https://www.gen-ethisches-netzwerk.de/node/668

Gen-ethischer Informationsdienst

Bt-Mais wirkt auch am Ziel vorbei

AutorIn
Martha Mertens

Insektenresistenter Bt-Mais ist die einzige gentechnisch veränderte Pflanze, die in Deutschland kommerziell angebaut wird. Die Zulassung erfolgte 1998. Ein Überblick über wissenschaftliche Untersuchungen aus den letzten fünf Jahren zeigt aber, dass der Mais nicht als sicher gelten kann.

Transgener Bt-Mais soll den Maiszünsler, eine Mottenart, bekämpfen. Ein aus dem Bodenbakterium Bacillus thuringiensis (Bt) stammendes Gen führt zur Bildung des Cry1Ab-Toxins, das spezifisch gegen Schmetterlinge, zu denen die Motten gezählt werden, wirkt. Doch inzwischen stellen sich Zweifel ein, ob das Toxin nicht auch so genannte Nichtzielorganismen (siehe unten) erfasst. Einzelne Mitgliedsstaaten haben diese Zulassungen durch nationale Verbote aufgehoben, da sie an der Sicherheit zweifeln oder sagen, die Sorten seien auf den heimischen Märkten nicht getestet.

Bakterien gegen Motten

Seit den 60er Jahren des 20. Jahrhunderts sind Bacillus thuringiensis-Präparate als Pflanzenschutzmittel (Insektizid) zugelassen. Nehmen Insekten diese Mittel auf, werden die darin enthaltenen Bt-Toxine, die zunächst als so genannte Protoxine - das heißt als Vorläufer von Toxinen - vorhanden sind, im Insektendarm gelöst und durch artspezifische Enzyme gespalten. Die so aktivierten Toxine binden an Rezeptoren der Darmzellen, die entstehenden Poren führen zum Absterben der Zellen und damit zum Tod der betreffenden Insekten. Auf diese Weise werden nur Insekten einer bestimmten Gruppe, zum Beispiel Schmetterlinge, erfasst und das innerhalb einer relativ kurzen Zeitspanne, da das Toxin - als Spritzmittel von außen auf die Pflanze gebracht - rasch durch Licht und Umwelteinflüsse abgebaut wird. Im Gegensatz dazu ist das im Bt-Mais gebildete Cry1Ab-Toxin eine bereits verkürzte, das heißt aktivierte Form, weshalb eine breitere Wirkung als beim traditionellen Bt-Präparat denkbar ist. In transgenen Pflanzen werden die Toxine zudem permanent in allen grünen Pflanzenteilen gebildet, aber auch in Pollen, im Samen und in den Wurzeln. Im Vergleich zur einmaligen Anwendung des Bt-Präparats Dipel[1] bedeutet der Anbau von MON810-Mais eine 1.500 bis 2.000-fach höhere Dosis an Cry1Ab-Toxin pro Hektar. Die Nichtzielorganismen sind den Bt-Toxinen in erheblich veränderter Art ausgesetzt, da die Toxine in wesentlich höheren Dosen und über längere Zeiträume wirken können. Auch werden Organismen von der Giftwirkung erfasst, die vom gespritzten Mittel nicht betroffen wären. Dies sind zum Beispiel Insekten, die sich bevorzugt auf der Blattunterseite oder am beziehungsweise im Boden aufhalten. Gleiches gilt auch für Pollen-sammelnde Tiere.

Mal mehr - mal weniger

Bekannt ist, dass die Bt-Toxin-Konzentration in Bt-Mais innerhalb der Saison, von Jahr zu Jahr, von Standort zu Standort und von Sorte zu Sorte erheblich schwankt. Abhängig vom verwendeten Promotor[2] werden Bt-Toxine in den einzelnen Pflanzenteilen unterschiedlich stark gebildet. Für grünes Pflanzengewebe von Maissorten mit dem Genkonstrukt MON810 reichen die Toxinwerte zum Beispiel von 4,5 bis 13,5 Mikrogramm je Gramm Frischgewicht der Pflanze. Im Pollen schwanken diese Werte von 0,09 bis 2,1 Mikrogramm je Gramm. Transgener Mais mit dem Konstrukt Bt176 enthält zumeist mehr Bt-Toxin im Pollen, jedoch weniger im grünen Pflanzengewebe. Die Toxingehalte variieren sogar je nach Alter und Chlorophyllgehalt der Blätter und können sich um das Sechsfache unterscheiden. Besonders prekär ist, dass die gemessenen Toxinwerte zumeist erheblich von den in den Zulassungsanträgen genannten Werten differieren. Außerdem wurden in den Studien, die den Zulassungen zugrunde liegen, in der Regel bakteriell produzierte Bt-Toxine eingesetzt. Aussagen über ökologische Wirkungen der transgenen Bt-Maispflanzen sind damit aber nur bedingt möglich, da Nebeneffekte der gentechnischen Veränderung und die variablen Toxingehalte in den unterschiedlichen Pflanzenteilen nicht erfasst werden.

Bt-Toxin im Pollen

Nichtzielorganismen können über den Pollen der transgenen Pflanzen mit dem Bt-Toxin in Berührung kommen. Als Nichtzielorganismen werden solche Lebewesen bezeichnet, die der Pflanze nicht schaden und deshalb nicht mit Pestiziden bekämpft werden. So sammeln Bienen Maispollen und lagern ihn zur Aufzucht der Jungbienen ein. Durch Parasiten geschwächte Bienen zogen nach Fütterung mit Bt-Maispollen weniger Jungbienen auf, wohingegen gesunde Bienen keine Effekte zeigten. Imker betonen allerdings, dass es derzeit kaum noch gesunde Bienenvölker gebe. Auch viele räuberisch lebende Insekten fressen Pollen. Schmetterlingslarven, auf deren Futterpflanzen Maispollen abgelagert wird, nehmen ebenfalls Bt-Toxine auf. Innerhalb eines Maisfeldes wurden Pollendichten von unter 100 bis 800 Pollenkörner je Quadratzentimeter und am Feldrand bis zu 429 Körner je Quadratzentimeter gefunden. 1999 wurde erstmals berichtet, dass Larven des in den USA sehr populären Monarchfalters signifikant langsamer wuchsen und häufiger starben, wenn die Seidenpflanze, ihre Nahrungspflanze, mit Bt-Maispollen bestäubt war. In weiteren, auch in Deutschland durchgeführten Arbeiten zeigte sich, dass Schmetterlinge von Art zu Art unterschiedlich auf das Bt-Toxin[3] reagieren und jüngere Larvenstadien generell empfindlicher sind als ältere. Außer dem Monarchfalter werden auch der Schwalbenschwanz, das Tagpfauenauge, der Kleine Fuchs, die Kohlmotte und der Kleine Kohlweißling in ihrer Entwicklung beeinträchtigt oder gar getötet.[4] Ihre Larven reagieren zumeist ähnlich empfindlich gegen Bt176-Pollen wie Zünslerlarven, Kohlmottenlarven sind sogar deutlich empfindlicher. Nur acht Pollenkörner reichen aus, um 50 Prozent der Kohlmottenlarven im vierten Entwicklungsstadium zu töten. Natürlich vorkommende MON810-Pollendichten von zirka 120 bis 180 Körnern je Quadratzentimeter Nahrungspflanze führten bei Monarchfaltern zu erhöhter Sterblichkeit, verzögerter Entwicklung und geringerem Gewicht. Fressen die Larven auch Teile der Staubgefäße, deren Bt-Toxingehalt bis zu 100-mal höher ist als im Pollen, sind sie besonders gefährdet. Allerdings ist der Toxingehalt nicht allein ausschlaggebend für die Wirkung, andere Effekte scheinen zusätzlich eine Rolle zu spielen.

Effekte auf Pflanzenfresser

Pflanzenfresser wie Thripse,[5] Spinnmilben und Heuschrecken, bestimmte Käferarten und Larven mancher für den Mais nicht schädlicher Schmetterlinge sind, wenn sie Bt-Mais fressen, ebenfalls den Bt-Toxinen ausgesetzt. Spinnmilben und Thripse nehmen das Cry1Ab-Protein zwar auf, reagieren aber nicht empfindlich auf das Toxin. Auch auf Bt-Mais lebende Läuse zeigen im Allgemeinen keine Effekte, was mit dem Fehlen des Bt-Toxins im Saft der Pflanzen (so genannter Phloemsaft) erklärt wird. Blattfressende Larven der Baumwolleule[6] werden jedoch in ihrer Entwicklung gehemmt.

Effekte in der Nahrungskette

Indirekter Kontakt mit Bt-Toxinen ergibt sich für parasitisch oder räuberisch lebende Insekten und Spinnen, wenn ihre Beutetiere auf Bt-Mais leben. Indirekte Effekte treten auch auf, wenn aufgrund kranker oder im Wachstum verzögerter Beute die Entwicklung der Raubinsekten und Parasitoide verlangsamt oder gestoppt wird. Derartige Wechselwirkungen auf höheren Stufen von Nahrungsketten wurden vermehrt untersucht, nachdem dieses Phänomen bei Florfliegen beobachtet worden war. Diese hatten eine signifikant höhere Sterblichkeit gezeigt, wenn sie mit auf Bt-Mais lebender Beute gefüttert worden waren. Außerdem hatte sich auch mit dem Bt-Toxin versetzte künstliche Nahrung als schädlich erwiesen. Konnten die Florfliegenlarven zwischen auf Bt-Mais oder nicht auf Bt-Mais gezogener Beute wählen, zogen sie die nicht mit Bt-Mais gefütterte Beute vor. Einer Untersuchung aus der Schweiz zufolge sind die negativen Effekte auf die Florfliegen nicht Folge direkter Toxizität, sondern eine indirekte Folge der durch Bt-Toxine geschädigten Beute. Außerdem würden die Florfliegen im Freiland bevorzugt Läuse fressen, die kein Bt-Toxin aus dem Pflanzensaft aufnehmen. In in Bayern durchgeführten Freilandstudien fanden sich Hinweise auf von Jahr zu Jahr schwankende negative Wirkungen der Bt-Maispflanzen auf Blattlausräuber, Wanzen und Spinnen. In Einzelfällen fanden sich auch positive Effekte. Parasitär lebende Insekten, deren Larven sich in Maiszünsler-Raupen oder anderen gegen Bt-Toxine empfindlichen Arten entwickeln, finden im Bt-Mais weniger Wirtslarven, die zudem - aufgrund des aufgenommenen Giftes - eine schlechtere Qualität als Wirt aufweisen. Auch wenn Parasitoide, das heißt Organismen, deren Larven sich in anderen Organismen entwickeln und diese so töten, keine nennenswerten Toxinmengen aufzunehmen scheinen, gibt es doch Hinweise auf eine längere Entwicklungsdauer und höhere Sterblichkeit. Möglicherweise entwickeln sich sogar Hyperparasitoide, die ihrerseits Parasitoide parasitieren, langsamer, Darauf deuten Laborstudien mit einem Maisschädling, dessen Parasitoid und einem Hyperparasitoid hin. Sollte Bt-Mais nach Schädlingsattacke weniger Lockstoffe für Parasitoide abgeben, könnte dies das Vorkommen von Parasitoiden auf Flächen mit Bt-Pflanzen beeinflussen. So hat MON810, verglichen mit der gleichen Maissorte ohne gentechnische Veränderung, der so genannten isogenen Sorte, ein veränderte Duftstoffabgabe, die allerdings auch von der Sorte abhängig sein soll.

Wirkungen des Bt-Toxins auf das Bodenleben

Bt-Toxine werden durch Pollen, absterbendes Pflanzenmaterial und Erntereste sowie über die Wurzeln in den Boden eingetragen. Dadurch werden, verglichen mit dem Einsatz bakterieller Bt-Präparate, wesentlich mehr Bodenorganismen über längere Zeit mit ihnen konfrontiert. Die Angaben über die eingetragenen Toxinmengen schwanken sehr je nach Jahr und Standort und reichen von einigen Gramm bis zu mehr als einem Kilogramm je Hektar für Bt-Baumwolle und Bt-Mais. Die Toxinkonzentrationen sind allgemein höher im Bereich der Wurzeln als im Gesamtboden, da das Bt-Toxin zusätzlich über die Wurzeln transgener Maispflanzen ausgeschieden wird. Organismen im Wurzelbereich sind deshalb höheren Konzentrationen ausgesetzt. Abhängig vom Wachstumsstadium der Maispflanzen fanden sich sehr unterschiedliche Toxingehalte im Boden, die um das 16 bis 40-fache variieren konnten. Das freigesetzte Toxin bindet rasch an Substanzen wie Lehm und Huminstoffe, wodurch es bis zu einem gewissen Grade vor mikrobiellem Abbau geschützt ist. Auch die Bodenzusammensetzung spielt eine Rolle, da hoher Lehmanteil zu stärkerer Bindung der Bt-Toxine und zu höherer Persistenz führt, was bedeutet, dass das Toxin länger in der Umwelt verfügbar ist. Aktivität und Stabilität der Toxine werden auch beeinflusst durch Temperatur, pH-Wert und Feuchtigkeit, deshalb erlauben bei Zimmertemperatur durchgeführte Laborexperimente keine Aussagen zum Abbau von Bt-Toxinen im Feld, wo die Bodentemperatur stark schwankt und im Mittel bei 7 8 °C liegt. 210 beziehungsweise 240 Tage nach der Ernte von Bt-Mais wurde Bt-Toxin noch im Boden und in verrottendem Pflanzenmaterial nachgewiesen, im zweiten Anbaujahr lagen die Werte höher als im ersten. Ob der beobachtete langsamere Abbau von Bt-Mais mit dessen erhöhtem Ligningehalt zusammenhängt, ist unklar. Im Boden nachgewiesenes Cry1Ab-Toxin aus den Maislinien Bt176, Bt11 und MON810 erwies sich in Biotests mit Schmetterlingslarven als toxisch. Bakterien, Pilze, Einzeller und Nematoden sollen im Allgemeinen nicht beeinflusst werden, doch bei Untersuchungen im Gewächshaus gab es Hinweise auf Veränderungen der Bakteriengemeinschaft durch die Maislinien Bt176 und Bt11, deren Wurzeln auch eine deutlich verringerte Infektionsrate durch einen Mycorrhiza-Pilz zeigten. Bt11 Pflanzenmaterial im Boden verringerte zudem die Besiedlung von Luzernewurzeln durch bodenständige Mycorrhiza-Pilze um fünfzig

Prozent. Die Symbiose mit Mycorrhiza-Pilzen ist für Pflanzen von großer Bedeutung, da die Pilze Nährstoffe für die Pflanze besser verfügbar machen. US-Forscher beobachteten keine Effekte auf Regenwürmer, obwohl sie das Toxin in deren Darm fanden. In anderen Versuchen zeigten mit Bt-Maisblätter gefütterte Regenwürmer zwar in den ersten 160 Tagen keine Veränderungen, waren jedoch nach 200 Tagen erheblich leichter als die Kontrolle. Vor kurzem wurde berichtet, dass eine weit verbreitete Regenwurmart zwar in der Elterngeneration nicht negativ auf Bt-Material reagierte, die Schlüpfrate aus den Eikokons jedoch signifikant niedriger war. Weitere Beispiele potentiell betroffener Organismen sind Nematoden und im Boden lebende Insektenlarven, Asseln und deren Fraßfeinde. Schon länger ist bekannt, dass einige Bt-Toxine gegen bodenlebende Nematoden wirksam sind. So wurden Effekte von Bt176 und MON810-Mais auf den Nematoden Caenorhabditis elegans und auf Allesfresser unter den Nematoden beobachtet. Asseln, sehr verbreitete Bodenbewohner, fraßen wesentlich weniger, wenn ihnen Bt11 Mais vorgesetzt wurde, als wenn es sich um die Bt176 Maislinie handelte. Offenbar übersteht das Bt-Toxin die Darmpassage und wird mit dem Kot ausgeschieden, sodass auch Organismen, die selbst keine Pflanzenfresser sind, damit in Berührung kommen können. Larven der Trauermücken leben von abgestorbenem Pflanzenmaterial und sind deshalb auf Bt-Maisflächen mit Bt-Toxinen konfrontiert. Im Feld wurden zwar keine wesentlichen Veränderungen gefunden, im Labor brauchten jedoch mit MON810-Pflanzenmaterial gefütterte Trauermückenlarven länger bis zur Verpuppung. Möglicherweise gibt es sogar Effekte auf der nächsten Stufe der Nahrungskette, wie die verzögerte Verpuppung von Larven zweier räuberischer Käferarten nahe legt, die mit MON810-Mais gefütterte Trauermückenlarven gefressen hatten. Vergleichbare Effekte wurden auch nach Verfütterung von MON810-Pollen beobachtet, jedoch nicht bei Verfütterung von Bt176 Pollen, der 30-fach höhere Toxinwerte aufweist. Die offenbar schlechtere Futterqualität von MON810-Pollen wäre demzufolge durch den Toxingehalt allein nicht zu erklären. Andere - unbekannte - Effekte scheinen eine zusätzliche Rolle zu spielen. In Studien mit Laufkäfern, Allesfressern am Boden, starben die Larven signifikant häufiger, wenn sie mit auf Bt-Mais gehaltenen Schmetterlingslarven gefüttert wurden, selbst bei in Bt-Maisfeldern gefangenen Tieren wurde das Cry1Ab-Toxin nachgewiesen. Demnach sind nicht nur von Pflanzenresten lebende Bodenorganismen den Bt-Toxinen dauerhaft ausgesetzt, sondern auch räuberische Insekten, wie etwa Laufkäfer.

Giftig - aber weit weg?

Die genannten Arbeiten werden teilweise kritisiert, weil sie nicht, oder nicht immer ermitteln, wie groß zum Beispiel die Wahrscheinlichkeit ist, dass die Nichtzielorganismen überhaupt mit den Toxinen in Berührung kommen können. Wie Untersuchungen in Bayern ergaben, kommen gegen Bt-Toxine empfindliche Arten durchaus in der Agrarlandschaft vor. So lag etwa die Hälfte der Schwalbenschwanzfunde in Agrarräumen, eine Überschneidung der Lebensräume mit landwirtschaftlichen Flächen und die Überlappung der Flugzeiten und Eiablage mit der Maisblüte ist auch für andere Arten zu beobachten. Für die Larven von 26 tag- und 53 nachtaktiven Schmetterlingsarten, darunter auch Arten der deutschen roten Liste für gefährdete Arten, besteht demnach eine hohe Wahrscheinlichkeit, mit Maispollen in Berührung zu kommen. Besonders gefährdet sind Larven des Tagpfauenauges, da ihre Nahrungspflanze, die Brennessel, häufig an Maisfeldrändern vorkommt. Bislang wurden allerdings nur wenige Schmetterlingsarten näher untersucht, deshalb fehlen Daten über das Ausmaß der Gefährdung einzelner Arten in den verschiedenen Regionen. Eine andere Debatte wird darüber geführt, mit welcher Art von Anbau der Einsatz transgener insektenresistenter Maispflanzen verglichen werden soll. In der wissenschaftlichen Literatur findet sich eine Reihe von Beispielen, die den Bt-Mais-Anbau mit dem Anbau von konventionellem Mais unter Anwendung von gespritzten Insektiziden vergleichen. Insektizidbehandlung auf Kontrollflächen wirkte sich in der Regel stärker aus als Bt-Mais, doch werden in Deutschland nur etwa zwei Prozent der Maisflächen tatsächlich mit Insektiziden behandelt. Im Normalfall verlassen sich die Landwirte erfolgreich auf Methoden wie eine sachgerechte Bodenbearbeitung. Ein weiterer beachtenswerter Punkt betrifft die Schädigung von Nützlingen, das heißt von solchen Organismen, deren Vorkommen für das Wachstum des Mais von Vorteil ist, weil sie zum Beispiel Schädlinge fressen. In US-Untersuchungen mit Bt-Maislinien Bt176, Bt11 und MON810 wurden Wanzen, Marienkäfer, Florfliegen und Spinnen untersucht. Sie wurden nicht signifikant beeinträchtigt, allerdings fanden sich negative Effekte auf einzelne Wanzenarten. Sollten besonders häufige - nützliche - Räuber, wie

Wanzen und Spinnen, tatsächlich durch Bt-Mais beeinträchtigt werden, hätte dies Folgen für das Agrarökosystem und die biologische Schädlingsbekämpfung. Wie diese nicht erschöpfende Darstellung neuerer Arbeiten zeigt, schädigt Bt-Mais Schmetterlinge und gefährdet zahlreiche andere Nichtzielorganismen. Bt-Toxine sind offenbar recht stabil, reichern sich im Boden an und werden in der Nahrungskette weitergegeben. Der Anbau von Bt-Mais birgt demzufolge vielfältige Risiken für die Artenvielfalt und ist daher nicht zu rechtfertigen.
Sie finden den Beitrag mit allen Quellen unter:
http://www.gen-ethisches-netzwerk.de/files/0608mm…

Weiterführende Literatur:

Lang et al. 2005. Monitoring der Umweltwirkungen des Bt-Gens. Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft, Freising-Weihenstephan. Felke & Langenbruch 2005. Auswirkungen des Pollens von transgenem Bt-Mais auf ausgewählte Schmetterlingslarven. BfN-Skripten 157. Dolezel et al. 2006. Ecological effects of genetically modified maize with insect resistance and/or herbicide tolerance. Bundesministerium für Gesundheit und Frauen, Wien (www.bmgf.gv.at). Romeis et al. 2006. Transgenic crops expressing Bacillus thuringiensis toxins and biological control. Nature Biotechnology 24, 63-69. Greenpeace 2007. Gift im Gen-Mais. Greenpeace 2006. Gift im Gen-Mais. www.greenpeace.de www.biosicherheit.de

- 1"Dipel" ist der Handelsnahme für ein kommerzielles Bt-Präparat. Es enthält sowohl Sporen des Bakteriums als auch Endotoxin-Kristalle.
- 2Der Promotor wird mit dem erwünschten Gen in die Pflanzen eingebracht und ist das Signal, um den Ablesevorgang zu starten. Es gibt unterschiedlich starke Promotoren, das heißt, dass der Ablesevorgang zum Beispiel ständig läuft, oder nur dann, wenn der Promotor bestimmte Signale von außen bekommt.
- 3Wenn nicht anders erwähnt, handelt es sich in den hier aufgezählten Beispielen um das Bt-Toxin Cry1Ab. Es gibt aber noch eine große Zahl weiterer Toxine dieser - Cry - Familie.
- 4Schwalbenschwanz (Papilio machaon), das Tagpfauenauge (Inachis io), der Kleine Fuchs (Aglais urticae), die Kohlmotte (Plutella xylostella) und der Kleine Kohlweißling (Pieris rapae).
- 5Auch Gewitterfliegen oder Fransenflügler genannt (lateinischer Name der Gattung: Thrips).
- 6Ein Schmetterling, lateinisch: Spodoptera littoralis.

Informationen zur Veröffentlichung

Erschienen in:
GID Ausgabe 177 vom August 2006
Seite 25 - 29