

Optimale Formulierung für Pflanzenschutz-Wirkstoffe

Gezielt durch jede Barriere

Haarige Blattoberflächen, klebrige Stängel oder feuchtes Klima: Soll ein Pflanzenschutzmittel effektiv wirken, muss es je nach Anbaugbiet und Pflanze optimal seinem Verwendungszweck angepasst werden. Mit einem ausgetüftelten Substanzgemisch verhelfen Formulierungstechniker von Bayer CropScience Wirkstoffen dazu, ihr Ziel besser zu erreichen und so weltweit selbst unter extremen Bedingungen Ernteerträge zu sichern.





Titelthema

Sichere Ernten – weltweit

Die Aufgabe mutet an, als habe sich eine Gruppe Astronauten aufgemacht, fremde Planeten zu erobern. Nur sind die Akteure im Pflanzenschutz andere und der Maßstab ist kleiner: Ein Häuflein Wirkstoff soll sich möglichst gleichmäßig auf den Blättern eines riesigen Getreidefelds verteilen und schädliche Pilze, Pflanzen oder Insekten bekämpfen. Wie Menschen der Zukunft, die auf der Suche nach neuen Welten mit einer Armada von Raumschiffen durchs All gleiten, driften winzige, in Tröpfchen eingeschlossene Moleküle durch die Luft. Doch manche ihrer potenziellen Landebahnen, die Blätter beispielsweise, sind mit wasserabweisenden Wachskristallen übersät und lassen die meisten Flüssigkeiten gnadenlos abprallen. Damit das Mittel aber trotzdem hängen bleibt, mischen Forscher Substanzen hinzu, die den Aufprall abfedern oder die Oberflächenspannung verringern. So sorgen sie dafür, dass die Sprühnebeltröpfchen fest am Blatt kleben und es zudem meist großflächig benetzen, damit der Wirkstoff rasch eindringen kann. Manchmal folgen die Substanzen sogar einer ganz ausgefeilten Strategie: Dann verankern sie sich am Blatt und sickern erst allmählich, über viele Tage hinweg und wohl dosiert in die Pflanze. Aber die Reise der Pflanzenschutzmittel plant keine Raumfahrtbehörde, sondern rund 150 Mitarbeiter von Bayer CropScience in Monheim am Rhein und Frankfurt am Main. Sie sind Formulierungstechniker, also Experten, denen immer wieder das Kunststück gelingt, die zunehmend komplexen Fungizide, Insektizide oder Herbizide sicher zum Ziel – zu ihrem Wirkort – zu bringen.

Mit ihrem Erfindungsreichtum tragen die unauffällig im Hintergrund arbeitenden Formulierer so einen zentralen Teil zur zweiten grünen Revolution bei. Denn die immer knapper werdenden Anbauflächen für die wachsende Weltbevölkerung erfordern neue Wege, um die Ernteerträge zu sichern oder gar zu steigern. Die Bayer-Forscher halten nicht nur die Produktpreise in Grenzen, sie helfen auch der Umwelt, weil dank ihrer individuellen Lösungen mögliche Belastungen der Böden und Pflanzen gering gehalten werden, und sie machen den Einsatz vieler neuer Substanzen überhaupt erst möglich. Denn: „Neue Pflanzenschutzmittel enthalten meist hochwirksame Moleküle mit immer komplexeren Strukturen, deren Synthese aufwendig und damit auch recht teuer ist“, sagt Dr. Rolf Pontzen, Laborleiter im Bereich Formulierungstechnik bei Bayer CropScience. „Unsere Aufgabe wird dadurch nicht gerade leichter. Denn wir müssen versuchen, mit möglichst wenig Wirkstoff möglichst viele Pflanzen gleichzeitig zu schützen.“ Theoretisch reichen fünf bis zehn Gramm einer Substanz aus, um alle Blätter auf einem ein Hektar großen Feld – das ist ein

Fußballplatz – mit dem dünnsten denkbaren Film zu überziehen. Und die Ausbeute moderner Mittel ist mittlerweile so hoch, dass ein solcher Film tatsächlich wirken würde. „Wir sorgen dafür, dass Bayer diesem Ziel inzwischen erstaunlich nahekommt“, sagt Professor Dr. Peter Baur, Gruppenleiter für Bioverfügbarkeitsoptimierung bei Bayer CropScience. Mit seinem Team hat er bereits Mittel entwickelt, von denen zehn bis 20 Gramm Wirkstoff, in ein Granulat oder eine Flüssigkeit gemischt, nach der Verdünnung mit Wasser für einen Hektar Nutzfläche reichten.

Mit dem Saftstrom auf die Reise durch alle Pflanzenteile

Haben Chemiker einen neuen Stoff entdeckt oder wurde eine neue Substanz eingekauft, kommen Pontzen, Baur und Kollegen ins Spiel. „Ohne die richtige Formulierung taugt der beste Wirkstoff nichts“, weiß Dr. Hilmar Wolf, Leiter der Gruppe für Fungizid-Formulierungen. Er ist stolz, dass Bayer CropScience eine der weltweit führenden Formulierungs-Abteilungen hat, und erklärt, warum: „Neu auftretende Schädlinge oder Schadpilze, die gegen herkömmliche Mittel unempfindlich geworden sind, sowie gestiegene Anforderungen, die Nutzpflanzen auch unter extremen Bedingungen optimal zu schützen, machen es nötig, laufend neue Pflanzenschutzmittel zu entwickeln. Und dabei ist die Formulierung einer der entscheidenden Bausteine.“ Das Herbizid Laudis® funktioniert beispielsweise nur, weil die Formulierungstechniker zwei Zusatzstoffe fanden. Diese helfen dem Wirkstoff, schnell und effektiv ins Blatt einzudringen, um anschließend mit dem Saftstrom in der gesamten Pflanze verteilt zu werden und so ein weiteres Wachstum der Unkräuter nachhaltig zu verhindern.

Ein anderes Beispiel ist das Insektizid Movento®: Die Forscher von Bayer CropScience versteckten ein Additiv in einem Pflanzenöl und fügten es dem Mittel in einer besonders fein abgestimmten Dosis bei. Dadurch gelangt der Wirkstoff jetzt schonend, aber stetig über den Pflanzensaft zu seinem Ziel –

Effektiv durch die Membran: Die hauchdünne oberste Schicht von Blättern, die Kutikula (großes Foto), versperrt den Wirkstoffen den Weg ins Blattinnere. Dr. Rolf Pontzen (li.) und Dr. Hilmar Wolf suchen nach Zusatzstoffen, die das Durchdringen dieser grünen Barriere erleichtern.



den Stellen, an denen Blattläuse oder Weiße Fliegen saugen. Eine gute Formulierung besteht aus zahlreichen Substanzen, die neben dem eigentlichen Wirkstoff im Pflanzenschutzmittel enthalten sind: Dispergiermittel sorgen beispielsweise dafür, dass der Landwirt beim Verdünnen kaum umrühren muss. Emulgatoren ermöglichen eine gleichmäßige Verteilung der Mittel im Wasser. Andere Substanzen machen das Gemisch haltbarer, lassen es nicht mehr klumpen und verhindern, dass die Düsen verstopfen. Hinzu kommen noch sogenannte Adjuvantien, die dem Wirkstoff auf seiner Reise zum Ziel helfen: Sie beeinflussen Tröpfchengröße und -verformbarkeit oder erleichtern die Fähigkeit des Pflanzenschutzmittels, ein Blatt zu benetzen. „Auch das Klima, in dem die Mittel eingesetzt werden, beeinflusst den Erfolg. Oder die Art von Düngern und sonstigen Zusätzen, die Landwirte dem Spritzmittel beimischen“, erklärt Baur. „Selbst ob das Mittel per Flugzeug oder vom Boden ausgebracht wird, müssen wir bedenken.“

Aus Tausenden Stoffen die effektivste Mischung fischen

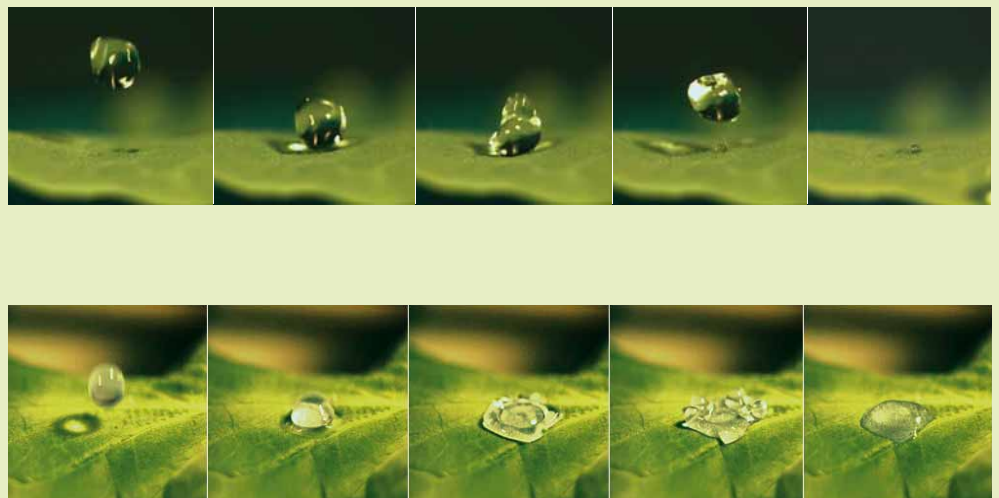
So kann es passieren, dass der gleiche Wirkstoff für verschiedene Anwendungen oder Einsatzgebiete mit völlig anderen Formulierungen ausgestattet wird: An haarigen Tomaten- und sogar glatten Apfelbaumblättern bleiben Tropfen leicht hängen, befinden sich auf dem Blatt jedoch viele kleine Wachskristalle wie bei der Gerste, perlt alles Wasser ab. „Unser Antipilzmittel Folicur gibt es für das wasserabweisende Getreide in einer Mischung mit einem speziellen Zusatz, der die Oberflächenspannung verringert und gleichzeitig die Blatt-

aufnahme fördert. Für empfindlichere Obstpflanzen dagegen bieten wir eine Variante, die eine verzögerte Aufnahme des Wirkstoffs in die Blätter bewirkt“, betont Wolf.

Damit sie immer den optimalen Cocktail finden, haben die Forscher einen unerschöpflichen Vorrat an Adjuvantien gesammelt: „Unser Hauptwerkzeug sind die vielen Substanzen, die wir in den vergangenen beiden Jahrzehnten kennen und schätzen gelernt haben“, sagt Baur. Man benötigt vor allem eine Menge Geduld und noch mehr Erfahrung, um aus den Tausenden möglichen Stoffen die richtige Mischung auszuwählen. In langwieriger Kleinarbeit testen die Experten immer wieder neue Adjuvantien in unterschiedlichen Konzentrationen und wechselnden Kombinationen. Diese Phase beschleunigen die Bayer-Formulierer mit zwei einzigartigen Methoden. Sie betrachten behandelte Blätter durch ein Rasterelektronenmikroskop. „So können wir regelrecht zuschauen, was die Mittel im Spritzbelag auf dem Blatt machen“, sagt Pontzen.

Das zweite bei Bayer optimierte Verfahren dient dazu, das Eindringen der Substanz durch die abweisende Oberflächenschicht der Pflanze, Kutikula genannt, zu bewerten. Pontzen spannt die hauchdünne, weniger als ein Zehntel Haaresbreite dicke Kutikula auf einen etwa daumengroßen Metallzylinder. Dann gibt er Testflüssigkeit oben drauf und misst in regelmäßigen Abständen, wie viel Wirkstoff durch die Kutikula hindurchkommt. Dank dieses einheitlichen Verfahrens können die Techniker potenzielle Mittel gut vergleichen und rasch optimieren. Mal erleichtern sie mit speziellen Zusatzstoffen, die die Kutikula aufweichen, das Eindringen des Wirkstoffs, mal verhindern sie die Penetration, indem sie dafür sorgen, dass der Wirkstoff unlösliche Kristalle bildet. Beides kann entschei-

Tropfenkino: Pflanzenschutzmittel werden meist als wässrige Lösung auf dem Feld verteilt. Treffen die winzigen Tröpfchen auf die wasserabweisende Blattoberfläche von Raps, perlen sie einfach ab (obere Bildfolge) und gelangen nicht zu ihrem eigentlichen Ziel – dem Wirkort in der Pflanze. Damit das Mittel aber trotzdem hängen bleibt, mischen Bayer-Forscher spezielle Substanzen hinzu, die den Aufprall abfedern oder die Oberflächenspannung verringern. Damit sorgen sie dafür, dass die Sprühnebeltröpfchen fest am Blatt kleben bleiben (untere Bildfolge) und es zudem meist großflächig benetzen, damit der Wirkstoff rasch eindringen kann. Er gelangt so über den Saftstrom in alle Pflanzenteile. Je effektiver das gelingt, umso weniger Pflanzenschutzmittel muss der Landwirt auf die Äcker ausbringen.





dend sein: Soll ein Stoff keimende Pilzsporen oder Milben über direkten Kontakt angreifen, muss er auf der Blattoberfläche arbeiten. Soll er aber Insekten bekämpfen, die an den Pflanzen saugen – Blattläuse zum Beispiel –, muss er eindringen und sich möglichst gut im Pflanzensaft verteilen.

Am Ende der Optimierung steht der Praxistest. „Nach einem umfangreichen biologischen Screening im Gewächshaus, bei dem die spezifische Wirkung überprüft wird, folgen zahlreiche Feldversuche, um die beste Formulierung zu finden. Besonders wichtig sind dabei Versuche unter Extrembedingungen, denn dann entfalten optimierte Formulierungen die verbesserte biologische Wirkung“, sagt Wolf. Das macht Hoffnung für die Zukunft: Denn die weltweite Verknappung von Anbauflächen und das stetige Bevölkerungswachstum machen es erforderlich, Nutzpflanzen auch unter extremen Bedingungen optimal zu schützen. So arbeiten die Formulierungstechniker von heute bereits an den Problemen von morgen – ein echter Vorteil gegenüber Raumfahrtgenieuren. Die können die Besiedlung ferner Welten nämlich nicht im Voraus üben.

www.biologie.uni-hamburg.de/b-online/d05/05a.htm

Die Seite bietet weiterführende Informationen zum Thema Blattoberflächen, deren Struktur und Funktion sowie vertiefende Internetlinks.

Erfolgskontrolle: Biologielaborant Sascha Teitscheid (li.) und Nicole Enders, Labortechnikerin, begutachten eine Weinrebe, die im Labor mit der Spritzbrühe eines Pflanzenschutzmittels behandelt werden soll.



Hauchdünner Schutz

Einige Pflanzenschutzmittel benötigen eine spezielle Formulierung, um in das Blatt eindringen zu können. Denn die äußere Zellschicht – die Epidermis – wird überdeckt von einer hauchdünnen wasserabweisenden Membran, der Kutikula. Diese ist meist nur etwa ein Mikrometer dick und schützt die Pflanze eigentlich davor, dass über die Blätter Wasser verdunstet. Die Kutikula ist dadurch auch für Pflanzenschutzmittel eine extrem schwer zu durchdringende Barriere. Forscher von Bayer CropScience verhelfen Wirkstoffen, durch spezielle Formulierungen schnell und effektiv ins Blatt einzudringen. Oder sie kapseln die Wirkstoffe so geschickt ein, dass diese sich länger auf der Kutikula halten und so verzögert auf dem Blatt freigesetzt werden können. Das rasterelektronenmikroskopische Bild (kl. Foto: 900-fache Vergrößerung) zeigt einen solchen Spritzbelag auf einem Baumwollblatt mit typischer geriffelter Kutikula.

