



از حشره کشها تا جنگ افزارهای شیمیایی

فرانسوا راماد*

علف کشها، برگ زدها، حشره کشها و غیره، محصولاتی از صنایع شیمیایی هستند که در ابتدا با اهدافی صلحجویانه تهیه شدند، ولی به راحتی به سوی هدفهای نظامی منحرف گشتند. جنگ ویتنام بی تردید بهترین شاهد غم انگیز این انحراف خطرناک است که مسؤول ویرانی بی سابقه محیط زیست نیز می باشد. چگونه صنعت حشره کشها می تواند هسته توسعه جنگ افزارهای شیمیایی گردد. در مقاله ای که پیش رو دارید ملاحظه خواهید کرد که چگونه تأسیسات مواد اولیه و نهایی تهیه شده در این صنایع را می توان به کاربردی نظامی مبدل کرد. وضعیتی که تهیه جنگ افزار شیمیایی را برای یک کشور آسان می کند از میان بردن جنگ افزارهای شیمیایی را برای کلیه ملل پیچیده می سازد.

حشره کشی به منظور نابودی حاملین بیماریها در انسان و حیوان اهلی است. پانزده سال پس از جنگ ویتنام، خسارات ناشی از جنگ افزارهای شیمیایی آمریکاییان بر محیط زیست هنوز هم مشهود است. برخی از آنها به قیمت زحمات قابل ملاحظه ای از میان برداشته شده است و برخی آثاری معونا شدنی بر مناظر این کشور برجای گذاشته است (شکل ۱). در حالی که لزوم رهایی از جنگ افزار شیمیایی به نظر بدیهی می رسد، به اجرا در آوردن آن مشکلات بسیاری دارد.

انواع اصلی جنگ افزارهای شیمیایی (شکل ۲) به دو دسته بزرگ تقسیم می شوند: دسته اول را گازهای جنگی که موادی تحریک کننده اند، سموم تنفسی و به ویژه عوامل مسموم کننده اعصاب تشکیل می دهند و دسته دوم را علف کشها یا برگ زدها تشکیل می دهند که برای کشتار دشمن به کار گرفته نمی شوند بلکه برای نابودی محیط زیست و منابع طبیعی که برای بقای بشریت ضروری هستند مصرف می شوند. در مورد اخیر به ویژه از علف کشهایی می توان نام برد که در جنگ ویتنام توسط ارتش ایالات متحده مصرف شد و آنچنان آسیبی بر محیط زیست وارد آورد که آن جنگ شیمیایی را «اکوسید» یا نابود کننده اکوسیستم نیز خوانند (۳، ۲). قبل از آنکه به موقعیت تأسف بار صنایع ضد آفات در ارتباط با تولید جنگ افزارهای شیمیایی پردازیم انواع گروههای مهم ضد آفات موجود را یادآور می شویم. میان حشره کشها می توان از استرهای فسفریک اسید مانند مالاتیون یا پاراتیون نام برد که از لحاظ شیمیایی هم خانواده با گازهای اعصاب هستند. در روند ساخت کار با ماتهائ حشره کش مانند کار با ریل مواد حد واسط گوناگونی از جمله فسژن به کار می رود که به راحتی می توان از آن برای مصارف نظامی

در اوایل سال ۱۹۸۹ ساخت مخفیانه کارخانه ای که به منظور تهیه جنگ افزارهای شیمیایی دریکی از کشورهای آفریقایی صورت گرفت و همچنین اقدامات پیچیده ای که در شرکت آلمانی ایمهازن انجام شد، تأثیر شدیدی بر انگیزت. بیم از آنکه ضد آفات و مواد اولیه و تأسیسات مربوط به آنها به آسانی قابل تبدیل به کارخانه های تولید کننده جنگ افزارهای شیمیایی هستند، منشأ مشکل بزرگی است که ملتها در به اجرا در آوردن اراده خود در راه امحای جنگ افزارهای شیمیایی با آن مواجه بوده و هستند. ملتهایی که علی رغم تصمیمهایی که طی کنفرانسهای بین المللی متعدد اتخاذ گردیده است هنوز برای امحای تمامی جنگ افزارهای اتمی خود اقدامی نکرده اند.

امحای جنگ افزار شیمیایی و کنترل اولیه ساخت و پخش آن در واقع بسیار بفرنجتر از جنگ افزار اتمی به نظر می رسد. مولکولهای سمی ساخته شده توسط صنایع شیمیایی به وسیله کشورهای که می خواهند بدون زحمت زیاد خود را به جنگ افزار شیمیایی مجهز سازند، از هدف نخستین خود منحرف می گردند، و بشریت و محیط زیست را به طور دهشت آوری تهدید می کنند. این چنین تحریفهایی را مشکل می توان باور داشت، چون ضد آفات در وهله اول دارای کاربردی کاملاً صلحجویانه اند که همان محافظت از کشت و کار یا

* فرانسوا راماد استاد کولوژی و جانورشناسی دانشگاه پاریس جنوبی (اورسی) است. او در مرکز ملی پژوهشهای علمی فرانسه CNRS مدیر بخش اکوتوکسی کولوژی آفت-کشهاست و در زمینه اثر مواد آلوده کننده محیط زیست و اکولوژی کاربردی برای حفظ محیط زیست و منابع آن تخصص دارد. راماد مؤلف کتابهای بسیاری است که برخی از آنها به ویژه در زمینه آلودگی توسط آفت کشهاست.

نوع ترکیب	اثرات
گازهای جنگی «سنتی»	
مواد اشک آور CB, CS	تحريك مخاط
سموم تنفسی	تورم ریوی
اپیریت	ممانعت از تنفس
فسژن، لویزیت (آرسین)	
سموم اعصاب	فلج شدن از طریق
گاز «اعصاب»:	ممانعت سیناپسهای کولینرژیک
تابون - سارین، سومان، VX	اثر آنتی کولین استرازی
بیپوش کننده و تخیل برانگیز	اثر بر روی مراکز مونوآمینرژیک مغز
BZ و مشتقات آنها	
مواد با کاربرد نابودکنندگی اکوسیستم	
برگ‌زداها	
پیکلرام، ۲،۴،۵T و ۲،۴D	تقلید کننده اثرات اکسینهای گیاهی
کاکو دیلیک اسید و مشتقات آن	اثر ضد گیاهی کلی و غیر ویژه
دیوکسینها:	
TCDD	کشنده موجودات زنده با طیفی گسترده
	که خاک را آلوده کرده آن را برای
	کشاورزی تا مدتی مدید نامناسب
	می سازد

شکل ۲. جنگ افزارهای شیمیایی به دو دسته اند، دسته اول گازهای جنگی «سنتی» هستند که به منظور کشتار جمعی انسانهایی که مستقیماً در معرض قرار می گیرند به کار می روند و دسته دوم موادی هستند که کاربردی در جهت نابود کردن اکوسیستم دارند و هدف استفاده از آنها نابودی تقریباً بازگشت ناپذیر منابع طبیعی و محیط زیست انسان است.

و باز هم در جنگ ویتنام تحت عنوان عامل سفید به کار رفت. به مسئله حشره کشها و مسمومیت آنها باز گردیم. حشره کشهای فسفردار متعلق به گروهی هستند که میان آنها وحشتناکترین گازهای جنگی اعصاب قرار دارد (شکل ۳). امروزه در جهان بیش از ۵۰۰ مولکول از این گروه وجود دارد که دارای کاربردهای کشاورزی یا دامپزشکی هستند. اینها استرهای فسفریک اسید هستند و بسیاری از آنها دارای خواص نوروتروپ و سمیت عصبی وحشتناکی هستند.

جنگ افزارهای شیمیایی یا حشره کشها: روش تهیه مشابه
با وجود اینکه پژوهشهای انجام گرفته از زمان کشف مواد آلی فسفردار تا کنون منجر به تهیه موادی گردید که در مورد حشرات بسیار سمی ولی در مورد مهره داران خونگرم کم ضرر بودند اما مواد اولیه آنها به خوبی رابطه میان کارخانه های تهیه حشره کشها و جنگ افزارهای شیمیایی را نشان می دهد. خواص حشره کشی مواد آلی فسفردار در واقع توسط شرادر^۱ در آلمان در آزمایشگاههای تهیه جنگ افزارهای شیمیایی نازیها در اوایل جنگ جهانی دوم تهیه

1. Shrader

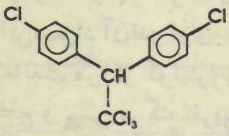
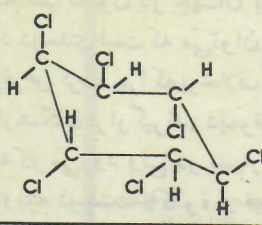
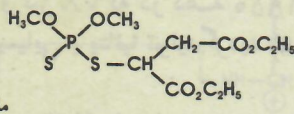
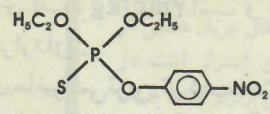
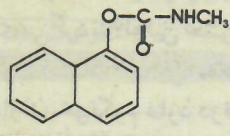
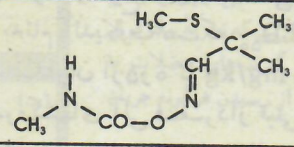
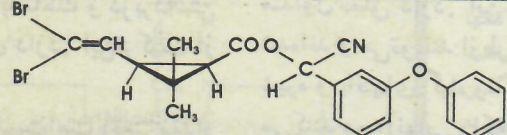
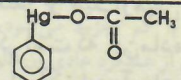
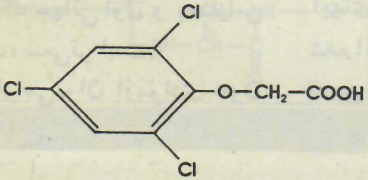
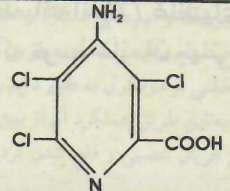


شکل ۱. استفاده از برگ زدها طی جنگ ویتنام، آنچنان آسیبی بر محیط زیست وارد آورد که آن را به نام «اکوسید» یا نابود کننده اکوسیستم خواندند. در برخی از زمینهایی که توسط حمله ها کاملاً لخت شده بود، پوسته ای از لاتریت (نمکهای نامحلول آهن و آلومینیم) تشکیل شد و برای همیشه خاک را عقیم ساخت. در محلی که این عکس برداشته شده است در اواخر دهه ۱۹۶۰ جنگلی استوایی رویده بود که درختهای عمده آن ارتفاعی متجاوز از ۴۰ متر داشتند. ۱۵ سال بعد تنها چند درخت کوچک و له شده باقی مانده است. خاکها به زره ضخیمی از لاتریت به عمق چندین متر و به رنگ قرمز تبدیل شده اند.

استفاده کرد، واقعه بوپال که بعداً از آن صحبت خواهیم کرد، نمایشی از سمیت بی اندازه زیاد سایر پیش مواد این گونه حشره کشهاست.

در میان قارچ کشها، علی رغم اینکه، این مواد ناشناخته تر از حشره کشها هستند، برخی ترکیبات آلی جیوه دار توسط نازیها به عنوان جنگ افزار شیمیایی مؤثر مورد استفاده قرار گرفتند. بالاخره میان علف کشها با کمال تأسف با موادی نظیر ۲،۴،۵-تری کلرو فنوکسی استیک اسید (۲،۴،۵T) و ۲،۴-دی کلرو فنوکسی استیک اسید (۲،۴D) مواجه هستیم که مواد تشکیل دهنده عامل نارنجی، همان برگ زدایی است که طی جنگ ویتنام به مقدار زیاد به کار رفت. در میان علف کشها همچنین می توان از پیکلرام^۱ نام برد که از همان گروه بوده و نسبت به گیاهان رده های بالایی اندازه سمی است

1. pichloram

حشره کشها			سمیت mg/kg	
			حشره	موش
مواد آلی کلردار	DDT 	لیندان 	10 $r = 11,3$	113
مواد آلی فسفردار	مالاتیون 	پاراتیون 	0,9 $r = 4$	3,6
کارباماتها	کارباریل 	آلدیکارب 	0,5 $r = 2$	1
پیرتروئیدها	دلتامترین 		0,025 $r = 2680$	67
قارچ کشهای آلی جیوه دار	متوکسی اتیل جیوه $CH_3-O-(CH_2)_2-Hg^+$	فنیل جیوه استات 		
علف کشها	2, 4, 5 T 	پیکلرام 		

عنوان جنگ افزارهای شیمیایی بالقوه مدنظر بودند. بالاخره علف کشهایی مانند D ۲،۴ و ۲،۴،۵ T و پیکلرام به مقدار زیاد طی جنگ ویتنام به کار گرفته شد، سمیت حشره کشها با LD_{۵۰} نمایش داده می شود که مقدار کافی سم برای کشتن حیوانات طی ۲۴ ساعت است. ضریب (r) نسبت LD_{۵۰} برای موش وحشرات و ضریب اطمینان آن برای حیوانات خونگرم است. مشاهده می شود که استفاده از پیرتروئیدها پیشرفته چشمگیر است.

شکل ۳. ماهیت مولکولهایی که در صنایع حشره کش سازی تهیه می شوند یا به عنوان پیش ماده و یا حد واسط به کار می روند، آنها را مبدل به هسته مرکزی جنگ افزارهای شیمیایی می سازد. میان حشره کشها مالاتیون و پاراتیون دو ترکیب آلی فسفردار هستند که با گازهای اعصاب هم خانواده اند به منظور تهیه کار با ماتها مانند آلدیکارب، انواع مواد حد واسط بسیار سمی به کار می رود که می توان آنها را به منظور تهیه جنگ افزارهای شیمیایی منحرف کرد. قارچ کشهای آلی جیوه دار نیز توسط نازیها به

باین تفاوت که درحشرات تنها درسطح سیستم عصبی مرکزی عمل می کنند. ACHE آنزیمی است که درحالات عادی کاتالیزور تجزیه استیل کولین به استات کولین است. هنگامی که پیک شیمیایی دیگر ازین نرود، حضور آن موجب تحریک دایمی سیناپس می گردد که در واقع به منزله «اتصال کوتاه» اعصاب بوده و مانع از عملکرد طبیعی آن می شود. چگونه حشره کش موجب جلوگیری اثر ACHE می گردد؟ مولکولها روی مرکز فعال آنزیم قرار می گیرند، جایی که استیل کولین به صورت عادی تجزیه می گردد؛ دراین حال دو احتمال وجود دارد. اول اینکه سرعت آبکافت حشره کش توسط آنزیم بسیار کنداست، مرکز فعال آنزیم به مدت طولانی اشغال می شود و استیل کولین امکان تجزیه نمی یابد. این همان ممانعت رقابتی است که در گروه کارباماتها با آن مواجه هستیم. دوم اینکه ممانعت هنگامی رخ می دهد که پس از آبکافت حشره کش، بخشی از مولکول که با

شد. این ترکیب در سال ۱۹۴۵ با نام بلادان^۱ وارد بازار شد. در اینجا بایکی ازموارد نادر تاریخ علم برخورد می کنیم. به قول ابریان: «این بار شمشیر است که تبدیل به میله محور گاری می شود» (۵).

سمیت عصبی حشره کشهای آلی فسفردار همانند سایر ترکیبات این گروه شیمیایی به دلیل قابلیت جلوگیری از اثر آنزیم استیل کولین استراز^۲ یا ACHE (۶) است و موجب سد شدن انتقال جریان عصبی توسط پیک شیمیایی آن یعنی استیل کولین^۳ چه در سیستم عصبی مرکزی و چه در برقراری ارتباط میان عضلات و اعصاب می گردد. لذا این مواد فلج کننده هستند و درانواع قوی آن بسیار آنی عمل می کنند. اثر حشره کشی آنهاهم نتیجه همین خاصیت است،

1. Bladan 2. Acetylcholinesterase 3. Acetylcholine

شرادان دیموفوکس و آلدیکارب نام برد. ماده اخیر سمی ترین حشره کشی است که هم اکنون در جهان به کار می رود (شکل ۴). سمیت این مواد در حدی است که می توان آنها را یک جنگ افزار شیمیایی ابتدایی فرض کرد، چرا که برخلاف گازهای جنگی می توانند به راحتی در اختیار همگان قرار گیرند. دیموفوکس حشره کشی است که در کشت رازک به کار می رود ولی در بسیاری مناطق استوایی جهان سوم نیز، به ویژه در کشت کائو، و قهوه، مصرف می شود. LD_{۵۰} آن برای موش فقط ۲ mg/kg است و از نظر سمیت بلافاصله پس از بلادان قرار دارد.

در حال حاضر سمی ترین ترکیب حشره کشی که کاربردی رایج در کشاورزی دارد از نوع ترکیبات آلی فسفردار نیست، بلکه یک کاربامات به نام آلدیکارب است که LD_{۵۰} آن از طریق خوراک برای انواع پستانداران از ۵۰ mg/kg تا ۱۵ mg/kg است. این حشره کش همانند حشره کشهای آلی فسفردار قبلی به خانواده حشره کشهای متداول تعلق دارد. این خانواده، از ضد آفات گوناگونی تشکیل شده اند و می توانند از طریق برگ و ریشه جذب گیاهان شوند. آنها شیر و بافتهای گیاه را سمی کرده چه حشراتی که از آنها تغذیه می کنند و چه آنهایی را که درون گیاه زندگی می کنند می کشند. این مولکولها اغلب در کشتزارهای چغندر و سیب زمینی قبل از رسیدن شدن آنها به کار می روند. شایان ذکر است که این ماده به طور نسبی در آب محلول است و از چند سال قبل آن را در آبهای زیر زمینی و آبهای آشامیدنی اروپا و ایالات متحده یافته اند (۸). غلظتهای مشاهده شده اغلب از حداکثر غلظت مجاز که توسط سازمان جهانی بهداشت تعیین می گردد بیشتر بوده است.

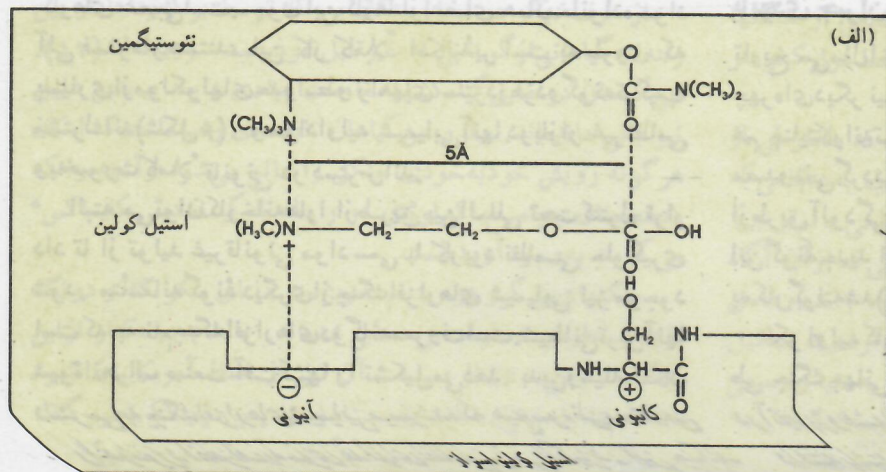
ACHE وارد عمل شده است برای همیشه به آنزیم متصل می ماند و در نتیجه یک مانعت بازگشت ناپذیر ایجاد می کند، چرا که دیگر هیچ مولکولی امکان اتصال به آنها را ندارد. استرهای فسفوری زیادی دارای این قابلیت هستند. این مواد آن قدر قوی هستند که حتی با غلظتی بسیار کم هم منجر به مانعت مراکز کولینرژیک سیستم عصبی پستانداران شده موجب فلج و سپس مرگ تقریباً فوری می شوند. گازهای اعصاب تابون، سارین و سومان که توسط نازیها تهیه و به کار گرفته شد و نیز VX که در دهه ۱۹۵۰ در آزمایشگاههای جنگ افزارهای شیمیایی بریتانیا تولید گردید (شکل ۵) از این نوع هستند.

میزان سمیت این حشره کشها چه اندازه است و در چه حدی از سمیت، تبدیل به جنگ افزارهای مؤثری می گردند؟ اولین حشره کشی که تجارتي شد بلادان بود. هم اکنون استفاده از این حشره کش به دلیل سمیت شدیدی که برای مهره داران خونگرم دارد در فرانسه ممنوع است. استفاده از چنین حشره کشی نیاز به ماسک و در برداشتن لباس نفوذناپذیر به هنگام پاشیدن به محصول دارد. این ترکیب از طریق پوست وارد بدن می شود.

LD_{۵۰} که همان واحد رسمی برای تعیین سمیت است (یعنی مقدار سم لازم که طی ۲۴ ساعت ۵۰ درصد از حیوانات مورد آزمایش را می کشد) در مورد این ترکیب ۱۴ mg/kg است. در میان حشره کشها این ترکیب سمی ترین ماده برای پستانداران و در نتیجه برای انسان است و از فسرژن، گازی که در جنگ جهانی اول و به مقیاس وسیع در جنگ ایران و عراق به کار رفت، سمی تر است. میان سایر حشره کشهای آلی فسفردار می توان از موادی چون

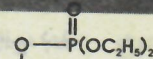
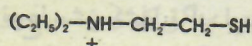
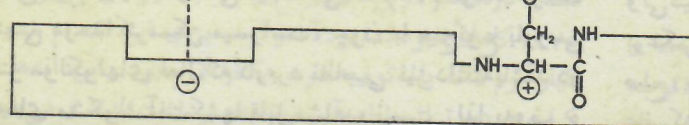
گازهای جنگی	آفت کشها
سارین	دیموفوکس
$(\text{CH}_3)_2\text{CHO}-\text{P}(=\text{O})(\text{F})-\text{CH}_3$	$(\text{CH}_3)_2\text{N}-\text{P}(=\text{O})(\text{F})-\text{N}(\text{CH}_3)_2$
سومان	تپ
$(\text{CH}_3)_2\text{CCH}(\text{CH}_3)\text{O}-\text{P}(=\text{O})(\text{F})-\text{CH}_3$	$(\text{C}_2\text{H}_5)_2\text{O}-\text{P}(=\text{O})(\text{O}-\text{C}_2\text{H}_5)_2$
تابون	شرادان
$\text{C}_2\text{H}_5\text{O}-\text{P}(=\text{O})(\text{CN})-\text{N}(\text{CH}_3)_2$	$(\text{CH}_3)_2\text{N}-\text{P}(=\text{O})(\text{O}-\text{P}(=\text{O})(\text{N}(\text{CH}_3)_2)_2)-\text{N}(\text{CH}_3)_2$
VX	آلدیکارب
$\text{C}_2\text{H}_5\text{O}-\text{P}(=\text{O})(\text{CH}_3)-\text{S}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{N}(\text{CH}_2\text{CH}_3)_2$	$\text{CH}_3-\text{S}-\text{C}(\text{CH}_3)_2-\text{CH}=\text{N}-\text{O}-\text{C}(=\text{O})-\text{NHCH}_3$

شکل ۴. خلصت حشره کشی مواد آلی فسفردار به صورتی اتفاقی در آزمایشگاههای جنگ افزارهای شیمیایی نازیها کشف شد. تمام پیچیدگی صنعت آفت کشها در تشابه میان آنها و گازهای جنگی است که هنوز هم از جمله جنگ افزارهای قدرتهای بزرگ به شمار می آیند و حشره کشهای آلی فسفردار یا کارباماتهای متداول که در این شکل نمایش داده شده اند، از این گونه اند.



شکل ۵. حشره کشهای آلی فسفردار یا کارباماتها از طریق ممانعت يك آنزيم كليدي در مكانيسم انتقال جريان عصبي اثر می کنند. اين آنزيم كه استیل كولين استراز است در پستانداران مسؤول تجزيه پيك شيميايي برقرار كننده جريان عصبی به سلول عصبی ديگر بازيك

استیل کولین



در (الف) ممانعت
ت (نئوستیگمین
قابلیت وصل شدن به
دارد، اما توسط آن
د، با اشغال مکان
بلوگیری می کند. اما
ب) ممانعت برگشت

ممانعت برگشتی آن جلوگیری می کند. اما در (ب) ممانعت برگشتی آن فسفردار نشان داده شده است. این فسفردار به خوبی توسط آنزیم تجزیه می شود و مولکول به طور دائم به مکان استراز باز نمی آید. این روش عملکرد آن از بین می رود. این مواد عصبی و قلعی شدن فرد می گردند.

قابل ملاحظه آن برملا گردید. در آن روز یعنی دوم دسامبر ۱۹۸۴ بر اثر خروج مقدار زیادی از این ترکیب در اتمسفر که مطابق با پانزده تن برآورده می شود چند هزار نفر جان خود را از دست دادند و ۱۷۰۰۰۰ نفر هم به شدت مسموم شدند که معلولیت ۳۰ هزار نفر از آنها به صورتی دائمی بود. دلیل معلولیتها صدمات بازگشت ناپذیر

شیمیایی طی دهه های اخیر حشره کشهایی با قابلیت گزینش بیشتر تهیه کرده است، به طوری که سمیت آنها برای حشرات افزایش یافته و برای پستانداران به طور قابل ملاحظه کاهش می یابد (شکل ۳). این سمها به راحتی می توان دریافت که امکان استفاده انحرافی به وجود دارد، به ویژه حشره کشهایی

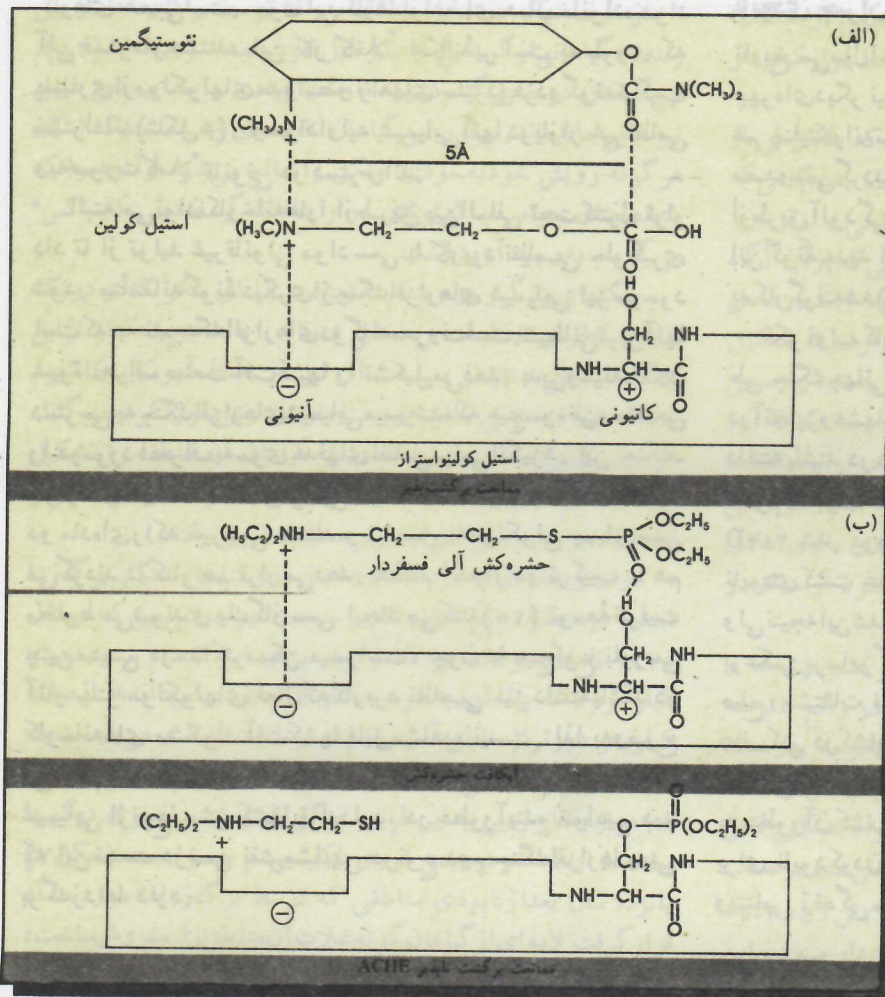
انحراف تأسیسات تهیه مواد آلی فسفردار به سوی کاربرد غیر مصوبه یافته قابل تصور است چون این ماده واقعاً وحشتناک است.

در کل برای فرود آوردن همان مقدار از ماده ای که فاجعه بوپال را به وجود آورد بر روی شهر مورد هدف تنها به پنج بمب افکن شکاری مدرن نیاز است. علاوه بر این، روشن است که در واقع مقدار بسیار کمتر از آن هم مخرب خواهد بود. در حقیقت به هنگام واقعه بوپال تنها منبع پخش دود کشی بود که گاز از آن نشت کرد، در حالی که به هنگام جنگ می توان استفاده از حاملهای نظامی نظیر بمبهای خوشه ای برای ایجاد بیشترین خسارت به دشمن را متصور شد.

بالاخره، راه دیگر انحراف صنعت آفت کشها به سوی هدفهای نظامی تبدیل تأسیسات تهیه مواد آلی فسفردار به تأسیسات تهیه

به برخی مولکولهای

ما را می توان از هدف
افزار شیمیایی برد،
ذکر شد. اگر به شکل
(شکل ۴) توجه کنیم
نیب از فسژن به دست
طی جنگ جهانی اول
کیب شود، متیل ایزو
ار و سمی تر از فسژن
اجعه بوپال شد و سمیت



شکل ۵. حشره کشهای آلی فسفردار یا کارباماتها از طریق ممانعت یک آنزیم کلیدی در مکانیسم انتقال جریان عصبی اثر می کنند. این آنزیم که استیل کولین استراز است در پستانداران مسؤول تجزیه پیک شیمیایی برقرار کننده جریان عصبی از یک سلول عصبی به سلول عصبی دیگر یا از یک سلول عصبی به عضله است. در صورتی که تجزیه پیک فوق یعنی استیل کولین انجام نشود، گیرنده های عضلات یا سلولهای عصبی اشغال می مانند و از رسیدن هرگونه جریان عصبی جدید جلوگیری می شود.

در این شکل دو نوع جلوگیری که توسط حشره کشها انجام می شود نشان داده شده است. در (الف) ممانعت برگشت پذیر توسط یک کاربامات (نئوستیگمین) انجام می شود. این ماده قابلیت وصل شدن به مکانهای آنیونی و استرازیک آنزیم را دارد، اما توسط آن تجزیه نمی شود یا کم تجزیه می شود، با اشغال مکان (استرازیک) فعال از عملکرد عادی آن جلوگیری می کند. اما این جلوگیری برگشت پذیر است. در (ب) ممانعت برگشت ناپذیر از طریق یک ترکیب آلی فسفردار نشان داده شده است این ترکیب خود را وصل می کند و به خوبی توسط آنزیم تجزیه می گردد. بخشی از مولکول به طور دائم به مکان استرازیک می چسبد و به این طریق عملکرد آن از بین می رود. این مواد موجب قطع جریان عصبی و فلج شدن فرد می گردند.

قابل ملاحظه آن بر ملا گردید. در آن روز یعنی دوم دسامبر ۱۹۸۴ بر اثر خروج مقدار زیادی از این ترکیب در اتمسفر که مطابق با پانزده تن بر آورده می شود چندهزار نفر جان خود را از دست دادند و ۱۷۰۰۰۰ نفر هم به شدت مسموم شدند که معلولیت ۳۰ هزار نفر از آنها به صورتی دائمی بود. دلیل معلولیتها صدمات بازگشت ناپذیر دستگاه تنفس گزارش شد.

این ترکیب با سمیتی در این حد از طریق واکنش با پیش ماده مناسب در تهیه کاربامیل و آلدیکارب و بسیاری ضدافات دیگر گروه N-متیل کاربامات به کار می رود (شکل ۶). در اینجا نیز امکان انحراف تأسیسات تهیه MIC به سوی کاربرد غیر صلحجویانه قابل تصورات چون این ماده واقعاً وحشتناک است.

در کل برای فرود آوردن همان مقدار از ماده ای که فاجعه بوپال را به وجود آورد بر روی شهر مورد هدف تنها به پنج بمب افکن شکاری مدرن نیاز است. علاوه بر این، روشن است که در واقع مقدار بسیار کمتر از آن هم مخرب خواهد بود. در حقیقت به هنگام واقعه بوپال تنها منبع پخش دود کشی بود که گاز از آن نشت کرد، در حالی که به هنگام جنگ می توان استفاده از حاملهای نظامی نظیر بمبهای خوشه ای برای ایجاد بیشترین خسارت به دشمن را متصور شد.

بالاخره، راه دیگر انحراف صنعت آفت کشها به سوی هدفهای نظامی تبدیل تأسیسات تهیه مواد آلی فسفردار به تأسیسات تهیه

صنایع شیمیایی طی دهه های اخیر حشره کشهایی با قابلیت گزینش بیشتر تهیه کرده است، به طوری که سمیت آنها برای حشرات افزایش اما برای پستانداران به طور قابل ملاحظه کاهش می یابد (شکل ۳). از آنچه گفته شد به راحتی می توان دریافت که امکان استفاده انحرافی از انواع مواد حشره کش فعال وجود دارد، به ویژه حشره کشهایی که در دمای معمولی مایع هستند و به راحتی در حلالهای مناسب محلول اند و به صورت آئروسل در می آیند، حتی در صورتی که سمیت آنها در حد گازهای اعصاب جنگی نباشد. از سوی دیگر بسیار محتمل است که جنگ افزارهای شیمیایی نورو تروپ که توسط عراق به کار گرفته شد همان مواد فعال خالص وابسته به برخی مولکولهای حشره کش باشند.

روش دیگری که طبق آن صنعت حشره کشها را می توان از هدف اصلی آن منحرف کرد و به سمت ساخت جنگ افزار شیمیایی برد، تهیه برخی از ترکیبات حد واسطی است که قبلاً ذکر شد. اگر به شکل تولید حشره کشهای گروه N-متیل کارباماتها (شکل ۴) توجه کنیم متوجه می شویم که به عنوان مثال این ترکیب از فسژن به دست می آید، گازی که قبلاً استفاده جنگی آن را طی جنگ جهانی اول مطرح کردیم. این ماده اگر با متیل آمین ترکیب شود، متیل ایزو سیانات می دهد (MIC) که مایعی بسیار فرار و سمی تر از فسژن است (۹). این همان ماده ای است که موجب فاجعه بوپال شد و سمیت

نابودی جبران ناپذیر محیط زیست

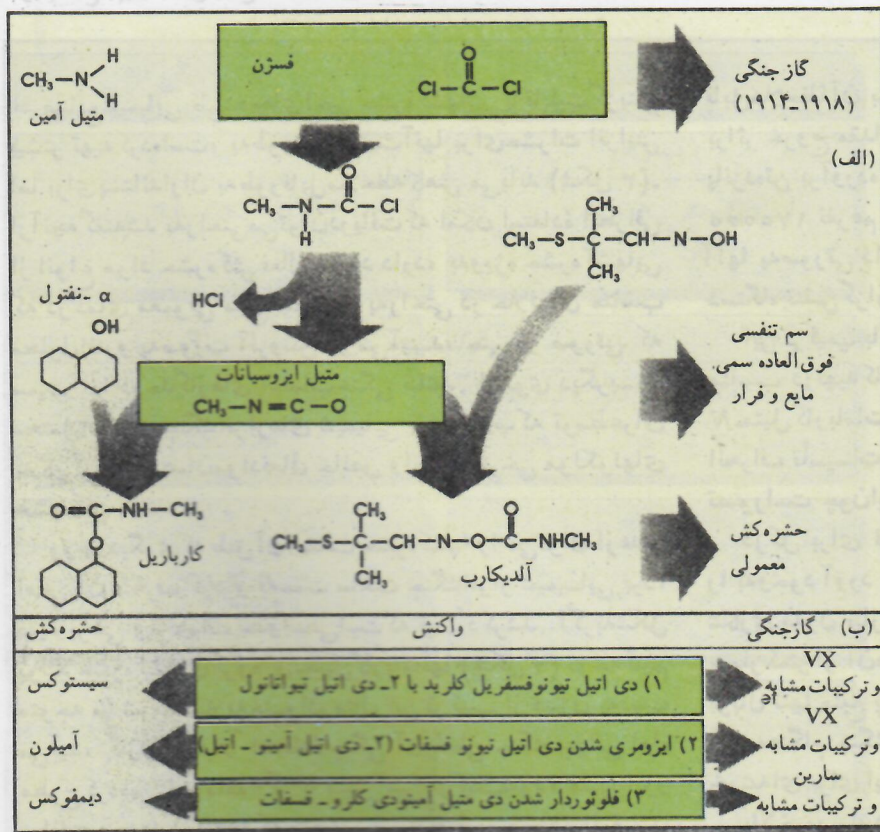
تاریخ سی سال اخیر نشان داده است که در واقع جنگ شیمیایی می تواند چهره ای دیگر نیز داشته باشد، چهره ای به همان وحشتناکی (و شاید هم جنایتکارانه تر از) گازهای جنگی که موجب مرگ فوری افراد مصدوم می گردد. هدف این جنگ افزارها نابودی محیط زیست انسان از طریق آلودگی دایمی خاک و نابودی منابع طبیعی آن است. متأسفانه این گونه جدید از جنگ شیمیایی در مقیاس وسیعی طی جنگ ویتنام به کار گرفته شد (۲).

فکر اولیه کاربرد این گونه جنگ افزار شیمیایی برای اولین بار طی جنگ جهانی دوم در آزمایشگاههای نظامی بریتانیا ابداع شد. در آنجا پژوهشهایی به منظور کشف موادی که بتوانند چنین کاربردهایی داشته باشند در دست اجرا بود (۱۱). این پژوهشها برخلاف انتظار عموم منجر به کشف علف کشی مشتق از فنو کسی استیک اسید مانند D۲۴ شد. در واقع ترکیباتی که مورد جستجو بودند به منظور نابودی کشت غلات و به وجود آوردن قطعی در مناطق دشمن بود ولی نتیجه این شد که این ترکیب برای گیاهان گونه غلات سمی نبود برعکس بر سایر گیاهان رده بالا اثر می کرد. در نتیجه به هنگام صلب، مشتقات فنو کسی استیک اسید در مقیاس وسیعی به عنوان علف کش در کشاورزی به کار رفت.

ولی ۲۵ سال بعد علف کشتهای وابسته به این گروه کاربردی را که به منظور آن کشف شده بودند پیدا کردند. طی سالهای ۷۲-۱۹۶۵ برای نابود کردن کامل مناطق جنگلی، جایی که گروههای مقاومت ویتنامی زندگی می کردند و همچنین به منظور ایجاد قحطی در مناطقی

گازهای عصبی است. چون این گازها از اعضای همان خانواده مواد آلی فسفردار هستند، این کار کاملاً امکانپذیر است به طوری که بسیاری از مولکولهای حد واسطه و راههای سنتز در هر دو گونه ترکیب مشترک اند (شکل ۶). و مواد اولیه شیمیایی آنها در بازار غیر نظامی و به صورت کاملاً قانونی در دسترس اند.

البته می‌توان کارخانه‌ها را از طریق بین‌المللی تحت کنترل قرار داد تا از تولید غیرقانونی مواد سمی با کاربرد نظامی جلوگیری شود. متأسفانه گونه دیگری از جنگ افزارهای شیمیایی نیز موجود است که به نام جنگ افزارهای دوگانه معروف است. شیطانی‌ترین آنها شیوه انحراف صنعت آفت کشها را تشکیل می‌دهد. بدین وسیله امکان دسترسی به جنگ افزارهای شیمیایی میسر شده که هیچ سوءظن مستقیمی را در مورد انحراف به سوی هدفهای نظامی بر نمی‌انگیزد. این جنگ افزارهای دوگانه متشکل از بمبی است که دو مخزن جداگانه دارد و دو ماده‌ای را که غیرسمی هستند و تبدیل به مولکولی بسیار سمی می‌گردند در کنار هم قرار می‌دهد. هنگام انفجار دو ترکیب با هم مخلوط می‌شوند و یک گاز سمی ایجاد می‌کنند (۱۵) توسعه ظرفیت چنین صنعتی در حد اکثر ممکن میسر است، چون با هیچ نوع بازرسی آثار سنتز مولکولهای فعال که کاربرد نظامی نیز داشته باشند در کارخانه‌های مشکوک آفت کشها قابل مشاهده نیست. لذا به وضوح می‌بینیم که صنعت تولید آفت کشها در مرکز تهیه جنگ افزارهای شیمیایی از نوع حشره کشها قرار دارد، در سطور آینده خواهیم دید که این صنعت در ضمن نقش مشابهی در نوع دوم جنگ افزارها یعنی برگ‌زدها دارد.



شکل ۶. اگر برخی از آفت کشها به حدی سمی هستند که می‌توان آنها را به سوی کاربردی نظامی منحرف ساخت تا در مورد تأسیسات و حد واسطهای تهیه آنها نیز خطر انحراف وجود دارد به طوری که شکل (الف) نشان می‌دهد راه تهیه حشره‌کشهای کاربرامات از طریق دومادهٔ سمی است که یکی گاز فسژن و دیگری مایع فراری به نام ایزوسیانات متیل است. فسژن گاز جنگی جنگ جهانی اول است، متیل ایزوسیانات مسبب فاجعهٔ بوپال در ۱۹۸۴ شد. حشره‌کشهای دیگر (ب) نیز در مواد حدواسط با گازهای جنگی و به اشتراک دارند به طوری که همان تأسیسات امکان تهیهٔ هر دو نوع ترکیب را میسر می‌سازد.

که توسط ویتکنگ‌ها کنترل می‌شد مناطق بسیار وسیعی از جنگلها و برنجزارها و سایر سطوح زیر کشت به وسعت صدها هزار کیلومتر مربع (شکل ۷) را با این مواد آلوده کردند (۴).

از میان برگ‌زدها می‌توان عامل نارنجی را که مخلوطی از (۲، ۴، ۵T) و (۲، ۴D) است نام برد. این ترکیب به هنگامی که به کار رفت با دیوکسین آلوده بود. این آلودگی در سطحی بالغ بر ۱۶ میلیون هکتار گسترده شد و موجب صدمات هولناکی که از آن آگاه هستیم گردید. عامل سفید که مخلوطی از پیکلرام و ۲، ۴D است و عامل آبی که از سدیم دی‌متیل آرسنات و سدیم دی‌متیل آرسنیک تشکیل شده است، پس از عامل نارنجی قراردادند. عامل آبی به مقیاس وسیعی برای نابودی کشتزارهای مناطقی که تحت کنترل ویتکنگ‌ها بود به کار گرفته شد. این ماده قادر است روی گیاهانی که در برابر مشتقات فنوکسی استیک اسید مقاومت می‌کنند اثر گذارد و به مدت طولانی در زمین زیر کشت باقی بماند. از این رو، غلظتهای بالای عامل آبی محصولات بعدی را از نظر خوراکی به دلیل نفوذ آرسنیک در درون گیاه نامناسب می‌سازد.

بالاخره مالاتیون طی این جنگ ابتدا به منظور کشتن پشه‌ها و لاروهای آنها در مبارزه با مالاریا به کار رفت اما در واقع باتوجه به سمیت شدیدی که برای حیوانات آبی دارد و باتوجه به وسعت مناطقی که در آنجا به کار گرفته شده (شکل ۷) موجب مرگ دسته جمعی ماهیهای دریایی و آب شیرین گردید و مواد غذایی قابل دسترس مردم کاهش یافت. مقدار کل برگ‌زدهای پخش شده بر حسب مواد فعال خالص، بالغ بر ۲۶۰۰۰ تن ۲، ۴D، ۲۴۰۰۰ تن ۲، ۴، ۵T، ۱۳۰۰ تن پیکلرام و ۳۰۰۰ تن علف کش آرسنیک دار بود. این حملات شیمیایی یک فاجعه اکولوژیک را که در تاریخ بی سابقه بود به بار آورد. در مجموع ۱۲۳ میلیون هکتار از جنگلها نابود شدند که ۱۲۴۰۰۰ هکتار آن من گرو، از نوع جنگلهای ساحلی دوزیستی خاص، و ۳۰۰۰۰۰ هکتار آن کشتزار بود.

جنگلهای استوایی، دشتهای، دامنه کوهها و جنگلهای مناطق مرتفع به شدت آسیب دیدند و حتی کاملاً از میان رفتند. جنگلهای دیپتروکارپامه که خانواده‌ای از درختهای جنگلی استوایی آسیا و جنوب شرقی و جنوب ویتنام است، هم اکنون دیگر وجود ندارد. یکی از مهمترین جنگلهای استوایی اولیه که در این منطقه وجود داشت، یعنی جنگل مادا، به صورت جبران ناپذیری آسیب دید.

جنگلهایی که توسط برگ‌زدها نابود شدند حتی بعد از حدود ۲۰ سال نیز هیچ گونه رویش جدیدی نشان نمی‌دهند. مناطق جنگلی خالی از درخت توسط گیاهان خودرو از گونه غلات پوشیده شده‌اند. اغلب زمینهای لخت شده، دستخوش پدیده لاتری شدن گشته‌اند، این نوع عقیم شدن خاک به دلیل تشکیل لایه ضخیمی از لاتریت است. لاتریت یک کانی متشکل از مخلوط آلومین سیلیس، و اکسیدهای آهن نامحلول است. طی مأموریتی که در سال ۱۹۸۴ داشتیم توانستیم در منطقه تریان لایه ضخیمی از لاتریت مشاهده کنیم، جایی که حدود پانزده سال قبل جنگل اولیه انبوهی از دیپتروکارپامه‌ها بوده است (شکل ۱). بالاخره در مناطقی که پستی و بلندی مشخصی دارند و روی جدار پهلویی کوهها که کاملاً جنگل‌زدایی شده‌اند، فرسایش خاک به صورت شدید رخ داده است. این امر، رویش دوباره جنگل را غیر ممکن می‌سازد.

از طرف دیگر در محل جنگلهایی که توسط برگ‌زدها از بین رفته‌اند گیاهانی از گونه‌نی که غیر قابل نفوذ هستند رویده‌اند (۱۲). این گیاهان در مقابل گیاه کشته مقاومت زیادی دارند و بدین دلیل نیز باقی مانده‌اند. و فور این گیاهان تا به حدی رسیده است که امکان هر گونه رویش خود به خودی جنگل را مانع می‌شود و آنچه را که متخصصان جوامع اکولوژی در رابطه با گیاه دیس کلیماکس* می‌گویند به وجود آورده است.

جنگلهای من گرو در ویتنام به ویژه در دلتای مکونگ و دونگ نای دستخوش خسارات بی‌حسابی شده‌اند. ۱۲۴۰۰۰ هکتار از این جنگلها، یعنی ۴۰٪ از مساحت آن قبل از حمله آمریکاییان نابود شده است. درختانی مانند اویسینا مارینا، ریزوفورا کونجیوگاتا، سریوپس کاندالانسا و سرتیا که عمدتاً گیاهان آن منطقه را تشکیل می‌دادند در مقابل برگ‌زدهای به کار رفته بسیار حساس بودند و در نتیجه به صورت جمعی پس از اولین عملیات از بین رفتند.

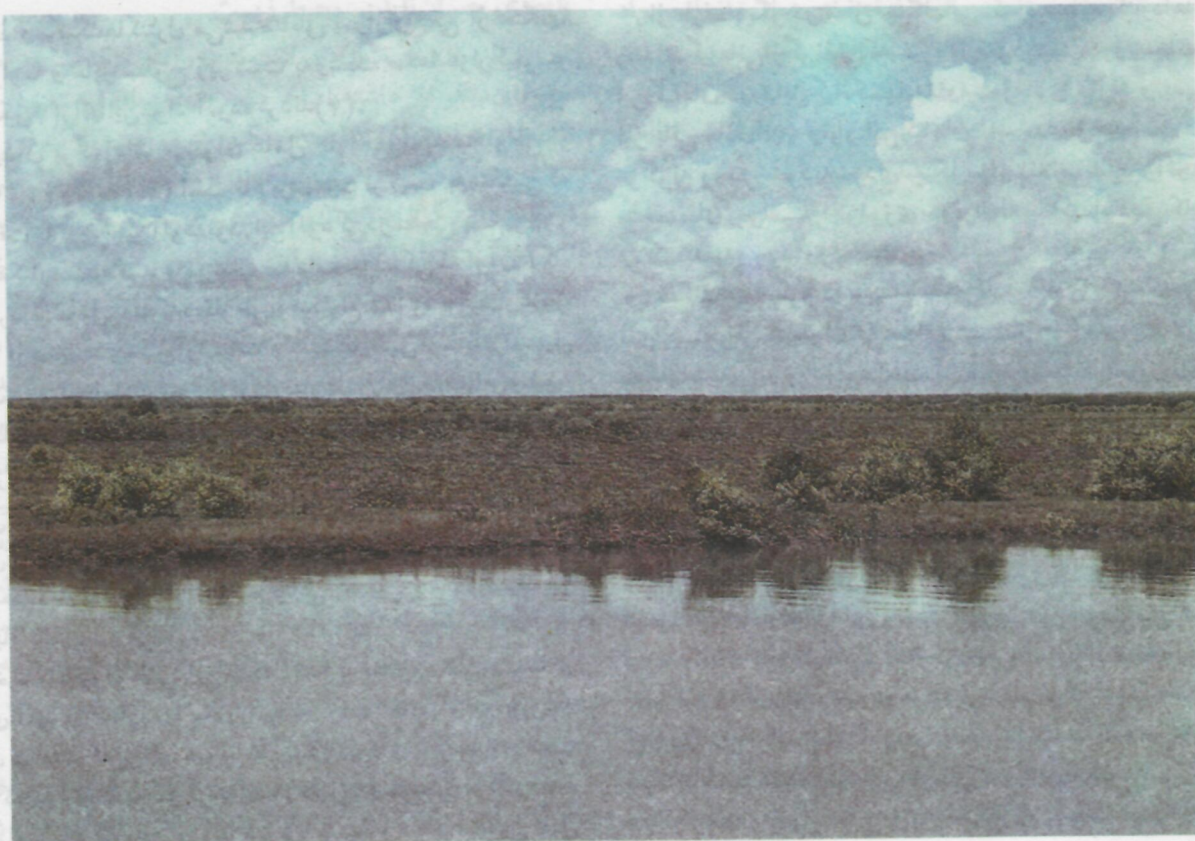
دولت ویتنام از اواخر دهه ۱۹۷۰ بازسازی مناطق جنگلی برگ‌زده را در منطقه دوئن‌های واقع در جنوب شهر هوشی‌مین که در سال ۱۹۷۰ کاملاً نابود شده بود آغاز کرد. برای این اقدام حدود ۳۵۰ کیلوگرم دانه پاله توویه در هر هکتار لازم بود. این دانه‌ها از صدها کیلومتر دورتر از مناطق آسیب ندیده برداشت شدند و می‌بایست یک به یک با دست کاشته می‌شدند. از سال ۱۹۷۸ حدود ۳۰ هزار هکتار از ۷۰ هزار هکتار زمین به این طریق جنگل کاری شد. از سوی دیگر با مشاهده اینکه خودرویی فوری اکوسیستم میسر نیست (شکل ۷) پانزده سال بعد از نابودی مناطقی که توسط برگ‌زدها مورد حمله قرار گرفت لایه‌ای از گیاهان گونه غلات آن مناطق را فروش ساخت، به طوری که به صورت پراکنده می‌توان رویدن یک نخل کوچک به نام فنیکس پالودوزا یا یک سرخس به نام آکروستیکوم اوروم را مشاهده کرد.

به علاوه در این منطقه لکه‌های ۲۰۰، ۳۰۰ هکتاری بسیاری موجود است که هیچ رویشی ندارد (۱۴). اینها مناطق فرورفته‌ای هستند که برگ‌زدها احتمالاً در آنجا انباشته شده‌اند و به دلیل کمبود اکسیژن در رسوبات نرم تجزیه نشده‌اند. در واقع مشتقات فنوکسی استیک اسید در محیط نسبتاً کاهنده (اتوکسیک) پایدارند. لجنهایی که در من گروها رشد می‌کنند از این گونه‌اند. با وجود اینکه تا امروز هیچ اندازه گیری از بقایای ۲، ۴D و ۲، ۴، ۵T موجود در آنجا انجام نشده است ولی امکان دارد هنوز هم از این مواد غلظتهایی در حد سمی برای گیاهان وجود داشته باشد.

مخلوط نهایی

به دلیل آثار نابود کننده یک جنگل شیمیایی که نتایج نابود کننده اکوسیستم را در بر دارد چنین به نظر می‌رسد که تهیه جنگل‌افزارهایی دوگانه که هم دارای خواص یک گاز جنگی و هم دارای خواص نابود کننده اکوسیستم باشند، از سوی قدرتهای بزرگ انجام می‌شود (۱۵). دیوکسینها موادی هستند که به ویژه مناسب این گونه جنگل‌افزارها می‌باشند (شکل ۸). همان گونه که قبلاً هم گفته شد

* به هم خوردن کلیماکس طبیعی را که شامل وفور یک گونه خارجی به دنبال دخالت انسان یا حیوانات اهلی باشد دیس کلیماکس گویند.



شکل ۷. جنگلهای ساحلی من گرو به ویژه در مقابل آفت کشها حساس اند. آنها به صورت جمعی طی اولین حمله های ارتش آمریکا به ویتنام از بین رفتند. بیش از پانزده سال بعد از توقف حمله ها، هنوز هیچ رویش مجدد خود به خودی در محل قبلی آنها مشاهده نشده است. در مکانی که در عکس دیده می شود در شکل (الف) قبل از جنگ ارتفاع درختها تا سی متر هم می رسید. تنها بازسازی این جنگل در منطقه دوتن های پس از کاشتن دانه درخت ریز و فورالیکولتا مشاهده شد. عملیات با دست انجام شد و حدود ۳۵۰ کیلوگرم در هکتار دانه مصرف گردید. مقایسه دو عکس به خوبی نمایشگر فاجعه اکولوژیک است.

شکل ۷. جنگلهای ساحلی من گرو به ویژه در مقابل آفت کشها حساس اند. آنها به صورت جمعی طی اولین حمله های ارتش آمریکا به ویتنام از بین رفتند. بیش از پانزده سال بعد از توقف حمله ها، هنوز هیچ رویش مجدد خود به خودی در محل قبلی آنها مشاهده نشده است. در مکانی که در عکس دیده می شود در شکل (الف) قبل از جنگ

روی جنگ افزارهای شیمیایی در فلوریدا نشان داده است که به منظور تجزیه حدود نیمی از TCDD موجود در اولین لایه ۱۰ سانتی متری خاکهای آلوده بیش از سه سال لازم است و این زمان نیم عمر برحسب زیاد شدن عمق افزایش می یابد.

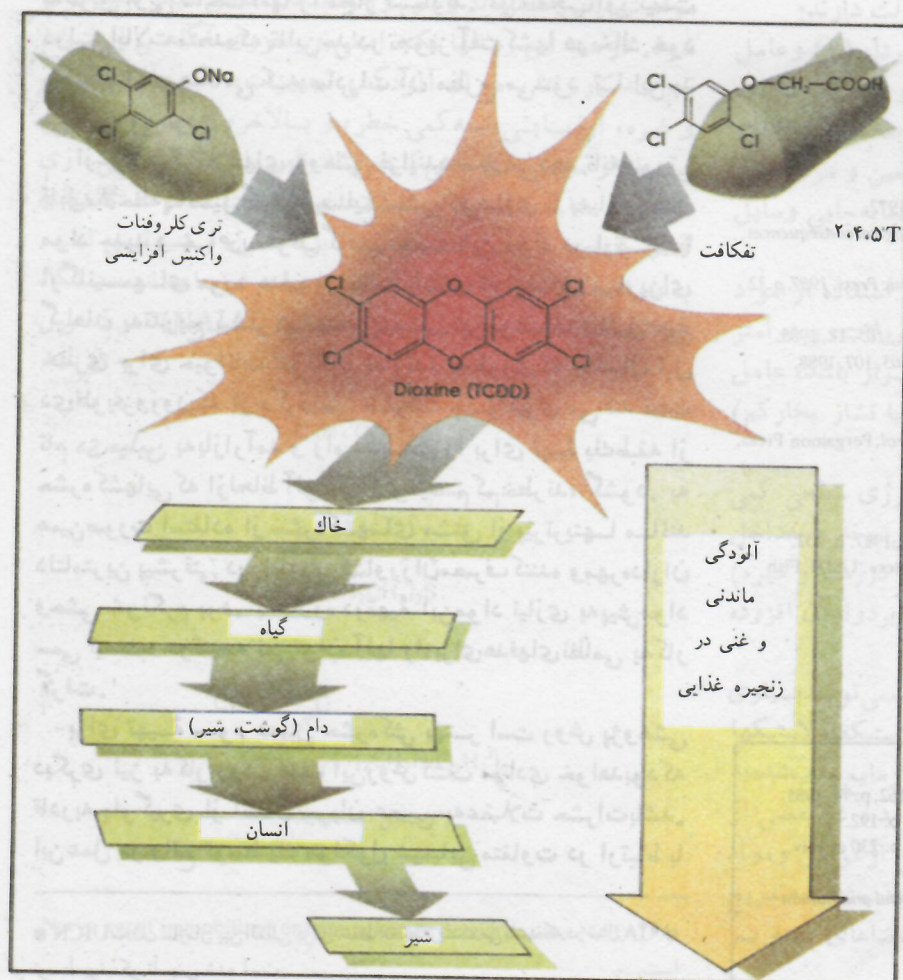
آلودگی دایمی محیط توسط دیوکسینها به منزله آلودگی تمامی زنجیره غذایی است یعنی خاک ← گیاهان ← دام (گوشت و شیر) ← (مردها) و زنهای شیری که به نوزادان می دهند. غیر از واقعه سوزو، آلودگی زنجیره غذایی دیگری در دهه ۱۹۶۰ برائراستفاده از ۲،۴،۵-T که به TCDD آغشته شده بود رخ داد، این ماده برای علف زدایی در استپهای ایالات متحده به کار گرفته شده بود (۱۶). فاجعه اکولوژیک بی سابقه حاصل از حمله شیمیایی با جنگ افزار دو گانه ای مانند دیوکسین را بی هیچ زحمتی می توان مجسم کرد. قدرت این گونه جنگ افزارها دهشتناک است، به طوری که یک بمب به تنهایی می تواند تمامی دیوکسینی را که طی ده سال نزاع در جنگ ویتنام به کار گرفته شد (یعنی حدود ۱۷۰ کیلو گرم) در منطقه ای پخش کند (۴).

چگونه می توان از فاجعه جلوگیری کرد؟

چگونه می توان از تکرار این گونه فجایع جلوگیری کرد؟ نخست اینکه داده های علمی و فنی ذکر شده در بالا امیدوار کننده نیستند. یکی از حادترین مسائل، مربوط به انحراف مستقیم صنایع حشره کش-

اثر مضاعف دیوکسینها در جنگ ویتنام آشکار گردید. دیوکسینها و به ویژه وحشتناک ترین آنها که تتراکلرودی نیترو دیوکسین، TCDD، است دارای خواص سمی اند و می توان آنها را به عنوان جنگ افزارهای شیمیایی مؤثر به کار گرفت. به عنوان مثال LD₅₀ در مورد TCDD برای موش کمتر از ۶ mg/kg است (۱۵)؛ یعنی صدمه کمتری که گازهای اعصاب سنتی، به علاوه این مواد سرطان زا نیز هستند، به طوری که مصرف آنها در افرادی که با آن در تماس بوده اند ایجاد آثار ماندنی می کند و تا مدتی پس از آلودگی محیط ایجاد مسمومیت مزمن می نماید که تنها با جنگ افزارهای اتمی قابل مقایسه است.

جنگ افزارهایی که بر مبنای TCDD هستند هم دارای اثرات گازهای جنگی اند (چون دیوکسین بسیار سمی است) و هم خواص ماندنی نابود کننده اکوسیستم دارد. در واقع آنها خاک و آب را آلوده می کنند و تا قرن ها آن را غیر قابل مصرف می سازند. مثال فاجعه سوزو به منظور یادآوری آنچه تنها یک «فرضیه مکتبی» نیست پیش روی ماست. سیزده سال بعد از این اتفاق که طی آن دو کیلو گرم دیوکسین در مساحتی حدود ۲۵۰۰ هکتار زمین زیر کشت پخش شد، زمین هنوز هم از لحاظ کشاورزی نامناسب است. در ضمن یادآور می شویم که در سوزو تخلیه مناطق مسکونی با جمعیت بیش از ۲۵۰۰۰ هزار نفر الزامی گردید که تصور می رفت هر فرد آنجا فقط با ۸۰ گرم دیوکسین تماس پیدا کرده بود. بالاخره کارهای انجام شده



شکل ۸. برخی از قدرتهای بزرگ تهیه جنگ افزارهای دو گانه نابود کننده اکوسیستم را در نظر داشته اند. در این گونه جنگ افزارها از طریق تفکات ۲،۴،۵-T یا اضافه شدن دو مولکول سدیم تری کلرو فئات که موادی با سمیت کم هستند، می توان تتراکلرودی بنزودیوکسین (TCDD) را تهیه کرد که سمی ترین دیوکسین است و موجب فاجعه سوزو و آلودگی زنجیره غذایی به مدتی طولانی گردید.

پستانداران انجام می‌شود. حشره‌کشی از این گونه دارای هیچ‌اثر فلج‌کننده در انسان نخواهد بود و هیچ بهره‌برداری نظامی نخواهد داشت. با وجود اینکه اقدامات مذکور در کاهش خطرات توسعه جنگ‌افزار شیمیایی مؤثر خواهد بود ولی تمامی مسائل مربوط به آن را به‌هیچ عنوان حل نمی‌کند. به‌ویژه مسئله علف‌کشها که بالقوه اثرناپودکنندگی اکوسیستم را دارند بسیار زیاده‌تر و حساستر است. بسیاری از این نوع علف‌کشها به مقدار زیادی در کشاورزی به کار گرفته می‌شوند.

در پایان، چنین به نظر می‌رسد که امکان کسب اطمینان از اینکه هیچ کشوری جنگ‌افزار شیمیایی، نابودکننده اکوسیستم یا دوگانه نمی‌سازد، نیاز به اقداماتی از نوع دیگر دارد. به‌ویژه، این امر مستلزم بازرسیهای بی‌خبر از کارخانه‌های شیمیایی حساس تهیه مواد مشکوک توسط گروهی متخصص بین‌المللی وابسته به سازمانی نظیر سازمان بین‌المللی انرژی اتمی می‌باشد. تنها یک اراده سیاسی مشترک امکان دسترسی به این راه حل را میسر می‌سازد. هم اکنون با وجود تصمیمهای مفیدی که در ژانویه ۱۹۸۹ در کنفرانس پاریس به منظور حذف جنگ‌افزارهای شیمیایی گرفته شد، راهی طولانی در پیش است.

ترجمه زهرا وثوق

• Des pesticides aux armes chimiques
François Ramade
La Recherche, Mars 1990

مراجع

1. M. Lemaresquier, *Le Monde diplomatique*, 418, 4, 1989.
2. G. H. Orians et E. W. Pfeiffer, *Science*, 168, 544, 1970.
3. A. H. Westings et E. W. Pfeiffer, *Scient. Amer.*, 226, 29, 1972.
4. A. H. Westings, *Herbicide in War: the long term and ecological consequences*, SIPRI, 1984, p. 6.
5. R. D. O'Brien, *Insecticides: action and metabolism* Academic Press, 1967, p. 32.
6. F. Ramade, *Ecotoxicologie*, Masson, 1979, p. 16.
7. R. Baron et T. L. Merriam, *Rev. Envir. Contam. Toxicol.*, 105, 12, 1988.
8. H. A. Moye et C. J. Miles, *Rev. Envir. Contam. Toxicol.*, 105, 107, 1988.
9. D. E. Dodd, *Rev. Envir. Contam. Toxicol.*, 105, 76, 1988.
10. K. Lohs et D. Martinez, *Zeits. Chem.*, 26, 7, 1986.
11. G. S. Hartley et T. F. West, in *Chemicals for pest control*, Pergamon Press, 1969, p. 162.
12. A. W. Galston et P. W. Richard, *ibid*, note 5, p. 41.
13. G. H. Orians et E. W. Pfeiffer, *Science*, 168, 546, 1970.
14. F. Ramade, *Les catastrophes écologiques*, Mc Graw Hill, 1987, p. 232.
15. R. Eisler «Dioxin hazards to fish, wildlife and invertebrates», USD1, Fish and Wildlife Service, doc. n°85, 1985, p. 25.
16. D. Firestone, *Ecological. Bull. Stockholm*, 27, 46, 1978.
17. K. Lohs et D. Martinez, *ibid*, note 11, p. 236.

برای اطلاعات بیشتر

- S. Murphy, «Les armes chimiques», *La Recherche*, n° 162, p. 74, 1985.
- F. Ramade, *Ecologie appliquée*, McGraw Hill, 1989, p. 192.
- F. Ramade, *Les catastrophes écologiques*, chap. VI, p. 230 et suiv., McGraw Hill, 1987.
- A. H. Westings, *Herbicides in war: Long term ecological and human consequences*, SIPRI, Taylor and Francis, 1984.

سازی به سوی تهیه جنگ‌افزارهای شیمیایی یا برخی مواد اولیه پیش نیاز آنهاست. هم‌اکنون گسترش فزاینده و مشهود این صنعت توجه قدرتهای بزرگ را به خود جلب کرده است. یادآور می‌شویم که در واقع مسئولیت کشورهای صنعتی در این جریان دوبرابر است. ممنوع کردن تولید حشره‌کش برای یک کشور جهان سوم در خاک خودش مشکل است، زیرا این کشور مجبور است با قیمتی گزاف و به مقادیر زیاد این مواد را از کشورهای توسعه یافته بخرد، علاوه بر اینکه گروههای صنعتی تولیدکننده همین مواد را تحت نام «مواد بهداشتی گیاه» می‌فروشند. بدتر اینکه چه بگوییم از نقل مکان بی‌رویه این صنایع به سوی کشورهای در حال توسعه توسط شرکت‌های چندملیتی به منظور استفاده از دستمزد پایین و عدم وجود مقررات کاری. مثال هندوستان و بوهال یکی از تصاویر غم‌انگیز این گونه نقل مکانها در راه تهیه مواد خطرناک است که به‌ویژه در برزیل و سایر کشورهای آمریکای لاتین صورت می‌گیرد.

تنظیم یک قانون بین‌المللی در ارتباط با ساخت و کاربرد حشره‌کشها تا حد قابل ملاحظه‌ای این خطر فزاینده را کاهش خواهد داد. برای نمونه می‌توان به قانونی که توسط شورای UICN* در سال ۱۹۸۳ پیشنهاد شده است اشاره کرد. این قانون محدودکننده‌تر از قانونی است که در سال ۱۹۸۵ توسط فائوم طرح گردید. در واقع این قوانین باید کشورهای صنعتی را وادار سازند در صورتی که در خاک خود استفاده از یک ماده سمی مربوط به «بهداشت گیاه» را ممنوع می‌سازند، صادرات آن را به کشورهای جهان سوم نیز ممنوع کنند و به طریق اولی ساخت آنها را مجاز نشمارند. آیا تعجب‌آور نیست دولت ایالات متحده که تا این حد در تجویز آفت‌کشها در خاک خود سختگیر است هنگامی که صادرات آن مطرح می‌شود تا این حد بی‌توجه می‌گردد.

از سوی دیگر تلاشهای پژوهشی فزاینده امکان می‌دهد تا به صورتی قابل ملاحظه پتانسیل گسترش صنایع حشره‌کش‌سازی با به بازار آمدن مواد جدید و خاص متوقف گردد. سمیت این مواد در ارتباط با ارگانسمهای مورد هدف ویژه حشرات و قارچهای بیماری‌زای گیاهان به تدریج بیشتر شناخته می‌شوند. این مواد بدون دلیل هیچ خطری برای حیوانات خونگرم ندارند، به طوری که چند سال قبل دی‌فلوبنزورون که از دگردیسی حشرات جلوگیری می‌کند تحت نام دی‌میلین به بازار آمد و راه جدیدی را برای تهیه یک طبقه از حشره‌کشهایی که از لحاظ آلودگی اکوسیستم کم‌خطرند، گشود. به همین صورت استفاده از حشره‌کشهای مشتق از پیرترینها مانند دلتامترین پیشرفتی در راه ایمنی کشاورزان مصرف‌کننده و بهره‌داران وحشی خونگرم بود. به علاوه در تهیه این مواد نیازی به پیش‌مواد سمی نیست، در نتیجه نمی‌توان آنها را برای هدفهای نظامی به کار گرفت.

برای تهیه سموم عصبی حشره‌کش بهتر است روش پژوهشی دیگری نیز به کار رود. هدف این روش کشف موادی خواهد بود که قادر به جلوگیری از انتقال جریان عصبی به عضلات حشرات باشد. این عمل در واقع توسط یک مولکول شیمیایی متفاوت در ارتباط با

* UICN مخفف سازمان بین‌المللی برای حفظ محیط زیست می‌باشد که در سال ۱۹۴۸ توسط یونسکو تأسیس شده است.