

Thripse: Kleine Insekten – grosse Probleme

Die molekulare Diagnostik, molekulargenetische Methoden zur Bestimmung von Arten, Rassen oder Populationen, gewinnt zunehmend an Bedeutung. Die molekulare Diagnostik ist vor allem dann eine Alternative zu klassischen Bestimmungsmethoden, wenn nur sehr wenige oder überhaupt keine äusseren Unterscheidungsmerkmale vorhanden sind. Im Folgenden stellen wir am Beispiel von Thripsen die Anwendung der molekularen Diagnostik zur Identifizierung und sinnvollen Bekämpfung dieser Schadinsekten dar.

PATRICK BRUNNER UND JÜRGE ERNST FREY,
EIDGENÖSSISCHE FORSCHUNGSANSTALT WÄDENSWIL

Thripse verursachen weltweit enorme Schäden in der Landwirtschaft und Zierpflanzenproduktion, die mittlerweile mit denen von Schildläusen oder Weissen Fliegen vergleichbar sind – Tendenz steigend! Trotz massiven Einsatzes von chemischen und biologischen Bekämpfungsmitteln ist es vielen Thripsarten wie dem Kalifornischen Blüenthrips (*Frankliniella occidentalis*) oder dem Zwiebelthrips (*Thrips tabaci*) sogar gelungen, sich innerhalb weniger Jahre stark auszubreiten und zu einer weltweiten Plage zu werden. Was sind die Gründe für den Erfolg dieser kleinen und unscheinbaren Insekten?

Thripse bilden mit über 5000 Arten eine der grossen Ordnungen im Insektenreich. Das Hauptverbreitungsgebiet bilden die tropischen Regionen, zirka 300 Arten kommen in Mitteleuropa vor. Es handelt sich um kleine bis sehr kleine Tiere, deren Körperlänge bis auf wenige Ausnahmen zwischen 1 und 2 mm liegt (Abb. 1). Aufgrund ihrer geringen Grösse und ihres geringen Gewichts ist die aktive Flugleistung eher gering. Allerdings spielt, wie auch bei anderen Insekten, die passive Verfrachtung durch Wind (Windplankton) eine grosse Rolle, wodurch sich ihre schnelle Verbreitung in agrarwirtschaftlichen Kulturen erklärt. Als Anpassung an diese vorwiegend passive Verbreitung sind die bandförmigen Flügel mit Fransen besetzt, was ihnen die wissenschaftliche Bezeichnung «Fransenflügler» (lat. «Thysanoptera») eingetragen hat.

Schadenspotenzial und Verbreitung der Pflanzensaft saugenden Thripse

Eine Reihe von Thripsarten ernährt sich von Pilzen oder sind räuberisch, wie zum Beispiel *Aeolothrips intermedius*, der als nützlicher Vertilger von Schad-Thripsen sowie von Spinnmilben und Blattläusen zunehmend in der biologischen Schädlingsbekämpfung an Bedeutung gewinnt. *Karniothrips flavipes* ist sogar ein «Vampir-Thrips», der als Blutsauger am Menschen

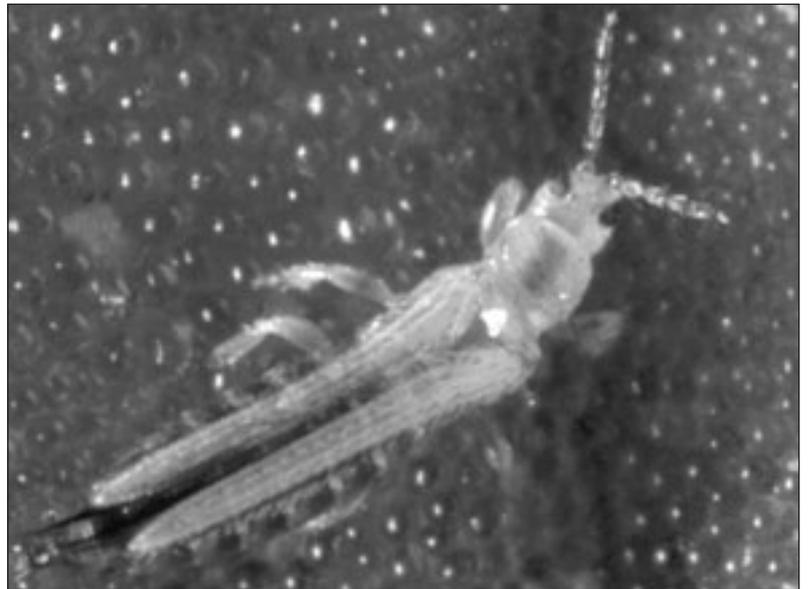


Abb. 1: Erwachsener Kalifornischer Blüenthrips (*Frankliniella occidentalis*), eine in den 80er Jahren aus Nordamerika eingeschleppte Art.

bekannt ist. Die meisten Thripse und ihre Jugendstadien sind jedoch Pflanzensaftsauger. Die stechend-saugenden Mundwerkzeuge dienen dem Aussaugen oberflächlicher Pflanzenzellen, die sich dann mit Luft füllen, wobei die für Thripsschäden typischen silbrig-grauen, nadelstichtartigen Saugflecken entstehen (Abb. 2). Das Saugen an jungen Blättern und Früchten führt zu Missbildungen. An Früchten können auch Verkorkungen auftreten und stark befallene Blüten bleiben steril. Im Gegensatz zu vielen anderen Insektenordnungen tritt kein Wechsel der Ernährungsform zwischen Larven- und Adultstadien auf (wie z.B. bei Raupe und Schmetterling), wodurch die Pflanze während der gesamten Entwicklung geschädigt wird. Während wenige Arten ausgesprochene Nahrungsspezialisten sind, zeigen vor allem Arten, die sich erfolgreich ausbreiten, eine grosse Fähigkeit zur Eroberung neuer Nahrungsressourcen und zur Anpassung an veränderte Klimasituationen. Beispielsweise ist das Ursprungsgebiet des Kalifornischen Blüenthrips



Abb. 2: Schadbild durch Saugtätigkeit von Thripsen auf einer Achimenes Blüte.

der warme Südwesten Nordamerikas. In den 80er-Jahren wurde er erstmals als eingeschleppte Art in Deutschland erkannt und hat sich seither über ganz Europa ausgebreitet. Er kann beinahe alle Gemüse und Zierpflanzen als Nahrungsquellen nutzen, weshalb er im Gartenbau zu den Hauptschädlingen zu rechnen ist. Aufgrund der kühleren Witterung ist er im nördlichen Europa vor allem als Schädling in Treibhäusern bekannt. Neuste Beobachtungen lassen aber darauf schliessen, dass sich einige Populationen bereits akklimatisiert haben und womöglich auch in unseren Breitengraden an geschützten Stellen im Freiland überwintern können.

Enormes Vermehrungspotenzial durch «Jungfernzeugung»

Ein weiterer Grund für das enorme Ausbreitungspotenzial von Thripsen ist in ihrer Fortpflanzungsbiologie zu suchen. Die Vermehrung von Thripsen geht in vielen Fällen von einem sexuellen, haplo-diploiden Mechanismus der Geschlechtsbestimmung aus. Dies bedeutet, dass – wie bei den Honigbienen – aus befruchteten Eiern Weibchen und aus unbefruchteten Eiern Männchen entstehen. Bei einigen Arten konnten auch Rassen festgestellt werden, die sich sexuell (Männchen und Weibchen) beziehungsweise parthenogenetisch ohne Befruchtung («Jungfernzeugung», nur Weibchen) fortpflanzen. Nur bei etwa 30% der europäischen Arten sind überhaupt Männchen bekannt. Bei vielen Arten dürfte die Vermehrung also parthenogenetisch erfolgen, wodurch das Vermehrungspotenzial verdoppelt werden kann. Die Entwicklungs- und Generationsdauer von Thripsen ist natürlich, wie bei allen Insekten, temperaturabhängig und beträgt zwei bis drei Wochen. Im Freiland sind deshalb bei den meisten Arten mehrere Generationen pro Jahr nicht ungewöhnlich. Im Treibhaus sind beim Kalifornischen Blüenthrrips bis 15 Generationen in einem Jahr beobachtet worden. Die Zahl der produzierten Eier variiert entsprechend der verschiedenen Arten bis zu 300 pro

Weibchen. Das Fortpflanzungspotenzial ist demnach ausserordentlich hoch, bei günstigen Bedingungen kann sich eine Population innerhalb eines Monats bis um das hundertfache vermehren. Schätzungen zeigen die ungeheure Individuenzahl, die bei einem Befall zu erwarten ist. Agrarwirtschaftliche Monokulturen unterstützen die Massenentwicklung von Schädlingen; so sind beispielsweise in Getreidefeldern bei einem mittelschweren Befall bis zu 100 Millionen Getreidethripsen (*Limothrips*) auf einem Hektar geschätzt worden.

Probleme – die Ursachen

Welches sind die hauptsächlichlichen Probleme, die Thripse verursachen und weshalb ist ihre Bekämpfung so schwierig? Thripse sind sehr klein und halten sich oft bevorzugt in Blattspalten auf. Bei Kontrolluntersuchungen von eingeführtem Pflanzenmaterial werden sie deshalb oft übersehen oder falsch identifiziert (Thrips-Larven werden oft mit Springschwänzen verwechselt). Fast alle Arten zeigen zudem starke Übereinstimmungen hinsichtlich Gestalt und Grösse, sodass eine eindeutige Identifizierung der erwachsenen Tiere langwierig ist und oftmals nur von wenigen Spezialisten durchgeführt werden kann. Im Larvenstadium sind viele Arten überhaupt nicht unterscheidbar. Aufgrund dieser Schwierigkeiten und der weltweit steigenden Pflanzentransporte konnten einige Arten wie der Zwiebelthrips (*Thrips tabaci*), der Kalifornische Blüenthrrips (*F. occidentalis*) oder die ursprünglich europäische Gattung *Limothrips* ihre weltweite Eroberung antreten. Durch den zunehmenden, regen Pflanzenhandel steigt auch die Zahl der eingeführten, unbekannteren, aber potenziell schädlichen Arten, die selbst Spezialisten nur schwer identifizieren können – ein Teufelskreis entsteht!

Neben den oben erwähnten, direkten Frassschäden sind die Sekundäreffekte oft noch schwerwiegender. Durch die Saugtätigkeit werden Infektionsorte für phytopathogene Bakterien und Pilze geschaffen. Die Übertragung – zum Beispiel von *Monilinia*, *Fusarium*, *Erwinia* – durch die Thripse erfolgt hauptsächlich durch mechanischen Kontakt, wobei die am Thrips haftenden Sporen auf die geschädigte Wirtspflanze übertragen werden. Einige Arten der Gattungen *Frankliniella* und *Thrips* (z.B. *F. occidentalis* und *T. palmi*) sind ausserdem als aktive Virusüberträger (z.B. von Tospoviren wie dem Tomatenbronzefleckenvirus) identifiziert worden. Experimente haben gezeigt, dass bereits die jüngsten Larvenstadien durch Saugen an infizierten Pflanzen die Viren aufnehmen. Ein auf diese Art infizierter Thrips kann die Viren während seines gesamten restlichen Lebens bei jeder Saugtätigkeit auf die Pflanze übertragen. Saugen Larven und adulte Tiere auf derselben Wirtspflanze, ist der Infektionsweg schnell geschlossen und die Viruserkrankung kann sich explosionsartig ausbreiten.

Schwierige Bekämpfung

Seit Jahrzehnten wird versucht mit Pestiziden der schädlichen Arten Herr zu werden – mit mässigem Er-

folg. Da Thripse eine sehr versteckte Lebensweise führen, ist eine oberflächliche Behandlung von befallenen Pflanzen mit entsprechenden Insektiziden oftmals erfolglos. Zudem werden die Eier der meisten Schad-Thripse mit Hilfe eines Legeapparats tief ins Wirtspflanzengewebe eingebracht, wo sie vor oberflächlichen Behandlungen geschützt sind. Systemische Insektizide (also solche, die von der Pflanze über die Wurzeln aufgenommen werden und die sich im Saftstrom in der Pflanze verteilen) zeigen oftmals ebenso beschränkte Wirkung. Da Thripse im Gegensatz zu Blattläusen nicht direkt den Saftstrom anzapfen, sondern gezielt eine Pflanzenzelle nach der anderen anstechen und aussaugen, sind diese Insektizide schwer in das Insekt einzubringen. Damit nicht genug! Thripse haben die Fähigkeit, sehr schnell Resistenzen gegen Pestizide zu entwickeln. Eine Studie am Kalifornischen Blüenthrrips zeigte beispielsweise, dass von 51 getesteten Insektiziden nur gerade fünf eine Mortalität von mehr als 90% verursachten. Das bedeutet, dass bei Behandlungen mit Pflanzenschutzmitteln immer einige Tiere überleben, die ihre Resistenz an die nächste Generation weitervererben können. Begünstigt durch die kurze Generationsdauer kann sich so zum Beispiel in einem Treibhaus sehr schnell eine ganze Population von Thripsen entwickeln, die gegen das verwendete Insektizid resistent ist.

Lösungen – die Ansätze

Kontrollmassnahmen gegen Schädlinge sind oft sehr spezifisch und ihr Erfolg hängt von verschiedenen Faktoren ab. Ohne Zweifel ist der wichtigste Schritt für die Einleitung geeigneter Bekämpfungsmassnahmen die schnelle und eindeutige Identifikation des Schädlings. Umgekehrt zur steigenden Bedeutung der *Thysanopteren* ist jedoch die Zahl der Spezialisten im ständigen Rückgang begriffen; wie ist dieses Dilemma zu lösen? Die zukünftige Identifikation von Schad-Thripsen kann (mit Unterstützung oder auch ausschliesslich) durch molekulare Diagnostik erfolgen (siehe auch Beitrag «Molekulare Diagnostik in der Landwirtschaft»; Schweiz. Z. Obst-Weinbau 139, 469 – 473, 2002). Individuen aus isolierten Populationen (zum Beispiel aus einem Treibhaus) oder von bestimmten Arten sind durch die Vererbung untereinander genetisch näher verwandt als mit anderen Populationen oder Arten. Die Methoden der molekularen Diagnostik beruhen darauf, die genetische Informationen zu suchen, die typisch für eine bestimmte Art sind. An der Eidgenössischen Forschungsanstalt Wädenswil (FAW) konnten wir auf diese Weise einen «molekularen Identifikations-Schlüssel» entwickeln, mit dem mittlerweile über 30 Thripsarten eindeutig bestimmt werden können. Abbildung 3 zeigt das Resultat einer so genannten RFLP-Analyse (Restriktionsfragment-Längenpolymorphismus) von fünf Thripsarten (je zwei Tiere). Bei dieser Methode werden Gene oder Teile davon mit Hilfe von Enzymen («Genscheren») an ganz bestimmten Stellen geschnitten. Die Anzahl dieser Stellen ist von Art zu Art verschieden, deshalb ergibt sich für jede Thripsart auch ein ganz spezielles Muster unterschiedlich langer Bruchstücke.

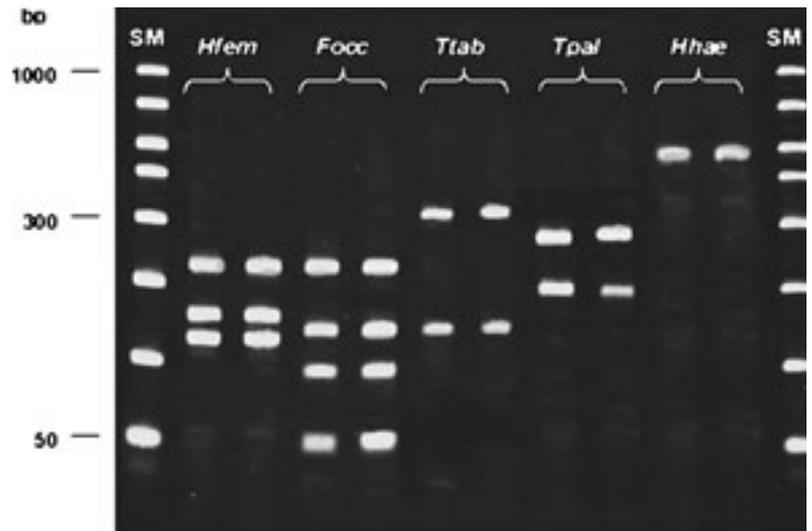


Abb. 3: Diagnostisches Fragmentgrössenmuster (RFLP-Analyse) für fünf Thripsarten (je zwei Tiere pro Art). Hfem, *Hercinothrips femoralis*; Focc, *Frankliniella occidentalis*; Ttab, *Thrips tabaci*; Tpal, *Thrips palmi*; Hhae, *Heliothrips haemorrhoidalis*; SM sind Standards zur Bestimmung der Fragmentgrösse in Basenpaaren (bp).

Möglichkeiten der molekularen Diagnostik

Generell haben molekularbiologische Methoden den grossen Vorteil, dass auch Arten bestimmt werden können, die sich aufgrund der wenigen äusseren Merkmale nur sehr schwer oder überhaupt nicht unterscheiden lassen. Ja, es ist nicht einmal nötig das ganze Tier zu untersuchen, ein paar Flügel oder Beine genügen bereits. Ebenso problemlos und effizient lassen sich mit molekularen Methoden auch die Thrips-Larven oder sogar die Eier bestimmen, was mit den klassischen Methoden nicht möglich ist.

Meldungen über den Erfolg bestimmter Pestizide sind teilweise widersprüchlich. Dies kann darauf hindeuten, dass mehrere Stämme einer Thripsart existieren, die unterschiedlich empfindlich/resistent gegen dieses Mittel sind (siehe oben). Um dies abzuklären, waren bisher aufwendige Labor- und Zuchtversuche nötig. Die molekulare Diagnostik bietet auch in diesem Fall eine schnelle und sichere Alternative, indem anstelle von arttypischen genetischen Merkmalen nach «resistenztypischen» Merkmalen gesucht wird, die pestizidempfindliche von -resistenten (nicht empfindlichen) Tieren unterscheidet. Abbildung 4 zeigt den Aufbau eines Gens des Kalifornischen Blüten-

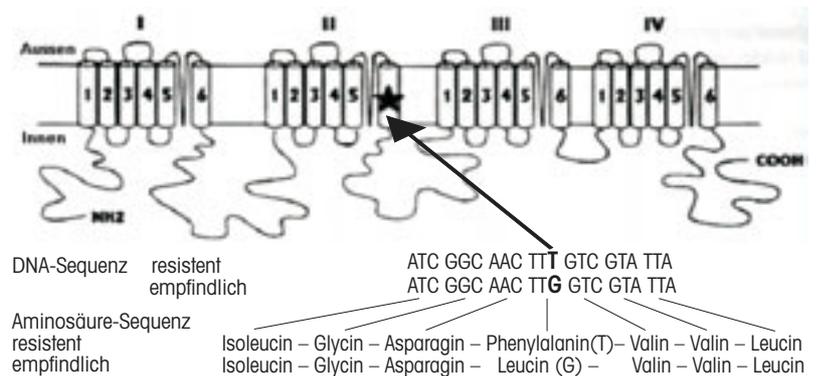


Abb. 4: Aufbau des Natrium-Ionenkanals bei Thripsen und Unterschiede im Bauplan bei Deltamethrin-empfindlichen und -resistenten Tieren.

thrips, das für die auf Resistenz gegen Pyrethroid basierende Insektizide (z.B. Deltamethrin) von Bedeutung ist. Es zeigt sich, dass der Unterschied im Austausch eines einzigen Bausteins besteht: Anstelle des «G» (Guanin) bei den empfindlichen Tieren besitzen die Deltamethrin-resistenten Thripse ein «T» (Thymin). Dadurch wird bei der Bildung des entsprechenden Eiweisses des Natrium-Ionenkanals an dieser Stelle ein Phenylalanin- anstatt eines Leucin-Bausteins eingebaut.

Die biologische Bekämpfung von Thripsen (z.B. mit Raub-Thripsen, Raubmilben oder Schlupfwespen) steckt noch in den Kinderschuhen. Es gibt zwar einige positive Meldungen aus Labor- und Gewächshausversuchen, auf Freilandbedingungen sind diese bisherigen Erkenntnisse jedoch kaum übertragbar. Das bedeutet, dass in naher Zukunft nicht auf den Gebrauch von Pestiziden verzichtet werden kann. Um so wichtiger ist es deshalb, diesen Einsatz so sinnvoll wie möglich zu gestalten. Die molekulare Diagnostik,

wie sie hier kurz vorgestellt wurde, bietet dazu viel versprechende Ansätze: Die schnelle und sichere Arten-Identifikation kann einerseits vorbeugend wirken, indem die ungewollte Einfuhr und Verbreitung von Schädlingen über den zunehmenden Pflanzhandel reduziert werden. Andererseits sind die sichere Art-Identifikation und Aussagen über die Resistenz oder Empfindlichkeit entscheidende Informationen zur Effektivität eines Insektizideinsatzes. Mit dem Einsatz der molekularen Diagnostik wird somit ein wirtschaftlicher Umgang mit den zur Schadenerregerbekämpfung eingesetzten Mitteln möglich und eine geringere Belastung der Umwelt sowie der Endprodukte erreicht.

RÉSUMÉ

Les thrips: des petits insectes qui causent de grands soucis

Les thrips sont des organismes parfaits pour démontrer l'importance grandissante et les applications du diagnostic moléculaire. Certaines variétés de thrips causent des dégâts énormes partout dans le monde dans l'agriculture et la production de plantes ornementales. Les mesures visant à contrôler ces ravageurs sont souvent de nature très spécifique. Le tout premier réflexe avant de passer aux mesures de lutte devra cependant consister à identifier la nature exacte du ravageur. L'ennui, c'est que les thrips sont très petits et que rien, ou presque, dans leur aspect extérieur, ne permet de les distinguer. C'est pourquoi ils passent souvent inaperçus lors des examens de contrôle que l'on fait subir aux végétaux importés. L'identification en devient encore plus compliquée et reste souvent le domaine réservé d'une poignée de spécialistes. A la Station fédérale de recherches à Wädenswil (FAW), nous avons mis au point une «clé d'identification moléculaire» permettant une identification rapide et sûre de 30 variétés de thrips.

Les thrips possèdent en outre la faculté de développer très rapidement des résistances contre les pesticides. Jusqu'à présent, il fallait de longs travaux de laboratoire et de sélection pour distinguer les souches résistantes des autres. Dans ce cas aussi, le diagnostic moléculaire offre une alternative rapide et sûre: nous avons mis au point une méthode simple et efficace pour le dépistage des mutations qui joue un rôle important en relation avec les résistances aux insecticides à base pyréthroïde (p. ex. Deltaméthrine).

Dans un avenir rapproché, il ne sera pas possible de renoncer aux pesticides pour lutter contre les thrips et autres ravageurs. Il est donc important d'en faire un usage aussi ciblé que possible. Le diagnostic moléculaire tel que présenté ici ouvre des perspectives prometteuses dans ce sens. Grâce à lui, les produits phytosanitaires pourront être utilisés avec parcimonie et il en résultera une pollution amoindrie de l'environnement et des produits finaux.