طب نظامی
بهار و تابستان ۱۳۷۹ شماره ۳/(۱ و ۲)
صفحات ۱۷-۱۱

روشهای نوین تشخیص سریع عوامل جنگهای بیولوژیک

علی کرمی .Ph.D

آدرس گردآورنده : دانشگاه امام حسین(ع) ـ پژوهشکده علوم‌پایه ـ تهران-ایران

مقدمه

توجه روزافزون به اهمیت سلاحهای بیولوژیک و افزایش تهدیدات بکارگیری این عوامل در جنگها، عملیات تروریستی و تهاجم مخفیانه به منابع اقتصادی، ضرورت تشخیص سریع عوامل بیولوژیک نظامی را بطور جدی مطرح ساخته است. برخلاف عوامل شیمیایی و هسته‌ای که در مقادیر بسیار کم توسط دستگاههای تشخیصی بسیار سریع و حتی از فاصله دور قابل شناسایی می‌باشند، عوامل بیولوژیک بدلیل پیچیدگی ملکولی مشکلاتی را در امر تشخیص سریع ایجاد می‌نمایند.

مشکل اساسی و اولیه در برنامه‌ریزی و آمادگی برای مقابله با جنگهای میکروبی، آگاهی از وقوع حمله و حضور عوامل بیولوژیک در منطقه است. روشهای ذکر شده در منابع آموزشی دفاع بر علیه جنگهای بیولوژیک و روشهای تشخیص وقوع حمله عمدتاً مبتنی بر علائمی است که پس از حضور و تأثیر عوامل در موجودات زنده ایجاد می‌شود. در واقع با این روشها تشخیص زمانی صورت می‌گیرد که عامل مؤثر واقع شده و در حال توسعه است، در حالی که تشخیص حضور عامل باید قبل از بروز علائم و صدمات بیشتر باشد.

هدف از تشخیص سریع حمله یا حضور عوامل بیولوژیک عبارت از آگاهی در زمان کوتاهی پس از وقوع حمله و قبل از مبتلا کردن (ناتوانی یا مرگ یا آلوده نمودن اهداف که می‌تواند انسان، منابع آب، دامها و محصولات استراتژیک کشاورزی و غذایی) است بنحوی که اولاً بتوان با اعلام هشدار اقدامات حفاظتی فردی و جمعی ضروری را انجام داد و دوماً از توسعه عامل به سایر مناطق جلوگیری کرده و نیروهای مسئول پدافند و درمان و بهداشتی به پاکسازی و قرنطینه و سایر اقدامات زمان حمله بیولوژیک بپردازند.

روشهای آزمایشگاهی متداول تشخیص میکروبها، استفاده از انواع کیتهای تشخیصی، روشهای غیرابزاری مانند اگلوتیناسون با لانکس و روشهای دستگاهی پیشرفته مانند Bactec که براساس خواص بیوشیمیایی بطور خودکار به تشخیص میکروبها می‌پردازند، بدلیل محدودیتهایی که دارند برای اهداف موردنظر در مناطق جنگی مناسب نبوده و قادر به تفکیک عوامل بیولوژیک دستکاری شده با روشهای مهندسی ژنتیک و عوامل عفونی عادی نیست. متأسفانه کاربردهای غیرصلح‌آمیز از روشهای مهندسی ژنتیک می‌تواند یک میکروب غیربیماری‌زا را به عاملی بسیار کشنده تبدیل نماید.

هم‌اکنون موارد بسیاری از پیوند نمودن ژنهای سموم بسیار خطرناک مانند سم بوتولینوم، ریسین، آبرین، سم مار و عقرب و همچنین ژنهای رمزکننده عوامل کُشنده عفونی مانند وبا، طاعون، سیاه‌زخم به میکروبهای بی‌خطر گزارش شده و بدیهی است در صورت بکارگیری روشهای فوق برای تشخیص این عوامل، آنها را بی‌خطر شناسایی خواهد نمود.

توسعه روشهای زیست‌شناسی ملکولی، شناسایی ژنهای مسئول بیماری‌زایی و حدّت عوامل عفونی خطرناک (Virulence Factor) و ژنهای رمزکننده سموم خطرناک (Tox 'Gene) این امکان را فراهم ساخته است که بتوان با این روشها با دقت و سرعت فراوان به شناسایی این میکروبهای خطرناک پرداخت. کارایی این روشها در عرصه عمل و مناطق جنگی مورد آزمایش بوده بنحویکه در جنگ خلیج‌فارس نیروهای متحد غربی با احتمال بکارگیری عوامل بیولوژیک توسط عراق از این نوع روشها استفاده و تجهیزات موردنظر را بکار گرفتند.

بطور کلی روشهای نوین تشخیص و طبقه‌بندی عوامل

عفونی عبارتند از:

۱- واکنش زنجیره‌ای تولید دی.ان.آ در لوله آزمایش (Polymerase Chain Reaction) یا PCR.

۲- کاوشگرهای ژنی.

۳- بررسی اسیدهای نوکلئیک و تعیین ردیف آنها.

۴- تراشه‌های ژنی.

۵- روشهای ایمنی‌شناسی.

۶- فلوسیتومتری - مس‌اسپکترومتری.

۷- حسگرهای زیستی.

روش PCR

در این روش با تقلید فرایند همانندسازی ماده ژنتیکی و با استفاده از دستگاه چرخه حرارتی امکان تکثیر بخش خاصی از ژنهای میکروبهای عفونی و شناسایی آن وجود دارد. بدین ترتیب که با حضور مقدار اندکی از ماده ژنتیکی میکروب (حدود ۵ تا ۱۰۰ سلول میکروب در نمونه) در طی این فرایند میلیونها نسخه از آن همانندسازی می‌شود که با بررسی محصول حاصل تشخیص حاصل می‌گردد. امروزه از این روش جهت تشخیص عوامل عفونی مانند هپاتیت سی، سل، لژیونلا که میکروب عامل بیماری ریوی است و بسیاری دیگر استفاده می‌شود. بدلیل حساسیت و دقت بسیار زیاد این روش ارزش خود را جهت کاربردهای نظامی نشان داده است.

روشهای بسیار مختلفی برای این آزمایش ابداع شده است. زمان موردنیاز در PCR معمولی حدود ۳ تا ۵ ساعت است ولی روشهای بسیار سریعتری مانند PCR سریع ابداع شده که در زمانی کوتاهتر از ۳۰ دقیقه به تشخیص عامل عفونی می‌پردازد.

اخیراً همراه نمودن این سیستم با دستگاه فلوریمتر (Flourimeter) برای تشخیص پیشرفت فرایند با سرعتی فوق‌العاده در زمانی کمتر از ۱۵ دقیقه امکان شناسایی عوامل بیولوژیک را فراهم ساخته است. در این روش از مواد نشاندار فلورسنتی استفاده می‌شود که با پیوند مواد ژنتیکی در حال همانندسازی امکان اندازه‌گیری نور حاصل و تشخیص سریع را فراهم می‌سازد که به (Light Cycler) موسوم است. با استفاده از این روش آزمایشگاههای سیاری ساخته شده که در منطقه عملیاتی به نمونه‌پردازی و آزمایش مداوم می‌پردازد.

با توجه به نیاز به تشخیص‌گرهای انفرادی اخیراً دستگاههای فوق‌العاده کوچک انفرادی با حجمهای واکنش بسیار کم و منبع تغذیه ۹ ولت ساخته شده که دارای محفظه واکنش از جنس سیلیکون می‌باشد و در مناطق نظامی و عملیاتی توسط افراد برای تشخیص سریع عوامل میکروبی استفاده می‌شود.

تعیین ردیف ژنها

برای افزایش دقت تشخیص به میزان قابل اعتماد، تعیین ردیف DNA یا RNA حاصل از آزمایش PCR به کمک دستگاه خودکار تعیین ردیف ژن و یا بررسی آن با الکتروفورز موئین امکان‌پذیر است که به کمک اشعه بسیار باریک لیزر ردیف رمزهای ژنی خوانده می‌شوند. در این صورت رمزهای شناسایی شده بلافاصله به رایانه وارد شده و با مقایسه با بانک اطلاعات هزاران ژن عوامل بیولوژیک احتمالی که قبلاً به حافظه آن داده شده نتیجه تشخیص بلافاصله و با دقت فوق‌العاده زیاد گزارش می‌گردد. این روش همانند انگشت‌نگاری ژنتیکی است و با توجه به ویژگیهای خاص هر میکروب به شناسایی می‌پردازد که زمانی بین ۲ تا ۵ ساعت را لازم دارد.

جدیدترین و سریعترین روش تعیین ردیف ژنها که می‌تواند کاربرد خوبی در شناسایی عوامل داشته باشد به Pyrosequensing معروف است که توسط گروهی از محققین در دانشگاه صنعتی سوئد ابداع گردیده و قادر است در عرض کمتر از چند دقیقه قطعات کوچک DNA را شناسایی نماید.

کاوشگرهای ژنی (Gene Probe)

کاوشگرها ردیف کوچک و اختصاصی از DNA تک رشته‌ای هستند که از روی رمزهای ژنتیکی میکروبها طراحی و سنتز شده و توسط مواد رادیواکتیو مانند سولفور ۳۵ یا فسفر ۳۲ و یا عوامل غیررادیواکتیو مانند فلورسانس، لومینسانس، دیگوکسی‌ژنین (Digoxygenin) و انواع آنزیمها و مواد دیگر نشان‌دار می‌شوند. با اضافه کردن این کاوشگرها به نمونه در طی

مراحل دو رگه‌سازی (اتصال کاوشگر به ردیف مکمل خود) در صورت حضور عامل بیولوژیک موردنظر کاوشگر بطور اختصاصی به ژنوم نمونه مجهول در محل مشخصی متصل می‌شود. با شستشوهای مکرر کاوشگرهای اضافی و یا کاوشگرهایی که بطور غیراختصاصی به جایگاههایی غیر از محل اصلی و با پیوندی ضعیف‌تر در مقایسه با پیوند کامل در محل موردنظر متصل شده‌اند حذف شده و در مراحل آشکارسازی بر اساس نوع ماده نشان‌دار شناسایی صورت می‌گیرد. می‌توان با مخلوطی از کاوشگرهای مختلف به بررسی شناسایی چند عوامل بیولوژیک در نمونه مجهول پرداخت. آژانس تحقیقات پیشرفته دفاعی آمریکا (DARPA) با استفاده از کاوشگرهای نشان‌دار شده با مواد فلورسانس و روش PCR سریع دتکتورهای انفرادی عوامل بیولوژیک را تهیه نموده است. بیوسنسورهای مجهز به کاوشگرهای ژنی برای تشخیص ردیف خاصی از DNA عوامل بیولوژیک نیز قادر به تشخیص عوامل است. این بیوسنسورها حاوی ابزارهای پیزوالکتریک و اکوستیک امواج و همچنین روش فلورسانس داخلی (Total Internal Reflection Fluorscence) یا TIRF می‌باشد.

تراشه ژنی (Genechip)

روش کاملاً نوینی در عرصه تشخیص بسیار سریع عوامل بیولوژیک، سرطانها و بیماریهای ژنتیکی است. در این روش با استفاده از تراشه‌های الکترونیکی که دهها تا صدها هزار کاوشگر که براساس ردیف DNA عوامل بیولوژیک طراحی شده است بروی آن نصب گردیده، امکان شناسایی انواع عوامل بیولوژیک وجود دارد. بعنوان نمونه تراشه ژنی حاوی ۱۵۰۰۰ کاوشگر مختلف برای تشخیص سریع انواع ویروس ایدز طراحی شده است. علاوه بر این می‌توان با روش تشخیص همزمان چندین عامل با بکارگیری کاوشگرهای نشان‌دار شده‌ای که دستگاه بتواند با رنگهای مختلف آنها را شناسایی نماید، امکان شناسایی عوامل مختلف بیولوژیک در یک نمونه وجود دارد. دلیل این عمل احتمال بکارگیری بیش از یک عامل بیولوژیک در تهاجم میکروبی جهت افزایش کارایی، گمراه نمودن سیستم دفاع بیولوژیک و تأخیر در تشخیص است.

بیوسنسورها یا حس‌گرهای زیستی (Biosensors)

حس‌گرهای بیولوژیک که تلفیقی از زیست‌شناسی و الکترونیک است با بکارگیری گیرنده‌های اختصاصی که می‌تواند مبتنی بر سیستمهای آنزیمی و یا واکنشهای پادتن و پادگن باشد تهیه گردد.

استفاده از گیرنده‌های بسیار اختصاصی عوامل بیولوژیک و پیوند آن با نشانگرهای الکترونیک می‌تواند بعنوان یک دتکتور فوق حساس و اختصاصی عمل کند بنحویکه با حضور غلظت بسیار کمی از عامل و پیوند آن با گیرنده اختصاصی با ارسال امواجی سبب فعال شدن بخش الکترونیک حس‌گر شده و در نتیجه هشدار حضور عامل به دستگاهها و مراکز کنترل صادر گردد.

روشهای ایمونولوژیک

یکی دیگر از روشهای ارزشمند تشخیصی که کارایی آن در عرصه علوم‌پزشکی مشخص شده است روش الایزا (Elisa) است که بدلیل دقت و سرعت مورد توجه مراکز دفاع نظامی قرار گرفته است. تیروهای نظامی غربی عمل‌کننده در جنگ خلیج‌فارس بدلیل ترس از بکار بردن عوامل بیولوژیک توسط عراق از این روش در آزمایشگاه سیار تشخیص عوامل بیولوژیک که قادر است در عرض مدت کوتاهی حضور چند عامل بیولوژیک در منطقه عملیات را در مقادیر بسیار کم تشخیص دهد استفاده نمود.

با حرکت خودرو در منطقه، نمونه هوا بطور مداوم جمع‌آوری و توسط بیولومینومتر موجود در آزمایشگاه سیار وجود عوامل بیولوژیک در نمونه را تشخیص می‌دهد. سپس یک فلوسیتومتر با شکستن ذرات بیولوژیک به اجزاء آن به بررسی اینکه آیا این عوامل محیطی هستند یا باکتری عامل بیماری‌زا می‌پردازد و سپس دو دستگاه دیگر با استفاده از واکنش آنتی‌بادی و آنتی‌ژن به بررسی حضور عوامل بیولوژیک جنگی در نمونه می‌پردازد. این عمل با مخلوط کردن نمونه با پادتنهای ضد عوامل مانند سم بوتولینوم، سم ریسین، عامل سیاه‌زخم و عوامل دیگر می‌پردازد. مدت آزمایش بین ۱۰ تا ۱۲ دقیقه طول می‌کشد.

تستهای نواری (Smart Tickets) (نوار باریکی از کاغذ حساس که در آن پادتنهای اختصاصی عوامل بیولوژیک قرار دارد و در حضور عامل موردنظر در نمونه با واکنش آنزیمی تغییر رنگ می‌دهد) بدلیل سهولت استفاده در مناطق جنگی بشدت مورد توجه قرار گرفته و در عرض کمتر از چند دقیقه تشخیص صورت می‌گیرد. نیروهای ناتو به دتکتورهایی از این نوع مجهز هستند که قادر به تشخیص عوامل بیولوژیک شامل باکتریها، ویروسها و سموم بیولوژیک است.

آژانس تحقیقات پیشرفته دفاعی آمریکا به تهیه یک دتکتور بیولوژیک با استفاده از فیبر نوری پوشیده با پادتنهای اختصاصی ضد عوامل بیولوژیک پرداخته است. وزن این دستگاه یک کیلوگرم است و آزمایشات، موفقیت آن را در تشخیص سم بوتولینوم به میزان ۵ نانوگرم در میلی‌لیتر در عرض زیر یک دقیقه نشان داده است. سایر عوامل مانند سم ریسین، عوامل سیاه‌زخم و طاعون با تعداد ۱۰۰۰ باکتری در میلی‌لیتر را می‌توان با این دستگاه تشخیص داد.

تجزیه پروتئینی برای تشخیص عوامل

از پیشرفته‌ترین روشهای تشخیص عوامل بیولوژیک تعیین نقشه پروتئینی آنها بکمک روشهای ملکولی مانند الکتروفورز با لوله موئین است که بخصوص برای تشخیص سموم یا پپتیدهای با منشأ بیولوژیک مانند برادی‌کینین، وازوپرسین، اکسی‌توسین، بومبزین و انکفالینها بکار می‌رود که در عرض ۱۰ دقیقه همه این پپتیدها از هم تفکیک شده و مورد شناسایی واقع می‌شوند. با توجه به اینکه در ساختار این مواد DNA وجود ندارد، از روشهای بررسی ژنی مانند PCR نمی‌توان به تشخیص آنها پرداخت.

فلوسیتومتری (Flow Cytometry)

از روش فلوسیتومتری جهت بررسی خصوصیات سلولها استفاده می‌شود ولی اغلب این دستگاهها بسیار بزرگ و غیرقابل حمل هستند. اخیراً فلوسیتومتر بسیار کوچک، دقیق و قابل حملی موسوم به فلوسیتومتر کوچک (مینی‌فلو) ساخته شده که در خودرو تشخیص عوامل بیولوژیک ارتش آمریکا موسوم به بـــــیدز (Biological Integrated Detection System) استفاده می‌شود.

آئروسلهای (ذرات کوچک قابل تنفس) حاوی عوامل بیولوژیک در یک نمونه مایع به اجزاء کوچکتر خود شکسته می‌شوند و یک نوع رنگ با فرمول خاص به آن اضافه می‌شود. سپس نمونه به مرکز جریان سریعی از مایعی تزریق می‌شود که از روزنه‌ای عبور و یک باریکه نوری به آن تابیده می‌شود و نور حاصل از بازگشت اندازه‌گیری می‌شود.

در صورت وجود سلولهای باکتری در نمونه نورهای منعکس شده از آن در زوایا و طول موجهای مختلف با استفاده از فیلترهای مخصوص و لوله تقویت‌کننده‌ای جمع‌آوری شده و اطلاعات مربوطه در مورد شکل و اندازه و همچنین میزان نور آن با روش Pattern Recognition مورد بررسی قرار می‌گیرد. بدین طریق باکتریها از بین سایر عوامل بیولوژیک محیطی مانند دانه‌های گرده و گرده قارچها و غیره تفکیک می‌شوند. اخیراً فلوسیتومتری با روش جدید فسفورسانس طراحی شده است که می‌تواند ۶۰ نوع عامل بیولوژیک را بطور همزمان تشخیص دهد. این دستگاه قادر است با روشهای نوری و الکتریکی با سرعت ۱۰۰۰ سلول در ثانیه با نمونه‌برداری مداوم به تشخیص حضور عوامل بپردازد. جهت تشخیص ذرات بسیار ریز مانند ویروسها و پروتئینها، از دانه‌های بسیار ریز و مخصوصی که سطح آن پادتنهای ضد عوامل بیولوژیک پوشانده شده استفاده می‌شوند. در صورت حضور عوامل بیولوژیک ویروسی از طریق پادتنهای اختصاصی به این ذرات متصل شده و با شناسایی ذرات تشخیص صورت می‌گیرد.

گاز کروماتوگرافی و مس اسپکترومتری

از این روشها قبلاً برای تشخیص عوامل شیمیایی استفاده شده است ولی تلاش برای استفاده از آن برای تشخیص عوامل بیولوژیک بدلیل بزرگی و شکننده بودن عوامل بیولوژیک برای مس اسپکتروسکوپی مناسب امکان‌پذیر بوده است. آژانس تحقیقات دفاعی ارتش انگلیس توانسته است حضور پروتئین و ویروسها را توسط مس اسپکترومتر نشان دهد. این مشکل توسط محققین این آژانس با استفاده از سیستم یونیزه‌کننده

(Electrospray Ionization) به روش افشانه الکتریکی که امکان انجام آن را در فاز مایع امکان‌پذیر ساخته و مرتفع شده است که در آن عامل بیولوژیک بطور کاملاً دست نخورده باقی می‌ماند. این روش همچنین سبب می‌شود که یونها چندین شارژ مختلف داشته باشند که سبب کاهش نسبت جرم به شارژ تا نقطه‌ای می‌شود که قابل اندازه‌گیری برای دستگاه است.

روش دیگر استفاده از دستگاه مالدی (Matrix Assisted Laser Desorption Ionization) است. در این روش از یک تابش بسیار سریع لیزر برای یونیزه‌کردن ملکولهای درشت بیولوژیک قرار گرفته به روی یک سطح استفاده می‌شود. مرکز تحقیقات بیماریهای عفونی ارتش آمریکا در حال تهیه نوع بسیار کوچک مالدی همراه با مس اسپکترومتر برای تشخیص عوامل بیولوژیک در منطقه جنگی است.

در دستگاه تشخیص عوامل بیولوژیک ارتش انگلیس موسوم به Biological Detection System یا BDS که در جنگ خلیج‌فارس بکار گرفته شد از روش آنزیمی استفاده شد. آنزیم بکار رفته لوسیفراز بود که برای تشخیص حضور ATP که در تمام سلولهای زنده وجود دارد استفاده می‌شد. این روش قادر است حضور ۱۰۰۰ سلول باکتری را در نمونه در عرض چند دقیقه تشخیص دهد. آژانس تحقیقات وزارت دفاع انگلیس در حال تهیه یک لومینومتر جریان مداوم Continuous-Flow Luminometer است که با سرعت بالا و روشی آسان حضور ATP را در غلظت کم اندازه‌گیری کند. این روش می‌تواند برای ساخت سیستم هشداردهنده حضور غلظت بسیار کم مواد میکروبی در عرض چند دقیقه بجای ساعتها و روزها در روشهای متداول استفاده شود.

روشهای دیگری چون مس اسپکترومتر با افشانه الکتریکی برای تشخیص حضور عوامل بیولوژیک در ابر آئروسل توسط مرکز جنگهای میکروبی کانادا طراحی و مورد استفاده قرار گرفته است که به دستگاه CIBAD یا (Canadian Integrated Biological Agent Detection System) سیستم تشخیص عوامل بیولوژیک کانادا موسوم است. نوع جدید این دستگاه موسوم به CIBAD II برای مرکز تحقیقات دفاعی سافیلد کانادا (DRES) ساخته می‌شود که واجد بخشهای تشخیص و شناسایی عامل است که شامل ابزارهایی نمونه‌گیری، دستگاه تشخیص ذرات فلورسنت فلاپس (Fluorescence Aerodynamic Particle Sizer) یا FLAPS حس‌گرهای هواشناسی و گیرنده تعیین موقعیت ماهواره‌ای (Global Positioning System) یا GPS است. ادعا می‌شود که این دستگاه تنها سیستم تشخیصی در جهان است که قادر است حضور عوامل زنده را از بین سایر ذرات موجود در نمونه‌های هوا تشخیص دهد. سیستم قادر است عوامل شیمیایی و بیولوژیک را در غلظتهای بسیار کم تا حدود پنج ذره عامل میکروبی در یک لیتر هوا را تشخیص دهد و دستگاه فلاپس می‌تواند با بررسی میزان فلورسانس ایجاد شده در اثر تابش لیزر ماوراء بنفش تعیین کند که ذرات بیولوژیک هستند یا غیربیولوژیک. آزمایشات صحرایی با این دستگاه انجام شده است و قادر است با جمع‌آوری نمونه‌ها و ارسال آن به دستگاه شناسایی که براساس روشهای پادتن و پادگن و یا سایر روشهای شناسایی عمل می‌کند به شناسایی عامل می‌پردازد.

تمام مراحل جمع‌آوری نمونه تا شناسایی دقیق عامل ۱۵ دقیقه طول خواهد کشید. وزن سیستم شناسایی عوامل بیولوژیک CIBADS II به ۴۵ کیلوگرم می‌رسد و کاملاً بطور خودکار عمل کرده و ۱ کیلووات انرژی مصرف می‌کند.

ارتش آمریکا سال گشته خودرو مجهز به سیستم فلاپس و مس اسپکترومتر تشخیص عوامل شیمیایی بیولوژیک را وارد سرویس نظامی خود نمود. دستگاه دتکتور بیولوژیک نصب شده به روی چرخ بال که در سال ۹۶ وارد کار شد واجد سیستمهای تشخیص و هشدار می‌باشد که بیشتر در سرویسهای خارجی و نیروهای عمل‌کننده در سایر کشورها و مناطق پرخطر عمل می‌کنند. فرماندهی سیستمهای دریایی آمریکا بعنوان مرکز اصلی ارائه دستگاههای تشخیص عوامل بیولوژیک برای نیروهای آمریکایی مستقر در سایر مناطق جهان است که دستگاه دتکتور بیولوژیک (Interim Biological Agent Detection System) یا IBADS را در اختیار آنان قرار می‌دهد. در سال ۱۹۹۶ تعداد ۲۴ دستگاه از این دتکتورها در مقر نیروهای هوایی آمریکا مستقر در کره جنوبی نصب شد.

روشهای تشخیص از راه دور (Remote Sensing)

ایده‌آل‌ترین حالت جهت پیشگیری از صدمات سلاحهای بیولوژیک تشخیص حضور عوامل بیولوژیک قبل از رسیدن ابر آئروسل به منطقه استقرار نیروها می‌باشد. تشخیص ذرات و آئروسلها در اتمسفر که در هواشناسی پیشرفته کاربرد فراوان دارد به دورسنجی موسوم است که پیشرفته‌ترین آن (Light Detection and Ranging) یا LIDAR می‌باشد که برای تشخیص حضور عوامل بیولوژیک در ابر آئروسل پخش شده در فواصل دور نیز می‌تواند بکار رود که با ارسال امواج لیزر با طول موج و نوسان مشخص و برخورد به ابر آئروسل و بازگشت آن به آنتن‌های مخصوص توسط برنامه‌های پیشرفته رایانه‌ای جذب ملکولی محاسبه و اطلاعات ساختاری ذرات موجود در آئروسل مورد شناسایی قرار می‌گیرد. این دستگاه دارای انواع ثابت و متحرک است. نوع متحرک این سیستم بر روی چرخ بال نصب شده و قادر است حضور ابر آئروسل بیولوژیک را در فاصله ۳۰ کیلومتری تشخیص دهد. این عمل با پردازش و محاسبه لحظه‌ای علائم دریافتی (Real Time Signal Processing) به کمک پردازشگرهای حاوی اطلاعات بیولوژیک صورت می‌گیرد.

دستگاه تشخیص سریع عوامل بیولوژیک با سیستم تحریک نور ماوراء بنفش بوسیله تریپتوفان عمل می‌کند و به Short Range Biological Standoff Detection System موسوم است. هزینه ساخت این دستگاه حدود ۱۰ میلیون دلار است. در ضمن بخش تحقیقات دفاع بیولوژیک ارتش آمریکا دستگاه دیگری از همین سیستم با توان تشخیص در فواصل بیشتر قابل نصب به روی چرخ بال تا فاصله ۱۵ کیلومتر را نیز در اختیار دارد.

از دتکتورهای دیگر عوامل بیولوژیک و نمونه‌برداری هوا برای آئروسلهای بیولوژیک می‌توان به واحد نمونه‌برداری و تشخیص‌دهنده متحرک آئروسلهای بیولوژیک یا ماسو (Mobile Aerosole Sampling Detection Unit) که طرح مشترک کانادا و انگلیس برای ساخت دتکتورهای سریع عوامل بیولوژیک است اشاره کرد که با استفاده از نمونه‌بردارهای بسیار خوب دیکوتوموس (Dichotomous Sampler) و تعیین اندازه آئروسل به کمک دستگاههای اندازه‌گیر آئرودینامیک ذرات (Aerodynamic Particle Sizer) و همچنین اندازه‌گیرهای آئروسلهای بیولوژیک ۶، ۸ و یا ۱۰ طبقه موسوم به اندرسن (که قادر است اندازه آئروسلهای بیولوژیک عوامل زنده را مشخص کند) با لحاظ کردن عوامل منطقه مانند اطلاعات جغرافیایی (سرعت باد، جهت باد، رطوبت، دما و پوشش منطقه) دینامیک ابر آئروسل بیولوژیک، پراکندگی و غلظت آن را محاسبه و اعلام می‌نماید.

آئروبیولوژی (Aerobiology)

خودرو تشخیص عوامل بیولوژیک آمریکا (بیدز) با استفاده از یک نمونه‌بردار و اندازه‌گیر آئروسل آئرودینامیک با حجم بالا (High Volume Aerodynamic Particle Sizer) که بطور مداوم از هوا نمونه‌برداری نموده و از یک مجرا عبور می‌دهد اندازه آئروسلها تعیین می‌شوند. بدین روش که خروجی یک اشعه بسیار باریک و دقیق لیزر به دو اشعه تقسیم می‌شود و به دو نقطه در مسیر مجرای عبور آئروسلها متمرکز می‌گردد. نور بازتاب توسط ذرات در مسیر عبور نمونه به یک لوله تقویت‌کننده امواج جمع‌آوری و تقویت می‌شود. زمانیکه طول می‌کشد تا ذره از بین دو شعاع عبورکند برای اندازه‌گیری قطر ذره استفاده می‌شود.

ارتش آمریکا بودجه‌ای بالغ بر ۳۱/۸ میلیون دلار برای ساخت دستگاه تشخیص دقیق عوامل بیولوژیک در محل (Joint Biological Point Detection System) برای جایگزینی با سیستمهای بیدز و IBADS در نظر گرفته است که در خودروها، کشتیها، مقرها و ایستگاههای شناسایی ثابت و سیار نصب خواهد شد. هدف تهیه دستگاهی با اندازه کوچک، وزن کم و قدرت تشخیص سریع سموم بیولوژیک، ویروسها و باکتریها در زمانی کوتاه است و برای دستیابی به این هدف از تمام فن‌آوریهای نوین شامل کاوشگرهای ژنی، مس اسپکترومتری با افشانه الکتریکی و فلوسیتومتری با مواد پایدارتر و شیمی تشخیص ساده‌تر استفاده می‌شود.

وزارت نیرو و آزمایشگاه ملی لوس‌آلاموس آمریکا سه نوع از دستگاههای تشخیص آئروسل از راه دور را تهیه کرده که

قادر به نصب به روی هلیکوپتر و خودرو می‌باشد. سال گذشته فرماندهی نیروی هوایی آمریکا نصب این دستگاهها را به روی هلیکوپترهای Black Kawk تأیید نمود. این دتکتورها براساس سیستم لیدار کار می‌کنند و قادر هستند که تمام آئروسلهای بیولوژیک را براساس میزان پخش، غلظت، موقعیت و اطلاعات دیگر برای اهداف تاکتیکی و فاصله ۱۰۰ کیلومتر برای اهداف استراتژیک شناسایی نمایند. دتکتور بیولوژیک راه دور دیگری توسط شرکت Schwartz Electro-Optics با بودجه ۱۱ میلیون دلار از طرف فرماندهی دفاع بیولوژیک شیمیایی آمریکا تهیه شده است. این دتکتور لیزری به روی هلیکوپترهای UH-60 نصب شده و با استفاده از سیستم پایدارکننده برای افزایش کارایی نیروهای مخصوص برای شناسایی دقیق جایگاه و مقر سلاحهای شیمیایی و بیولوژیک دشمن و سیستم انتقال آنها در فاصله ۵۰ کیلومتری می‌باشد.

اهداف دراز مدت این تحقیقات تهیه خودرویی برای تشخیص عوامل بیولوژیک و شیمیایی است که بدون نیاز به کاربر انسانی بطور مداوم به تشخیص سریع و هشدار حضور عوامل بپردازد. بدیهی است با افزایش سرعت و دقت دستگاههای تشخیص سریع عوامل بیولوژیک امکان پیشگیری از صدمات گسترده این سلاحها که هر روز به عنوان تهدید بیشتری مطرح می‌گردند فراهم می‌شود.

References

1. Computerized Nuclear, Biological and Chemical (NBC) Analysis System. The Commerce Business Daily, 8/21/96.

2. Whitten WB, Shapiro MJ, Ramsey JM, and Bronk BV (1995). Appl; 34: 3203-07.

3. Flemimger A, et al. (1995). Applied and Environmental Microbiology, pp.4357-61.

4. Brecht J, et al. (1995). Optical Probes and Transducers, Biosensors and Bioelectronics, pp.923-36.

5. Vernon Loeb and Walter Pincus (1999). Detector Reads DNA, New Device Can Sense Germ Arms, Washington Post, March 3, Page A20.

6. The Utility of Sampling and Analysis for Compliance Monitoring of the BWC, Jonathan B, Tucker, Editor, February 1997, Lawrence Livermore National Laboratory (Proceedings of a Workshop Held in Washington DC, October 1996).

7. Chemical-biological agent mass spectrometer being built at ORNL. Washington Fax 07/09/1998 July 9, 1998.

8. Wittwer CT, et al. (1997). The Lightcycler: A microvolume multisample fluorimeter with rapid temperature control. Biotechniques; 22(1): 176-81.

9. US Corps (1999). Animals Vulnerable to Biological Warfare, Fox News, October 27.

10. Kim Y, et al. (1999). Bacterial Fingerprinting by flow cytometry: Bacterial Species Discrimination. Cytometry; 36(4): 324-32.

11. Belgrader P (1998). Rapid Pathogen detection using a microchip PCR array instrument. Clin Chem ; 44(10): 2191-94.