

نامه انجمن حشره شناسان ایران

جلد سوم (شماره ۲۰۱) - اسفند ۱۳۵۴

اهمیت پژوهشهای اکولوژیک در پیکار بیولوژیک بوسیله میکروارگانیزمهای بیماریزای حشرات

(متن سخنرانی پروفیسور رمودیه در پنجمین کنگره گیاه پزشکی ایران در تبریز)
ترجمه : دکتر محمد صلوی

پیکار علیه حشرات بوسیله میکروارگانیزمهای بیماریزای یکی از روشهایی است که تصور میشود در سالهای آینده بدلائل زیر توسعه قابل ملاحظه‌ای پیدا کند.

تعداد ژرم‌هایی که تاکنون شناخته شده و قادر بایجاد بیماری و مرگ حشرات می‌باشند بسیار زیاد هستند و این تعداد بدلیل فعالیت و پژوهشهای قابل ملاحظه فارچ‌شناسان هر لحظه بیشتر میگردند. صفت طبیعی این عوامل بیماریزای که خاصیت عدم آلودگی محیط را دارا می‌باشند و اغلب آنها کاملاً اختصاصی (Specific) هستند و کشورها را ترغیب به گسترش هرچه بیشتر این روشها و کشاورزان را باستعمال بیش از پیش آنها وادار می‌کند.

اگر موارد عملی پیکار میکرو بیولوژیک از تعداد انگشتان دست تجاوز نمی‌کند بدلیل اشکالات گوناگونی است که هنگام عمل باید برای آنها چاره اندیشید.

پژوهشهای (Lever & Strong (1973 که در مجله OEPP (سازمان اروپائی حفاظت نباتات) انتشار یافته نشان میدهد که هزینه یک حشره کش جدید از هنگام کشف تا مرحله تجارتي بطور متوسط ۵ تا ۱۰ میلیون دلار می‌باشد. قبول

هزینه‌هایی از این قبیل خارج از امکانات بیشتر مؤسسات پژوهشی ملی و یا خصوصی است و فقط از عهده صنایع بزرگ برمی‌آید. بنابراین اشکالات و موانعی که پژوهشگران پیکار بیولوژیک با آن روبرو هستند بخوبی درک می‌شود. با وجود این پژوهشگران پیکار بیولوژیک با مسائل بسیار پیچیده‌تری سرو کار دارند و مسائل لازم برای حل این مسائل بمراتب نارس‌تر و ضعیف‌تر از امکانات صنایع شیمیائی است.

زمانیکه پیکار بیولوژیک علیه یک حشره زیان آور بوسیله عوامل بیماریزا پیشنهاد می‌شود در ابتدا لازم است که پژوهشها در جهات بسیار مختلفی شروع گردد و سپس تمام عملیات را بطرف هدف مورد نظر متمرکز نمود.

در مرحله اول باید یک عامل بیماریزای بسیار خوب در اختیار داشت. یک عامل بیماریزای خوب چگونه است؟ میتوان گفت که صفات بسیار خوب برای یک عامل بیماریزا تقریباً نزدیک به میکرو ارگانیسم‌هایی است که تولید Epiphytie بسیار بزرگی مانند زنگ‌گندم می‌کند.

عامل بیماریزا باید:

- دارای قدرت بیشمار پراکنندگی و ازدیاد باشد.
- دارای قدرت بیماریزائی و ستیزه جوئی (Agressivité) باشد.
- دارای قدرت مقاومت و تحمل در مقابل شرایط متغیر محیط باشد.
- دارای قدرت زیستن در مقابل شرایط نامساعد و بخصوص فقدان میزبان باشد.

آن‌گاه که این عامل بیماریزای معجزآسا را پیدا کردیم باید دانستی‌های بسیار زیادی درباره آن جمع‌آوری کنیم:

- ۱ - باید آنرا ردیابی کرد.
- ۲ - آنرا شناخت.
- ۳ - آنرا جدا کرد.
- ۴ - آنرا در محیط کشت نگاهداری نمود.
- ۵ - آنرا زیاد کرد، و بالاخره تهیه آن بشکل ثابت و فعالی از نظر اقتصادی قابل توجه باشد.

بنابراین لازم است:

بررسی بیشتر و عمیق تری در فیزیولوژی و اکولوژی آن انجام داد .
در هر لحظه قادر به مهار کردن قدرت بیماریزای این عامل در مقابل
حشرات زیان آور باشیم .

همچنین باید بی ضرر بودن آنرا در مقابل تولید کنندگان و مصرف کنندگان
و در مقابل مجموع عوامل Biocoenose و Agrocoenose روشن و ثابت کرده و
آنرا تضمین نمود .

درباره حشرات مورد مبارزه باید به مسائل اساسی زیر توجه کرد و آنها را
بررسی نمود .

- بیولوژی حشره

- گیاهان میزبان مورد تغذیه حشره

- عواملی که باعث ازدیاد آنها می شود و عواملی که معمولا تنظیم جمعیت
آنرا بعهدہ دارند . باین مجموعه ای که من بسیار سطحی از آن گذشتم باید به
روابط زیادی که بین گیاهان کاشته شده ، حشرات زیان آور و عامل بیماریزای آنها
وجود دارد توجه کرد .

همچنین باید به چگونگی تغییرات این واکنش ها (رابطه ها) Interaction
در مقابل عوامل متغیر فیزیکی محیط و عوامل انسانی مانند عملیات زراعی و
بهداشت نباتی توجه کرد .

در مورد مبارزه علیه شته ها بوسیله *Entomophthora* که اینجانب بان اشتغال
دارم مانند سایر پژوهشهای دیگر در صورتیکه یک یا چند مورد از آن بدست
فراموشی سپرده شود خطر برخورد بیک بن بست را دارد .

در حقیقت تنها کافی نیست که یک عامل بیماریزا را زیاد نمود (چیزیکه
اغلب با سرمایه گذاری امکان پذیر است) بلکه باید از تعادلی که همیشه کم و
بیش بین دشمنان متشکله یک محیط وجود دارد در جهت مناسب بحال گیاهان
کاشته شده ، استفاده نمود .

بدین طریق درك میشود که اکولوژی باید در تمام مراحل پژوهش در نظر
گرفته شود .

در مرحله کشف عامل بیماری ، شناسائی محیط و میزبان آن لازم است .
سپس بررسی اساسی ژرم های بیماریزا و شرایط ازدیاد و پخش آن در

جمعیت حشره میزبان باید آشکار گردد .

باید اثر Climat و Microclimat روی ازدیاد و پخش و همچنین اثر تراکم میزبان شناخته گردد . باید همچنین روش مقاومت عامل بیماری را زمانی که شرایط محیط نامساعد است و نیز فعالیت مجدد آن هنگامی که شرایط خارجی محیط مساعد گردیدند مورد بررسی قرار داد .

بررسی عامل بیماریزا در مجاورت جمعیت (که فایده آن غیر قابل انکار است) باید بر پایه روشهای بررسی اکولوژیک که قادر به تجزیه و تحلیل نوسانهای جمعیت حشرات و توجیه ریاضی آن است استوار باشد .

در هر مورد، روش های بررسی باید با موقعیت مخصوص خود مانند : نوع کشت ، محیط و گونه حشره مورد مطالعه وفق داده شود .

این مرحله از پژوهش برای درك پدیده های Epizootique لازم است و بعلاوه راهی برای شناخت آزمایشهای اکولوژیک است که در طول آن اثرات استعمال عوامل بیماریزا آزمایش می شوند .

در بیشتر موارد پژوهشهای اکولوژیک روی عوامل بیماریزا بستگی بسیار نزدیکی بعمل یک Microorganisme روی یک گونه حشره زیان آور بیک گیاه و در یک منطقه Bioclimatique همگن دارد ، فواید چنین پژوهشهایی که نتیجه عملی آن غیر قابل انکار است نباید دست کم گرفت . با این وجود باید قبول کرد که نتایج بدست آمده در این شرایط بسیار محدود فقط جزء کوچکی از پدیده های این مجموعه میباشند .

برای درك بیشتر مسائلی که در نتیجه استعمال عوامل بیماری زا در مبارزه بیولوژیک پیش می آید نباید تنها عمل آنها را روی جمعیت حشرات مورد مبارزه بررسی کرد بلکه باید روی میزبانان کم و بیش زیان آور یا غیر زیان آور که قادر به پناه دادن حشرات در محیط های گوناگون می باشند مانند (انواع دیگر کشت گیاهان وحشی و گیاهان هرز) توجه کرد .

باید همچنین زندگی میکرو ارگانیسم هنگام نابودی میزبان و محیطی که مقاومت آن و یا احتمالاً نشوونمای Saprophytique آنها میسر میسازد شناخت همچنانکه این موضوع درباره بعضی از قارچها صادق است .

محققاً انجام کاربرد پژوهشهایی از این نوع مواجه با اشکالاتی میگردد زیرا احتیاج بوسائل مهم و شرکت پژوهندگان صلاحیت دار رشته های گوناگون دارد ،

بعلاوه اطلاعات بسیار زیادی که در این زمینه جمع آوری می شوند بدون کمک کامپیوتر بسختی قابل تجزیه و تحلیل می باشند .

با تکیه بر نتایج بدست آمده از پژوهشهای قارچهای پارازیت شته ها میخواهم نشان دهم که بعضی از پیشرفت ها حتی با وسائل بسیار کم نیز عملی می باشد .

از پانزده سال پیش پژوهش های اکولوژیک روی قارچهای *Entomophthora* در اروپا و آمریکا روی چندگونه زیان آور ادامه دارد :

در کالیفرنیا روی دوشته یونجه

در Le maine (آمریکا) روی سه شته سیب زمینی

در انگلستان روی دوشته غلات

در فرانسه روی یک شته باقلا

در نتیجه بررسی های بسیار دقیق ، تجزیه و تحلیل دقیقی از *dynamique* جمعیت و شناسائی روش پخش *Epizootique* بیماری روی گونه های زیان آور فوق میسر گردیده است ، اما در عوض این بررسی ها که منحصرأ مربوط بیک نوع کشت بوده است از تمام آنچه که خارج از این کشت های گذرد و در تمام مدت زیادی که زمین عاری از کشت است ناآگاه بوده و اطلاعاتی در این مورد بدست نمی دهد . بنابراین بروش دیگری مسأله را مورد توجه قرار داده و تکامل و نشوونمای قارچ بیماریزا را در جمعیت های طبیعی عده بیشماری از شته ها که در *Biotope* های مشخصی زندگی می کنند مورد بررسی قرار داده ایم .

منطقه انتخابی ناحیه ساحلی *Normandie* بوده است ، در این منطقه شته ها در تمام فصول حتی در زمستان وجود دارند ، نزدیکی این منطقه بدریا اغلب اوقات شرایط مساعدی برای نشو و نماي قارچ *Entomophthora* ایجاد می کند ، در هرماه در حدود ده ایستگاه مورد پژوهش قرار گرفته و فراوانی نسبی گونه های شته روی گیاهان مختلف یادداشت شده تمام نمونه هایی که در اثر حمله قارچ از بین رفته اند کشت داده و گونه دقیق آنها تعیین کرده ایم .

این بررسی که مدت دو سال روی بیش از صدگونه شته که حدود دویست گونه گیاه را آلوده می کنند ادامه داشته است .

۷ گونه شته ها در مواقع مختلف مورد حمله چندین گونه *Entomophthora* قرار گرفته اند عامل بیماریزا بطور دقیق روی حدود . . . شته که متعلق به ۷ گونه از جنس های *Entomophthora* و *Condiobolus* بوده تعیین گردیده است .

اگر تنوع فون و فلور Biotope ها و بویژه ناهماهنگی انتشار گیاهان و ناهمگنی گسترش شته‌ها را روی گیاهان میزبان مورد مطالعه قرار دهیم بخوبی ملاحظه می‌شود که پژوهش‌ها یک تجزیه و تحلیل درست کمی از موقعیت قارچ را بدست نمی‌دهد بلکه فقط تا حدودی به کیفیت آن نزدیک می‌شویم .

با این وجود میتوان نتایج قابل قبول و معنی‌داری در این بررسی‌ها استخراج کرد .

۱ - تغییر نوسان فراوانی قارچ در طول فصول عبارتست از : در زمستان با حداکثر ۰.۴ یا ۰.۵ شته‌های آلوده ، این فراوانی در بهار کاهش یافته به ۰.۳ تا ۰.۳۰ میرسد و سپس در تابستان به ۰.۱ رسیده و در پاییز تا ۰.۳۵ بالا میرود .

۲ - تلاقی سطح جمعیت شته‌ها با فراوانی قارچ در مورد شته *Myzus ascalonicus* که دارای نشوونمای زمستانه است مورد مطالعه قرار گرفته در بین نمونه گیاهانی که شته‌های انفرادی را مسکن داده‌اند $\frac{1}{4}$ آن مبتلا به Mycose شده‌اند در حالیکه $\frac{9}{10}$ نمونه‌هایی که دارای تراکم شته بسیار بوده‌اند (صد عدد شته روی هر گیاه) آلوده به قارچ گشته‌اند .

پدیده Ecologique بسیار مهم در اینجا تنها فراوانی Mycose در تراکم‌های زیاد شته‌ها نیست بلکه روشن کردن امکان دوام بیماری در تراکم‌های بسیار ضعیف و پراکنده می‌باشد .

۳ - نتیجه دیگری که از این بررسی بدست آمده فراوانی نسبی γ گونه *Entomophthora* روی شته‌ها در نواحی مورد پژوهش است ؛

E. sphaerosperma - ۰.۳ ، *E. aphidis* - ۰.۴ ، *Entomophthora planchoniana* نزدیک به ۰.۴ ، *E. thaxteriana* - ۰.۱۱ ، *E. fresenii* و *Conidiobolus osmodes* کمی بیش از یک درصد .

اگر تعمق بیشتری در این باره انجام گیرد مشاهده می‌شود که فراوانی نسبی گونه‌ها در فصول مختلف سال بطور قابل ملاحظه‌ای فرق می‌کند .

E. sphaerosperma بویژه در زمستان مشاهده می‌شود و از ژوئن تا اکتبر بطور کامل از بین میرود .

گونه‌ایست *C. osmodes* زمستانه و از دسامبر تا فوریه وجود دارد .

E. fresenii فقط در تابستان (ژوئیه) پیدا شده است .

E. thaxteriana تا ابتدای زمستان وجود دارد و سپس در جمعیت شته‌ها از بین رفته و در طبیعت بحال Spore باقی می‌ماند .

E. planchoniana و *E. aphidis* در تمام سال وجود دارند ولی گونه‌شته‌هائیکه این دو قارچ بر روی آنها فعالیت دارند از فصلی به فصل دیگر متغیرند .

۴ - نکات قابل توجهی در تشخیص انگلی هر گونه *Entomophthora* در مقابل بعضی از شته‌ها در این پژوهش اکولوژیک مورد مطالعه قرار گرفته که بعلاوه تطویل کلام از ذکر آن خودداری می‌کنیم و فقط بذکر این نکته می‌پردازیم که در یک کلنی شته دو، سه و یا چهار گونه *Entomophthora* همکاری می‌کنند . حتی آلودگی یک گونه شته بچند قارچ ثابت شده است .

نسبت گونه‌های *Entomophthora* که بیک گونه شته و روی یک گونه گیاه حمله می‌کند بطور قابل ملاحظه‌ای از ماهی به ماه دیگر متغیر است .

دو گونه شته بسیار نزدیک مانند *Myzus ascalonicus* و *M. ornatus* که هر دو در یک زمان و روی یک عضو از یک گیاه مشخص وجود دارند ممکن است بطریق بسیار متفاوتی بوسیله دو گونه مشخص *Entomophthora* مورد حمله قرار گیرند .

بدین طریق ۸ درصد *M. ascalonicus* در اثر قارچ *E. sphaerosperma* از بین می‌رود و فقط یک درصد آن بوسیله *E. aphidis* نابود می‌گردد . در حالیکه ۷۳٪ از *Myzus ornatus* بوسیله *E. aphidis* از بین می‌رود و فقط یک درصد از این شته توسط *E. sphaerosperma* نابود می‌گردد .

۵ - بالاخره وجود هم‌زمان گونه‌های شته که در یک زمان و در یک ایستگاه فراوان می‌باشند و گونه‌های *Entomophthora* که در این جمعیت پراکنده هستند یک Inoculum فعال طبیعی در این زمان می‌باشد که سرمایه مفید تهدید کننده‌ای برای تمام گونه‌های شته حساس باین Inoculum است .

شناسائی سطح و طبیعت این Inoculum کمک بزرگی به پیش‌بینی تکامل جمعیت شته‌های زیان‌آور می‌کند .

اگر مدت زیادی درباره قارچهای پارازیت شته صحبت شده است تنها بدلیل شناسائی کامل آنها نمی‌باشد ، بلکه برای نشان دادن استفاده‌ای است که میتوان از یک چنین پژوهشی که در تمام جهات مسأله بسیار وسیع است بعمل آورد .

تنها شناسائی عمیق اکولوژی عوامل بیماریزای مورد استفاده در پیکار

بیولوژیک می‌تواند جلوی بعضی از کارهای بیهوده‌ای را که نتیجه آن شکست از اولین گام کاربرد آنهاست بگیرد. همچنین تنها این شناسائی اکولوژیک در آینده دور می‌تواند از مرحله مبارزه پیش‌گیری و یا معالجه‌ای بوسیله عوامل بیماریزا گذشته و به هدف ایده‌ال که پیش‌گیری اکولوژیک تراکم حشرات بوسیله دخالت مستقیم و یا غیر مستقیم در محیط است بپردازد، در حقیقت می‌توان تغییراتی در محیط ایجاد کرد که باعث تقویت عمل میکروارگانیسم‌های بیماری‌زای حشرات گردد.

در پایان می‌خواهیم از کادر Ecologie میکروارگانیسم‌های بیماری‌زای حشرات گذشته و بگویم و دوباره تکرار کنم که امروزه هیچ‌گونه پیشرفتی در حشرشناسی کاربردی انجام نخواهد گرفت مگر آنکه ابتدا پژوهش‌ها بر مبنای Ecologie که نقطه تجمع علوم مختلف است استوار باشد. Ecologie، پژوهندگان را مجبور می‌کند که بدون وقفه دانش خود را تکمیل کرده و هرروزه در زمینه‌های جدیدی گسترش دهد.

تماس دائم با زمین، با کشت‌ها و محیط طبیعی که آنرا احاطه می‌کند تنها طریقه‌ای است که پژوهنده را بتدریج از بعضی جهات مهم مسأله آگاه می‌گرداند. من هنوز جبهه‌گیری بین کسانی که بنام پژوهنده آزمایشگاه و پژوهنده در طبیعت وجود دارند قابل تأسف می‌دانم.

هر کدام بنوبه خود صلاحیت دیگری را مورد تردید قرار می‌دهد. پژوهنده آزمایشگاهی در مقابل پیچیدگی پدیده‌های طبیعی ترجیح می‌دهد که منزوی شده و بدور خود دنیائی که در آن فرمانروای مطلق باشد بوجد آورد و بالاخره از حشرات دست‌آموز و رام شده خود تمام آنچه را که در رؤیای خود می‌بیند بوجد آورد.

پژوهنده مزرعه شیفته تظاهرات زندگی جانوران و گیاهان گردیده و در مقابل پدیده‌های طبیعی برای درک بعضی از ارتباط‌های بین اشیاء و جانوران بسیار کوشش می‌کند. از مشاهدات بیشمار خود تأثیر پذیرفته و گاهی فکرهای جالبی بدست می‌آورد ولی بندرت قادر به جدا کردن کلاف سردرگم و بی‌سروته بین این ارتباط‌ها می‌باشد.

بنابراین برای او مشکل است که داده‌های مشخصی برای کمک بیک

فرضیه و یا پیشبرد یک تئوری بدهد. تناقض بین طبیعت و آزمایشگاه اغلب به آنچه که همیشه بین علم خالص بنیادی و علم کاربردی وجود دارد مربوط می شود. در چنین دنیای نامتعادلی که در آن زندگی می کنیم (و مثلاً خشکی ساحل افریقا و گرسنگی تعداد بیشماری از افراد بشر را نابود می کند) حشرشناس از نظر اخلاق حق ندارد که منحصرآ به تحقیقات و پژوهشهایی بپردازد که هدف عملی نداشته باشد.

زمانی که یک پژوهنده در جهت حشرشناسی عملی گام برمیدارد و بمسائل، از زاویه دید اکولوژی نگاه می کند بزودی با مجموعه پرسشهایی که از بررسی های اساسی سرچشمه می گیرد مواجه می شود، که باید آنها را در آزمایشگاه حل کند. و اگر در این راه موفق گردد باعث پیشرفت بررسی های عملی نیز گردیده است.

انتخاب عکس این راه بهدر دادن کوششهاست. زیرا ناشناخته های بسیاری در دنیای حشرات وجود دارد و بهتر است فقط در چند موردی که این بررسی ها قادر به باز کردن راهی برای کارهای عملی است اقدام گردد و از ورود در راههایی که در تصورات حشرشناس وجود دارد خودداری گردد. راههایی که محققاً شورانگیز می باشند ولی بیش از اینکه بر نبوغ دلالت کنند عجیب و غریب هستند.

SUR L'IMPORTANCE DE LA RECHERCHE ECOLOGIQUE DANS LA LUTTE BIOLOGIQUE

AU MOYEN DES MICROORGANISMES ENTOMOPATHOGENES

par: G. REMAUDIERE⁽¹⁾

La lutte contre les insectes au moyen de microorganismes pathogènes est une voie d'avenir. Nous pensons qu'elle aura un grand développement au cours des prochaines années. Pour quelles raisons?

- D'abord le nombre des germes qui sont aujourd'hui reconnus capables de déterminer la maladie et la mort des insectes est considérable et ce nombre ne cesse de s'accroître grâce aux remarquables travaux des pathologistes.
- Ensuite le caractère naturel, non polluant et souvent très spécifique, des méthodes utilisant des agents pathogènes d'insectes incite et incitera de plus en plus les gouvernements à les promouvoir et les agriculteurs à les appliquer.

Si le nombre des cas dans lesquels la lutte microbiologique est entrée dans la pratique demeure encore très restreint et peut se compter sur les doigts de la main, cela est la conséquence des difficultés de toute nature qu'il est indispensable de surmonter lors de la mise au point.

Une récente étude de LEVER & STRONG (1973) parue dans le Bulletin de l'OEPP a révélé que le coût de la mise au point d'un nouvel insecticide chimique s'élève en moyenne de 5 à 10 million \$ depuis sa découverte jusqu'au stade de sa commercialisation. L'engagement de dépenses de cet ordre dépasse les possibilités budgétaires de la plupart des Instituts de Recherches nationaux ou privés, il n'est possible que dans le cadre de la grande industrie. On comprend donc les difficultés auxquelles se heurtent les chercheurs en lutte biologique: ils s'attaquent à des problèmes encore beaucoup plus complexes et les moyens dont ils disposent pour mener leurs travaux sont infiniment plus faibles que ceux de l'industrie chimique.

Quand on se propose de lutter biologiquement contre un insecte nuisible, au moyen d'un agent pathogène, il est nécessaire en effet de lancer au départ tout un faisceau de recherches dans des orientations très diverses-puis de faire converger tous les travaux vers l'objectif.

(1) - Institut Pasteur, 25, Rue de Dr. Roux (XVe Arrondissement), Paris

En tout premier lieu, il faut pouvoir disposer d'un bon agent pathogène. Or, qu'est-ce qu'un bon agent pathogène ? On peut dire que les qualités requises pour cet agent sont proches de celles manifestées par les microorganismes responsables des grandes épiphyties (comme les rouilles des Céréales par exemple).

Le pathogène doit donc à la fois :

- montrer une grande capacité de multiplication et d'expansion
- une agressivité et un pouvoir pathogène élevés
- une certaine tolérance vis-à-vis des fluctuations de l'environnement
- et une capacité de survie aux conditions adverses et notamment en l'absence d'hôtes.

Une fois trouvé cet agent pathogène miracle, les connaissances à réunir sont très vastes.

Il faut évidemment pouvoir

- le détecter,
- le reconnaître,
- l'isoler,
- le maintenir en culture,
- et aussi le multiplier et être capable de produire économiquement une forme stable et active.

Cela veut dire qu'il importe :

- d'approfondir sa physiologie et son écologie
- et d'être en mesure à tout moment de contrôler son pouvoir pathogène vis-à-vis de l'insecte à combattre.
- Il faut encore vérifier, prouver et garantir son innocuité vis-à-vis de ceux qui le produisent ou l'utilisent,
- vis-à-vis des consommateurs des produits traités,
- vis-à-vis également de l'ensemble des éléments de la biocoenose ou de l'agrocœnose qui recevra les applications.

En ce qui concerne l'insecte à détruire, il est évidemment essentiel de connaître

- sa biologie,
- les plantes hôtes aux dépens desquelles il peut se développer,
- les facteurs qui favorisent sa multiplication et ceux qui assurent normalement la régulation de ses populations.

A cet ensemble que j'ai survolé trop superficiellement, il est indispensable d'ajouter la nécessité de prendre conscience des multiples interactions qui se manifestent entre la plante cultivée

l'insecte nuisible
et son pathogène.

Il faut également voir comment ces interactions peuvent être modifiées en fonction de la fluctuation des facteurs physiques du milieu et aussi en fonction de facteurs humains tels que les pratiques culturales ou phytosanitaires.

Dans les cas qui nous préoccupent personnellement, celui de la lutte contre les pucerons au moyen des *Entomophthora* comme d'ailleurs dans tout autre cas, la recherche risque de se fourvoyer dans une impasse si l'un ou l'autre de

ces aspects est négligé. Il ne suffit pas en effet de maîtriser la production d'un agent pathogène (ce qui est souvent possible en y mettant le prix), il faut en outre être en mesure d'infléchir dans un sens favorable à la plante cultivée l'équilibre toujours plus ou moins fluctuant qui existe entre les diverses composantes antagonistes de son environnement.

On comprend ainsi que l'aspect écologique doit être considéré à tous les stades de la recherche :

— déjà la phase de la détection implique une certaine connaissance du milieu et celle des hôtes capables d'héberger le pathogène ;

— ensuite l'étude fondamentale du germe lui-même doit révéler les conditions de sa multiplication et de sa propagation dans les populations d'insectes hôtes, elle doit reconnaître l'effet du climat et des microclimats sur cette multiplication et cette propagation ainsi que l'influence de la densité des hôtes ; il faut encore reconnaître la façon dont l'agent pathogène persiste dans le milieu lorsque celui-ci devient défavorable et la façon dont il redevient actif quand les conditions extérieures sont à nouveau plus convenables ;

— l'étude de l'impact de l'agent pathogène au sein des populations (dont l'intérêt n'est pas à souligner) doit également s'appuyer sur les méthodes de la recherche écologique qui permettent l'analyse des fluctuations de populations d'insectes et leur interprétation sur des bases mathématiques. Dans chaque cas, les méthodes doivent être adaptées aux circonstances particulières telles que le type de culture ou de milieu et l'espèce d'insecte sur laquelle portent les investigations. Cette phase de la recherche est essentielle à la compréhension des phénomènes épizootiques naturels et en outre elle ouvre la voie de l'expérimentation écologique au cours de laquelle sont testés les effets de l'application de l'agent pathogène.

Dans la grande majorité des cas, les études écologiques sur les agents pathogènes concernent très étroitement l'action d'un microorganisme sur une espèce d'insecte nuisible à une plante-cultivée et cela dans une zone bioclimatique homogène. Il ne faudrait pas sous-estimer l'intérêt de telles recherches dont la portée pratique est incontestable, cependant il est essentiel de reconnaître que les connaissances acquises dans des conditions aussi strictement délimitées ne peuvent représenter qu'un aspect très partiel des phénomènes qui entrent en jeu.

Pour acquérir une compréhension plus large des problèmes posés par l'utilisation des agents pathogènes en lutte biologique, il est nécessaire d'étudier leur action - non seulement sur la population de l'insecte que l'on veut combattre mais aussi sur les hôtes, plus ou moins nombreux, nuisibles ou non, qui sont susceptibles de l'héberger dans divers milieux (autres types de cultures, plante adventices, végétation spontanée).

Il est important également de savoir comment le microorganisme se comporte lorsque les hôtes ont disparu et de connaître les milieux qui assurent sa persistance ou éventuellement son développement saprophytique comme cela se présente parfois chez certains champignons opportunistes.

Evidemment, la réalisation pratique d'études globales de ce genre soulève des difficultés car elle demande des moyens importants et la participation de

chercheurs compétents dans diverses disciplines. En outre, la masse des informations qui peuvent être recueillies est difficilement analysable sans le secours d'un ordinateur.

En m'appuyant sur l'expérience acquise dans nos travaux sur les champignons parasites des pucerons, je voudrais vous montrer que certains progrès sont pourtant possibles même avec des moyens de travail restreints.

Depuis une quinzaine d'années, des études écologiques sur les mycoses à *Entomophthora* avaient été poursuivies en Europe et en Amérique sur quelques espèces de pucerons nuisibles:

- en Californie sur 2 pucerons de la Luzerne
- dans le Maine sur 3 pucerons de la Pomme de terre,
- en Angleterre sur 2 pucerons des Céréales,
- en France sur le puceron noir de la Fève.

Par leur caractère ponctuel, ces recherches avaient permis une analyse approfondie de la dynamique des populations et la reconnaissance des modalités de l'expansion épizootique de la maladie. Mais en revanche, ces recherches confinées à une culture faisaient fatalement abstraction de tout ce qui se passe en dehors de la culture et de tout ce qui se passe durant la longue période où le sol n'est pas occupé par cette culture.

C'est donc d'une façon différente que nous avons attaqué le problème en analysant l'évolution des mycoses dans les populations naturelles des nombreuses espèces d'Aphides qui colonisent les plantes de quelques biotopes caractéristiques.

La région choisie est la côte normande. Dans cette zone, on rencontre des pucerons en toutes saisons, même en hiver, tandis que la proximité de la mer assure la plupart du temps des conditions favorables au développement des mycoses à *Entomophthora*. Chaque mois, une dizaine de stations sont prospectées l'abondance relative des différentes espèces de pucerons présents sur les plantes les plus diverses est notée; tous les spécimens morts de mycose sont placés dans des conditions permettant la sporulation du champignon (condition indispensable à son identification spécifique).

Poursuivie pendant 2 ans, l'étude a porté sur une centaine d'espèces de pucerons qui colonisent plus de 200 espèces de plantes. 70 espèces de pucerons se sont trouvées à un moment ou à un autre attaquées par une ou plusieurs espèces d'Entomophthorales. Les agents de la mycose ont pu être identifiés sur environ 5.000 pucerons et ils correspondent à 7 espèces des genres *Entomophthora* et *Conidiobolus*.

Si l'on considère la diversité floristique et faunique des biotopes et surtout la discontinuité de la distribution de la végétation et l'hétérogénéité de la répartition des pucerons sur les plantes hôtes disponibles, on conçoit que notre étude ne pouvait pas permettre une réelle analyse quantitative de l'impact des mycoses mais seulement une approche qualitative.

Malgré ces réserves, un certain nombre de conclusions significatives ont pu être dégagées.

1. La variation de la fréquence des cas de mycose au cours des saisons: maximale en hiver, avec 40 ou 50 % des lots atteints de mycose, cette fréquence s'abaisse au printemps (20 à 30%), elle tombe à 10 % en été puis remonte l'automne au voisinage de 35 %.
2. L'incidence du niveau des populations sur la fréquence de la mycose a été révélée par l'examen des attaques subies par *Myzus ascalonicus* qui est un puceron à développement hivernal: parmi les échantillons de plantes hébergeant des pucerons isolés, le tiers est atteint de mycoses alors que près des 9/10 des échantillons comportant une densité de pucerons assez forte (une centaine par plante) sont porteurs de mycose.

Ici, le fait écologique le plus intéressant, ce n'est pas la constatation d'une fréquence plus grande des cas de mycose dans une population dense mais c'est la mise en évidence de la possibilité de persistance de la maladie dans des populations extrêmement faibles et dispersées.

3. Un autre résultat acquis concerne la fréquence relative des 7 espèces d'Entomophthorales rencontrées sur pucerons dans la région prospectée: *E. planchoniana* représente près de 40 % des cas de mycose identifiés, *aphidis* 30 %, *sphaerosperma* 16%, *thaxteriana* 11%, *fresenii* et *Conidiobolus osmodes* un peu plus de 1 %. Si l'on approfondit l'analyse, on constate que la fréquence relative des espèces varie considérablement d'une époque à l'autre: *E. sphaerosperma* est surtout rencontré en hiver et disparaît totalement de juin à octobre. *C. osmodes* est strictement hivernal (décembre à février). *E. fresenii* n'a été trouvé qu'en été (juillet).

E. thaxteriana se rencontre jusqu'au début de l'hiver, puis disparaît des populations de pucerons pour se maintenir dans la nature à l'état de spores de conservation.

E. planchoniana et *E. aphidis* sont présents toute l'année mais les espèces de pucerons aux dépens desquelles ces champignons se développent varient d'une saison à l'autre.

4. D'intéressantes informations sur la spécificité de chaque espèce d'Entomophthora vis-à-vis de certains pucerons sont également apportées par cette étude écologique. Mais je n'insisterai pas sur ce point qui exigerait de longs développements. Je préciserai seulement que dans un même échantillon de pucerons, coexistent souvent 2,3 ou 4 espèces d'Entomophthora, l'existence d'infections mixtes d'un même individu par plusieurs Entomophthora a même été démontrée; la proportion respective des espèces d'Entomophthora qui attaquent une même espèce de puceron sur une même espèce de plante varie de façon importante d'un mois à l'autre; deux espèces de pucerons très voisines comme *Myzus ascalonicus* et *Myzus ornatus* qui sont présentes au même moment sur les mêmes organes des mêmes espèces végétales peuvent être attaquées de façon hautement préférentielle par deux espèces distinctes d'Entomophthora: ainsi, 80 % des *M. ascalonicus* morts de mycose étaient infectés par *E. sphaerosperma*, 1 % seulement par *E. aphidis* tandis que 73% des *M. ornatus* morts de mycose avaient été tués par *E. aphidis* contre 1 % par *E. sphaerosperma*.

5. Enfin, j'ajouterai que la considération simultanée des espèces de pucerons les plus abondantes à un moment donné sur une station et des espèces d'*Entomophthora* les plus répandues dans ces populations de pucerons nous donne une représentation de l'inoculum actif naturellement existant à ce moment. Ce capital bénéfique naturel représente une menace pour toutes les espèces de pucerons sensibles à cet inoculum. La connaissance du niveau et de la nature de cet inoculum peut être une aide dans la prévision de l'évolution des populations de pucerons nuisibles.

Si je me suis permis de développer longuement cet exemple particulier des champignons parasites de pucerons, ce n'est pas seulement parce que je le connais bien mais c'est surtout pour vous montrer tous les avantages que l'on peut retirer d'une recherche ouverte aussi largement que possible à tous les aspects d'un problème.

Seule une profonde connaissance de l'écologie des germes que l'on veut employer en lutte biologique permettra d'éviter certaines fausses manoeuvres qui conduiraient fatalement à des échecs dès les premières tentatives d'application.

Seule aussi, cette connaissance écologique pourra conduire, un jour plus lointain, à dépasser le stade des traitements préventifs ou curatifs au moyen du pathogène; on pourra alors tenter d'atteindre l'objectif idéal de la prévention écologique de pullulations d'insectes par une intervention directe ou indirecte sur le milieu lui-même. En effet, on peut concevoir certaines modifications du milieu qui renforceraient l'action d'un agent pathogène aux dépens de tel ou tel ravageur.

Dans ma conclusion, je dépasserai le cadre de l'écologie des micro-organismes pathogènes d'insectes pour dire et répéter qu'aucun progrès ne peut être fait aujourd'hui en entomologie appliquées si, dès le départ, la recherche n'est pas conduite avec une préoccupation écologique. Point de convergence de nombreuses sciences, l'Ecologie oblige le chercheur à perfectionner sans relâche ses connaissances et à les élargir chaque jour à de nouveaux domaines.

Le contact régulier avec le terrain, le champ cultivé et les milieux naturels qui l'entourent est la seule façon pour le chercheur de prendre conscience progressivement de certains aspects-clefs des sujets auxquels il se consacre.

Je trouve désastreuse cette opposition qui existe encore entre celui qu'on appelle le chercheur de laboratoire et celui qu'on appelle le chercheur de terrain, chacun de son côté jugeant l'autre parfaitement incompetent dans l'espace qui n'est pas le sien.

Le premier, devant la complexité des phénomènes naturels, préfère s'isoler et construire autour de lui un autre univers dans lequel il règne en maître absolu et finit par obtenir de ses insectes domestiqués toutes les performances auxquelles il rêvait.

Le second se passionne devant les manifestations de la vie animale et végétale; face à cette complexité des phénomènes naturels, il essaye de comprendre certaines relations entre les êtres et les choses; de ses multiples observations il retire des impressions..., parfois des idées, mais il est rarement en mesure

de démêler l'inextricable écheveau des interactions; il lui est donc difficile d'apporter les données rigoureuses qui permettraient d'étayer une hypothèse et d'avancer une théorie.

Cette opposition entre le terrain et le laboratoire rejoint celle que l'on fait constamment entre science pure et science appliquée.

Dans un monde aussi déséquilibré que celui dans lequel nous vivons (où par exemple la sécheresse du sahel africain anéantit par la famine des peuples déshérités), l'entomologiste n'a moralement pas le droit de se consacrer exclusivement à des tâches qui n'auraient pas un but appliqué. Quand un chercheur s'oriente vers un objectif d'entomologie appliquée et aborde le problème sous l'angle écologique, il se trouve très vite confronté à un ensemble de questions qui relèvent de la recherche fondamentale. C'est au laboratoire qu'il devra s'attacher à les résoudre; s'il y parvient, il aura fait du même coup progresser la recherche appliquée.

La démarche inverse serait un gaspillage d'efforts. Tant d'inconnues subsistent dans le monde des insectes qu'il vaut mieux se laisser guider dans quelques uns des nombreux axes de recherches susceptibles d'ouvrir la voie de réalisations pratiques plutôt que de se lancer, au gré de son imagination, dans des directions - certes, aussi passionnantes - mais plus souvent farfelues que géniales.