

Pflanzen-assoziierte Mikroorganismen

als mögliche Lösungen für die landwirtschaftliche Produktion weltweit

Plant-associated microorganisms

as potential solutions to problems in world agriculture

Gabriele Berg

Eine der wesentlichen Herausforderungen des 21. Jahrhunderts ist eine umweltfreundliche und nachhaltige landwirtschaftliche Produktion. Nicht nur zur Sicherung des steigenden Bedarfs an Nahrungsmitteln, sondern auch für nachwachsende Rohstoffe und Energielieferanten. Die derzeitigen Produktionsmethoden haben allerdings zu vielfachen Umwelt- und Gesundheitsproblemen geführt. Daraus ergibt sich die Notwendigkeit, alternative Strategien für die Landwirtschaft zu entwickeln, die z.B. auf biologischen Prozessen und Interaktionen basieren.

Alle Pflanzenorgane, insbesondere der Wurzelraum, sind dicht mit Mikroorganismen besiedelt. Pflanzenassoziierte Mikroorganismen erfüllen wichtige Funktionen nicht nur für die Pflanze selbst, sondern auch für den Boden und das gesamte terrestrische Ökosystem. Diese umfassen das Pflanzenwachstum und die -gesundheit. Sie erhöhen die Stresstoleranz der Pflanzen, bewirken eine Resistenz gegenüber Krankheitserregern, erhöhen die Nährstoffverfügbarkeit und fördern die Biodiversität. Ein Anteil bis zu zwei Drittel der Mikroorganismen verfügt über positive Eigenschaften gegenüber der Wirtspflanze. Hierbei gibt es zwei generelle Möglichkeiten, diesen Anteil in landwirtschaftlichen Produktionssystemen zu fördern: 1) durch die Zugabe von organischen oder anorganischen Bodenhilfsstoffen und 2) durch den Einsatz pflanzenwachstums- und gesundheitsfördernder Mikroorganismen. Durch neue Forschungsergebnisse konnten die Wirksamkeit und die Effizienz von mikrobiellen Präparaten gesteigert und somit die Popularität und das Marktpotenzial erhöht werden.

In den letzten Jahren wurden innovative molekulare und mikroskopische Techniken entwickelt, die eine Untersuchung der gesamten Mikroorganismengemeinschaft ermöglichen. Im Gegensatz dazu konnten bis dahin nur max. drei Prozent der

One of the major challenges of the 21st century will be environmentally friendly and sustainable crop production. Enhanced production is necessary not only for sufficient food, but also for the production of renewable energy and basic compounds in industrial processes. Current agricultural production methods have contributed to a long list of environmental and health problems. Altogether, there is a growing demand for efficient, sound and biologically-based strategies in agriculture.

All parts of the plant, especially the root, are densely colonized by microbes. Plant-associated microorganisms fulfil important functions not only for plants but also for soil and the terrestrial ecosystem. This includes effects on plant health and growth; they enhance stress tolerance, provide disease resistance, aid nutrient availability and uptake, and promote biodiversity. Up to two thirds of microbial populations are known for their beneficial plant-microbe interaction. In general, there are two ways of promoting this potential: 1) by influencing the indigenous microbial communities, e.g. by organic or inorganic amendments, and 2) by applying autochthonous microorganisms as biocontrol or plant-growth promoting agents. In recent years, the popularity and market potential of microbial inoculants has increased substantially, while at the same time extensive and systematic research has enhanced their effectiveness and consistency.

During the last decade, new techniques based on molecular and microscopic techniques which allow the investigation of whole microbial communities have been developed. Up to the end of the last century only a very small part (up to 3%) could be analyzed by cultivation. Using these techniques, it is possible to analyse plant-associated microbial communities and to understand their structural and functional diversity. We



Gabriele Berg
war Heisenberg-Stipendiatin der Deutschen Forschungsgemeinschaft (2003-2005). Seit 2005 Professorin für Biotechnologie und Leiterin des Instituts für Umweltbiotechnologie an der TU Graz. Forschungsschwerpunkte: Pflanzen-assoziierte Mikroorganismen und deren biotechnologische Nutzung.

Gabriele Berg
was recipient of the Heisenberg scholarship of the Deutsche Forschungsgemeinschaft (2003-2005). Since 2005 Professor of Biotechnology and head of the Institute of Environmental Biotechnology at Graz University of Technology. Main field of research is on plant-associated microorganisms and applications in biotechnology.

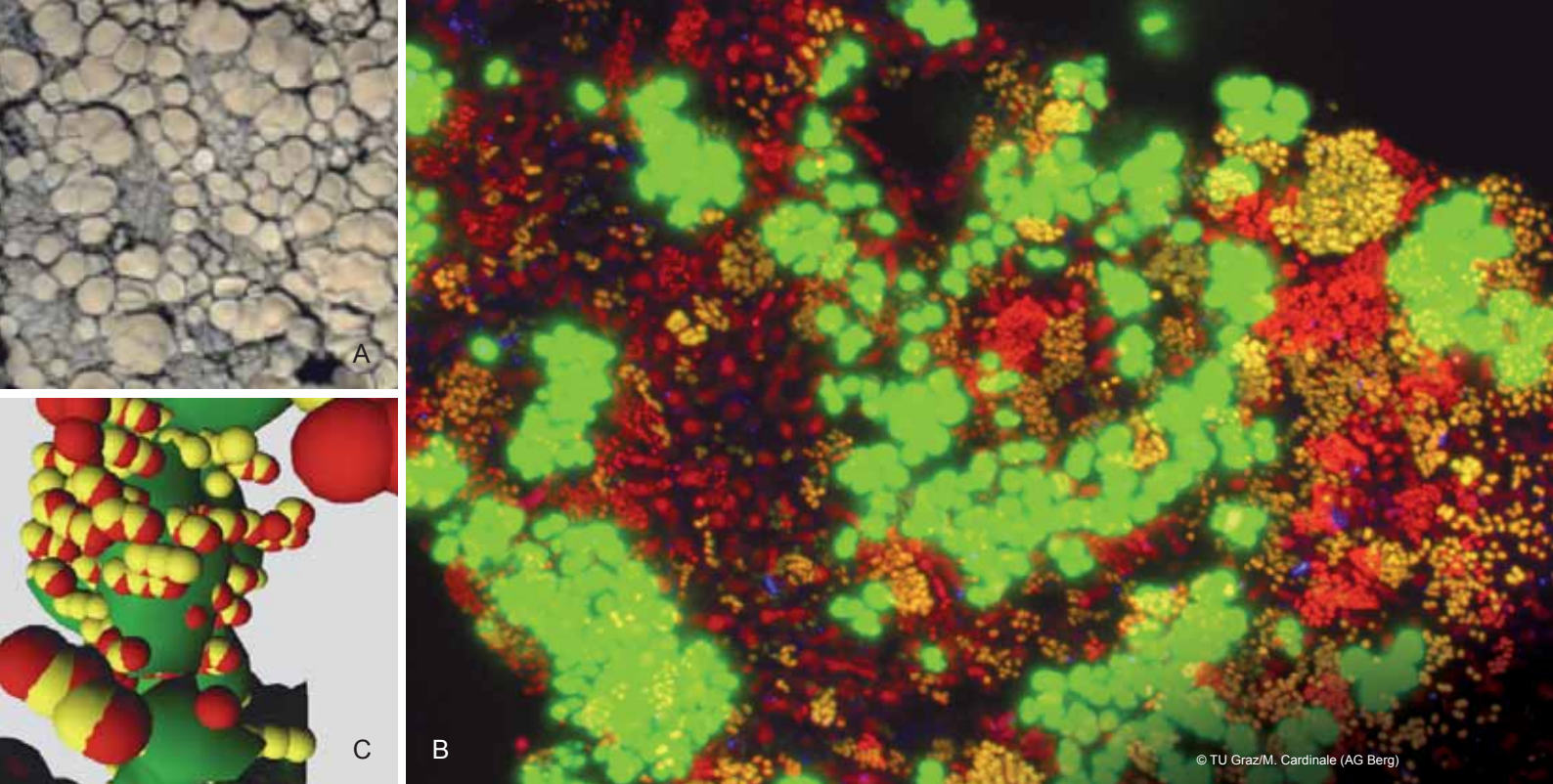


Abb. 1: Bakterien assoziiert mit der Flechte *Lecanora polytropa* (A), angefärbt mit molekularen Sonden in gelb und rot (B) zwischen grünen Algenzellen im konfokalen Lasermikroskop sowie 3-dimensionale Rekonstruktion des Konsortiums (C).

Fig. 1: Bacteria associated with the lichen *Lecanora polytropa* (A), visualized with molecular probes in yellow and red (B) between green algal cells in confocal laser scanning microscope, and 3-dimensional reconstruction of the consortium (C).

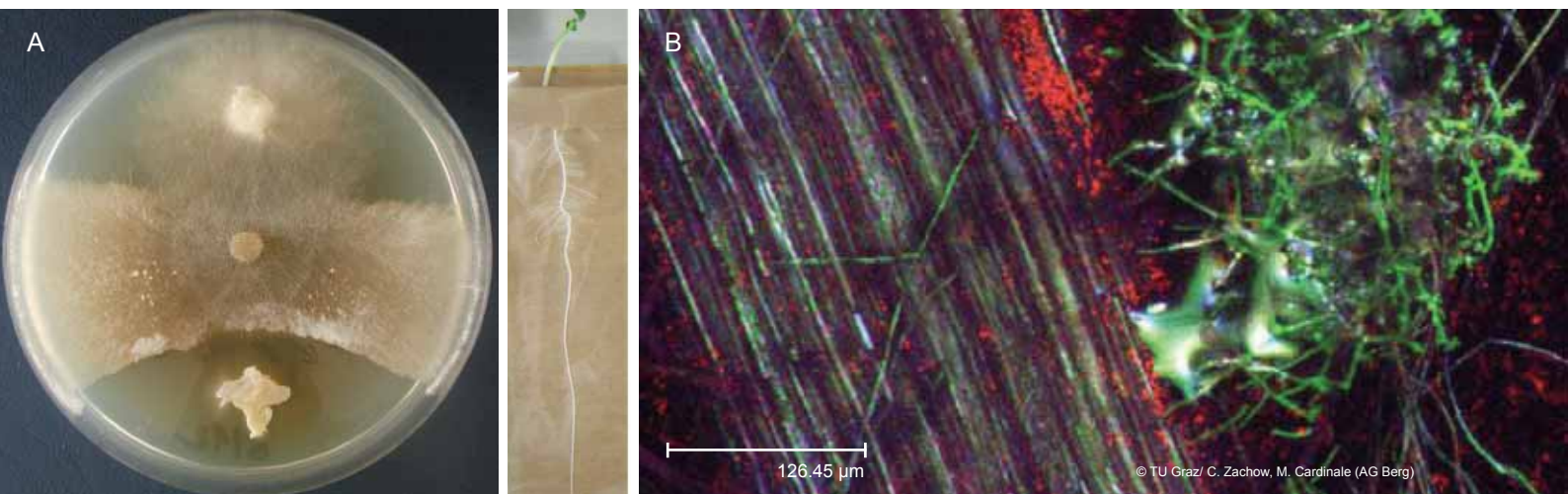
Mikroorganismen durch Kultivierung untersucht werden. Durch Nutzung dieser Techniken ist es nun möglich, pflanzenassoziierte Mikroorganismen hinsichtlich ihrer strukturellen und funktionellen Diversität zu verstehen. So konnten wir eine hohe Spezifität für Mikroorganismen jeder Pflanzenart feststellen, die hauptsächlich durch den pflanzlichen Sekundärstoffwechsel bedingt ist. Dieses Wissen hat große Auswirkungen auf Prozesse in der Landwirtschaft, denn jede Pflanze sollte hier als Einheit mit den assoziierten Mikroorganismen betrachtet werden, da Mikroorganismen stark an der Pflanzengesundheit und -qualität beteiligt sind. Weiters sollte die Pflanzenspezifität bei Fruchtfolgen, Mischkulturen und Pflanzenschutzstrategien Beachtung finden. Durch den Einsatz molekularer Techniken konnten auch neue Bioressourcen wie Moose und Flechten entdeckt werden: in der Abbildung 1 wurden die Flechten-assoziierten Mikroorganismen durch molekulare Sonden im konfokalen Laserscanning-Mikroskop sichtbar gemacht. Diese waren bis dato unbekannt. Flechten galten nur als Symbiosen zwischen Pilzen und Algen/Cyanobakterien.

Ein weiterer Schwerpunkt unserer Forschungsarbeiten ist die detaillierte Untersuchung spezifischer Pflanzen-Mikroorganismen-Interaktionen. Diese sind wichtig, um einerseits Strategien zu optimieren, die sich mit umweltbiotechnologischen Fragestellungen beschäftigen, andererseits dienen sie auch dem Auffinden neuer bioaktiver Substanzen wie Antibiotika, Enzyme und Osmoprotektiva.

discovered that plant-associated microbial communities show specificity for each plant species – mainly due to specific secondary metabolism. This has a broad impact on agricultural applications: it is important to consider the crop species in the context of their associated microorganisms since the latter fulfil important functions for plant growth, health and quality. This fact should be exploited in breeding strategies as it is in resistance against phytopathogenic microbes. Furthermore, the plant-dependent composition has to be considered in crop rotations, mixed cropping strategies, soil treatments and biocontrol strategies. Also for issues of nature conservation and biodiversity, it is important to recognize that plant-specific microbes exist.

In addition, using genomics techniques, novel microbial bio resources have been detected, for example in mosses and lichens. In Fig. 1, lichen-associated microbial communities were visualized by confocal laser scanning microscopy in combination with molecular probes. These communities were newly described; before, lichens were defined as symbiosis only between fungi and algae/cyanobacteria.

Another focus of our research is the detailed analysis of specific plant-microbe interactions. This is important in the optimization of biotechnological strategies for both the environment and agriculture as well as in detecting new bioactive substances (e.g. antibiotics, enzymes, osmoprotectants) which can be integrated in the latter.



Auf Basis positiver Effekte auf die Pflanze durch Mikroorganismen ist es möglich, mikrobielle Produkte zu entwickeln. Diese Produkte können, abhängig von ihrem Wirkmechanismus, als Biodüngemittel, Pflanzenstärkungsmittel oder biologische Pflanzenschutzmittel kategorisiert werden. In den letzten Jahren wurden von unserer Arbeitsgruppe ein biologisches Pflanzenschutzmittel gegen bodenbürtige Pathogene und zwei Pflanzenstärkungsmittel auf der Basis von *Bacillus subtilis* und *Pseudomonas trivialis* entwickelt. Zusammen mit anderen Arbeitsgruppen wurde ein Bakterium – *Pseudomonas extremorientalis* – zur Stärkung des Pflanzenwachstums in versalzten Böden selektiert. Aktuelle Projekte beschäftigen sich mit der Entwicklung von Schutzstrategien gegen die späte Rübenfäule (vgl. Abb. 2) und mit den Krankheiten des Steirischen Ölkürbisses. Ein weiteres Projekt ist die Verbesserung des Erdbeeraromas mit natürlich vorkommenden Mikroorganismen. Zusammenfassend kann gesagt werden, dass pflanzen-assoziierte Mikroorganismen und die Ausnutzung und Umsetzung ihrer positiven Interaktion mit der Wirtspflanze in biotechnologischen Strategien viel versprechende und umweltfreundliche Lösungen für die konventionelle als auch für die biologische Landwirtschaft weltweit bieten.

Based on these beneficial plant-microbe interactions, we develop microbial inoculants for biotechnological applications. Dependent on their mode of action and effects, these products can be used as biofertilizers, plant strengtheners and biopesticides. In the last decade, a product on the basis of the bacterium *Serratia plymuthica* against soil-borne diseases and two plant strengtheners based on *Bacillus subtilis* and *Pseudomonas trivialis* have been developed. Together with other researchers, a bacterium – *Pseudomonas extremorientalis* – was selected for plant growth promotion in salinated soils. Current projects focus on the development of biocontrol strategies to protect sugar beets against late sugar beet rot (Fig. 2) and the Styrian pumpkin against serious pathogens. Furthermore, we are developing a project to improve the flavour of strawberries using naturally occurring microorganisms.

Altogether, the use of plant-associated microorganisms and the exploitation of beneficial plant-microbe interactions in biotechnology offer promising and environmentally friendly strategies for conventional and organic agriculture world-wide.

Abb. 2: Biologische Kontrolle der späten Rübenfäule: In vitro Antagonismus gegen das Pathogen *Rhizoctonia solani* (A: Mitte Pathogen) und Besiedlung der Wurzel durch zwei Antagonisten (B: rot *Pseudomonas*, grün *Trichoderma*).

Fig. 2: Biological control of late sugar beet root rot: in vitro antagonism towards the pathogen *Rhizoctonia solani* (A: in the centre pathogen), and colonisation by two antagonists (B: *Pseudomonas* in red and *Trichoderma* in green).