

**اکولوژی (بوم شناسی) و مدیریت شب پره پشت الماسی:**

**مشکلات، پیشرفت و چشم اندازها**

**چکیده**

رشد چشمگیر کشاورزی و تولید بیشتر محصولات نباتی و دانه های روغنی طی دو دهه گذشته، وضعیت آفات شب پره پشت الماسی (DBM)، Plutella xylostella L. را افزایش داده است و در حال حاضر برآورد شده است که سالانه 4 تا 5 میلیارد دلار برای اقتصاد جهانی هزینه در بر داشته باشد. درک ما از برخی از جنبه های اساسی بیولوژی و اکولوژی DBM، به ویژه در مورد روابط گیاهان میزبان، تعاملات تریتروفیک و مهاجرت به طور قابل توجهی بهبود یافته است، اما دانش ما از جنبه های دیگر مانند توزیع جهانی و فراوانی نسبی آن، به طرز شگفت آوری محدود باقی مانده است. کنترل بیولوژیکی هنوز هم تقریباً به طور انحصاری روی تعدادی از انواع پارازیتوئیدهای (انگلهای) هیمانوپتران متمرکز است. اگرچه اینها می توانند بسیار مؤثر باشند ، اما حشره کش ها همچنان اساس مدیریت را تشکیل می دهند؛ استفاده نامناسب از آنها پارازیتوئیدها را مختل می کند و باعث مقاومت در برابر محصولات موجود می شود. درک اکولوژیکی بهبود یافته و در دسترس بودن مجموعه ای از حشره کش های انتخابی بسیار مؤثر در طول دهه 1990، پایه و اساس رویکردهای مدیریت یکپارچه آفات پایدار و از نظر اقتصادی مقاوم (IPM) را فراهم کرد. با این حال، رجوع مکرر به برنامه های حشره کش برنامه ریزی شده منجر به مقاومت در برابر این ترکیبات اخیراً معرفی شده و خرابی برنامه های IPM شده است. در حال حاضر، فناوری های اثبات شده ای برای مدیریت پایدار DBM وجود دارند، اما غلبه بر موانع اتخاذ پایدار آنها همچنان به عنوان یک چالش بزرگ باقی مانده است.

**کلمات کلیدی**: Plutella xylostella، مدیریت یکپارچه آفات، کنترل بیولوژیکی، روابط گیاه میزبان، مقاومت در برابر داروی حشره کش، محصولات Bt-Brassica

**مقدمه**

هنوز بیست سال نشده است که Talekar و Shelton (168)، بررسی های برجسته خود در مورد شب پره پشت الماسی (DBM)، Plutella xylostella L. (Lepidoptera: Plutellidae) را منتشر کرده اند، در حال حاضر به طور قابل توجهی در مورد جنبه های بسیار زیادی از زیست شناسی (34، 147، 155، 161)، بوم شناسی (125، 129) و ژنتیک (12) آن آگاهی داریم. با وجود این پیشرفت ها، DBM وضعیت خود به عنوان مخرب ترین عضو مجتمع آفات حشرات که به مزارع نباتی کلزا (Brassica) در مناطق مختلف جهان حمله می کنند (34، 147، 155، 161، 165، 167) را حفظ کرده است و در صورت تناوب این حملات، به طور فزاینده یک تهدید مهم برای تولید کلزا محسوب خواهد شد (45).

بین سال های 1993 و 2009، در سطح جهانی محصولات نباتی Brassica تا 39 درصد افزایش یافته است و در سال 2009 تخمین زده شده است که 3.4 میلیون هکتار در سراسر جهان (38) رشد داشته باشد. همزمان با این تغییر، شیوه های کشاورزی افزایش یافت و به دنبال آن محصول کلم نیز 27 درصد رشد داشته اس و اکنون نباتات برزیکا بیش از 26 میلیارد دلار برای اقتصاد جهانی کمک کرده است (38). در همان دوره، سطح زیر کشت گیاهان روغنی کاشته شده 59٪ افزایش یافت، و در سال 2009 بیش از 31 میلیون هکتار در سطح جهان کشت شد (38)، و این غالباً در مناطقی بود که قبلاً در آنجا این محصول کشت نشده بود. این تغییرات منجر به تغییرات قابل توجهی در بسیاری از مناظر محلی شده است (45) و چالش های تجدید نظر شده ای را برای مدیریت DBM (143) فراهم اورده است.

Talekar و Shelton (168) بر اهمیت اقدامات کارگاه های بین المللی در مورد DBM که در سالهای 1985 و 1990 برگزار شد (165 ، 167)، تأکید کردند. چهار کارگاه اضافی که بین سالهای 1996 و 2011 تشکیل شد و هر یک اقدامات ارزشمندی درمورد تحقیقات معاصر DBM انجام دادند (34، 147، 155، 161). با توجه به این بدنه کار، از بسیاری از نشریات موجود در مقالات دانشگاهی و از تغییراتی که از سال 1993 در تولید محصولات زراعی برزیکا رخ داده است، موقع آن رسیده است که دانش خود در مورد اکولوژی و مدیریت DBM را مورد بررسی قرار داده و آن را در متن فعلی قرار دهیم.

**توزیع DBM، مدیریت فعلی و هزینه های اقتصادی**

علیرغم وضعیت آفات DBM و ادعاهایی در مورد اینکه این گسترده ترین توزیع از تمام پولک بالان (Lepidoptera) است (168)، درک فعلی ما از توزیع جهانی و فراوانی نسبی آن محدود است (187). نقشه توزیع اصلی (25) ترکیبی از سوابق توزیع ناقص است ، و این نسخه اخیراً توسط نسخه ای جایگزین شده است که کشورهایی را که گزارش DBM در آن گزارش شده است را ثبت می کند (16).

Zalucki و Furlong (187) یک مدل بیوشیمیایی را برای DBM توسعه داده و مورد تأیید قرار دادند که توزیع اصلی آن را پیش بینی می کند که این در طول سال و همچنین مناطقی که می تواند آفت فصلی باشد، ادامه می یابد (شکل 1). این مدل همچنین فنولوژی (پدیده شناسی) فصلی متغیر نشان داده شده توسط DBM در سراسر دامنه وسیع مربوط به آن را پیش بینی می نماید (189) و تأثیرات محدودکننده جمعیت باران زیاد و دمای شدید (82) که می تواند از مقاومت در طول سال جلوگیری کند را نشان می دهد (55، 58). علاوه بر این، این مناطقی را مشخص می کند که از نظر فصلی برای رشد جمعیت DBM مناسب هستند، مناطقی که در آن شیوع آفات می تواند به دنبال هجوم DBM افزایش یابد (31).

با وجود تلاش قابل توجه برای توسعه رویکردهای یکپارچه برای مدیریت DBM (39، 51)، اکثریت قریب به اتفاق محصولات برزیکا به صورت پیشگیری با حشره کش ها می باشند (51). این شیوه در کشورهای گرمسیری بسیار کاربرد دارد جاهایی که محصولات غیر منتخب، اغلب مخلوط می شوند، و این شیوه معمولاً 1 تا 2 بار در هفته بر روی آنها اعمال می شود (5، 51، 96)؛ با این حال، استفاده بیش از حد از حشره کش ها در برابر DBM محدود به جهان در حال توسعه یا مناطق استوایی نمی شود (95). چنین شیوه هایی باعث افزایش انتخاب مقاومت حشره کش (81)، نابود کردن دشمنان طبیعی (44) و آلوده کردن محیط می شود. آنها همچنین گران قیمت هستند، و یک مطالعه جدید (189) تخمین زده است که كنترل سالانه DBM در محصولات گیاهی برزیکا به تنهایی 1.4 میلیارد دلار در سراسر جهان هزینه در بر دارد، در صورت ضرر در بازده به 2.7 میلیارد دلار افزایش می یابد و در صورت ضرر و زیان DBM و هزینه های كنترل به 4-5 میلیارد دلار نیز می رسد تا صنعت کلزا در سراسر جهان افزایش یابد.



شکل 1: پیش بینی توزیع جهانی شب پره پشت الماسی (DBM) بر اساس یک مدل بیولوژیکی معتبر (187). مناطقی که به رنگ قرمز نشان داده شده اند، شاخص اکوکلیماتیک (EI) مثبت می باشند و DBM می تواند در تمام طول سال ادامه یابد؛ سایه قرمز توزیع اصلی DBM را مشخص می کند. مناطق آبی رنگ، مناطقی از جهان را نشان می دهد که در آن EI صفر است اما در آن شاخص رشد سالانه (GI) مثبت می باشد؛ در این مناطق DBM نمی تواند در طول سال دوام داشته باشد اما به دنبال هجوم پروانه ها از جاهای دیگر می تواند به یک آفت فصلی تبدیل شود.

**بیولوژی و اکولوژی DBM: پیشرفت ها از سال 1993**

**دشمنان طبیعی DBM**

طیف گسترده ای از دشمنان طبیعی، از جمله پارازیتوئیدها، بندپایان غارتگر، ویروس ها، میکروسپوریدیا، قارچ های بیماری زا و باکتری ها به DBM حمله می کنند. تحقیقات اساسی و کاربردی قابل توجهی در طی دو دهه گذشته روی این ارگانیسم ها به ویژه در برنامه های کنترل بیولوژیکی کلاسیک با استفاده از انگلهای هیمانوپتران (129) متمرکز شده است.

**پارازیتوئیدهای هایمانوپتران.** کنترل بیولوژیکی کلاسیک برای DBM از سال 1936 آغاز شد، زمانی که پارازیتوئید لارو -شفیره Diadegma semiclausum (Hellen) (پرده بالان: Ichneumonidae) و پارازیتوئید مگس Diadromus collaris (Gravenhorst) (پرده بالان: Ichneumonidae) با موفقیت در نیوزیلند از انگلستان (168) معرفی شد و منجر به معرفی بیشتر هر دو گونه از نیوزلند به اندونزی (180) ، استرالیا (186) و مالزی (104) شد. به دنبال واردات D. semiclausum از اندونزی، پارازیتوئید در تایوان (169) مستقر شد و مواد اولیه لازم را برای معرفی موفقیت آمیز بعدی در فیلیپین (177) ، هند (21) ، لائوس ، ویتنام ، چین (166) و کنیا فراهم کرد. در سال 2005، D. semiclausum از مالزی با موفقیت در مناطق مرتفع تایلند (174) مستقر شد. از این رو، منشاء جمعیت D. semiclausum که در سراسر آسیا، استرالیا و بخش هایی از آفریقا مستقر شد، کاملاً واضح و مستند است و در نهایت از انگلستان سرچشمه می گیرد. به طور مشابه، زنبور پارازیتوئید Cotesia vestalis (=plutellae) هالیدی (پرده بالان: Braconidae) بیش از 20 مقدمه کنترل بیولوژیکی کلاسیک را به خود اختصاص داده است که بسیاری از آنها موفق بوده اند (28، 166). علاوه بر این، به نظر می رسد که این پارازیتوئید دارای توزیع طبیعی وسیع تری نسبت به D. semiclausum است و برای حمله به DBM در بسیاری از مناطق بدون هیچ سوابق مقدماتی ثبت شده است [به عنوان مثال، مالزی (104)، تایوان (166)، ویتنام (166)، چین (87) و ژاپن (3)]. پارازیتوئید لارو-شفیره Oomyzus sokolowksii Kurdjumov (پرده بالان: Eulophidae) نیز در کشورهایی که بدون سابقه مقدماتی ثبت شده است [به عنوان مثال: استرالیا (46)، ژاپن (166)، آفریقای جنوبی (71)، و کره شمالی (39)]؛ با این حال، به عمد وارد چین و تایوان شده است (166). به طور مشابه، پارازیتوئید های شفیره D. collaris و Diadromus subtilicornis (گریون هرست) (پرده بالان: Ichneumonidae) توزیع طبیعی گسترده ای دارند (28). از زمان انتشار اولیه D. collaris در نیوزلند، این در بسیاری از کشورها معرفی شده است (28)، اما D. sub- tilicornis هرگز برای کنترل بیولوژیکی معرفی نشده است (28).

موفقیت برنامه های کنترل بیولوژیکی کلاسیک اغلب با استفاده گسترده از حشره کش های طیف گسترده و یا معرفی گونه ها در آب و هوای نامساعد کاهش می یابد یا مانع آن می شود (166). به طور کلی، تا زمانی که استفاده از حشره کش ها با طیف گسترده محدود شود، D. semiclausum و D. collaris در آب و هوای خنک و معتدل مانند مناطق کوهستانی مناطق استوایی مستقر می شوند و C. vestalis و O. sokolowskii در آب و هوای گرم از جمله مناطق دشتی مناطق گرمسیری، از جمله مناطق دشتی مناطق استوایی عملکرد بهتری دارند (34، 147، 155، 161، 165، 167).

اگرچه جانوران بومی هیموپترا انگلی و معرفی شده در حمله به DBM در بسیاری از نقاط جهان به خوبی ثبت شده است (28)، اما عدم شناسایی قابل توجهی از گونه ها وجود دارد و داده های قبل از سال 1950 غالباً غیرقابل اطمینان هستند. اخیراً، وضعیت گونه های Diadegma در حمله به DBM روشن شده است (6)، اما شناخت C. vestalis Haliday به عنوان مترادف برتر C. plutellaeKurdjumov (145) برای نفوذ در مقالات زمان می برد. شواهدی وجود دارد که تفاوتهای بیولوژیکی مشخصی بین برخی از جمعیت C. vestalis وجود دارد ، اما وجود گونه های کریپتیک مورد تردید نیست (120). روش های مولکولی که می توانند به طور قابل اعتماد میزبان ها و پارازیتوئیدهای نابالغ (172) را شناسایی کنند و از نظر بیولوژیکی آنها را از هم جدا نمایند اما از نظر مورفولوژی این جمعیت قابل شناسایی می باشد (181) که ممکن است به دلیل تأثیرات بنیانگذار و یا تغییراتی که در جمعیت معرفی شده پس از استقرار ایجاد شده است، باشد، که این ابزاری را فراهم می آورد که می تواند موفقیت برنامه های کنترل بیولوژیکی آینده را بهبود ببخشد.

در سراسر جهان، مجموعه انگل واره که به DBM حمله می کند، تقریباً برابر با 60 گونه است (28)، که به طور قابل توجهی کمتر از آنچه قبلاً نشان داده شده بود، است (168). با این حال، فقط حدود دوجین گونه غالباً بازیابی شده است؛ وضعیت طبقه بندی و توزیع های تأیید شده آنها در جدول 1 خلاصه شده است. اگرچه انگل تخم مرغ برای حمله به DBM در بسیاری از مناطق جهان ثبت شده است (به عنوان مثال ، 83 ، 87) ، اما به نظر می رسد که در مقالات کمتر به آن پرداخته شده است (28). این امر به دلیل بیولوژی، نمونه برداری در مناطق کشاورزی که میزان استفاده از سموم دفع آفات زیاد است، یا یک منطقه مصنوعی مورد بررسی و روش های جمع آوری نیاز به تحقیق و بررسی دارد.

**بندپایان غارتگر (درنده).** تمرکز روی پارازیتوئیدها بدان معنی است که سایر دشمنان طبیعی ، به ویژه بندپایان درنده، توجه کمتری را به خود جلب کرده اند، اگرچه از نظر اکولوژی دشواری ارزیابی درنده ها در درک محدود نقش آنها در سرکوب جمعیت DBM نقش دارد (47). در مطالعات جامع در مورد جدول زندگی، هارکورت (55) به مرگ و میر ناشی از این درندگان هیچ اشاره ای نکرده است و نتیجه گرفته است که بارندگی، انگل ناشی از Diadegma insulare (کرستون)، و کاهش باروری جانور ماده از مهمترین عوامل مؤثر بر جمعیت DBM در انتاریوی کانادا است. این یافته ها با توجه به اینکه مطالعات جدید نشان داده اند که درندگان می توانند به طور قابل توجهی بر جمعیت DBM در اکوسیستم زراعی برزیکا در ایالات متحده (101)، استرالیا (43، 44)، چین (86) و کره شمالی (39) تأثیر بگذارند، کمی تعجب آور است. در استرالیا همانند انتاریو، لاروهای حیوانات تازه متولد شده بیشتر مرگ و میر را متحمل می شوند، اما بخش اعظم این می تواند به شکار فصلی (43 ، 44) نسبت داده شود، نشان می دهد که تقسیم منابع بین شکارچیان و انگل های اصلی، D. semiclausum که به لاروهای بزرگتر حمله می کند، می تواند شکارگری درون راسته ای را به حداقل برساند. Harvey و Eubanks (56) نشان دادند که جمعیت میدانی Solenopsis invicta می تواند برای سرکوب جمعیت DBM دستکاری شود، اما سایر مطالعات میدانی تجربی در مورد شکار DBM نادر است؛ اکثر مطالعات از گونه های شکارچی استفاده می کنند که هیچ اثر بخشی درستی در برابر DBM در آزمایشگاه یا آزمایش های میدانی محصور یا شکارچیان خوراک DBM در آزمایشگاه ندارد (47). علیرغم کمبود نسبی داده ها در مقایسه با پارازیتوئیدها، شکارچیان می توانند عامل مهمی در مرگ و میر در جمعیت DBM (39، 43، 44) باشند و اتخاذ شیوه های مدیریت آفات که از آنها محافظت می کند، می تواند مرگ و میر آفات را به طرز چشمگیری افزایش دهد (39 ، 44). در حال حاضر، تأثیر مجموع شکارچی های بومی بر جمعیت DBM در بسیاری از اکوسیستم های برزیکا ناشناخته است، اما به احتمال زیاد آنها یک منبع طبیعی استفاده نشده را نشان می دهند و این نیاز به تحقیقات بیشتری دارند.

**پاتوژن ها (بیماری زا).** DBM توسط طیف وسیعی از پاتوژنها مورد حمله قرار می گیرد که از این مورد باکتری Bacillus thuringiensis، که باعث تغییر در مدیریت DBM (129) شده است، مورد استثنا قرار گرفته است و مهمترین آنها قارچ ها، ویروس ها و نماتودها می باشد. پاتوژنهای قارچی مورد مطالعه DBM شامل Zoophthora radicans، Beauveria bassiana، Metarhizium anisopliae و Isaria farinose (Paecilomyces farinosus) (129) می باشد و كارهاي چشمگيري در زمينه بيماريزايي ، زيست شناسي و بوم شناسي آنها انجام شده است (41، 42، 129). اپیزوتیک های طبیعی Z. radicans می توانند باعث تصادم جمعیت DBM شوند؛ زیست شناسی و زیست محیطی پاتوژن به خوبی درک شده است (41 ، 42) و روشهای عملی برای انتشار آن توسعه یافته است (40 ، 179). با این حال، بخش عمده ای از کارها در مورد قارچ های بیماریزای حشره ای به صورت آزمایشگاهی باقی می ماند و اگر چه برخی از محصولات برای استفاده در مزرعه در دستسرس هستند، اما هنوز هم بخشی از برنامه های IPM اتخاذ شده را شکیل نمی دهند. به طور مشابه، گرانولوز ، هسته پولییدروز و سایپروویروس ها از DBM جدا می شوند (51). اگرچه ویروس گرانولوز PlxyGV در آزمایش های تجربی عملکرد خوبی داشته است، محصولات تجاری خارج از چین در دسترس نیستند و ویروس ها بخشی از هیچ برنامه فعلی IPM نمی باشند (51). در نهایت، نماتودهای بیماری زای حشره (Steinernema sp. و Heterorhabditis sp.) برای کنترل میکروبی DBM مورد بررسی قرار گرفته و تکنیک های کاربردی با حجم بسیار کم در آزمایشات امیدوار کننده می باشند (94). بااین حال، استفاده میدانی باز با حساسیت به اشعه ماورای بنفش و رطوبت نسبی بالا محدود است (51).

جدول 1: عمده انگل های اصلی DBM و توزیع های مورد تأیید در سراسر جهان

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **گونه ها (نوع اصلی) {مترادف}** | **منشأ** | **سوابق توزیع مورد تأیید a** |
| پارازیتوئیدهای لاروی اولیه |  |  |
| Diadegma sem/claHsum (هلن) [آنگیتا] { Angitia cerophaga Gravenhorst؛ Diadegma eucerphaga Hortsmann؛ Diadegma xylostellae Kusigemati} | پالارکتریک | اروپا: انگلیس ، فرانسه ، اتریش ، هلند ، صربستان ، رومانی ، بلغارستان ، ترکیه ، فنلاند ، روسیه؛ آسیا: ازبکستان ، نپال ، ایران ، تایوان ، اندونزی ، مالزی ، تایلند ، چین ، هند؛ آفریقا: مصر ، کنیا؛ استرالیا و اقیانوسیه: استرالیا ، نیوزیلند ، پاپوا گینه نو |
| Diadegma fenestrale (Holmgren) [Limneria] { Diadegma varuna Gupta؛ Diadegma niponica Kusigemati} | پالارکتریک | اروپا: انگلیس ، فرانسه ، آلمان ، رومانی ، یونان ، لهستان ، فنلاند ، روسیه؛ آسیا: ژاپن ، هند |
| Diadegma mollipla (Holmgren) [Limneria] | افروتروپیک | آفریقا: اریتره ، کنیا ، مالاوی ، تانزانیا ، آفریقای جنوبی ، جزیره رئونیون ، موریس |
| Diadegma insulare (Cresson) [Mesoleptus] { Limneria polynesialis Cameron} | شمالگانی/ نوتروپیک | آمریکای شمالی: کانادا ، ایالات متحده ، مکزیک؛ آمریکای جنوبی: هندوراس ، ونزوئلا؛ کارائیب: پورتوریکو ، کوبا ، جامائیکا ، جمهوری دومینیکن |
| Diadegma leontiniae (Brethes) [Limnerium] | نوتروپیک | آمریکای جنوبی: برزیل ، اروگوئه ، آرژانتین ، شیلی |
| Diadegma novaezealandiae Azidah، Fitton و Quicke | استرالیا | استرالیا و اقیانوسیه: نیوزیلند |
| دیادگما رپی (کامرون) [بوسمینیا] | استرالیا | استرالیا و اقیانوسیه: استرالیا |
| Cotesia vestalis Haliday [Apanteles] { Cotesia plutellae (Kurdjumov)} | پالارکتریک | اروپا: فرانسه ، اتریش ، فنلاند ، صربستان ، بلغارستان ، روسیه ، اوکراین ، ترکیه؛ آسیا: ژاپن ، سریلانکا ، چین ، تایوان ، ویتنام ، اندونزی ، مالزی ، فیلیپین ، تایلند ، میانمار ، هند ، پاکستان؛ آفریقا: جزایر کیپ ورد ، بنین ، سنگال ، آفریقای جنوبی ، جزیره رئونیون؛ آمریکای شمالی: ایالات متحده؛ آمریکای جنوبی: ونزوئلا ، برزیل؛ کارائیب: مارتینیک ، باربادوس ، جزایر لیر ، سنت کیتس ، سنت لوسیا ، ترینیداد ، گوادلوپ؛ استرالیا و اقیانوسیه: استرالیاب ، هاوایی ، فیجیچ b |
| Microplitis plutellae Muesbeck | نیرکتیک | آمریکای شمالی: کانادا ، ایالات متحده ؛ آسیا: لائوس |
| Apanteles halfordi Ullyett { Apanteles eriophyes Nixon } | افروتروپیک | آفریقا: آفریقای جنوبی |
| Apanteles piceotrichosus Blanchrad | نوتروپیک | آمریکای جنوبی: آرژانتین ، برزیل ، ونزوئلا |
| Oomyzus sokolowksii (Kurdjumov) [Tetrastichus] | پالارکتریک | اروپا: فرانسه ، سوئیس ، ایتالیا ، مجارستان ، رومانی ، روسیه؛ آسیا: پاکستان ، هند ، سریلانکا ، ژاپن ، چین ، کره شمالی. آفریقا: مصر ، جزایر کیپ ورد ، سنگال ، بنین ، کنیا ، آفریقای جنوبی؛ آمریکای شمالی: کانادا ، ایالات متحده ؛ آمریکای جنوبی: برزیل ، شیلی؛ کارائیب: جامائیکا ، جمهوری دومینیکن ، باربادوس ، ترینیداد ، مارتینیک؛ استرالیا و اقیانوسیه: استرالیا ، فیجیچ c |
| پارازیتوئیدهای پوپال اولیه |  |  |
| Diadromus collaris (Gravenhorst) [Ischnus] | پالارکتریک | اروپا: انگلیس ، هلند ، آلمان ، فرانسه ، اتریش ، صربستان ، رومانی ، بلغارستان ، ترکیه؛ آسیا: هند ، ژاپن ، چین ، مالزی ، کره شمالی؛ آفریقا: آفریقای جنوبی؛ استرالیا و اقیانوسیه: استرالیا ، نیوزیلند ، فیجیک ، جزایر کوک |
| Diadromus subtilicornis (Gravenhorst) [Ichneumon] | هولارکتيک | اروپا: آلمان ، لهستان ، صربستان ، رومانی ، فنلاند ، روسیه؛ آسیا: ژاپن؛ آمریکای شمالی: کانادا؛ کارائیب: جمهوری دومینیکن |

a سوابق توزیع مورد تأیید از مراجع 28، 34، 147، 148، 166 گردآوری شده است: فونت منظم Delvare (28)؛ فونت ایتالیک، سوابق میدانی منتظر شده از Delvare (28)؛ فونت زیرین، سوابق منتشر شده از Delvare (28) که در آن پارازیتوئید در کشوری مستقر شده و یک برنامه کنترل بیولوژیکی کلاسیک را دنبال می نماید و هویت آن مورد شک و تردید نمی باشد.

b مطالعات اخیر نشان می دهد که C. vestalis به طور گسترده در استرالیا توزیع نشده است و به ندرت با آن رو به رو می شود.

c بررسی های گسترده در فیجی نشان می دهد که Cotesia vestalis و Oomyzus sokolowskii به طور مرتب از میزبان های شب پره پشت الماسی بازیابی می شوند اما نشان می دهد که Diadromus collaris ایجاد نشده است (5).

**تعاملات گیاه میزبان DBM**

اهمیت اقتصادی DBM با توجه به وضعیت آفات آن در محصولات زراعی متعلق به خانواده Brassicaceae به ویژه نوع برزیکا مشخص می شود (1). همه گیاهان بهره برداری شده از محصولات زراعی نیستند و بسیاری از گونه های غیر زراعی و علف های هرز (67، 125) اغلب هنگامی که محصولات زراعی کمیاب هستند، مهمترین ماده اصلی برای DBM و پارازیتوئیدهای مرتبط در نظر گرفته می شوند (46، 67).

گلوکوزینولاتها. گلوکوزینولاتها ترکیبات غیر فرار هستند (59، 171) که بر تعامل بین DBM و میزبان Brassicaceae آن تسلط دارند، اگر چه اگرچه سایر ترکیبات گیاهی ثانویه نیز نقش مهمی را ایفا می نمایند (118، 175). تقریباً 30 گلوکوزینولات آلیفاتیک، آروماتیک و ایندول از نوع برزیکا جدا شده اند (59، 171)؛ مکمل موجود در گیاهان تحت تأثیر شرایط محیطی قرار دارد و در میان بافت ها، مراحل آنتوژنی (رشد شناسی)، گونه ها و ارقام زراعی موجود در گونه ها متفاوت می باشد (59). گلوکوزینولاتها فعالیت بیولوژیکی محدودی دارند، اما هنگامی که بافت گیاهی آسیب دیده باشد با میروسیناز در تماس بوده و در نتیجه به سرعت محصولات هیدرولیز سمی تولید می کند. این محصولات شامل ایزوتیوسیانات ها می باشند که دارای طیف گسترده ای از سمیت برای حشرات از جمله DBM هستند (80). با این حال، تولید آنها در DBM توسط یک گلوکوزینولات سولفاتاز در لومن روده دور می زند که گوگرد را از مولکول های گلوکوزینولات خارج می کند، از این طریق، مانع هیدرولیز میروسیناز و جلوگیری از تشکیل محصولات سمی می شود (114). در نتیجه، DBM می تواند گلوکوزینولات ها را بدون تأثیر یا با تأثیر کم بر عملکرد لارو (80، 103) مورد استفاده قرار دهد، مشروط بر اینکه فعالیت میروسیناز افزایش نیابد (80)؛ هر دو گلوکوزینولاتهای آلیفاتیک و ایندول در واقع تغذیه لاروهای DBM را تقویت می کنند (103).

ایزوتیوسیاناتها جذب کننده و محرک تخمک گذاری قدرتمندی هستند (119) در حالی که گلوکوسیتولهای دست نخورده محرک قوی برای تحریک تخریب DBM می باشند (66)؛ تحقیقات اخیر نشان می دهد که گلوکوزینولاتهای غیر فرار ایندول از این نظر از اهمیت ویژه ای برخوردارند (164). موم های (wax) سطحی نیز برای تخمک گذاری DBM و برهم کنش های هم افزایی با هموژنات کلم مهم هستند و سینگرین گلوکوزینولات آلیفاتیک باعث تخمک گذاری DBM می شود (160). با توجه به ماهیت غیر فرار سینگرین ، نشان داده شده است که تخریب خود به خودی گلوکوزینولات و سپس جذب آلیل ایزوتیوسیانات منتشر شده به موم، مکانیسم های احتمالی برای این اثر باشد (119). با این حال، حداقل در برخی از گونه های باربارا ، گلوکوزینولاتها ممکن است در وکس (موم) سطح برگها وجود داشته باشند (7)، توضیح احتمالی در مورد جذابیت این گیاهان برای تخمک گذاری DBM ارائه داده شده است (146). میزان کل گلوکوزینولات در گیاهان می تواند در پاسخ به تغذیه توسط DBM یا با استفاده از اگزوژن از محرک های پاسخ دفاعی افزایش یابد، که منجر به تغییر در نسبت ترکیبات آلیفاتیک، آروماتیک و ایندول می شود (171). تا به امروز هیچ الگوی مشخصی پدید نیامده و تغییرات در مشخصات گلوکوزینولات در صورت بروز، به شدت به گونه های گیاهی وابسته است (171).

**پاسخ گیاهان میزبان القایی: تأثیرات آن بر تخمک گذاری و عملکرد DBM.** حمایت سازنده متضاد بین گیاهان میزبان می تواند منجر به تفاوت های قابل توجه در عملکرد DBM شود (110 ، 126 ، 191 ، 192). گیاهخواری یا استفاده از محرکهای پاسخ دفاعی می توانند تغییراتی در گلوکوزینولات (49 ، 171) و پروفیل های فرار (48 ، 74) گیاهان میزبان DBM ایجاد کنند که می تواند هم به عنوان الگوهای اصلاح شده تخمک گذاری ما بین (91، 151) و درون (153) گیاهان ظاهر شوند و تأثیرات اضافی اما متغیر بر عملکرد DBM داشته باشند (60، 192). علیرغم توجه قابل ملاحظه در سال های اخیر، درک روابط حمایت های سازنده و القا شده به دلیل پیچیدگی آنها (191) و تأثیرات مخرب گیاه خواری بر سیستم های آزمایشی، این موضوع همچنان به عنوان یک چالش محسوب می شود (192). هنگامی که نقش آنها در حمایت های غیرمستقیم در نظر گرفته شود، پیچیدگی دفاعی ناشی از آن بیشتر می شود (48 ، 74) و حتی شواهدی وجود دارد که نشان می دهد تخمک گذاری DBM می تواند بین گیاهانی که دارای میزبانان خاص انگلی هستند، تمایز قایل شود (24).

وابستگی گیاه میزبان غیر Brassicaceae (تیره ای از کلم سانان). تخمک گذاری DBM در گیاهان غیر میزبان می تواند با تجربه القا شود (190) و با میزبانهای خارج از Brassicaceae همراه گردد (125). با این وجود، تغییر میزبان گزارش شده از جمعیت DBM به Pisum sativum L. (Fabaceae) در سال 1990 (90) باعث علاقمندی قابل ملاحظه ای شد. تجزیه و تحلیل ژنتیکی جمعیت DBM نشان داد که آللهای که بقای روی P. sativum را فعال می کنند ثابت نبودند (57)، که این نشان دهنده انعطاف پذیری ژنتیکی قابل توجه DBM و تغییر ناقص میزبان است.

تعاملات سه سطح غذایی (Tritrophic). Cotesia vestalis و D. semiclausum به بخارهای ساطع شده از گیاهان میزبان آلوده به DBM جذب می شوند (15، 111)، اما اولویت های متمایز برای گیاهان آلوده به گیاهان Brassica rapa و Brassica oleracea را نشان می دهند (84، 178). گیاهان B. oleracea و B. rapa مخلوط های ناپایداری را منتشر می کنند که شامل بخارهایی از برگ های سبز، ایزوتیوسیاناتها ، نیتریل ها ، دی متیل تری سولفید و ترپن ها می باشد (48، 74) و تغذیه DBM باعث تغییراتی در پروفیل های فرار هر گونه گیاه می شود که منجر به افزایش C. vestalis می شود (48، 74).

تغذیه باعث تولید بیشتر بخارهای خاص می شود و پروفیل های تغییر یافته نشانگر وضعیت آلودگی فعلی (74) و تراکم لاروهای DBM آلوده است (48)؛ آنها همچنین باعث تحریک جستجوی تغذیه پارازیتوئیدها می شوند (173). با وجود این پیشرفت ها، چیزهای زیادی در مورد نقش اجزای مختلف ترکیبات ناپایدار و مسیرهای علامت دهی گیاه وجود دارد (157) که جذب واسطه دشمنان طبیعی DBM به گیاهان آلوده خیلی کم درک می شود. به عنوان مثال، رددی و همکاران (117) گزارش دادند که بخارهای ساطع شده از برگ های سبز برای C. vestalis جذاب هستند، در حالی که Shiojiri و همکاران (150) اظهار داشتند که آنها جذب کننده نیستند بلکه ممکن است در توقیف پارازیتوئیدها نقش داشته باشند و Kugimiya و همکاران (74) و Ibrahim و همکاران (60)، نتایج متناقضی در مورد جذب C. vestalis از سوی لیمونن گزارش دادند. به طور مشابه، به نظر می رسد که متیل سالیسیلات اثرات منفی در جهت گیری D. semiclausum نسبت به گیاهان دارد (156)، اما این ماده در مقادیر زیادی توسط B. oleracea آلوده به DBM (48) تولید می شود که برای D. semiclausum جذاب است (15). واضح است که ترکیبات فرّار به جای ترکیبات واحد، واسطه پاسخ های پارازیتوئید DBM می باشد و این نیاز به بررسی بیشتر دارد.

وضعیت تغذیه ای گیاهان میزبان می تواند به طور قابل توجهی بر ترجیحات تخمک گذاری DBM تأثیر بگذارد، و کودهای گوگردی (8، 93) و درمان هایی که نیتروژن شاخ و برگ را افزایش می دهند (162)، باعث تقویت تخمک گذاری می شوند. اگرچه گوگرد باعث بهبود عملکرد لاروی DBM بر روی گیاه زراعی برزیکا شد (93)، اما تأثیر درمان های مختلف کودهای شیمیایی بر عملکرد لارو در سایر محصولات زراعی کمتر مشخص است (163). به طور مشابه، عملکرد D. insulare توسط گیاه میزبان (127) DBM و رژیم های کود (128) تحت تأثیر قرار گرفت و افزایش نیتروژن شاخ و برگ باعث بهبود عملکرد D. insulare شد (128).

با وجود تأثیرات قابل توجه گیاه میزبان بر عملکرد و سازگاری DBM (126، 158) و پارازیتوئیدهای آن (32، 49، 127)، تأثیرات منفی قابل اندازه گیری DBM توسط C. vestalis بر انگلی شدن گیاه (70) یا پویایی جمعیت پارازیتوئید میزبان تأثیر نمی گذارد (69). هنوز درک زیادی در مورد این فعل و انفعالات پیچیده وجود ندارد، و پژوهش های آتی از گیاهان میزبان غیر بومی استفاده کرده و بینش های مهم و تفسیرهای تکاملی ممکنی را ارائه می دهند. در حال حاضر، این پژوهش ها با استفاده ز گیاهان میزبان بومی که توضیحات تکاملی برای فعل و انفعالات تیتروفیک دارند، که باید با احتیاط زیادی با آنها برخورد شود.

**جنبش محلی و مهاجرت**

حرکت DBM در محصولات زراعی از طریق یک سری پروازهای کوتاه و جزیی در سایبان (تاج پوشش گیاه) محصول انجام می شود (97). در مطالعات مجدداً علامت گذاری شده، شفیره های نر و ماده از مشخصات پراکندگی مشابه برخوردار بوده و در کنار هم بیش از 95 درصد از آنها کمتر از 110 متر حرکت کرده و بیش از 99 درصد کمتر از 200 متر از نقاط رها سازی شده طی 5 تا 9 روز حرکت می کنند (97). اگرچه اکثریت قریب به اتفاق آنها به طور معمول در کنار محصول زایشی می مانند، اما می تواند حرکت قابل توجهی بین گیاهان زراعی و پوشش گیاهی شکوفه داده مجاور وجود دارد (142)، و بخش کمی از آنها (کمتر از یک درصد) ممکن است مسافت های بیشتری از محصولات سالم را به منظور سکونت در بخش های زراعی مجاور حرکت دهند (97).

حرکت طولانی تر DBM از طریق مهاجرت فعال حاصل می شود که توزیع جهانی آن (168) (شکل 1) و جمعیت های پانماکتونی که قسمت اعظمی از کره زمین را پوشش می دهد، توضیح داده شده است (33، 79). این ظرفیت مهاجرتی DBM را قادر می سازد تا از مناطقی که اجازه پایداری در طول سال را می دهد به مناطقی که فصل مناسبی برای رشد و توسعه دارند، منتقل شود (شکل 1). مناطقی که DBM نمی تواند از درجه حرارت پایین زمستان زنده بماند ، سالانه از مناطقی که می تواند از آن عبور کند، مورد حمله قرار می گیرد. یک مدل مسیر برگشتی سه بعدی مبتنی بر مزارع بادی مبدأ از جنوب ایالات متحده و شمال مکزیک، ورود DBM به دالان های کانادا را توضیح می دهد، که بقای بیش از حد آن بسیار محدود است (31). در شمال ژاپن ، شرایط زمستانی سرد از تجاوز بیش از حد DBM جلوگیری می کند، اما مهاجرت مجدد سالانه از مناطق جنوبی می تواند رخ دهد (58). بیشتر مدارک مربوط به چنین مهاجرت هایی غیرمستقیم است ، اما در انگلستان رادارهای عمودی به نظر می رسد که شبکه های هوایی مهاجرت DBM از قاره اروپا را تأیید کرده اند و راداری نیز برای پیش بینی موفقیت آمیز مهاجرت DBM در فنلاند استفاده شده است (78).

اگرچه مهاجرت گسترده DBM یک پدیده کاملاً اثبات شده است (22) ، اما عوامل علّی نیاز به بررسی بیشتر دارند. به طور معمول، مهاجران در مقایسه با غیر مهاجران دارای جثه کوچکتر، بال های بزرگتر و طول عمر بیشتر هستند (19) و این صفات مشخصه فنوتیپی توسط DBM پرورش داده شده بر روی گیاهان بالغ و Brassicaceae جنگلی (وحشی) (19، 102) نشان داده می شوند. فوتوپریود (نور دوره) به تنهایی روی رشد این صفات فنوتیپی در DBM تأثیر گذار نیستند (18)، اما هنوز باید در ترکیب با سایر عوامل محیطی مورد بررسی قرار گیرند. به طور مشابه، DBM پرورش داده شده بر روی شاخ و برگ های بارور شده بهینه (131) یا گیاهان میزبان ترجیح داده شده (132) دارای بال های بزرگتر می باشند و بیشتز از بزرگسالان DBM پرورش یافته روی شاخ و برگ های کم عمق کود داده شده عمر می کنند یا میزبان های کوچک تر با جثه های بزرگتر نسبت به حشرات پرورش یافته را ترجیح می دهند. بنابراین، به طور جداگانه، ژنوتیپ گیاهان میزبان و وضعیت تغذیه ای به نظر می رسد که صفات مشخصه اشکال مهاجر را تقویت می کند. با این حال، Shirai (152) استدلال می کند که DBM بالغ با جثه بزرگ و بال های بزرگ به طور معمول در فصول خنک تر توسعه می یابد، به خوبی با مهاجرت سازگار است، زیرا آنها توانایی پرواز بالاتر و باروری بیشتری دارند. اگرچه اکنون در مورد حرکات انبوه DBM بیشتر می دانیم، اما خصوصیات فنوتیپی افراد مهاجر ، نشانه های بیوتیک و غیر زنده که باعث مهاجرت می شوند، و اینکه آیا جمعیت باعث بازگشت از مهاجرت می شوند، هنوز ناشناخته باقی مانده است.

مهاجرت احتمالی پارازیتوئیدهای DBM نیز برای توضیح برخورد آنها با فرزندان مهاجرت بزرگسالان DBM مورد استفاده قرار گرفته است. در غرب کانادا، D. insulare پارازیتوئید اصلی DBM است، اما نمی تواند در شرایط سخت زمستان زنده باقی بماند (30). منشأ آن هنوز مشخص نشده است ، اما به احتمال زیاد به همراه میزبانان خود به سمت شمال مهاجرت می کند. در استرالیا، مهاجرت D. semiclausum نیز توضیح داده شده است كه در صورت كاهش جمعیت یا انقراض جمعیت در تابستانهای گرم و خشک، نوكلونیزاسیون مناطق كشت کلزا را توضیح می دهد (45). با این حال، در شمال ژاپن، C. vestalis به عنوان شفیره های میان آسا در مناطق بیش از حد سخت برای زنده ماندن زمستانی DBM و ظهور بزرگسالان در بهار (3) درست به محض مهاجرت جمعیت DBM از جنوب ژاپن زمستان گذرانی می کنند (58). به طور مشابه، در هانگژوی چین، O. sokolowskii و D. collaris در زمستان ساکن هستند (87) و میان آسایی زمستان هر دو ، O. sokolowskii و D. collaris در کره شمالی نشان داده شده است که انگل گرایی قابل ملاحظه ای از جمعیت DBM، احتمالا از جنوب چین (79)، که هر سال محصولات زراعی برزیکا حمله می کنند را توضیح می دهد (39). این احتمال وجود دارد که هم مهاجرت و هم زمستان گذرانی پارازیتوئیدها نقش مهمی داشته باشند اما اهمیت نسبی هرکدام از نظر مکانی و زمانی متفاوت است،؛ این تحقیقات بیشتر را تضمین می کند.

**DBM در مقیاس دور نما**

DBM از حس بویایی به منظور یافتن گیاهان میزبان استفاده می کند (108) و نشانه های شیمیایی گیاهان فرار از دید در فواصل کوتاه از اهمیت بیشتری برخوردار می باشد (26). به محض فرود، DBM از نشانه های شیمیایی برای تأیید هویت گیاه و انتخاب محلی برای تخم گذاری استفاده می کند (66).

مناظر کشاورزی (زارعتی) می تواند بسیار متغیر باشد، و زیستگاه های غیر زراعی می توانند طعمه، میزبان، و منابع شرب جایگزین برای دشمنان طبیعی فراهم آوردند که می توانند جمعیت حشرات گیاهی را سرکوب کنند (77). نزدیکی به زیستگاههایی با مدیریت کمتر می تواند دسترسی به طعمه برای شکارچیان و انگلی DBM را فراهم کند (14، 142).

الگوهای توزیع مکانی DBM اغلب در سیستم های کشت سبزیجات (109 ، 185) و کلزا (130) تکه تکه می باشد. مکانیسم های هدایت این الگوها متغیر هستند اما می توانند شامل مقدار قطعه زمین مربوط به گیاه میزبان (53)، تنوع درون گونه ای در شمی و مورفولوژی گیاه (73)، سطح مواد غذایی گیاهان میزبان (130)، و آسیب های تغذیه های ناشی از سایر گیاه خواران باشند (185).

در سیستم های کشت کلزا ، توزیع DBM به طور کلی با مقادیر بالای نیتروژن در بافت های برگ جدا می شود (130). اگرچه مطالعات آزمایشگاهی مشخص كردند كه تخمك گذاری در گیاهان كم گوگرد (8 ، 93) از نظر گوگرد كافی است، اما روابط بین توزیع میدانی DBM و گوگرد بی نتیجه بود (130). تحقیقات بیشتری برای درک بهتر چگونگی پردازش حس بویایی، بصری DBM و سایر نشانه های مربوط به محل استقرار و پذیرش گیاه و چگونگی تعامل این خصوصیات با ویژگی های گریز و پراکندگی آن، توانایی ادراکی و ترجیحات مربوط به تغذیه و تخمک گذاری مورد نیاز است.

**مشخصات ، مقاومت و استراتژي هاي مديريت مقاومت يكپارچه**

**مقاومت در برابر حشره کش و DBM**

DBM یکی از چندین آفات محصول زراعی ثانویه است که به دلیل استفاده بیش از حد از طیف گسترده از حشره کش ها از زمان معرفی آنها در اواخر دهه 1940 (168) از اهمیت زیادی برخوردار هستند. استفاده از حشره کش های شدید در برابر DBM در تولید محصولات زراعی برزیکا با ارزش بالا منجر به افزایش فشار انتخاب برای مقاومت ، بخصوص در مناطق استوایی و نیمه گرمسیری شده است، که در آنجا سالانه نسل های زیادی از DBM به وجود می آید، تولید محصولات زراعی می تواند مداوم باشد، و تعداد کمی از گیاهان میزبان غیر زراعی به وجود آید (168). به عنوان مثال در مناطق مرتفع مالزی ، بیش از 90٪ کشاورزان از حشره کش های مصنوعی علیه DBM استفاده می کنند. بطور معمول کشاورزان در طی چرخه 10 تا 12 هفته از سه تا چهار نوع حشره کش استفاده می کنند و این برنامه ها را 1 تا 2 بار در هفته انجام می دهند (96).

Talekar و Shelton (168) به بررسی تاریخ اولیه مقاومت به حشره کش ها در DBM پرداختند و ما بر روی نمونه هایی از مقاومت میدانی که اخیراً گزارش شده است تمرکز می کنیم (جدول 2). DBM از معدود گونه حشرات است که مقاومت در برابر همه رده های اصلی حشره کش ها را توسعه داده است (جدول 2) و در پایگاه داده مقاومت در برابر سموم دفع آفات Arthropod (APRD) برای بیشترین تعداد حشره کش با مقاومت گزارش شده حداقل در یک گروه، رتبه دوم را دارد. در سال 2012، APRD، 82 ترکیب را ذکر کرده است که مقاومت در برابر DBM را گزارش کرده است (4). DBM اولین گونه ای بود که مقاومت میدانی را در برابر سموم Bacillus thuringiensis (Bt) Cry را توسعه داد (168) و این یکی از تنها سه گونه از حشرات است که مقاومت در برابر محصولات اسپری مبتنی بر Bt را دارد (4). این مقاومت نیز گسترده است (4) (جدول 2).

اینکه مقاومت حشره کش در جمعیت های میدانی DBM عامل اصلی عدم موفقیت کنترل است، و جای بحث و مذاکره دارد و تولید کنندگان (رویانندگان – عمل آورندگان) غالباً می توانند به سرعت به محصولی با یک ماده فعال متفاوت متوسل شوند که در آن در ابتدا مقاومت قابل مشاهده نیست (178). تجدید حیات آفات به دلیل از بین رفتن دشمنان طبیعی از طریق استفاده بیش از حد از حشره کش های طیف گسترده (39 ، 44) حداقل به اندازه مقاومت اهمیت دارد و همچنین احتمال بروز مشکلات باقیمانده محصولات زراعی را افزایش می دهد (166 ، 168 ، 178).

بسیاری از حشره کش های جدیدتر که برای کنترل DBM در طی 25 تا 30 سال گذشته معرفی شده اند انتخابی تر و در نتیجه سازگارتر با دشمنان طبیعی بوده اند. با این حال، آنها معمولاً به صورت متوالی و در مخلوطهای افشانه با ترکیبات قدیمی انتخابی کمتر معرفی شده اند که جمعیت حشرات از قبل مقاوم کرده اند. این امر غالباً منجر به رشد سریع مقاومت در برابر حشره کش های جدیدتر شده و از حفاظت از دشمنان طبیعی جلوگیری کرده است (96 ، 140 ، 141 ، 178). شواهد حاکی از آن است که به دنبال معرفی یک حشره کش جدید ، ممکن است دو تا سه سال طول بکشد تا سطح مقاومت مشکلی ایجاد نماید (195 ، 141 ، 184). نمونه های اخیر مقاومت میدانی در برابر ترکیبات نسبتاً انتخابی مانند ایندوکساکارب، اورمکتین، اسپینوزاد، محصولات مبتنی بر Bt، بنزویل اوره و کلرانترانیلی پرول در جدول 2 آورده شده است. بنابراین، اگرچه مقاومت حشره کش ممکن است منجر به عدم کنترل شود، اما این مسئول از دست دادن بسیاری از حشره کش های انتخابی تر است که در غیر این صورت می تواند بخشی از مدیریت یکپارچه مقاومت مقاومت (IRM) و، بطور گسترده تر، برنامه های IPM برای DBM را تشکیل دهد.

**مکانیسم های مقاومت و مقاومت متقاطع و مقاومت چندگانه در DBM**

جزئیات مکانیسم ها و ژنتیک مقاومت در جمعیت DBM انتخاب شده میدانی اغلب محدود است (جدول 2). مکانیسم های مقاومت به متابولیک متداول ترین مکانیسم شناخته شده می باشند، اگرچه مقاومت محل هدف تغییر یافته در برابر پیریدروئیدها شناخته شده است (36) و مکانیسم اصلی مقاومت در برابر Bt است (جدول 2). به نظر می رسد وراثت مقاومت در جمعیت منتخب میدانی عمدتاً واسطه ای (کاملاً مغلوب به طور ناقص غالب) و یکنواخت هستند (جدول 2). علاوه بر مطالعات در مورد جمعیت انتخاب شده میدانی، مطالعات مربوط به جمعیت آزمایشگاهی انتخاب شده در مورد مکانیسم های مقاومت و مقاومت متقابل آموزنده بوده است. با توجه به اینكه انتخاب آزمایشگاه برای مقاومت ممكن است به طور كامل از آنچه در این زمینه اتفاق می افتد را منعکس نکند، جایی كه تأثیرات زیست محیطی می توانند در بیان مقاومت تأثیر بگذارند (115)، چنین مطالعاتی آموزنده است (159).

جدول 2: گزارش مقاومت میدانی در برابر شفیره پشت الماسی نسبت به حشره کش ها (1996- 2012)

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **نوع حشره کش a** | **کشور b** | **مکانیسم c** | **مقاومت متقابل** | **ژنتیک d** |
| ارگانوفسفات | استرالیا (10، 37)، چین (197)، کاستاریکا (20)، هند (76، 123، 176) (65)، نیکاراگوئه (106)، پاکستان (5)، فیلیپین (133)، آفریقای جنوبی (144)، کره جنوبی (72) | MFO، GST، استراز (37) | هیچ کدام: avermectin (10) | - |
| کربامات | چین (196) ، هند (123 ، 176) ، آفریقای جنوبی (144) ، کره جنوبی (72) ، تایوان (68) | - | - | - |
| پایروتروئید | استرالیا (10 ، 35 ، 37) (36) ، برزیل (27) ، چین (183 ، 193 ، 197) ، هند (29 ، 76 ، 123 ، 176) (65) ، ژاپن (100) ، مالزی (135) ، نیوزیلند (17) ، نیکاراگوئه (106) ، پاکستان (5a ، 134) ، فیلیپین (133) ، آفریقای جنوبی (144) ، کره جنوبی (75) ، ایالات متحده (148) | MFO، GST، استراز (37)، Kdr (75) | هیچ کدام: indoxacarb، spinosad، fipronil (134) | I-D (29)، I، poly (34) |
| ایندوکساکارب | استرالیا (37) ، برزیل (124) ، مالزی (137) (141) ، ایالات متحده (194) ، پاکستان (5) | MFO، GST (37)، استراز (37، 141) | - | I، mono (141) |
| آورمکتین | برزیل (27 ، 124) ، چین (52 ، 112 ، 193 ، 196 ، 197) ، مالزی (137) (62 ، 63) ، پاکستان (5a) ، تایوان (68) | MFO / استراز (63) | هیچ کدام: benzoylureas (196) (63)، Bt (62)  کم: spinosad، fipronil (112) | I، Poly (112) |
| سیکلودیین (اندوسولفان) | هند (76 ، 176) | - | - | - |
| فنیل پیازول | چین (197) ، مالزی (137) ، هند (99) ، تایوان (68) | - | کم: spinosad، indoxacarb (140) | I، mono (140) |
| اسپینسین | مالزی (137) ، ایالات متحده (11 ، 95 ، 194 ، 195) ، پاکستان (5a) ، تایوان (68) | احتمالا نه  MFO یا استراز (195) | هیچ کدام: emamectin، indoxacarb (195) | I ، mono (195)  R-I، mono (137) |
| آنالوگ نریستوکسین | چین (197) ، هند (99) ، تایوان (68) ، نیکاراگوئه (106) | - | - | - |
| نئونیوتینوئید (استامیپرید) | مالزی (135) | - | پیریدروئید R را حفظ می کند (135) | I, mono (135) |
| Bt kurstaki Cry1A | آمریکای مرکزی (107) ، چین (50 ، 182) ، هند (98 ، 105 ، 176) ، مالزی (62 ، 137) ، ایالات متحده آمریکا (88 ، 170) ، تایوان (68) ، تایلند (61) | بدون اتصال به پوسته تنگه (روده) | کم : Cry1C (50، 62) | R-I, mono (138)،  I, mono (137) |
| Bt aizawai Cry1C  فسفوریلاسیون اکسیداتیو تفکیک نشده است | مالزی (137) (62) ، ایالات متحده (88) ، تایوان (68) ، تایلند (61) ، چین (196) ، تایوان (68) | - | کم : Cry1A (62) | - |
| بنزوئوره | برزیل (124) ، چین (52 ، 193) ، ژاپن (100) ، مالزی (62 ، 63) ، نیکاراگوئه (106) | MFO / استراز (63) | هیچ کدام: avermectin (63) | - |
| دیاسیل هیدرازین | چین (196) | - | - | - |
| آزادیراشتین | تایوان (68) | - | - | - |
| دیامیدهای آنتانیلیک | چین (81، 184) | - | - | - |

a نحوه عملکرد (طبقه بندی IRAC ؛ 64) برای هر نوع از حشره کش ها: مهارکننده ارگانوفسفات ، استیل کولین

استراز (AChE). کاربامات ، مهار کننده های کربوهیدرات پیریدروئید ، مهار کننده کانال Na+؛ ایندوکسکراب، مسدود کننده کانال Na+؛ avermectin، فعال کننده کانال- Cl؛ سیکلودیین، آنتاگونیست کلسیم کانال Y- آمینوبوتیریک اسید (GABA)؛ فنیل پیازولول ، آنتاگونیست کانال GABA Cl؛ spinosyn، فعال کننده گیرنده استیل کولین نیکوتین (nAChR)؛ آنالوگ نئریستکسین ، مسدود کننده nAChR؛ نئونیوتینوئید، آگونیست nAChR؛؛ Bt kurstaki/aizawai، غشای روده؛ بنزوآلوره ، مهارکننده سنتز کیتین؛ دیاکلیدیدین، آگونیست اگزیزون؛ آزادیراشتین ناشناخته است.

b کشوری که مقاومت میدانی در آن ثبت شده است.

c مکانیسم مقاومت مفروض: MFO، اکسیداز با عملکرد مخلوط؛ GST ، گلوتاتیون-S- ترانسفراز؛ Kdr ، مقاومت مؤثر (کانال Na+)

d وراثت پیشنهادی: R ، مغلوب؛ I، واسطه ای (کاملاً مغلوب تا تسلط ناقص)؛ D، غالب. تعداد تخمین عوامل: تک ، تک زا؛ پلی ، پلی اتیلن.

گزارشات مقاومت پایین یا بدون مقاومت متقاطع بین انواع حشره کش ها در جمعیت انتخابی میدانی DBM حاکم است، اگرچه مقاومت متقاطع با سایر انواع، انواع آزمایش نشده از ترکیبات را نمی تواند از نظر دور نگه دارد، به خصوص اینکه مکانیسم های متابولیکی مقاومت ، که می توانند مقاومت به طیف گسترده را تحمل کنند ، رایج است (جدول 2). به عنوان مثال، یک مورد غیر منتظره از مقاومت متقابل قلمداد شده بین سموم Bt Cry1Ac و دلتامترین پیریدروئید در یک جمعیت میدانی مجددا انتخاب شده DBM از مالزی گزارش شده است (136). مقاومت چندگانه ، که در آن چندین مکانیسم مقاومت مختلف موجود در افراد مقاوم در برابر مقاومت در برابر انواع متعدد ترکیبات وجود دارد، یک پدیده شایع در حشرات است و نمونه هایی از چند مقاومت مفروض در چندین جمعیت میدانی DBM گزارش شده است (62 ، 63 ، 65 ، 112).

**مدیریت مقاومت در برابر حشره کش ها: نظریه و پیاده سازی**

انتخاب مقاومت در صورت عدم وجود حشره کش منجر به هزینه سازگاری می شود و در صورت عدم انتخاب می تواند باعث بازگشت مقاومت شود؛ که این اتفاق فرض اساسی در مدیریت مقاومت است (121). مطالعات مختلف آزمایشگاهی عوامل سازگاری را در در جمعیت DBM انتخاب شده میدانی و آزمایشگاهی مورد بررسی قرار داده است؛ در حالی که برخی مطالعات نشان داده اند که هزینه های سازگاری زیادی (139) نسبت به بقیه ندارد (88)، اگرچه چنین هزینه هایی همیشه به راحتی قابل تشخیص نیستند. در اکثر مطالعات آزمایشگاهی مقاومت در صورت عدم انتخاب مجدد کاهش می یابد اما می تواند پایدار باشد (88 ، 170).

تأثیرات هزینه های سازگاری احتمالاً برای بقای حشرات در مزرعه بسیار مهم تر از آزمایشگاه است که عواملی مانند پاتوژن ها ، محدودیت منابع و افراط های دما باعث افزایش هزینه های مقاومت می شوند ، اگرچه ساز و کارهای این افزایش ناشناخته است (115 ). یک متاآنالیز از مطالعات سازگاری استاندارد در مورد DBM نشان داد که هزینه های سازگاری به طور مداوم در گیاهان با کیفیت پایین، بالا است اما در گیاهان با کیفیت بالا متغیر تر می باشد، این نشان می دهد که اصلاح کننده های سازگاری فقط در زمانی که منابع زیاد باشد، سازگاری متوسطی دارد (116). مطالعات ژنتیکی مولکولی در مورد مقاومت در برابر حشره کش در DBM (12، 36)، بینش بیشتری در مورد تکامل و حرکت آللهای مقاومت به حشره کش در جمعیت DBM ارائه می دهد و در نهایت منجر به بهبود مدیریت آفات می شود.

عوامل محدود کننده معرفی گسترده و پایداری برنامه های IRM در بسیاری از مناطق پیچیده است ، اما لزوم تقویت پیوند بین تحقیق و توسعه ، مهمترین موفقیت آنهاست (149 ، 154). یک برنامه IRM برای حفظ حشره کش های انتخابی برای DBM در مجمع الجزایر هاوایی (95) اجرا شده است ، جایی که پس از قرار گرفتن در معرض مداوم جمعیت حشرات ، مقاومت در برابر اسپینوزاد تکامل یافت. برنامه حمایت از کمیته مقاومت در برابر حشره کش ها (IRAC) ، که توسط کشاورزان اجرا شد و با کمک مشاوران توسعه، اسپینوساد را ممنوع کرد و آن را با چرخش ماهانه بنزوات emamectin و doxacarb جایگزین کرد تا جمعیت DBM بهبود یابد. در استرالیا ، یک استراتژی ملی چرخش حشره کش برای IRM در محصولات برزیکا شامل شش گروه مختلف از عملکرد حشره کش می باشد (9)، اگرچه نگرانی زیادی درباره پذیرش گسترده سه محصول دی آمید اخیراً به ثبت رسیده ، به ویژه یک فرمول سیستماتیک مداوم ، به جای سایر محصولات انتخابی ایجاد شده است (9).

**فناوری های جایگزین و اضطراری و استراتژی های مدیریت**

**محصولات زراعی تراریخته (تراژنی) Bt برزیکا**

گیاهان کلزا ، کلم ، گل کلم تراریخته و گل کلم حامل ژن (ها) برای سموم Bt با آزمایش های میدانی و آزمایشات خانگی با موفقیت در برابر DBM آزمایش شده اند (113، 122). خطوط تغییر یافته کلم و گل کلم می توانند جمعیت DBM و سایر آفات مهم لپیدوپتران سبزیجات برزیکا را سرکوب کنند اما هیچ گونه تأثیر مستقیمی روی D. insulare یا یک شکارچی کلی گرا (عمومی خوار) ندارد (122). به همین ترتیب، آنها وعده قابل توجهی برای گنجاندن در برنامه های IPM بهبود یافته ارائه می دهند، به ویژه اینکه این فناوری راه حل ممکنی (احتمالی) را برای استفاده بیش از حد از طیف گسترده ای از حشره کش ها در بسیاری از کشورهای در حال توسعه ارائه می دهند. با این حال، با وجود این موفقیت های تجربی، مسائل مربوط به مقررات و مسئولیت باعث شده است که سبزیجات تبدیل شده به بازار عرضه نشود و تولید محصول در سال 2010 متوقف شود (122).

**تکنیک های کنترل ژنتیک**

انتشار انبوه DBM با انتشار پرتوی گامای استریل برای مدیریت آفات به اثبات نرسیده است (168). با این حال، تحولات اخیر در فن آوری های ژنتیکی شاهد توسعه استراتژی های کنترل بیولوژیکی خود انهدامی می باشد که در آن حشرات پرورش یافته به صورت انبوه برای ساختارهای ژنتیکی مهلک غالب همسان هستند و زمان مرگ آنها را می توان مهندسی کرد (2). چنین استراتژی هایی براي DBM هنوز در اين زمينه مورد آزمايش قرار نگرفته است ، اما كارهاي نظري اخير نشان مي دهد كه آنها می توانند سهم بسزایی در رقیق شدن آللهای مقاوم به حشره کش در جمع آفتها داشته باشند، به خصوص در زمینه استراتژی های پناهندگی با دوز بالا که برای استقرار محصولات Bt اساسی هستند (2).

**دامهای(تله) زراعی و دستکاری مقاومت گیاه میزبان**

Shelton و Badenes-Perez (146)، 21 پژوهش در مورد استفاده از دام محصولات زراعی علیه DBM را مورد بررسی قرار دادند، اما تنها در یک مورد (خردل هندی به عنوان یک دام برای کلم در هند) این فناوری توسط کشاورزان اتخاذ شده بود؛ تمام موارد دیگر ناموفق بودند یا فقط در آزمایشگاههای میدانی یا آزمایشگاهی در مقیاس کوچک مورد آزمایش قرار گرفته بودند. تحولات جالب توجه استقرار محصولات زراعی بسته‌بندی شده بر اساس Barbarea vulgaris var. arcuate بوده است که برای تخمک گذاری ارجحیت دارد اما حاوی ساپونین است که برای لارو های نوزاد کشنده است (7). تحقیقات اخیر نشان داده است که لقاح گوگرد می تواند سطح گلوکوزینولات B. vulgaris را افزایش داده و تخمک گذاری DBM را روی گیاهان بارور تقویت کند (8). هنگامی که عصاره كريزانتموم موريفوليوم (گل داوودی موریفولیوم) به گیاهان میزبان اعمال شد، مشخصات ناپایدار گیاهان در مقایسه با گیاهان درمان نشده برای DBM کمتر جذاب بوده و تخمک گذاری کاهش یافته است؛ با این حال، گیاهان تیمار شده با عصاره برای C. vestalis جذابیت بیشتری داشتند و باعث افزایش میزان انگلی بودن گیاه شدند (85). Charleston و همکاران (23) نشان دادند که عصاره Siringa باعث تغییر مشخصات ناپایدار گیاهان تصفیه شده و جذابیت آنها در C. vestalis شد. اگرچه تجربه گیاه میزبان می تواند به طور قابل توجهی بر ترجیحات تخمک گذاری DBM تأثیر بگذارد (190)، پژوهش هایی نظیر اینها، نشان می دهد که رفتار DBM و دشمنان طبیعی آن می تواند به طور هم زمان دستکاری شود ، و تحقیقات در مورد شیمی دفاعی گیاه روشهای جدیدی را فراهم می کند که گیاهان میزبان بتوانند دستکاری شوند و آنها می توانند نقش مهمی در مدیریت آینده DBM ایفا کنند.

**مدیریت تلفیقی آفات: محدودیت های اجرایی و پذیرش (اتخاذ)**

عدم موفقیت برنامه های کنترل تک تاکتیکی کاملاً واضح است و اهمیت استراتژی های یکپارچه برای مدیریت پایدار DBM برای دهه ها در تحقیقات بسیار مهم بوده است (51 ، 165 ، 167).پایه و اساس تمام برنامه ها، حفظ دشمنان طبیعی، نمونه برداری مکرر از آفات و دشمنان طبیعی و مداخلات آستانه همراه با حشره کش هیا انتخابی، به ویژه Bt است (39، 149، 154). مزایای استفاده از IPM می تواند شامل سود بیشتر به دلیل بهبود کیفیت محصول ، بازده بالاتر و کاهش هزینه های ورودی و کاهش قرار گرفتن در معرض کارگران مزرعه و محیط زیست در برابر طیف گسترده ای از حشره کش های خطرناک باشد (39، 154).

علیرغم این مزایای بارز ، پذیرش IPM معمولاً پس از خاتمه ابتکارات اجرای (149 ، 154 ، 188) به دلیل عدم اعتماد به فناوری، آفات همزمان، زمان صرف شده برای نمونه گیری از جمعیت آفات و پیچیدگی نسبی تصمیم گیری مبتنی بر آستانه سیر نزولی دارد (149، 154). شناخت نیاز به مدیریت مجموعه گسترده تر از آفات منجر به تدوین برنامه های نمونه برداری متوالی با ارزش برای هدایت تصمیم گیری بر اساس تراکم کلی مجموعه آفات شده است (54، 149)، اما این تصویب (اتخاذ) همچنان محدود است. در کشورهای توسعه یافته ، شیوه های سنتی توسعه می تواند مؤثر باشد ، اما حفظ پرسنل آموزش دیده و تصمیم گیری محافظه کارانه ، روند کار را به خطر می اندازد. از قضا ، ظهور چندین حشره کش انتخابی (به عنوان مثال اسپینوزاد ، ایمامکتین و ایندکساکارب) در اواخر دهه 1990 مشکلات را تشدید کرد زیرا اثربخشی اولیه آنها منجر به استفاده بیش از حد و تدریجی، به صورت ناخواسته، و ترک IPM توسط مشارکت کنندگان قبلی شد (149 ، 188). در استرالیا ، اتخاذ کنندگان جزئی از یک استراتژی IPM، هزینه های مرتبط را جمع کردند، اما مزایای جمعیت سرکوب شده DBM که پذیرندگان به طور کامل از آنها برخوردار بودند را جمع آوری نکردند (44).

در دنیای در حال توسعه ، کشاورزانی با منابع ضعیف، محصولات مزارع برزیکا را در مزارع کوچک متعددی تولید می کنند. به طور معمول، آنها تحت فشار قابل توجهی برای خرید سموم دفع آفات، دسترسی به ترکیبات غیرقانونی قرار دارند و توسط آژانسها و شبکه های بسیار ضعیف پشتیبانی می شوند (154). از اواخر دهه 1990، مدارس میدانی کشاورزی (FFS) به طور گسترده برای ترویج IPM در کشورهای در حال توسعه ، به ویژه در جنوب شرقی آسیا استفاده شده است. Brassica-IPM FFS به طور ایده آل از گروه هایی شامل 20 کشاورز تشکیل شده است که هر هفته تحت هدایت یک مجری آموزش دیده قرار می گیرند تا یاد بگیرند که بر اکولوژی محصولات زراعی خود ، به ویژه جمعیت آفات و دشمن طبیعی نظارت داشته باشند و از این طریق تصمیمات آگاهانه ای در مورد مداخلات اتخاذ نمایند. چنین برنامه هایی ، گرچه پرهزینه و مستلزم یک زیرساخت تحقیقاتی به خوبی توسعه یافته می باشد، اما مؤثر بوده و کشاورزان آموزش دیده معمولاً نسبت به همسایگان آموزش ندیده خود کمتر از حشره کش ها استفاده می کنند (92). با این حال، ادعا می شود که ابتکارات FFS توسط آموزش کشاورزان آموزش دیده آموزش داده می شود که به صورت گروهی آموزش داده می شود (13)، و سایر روش های چهره به چهره و استفاده از رسانه های جمعی احتمالاً تکنیک های توسعه IPM است که برای برنامه های ارزشمند آموزش کشاورزان مؤثر می باشد که توسط FFS ترویج یافته است.

**نتیجه گیری**

DBM یک آفت ثانویه از سبزیجات برزیکا و محصولات زراعی مرتبط با آن است که با استفاده از شیوه های جدید کشاورزی امروزی، به ویژه استفاده گسترده و غالباً بدون تبعیض طیف گسترده ای از حشره کش ها، عمده وضعیت آفات را تقویت کرده است.

نقش غالب حشره کش ها در مدیریت DBM در مشخصات آنها در دستور کار تحقیق منعکس شده است. تجزیه و تحلیل مقالات ارائه شده در شش کارگاه بین المللی مدیریت DBM که از سال 1985 برگزار شده است، آموزنده می باشد (شکل تکمیلی 1 ؛ پیوند مطالب تکمیلی را از صفحه اصلی بررسیهای سالانه در http: // www. Annalareviews.org دنبال کنید) و اهمیت حشره کش ها کاملاً واضح است (شکل مکمل 1c). نسبت مقالات گزارش شده در مورد حشره کشها و IRM از 40٪ در سال 1985 به حداقل 18٪ در سال 2001 کاهش یافت؛ با این حال، در سال 2011 ، این به دلیل گزارش های زیاد از استراتژی ها برای مدیریت مقاومت در برابر حشره کش های انتخاب ، از جمله نوع diamide که اخیراً معرفی شده است، به 32٪ افزایش یافته است. به طور مشابه، داده ها همچنین حاکی از غلبه آپاراتیتوئیدها در تحقیقات کنترل بیولوژیکی است، و بین تحقیقات بیولوژیکی و تحقیقات در مورد حشره کش ها (نمودار مکمل 1b,c) رابطه منفی و معناداری وجود دارد (F1,5= 8.72; P= 0.04; r2= .685). راهبردهای IPM و اجرای آنها به طور مداوم تنها تقریباً 15٪ از تحقیقات (شکل تکمیلی 1e) را تشکیل می دهند، یک آمار نگران کننده با توجه به اینکه اجرای موثر برای تصویب IPM مهم و اساسی است و بزرگترین محدودیت فعلی برای مدیریت پایدار DBM می باشد. مطالعات مربوط به زیست شناسی و زیست محیطی پایه به طور معمول 10-20٪ از تحقیقات (شکل مکمل 1a) را نشان می دهد ، و طی یک دهه گذشته تحقیقات قابل توجهی در مورد محصولات برزیکای مهندسی شده برای بیان سموم Bt انجام شده است (شکل مکمل 1f). این همزمان با قطع تحقیقات در مورد دیگر استراتژی های جدید و کاهش تحقیقات در مورد فعل و انفعالات با گیاهان میزبان (شکل تکمیلی 1d) بود. با توجه به محدودیت های موجود در زمینه انتشار میدانی محصولات زراعی برزیکا، اتخاذ این فناوری در کوتاه مدت بعید به نظر می رسد.

چندین دهه است که محققان زیست شناسی و بوم شناسی DBM را مورد مطالعه قرار داده اند ، و در سال های اخیر درک ما از برخی جنبه های اساسی ، به ویژه روابط گیاهان میزبان DBM ، تعاملات سه سطح غذایی انگلی DBM و مهاجرت به میزان قابل توجهی بهبود یافته است. DBM توسط طیف گسترده ای از دشمنان طبیعی مورد حمله قرار می گیرد ، و کنترل بیولوژیکی در درجه اول روی پارازیتوئیدهای پرده بالان لارو و شفیره است که اساس برنامه های IPM را ایجاد کرده است و اثبات شده است که این در کوتاه مدت عملی است. با این حال، علیرغم پایداری این فن آوری، پذیرش آن ضعیف است و به طور معمول برنامه ها پس از اجرا توسط کشاورزان به تدریج به برنامه تقویمی حشره کش ها بازگشتند. این به خصوص در مورد معرفی حشره کش های انتخابی indoxacarb و spinosad به مدیریت DBM در اواخر دهه 1990 رخ داد. هر دو محصول ، مانند فرمول های Bt قبل از آنها، در نهایت قربانی موفقیت خود شدند، زیرا استفاده قضایی اولیه جای خود را به کاربردهای بدون تبعیض و تکامل سریع مقاومت داد؛ این چرخه در حال حاضر در حال تکرار برای حشره کشهای الماس اخیراً معرفی شده است. غلبه بر موانع اتخاذ پایدار این فناوریهای اثبات شده برای مدیریت DBM همچنان یک چالش بزرگ می باشد، اما باید با غلبه بر تعداد حشره کشهای انتخابی مؤثر، مرتفع شود.

**مسائل مربوط به آینده**

1- باید مکانیسم هایی برای تسهیل پذیرش مداوم IPM متداول توسعه یابد. فناوری برای مدیریت پایدار DBM در چارچوب مدیریت یکپارچه محصولات زراعی برزیکا وجود دارد، اما مکانیسم های ضعیف فعلی قادر به دستیابی به تغییرات رفتاری لازم در سطح جامعه نیستند که برای استقرار پایدار ضروری است. به منظور رسیدن به موفقیت، ابتکارات آینده نیاز به برنامه های آموزشی جامع تر خواهد داشت، که در مقیاس منطقه ای توسعه یافته و مشارکت فعال تولیدکنندگان (کشاورزان)، مأموان گسترش، فروشندگان سموم دفع آفات، سیاست گذران و دانشمندان را تضمین می نماید.

2- استقرار محصولات Bt-Brassica فرصتهای شگرفی را برای مدیریت بهتر DBM فراهم می کند، که بدین منظور راه حل هایی برای تنگناهای نظارتی فعلی مورد نیاز است. اتخاذ پایدار این فناوری به استراتژی های موثر برای کاهش مقاومت بستگی دارد که به آموزش مؤثر جامعه و احتمالاً قانونگذاری نیاز می باشد. فناوری برای بافت و بیان ژنتیکی خاص از محصولات تراریخته و استقرار حشرات تراریخته برای کنترل بیولوژیکی خود انهدامی وجود دارد که می تواند تکامل مقاومت موجود را کند نماید.

3- درک جنبش منطقه ای DBM برای مدیریت موثر آفات بویژه در زمینه مدیریت مقاومت بسیار اساسی است. درک فعلی نشانه های بیوتیک(حیاتی) و غیر بیوتیک که زمینه ساز مهاجرت ناقص DBM است، و مطالعات در مورد بررسی اثرات درجه حرارت شدید و فشارهای تغذیه ای احتمالاً بینش قابل توجهی را ارائه می دهد

4- جانوران بندپای شکارچی در اکوسیستم های سیستم برزیکا می تواند یک منبع طبیعی قابل توجه برای مدیریت DBM باشد. با این حال، علیرغم سرمایه گذاری های کلان در جنبه های دیگر کنترل بیولوژیکی، شکارچیان مورد مطالعه ضعیف باقی می مانند و احتمالاً در IPM مورد بهره برداری قرار نمی گیرند. این باید در تحقیقات آینده مورد توجه قرار گیرد.



















































