



عوامل شیمیایی و روشهای تهیه آنها

پری رابینسون

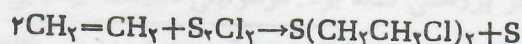
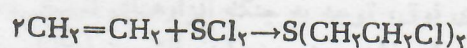
مقدمه

ترکیباتی که در اثر انتشار مناسب بتوانند در انسان، حیوان، گیاه و یا اجسام، آثار کشندگی، آسیب رسانندگی و یا ناتوان کنندگی ایجاد کنند عامل شیمیایی نامیده می شوند. عوامل شیمیایی را با توجه به اثرات فیزیولوژیکی و ساختار آنها به چهار گروه: عوامل تاول زاء، عوامل اعصاب، عوامل ناتوان کننده و عوامل گیاه کش تقسیم کرده اند. سه گروه اول در جنگهای شیمیایی از اهمیت بیشتری برخوردارند، به همین جهت در اینجا آنها را مورد بررسی قرار می دهیم و به عنوان نمونه از عوامل تاول زاء گاز خردل و از عوامل اعصاب تابون، سارین، سومان، VX و از عوامل ناتوان کننده ۳- کینوکلیدنیل بنزیلات یا عامل BZ را به طور خلاصه شرح می دهیم.

شایان ذکر است که عوامل اعصاب استرهای فسفریک اسید استخلاف شده هستند و در حال حاضر دو دسته از این عوامل مورد توجه می باشند: عوامل G که شامل استرهای متیل فسفونوفلوئوریدیک اسید یا استرهای N، N-دی متیل فسفر آمید و سیانیدریک اسید و عوامل V که شامل استرهای S- دی آلکیل آمینواتیل متیل فسفونوتیولیک اسید می باشد.

گاز تاول زای خردل

احتمالا مقدار زیادی از گاز خردل $S(CH_2-CH_2Cl)_2$ جهانی با تغییر در روشهایی که در سال ۱۸۲۲ توسط دسپریتز^۱ و در سال ۱۸۶۵ توسط گوتتری^۲ معرفی شد از اثر اتیلن بر گوگرد کلردار شده به دست آمده است



1. Despretz 2. Guthrie

به منظور کاهش مشکلات مربوط به محصولات فرعی و جانبی متعدد، تغییرات زیادی در شرایط واکنش داده شده است.

در یکی از این روشهای تغییر یافته، ماده اولیه گوگرد مونوکلرید می باشد. این روش مشابه روش لوین اشتاین^۱ است و در جریان جنگ جهانی دوم آمریکاییها همه، آلمانیها مقدار کمی و شورویها مقدار زیادی گاز خردل خود را با این روش تهیه کردند. محصول آمریکاییها (معروف به گاز خردل لوین اشتاین یا H) بیش از ۸۰٪ گاز خردل نداشت. این محصول پس از شستشو با آب و تقطیر در خلا^۲ ماده ای با درجه خلوص بالا (۹۶٪) (گاز خردل تقطیر شده یا HD) تولید می گردد که پایداری آن برای انبار کردن بیشتر بود. در روش تغییر یافته دیگر (روش دسپریتز-گوتتری) که مورد استفاده فرانسویها در جریان جنگ جهانی اول و بعد از آن بود، گوگرد دی کلرید به عنوان ماده اولیه به کار گرفته شد. چون گوگرد دی کلرید صنعتی مخلوطی در حال تعادل از دی کلرید، مونوکلرید و کلر آزاد است، بنابراین در بسیاری از روشهای مطالعه شده، محصول این روشها به واسطه رسوب گوگرد و تشکیل پلی سولفید، معایبی مشابه با محصول مونوکلرید دارد. انگلیسیها این مشکلات را در جریان جنگ جهانی دوم با تقطیر جزء به جزء گوگرد کلردار شده در مجاورت فسفر پنتا کلرید برطرف کردند و بدین ترتیب گوگرد دی کلریدی با درجه خلوص بالا تهیه نمودند.

در قرن نوزدهم دو روش تهیه آزمایشگاهی گاز خردل وجود داشت که یکی از آنها روش دسپریتز-گوتتری و دیگری روش میر^۳ بود. در روش اخیر تیودی گلیکول کلردار می شود. روش میر با تغییراتی توسعه یافت و برای تولید انبوه به کار گرفته شد. با توجه به تعداد کشورهایی که از روش میر استفاده کرده اند، این روش احتمالا شایعترین روش تهیه انبوه گاز خردل می باشد، گازی که در

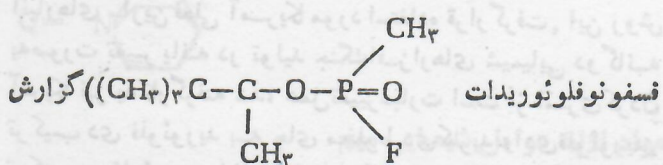
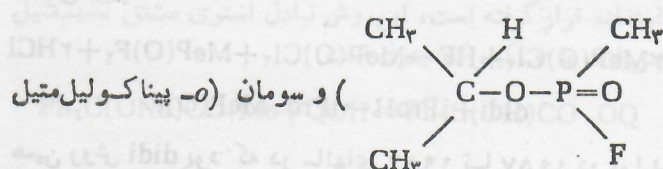
1. Levinstein 2. Meyer

اولیه مصرف شده برای تولید ۱۰۰ تن تابون (با غلظت‌های مختلف در کلر و بنزن) به صورت زیر بود:

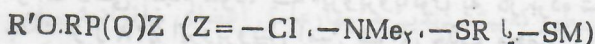
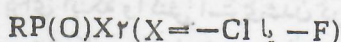
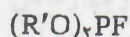
۲۵ تن	آمونیاك ۱۰۰٪
۶۰ «	متانول
۳۰ «	سدیم سیانید
۱۳۴ «	فسفریل کلرید
۳۷ «	اتانول مطلق
۱۰۰ تن	تابون

گازهای اعصاب سارین و سومان

روشهای مختلفی برای سنتز آزمایشگاهی عوامل G در خانواده سارین (o- ایزوپروپیل متیل فسفونوفلوئوریدات



شده است. مواد اولیه گاز اعصاب در این روشها شامل اجسام زیر می باشد:



این مواد اولیه خود به راههای مختلف تهیه می شوند.

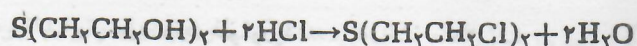
بین گازهای اعصاب فقط برای سارین روشهای تولید صنعتی یا روشهایی که بتوانند به تولید انبوه تبدیل شوند گزارش شده است. این روشها را برحسب واسطه کلیدی به دو گروه دی استر و دی کلر تقسیم بندی کرده اند. به احتمال زیاد می توان سومان را از کلیه روشهای تهیه سارین تولید کرد. ولی به واسطه مشکلات دسترسی به پیناکولیل الکل لازم جهت وارد کردن گروه ۲،۲،۱-تری متیل پروپیل به مولکول سومان، به نظر می رسد روشهای دی استر مناسب نباشند.

در روشهای دی استر که برای تولید سارین گزارش شده اند از دی ایزوپروپیل متیل فسفونات (DIMP) استفاده می شود. مراحل نهایی این روشها به صورت زیر است:

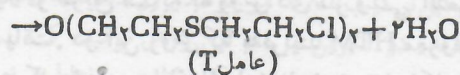


(DIMP) را می توان به وسیله یکی از ده روش موجود برای متیل دار کردن فسفر تهیه کرد. ترمودینامیک این واکنشها نشان

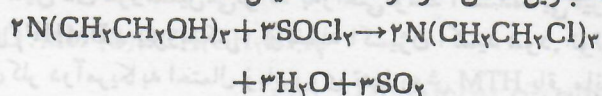
مالهای اخیر به میزان وسیعی توسط عراق علیه ایران به کار برده شده است. عوامل کلردار کننده ای که در این روش مورد مطالعه قرار گرفته اند فسفر تری کلرید و تیونیل کلرید است ولی به نظر می رسد هیدروکلریک اسید بیشتر به کار برده می شود.



همین فرمول بود که در روش اکسول آلمانیها و در روش دوم انگلیسیها برای تهیه گاز خردل در جریان جنگ جهانی دوم به کار رفت، هدف روش انگلیسیها در حقیقت کلردار کردن ناقص تیودی گلیکول بود، به طوری که ماده ای (معروف به رانکول یا HT) با گاز خردل قویتر به ویژه عامل T تولید شود.



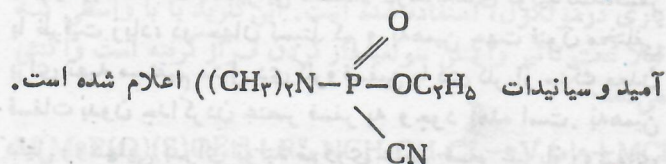
از روش میر برای تولید انبوه گاز خردل نیتروژنی نیز استفاده شد. بدین ترتیب که به جای تیودی گلیکول از بیس یا تریس (اتانول) آمین استفاده کردند. در تهیه گاز خردل نیتروژنی تیونیل کلرید مناسبترین عامل کلردار کننده تشخیص داده شده است



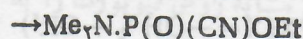
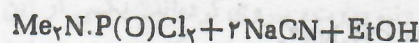
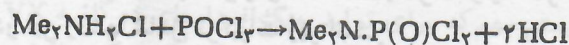
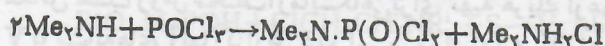
روشهای دیگری برای تهیه گاز خردل وجود دارد. پژوهشهای آمریکاییها در جریان جنگ جهانی دوم منجر به تولید نورشیمیایی گاز خردل شد. در این روش هیدروژن سولفید در مجاورت نور فرابنفش، کاتالیزور مناسب و حساس کننده نوری به وینیل کلرید اضافه می شود. آمریکاییها با مرکباتها یا کلرو آلکنهای مناسب یک مجموعه گازهای خردل قویتر نیز تولید کرده اند. از کاربرد روش نور شیمیایی توسط آمریکاییها در تولید انبوه گاز خردل اطلاعی در دست نیست.

گاز اعصاب تابون

حداقل سه روش برای تهیه تابون (o- اتیل- N، N- دی متیل فسفر



یکی از این روشها که در جنگ جهانی دوم برای تولید انبوه مورد استفاده آلمانیها قرار گرفته است دو مرحله ای است و از اثر فسفریل کلرید بر دی متیل آمین شروع می شود، دی متیل آمین را از اثر آمونیاك بر متانول تهیه می کنند:



تولید تابون با این روش به صورت پیمانه ای انجام می شد و مواد

فسفر تری کلرید	۵۱۰ تن
گاز کلر	۱۴۵
متانول	۱۶۰
ایزوپروپانول	۵۸
هیدروژن فلوئورید	۲۰

سارین ۱۰۰ تن

روش آمریکایی به احتمال زیاد مصرف مشابهی داشته است. در این روش حدود ۲/۳ فسفر تری کلرید وارد شده به عنوان عامل کلردار کننده عمل می کند تا منبع فسفر (III). به تدریج تولید سارین در آمریکا از طریق مشابه به روش دی کلر ولسی اقتصادی تر از آن توسعه یافت. در این روش که به فرایند HTM معروف است ابتدا متیل دی کلروفسفین را از اثر متان بر فسفر تری کلرید در دمای بالا و در حضور مقداری اکسیژن به عنوان کاتالیزور تهیه می کنند و سپس همراه با کلر برای کلردار کردن پیرومیکس به کار می برند. در این عمل متیل دی کلروفسفین به دی کلراکسید می شود. متیل دی کلروفسفین می تواند به راحتی توسط اکسند هایی غیر از کلر/DMHP- پیرومیکس، از جمله اکسیژن اکسید شود. تولید دی کلر در آمریکا به احتمال زیاد روی تنها روش HTM باقی مانده است. روش ISP برای تولید متیل دی کلروفسفین که در برنامه جنگ افزارهای شیمیایی انگلستان در حال توسعه است رقیب روش HTM آمریکا به شمار می رود. در این روش از متیل کلرید و دی متیل آلومینیم کلرید استفاده می شود.

در کلیه روشهای علنی تهیه «عوامل G» ماده اولیه فسفر تری کلرید است که از کلردار کردن فسفر سفید به دست می آید. استفاده از موادی با فسفر (V) مانند فسفر پنتوکسید یا فسفریل کلرید به واسطه لزوم ایجاد پیوند متیل-فسفر ناممکن به نظر می رسد. بنابراین دسترسی به عنصر فسفر برای تولید سارین یکی از شرایط مهم است.

چون در کارخانه های تولید کننده فسفر، مصرف انرژی برق بسیار زیاد است بنابراین تعداد کارخانه های تولید کننده فسفر با ظرفیت زیاد، در جهان نسبتاً کم و به همین جهت فنون مختلفی برای تهیه مستقیم متیل دی کلروفسفین یا دی کلر از سنگ معدن فسفات بدون جدا کردن عنصر فسفر به وجود آمده است. به همین دلیل روشهایی برای تولید ضروری عنصر فسفر غیر از روشهای معمولی، که در آنها از برق استفاده می شود، پیشنهاد شده است.

گازهای اعصاب VX و V

حداقل هشت روش مختلف آزمایشگاهی برای تهیه هریک از عوامل V یا مشابه های آنها گزارش شده است. مواد اولیه گاز اعصاب در این روشها شامل ترکیبات زیر است:

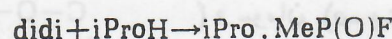
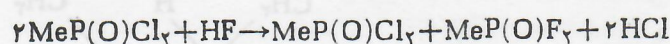


می دهند که مواد اولیه فسفر (III) بر فسفر (V) برتری دارند. در اوایل دهه ۱۹۵۰ در آمریکا دو روش TIPP و U S Salt برای متیل دار کردن فسفر توسعه یافت. این دو روش به دو واکنش کلاسیک ایجاد پیوند کربن-فسفر، یعنی واکنشهای مایکلیس-بیکر و آربوزوف شباهت زیادی داشتند. در واکنش اول نمک سدیم دی ایزوپروپیل هیدروژن فسفیت و در واکنش دوم تری ایزوپروپیل فسفیت مورد استفاده قرار می گیرد.

در دیگر روشهای صنعتی برای تولید سارین، متیل فسفونیل دی کلرید مورد استفاده قرار می گیرد. این روشها عموماً به «دی کلر» معروف اند. فرایند شرادر^۳ از جمله این روشهاست:



بعدها در آلمان واسط این واکنش، متیل فسفونیل دی فلوئورید (که به نام دی فلوئور یا DF نیز معروف است) به صورت مخلوطی از دی کلرید و دی فلوئورید متیل فسفونیل (didi) جدا و سپس استری شد.



همین روش didi بود که در سالهای ۱۹۵۲ تا ۱۹۵۷ در تولید انبارهای سارین فعلی آمریکا مورد استفاده قرار گرفت. این روش به صورت تغییر یافته در تولید جنگ افزارهای شیمیایی دوگانه آمریکا نیز به کار گرفته شد، عمل تغییر عبارت است از استری کردن ترکیب دی فلوئورید به جای مخلوط دی کلرید و دی فلوئورید. ترکیب دی فلوئورید را از فلوئوردار کردن متیل فسفونیل دی کلرید به صورت زیر تهیه می کنند.



برای اینکه واکنش استری شدن در جنگ افزار شیمیایی دوگانه با سرعت کافی انجام شود، به ایزوپروپانول به کار برده شده در جنگ افزار ۲۸٪ ایزوپروپیل آمین برای جذب محصول فرعی هیدروژن فلوئورید اضافی می کنند.

۲۰۰ تن متیل فسفونیل دی کلرید که در آمریکا برای تولید سارین به کار می رود از روش APC به دست می آید. در این روش طی واکنش پرن-کاینر^۴ پیوند کربن-فسفر تشکیل می شود و آب به منظور شکستن کمپلکس تشکیل شده از برهم کنش متیل کلرید، فسفر تری کلرید و آلومینیم کلرید بی آب مورد استفاده قرار می گیرد. کارخانه ای که در آلمان با استفاده از روش دی کلر توسعه یافته است، محصول نوآرایی حرارتی، دی متیل هیدروژن فسفیت (DMHP) را کلردار می کند. محصول نوآرایی حرارتی معروف به «پیرومیکس» مخلوطی از دی متیل متیل فسفونات و پیروفسفونات مربوطه است. عامل کلردار کننده مورد استفاده در این کارخانه فسفر تری کلرید و گاز کلر می باشد.

مواد خام لازم برای تولید ۱۰۰ تن سارین در روش آلمانی DMHP/dichlor/didi به مقدار زیر تخمین زده شده است.

1. Michaelis-Becker

2. Arbuzov

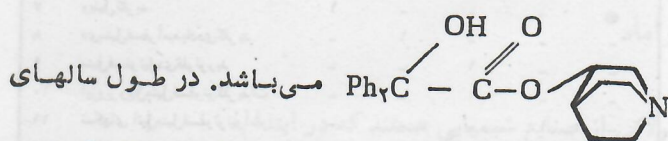
3. Schrader

4. Perren-Kinner

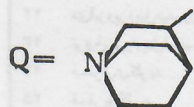
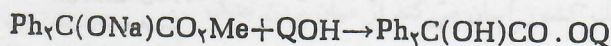
سیستم QL یکی از دو واکنش دهنده جنگ افزار دو گانه و دیگری کوگرد رومبیک کاملاً نرم است. در سیستم دوم از متیل پلی سولفید مایع به جای کوگرد استفاده می شود.

گاز ناتوان کننده کینوکلیدنیل بنزیلات

بنا به گزارشهای منتشر شده تا به حال فقط یک گلیکولات ناتوان کننده به عنوان جنگ افزار شیمیایی به تولید انبوه رسیده است. این گلیکولات ۳-کینوکلیدنیل بنزیلات یا عامل BZ



۱۹۶۳-۶۴ حدود ۵۰ تن از این ماده به وسیله یک شرکت آمریکایی برای ارتش آمریکا تولید شد. برای تولید این جنگ افزار شیمیایی یکی از دو روش آزمایشگاهی گزارش شده با تغییراتی مورد استفاده قرار گرفته است، این روش تبادل استری مشتق سدیم متیل بنزیلات با ۳-کینوکلیدنیل است.



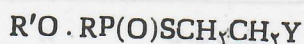
مواد اولیه عوامل شیمیایی مهم

جدول ۱، سی ترکیب را نشان می دهد که برای تولید انبوه گاز خردل، تابون، سارین، VX و BZ به کار رفته است. این جدول همچنین نشان می دهد که این مواد، واسط تولید کدام یک از چهار عامل شیمیایی هستند و پس از چند مرحله تولید، به عامل شیمیایی می رسند.

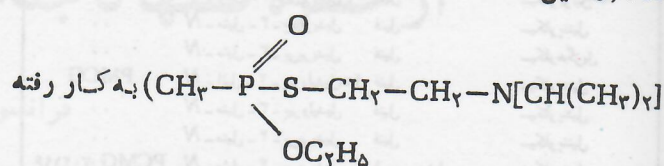
همان طور که پیشتر دیدیم هر چهار عامل اعضای خانواده شیمیایی بزرگی هستند که دارای طبیعت یکسان و ساختار شیمیایی کمی متفاوت می باشند، ولی در عین حال به عنوان عامل شیمیایی به کار می روند. بنابراین هم رده های تعدادی از مواد واسط جدول ۱ در برخی موارد می توانند خود به عنوان مواد اولیه عوامل شیمیایی به حساب آیند. شرح زیر به روشن شدن موضوع کمک می کند.

الف- ناتوان کننده های قوی در خانواده گلیکولات را می توان با تعویض هریک از مواد اولیه BZ موجود در جدول ۱ تهیه کرد. با مراجعه به جدول ۲ می توان ملاحظه کرد، اگر ۳-کینوکلیدنیل جزء مواد اولیه عوامل شیمیایی مهم است پس الکل های دیگر مانند N-متیل-۴-پی پریدینول هم می توانند جزء مواد اولیه عوامل شیمیایی مهم باشند و اگر متیل بنزیلات جزء مواد اولیه عوامل شیمیایی مهم است بنا بر این گلیکولات استر های دیگر نیز می توانند به عنوان مواد اولیه به کار روند. احتمال این جانشینی زیاد است، زیرا موادی که در جدول ۲ کنار BZ قرار گرفته اند همان موادی هستند که به عنوان جانشین BZ پیشنهاد شده اند ولی امروزه فکر جانشین کردن BZ کاملاً متروک شده است.

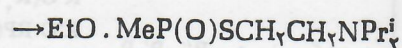
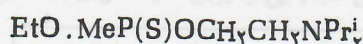
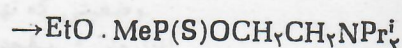
ب- اگر بخواهیم یکی از عوامل شیمیایی V را به عنوان جنگ افزار



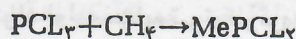
گزارشهای منتشر شده نشان می دهد ترکیب ردیف اول در تولید انبوه VX (o-اتیل-S-۲-دی ایزوپروپیل آمینو اتیل متیل فسفونو تیولات



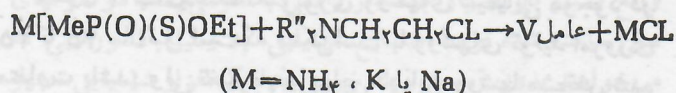
است. کارخانه های ارتش آمریکا در جریان سالهای ۱۹۶۱ تا ۱۹۶۷ با استفاده از این ترکیب، VX موجود در زرادخانه های فعلی خود را تولید کردند. در آخرین مرحله این روش تولید، که به روش «نیوپورت» معروف است، سولفیددار کردن مختلط فسفر (III) مشهور به QL* انجام می گیرد.



جرارت حاصل از واکنش سولفیددار کردن برای انجام ایزومری کردن تیونو-تیولو کافی می باشد. QL را از واکنش تبادل استری دی اتیل متیل فسفونیت به دست می آورند. جسم اخیر خود از متیل دی کلرو فسفین به وسیله روش HTM تولید می شود.



در تمام روشهایی که توانسته اند با روش تبادل استری رقابت کنند، از آمینو اتیل کلرید به منظور وارد کردن گروه استر بازی در مولکول، استفاده شده است. این کلرید یا با واسطی که قبلاً تحت تأثیر واکنش سولفیددار کردن قرار گرفته است واکنش می دهد:



و یا همراه کوگرد با ترکیب واسط فسفر (III) وارد واکنش می شود



دو سیستم مهم که برای تولید جنگ افزارهای دو گانه VX توسعه یافته اند از روش «نیوپورت» پیروی کرده اند. یکی از این سیستمها، واکنش مشابه روش نیوپورت را به کار می برد. در این

* نام شیمیایی QL، (o-اتیل-S-۲-دی ایزوپروپیل آمینو اتیل متیل فسفونیت) است. -م-

جدول ۱. مواد اولیه به کار رفته برای تهیه عوامل شیمیایی.

ردیف	ماده اولیه	تعداد مراحل لازم برای تولید*				
		BZ	VX	GB	GA	H
۱	گوگرد مونوکلرید	-	-	-	-	۱
۲	گوگرد دی کلرید	-	-	-	-	۱
۳	تیودی کلکول	-	-	-	-	۱
۴	۲ - کلر واتانول	-	-	-	-	۲
۵	اتیلن اکسید	-	-	-	-	۲
۶	اتیلن	-	-	-	-	۲ تا ۱
۷	وینیل کلرید	-	-	-	-	۱
۸	دی متیل فسفر آمیدیک دی کلرید	-	-	-	۱	-
۹	متیل فسفونیل دی فلوئورید	-	-	۱	-	-
۱۰	ایزوپروپیل متیل فسفونوکلریدات	-	-	۱	-	-
۱۱	نمکهای اتیل متیل فسفونوآت	-	-	۱	-	-
۱۲	متیل فسفونیل دی کلرید	-	-	۲ تا ۱	-	-
۱۳	دی متیل متیل فسفونات	-	-	۳ تا ۲	-	-
۱۴	دی متیل بیرومتیل فسفونات	-	-	۳ تا ۲	-	-
۱۵	دی ایزوپروپیل متیل فسفونات	-	-	۲	-	-
۱۶	دی اتیل متیل فسفونوآت	-	۲	-	-	-
۱۷	دی ایزوپروپیل آمینو اتیل متیل فسفونیت	-	۱	-	-	-
۱۸	دی اتیل متیل فسفونیت	-	۲	-	-	-
۱۹	اتیل هیدروژن متیل فسفونیت	-	۱	-	-	-
۲۰	متیل دی کلر و فسفونیت	-	۳ تا ۲	۳ تا ۲	-	-
۲۱	دی متیل هیدروژن فسفیت	-	-	۴ تا ۳	-	-
۲۲	دی ایزوپروپیل هیدروژن فسفیت	-	-	۳	-	-
۲۳	تری ایزوپروپیل فسفیت	-	-	۳	-	-
۲۴	فسفر تری کلرید	-	۴ تا ۳	۵ تا ۲	۳	-
۲۵	فسفریل کلرید	-	-	-	۲	-
۲۶	دی متیل آمین	-	-	-	۲	-
۲۷	۲ - دی ایزوپروپیل آمینو اتانول	-	۲	-	-	-
۲۸	۲ - دی ایزوپروپیل آمینو اتیل کلرید	-	۱	-	-	-
۲۹	متیل بنزیلات	۲ تا ۱	-	-	-	-
۳۰	۳ - کینوکلیدینول	۲ تا ۱	-	-	-	-

* BZ: ۳ - کینوکلیدینیل بنزیلات، GB: سارین، GA: تابون و H: گاز خردل

جدول ۲. چند گلیکولات با اثر روانی زیاد

نام شناخته شده	ساختمان شیمیایی R	R'	RO.CO.C(OH)(R')R"
BB	N - متیل - ۳ - پیرویدیل	فنیل	فنیل
..	N - متیل - ۳ - پیرویدیل	فنیل	سیکلو پروپیل
..	N - متیل - ۳ - پیرویدیل	فنیل	سیکلو بوتیل
..	N - متیل - ۳ - پیرویدیل	فنیل	سیکلو پنتیل
..	N - متیل - ۳ - پیرویدیل	فنیل	سیکلو هگزیل
PMCG	N - اتیل - ۲ - پیرویدیل متیل	فنیل	سیکلو پنتیل
..	N - متیل - ۳ - پیرویدیل	فنیل	سیکلو پنتیل
..	N - متیل - ۴ - پیرویدیل	فنیل	سیکلو پنتیل
PCMG: ۳.۲۱۹۶	N - متیل - ۴ - پیرویدیل	۱ - پروپیل	سیکلو پنتیل
EA ۲۸۴۴	N - متیل - ۴ - پیرویدیل	فنیل	ایزوپروپیل
EA ۲۵۸۰	N - متیل - ۴ - پیرویدیل	فنیل	سیکلو بوتیل
..	N - متیل - ۴ - پیرویدیل	فنیل	فنیل
BZ	۳ - کینوکلیدینیل	فنیل	فنیل
..	۳ - کینوکلیدینیل	فنیل	۲ - تی اتیل
..	۳ - کینوکلیدینیل	۲ - تی اتیل	۲ - تی اتیل
..	۳ - کینوکلیدینیل	۳ - تی اتیل	۳ - تی اتیل

جدول ۳. خانواده های مهم گاز اعصاب.

I	R'O(R _p N)P(O)CN
II	R'O.RP(O)F
III	R'O.RP(S)F
IV	R'O.RP(S)N _p
V	R'O.RP(O)OR'
VI	R'O.RP(O)SCH _p CH _p NR''

R', R'' و R مشخص کننده گروههای آلکیل هستند، که می توانند یکسان یا مختلف باشند.

نشان می دهد که مواد اولیه مشابه تیونوفلوئوریدات شماره (III) و تیونوآزیدات شماره (VI) از خانواده سارین را می توان به جدول اضافه کرد، ولی اطلاعات کمی در این مورد وجود دارد.

در مورد خانواده تابون عوامل G، به نظر می رسد که کمتر انتخاب با ارزشی برای جانشین کردن وجود دارد. با توجه به اینکه سمیت همده ۵ - ایزوپروپیل از سمیت تابون بیشتر است و لسی ترکیب شماره ۸ جدول ۱ هنوز به عنوان ماده اولیه تابون به کار می رود. در مورد اینکه همده های N، N بهتر از تابون باشند اطلاعی در دست نیست.

جدول ۱ نشان دهنده تکنولوژی روشهای شیمیایی موجود در ۲۵ تا ۲۵ سال قبل است که ممکن است با روشهای تولید امروزی متفاوت باشد؛ ولی تغییرناپذیری در این روشها مشخص شده است. برای مثال قدرت زیاد پیوند کربن-فسفر در ترکیبات فسفر-آلکیل نشان می دهد که تهیه سزیم متیل فسفونیتها و متیل فسفوناتها (یا همده های فسفر-اتیل) امکان به دست آوردن یک گاز اعصاب نظامی را ساده می کند.

ترجمه محمود شریفی مقدم

• SIPRI Chemical & biological warfare studies, Vol. I, p. 72-82, 1986.
J. P. Perry Robinson

شیمیایی انتخاب کنند مسلماً عامل انتخاب شده VX نخواهد بود بلکه همده ۵ - سیکلو پنتیل آن انتخاب خواهد شد (به دلیل صعب العلاج بودن به وسیله اکسیم). در این صورت همده های ۵ - سیکلو پنتیل واسطه های شماره ۱۱ و ۱۷ جدول ۱ را بایستی به جدول اضافه کرد. بی شک این مطلب در مورد همده های دیگر ۵ - آلکیلها نیز صادق است. عامل VX بین عوامل شیمیایی V که N استخلافی هستند از آنچنان اهمیتی برخوردار نیست (به ویژه برای تولید جنگ افزار شیمیایی دوگانه) که بتوان همده های واسطه های ۱۷، ۲۷ یا ۲۸ را از جدول ۱ حذف کرد. این موضوع در مورد مجموعه فسفر-اتیل عوامل V نیز صادق است. بدین معنی که همده های فسفر-اتیل شماره ۱۱، ۱۶، ۱۷، ۱۸، ۱۹ و ۲۵ را نمی توان از جدول حذف کرد.

ح - همین تذکرات در مورد خانواده سارین عوامل G به ویژه همده های ۵ - آلکیل و p - اتیل قابل قبول است. در مورد همده های p - آلکیل، به ویژه سومان، با آلکلهایی که در هر تولید به کار رفته اند می توان جدولی از آلکلهای به عنوان مواد اولیه سومان تهیه کرد و در این ارتباط می توان از پیناکولیل الکل و ترکیباتی مانند ۲ - کلروسیکلو پنتانول نام برد. همچنین جدول ۳