۵ انجام می‌شود. نمره نهایی که به هر حشره‌کش تعلق می‌گیرد بر اساس متوسط نمره تمامی متغیرهای ذکر شده در معادله، در سه گروه اصلی می‌باشد. گروه اول خطر محیطی برای کارگران مزرعه، گروه دوم خطر محیطی برای مصرف کنندگان و گروه سوم خطر محیطی برای موجودات سودمند بوم نظام است (جدول ۱ و معادله ۱).

در این تحقیق از آنجایی که داده‌های مربوط به سمیت بندپایان سودمند به ندرت یافت می‌شود و در بسیاری از موارد برای بسیاری از حشره‌کش‌ها داده‌های مربوطه وجود نداشت، به ناچار سمیت برای کرم خاکی را به جای سمیت برای موجودات سودمند استفاده شد. همچنین برای محاسبه پتانسیل آب‌شویی و پتانسیل روان‌آب سطحی از فرمول GUS استفاده شد. (معادله۲)

$$GUS = \log 10(t1/2) \times [4-\log 10\ (k_{oc})] \qquad (۲)$$

(Gustafson, 1989; Levitan, 1995)

رتبه‌های اعمال شده برای پتانسیل آب‌شویی و پتانسیل روان‌آب سطحی بر اساس نمره حاصله از معادله GUS به ترتیب، رتبه ۱ برای اعداد کوچکتر از ۱/۸، رتبه ۳ برای اعداد بین ۱/۸ و ۲/۸ و رتبه ۵ برای اعداد بزرگتر از ۲/۸ می‌باشد (Gustafson, 1989). حداقل نمره‌ای که برای ضریب اثر محیطی هر سم بدست می‌آید برابر با ۶/۷ (با فرض اینکه نمرات تمامی متغیرها برابر با ۱ باشد) و حداکثر نمره ممکنه EIQ برابر با ۱۷۶/۷ است (اگر نمرات تمامی متغیرها برابر ۵ باشد البته بجز سیستمیک بودن که حداکثر نمره آن ۳ می باشد). مقدار ضریب EIQ که از این طریق محاسبه می‌گردد، سمیت بالقوه یک حشره‌کش را نشان می‌دهد. با توجه به اینکه ممکن است درصد ماده موثره یک سم و نیز مقدار مصرف (بر حسب کیلوگرم در هکتار) برای هر فرمولاسیون متفاوت باشد، از اینرو پس از محاسبه نمره ضریب اثر محیطی، از رابطه زیر ضریب اثر محیطی یک سم در سطح مزرعه محاسبه می‌گردد:

$EIQ_{\text{Field Use Rating}}$ = ضریب اثر محیطی × درصد ماده موثره × مقدار مصرف × تعداد دفعات سمپاشی (۳)

(Levitan, 1995; Deihimfard, 2007)

حشره‌کش‌ها در این تحقیق بر اساس نحوه عمل آنها طبقه‌بندی شده‌اند که بر گرفته از طبقه‌بندی کمیته مبارزه با پدیده مقاوت به حشره‌کش‌ها می‌باشد. از این رو میزان سمیت بالقوه و بالفعل حشره‌کش‌ها بر مبنای خانواده و نحوه عمل آن‌ها طبقه‌بندی و مورد بررسی قرار گرفت.

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۱- ضوابط نمره دهی برای متغیرها در مدل EIQ (Deihimfard *et al.*, 2007)

متغیر	نماد	ضوابط نمره دهی		
		۱	۳	۵
سمیت مزمن	C	بدون سمیت یا کم	امکان سمیت وجود دارد	سمیت قطعی
سمیت پوستی حاد (LD_{50} موش/خرگوش)	DT	> ۲۰۰۰	۲۰۰۰-۲۰۰	۲۰۰-۰
سمیت برای پرندگان (LC_{50} ۸ روز)	D	>۱۰۰۰ پی‌پی‌ام	۱۰۰۰-۱۰۰ پی‌پی‌ام	۱۰۰-۱ پی‌پی‌ام
سمیت برای زنبور عسل	Z	نسبتا بدون سمیت	سمیت متوسط	سمیت بالا
سمیت برای بندپایان سودمند	B	تاثیر کم	تاثیر متوسط	تاثیر شدید
سمیت برای ماهی‌ها (LC_{50} ۹۶ ساعت)	F	>۱۰ پی‌پی‌ام	۱۰-۱ پی‌پی‌ام	<۱ پی‌پی‌ام
نیمه عمر در خاک	S	روز ۳۰>	۱۰۰-۳۰ روز	روز ۱۰۰ >
نیمه عمر در سطح گیاه	P	۲-۱ هفته	۴-۲ هفته	هفته ۴>
نحوه عمل (سیستمیک بودن)	SY	غیرسیستمیک و کلیه علف‌کش‌ها	سیستمیک	-
پتانسیل آبشویی	L	کم	متوسط	زیاد
پتانسیل روان آب سطحی	R	کم	متوسط	زیاد

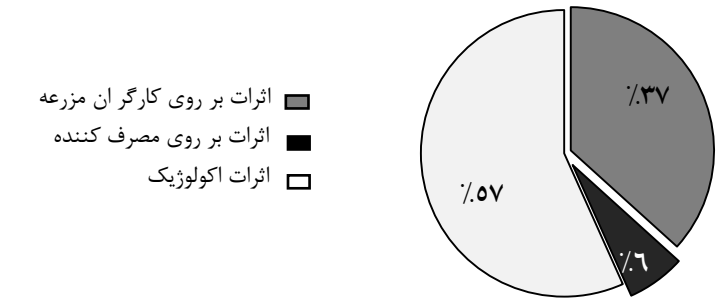
نتایج و بحث

با استفاده از مدل ضریب اثر محیطی حشره‌کش‌های ثبت شده در ایران مورد بررسی قرار گرفتند و میزان سمیت هر یک مشخص شد. نتایج حاصل در جدول ۳ آمده است. در میان سموم حشره‌کش ثبت شده در ایران نمره نهایی EIQ در درجه اول بیشترین تاثیر را از قسمت اثرات اکولوژیک گرفته است و در درجه دوم بخش کارگران مزرعه بیشترین تاثیر را بر روی نمره نهایی حاصل از مدل EIQ گذاشته است. بر اساس این نتایج قسمت مصرف‌کننده در سموم مصرفی کشور، نسبت به دو قسمت دیگر کمتر در معرض خطر می‌باشند (شکل ۱).

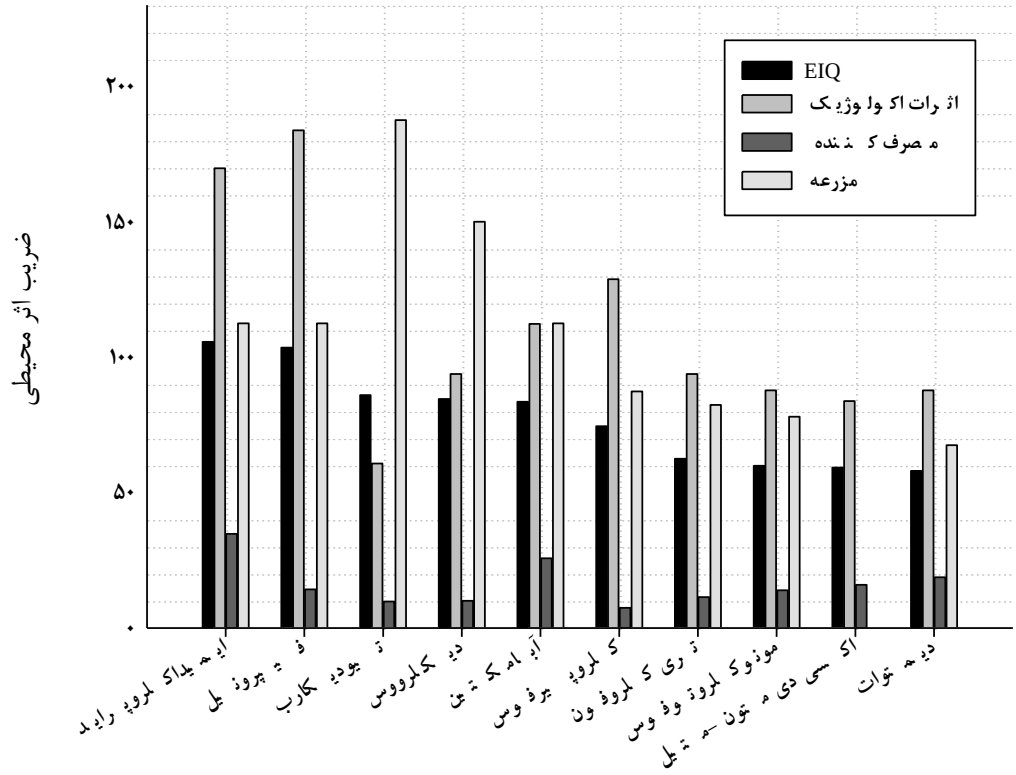
از میان حشره‌کش‌ها، ایمیداکلوپراید (EIQ=۱۰۵/۷)، فیپرونیل (۱۰۳/۵)، تیودیکارب(۸۶)، دیکلروس(۸۴/۶)، آبامکتین (۸۳/۵)، کلرپیرفوس (۷۴/۵)، تری کلروفون (۶۲/۵)، مونو کروتوفوس (۵۹/۹)، اکسی دی متون متیل(۵۹/۲) و دیمتوات (۵۸)، سموم حشره‌کشی هستند که بیشترین سمیت بالقوه را به خود اختصاص دادند. از میان اجزای تشکیل دهنده ضریب اثر محیطی در میان این ۱۰ حشره کش نیز بخش اثرات اکولوژیک بیشترین سهم را دارا می‌باشد (شکل۲ ، جدول ۲).

Archive of SID

www.SID.ir



شکل ۱- سهم اجزای مدل EIQ در تعیین نمره نهایی سموم حشره کش ثبت شده در ایران.

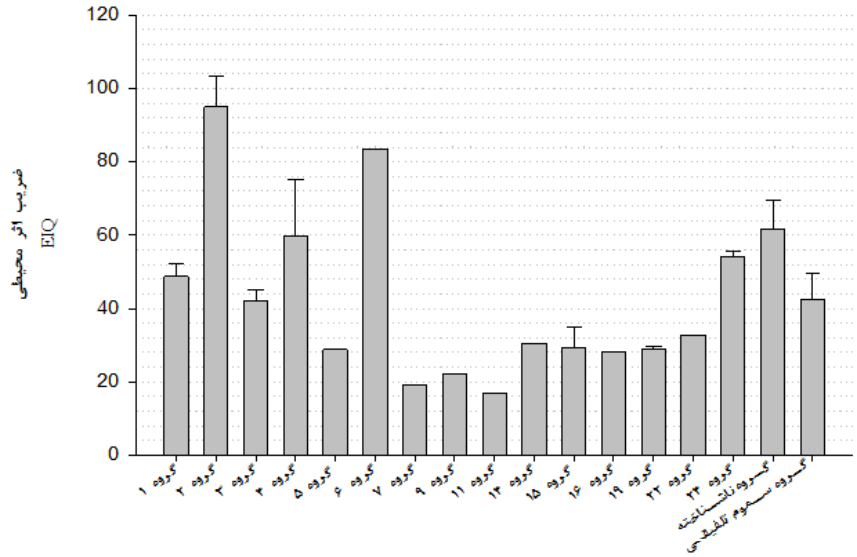


شکل ۲- پرخطرترین سموم حشره کش ثبت شده در ایران بر اساس نمره حاصل از ضریب اثر محیطی (EIQ).

بر اساس گروه‌بندی کمیته مبارزه با پدیده مقاومت به حشره‌کش‌ها، گروه (۲)، گروه (۶) و گروه سموم ناشناخته بیشترین میزان سمیت را داشتند (شکل ۳). از گروه (۲) فقط دو حشره‌کش در ایران ثبت شده است که هر دو از خانواده‌های شیمیایی متفاوت می‌باشند (جدول ۳). یکی از این سموم فیپرونیل می‌باشد و دیگری اندوسولفان است. که هر دو جزء سموم حشره کش پر خطر به حساب می آیند (Anonymous, 2007) از گروه (۶) تنها یک سم حشره‌کش ثبت شده در ایران به نام آبامکتین وجود دارد که سمیت این حشره‌کش در نمودار بیانگر سمیت کل

www.SID.ir

گروه می‌باشد (جدول ۳). اکثر حشره‌کش‌های ثبت شده در کشور مربوط به دو گروه ۱ و ۲ می‌باشند. در واقع دو گروهی که به نسبت از سمیت بالقوه بالایی نیز برخودار هستند این مسئله در عین حال که می‌تواند بروز پدیده مقاومت را شدت ببخشد می‌تواند مخاطرات زیست محیطی ناشی از استفاده از حشره‌کش‌ها را نیز شدت می‌بخشد.



شکل۳ -میانگین ضریب اثر محیطی گروه‌های مختلف حشره‌کش بر مبنای نحوه عمل آنها (براساس طبقه بندی کمیته مبارزه با پدیده مقاومت به حشره کش‌ها).

گروه سموم حشره‌کش ناشناخته سمومی هستند که سال ثبت آن‌ها در ایران مشخص نیست و در گروه‌بندی کمیته مبارزه با پدیده مقاومت به حشره‌کش‌ها نیز قرار ندارند که شامل لیندین (EIQ=۸۳/۴)، مونوکروتوفوس (۵۹/۹)، فسفامیدون(۵۷/۷)، فورموتیون (۴۵/۲)، می‌باشد. این سموم حشره‌کش از سمیت بالقوه بالایی نیز برخوردار می‌باشند (جدول۳). از طرف دیگر نحوه عمل این سموم حشره توسط کمیته مبارزه با پدیده مقاومت به حشره‌کش‌ها مشخص نشده است و این امر به نوبه خود صلاحیت استفاده از این حشره‌کش‌ها را زیر سوال می‌برد. باید توجه داشت که ضریب اثر محیطی به تنهایی بیانگر سمیت بالقوه سموم حشره‌کش می‌باشد و در واقع معیار مناسبی برای انتخاب سموم در سیاست‌گذاری‌های کلان می‌باشد (Levitan, 1997). اما برای ارزیابی سمیت بالقعل سموم دفع آفات شیمیایی نیاز به دز مصرف، درصد ماده موثره، و تعداد دفعات سمپاشی می‌باشد تا از این طریق بتوان میزان در معرض قرار گرفتن نهایی را محاسبه کرد (Gallivan *et al.*, 2005). از رو سمومی پر خطر شناخته می‌شوند که ۱) ضریب اثر محیطی EIQ آن‌ها بالا باشد، ۲) دز مصرفی (کیلوگرم در هکتار) بالایی داشته باشند، ۳) درصد ماده موثره آن‌ها در فرمولاسیون زیاد باشد و ۴) تعداد دفعات سم‌پاشی آن برای رسیدن به حداکثر کارایی بالا باشد (Deihimfard *et al.*, 2007).

بنابراین به صرف در نظر گرفتن نمره حاصله از مدل ضریب اثر محیطی EIQ نمی‌توان سمیت سموم را برآورد کرد و در واقع سمومی پر خطر شناخته می‌شوند که علاوه بر ضریب اثر محیطی (EIQ) بالا، دز مصرف آن‌ها (کیلوگرم در هکتار) بالا، درصد ماده موثره آن‌ها در فرمولاسیون بالا باشد و تعداد دفعات سم‌پاشی آن‌ها نیز برای دست‌یابی به حداکثر کارایی، زیاد باشد. بر این اساس شاخص دیگری علاوه بر مدل EIQ تحت عنوان ضریب اثر محیطی مزرعه‌ای (EIQ_{Field})[1] محاسبه می‌گردد.

[1] EIQ Field Use

Archive of SID

www.SID.ir

جدول۳-طبقه‌بندی ضریب اثر محیطی (EIQ) سموم حشره کش ثبت شده در ایران بر اساس نحوه عمل آن‌ها.

نحوه عمل	خانواده	نام عمومی سم	ضریب اثر محیطی (EIQ)
		بندیوکارپ	۵۴/۵۷
		کاربارایل	۴۵/۰۸
	کاربامات‌ها	پیریمیکارب	۵۶/۴۱
		پروپوکسور	۵۲/۵۲
		تیودیکارب	۸۶
	میانگین		۵۸/۹۱
		آزینفوس متیل	۴۱/۳۳
		کلرپیریفوس	۷۴/۵۱
		کلرپیریفوس متیل	۲۴/۳۳
		دیازینون	۳۴/۷۶
بازدارنده استیل کولین استراز (گروه ۱)		دیکلروس	۸۴/۵۸
		دیمتوات	۵۸
		اتیون	۴۶/۷۲
	ارگانو فسفره	فنیتروتیون	۳۵/۶۶
		فنتیون	۴۵/۶۶
		هپتنفوس	۴۲/۵
		مالاتیون	۳۰/۶۶
		اکسی دیمتون متیل	۵۹/۲۲
		پیریمیفوس متیل	۳۵/۶۶
		پروفنفوس	۲۹/۵
		تیومتون	۳۸/۳۳
	میانگین		۴۵/۶۹
میانگین			۵۲/۳۰
آنتاگونیستGABA در کانالهای کلر پس سیناپس (گروه ۲)	ارگانو کلره‌ها، سیکلودین	اندوسولفان	۸۶/۴۱
	فنیل پیرازول‌ها (فیپرول‌ها)	فیپرونیل	۱۰۳/۵
میانگین			۹۴/۹۵

Archive of SID

www.SID.ir

ادامه جدول ۳-طبقه‌بندی ضریب اثر محیطی (EIQ) سموم حشره کش ثبت شده در ایران بر اساس نحوه عمل آن‌ها.

نحوه عمل	خانواده	نام عمومی سم	ضریب اثر محیطی (EIQ)
ترکیبات تاثیر گذار بر کانال‌های سدیم (بر هم زننده تعادل یونی) (گروه۳)	پیروتروئید	آلترین	۵۱/۱۶
		بیو آلترین	۵۵
		بیو رسمترین	۲۴/۳۳
		سایفلوترین	۵۴/۵۲
		لامباداسی هالوترین	۳۱
		سایپرمترین	۵۱/۸۶
		دلتامترین	۵۱/۷۳
		فن پروپاترین	۴۰/۶۶
		فن‌والریت	۴۰/۶۶
		پرمترین	۴۲/۱۶
		پیرترین‌ها	۲۹/۳۳
		تترامترین	۲۷/۴۱
		بتا سایفلوترین	۴۷/۴۱
میانگین			۴۲/۰۹
اگونیست (تحریک کننده) گیرنده‌های نیکوتینیک استیل کولین (گروه ۴)	نئونیکوتینوئید	استامی‌پراید	۴۰/۹۹
		ایمیداکلوروپراید	۱۰۵/۶۶
		تیاکلوپراید	۴۹/۶۶
		تیامتوکسام	۴۲/۷۵
میانگین			۷۶/۵۹
فعال کننده (آلوستریک) گیرنده‌های نیکوتینیک استیل کولین (گروه ۵)	اسپینوزین‌ها	اسپینوزاد	۲۸/۷۵
فعال کننده کانال‌های کلر در ناحیه پس سیناپس (گروه ۶)	آورمکتین‌ها و مبلبمایسین‌ها	آبامکتین	۸۳/۵

Archive of SID

www.SID.ir

ادامه جدول ۳- طبقه‌بندی ضریب اثر محیطی (EIQ) سموم ثبت شده در ایران بر اساس نحوه عمل آن‌ها.

نحوه عمل	خانواده	نام عمومی سم	ضریب اثر محیطی (EIQ)
آنالوگهای هورمون جوانی (تنظیم کننده‌های رشد) (گروه ۷)	پیری پیروکسی فن	پیری پیروکسی فن	۱۹/۳۳
بلوکه کننده‌های اختصاصی تغذیه در جور بالان (گروه ۹)	پی متروزین	پی متروزین	۲۲/۲۵
مختل کننده میکروبی غشا معده میانی حشرات (گروه ۱۱)	باسیلوس تورنجنسیس	باسیلوس تورنجنسیس	۱۶/۷۵
بلوکه کننده کانال گیرنده نیکوتینیک استیل کولین (گروه ۱۴)	آنالوگ‌های نرئیس توکسین	کارتاپ	۳۰/۵
بازدارنده بیو سنتز کیتین (مختص پروانه‌ها) (گروه ۱۵)	بنزوئیل اوره‌ها	دیفلوبنزورون فلو فنوکسورون هگزافلومورون لوفنورون تفلوبنزورون	۱۶ ۳۲/۲۱ ۴۱/۸۳ ۱۵/۰۸ ۳۸/۱۷
میانگین			۲۹/۲۶
باز دارنده بیو سنتز کیتین (هوموپترا) (گروه ۱۶)	بوپروفزین	بوپروفزین	۲۸
آگونیست (تحریک کننده) گیرنده‌های اکتوپامین (گروه ۱۹)	آمیتراز	آمیتراز	۲۹/۶۶
بلوکه کننده‌های کانال سدیم (گروه ۲۲)	ایندوکساکارب	ایندوکساکارب	۳۲/۸۳
بازدارنده انتقال الکترون در میتوکندری (کمپلکس۴) (گروه ۲۴)	فسفین	آلومینیوم فسفاید منیزیم فسفاید	۵۵/۴۶ ۵۲/۹۶
میانگین			۵۴/۲۱

ادامه جدول ۳- طبقه‌بندی ضریب اثر محیطی (EIQ) سموم ثبت شده در ایران بر اساس نحوه عمل آن‌ها.

نحوه عمل	خانواده	نام عمومی سم	ضریب اثر محیطی (EIQ)
متفرقه (گروه ناشناخته)		فسفامیدون فورموتیون لیندین مونوکروتوفوس	۵۷/۴۶ ۴۵/۱۵ ۸۳/۳۵ ۸۹،۵۹
میانگین			۶۱/۴۶
سموم تلفیقی (گروه تلفیقی)		تفلوبنزورون + فوزالن کلرپیریفوس+ کلرپیریفوس متیل	۳۵/۵ ۴۹/۴۲
میانگین			۴۲/۴۶

Archive of SID

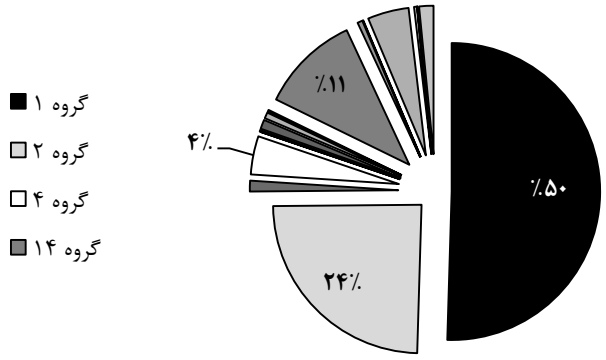
www.SID.ir

از میان سموم حشره‌کش ثبت شده در کشور حشره‌کش‌های کش فیپرونیل با نام تجاری ری‌جنت و فرمولاسیون‌های (G 0.2% W/W) و (TC)، کاربارایل با نام تجاری سوین و فرمولاسیون WP 85%، حشره‌کش کلرپیرفوس با نام تجاری دورسبان و فرمولاسیون EC 40/8 W/V. اتیون با نام تجاری اتیون و فرمولاسیون EC 47% W/V، ایمیداکلوپراید با نامهای تجاری گاچو و فرمولاسیون WS W/W 70%، و کنفیدور با فرمولاسیون SC 35% W/V، دیازینون با نام تجاری دیازینون و فرمولاسیون‌های EC 60% و WP40% و Gr 5% و Gr 10%، و حشره‌کش تلفیقی تفلوبنزورون+ فوزالون با نام تجاری دارتون و فرمولاسیون EC21/75%W/V به ترتیب با اکتساب نمره‌های ۱۴/۴۲، ۳/۵،۶۶/۱۸، ۲/۲۳، ۲/۲۲، ۱/۹۸ و ۱/۹۴ دارای بیشترین ضریب اثر محیطی مزرعه‌ای بودند (Anonymous, 2007). این در حالی است که تمامی این سموم الزاماً ضریب اثر محیطی بالایی نداشتند و بسیاری از آنها به دلیل دز مصرف بالا و یا ماده موثره زیاد در فرمولاسیون میزان ضریب اثر محیطی مزرعه‌ای بالایی دارند. سایر محقیقین نیز در مطالعاتی مشابه به چنین نتیجه‌ای دست یافتند (Levitan, 1995; Deihimfard *et al.*, 2007). از میان سمومی که بالاترین میزان EIQ مزرعه‌ای را به خود اختصاص داده اند. تنها سموم ایمیداکلوروپراید، فیپرونیل از سمومی هستند که از ضریب اثر محیطی بالایی برخوردار می‌باشند (شکل ۲) و بالا بودن ضریب اثر محیطی مزرعه‌ای (سمیت بالفعل) سایر سموم ذکر شده بیشتر به دلیل میزان مصرف بالا و درصد بالای ماده موثره آنها می‌باشد.

اکثر سموم ثبت شده در ایران مربوط به گروه‌های اول، سوم، پانزدهم، گروه ناشناخته و گروه چهارم می‌باشند، که به ترتیب تعداد ۲۲، ۱۴، ۵، ۴ و ۴ حشره‌کش را به خود اختصاص داده‌اند (Anonymous, 2007). گروه اول از دو زیر گروه (خانواده) کاربامات‌ها و ارگانوفسفره تشکیل شده است (IRAC, 2008) که هر کدام به ترتیب ۵ و ۱۷ حشره‌کش را به خود اختصاص داده‌اند (جدول۴). در گروه اول سموم دیکلرووس، کلرپیرفوس، بندیوکارب، پروپکسور، پیریمیکارب و و اکسی‌دی‌متون‌متیل و بیشترین نمره ضریب اثر محیطی را به خود اختصاص داده‌اند. با نظر به ضریب اثر محیطی مزرعه‌ای این سموم، مشاهده می‌شود که فقط حشره‌کش کلرپیرفوس با نام تجاری دورسبان و فرمولاسیون EC 40/8 W/V رتبه به نسبت بالایی را به خود اختصاص داده است. جالب توجه اینجاست که حشره‌کش کاربارایل و تیودیکارب و تری‌کلروفن که EIQ بالایی نداشتند، با نام تجاری سوین و فرمولاسیون WP 85% ضریب اثر محیطی مزرعه‌ای بالایی را به خود اختصاص داده است. بنابراین به نظر می‌رسد در درجه اول نیاز به جایگزینی این سموم با سموم کم خطرتر باشد. زیرگروه‌ها (خانواده) حشره‌کش‌هایی هستند که نحوه عمل آن‌ها مشابه می‌باشد اما امکان بروز مقاومت تقاطعی به آن‌ها پایین است و می‌توان در برنامه مدیریت آفات و امراض گیاهی از آن‌ها در تناوب و توالی بهره جست (IRAC, 2008). گروه‌های ۱، ۲ ، ۱۴ و ۴ بیشترین میزان حشره‌کش‌های مصرفی را به خود اختصاص داده‌اند و طی سالهای ۸۰ تا ۸۵ گروه سوم که سموم بسیاری از آن در ایران ثبت شده است و بالقوه از سمیت پائینی برخوردار می‌باشد کمتر مورد است استفاده قرار گرفته‌است (شکل ۵).

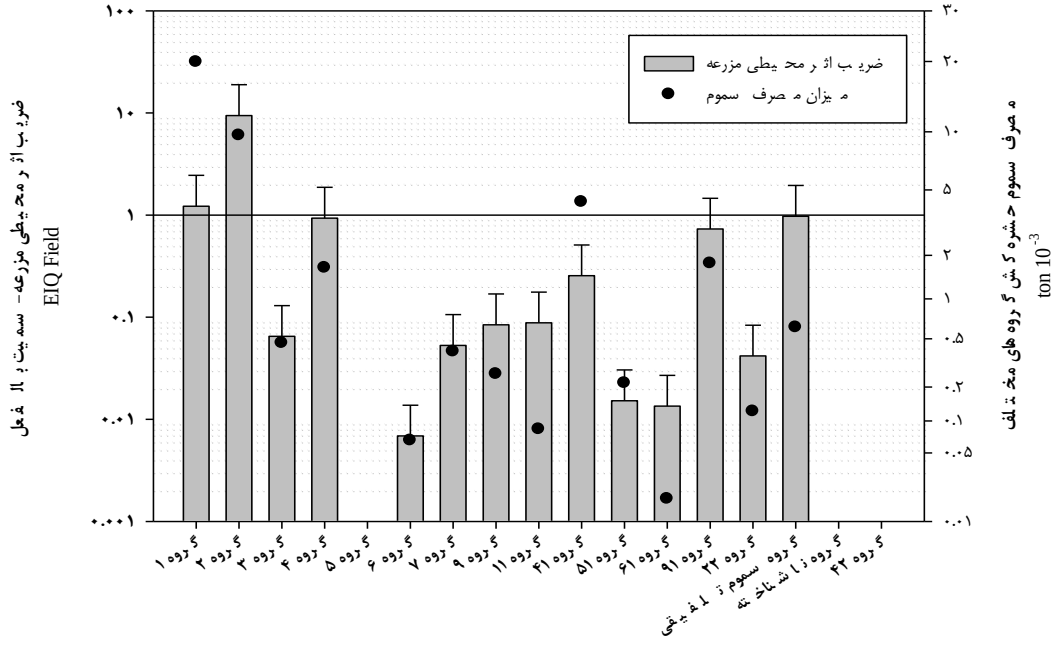
Archive of SID

www.SID.ir



شکل -۵ سهم هر یک از گروه های نحوه عمل در میزان مصرف سموم کل کشور.

از گروه دو نیز که فقط دو سم در کشور به ثبت رسیده است، که این دو حشره‌کش با نام‌های اندوسولفان و فیپرونیل از دو خانواده مختلف هستند و از ضریب اثر محیطی بالایی نیز برخوردار می‌باشند. از میان این دو سم اندوسولفان با نام تجاری تیودان و فرمولاسیون (EC W/V 35%) از EIQ مزرعه‌ای بالایی برخوردار است.



شکل۶-میانگین ضریب اثر محیطی مزرعه‌ای گروه‌های مختلف حشره‌کش طبقه بندی شده بر مبنای نحوه عمل توسط کمیته مبارزه با پدیده مقاومت در حشره‌کش ها (IRAC) (از نمره EIQ field برای نشان دادن مناسب توزیع، لگاریتم گرفته شده است).

دو عامل بالا بودن سمیت بالقوه سموم حشره کش طبقه بندی شده در گروه ۲ (جدول۲) و میزان مصرف بالای این سموم (شکل۵ و شکل۶) این گروه را عملاً به عنوان پر خطر ترین گروه از نظر زیست محیطی و سلامت برای انسان معرفی نموده است. در عین حال مصرف این دو حشره کش طی سالهای ۸۰ تا ۸۵، ۲۴٪ از کل مصرف را به خود اختصاص داده است که در کنار افزایش مخاطرات

www.SID.ir

زیست محیطی، بروز پدیده مقاومت به این سموم نیز بسیار محتمل است.

گروه ۱۴ نیز ۱۱٪ از مصرف را به خود اختصاص می‌دهد و از آنجایی که تنها حشره‌کش کارتاپ در این گروه در ایران به ثبت رسیده است، می توان به این نتیجه رسید که حشره‌کش کارتاپ ۱۱٪ از کل مصرف را به خود اختصاص می‌دهد. اگرچه این حشره‌کش به نسبت سایر حشره‌کش‌های ثبت شده در کشور از نمره ضریب اثر محیطی بالایی برخوردار نمی‌باشد ولی به موجب استفاده صرف از آن بروز پدیده مقاومت به این سم محتمل می‌باشد. در واقع می‌توان بر مبنای نتایج حاصل می‌توان چنین استنباط کرد از آنجا که سه حشره‌کش فیپرونیل، اندوسولفان و کارتاپ ۳۵٪ از کل سموم مصرفی را در کشور تشکیل می‌دهند و از سمیت بالقوه به نسبت بالایی برخوردار می‌باشند متعاقباً در کنار ریسک مقاومت به این حشره‌کش‌ها، عمده مخاطرات زیست محیطی بافعل در مزارع و باغات کشور نیز به دلیل استفاده بیش از اندازه این سه حشره‌کش می‌باشد.

سمومی که در قالب گروه ناشناخته در جدول۳ عنوان شده‌اند سمومی هستند که در طبقه‌بندی کمیته مبارزه با پدیده مقاومت اصلاً عنوان نشده‌اند و نحوه عمل آن‌ها نیز مشخص نیست. تمامی این سموم بجز فورموتیون از EIQ بالایی برخوردار می‌باشند (جدول۲). از آنجایی که نحوه عمل این حشره‌کش‌ها مشخص نیست ، در برنامه مدیریت پدیده مقاومت به حشره‌کش‌ها این سموم می‌توانند اختلال ایجاد کنند بنابراین تا زمان شناسایی نحوه عمل آن‌ها استفاده از آن‌ها منطقی به نظر نمی‌رسد (IRAC, 2007). طی سال‌های ۸۰ تا ۸۵ سموم مربوط به این گروه در کنار گروه‌های ۵ و گروه ۲۴ و گروه‌های ناشناخته و گروه سموم تلفیقی استفاده نشده اند و عملا سمیت بالفعل آنها صفر در نظر گرفته می‌شود.

نتیجه‌گیری

به منظور اتخاذ تصمیم مناسب در جهت کاهش خطرات زیست محیطی حشره‌کش‌ها ابتدا باید سمومی را به ثبت رساند که بدون در نظر گرفتن دز مصرف و ماده موثره در فرمولاسیون از ضریب اثر محیطی (EIQ) پایینی برخوردار باشند و در صورتی که سموم ثبت شده از EIQ بالایی برخوردار بودند، از فرمولاسیون تجاری با ماده موثره و دز مصرف پایین استفاده کرد و در صورتی که این دو امر در درجه اول امکان پذیر نبود، لازم است میزان مصرف آن‌ها تا حد امکان کاهش داده شود و آن‌ها به شرایط خاص و مناطق خاص (نیاز ضروری به حشره‌کش مربوطه وجود دارد) محدود شوند و در ضمن آگاهی لازم را در اختیار تمامی کسانی که با این سموم در ارتباط هستند به ویژه سمومی که از سمیت بالا برای کارگران مزرعه و مصرف کننده‌گان برخوردار هستند، قرار داده شود تا بتوان حدالامکان خطرات سلامت و مخاطرات زیست محیطی حشره‌کش‌ها را در سطح ملی، منطقه و مزرعه کاهش داد. مطالعاتی از این قبیل پیرامون علف‌کش‌ها و قارچ‌کش‌ها می‌تواند اطلاعات جامع و کاملی را در مورد نحوه استفاده و انتخاب آفت‌کش‌های در سطح ملی در اختیار قرار دهد.

منابع

Anonymous, 2007. Registered pesticides in Iran. Crop Protection Agency.

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

Dunn, A.M., 2004. A Relative Risk Ranking of Pesticides Used in Prince Edward Island. Surveillance Report. Environmental Protection Branch. Atlantic Region, Canada.

Gallivan, G.J., Berges, H. and McGee, B., 2005. Evaluation of the Changes in Pesticide Risk. Research Project SR9128. Ontario Ministry of Agriculture and Food, Guelph, Canada.

Gallivan, G.J., Surgeoner, G.A. and Kovach, J., 2001. Pesticide risk reduction on crops in the province of Ontario. Journal of Environment. 30, 798-813.

Gustafson, D.I., 1989. Groundwater ubiquity score: A simple method for assessing pesticide leach ability. Environmental Toxicology and Chemistry. 8, 339-357.

Heydari, A. and Torkmand, M., 2009. Insects resistance to insecticides. In Proceedings 1st Congress of Half-century Pesticide Application in Iran, 2nd-3sd March, Tehran, Iran. p. 322.

Holvoet, K., 2006. Monitoring and modeling the dynamic fate and begaviour of pesticides in river systems at catchment scale. Ph.D. Thesis. Ghent University, Belgium.

IRAC, 2007. Insecticide Resistance Action Committee. Available online at: www.irac-online.org.

IRAC, 2008. Insecticide Resistance Action Committee. Available online at: www.irac-online.org.

Kovach, J., Petzoldt, C., Degni, J., Tette, J., 1992. A Method to Measure the Environmental Impact of

Archive of SID

www.SID.ir

Pesticides. New York's Food Life Science. Bulletin.

Levitan, L., Merwin, I. and Kovach J., 1995. Assessing the relative environmental impacts of agricultural pesticides: The quest for a holistic method. Agricultural Ecosystems and Environment. 55, 153-168.

Maud, J., Edwards-Jones G. and Quin F., 2001. Comparative evaluation of pesticide risk indices for policy development and assessment in the United Kingdom. Agriculture, Ecosystems and Environment. 86, 59-73.

Reus, J., Leendertse, P., Bockstaller, C., Fomsgaard, I., Gutsche, V., Lewis, K., Nilsson, C., Pussemier, L., Trevisan, M., Van der Werf, H., Alfarroba, F., Blumel, S., Isart, J., McGrath, D. and Seppala, T., 2002. Comparison and evaluation of eight pesticide environmental risk indicators developed in Europe and recommendations for future use. Agricultural Ecosystems and Environment. 90, 177-18.

Whelan, M.J., Walter, C., Smith B.G. and Pendlington, D., 2005. Pesticide risk management and profiling tool: 'PRoMPTing' a science-based approach to mitigating the risks of water quality impacts from pesticide use in agriculture. Workshop on Agriculture and Water: Sustainability, Markets and Policies, Australia.

Archive of SID

www.SID.ir

Environmental risk Assessment of registered insecticids in Iran

Seyyedshahaboddin Moinoddini,[1] Eskandar Zand,[2] Jafar Kambouzia,[3,*] Abdolmajid Mahdavi Damghani[3] and Reza Deihimfard[3]

[1]Department of Agroecology, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran.
[2]Weed Research Department, the Iranian Plant Protection Research Institute, Tehran, Iran.
[3]Department of Agroecology, Environmental Sciences Research Institute, Shahid Beheshti University, Tehran, Iran.

[*]Corresponding author: j_kambouzia@sbu.ac.ir

Abstract

Insecticides are one of the most important pesticides applied in Iran and, during the last two decades, have accounted for about 50 percent of pesticide usage. However, the negative impacts of insecticide have resulted in several environmental problems and placed human health in danger. In this study, the environmental impacts of registered insecticides in Iran were evaluated using the environmental impact quotient (EIQ). EIQ has three major variables, namely the farm worker, consumer and ecology for which the final score is the average of these variables. Following this, insecticides were classified according to the International Resistance Action Committee (IRAC) classification and the results for each class were analyzed. Results show that, potentially, classes 2 and 6 (based on EIQ scores) are the most hazardous and Imidacloprid, which is classified in group 4, received the highest EIQ score. Considering the active ingredients of registered insecticide, EIQ scores, and their rates of application in Iran during 2000-05, the EIQfield which demonstrates practical hazards was calculated. According to this, classes 2, 1 and 4 are, respectively, the most hazardous insecticides. Therefore, it seems that it is vital to find an alternative for Imidacloprid. Considering the environmental impacts of pesticides and their mode of action simultaneously could be a valuable approach in order to achieve sustainable pest management in sustainable agriculture.

Keywords: Environmental Impact Quotient, Insecticide, Mode of action, Resistance.

Archive of SID

www.SID.ir