

Winzige Mikroben revolutionieren die Landwirtschaft

Seit Millionen Jahren bilden Pflanzen und Bakterien eine Gemeinschaft, von der beide profitieren. So stellen Mikroben etwa wertvolle Nährstoffe wie Stickstoff oder Phosphor zur Verfügung im Austausch für den Kohlenstoff der Pflanzen. Bayer-Forscher haben nützliche Bakterien nun so optimiert, dass sie das Wachstum von Nutzpflanzen schützen und noch mehr als bisher fördern.

**Nutzpflanze
ohne Saatgut-
behandlung**

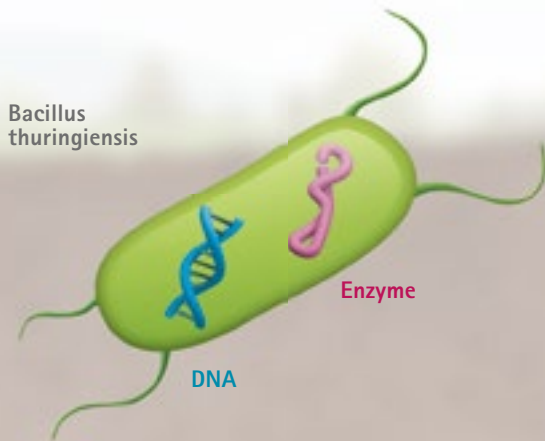


Die Mikrobengemeinschaft im Boden trägt zur Produktivität des Ackers bei. Die Bedingungen sind allerdings nicht optimal.

Saatgutbehandlung

- 1** Genetisch verbesserte bakterielle DNA führt zur Bildung stabilerer Enzyme.

Bacillus thuringiensis



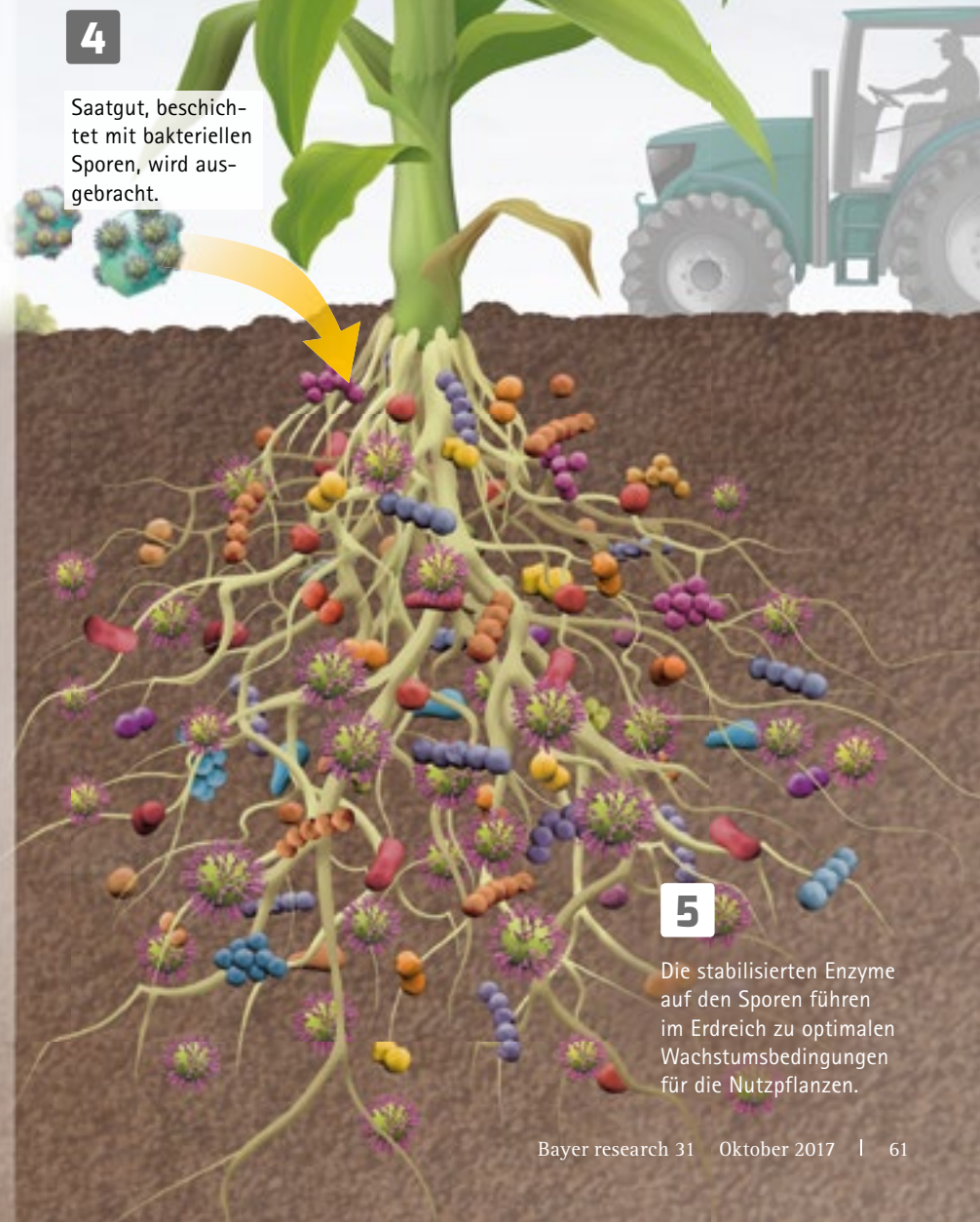
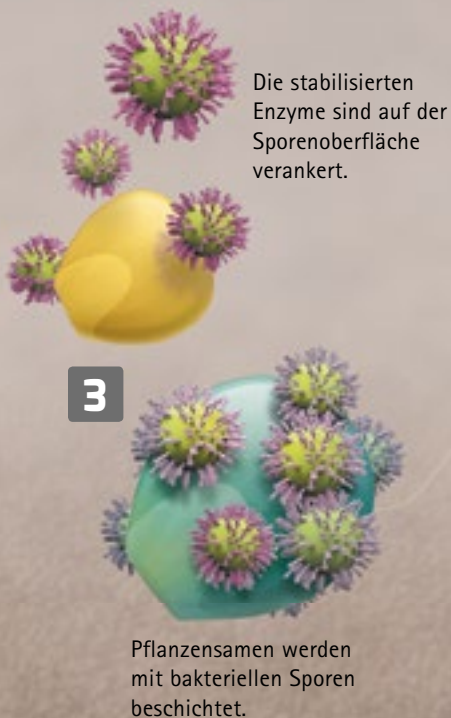
- 2** Enzyme bleiben auf den Sporen der Bakterien, die einige Bakterien unter widrigen Verhältnissen bilden, besser erhalten. Bayer-Forscher machen sich diesen Mechanismus zunutze.



Sporenbildung

Nutzpflanze mit Saatgutbehandlung

Die Produktivität eines Feldes hängt zu einem großen Anteil von der Bodenqualität ab, für die Mikroben eine große Rolle spielen (links). Das machen sich Bayer-Forscher jetzt zunutze: Sie bringen Mikroben in Form von speziellen Beizen auf das Saatgut auf (Mitte) und so direkt ins Wurzelreich (rechts). Hier machen die Mikroorganismen Nährstoffe verfügbar. Diese können die Nutzpflanzen aufnehmen und so höhere Erträge liefern.



Biologika tragen schon heute zu einer nachhaltigen Landwirtschaft bei. Sie basieren auf natürlichen Organismen wie Pflanzen, Bakterien, Pilzen oder Mineralien. Sie können Landwirten dabei helfen, ihre Ernte vor Schädlingen und Krankheiten zu schützen und machen Felder produktiver. Bayer-Forschern ist es jetzt gelungen, nützliche Bakterien so zu optimieren, dass sie genau dabei helfen.

„Landwirte haben ihre Pflanzen schon immer auf Böden ausgebracht, die gute Wachstumsbedingungen bieten. Durch Forschung und den technologischen Fortschritt wissen wir heute viel mehr über die Beziehung zwischen Bodenbakterien und Pflanzen“, erklärt Dr. Damian Curtis, Leiter Mikrobielle Genetische Systeme bei der Bayer-Division Crop Science. Die Forscher am Standort West-Sacramento im US-Bundesstaat Kalifornien wollen Nutzpflanzen mit optimierten und gezielt ausgewählten Bakterien zu Höchstleistungen anregen. Ein Weg, die winzigen Nützlinge aufs Feld zu bringen, besteht schon bei der Aussaat in Form der Saatgutbehandlung (Beizung).

„Es gibt eine unglaublich große Anzahl verschiedener Bodenbakterien und das Wurzelmikrobiom ist hochkomplex zusammengesetzt“, sagt Dr. Bjorn Traag, Gruppenleiter Mikrobiologie. Die Auswahl der richtigen Stämme – unterschiedliche Vertreter einer Bakterienart, die sehr unterschiedliche Eigenschaften haben können – ist ein früher und entscheidender Schritt in der Arbeit der Bakteriengenetiker. „Dafür sehen wir uns die physikalischen und biochemischen Eigenschaften der Mikroben an, den sogenannten Phänotyp, aber auch ihre Gene, also ihre vererbaren Fähigkeiten, die auf der DNA lebender Organismen geschrieben stehen“, erklärt Traag.

Bakterien-DNA kann auf präzise Weise optimiert werden

Wenn die Forscher einen passenden, leistungsfähigen Bakterienstamm aus ihrer Sammlung natürlich vorkommender Bodenbakterien identifiziert haben, können sie sein Erbgut optimieren und so die vorteilhaften Eigenschaften des Stammes weiter verbessern. „Es gibt Methoden zur Optimierung der DNA eines Stammes, die auf zufälligen Variationen des genetischen Bauplans in Zellen basieren. Aber auch Methoden, die es uns erlauben, die DNA sehr gezielt zu verändern“, erläutert Traag. Die Bayer-Wissenschaftler arbeiten mit beiden Methoden, abhängig von den spezifischen landwirtschaftlichen Anforderungen.

Bei den zufälligen Methoden nutzt das Team verschiedene Techniken, die kleine Veränderungen des Mikroben-Genoms hervorrufen. Dann heißt es, Tausende oder Zehntausende von Nachkommen des ursprünglichen Stammes zu untersuchen. Einige der Varianten haben verbesserte Phänotypen, die die Forscher mit einer Vielzahl von verschiedenen Analysewerkzeugen untersuchen können. Solche Screenings nutzen Wissenschaftler schon seit vielen Jahren, um Mikroben für eine Vielzahl von Anwendungen zu optimieren.

Manchmal ist es jedoch effizienter oder sogar notwendig, Methoden einzusetzen, um nützliche Bakterienstämme zum Vorteil der Landwirte gezielt anzupassen. Ein Beispiel ist die Arbeit von Dr. Damian Curtis und seinem Team. Die Wissenschaftler



Verbesserte Merkmale: Dr. Jennifer Riggs hält Maissaatgut mit einer speziellen Beize (Saatgutbehandlung) in der Hand. Die grüne Farbe hilft, behandeltes Saatgut von unbehandeltem oder anderen Produkten mit abweichenden Eigenschaften zu unterscheiden.

verwenden mikrobielle Sporen als Träger von landwirtschaftlich aktiven Proteinen. „Unser Ziel ist es, diese Biomoleküle durch gezielte Methoden zu stabilisieren“, erklärt Curtis.

Proteine und Enzyme können die Pflanzengesundheit verbessern, Erträge erhöhen und Pflanzen vor Schädlingen oder Krankheiten schützen. Sie sind allerdings in der Regel instabil oder zerfallen auf dem Feld sehr schnell. Bayer verfolgt gemeinsam mit seinem Forschungspartner Elemental Enzymes – einem US-Start-up – einen neuen Ansatz, der Enzyme vor Abbauprozessen schützt.

Elemental Enzymes kombiniert patentierte Technologien zur Enzymstabilisierung mit der jahrzehntelangen Erfahrung von Bayer in der Landwirtschaft, um Bakterien genetisch zu verbessern. Die Wissenschaftler nutzen dafür Bakterien aus der Gattung *Bacillus*. Dort haben sie ein Gen aus zwei eng verwandten *Bacillus*-Arten eingeführt – die optimierte Mikrobe wird als Gattungshybrid bezeichnet.

Die Bakterien nutzen die Forscher auf zwei verschiedene Arten: Erstens, um das Enzym bereitzustellen, das die Verfügbarkeit von Nährstoffen im Boden verbessert – und zweitens als Träger in Sporenform.

„Manche Sporenoberflächen kann man sich vorstellen wie einen Wald. Zwischen den höheren Bäumen sind einige kleine versteckt und geschützt. Das sind unsere Enzyme, die von anderen Proteinen umgeben sind“, sagt Curtis. So stabilisieren die Bayer-Forscher bakterielle Enzyme, die Nutzpflanzen produktiver machen. Die gezielte Verbesserung von Bakterienstämmen ist bereits gängige Praxis in vielen Industriezweigen – etwa in der Pharma- oder der Textilindustrie oder in der Enzymproduktion bei der Herstellung von Vitaminen, Waschmitteln, Biokraftstoff und Kosmetika.

Stabilisierte Enzyme machen Nutzpflanzen noch produktiver

Sobald die Wissenschaftler und ihre Partner von Elemental Enzymes ein interessantes Protein gefunden und festgestellt haben, dass es auf einer Spore stabil ist und die Kombination den gewünschten biologischen Effekt hat, fängt die Arbeit erst richtig an. Denn nun beginnt der lange Weg zum fertigen Produkt. Der Schutz von Mensch und Umwelt hat dabei die höchste Priorität. Alle Stämme durchlaufen daher vom Einsatz im Labor und in Feldversuchen bis hin zur Produktion eine Sicherheitsbewertung.

Wenn die Enzyme zusammen mit den Sporen als neues Produkt verwendet werden sollen, werden sie als Saatgutbehandlung auf dem Saatgut aufgetragen. Diese Form der Anwendung kann auch mit chemischen Pflanzenschutzmitteln kombiniert werden, um Nematoden, Schadinsekten und Pilzkrankheiten abzuwehren.

Das Produkt muss so formuliert sein, dass die Wirkstoffe zur Pflanze kommen und für eine bestmögliche „Mikroumwelt“ sorgen können. Diese Kombination von chemischen Pflanzenschutzmitteln, Proteinen und lebenden Organismen wie Bakteriosporen erfordert viel wissenschaftliches Geschick. „Mikroorganismen und Makromoleküle wie Enzyme reagieren deutlich empfindlicher und komplexer als reine Chemikalien“, erklärt Dr. Milind Singh, Senior Scientist bei der Bayer-Division Crop Science.

Bis die Wissenschaftler die optimale Zusammensetzung aller Komponenten gefunden haben und ein fertiges Produkt liefern, das sicher für Mensch und Umwelt ist, können Jahre vergehen. Für den Anwender ist – neben der Wirksamkeit – vor allem die Haltbarkeit der Beize wichtig: „Wir wissen, dass wir derzeit mit



Kombination von Biologie und Chemie: Dr. Milind Singh sucht nach der perfekten Zusammenstellung aller Formulierungsbestandteile, um die bestmögliche Saatgutbehandlung zu finden.

einigen biologischen Formulierungen eine Stabilität von mindestens 18 bis 24 Monaten erreichen. Bei den enzymbasierten Produkten, die eine sehr neue Technologie darstellen, fehlen uns noch die Erfahrungen über die langfristige Lagerungsstabilität. Bisher sind Produkte zwölf Monate in der Verpackung und auf dem Saatgut stabil, das ist schon ein großer Erfolg“, bemerkt Singh.

„Im Labor, Gewächshaus und durch Feldversuche stellen wir sicher, dass die Saatgutbehandlung genauso lange stabil ist wie das Saatgut selbst“, ergänzt Dr. Jennifer Riggs, Product Development Manager bei der Bayer-Division Crop Science. Nur dann sprechen die Wissenschaftler von einem ausgereiften Produkt.

Bakterielle Saatgutbehandlungen bringen entscheidenden Vorteil

Im Laufe der vergangenen zehn Jahre konnten die Wissenschaftler durch die richtige Kombination aus Pflanzenschutzmitteln und Mikroben als Beize deutliche Ertragssteigerungen von bis zu zehn Prozent auf ihren Mais-Versuchsfeldern beobachten. Ähnliche Erfolge konnten beim Anbau von Sojabohnen, Baumwolle und Getreide erzielt werden. Die neuartigen bakteriellen Saatgutbehandlungen verschaffen den Nutzpflanzen in einem für den Ertrag kritischen Zeitfenster einen Vorteil. Optimierte Mikroben könnten ein wichtiger Faktor für die Ernährung der wachsenden Weltbevölkerung sein: Die richtigen Mikroorganismen können helfen, unsere begrenzten Ackerflächen produktiver zu machen.

„Die Mikrobengemeinschaft im Boden kann dazu beitragen, die Ernteerträge zu optimieren, und ihr Potenzial ist noch lange nicht ausgeschöpft“, sagt Riggs. Die innovativen Ansätze von Bayer-Wissenschaftlern zur Optimierung von Bakterien sind nur der nächste Schritt, um Kunden neue Produkte zur Verfügung zu stellen. Für die Forscher bleibt der Boden ein faszinierendes Reservoir – gefüllt mit winzigen Mikroben, die einen riesigen Einfluss auf die nachhaltige Landwirtschaft haben. ■



Dr. Damian Curtis
Leiter Mikrobielle Genetische Systeme

„Unser Ziel ist es, Proteine über gezielte Methoden zu stabilisieren.“