آفات و بیماری‌های گیاهی
جلد ۸۲، شماره ۲، اسفند ۱۳۹۳

ارزیابی مخاطرات حشره‌کش‌ها و کنه‌کش‌های مورد استفاده در کشور

محمد کاظم رمضانی✉ و احمد حیدری
بخش تحقیقات آفت‌کش‌ها، موسسه تحقیقات گیاهپزشکی کشور، تهران
(تاریخ دریافت: آذر ۱۳۹۲؛ تاریخ پذیرش: آذر ۱۳۹۳)

چکیده

در این تحقیق با استفاده از مدل‌های جدید ۵۸ حشره‌کش و کنه‌کش موجود در کشور که عمدتاً در مبارزه با آفات و کنه‌های گیاهی مورد استفاده قرار می‌گیرند مورد بررسی قرار گرفت. پارامترهای مهم پایداری کلی (Pov)، پتانسیل انتقال آن‌ها را از مکان مصرف (LRTP)، نسبت جذب انسانی (Intake fraction)، با استفاده از مدل‌های OECD POV & LRTP Screening Tool، USES-LCA 2.0 و SimpleBox 3.0 محاسبه و با تلفیق داده‌های بدست آمده با جذب قابل قبول روزانه (ADI)، اثرات سمی برای موجودات خاکزی (LD50 زنبور عسل) اثرات سمی برای موجودات آبزی (LC50 ماهی)، و اثرات سمی برای پستانداران (LD50 موش) ریسک حشره‌کش‌ها و کنه‌کش‌های موجود در کشور به تفکیک محاسبه و رتبه بندی شدند. ۳۸ درصد از کنه‌کش‌های مورد استفاده در کشور در گروه با ریسک کم، ۳۸ درصد در گروه خطر متوسط و ۲۳ در صد در گروه خطر زیاد طبقه‌بندی شدند. در مورد حشره‌کش‌ها ۳۱/۷ درصد در گروه کم خطر، ۲٦/۹ درصد در گروه متوسط، ۲۳/۸ درصد در گروه با ریسک زیاد و ۱۵/۸ درصد حشره کش‌ها در گروه خطر خیلی زیاد طبقه بندی شدند. بر اساس نتایج مربوط به رتبه بندی ریسک حشره‌کش‌ها و کنه‌کش‌های مورد استفاده، در درختان میوه دانه دار و هسته دار ٤۲/۹ درصد، در پسته ٤۱/۲ درصد، در مرکبات ۳۵ درصد، در سویا ۱۰ درصد، در چغندر قند ۲۹/٤ درصد، در سبزی و جالیز ۱۷/٦ درصد، در پنبه ۲٦/۳ ، و در گندم و برنج ۳۱ درصد از حشره‌کش‌ها و کنه‌کش‌های مورد بررسی در گروه خطر کم (I) قرار دارند. بنابراین، با توجه به این نتیجه امکان مدیریت کنه‌کش‌ها و حشره‌کش‌ها در جهت کاهش میزان ریسک وجود دارد. شناسائی آفتکش‌های کم خطر بر اساس هر گروه در محصولات مختلف امکان جایگزینی تدریجی از آفتکش‌های پر خطر به آفتکش‌های کم خطر را در طول زمان برای متولیان و مدیریت ریسک آفتکش‌ها امکان پذیر می‌نماید.

واژه‌های کلیدی: ارزیابی خطر، حشره‌کش‌ها و کنه کش‌ها، رتبه بندی.

Risk assessment of current-use insecticides and acaricides in Iran

M. K. RAMEZANI✉ and A. HEYDARI
Iranian Research Institute of Plant Protecton, Tehran, Iran

Abstract

In this research, we used a new model to determine the risk of 58 current use insecticides and acaricides, mosly applied for agricultural purpuses. The OECD POV & LRTP Screening model used to calculate the environmental risk of pesticides using indices of overall persistence (POV), long-range transport potential (LRTP), and intake fraction (IF) was calculated using USES-LCA 2.0 & Simple Box 3.0 . Integrating these parameters with acceptable daily intake (ADI), LD50 bee, LD50 mice and LC50 fish made possible the risk assessment of 58 of current used pesticides. Screening and raking results showed that of 13 acaricides, 38% calssified with low, 38% with medium and 24% with high risk level. Of 45 studied insecticides 31.7% showed low risk, 26.9% showed medium, 23.8% with high and 15.8% showed very high risk. Risk assessment based on the most important crop/fruits demonstrated that pome and stone fruits 42.9%, pistachio 41.2%, citruses 35%, soybean 10%, sugarbeet 29.4%, vegetables 17.6%, cotton 26.3% and cereal (wheat and rice) 31% of insecticides and acaricides are classified with low risk. Therefore, according to the results of the current research, it is clear that risk management of insecticides and acaricides in Iran toward reducing risk level is possible.

Key words: Risk assessment, insecticides & acaricides, ranking.

✉ **Corresponding author: : kazem.ramezani@iripp.ir**

مقدمه

سهم ناچیزی از کل آفت‌کش‌هایی که برای کنترل آفات مصرف می‌شوند، میزان آفت‌کشی است که به آفت مورد هدف رسیده و یا بوسیله آن مصرف می‌شود. در اغلب مطالعات انجام شده این میزان کمتر از ۱ درصد گزارش شده است و این بدین معنا است که بیش از ۹۹ درصد از کل آفت‌کش‌های مصرفی وارد محیط زیست شده و به آفات مورد نظر نمی‌رسند (Pimentel 1997; Ramezani 2010). وقتی یک ترکیب آفتکش در محیط استفاده می‌شود، در بین چهار جزء اصلی محیط توزیع می‌شود که عبارتند از: آب، هوا، خاک و موجود زنده. قسمتی از آفتکش که وارد هر یک از اجزاء محیط می‌شود به خصوصیات فیزیکی و شیمیائی مولکول آفتکش بستگی دارد. شستشوی سطحی و آبشویی آفت کش‌ها دو فرایند مهم در انتقال آن‌ها به منابع آبی است. خصوصیات فیزیکی و شیمیایی آفت‌کش، اولین زمان بارندگی پس از مصرف آفت‌کش، مدت و شدت آن، میزان و نحوه مصرف، فرمولاسیون آفت‌کش، خصوصیات خاک (توپوگرافی، نفوذ پذیری و پوشش سطحی) و شرایط محیطی فاکتورهائی هستند که بر آبشوئی آفتکش‌ها تاثیر دارند (Arias-Estevez, 2008).

چندین مدل به منظور بررسی اثرات مخاطرات آفت‌کش ها بر محیط پیشنهاد شده است. اگرچه بعضی از این مدل ها هم سرنوشت و هم اثرات آفت کش‌ها را مد نظر قرار دادند ولی این روش‌ها بینش کاملی از مقایسه اثرات گوناگون آفت‌کش‌ها ارائه نمی‌دهند (Juraske, 2007). از دو گروه مدل‌های فوق می‌توان به CHEMS, EIQ, MATF, PERI, EPRIP ,EYP, SyPEP, SYNOPS اشاره نمود. این مدل‌ها در مواردی همچون اهداف کاربرد، نوع اجزاء و اثرات محیطی مورد مطالعه، و روش ارزیابی با یکدیگر متفاوت هستند. برای مثال، مدل SYNOPS پتانسیل خطرات آفت کش‌ها را در کشور آلمان بررسی تا آفت کش‌هایی را که اثرات مخرب بیشتری بر محیط دارند را شناسایی کند. مدل SyPEP در سال ۱۹۹۹ برای شرایط و گیاهان زراعی بلژیک معرفی شد. این مدل غلظت آفت‌کش‌ها را در آب‌های سطحی و زیرزمینی پیش‌بینی می‌کند. مدل EYP برای استفاده در کشور هلند طراحی شد. این مدل غلظت محیطی آفت‌کش را در آب‌های زیر زمینی، سطحی و خاک بر اساس میزان مصرف استاندارد ۱ کیلوگرم در هکتار محاسبه می‌کند. پس از محاسبه این استاندارد، مقدار آن در دز واقعی ضرب شده تا در مدل مورد استفاده قرار گیرد (Reus, 2002).

مدل دیگر EPRIP است که بوسیله ترویسان و همکارانش در سال ۱۹۹۹ برای مطالعه اثرات آفت کش‌ها در ایتالیا معرفی شد. این مدل غلظت آفت کش‌ها را در آب‌های زیرزمینی، آب‌های سطحی، خاک و هوا پیش بینی می‌کند (Reus, 2002). پس از محاسبه غلظت پیش‌بینی شده محیطی، اعداد به دست آمده بر داده‌های مربوط به سمیت آفت کش‌ها تقسیم می‌شود. شاخص دیگری به نام PERI برای کشور سوئد طراحی شد و بر اساس آن کشاورزان را قادر می‌ساخت تا با استفاده از این مدل خطرات محیطی آفت کش‌ها را در طول زمان ارزیابی نمایند. این مدل بر اساس رتبه بندی خصوصیات مربوط به آفت‌کش‌ها و سمیت آن‌ها را بر اساس مقیاس ۱ تا ۵ ارزیابی می‌کند. اجزاء محیطی که در این مدل مورد بررسی قرار می‌گیرند شامل آب‌های زیرزمینی، آب‌های سطحی و هوا می‌باشد. به جای در نظر گرفتن هر یک از اجزاء محیطی به طور جداگانه، این مدل تمام متغیرها را از اجزاء مختلف محیط بصورت گروهی در یک معادله بررسی می‌کند. شاخص MATF در سال ۲۰۰۲ به منظور مشاوره به کشاورزان سیب زمینی کار در آمریکا برای ارزیابی خطر آفتکش‌هائی که در مزارع فوق با استفاده از برنامه‌های مدیریت تلفیقی آفات مورد استفاده قرار می‌گیرند معرفی شده است. این مدل مقادیر فاکتور سمیت را بر اساس سمیت حاد و مزمن برای پستانداران، اثرات اکولوژیکی آفت‌کش‌ها و اثرات آن‌ها بر موجودات مفید را محاسبه می‌کند. EIQ مدل دیگری است که در سال ۱۹۹۲ معرفی شد. در واقع این مدل بوسیله متخصصین مدیریت تلفیقی آفات به منظور مشاوره به

سبزیکاران و میوه کاران نیویورک طراحی شد (Reus, 2002) و خطرات آفت کش‌ها را برای کارگران مزرعه، استفاده کنندگان و موجودات زنده خاک بر اساس روش رتبه‌بندی محاسبه می‌کند. در این روش، اطلاعات مربوط به سمیت و پارامترهای شیمیایی رتبه‌بندی می‌شود. سپس این رتبه بندی‌ها در معادلات مربوطه وارد شده تا در شاخص نهایی EIQ وارد گردد. برای محاسبه این شاخص تمام داده‌های عددی و مطلق به اعداد ۱، ۳ و ۵ تبدیل شده که عدد ۱ نشانگر حداقل سمیت آفت کش، عدد ۳ بیانگر سمیت یا اثر متوسط و عدد ۵ نشان دهنده سمیت حداکثر یا بیشترین اثر منفی بر محیط می‌باشد (Reus, 2002).

برای ارزیابی اثرات آفت‌کش‌ها بر سلامتی انسان و محیط زیست، نیاز به یک روش رتبه بندی آفت‌کش‌ها است که نه تنها اثرات سمی و تجمع آفت کش‌ها را در موجودات زنده در نظر گیرد، بلکه پایداری و انتقال آفت‌کش‌ها را در محیط نیز در مدل وارد نماید. به دنبال دستورالعملی که در مورد اصول توسعه شاخص‌های ارزیابی مخاطرات آفتکش‌ها در سال ۱۹۹۷ تدوین شد، اطلاعات مربوط به میزان و شرایط استفاده از آفتکش‌ها باید با اطلاعات مربوط به خطرات آن‌ها تلفیق شود (Juraske, 2007; Levitan, 2000). در کشور ما تحقیقات انجام شده در مورد ارزیابی ریسک آفتکش‌ها بسیار کم است و تنها تحقیق انجام شده بررسی خطرات علفکش های مورد استفاده در گندم در بین سال‌های ۱۹۹٤ تا ۲۰۰٤ بوده است. در این تحقیق افزایش استفاده از آفتکش‌ها فاکتور مهم در افزایش اثرات زیست محیطی علفکش‌ها بوده است. افزایش مصرف علفکش‌ها بهبود عملکرد گندم را به دنبال نداشته است که دلیل آن اثرات منفی مصرف علف‌کش‌ها و تهدید آن‌ها به پایداری این نوع اکوسیستم‌های کشاورزی بوده است (Deihimfard *et al*., 2008). دقت در انتخاب مدل ارزیابی ریسک آفتکش‌ها یکی از فاکتور های مهم در این گونه تحقیقات است که بستگی به هدف نهائی در استفاده از نتایج دارد.

از آنجا که نمونه‌برداری و اندازه‌گیری بقایای آفت‌کش‌ها در اجزاء مختلف محیط به خصوص در کشورهای در حال توسعه بسیار پر هزینه است، یافتن روش‌هایی که بتوان اثرات سمیت آفت کش‌ها را بر محیط و سلامتی انسان کمی، و آفت‌کش‌های پر خطر را شناسایی و آن‌ها را رتبه‌بندی نمود از اهمیت بسیار زیادی برخوردار است. شاخص‌های ارزیابی مخاطرات آفت کش‌ها به سیاستگذاران بخش کشاورزی و حتی دولت‌ها کمک می‌کند تا روند خطرات آفت‌کش‌ها را در طول زمان بررسی و سلامتی اکوسیستم را در سطح ملی مورد ارزیابی قرار دهند. این شاخص‌ها همچنین امکان ارزیابی روند پیشرفت و موفقیت سیاست های اعمال شده به منظور کاهش خطرات آفت‌کش‌ها را امکان پذیر می‌سازند (Levitan *et al*., 2000).

در این تحقیق چون هدف ارزیابی ریسک حشره‌کش‌ها و کنه‌کش‌های مورد استفاده است و از آنجا که این گروه از آفتکش‌ها معمولاً در مقایسه با علفکش‌ها و برخی قارچکش‌ها نزدیک به برداشت محصول استفاده می‌شوند و ممکن است فاصله زمانی مصرف این گروه از آفتکش ها تا زمانی که محصول در دسترس مصرف کننده (انسان) قرار می‌گیرد از نظر زمانی کوتاه باشد، بنابراین مدلی باید انتخاب شود که علاوه بر شاخص‌های مربوط به پایداری و انتقال آفتکش‌ها، اثرات سمیت مزمن برای انسان و موجودات زنده را نیز در محاسبات دخیل نماید. بنابراین در این تحقیق از مدلی (PestScreen) که در سال ۲۰۰۷ در اسپانیا معرفی شد برای ارزیابی ریسک حشره‌کش‌ها و کنه‌کش‌ها استفاده شد.

روش بررسی

مقایسه بین مدل‌های ارزیابی ریسک: برای بررسی و مقایسه بین مدل‌های انتخاب شده ارزیابی ریسک که از دیدگاه مخاطرات زیست محیطی و سلامتی انسان در برای ۱۰ آفتکش با خصوصیات فیزیکی و شیمیائی متفاوت شامل (ایمیداکلوپراید، پرمترین، پریمیکارب، پی‌متروزین،

تریکلـــروفن، تیاکلوپرایـــد، دیـــازینون، فنتیـــون، مـــالاتیون، هگزافلومورون) با استفاده از تست همبستگی اسـپیرمن انجـام گرفت. هدف از انجام این تست یافتن هر گونـه ارتبـاط بـین مدل‌ها در ارزیابی ریسک ۱۰ آفتکش فوق بود.

انتخاب آفـتکش‌هـا و شـاخص‌هـای مـورد اسـتفاده: آفتکش‌های مورد استفاده در این تحقیق کلیه حشره‌کـش‌هـا و کنه‌کش‌های ثبت شده در کشور در محصولات زراعی و باغی است که بر اساس لیست تأیید شده سازمان حفظ نباتات چاپ و منتشر شده است (حشره‌کش‌های مورد استفاده برای مبـارزه بـا حشـرات خـانگی در ایـن تحقیـق بررسـی نشـده اسـت). شـاخص‌هـائی کـه در مـدل انتخـاب شـده مـورد اسـتفاده و محاسبات بر اساس آن‌هـا انجـام شـده اسـت عبارتنـد بـود از مقدار مصـرف آفـتکش، پتانسـیل انتقـال[۱]، پایـداری کلـی در محـیط[۲]، نسـبت جـذب[۳]، دوز ۵۰ ٪ کشـندگی (LC_{50}) بـرای ماهی، دوز ۵۰٪ کشندگی (LD_{50}) برای زنبور عسـل، دوز ۵۰٪ کشـندگی (LD_{50}) بـرای مـوش و میـزان جـذب قابـل قبـول روزانه[۴].

محاسبه نسبت جذب[۵] آفت‌کش: نسـبت (کسـر) جـذب در واقع برآوردی از میزان آفتکش آزاد شده است که بـه یـک جمعیت انسانی کـه در معـرض آفـتکش قـرار دارد مـی‌رسـد (Bennette, 2002). برای مثال نسبت جـذب $۱۰^{-۶}$ بیـانگر ایـن است که از یک کیلوگرم آفـتکش آزاد شـده بـه محـیط، یـک میلی‌گرم از آن بوسیله جمعیتی که در معرض آفتکش‌هـا قـرار دارند جذب می‌گردد. سه مسیر اصلی برای جذب آفتکش بـه بدن انسان وجود دارد که عبارتنـد از طریـق دهـان، تنفسـی و جذب پوستی. مسیرهای مختلف جذب بر اساس فرمـول زیـر تشکیل دهنده جذب کل آفتکشی است که در نهایت بـه بـدن انسان می‌رسد.

$$IF=\frac{\sum_{people,time}\text{mass intake of pesticide by an individual}}{\text{mass released into environment}}$$

iF(کـل) = iF(جـذب از طریـق تـنفس) + iF(جـذب از طریـق دهـان) + iF(جذب از طریق پوست)

اطلاعات مربوط به محاسبه نسـبت جـذب بـا اسـتفاده از مـدل‌هـای USES-LCA 2.0 و SimpleBox 3.0 بدسـت آمـد (Wegman, 2009; Bennette, 2002).

پایداری کلی (P_{ov}) و پتانسیل انتقال آفت (LRTP): هر دو شاخص یعنی پایـداری کلـی (P_{ov}) و مسـافت طـی شـده (CTD) توسط آفتکش تبادل آن را بـین اجـزاء محیطـی نشـان می‌دهد. در محاسبه دو شاخص فوق شرایط یکنواخت فـرض شده و به عبارتی ورود به سیستم با خروجی آن مساوی است. پایداری کلی آفـتکش در چنـین سیسـتمی نسـبت کـل جـرم موجود در سیستم به خروجی کلـی آن اسـت (MacLeod and McKone, 2004).

چون سیستم یکنواخت فرض می‌شود در چنین سیسـتمی خروجی کلی می‌تواند بوسیله ورودی کـل جـایگزین شـده و طبق فرمول زیر محاسبه گردد.

$$Pov=\frac{m_{tot}}{\sum m_i k_i}=\frac{m_{tot}}{I_{tot}}$$

در فرمول فوق به ترتیـب *mi* و *ki* جـرم و ثابـت سـرعت کاهش غلظت در بخش محیطی i است.

مدل مورد استفاده در این تحقیق برای تعیین پایـداری کلی (P_{ov}) و پتانسیل انتقال آفت (LRTP): در این تحقیق از مـدل OECD POV & LRTP Screening Tool بـرای تعیـین و ارزیابی پایداری کلی (P_{ov}) و پتانسیل انتقال در مسـافت هـای طولانی (LRTP) که دو شاخص مهم بـرای ارزیـابی خطـرات انتقال و پایـداری آفـتکش‌هـا در محـیط اسـت اسـتفاده شـد. پارامترهائی که برای محاسبه پایـداری کلـی (P_{ov}) و پتانسـیل انتقال آفتکش (LRTP) در این مدل مورد نیاز است عبارتنـد از (۱) نیمه عمر تجزیه آفتکش در آب، خاک و هـوا بـه سـاعت (۲) لگاریتم در پایه ۱۰ ضریب توزیـع آب- هـوا ($\log_{10} K_{aw}$) (۳) لگـــاریتم در پایـــه ۱۰ ضـــریب توزیـــع اکتانـــال-آب

۱-Long-range transport potential (LRTP)
۲-Overall environmental persistence (Pov)
۳-Intake fraction (IF)
٤-Acceptable daily intake (ADI)
۵-Intake fraction (iF)

($\log_{10} K_{OW}$). (٤) جرم مولکولی هر آفتکش (Wegmann *et al.*, 2009).

روش رتبه‌بندی و مقایسه ریسک حشره‌کش‌ها و کنه‌کش‌ها: محاسبه میزان ریسک هر یک از آفتکش‌ها برای مقایسه و رتبه بندی اثرات آفت‌کش‌ها بر انسان و محیط زیست بر اساس مدل PestScreen (ژوراسک ۲۰۰۷) انجام شد. در این مدل از فرمول زیر برای محاسبه میزان ریسک استفاده شد.

$$\text{ریسک} = D \times (\frac{\sum Fi=2}{2} + \frac{Ei=1}{1} + \frac{\sum Ti=4}{4})$$

در این فرمول شاخص بدست آمده یک تمایز بین مقدار مصرف آفتکش و سه گروه مختلف خطر یعنی سرنوشت (F)، در معرض آفتکش قرار گرفتن (E) و سمیت (T) آن قائل می‌شود. مهم‌ترین مرحله در محاسبه و رتبه بندی ریسک بدست آوردن رتبه (نمره) برای شاخص‌های F، E و T بر اساس ۱ تا ٤ (ریسک کم تا خیلی زیاد) است و سپس بدست آوردن شاخص خطر که در نهایت در میزان مصرف ضرب خواهد شد. چهار سطح (رتبه) خطر (کم، متوسط، زیاد و خیلی زیاد) با تقسیم کل داده‌های بدست آمده به چهار گروه با استفاده از سه قسمت (بیست و پنجم، پنجاهم و هفتاد و پنجم صدک[1] کل داده‌ها بدست آمده است. برای مثال فاصله رتبه‌بندی بین هر زیر گروه با تعیین فاصله بین برای مثال، صفر تا صدک بیست و پنجم برای رتبه خطر کم (گروه I) در نظر گرفته شد. طبقه‌بندی رتبه نهائی بر اساس جدول ۱ انجام شده است که هر آفتکش را در یکی از گروه های کم، متوسط، زیاد و خیلی زیاد طبقه‌بندی می‌کند.

برای هر یک از اجزاء اندازه مساوی در نظر می‌گیرد نشان دهنده تعداد شاخص‌هائی است که در هر یک از اجزاء مورد استفاده قرار می‌گیرد. رتبه نهائی شاخصی است که بر اساس میزان خطر که در آن مقدار صفر در زمانی که هیچ آفتکشی مصرف نمی‌شود گزارش می‌شود. مقدار مصرف به عنوان یک شاخص ورود آفتکش به محیط در نظر گرفته می‌شود و بنابراین از شاخص‌های خطر جدا می‌شود. هر یک از زیر شاخص‌های F ، E و T با استفاده از خصوصیات فیزیکی و شیمیائی کلیدی آفتکش‌ها محاسبه می‌شود (Juraske, 2007; Levitan, 2000). یکی از مشکلات مدل‌ها تفاوت برآورد ریسک است که دلیل آن را می‌توان استفاده از شاخص‌های مختلف در ارزیابی‌ها دانست. چون مدل Pestscreen که در سال ۲۰۰۷ در اسپانیا معرفی شده است به دلیل استفاده از شاخص میزان قابل جذب روزانه برای ارزیابی میزان ریسک حشره‌کش‌ها و کنه‌کش‌ها مورد استفاده قرار گرفته است.

جدول ۱- سطح ریسک و رتبه نهائی پیشنهاد شده بر اساس مدل مورد مطالعه

Table 1. The level of risk and allocated intervals proposed for final effect score

سطح خطر	کلاس (گروه)	شاخص رتبه بندی
کم	I	≤۲/۵
متوسط	II	۲/۵ ≤ ۵/۹
زیاد	III	۵/۹ ≤۱۲
خیلی زیاد	IV	≥۲/۵

نتیجه و بحث

مقایسه مدل‌ها در ارزیابی ریسک ۱۰ آفتکش: مقایسه بین چند مدل مختلف می‌تواند در انتخاب مدل صحیح اهمیت داشته باشد. در این تحقیق، همبستگی بین نتایج چند مدل مهم که معمولاً این مدل‌ها در کشورهای کمتر توسعه یافته استفاده می‌شوند در جدول ۲ آورده شده است. مدل استفاده شده در این تحقیق (pestscreen) همبستگی معنی‌داری با میزان مصرف آفتکش‌ها را نشان داد که این همبستگی به همراه استفاده از شاخص میزان جذب قابل قبول روزانه که نشان دهنده سمیت مزمن آفتکش‌ها است دلیل انتخاب مدل فوق در ارزیابی میزان ریسک حشره کش‌ها و کنه‌کش‌های کشور در این تحقیق بوده است. پایداری کلی، پتانسیل انتقال و میزان (نسبت) جذب

۱-Percentile

آفتکش‌های مورد مطالعه شاخص‌های مهم و ضروری برای محاسبه میزان خطر آفتکش‌ها و رتبه بندی آن‌ها تشخیص داده شده است که در این مدل نیز برای بررسی آفتکش‌ها مورد استفاده قرار گرفته است.

جدول ۲- همبستگی بین رتبه بندی ۱۰ آفتکش برای مقایسه ۵ مدل مهم در ارزیابی ریسک (با استفاده از تست همبستگی اسپیرمن).

Table 2. Correlation coefficients between 10 individual models in risk assessment of pesticides (with spearman correlation test)

Dose	POCER	Pestscreen	EIQ	EPRIP	PIRI	
					1.00	**PIRI**
				1.00	0.36	**EPRIP**
			1.00	0.09	0.27	**EIQ**
		1.00	0.75*	0.42	0.42	**Pestscreen**
	1.00	0.48	0.13	0.35	0.32	**POCER**
1.00	0.24	0.61*	0.20	0.12	0.18	**Dose**

بر اساس فرمول های ارائه شده در قسمت مواد و روش‌ها و با استفاده از خصوصیات فیزیکی و شیمیائی آفتکش ها (وزن مولکولی، ضرایب توزیع اکتانال-آب و آب- هوا)، نیمه عمر آفتکش‌ها در (آب، خاک و هوا) دو شاخص مهم پایداری کلی، پتانسیل انتقال که در جدول ۳ محاسبه شده است. پایداری کلی یک آفتکش یعنی مدت زمانی که یک آفتکش در محیط می‌تواند پایداری خود را حفظ نماید و پتانسیل انتقال آن‌ها را از مکان مصرف (Wagmann, 2009) این دو شاخص با استفاده از نرم افزار OECD POV & LRTP Screening Tool محاسبه شده است (داده‌ها نشان داده نشده است).

نسبت جذب انسانی یعنی نسبتی از آفتکش وارد شده در محیط که در نهایت وارد بدن انسان می‌شود از شاخص‌های ضروری است که بدست آوردن آن ها قبل از محاسبه میزان ریسک ضروری است. نسبت جذب با استفاده از مدل‌های USES-LCA 2.0 و SimpleBox 3.0 بدست آمد. این مقادیر برای حشره کش‌ها و کنه کش‌های مورد بررسی در این تحقیق در جدول ٤ آورده شده است. توزیع ریسک در حشره‌کش ها و کنه کش های مورد مطالعه با استفاده از داده‌های محاسبه شده برای هر آفتکش چهار سطح ریسک (کم، متوسط، زیاد و خیلی زیاد) با تقسیم کل داده ها بر چهار گروه با استفاده از سه قسمت (۲۵، ۵۰، و ۷۵ درصدی) از مجموعه داده ها بدست آمد. این روش برای هر یک از شاخص های خطر و سطح خطر نهائی محاسبه شد. تعداد و درصد های آفتکش های مورد بررسی (کنه‌کش‌ها و حشره‌کش‌ها) بر اساس کلاس خطر طبقه بندی و در جدول ٤ آورده شده است. در مورد کنه‌کش های مورد استفاده در کشور ۳۸ درصد در گروه خطر کم، ۳۸ درصد در گروه خطر متوسط و ۲۳ در صد در گروه خطر زیاد قرار می‌گیرند، در حالیکه در مورد حشره کش ها ۳۱/۷ درصد در گروه کم خطر، ۲٦/۹ درصد در گروه متوسط، ۲۳/۸ درصد در گروه متوسط و ۱۵/۸ درصد آفتکش ها در گروه خطر زیاد قرار می‌گیرد. مقادیر بدست آمده پایداری کلی، پتانسیل انتقال، و میزان (نسبت جذب) این دو شاخص با استفاده از نرم افزار OECD POV & LRTP Screening Tool محاسبه و برای هر یک از گروه‌های خطر در جدول ۳ نشان داده شده است. با توجه به به محاسبه سطح خطر با در نظر گرفتن برآیند چندین شاخص از جمله مقدار مصرف آفتکش، دوز ۵۰ ٪ کشندگی (LC50) برای ماهی، دوز ۵۰ ٪ کشندگی (LD50) برای زنبور عسل، دوز ۵۰ ٪ کشندگی (LD50) برای موش و میزان جذب قابل قبول روزانه مقادیر پایداری کلی در محیط، پتانسیل انتقال، و نسبت جذب به تنهائی نباید ملاک قضاوت قرار گیرد.

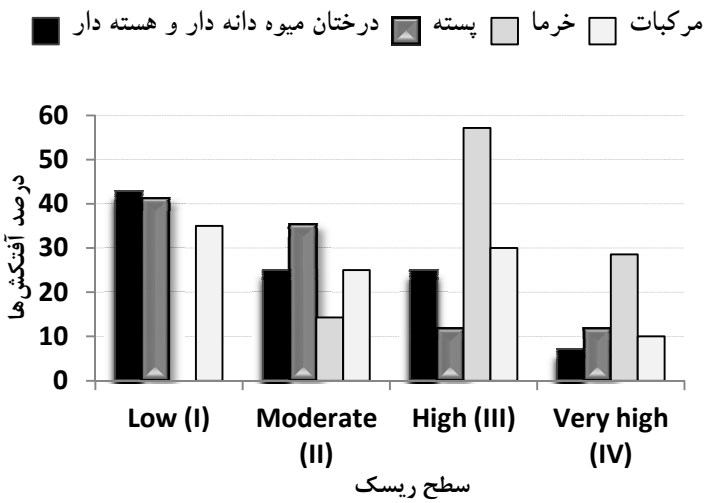
بررسی توزیع سطح ریسک حشره‌کش ها و کنه‌کش ها در میوه‌ها: سطح میزان خطرات حشره‌کش‌ها و کنه‌کش های مورد استفاده در میوه های مهم شامل درختان میوه دانه دار و هسته دار، پسته، خرما، مرکبات در شکل ۱ نشان داده شده است. در درختان دانه دار آفتکش های متفاوتی از گروه های مختلف برای مبارزه با آفاتی از جمله کرم سیب، مینوزها، لیسه درختان میوه، شته ها، شپشک های سپردار، سرخرطومی‌سیب و گلابی، پسیل گلابی، زنبور گلابی، کنه تارعنکبوتی وکنه قرمز اروپائی استفاده می‌شود.

جدول ۳- خلاصه نتایج بدست آمده از مدل PestScreen برای حشره کش‌ها و کنه کش‌ها

Table 3. Summary of results from PestScreen for insecticides and acaricides

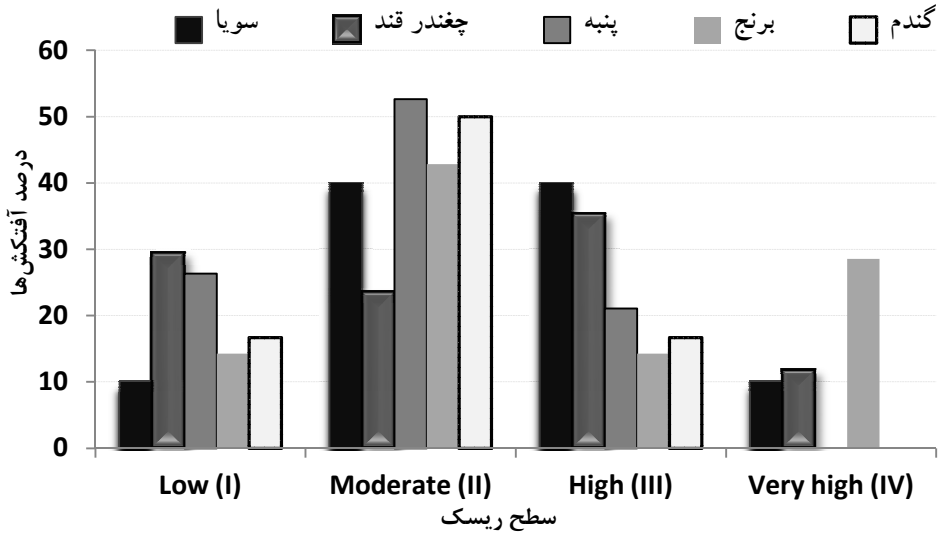
آفتکش‌ها (تعداد و درصد) Pesticides (number and percentage)		کلاس	سطح خطر	پایداری کلی	پتانسیل انتقال	میزان جذب
حشره کش‌ها Insecticides	کنه کش‌ها Acaricides	Class	Level of risk	Overal persistence	Transport potential	Intake fraction
20 (31.7%)	5 (38%)	**I**	Low	42.4-517.8	0.000001-8.9	0.0018-7.6
17 (26.9%)	5 (38%)	**II**	Medium	2.7-517.6	1.4-9.2	0.00001-0.7
15 (23.8%)	3 (24%)	**III**	High	10.6-299.1	0.00001-0.56	0.01-2.6
10 (15.8%)	-	**IV**	Very High	1.4-513.8	0.0003-1.1	0.00001-8.2

نتایج رتبه بندی آفتکش‌های مورد بررسی در این محصولات نشان داد که از تعداد ۲۸ آفتکش مورد استفاده در درختان دانه دار تعداد ۱۲ آفتکش (۴۲/۸ درصد) دارای سطح خطر کم (I)، هفت آفتکش (۲۵ درصد) دارای سطح خطر متوسط (II) و هفت آفتکش (۲۵ درصد) دارای سطح خطر زیاد (III) و تعداد دو آفتکش (۷ درصد) دارای سطح خطر خیلی زیاد (IV) بودند. در پسته نیز آفات مهمی از جمله پروانه میوه‌خوار، پروانه چوبخوار پسته، پسیل پسته، سپردار واوی پسته، سوسک سرشاخه خوار پسته، سن پسته، وکنه اریوفید و پاکوتاه پسته وجود دارند که ۱۷ حشره کش و کنه کش در این محصول بررسی شده است. بر اساس درصد محاسبه شده از ۱۷ آفتکش مورد استفاده تعداد هفت آفتکش (۴۱/۲ درصد) در گروه خطر کم (I)، شش آفتکش (۳۵/۳ درصد) دارای سطح خطر متوسط (II) و دو آفتکش (۱۱/۸ درصد) دارای سطح خطر زیاد (III) و تعداد دو آفتکش (۱۱/۲ درصد) دارای سطح خطر خیلی زیاد (IV) بودند. در خرما آفاتی از قبیل کرم میوه خوار خرما، شپشک های خرما، زنجره خرما، سوسک شاخدار خرما، سرخرطومی‌حنائی خرما، موریانه خرما، کنه گرد آلود خرما، کرم میوه خوار خرما، زنجره خرما، شپشک‌های خرما، سوسک شاخدار خرما، سرخرطومی‌حنائی خرما، موریانه خرما، کنه گرد آلود خرما سبب خسارت به این محصول مهم و استراتژیک می‌شوند که هفت حشره کش و کنه کش برای مبارزه با این حشرات در کشور ثبت و مورد استفاده قرار می‌گیرد. از این تعداد هیچ ترکیبی در گروه کم خطر قرار نگرفت و ۱۴/۳ درصد در گروه خطر متوسط (II) و ۵۷/۱ و ۲۸/۶ درصد به ترتیب در گروه خطر زیاد (III) و خیلی زیاد (IV) قرار گرفتند. در مرکبات آفاتی از جمله پروانه مینوز مرکبات، شپشک های مرکبات، شته‌های مرکبات، لیسک مرکبات، حلزون قهوه‌ای مرکبات، کنه قرمز مرکبات، کنه زنگار مرکبات، کنه زرد شرقی مرکبات سبب شده‌اند که حدود ۲۰ حشره کش و کنه‌کش برای مبارزه با آن‌ها مورد استفاده قرار گیرد. از کل ۲۰ حشره کش و کنه کش تعداد هفت حشره کش و کنه کش (۳۵ درصد) در گروه خطر کم (I)، پنج آفتکش (۲۵ درصد) در گروه سطح خطر متوسط (II)، شش حشره کش و کنه کش (۳۰ درصد) در خطر زیاد (III) و دو آفتکش (۱۰ درصد) در گروه خطر خیلی زیاد (IV) قرار می‌گیرد (شکل ۲). در محصولاتی مانند خرما یکی از دلایل بالا بودن خطرات آفتکش‌ها در این محصول کم بودن تنوع آفتکش‌ها در این محصول بوده است زیر تعداد محدود آفتکش‌ها و بالا بودن برخی از شاخص‌های ریسک در این آفتکش‌ها سبب بالا بودن خطر در این محصول شده است. در پسته به دلیل وجود آفتکش‌هائی که ضریب جذب انتشار آب- اکتانال آن‌ها بالا بوده است (فنیتروتیون، فیپرونیل و فنتیون) سبب افزایش پایداری آن‌ها در محیط شده که خطرات آن را در محصولاتی از جمله پسته افزایش داده است.



شکل ۱- سطح ریسک حشره کش‌ها و کنه کش‌های مورد استفاده در میوه‌هامیوه جات

Fig. 1. The risk level of insecticids and acaricides in fruits

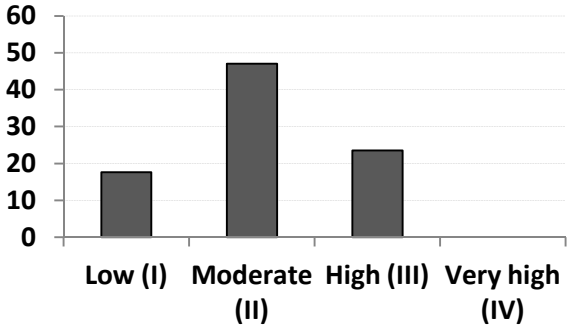


شکل ۲- سطح ریسک آفتکش‌های مورد استفاده در محصولات زراعی

Fig. 2. The risk level of insecticids and acaricides in some crops

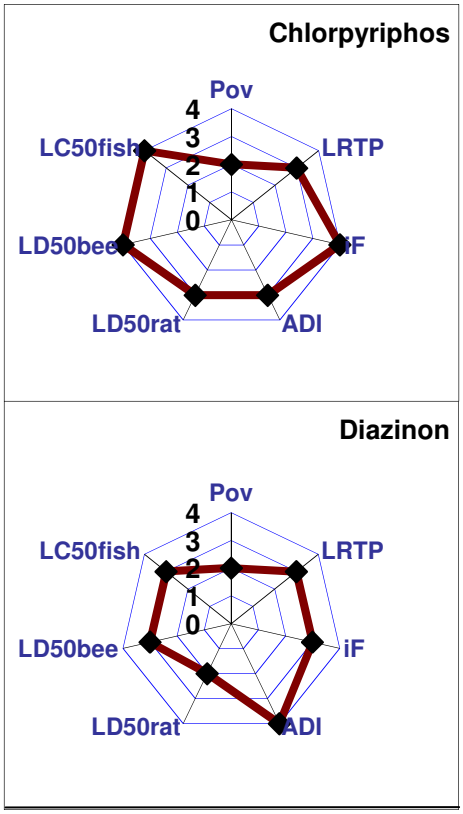
بررسی توزیع سطح ریسک حشره‌کش‌ها و کنه‌کش‌ها در گیاهان زراعی: توزیع سطح خطر محصولات زراعی مهم کشور شامل، سویا، چغندر قند، سبزی و جالیز، پنبه و غلات (گندم و برنج) مورد بررسی قرار گرفت (شکل ۳). در محصول زراعی سویا حدود ۱۰ حشره‌کش و کنه‌کش شامل آزوسیکلوتین، اندوسولفان، پروپارژیت، تترادیفون، تریکلروفن، تیومتون، دیمتوات، فنتوات، کاربریل، و کلروپیریفوس برای مبارزه آفات مهمی‌از جمله دانه‌خوار سویا، طوقه‌برها، مینوز برگ سویا، کنه‌های تار عنکبوتی، شته‌ها، تریپس، و برگخوار مصری کارادرینا ثبت و در حال حاضر استفاده می‌شوند. از ۱۰ ترکیب فوق یک آفتکش (۱۰ درصد) در گروه خطر کم (I)، چهار حشره کش و کنه کش (٤٠

درصد) در گروه خطر متوسط (II)، چهار حشره کش و کنه کش (٤٠ درصد) در گروه خطر زیاد (III) و یک ترکیب (١٠ درصد) گروه خطر خیلی زیاد (IV) قرار گرفت. در زراعت چغندرقند بر علیه آفاتی از جمله طوقه‌برها، کارادرینا، پرودنیا، شته‌های چغندرقند، زنجرک‌ها، کنه‌های تارتن و مگس چغندر ١٧ آفتکش مورد استفاده قرار می‌گیرد که به ترتیب پنج حشره کش و کنه کش (٢٩/٤ درصد) در گروه خطر کم (I)، چهار حشره‌کش و کنه کش (٢٣/٥ درصد) در گروه خطر متوسط (II)، شش حشره کش و کنه کش (٣٥/٣درصد) درگروه خطر زیاد (III)، دو ترکیب (١١/٣ درصد) گروه خطر خیلی زیاد (IV) قرار می‌گیرد. برای مبارزه با آفات پنبه از جمله کرم خاردار، کرم قوزه، سن سبز پنبه، سنک تخم پنبه (سنک قوزه پنبه)، شته‌های پنبه، عسلک پنبه، تریپس پنبه، کنه تارعنکبوتی آفتکش‌های متعددی استفاده می‌شود که ١٩ آفتکش مورد استفاده قرار می‌گیرد. بر اساس نتایج کلی بدست آمده از ارزیابی مخاطرات آفتکش‌های گروه فوق پنج حشره‌کش یعنی ٢٦/٣ درصد در گروه خطر کم (I)، ١٠ حشره کش (٥٢/٦ درصد) در گروه خطر متوسط (II)، چهار حشره کش (٢١/١ درصد) در گروه خطر زیاد (III)، قرار دارند. در برنج برای جلوگیری از خسارت کرم ساقه خوار و مگس خزانه حدود ١٠ آفتکش و در گندم برای سن گندم و شته‌ها شش حشره‌کش و کنه‌کش استفاده می‌شود. بر اساس نتایج کلی ارزیابی حشره کش‌ها و کنه کش‌ها در گندم از شش آفتکش مورد استفاده یک ترکیب (١٦/٧ درصد) دارای سطح خطر کم (I)، سه آفتکش (٥٠ درصد) دارای سطح خطر متوسط (II)، و یک آفتکش (١٦/٧ درصد) دارای سطح خطر زیاد هستند. در حالی‌که در برنج ١٤/٣ درصد در گروه خطر کم (I)، ٤٢/٩ درصد در گروه ریسک متوسط (II)، ١٤/٣ درصد در گروه ریسک زیاد (III) و ٢٨/٦ درصد در گروه ریسک خیلی زیاد (IV) قرار دارند. بالا بودن خطر آفتکش‌های برنج بالا بودن ضریب جذب انتشار آب- اکتانال ترکیبات فنیتروتیون، فیپرونیل و فنتیون، بالا بودن پایداری کلی فیپرونیل، بالا بودن خطر برای حشرات مفید (زنبور عسل) در فنتیون بوده است.



شکل ٣- سطح ریسک حشره کش‌ها وکنه کش‌ها مورد استفاده در سبزی و جالیز

Fig. 3. The risk level of insecticids and acaricides in vegetables and cucurbites crops.



شکل ٤- توزیع خطرات دو حشره کش پر مصرف دیازینون و کلرپیریفوس (پتانسیل انتقال در مسافت‌های طولانی (LRTP)، پایداری کلی (P_{ov})، نسبت جذب (IF)، جذب قابل قبول روزانه (ADI))

Fig. 4. Risk distribution plots of two insecticides example. (long-range transport potential (LRTP),overall environmental persistence (Pov), Intake fraction (IF), Acceptable daily intake (ADI))

بررسی توزیع سطح ریسک حشره‌کش‌ها و کنه‌کش‌ها در سبزی و جالیز: برای جلوگیری از کاهش عملکرد سبزی و صیفی‌جات در مقابل آفات مهم این محصولات از جمله مگس مینوز، مگس پیاز، مگس جالیز و مگس خربزه، تریپس پیاز، سفید بالک جالیز، انواع شته‌ها، انواع کنه‌های تارتن ۱۷ آفتکش مورد استفاده قرار می گیرد که به ترتیب سه حشره کش و کنه کش (۱۷/٦ درصد) در گروه خطر کم (I)، هشت حشره‌کش و کنه کش (٤۷/۱ درصد) در گروه خطر متوسط (II)، چهار حشره کش و کنه کش (۲۳/۵درصد) درگروه خطر زیاد (III)، قرار می‌گیرند (شکل ٤).

در صورتیکه در لیست حشره‌کش‌ها و کنه‌کش‌های مورد استفاده در کشور برای هر یک از محصولات مورد مطالعه تعدادی از آفتکش‌ها در گروه کم خطر قرار داشته باشند، امکان مدیریت آفتکش‌ها و حرکت به سمت ترکیبات کم خطر وجود دارد. بر اساس نتایج این تحقیق در درختان میوه دانه دار و هسته دار ٤۲ درصد، در محصول پسته ۴۱/۲ درصد، در مرکبات ۳۵ درصد، در سویا ۱۰ درصد، در چغندر قند ۲۹/٤ درصد، در سبزی و جالیز ۱۷/۶ درصد، در پنبه ۲۶/۳، و در گندم و برنج ۳۱ درصد از حشره کش‌ها و کنه‌کش های مورد بررسی در گروه خطر کم (I) قرار دارند. در محصول خرما نیز اگرچه آفتکشی از گروه کم خطر وجود ندارد ولی ۱۴/۳ درصد از حشره کش‌ها و کنه‌کش‌های مورد استفاده در گروه خطر متوسط (II) قرار دارند. یکی از موارد مهم در ارزیابی مخاطرات حشره کش ها و کنه کش های استفاده از دو آفتکش با ریسک خیلی زیاد دیازینون و کلرپیریفوس است. این دو حشره کش در بیشتر گیاهان زراعی و همچنین محصولات باغی مورد استفاده قرار می‌گیرد و علاوه بر ریسک بالای این دو آفتکش اثرات تجمعی آن‌ها نیز مشکل ساز است. بر اساس آمار سال ۱۳۸۹ سازمان حفظ نباتات کشور در بین کل آفتکش‌ها (حشره‌کش‌ها، قارچکش‌ها و علفکش‌ها) دیازینون و کلرپیریفوس بالاترین میزان مصرف را در کشور دارد. هر دو آفتکش فوق از گروه ارگانوفسفره ها و نسبت جذب و جذب قابل قبول روزانه (ADI) این دو آفتکش نیز بالا است (شکل ۵). نتیجه این تحقیق می‌تواند در مدیریت آفتکش‌ها (در اینجا حشره‌کش‌ها و کنه‌کش‌ها) که در حال حاضر بدون در نظر گرفتن میزان ریسک آن‌ها انجام می‌شود، مورد استفاده قرار گیرد. در این مطالعه با توجه به محاسبه سطح نسبی خطرات آفتکش‌ها با هدف رتبه بندی آن‌ها از کمترین به بیشترین میزان خطر، امکان مقایسه اثرات منفی آن‌ها بر سلامتی انسان و محیط زیست را میسر می‌سازد. چون دامنه شاخص‌های انتخاب شده در این مدل بالا است، دقت مقایسه بین آفتکش‌ها با استفاده از آن نسبت به مدل‌های مشابه بیشتر است. مدل Pest Screen در منطقه آندین کشور کلمبیا در مقایسه با مدل‌های دیگر شامل POCER, EPRIP, EIQ, OHRI , PIRI به منظور ارزیابی ریسک آفتکش‌ها در سطح مزرعه برای کشاورزان دارای مزارع کوچک مورد استفاده قرار گرفت (Feola *et al*., 2011). این محققین نتیجه گرفتند که مدل‌هایی مانند Pest Screen که اطلاعات آن‌ها بر اساس روش برآورد نسبت سمیت و زمان در معرض آفتکش‌ها[1] بدست می‌آید می‌تواند ابزاری قابل دسترس و مفید برای تمایز بین آفتکش‌های مختلف مورد استفاده قرار گیرد. بر اساس نتایج این تحقیق، مدل فوق می‌تواند در کشورهای کمتر توسعه یافته مورد استفاده قرار گیرد. مدل Pest Screen همچنین در کشور اسپانیا برای ارزیابی ریسک ۲۱۷ آفتکش مورد استفاده قرار گرفت (Juraske, 2007). بر اساس مطالعات در کشور اسپانیا مدل فوق به عنوان ابزاری قدرتمند و کاربردی برای رتبه بندی و مقایسه ریسک نسبی آفتکش‌ها پیشنهاد شده است. مدل‌های مختلفی در کشورها برای ارزیابی ریسک آفتکش‌ها مورد استفاده قرار گرفته‌اند برای مثال، مدل SYNOPS برای ارزیابی خطرات آفت‌کش‌ها در کشور مورد استفاده قرار گرفت. SyPEP در سال ۱۹۹۹ در بلژیک برای

۱–Exposure–toxicity ratio

پیش‌بینی غلظت آفت‌کش‌ها در آب‌های سطحی و زیرزمینی استفاده شد. مدل EYP در کشور هلند برای پیش بینی غلظت محیطی آفت کش در آب‌های زیر زمینی، سطحی و خاک بر اساس میزان مصرف استاندارد ۱ کیلو گرم در هکتار مورد استفاده قرار گرفت. این مدل برای پیش بینی میزان آبشویی آفت‌کش‌ها در این کشور مورد استفاده قرار گرفت.

در کشور ایتالیا مدل EPRIP در سال ۱۹۹۹ برای مطالعه اثرات آفت‌کش‌ها و پیش بینی غلظت آفت‌کش‌ها در آب‌های زیرزمینی، آب‌های سطحی، خاک و هوا مورد استفاده قرار گرفت (Reus, 2002). شاخص دیگری به نام PERI در کشور سوئد بر اساس رتبه بندی خصوصیات مربوط به آفت‌کش‌ها را مورد بررسی قرار داده و سمیت آفت کش‌ها را بر اساس مقیاس ۱ تا ۵ ارزیابی نموده است. شاخص MATF در سال ۲۰۰۲ برای ارزیابی خطر آفتکش‌هائی در مزارع سیب زمینی استفاده شده است. مدل EIQ در سال ۱۹۹۲ معرفی و بوسیله متخصصین مدیریت تلفیقی آفات به منظور مشاوره به سبزیکاران و میوه کاران نیویورک استفاده شد (Reus, 2002). این مدل در ایران نیز برای بررسی خطرات علفکش‌های مورد استفاده در گندم در بین سال‌های ۱۹۹٤ تا ۲۰۰٤ مورد استفاده قرار گرفته است (Deihimfard *et al*., 2008). یکی دیگر از فوائد رتبه بندی آفتکش‌ها امکان مدیریت آفتکش‌های همگروه (نحوه عمل مشابه) به طریقی که بتوان از ریسک تجمعی آن‌ها هم برای انسان و هم محیط زیست جلوگیری و قبل از تولید و یا واردات آفتکش ها آن را مدیریت نمود. برای مثال، دو حشره‌کش دیازینون و کلرپیریفوس که هر دو از ارگانوفسفره‌ها هستند و به دلیل نحوه عمل مشابه خطرات آن‌ها بصورت تجمعی افزایش می‌یابد، با استفاده از این نتایج می‌توان آفتکش هائی که در یک گروه و خطرات آن ها بالا و میزان مصرف آن‌ها در کشور بالاست را به طریقی مدیریت کرد تا از ریسک تجمعی آن‌ها جلوگیری نمود. در حال حاضر در کشور این مسئله مورد غفلت قرار گرفته و خرید و واردات سموم کشاورزی بدون توجه به این موارد انجام می‌شود.

References

ARIAS-ESTEVEZ, M., E. LOPEZ-PERIAGO, E. MARTINEZ-CARBALLO, J. SIMAL-GANDARA, J. C. MEIJUTO and L. GARCIA-RIO, 2008. The mobility and degradation of pesticides in soils and the pollution of groundwater resources. Agriculture, Ecosystems & Environment, 123, 247-260.

BENNETT, D., M. D. MARGENI, T. E. MCKONE and O. JOLLIET, 2002, Intake Fraction for Multimedia Pollutants: A Tool for Life Cycle Analysis and Comparative Risk Assessment. Risk Analysis, 22: 905-918.

DEIHIMFARD R., E. ZAND, A. MAHDAVI DAMGHANI, S. SOUFIZADEH, 2007, Herbicide risk assessment during the Wheat Self-sufficiency Project in Iran. Pest Management Science. No 63: 1036–1045.

FEOLA, G., E. RAHN and C. R. BINDER, 2011. Suitability of pesticide risk indicators for less Developed Countries: A comparison. Agriculture, Ecosystems & Environment, 142:238–245.

FINZIO, A. and S. VILLA, 2002. Environmental risk assessment for pesticides: A tool for decision making. Environmental Impact Assessment Review, 22, 235–248.

HAYO, M. G. and V. D. WERF, 1996. Assessing the impact of pesticides on the environment. Agriculture, Ecosystems & Environment, 60: 81–96.

LEVITAN, L. 2000. 'How to' and 'why': assessing the environ-social impacts of pesticides. Crop Protection, 19:629–36.

JURASKE, R., A. ANTON, F. CASTELLES and M. HUIJBEGTS, 2007. Pest screen: A screening approach for scoring and ranking pesticides by their environmental and toxicological concern. Environment International, 33: 886–893.

MAcLEOD, M. and TE. McKONE, 2004, Multimedia persistence as an indicator of potential for population-level intake of environmental contaminants. Environmental Toxicology and Chemistry, 23:2465–72.

PIMENTEL, D. and H. LEHMAN, 1997. The Pesticide Question: Environment, Economics and Ethics, 442 P. Springer, New York, US.

RAMEZANI, M. K. and V. MAHDAVI. 2010. Environmental impacts and risks assessment of pesticides, Proceeding of Half a Century of The Pesticides Usage in Iran Conference, P. 187.

REUS J., P. LEENDERTSE, C. BOCKSTALLER, I. FOMSGARD, V. GUTSCHE and K. LEWIS, 2002. Comparison and evaluation of eight pesticide environmental risk indicators developed in Europe and recommendations for future use. Agriculture, Ecosystems & Environment, 90:177–87

WEGMANN, F., L. CAVIN, M. MACLEOD, M. SCHERINGER and H. HUNGERBU, 2009, The OECD software tool for screening chemicals for persistence and long-range transport potential. Environmental Modelling & Software, 24: 228–237.