



Nachbaukrankheit im Apfelanbau

Baut man auf einer Obstbauparzelle wiederholt die gleiche Kultur an, so wird häufig ein reduziertes Wachstum und ein geringerer Fruchtertrag beobachtet. Bei Apfelbäumen sind wahrscheinlich bodenbürtige Erreger für die Nachbaukrankheit verantwortlich.

Wirkungsvolle Massnahmen wie ein Wechsel der angebauten Kultur oder chemische Sterilisation des Bodens sind im Obstbau oft nicht möglich oder nicht erlaubt. In einem Versuch werden neue, praxistaugliche Massnahmen geprüft, um die Folgen der Nachbaukrankheit beim Apfelanbau zu reduzieren.

THOMAS KUSTER UND SIMON SCHWEIZER, AGROSCOPE
RALPH GILG, OBSTPRODUZENT, FRUTHWILEN
ANDREAS KLÖPPEL UND DAVID SZALATNAY, STRICKHOF
thomas.kuster@agroscope.admin.ch

Für das Auftreten der Nachbaukrankheit beim Apfel (englisch Apple Replant Disease = ARD) werden verschiedene Ursachen genannt. Die aktuell wahrscheinlichste Theorie sieht als Auslöser einen Komplex aus verschiedenen Wurzelpathogenen wie Pilzen, Oomyceten oder Nematoden (Mazzola et al. 2015). Folgen der Nachbaukrankheit sind vor allem bei Junganlagen verminderter Wuchs und reduzierter Ertrag. Tritt die Nachbaukrankheit an einem Standort auf, kann das Problem über Jahrzehnte bestehen.

Anpassungen bei Düngung, Bewässerung oder Pflanzenschutz beheben die Ursachen der Nachbaukrankheit nicht. Vielmehr müssen die Ursachen durch direkte Massnahmen beeinflusst werden. In den meisten Fällen hilft ein Wechsel der angebauten Kultur, ein

Austausch des Bodens, eine Verschiebung der Baumreihe in die ehemalige Fahrgasse oder die chemische oder thermische Sterilisation des Bodens (Naef et al. 2012). Diese Methoden sind jedoch wegen des grossen Energiebedarfs, hoher Kosten oder der fixen Infrastrukturen nicht praxistauglich. Die chemische Bodendesinfektion ist zudem in der Schweiz und in Europa aus ökologischen Gründen nicht zugelassen.

Neue Bodenverbesserungsmassnahmen gegen die Nachbaukrankheit ...

In der jüngeren Vergangenheit wurde der Fokus vermehrt auf biologische Massnahmen gelegt wie die Förderung natürlicher Gegenspieler. Diese Antagonisten unterdrücken Schaderreger, die wahrscheinlich für die Nachbaukrankheit verantwortlich sind. Eine andere Möglichkeit ist die Bio-Fumigation. Dabei töten natürlich gebildete Gase Mikroorganismen ab (Michel 2008), wobei sich anschliessend Antagonisten

schneller erholen als die Krankheitserreger. Im europäischen Core-Organic II Projekt «BIO-Incrop» wurde unter Beteiligung von Agroscope untersucht, ob mit Mikroorganismenpräparaten und verschiedenen Komposten das Wachstum von Apfelbäumen und Zitrusfrüchten in Problemböden aus sechs Ländern verbessert werden kann (Manici 2015). Zusätzlich wurde die Gesamtheit der Mikroorganismen in den Versuchsböden charakterisiert, um die Ursachen der Nachbaukrankheit besser zu verstehen und eine gezieltere Bekämpfung zu ermöglichen. Aus diesen «BIO-Incrop»-Ergebnissen, anderen Quellen sowie eigenen Erfahrungen haben die Autoren die vielversprechendsten Methoden ausgewählt (Tab. 1) und testen diese seit 2015 an zwei Standorten.

Eine dieser Methoden ist die Bodenverbesserung mit organischer Substanz. In Obstbaubetrieben wird bei der Remontierung Kompost im Baumstreifen gestreut, um die Bedingungen für die Neupflanzung zu verbessern. Die organische Substanz wird von Bodenorganismen abgebaut, was die biologischen Bodeneigenschaften und die Mykorrhizierung fördert. Ebenfalls werden pilzliche Antagonisten (*Trichoderma*, *Gliocladium*) der Schaderreger gefördert (Bosshard et al. 2004). Kompost sollte daher bereits auf die Vorkultur ausgebracht werden.

Gründüngung vor einer Neupflanzung verbessert ebenfalls die Bodenstruktur und damit die Aktivität von Antagonisten. Werden Pflanzen mit hohem Gehalt an Glukosinaten verwendet und blühend in den Boden eingearbeitet, so werden zusätzlich schädliche Mikroorganismen durch Bio-Fumigation abgetötet (Abb. S. 8). Statt mit Gründüngung kann die bioaktive Substanz (im Versuch Senfmehl) auch direkt in den Boden eingearbeitet werden (Mazzola et al. 2015). Die positive Wirkung dieser Substanz wird einerseits durch die erwähnte Bio-Fumigation erklärt. Andererseits soll das Senfmehl, wie bei der Gründüngung, als Substrat für nützliche Mikroorganismen dienen.

Im Praxisversuch testeten wir mit EKOProp und Condit 9% zwei Produkte, mit denen Mikroorganismen gezielt in den Boden gebracht werden. EKOProp enthält einerseits Mikroorganismen zur Aufbereitung von organischem Material und andererseits pilzliche Antagonisten, die als natürliche Gegenspieler schädliche Bodenorganismen bekämpfen. Das Produkt EKOProp hat zurzeit keine Bewilligung für den Obstbau in der Schweiz. Condit 9% ist ein organischer Dünger und enthält neben Getreideschrot und Molke das Mineral Zeolit. Die enthaltenen Milchsäurebakterien sollen die Bodenaktivität steigern und das Wachstum schädlicher Bakterien hemmen.

... werden in praxisnahen Versuchen an zwei Standorten getestet

Die fünf Verfahren zur Bekämpfung der Nachbaukrankheit gemäss Tabelle 1 werden seit 2015 unter praxisnahen Bedingungen in Fruthwilen (TG) und Lindau (ZH) getestet und mit einer unbehandelten Kontrolle verglichen (Tab. 2). Die Parzelle in Fruthwilen befindet sich auf dem Betrieb des Obstproduzenten Ralph Gilg. Während die eine Hälfte der Parzelle bereits in der

Tab. 1: Getestete Verfahren in Fruthwilen (TG) und Lindau (ZH).

| Massnahme/ Produkt | Zweck | Inhalt | Zeitpunkt, Ort | Menge |
|--------------------------|--|---|---|----------------------------------|
| Kontrolle | keine Massnahme | | | |
| organische Substanz | Steigerung der Bodenaktivität, Förderung natürlicher Gegenspieler | Kompost, Hühnermist (4:1) | vor der Pflanzung, auf den Baumstreifen | 35 t/ha |
| Gründüngung mit Terrafit | Bio-Fumigation, allgemeine Bodenverbesserung | Sareptasenf | vor der Pflanzung, breitflächig | 8 kg/ha |
| Senfmehl aus Terrafit | Bio-Fumigation, allgemeine Bodenverbesserung | gemahlene Senfsamen | 6 Wochen vor der Pflanzung, auf den Baumstreifen | 1000 kg/ha |
| EKOProp | Pilzliche Antagonisten, Verbesserung der Nährstoffaufnahme | Mykorrhiza, <i>Pseudomonas trivialis</i> , <i>Bacillus sp.</i> , <i>Streptomyces sp.</i> , <i>Trichoderma harzianum</i> | 2 × nach der Pflanzung, auf den Baumstreifen | 2 × 100 g/ 500 m ² |
| Condit 9% | Steigerung der mikrobiologischen Aktivität, allgemeine Bodenverbesserung | Molke, Getreideschrot, Zeolit | 1 × breitflächig vor der Pflanzung, 1 × nach der Pflanzung um den Stamm | 2 × 1.7 t/ha |

Tab. 2: Vergleich der beiden Versuchsstandorte.

| | Fruthwilen (TG) | Lindau (ZH) |
|----------------------|---|---|
| Lage | Betrieb R. Gilg 525 m ü. M. | Versuchsbetrieb des Strickhofs 545 m ü. M. |
| Parzellen | Nachbau (Apfel), Acker | Nachbau (Apfel) |
| Sorte, Unterlage | Gala SchniCo, M9 T337 | Gala Galaxy, M9 T337 |
| Pflanzung | Frühling 2016 | Dezember 2015 |
| Baum-, Reihenabstand | 0.9 m, 3.3 m | 0.9 m, 3.5 m |
| Getestete Verfahren | Kontrolle, Kompost/Hühnermist, Senfmehl, EKOProp, Condit 9% | Kontrolle, Gründüngung mit Terrafit, Senfmehl, EKOProp, Gründüngung & Senfmehl, Gründüngung & EKOProp |

vierten Generation mit Apfelbäumen (1975 Gravensteiner, 1995 Jonagold, 2000 Gala/Golden, 2016 Gala SchniCo) bepflanzt ist, wurde die andere Hälfte während über 60 Jahren als Ackerfläche genutzt (2015 Zwischenkultur mit Strukturator «Ölrettich»). Im Frühling 2016 wurde auf beiden Parzellenhälften Gala SchniCo gepflanzt. Die Verfahren zur Bodenverbesserung (Kontrolle, Kompost/Hühnermist, Senfmehl, EKOProp und Condit 9%, Tab. 1) wurden jeweils auf zwei nicht benachbarten Baumreihen sowohl in der Nachbau- als auch in der ehemaligen Ackerfläche durchgeführt. Kompost und Hühnermist wurden vor der Pflanzung auf den Baumstreifen gestreut und mit der Spatenmaschine eingearbeitet. Das Senfmehl der Sorte Terrafit

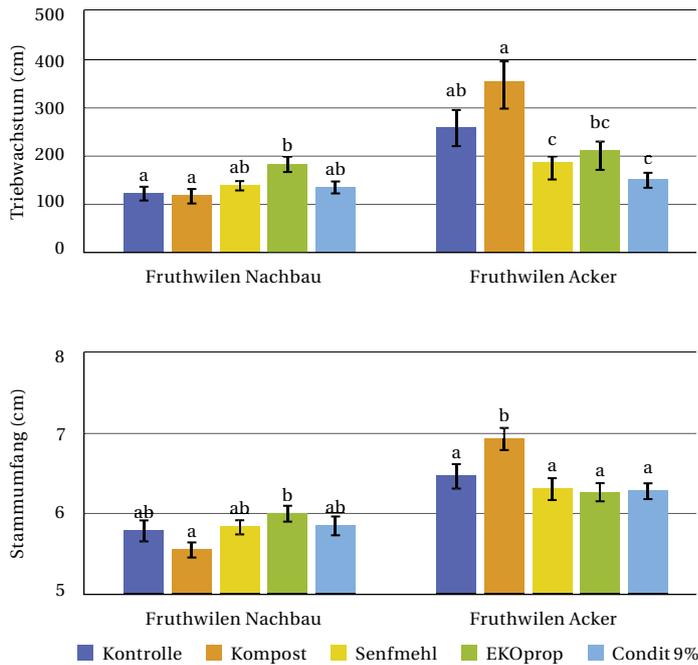


Abb. 1: Mittleres Triebwachstum und mittlerer Stammumfang der Versuchsbäume (Gala SchniCo) in Fruthwilen nach der ersten Vegetationsperiode (2016), ± Standardfehler. Unterschiedliche Buchstaben deuten auf signifikante Unterschiede zwischen den Varianten innerhalb der gleichen Parzellenhälfte hin (ANOVA, $p \leq 0.05$).

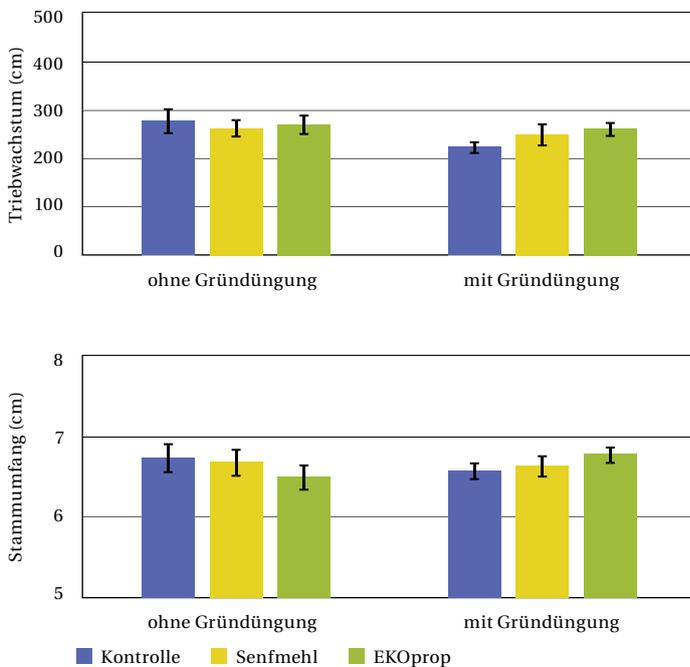


Abb. 2: Mittleres Triebwachstum und mittlerer Stammumfang der Versuchsbäume (Gala Galaxy) in Lindau nach der ersten Vegetationsperiode (2016), ± Standardfehler. Zwischen den Varianten wurden keine signifikanten Unterschiede beobachtet (ANOVA, $p \leq 0.05$).



Abb. 3: Zwei Monate nach der Aussaat wurden die blühenden Senfpflanzen mit einem Schlegelmulcher zerkleinert, von der Fahrgasse in den Baumstreifen verschoben und mit einer Spatenmaschine eingearbeitet.

wurde sechs Wochen vor der Baumpflanzung im Baumstreifen gestreut und anschliessend ebenfalls mit einer Spatenmaschine eingearbeitet. Das Produkt EKOprom wurde unmittelbar nach der Pflanzung sowie sechs Wochen später mit einer Giesskanne auf den Baumstreifen ausgebracht. Condit 9% wurde zur Hälfte vor der Pflanzung breitflächig gestreut und mit der Spatenmaschine eingearbeitet und zur anderen Hälfte nach der Pflanzung von Hand um den Stamm gestreut. Trieb- und Dickenwachstum wurden im Dezember 2016 bei jeweils acht Bäumen pro Verfahren gemessen.

Der Standort Lindau befindet sich auf dem Versuchsbetrieb Strickhof (Amt für Landschaft und Natur, Kanton Zürich). Die Versuchspartelle wurde 2015 in der dritten Generation mit Apfelbäumen der Sorte Gala Galaxy bepflanzt. Die eine Hälfte der Partelle wurde im Herbst 2015 gerodet und im gleichen Jahr mit Hilfe einer Grabenfräse direkt wieder bepflanzt. Die andere Hälfte wurde bereits im Winter 2014/15 gerodet und im Frühling 2015 mit einer Senf-Gründüngung für die Variante Bio-Fumigation mit TerraFit bepflanzt (Fahrgasse und Baumstreifen). Zwei Monate nach der Aussaat wurden die blühenden Senfpflanzen mit einem Schlegelmulcher zerkleinert, von der Fahrgasse in den Baumstreifen verschoben und mit einer Spatenmaschine in den Boden eingearbeitet (Abb.3). Anschliessend wurde der Boden gewalzt und für eine optimale Wirkung der Bio-Fumigation bewässert. Die Bäume wurden wie in der Variante ohne Gründüngung im Dezember 2015 gepflanzt. Diese Variante mit einer Zwischenkultur bedingt ein fehlendes Ertragsjahr. In den beiden Varianten mit und ohne Gründüngung wurden zusätzlich die Verfahren Senfmehl und EKOprom randomisiert verteilt in jeweils drei Reihen angewendet, sodass in Lindau sechs Verfahren angewendet wurden: Kontrolle, Gründüngung mit TerraFit,

Senfmehl, EKOprom, Gründüngung und Senfmehl, Gründüngung und EKOprom. Das Verfahren mit Senfmehl der Sorte Terrafit wurde wie in Fruthwilen angewendet. EKOprom wurde in Lindau unmittelbar vor der Pflanzung im Herbst und im Frühling danach beim Knospenschwellen mit einer Giesskassette auf den Baumstreifen ausgebracht. Trieb- und Dickenwachstum wurden im Frühling 2017 bei jeweils 21 Bäumen pro Verfahren gemessen.

Die Düngung erfolgte an beiden Standorten gemäss den Grundlagen für die Düngung im Obstbau. Die durch die Verfahren eingebrachten Nährstoffe wurden soweit möglich durch unterschiedliche Düngung ausgeglichen.

Nur kleine Unterschiede nach dem ersten Versuchsjahr

Vor Versuchsbeginn wurde das Ausmass der Nachbaukrankheit an den beiden Standorten mit einem Biotest eingeschätzt (Nölly 2016). Dabei wurde die Unterlage M9T337 entweder in frischen oder sterilisierten Boden (80°C) getopft. Aufgrund der optischen Beurteilung der Wurzeln (Braunfärbung, Wurzelverkümmern und längste Wurzel) ist in den beiden Nachbauparzellen mit Symptomen der Nachbaukrankheit zu rechnen, nicht jedoch auf dem ehemaligen Acker. Beide Standorte wurden im Sommer 2015 vor dem Versuchsstart auf Nematodenbefall untersucht. Dabei wurde kein Befall mit pflanzenparasitären Nematoden festgestellt. Sie können als Ursache für die Nachbaukrankheit in diesen Parzellen ausgeschlossen werden.

Die Ergebnisse aus dem Biotest konnten mit Beobachtungen und Messungen nach der ersten Vegetationsperiode in Fruthwilen bestätigt werden. Trieb- und Stammwachstum der Bäume waren im ersten Jahr auf der ehemaligen Ackerfläche deutlich stärker als auf der Nachbauparzelle (Abb. 1). Vergleicht man die einzelnen Verfahren in der Nachbauparzelle in Fruthwilen, so konnte nur mit der Variante EKOprom eine Steigerung des Triebwachstums im Vergleich zur unbehandelten Kontrolle erzielt werden. Dies deutet darauf hin, dass EKOprom die Symptome der Nachbaukrankheit zumindest in der Startphase der Bäume reduziert. In Lindau hat keines der Verfahren das Wachstum der Bäume nach der ersten Vegetationsperiode beeinflusst (Abb. 2).

Messungen werden weitergeführt

Unterschiede zwischen den einzelnen Verfahren sind zum jetzigen Zeitpunkt nicht vorhanden oder nur gering. Daher können nach der ersten Vegetationsperiode keine abschliessenden Schlussfolgerungen gezogen oder Empfehlungen abgegeben werden. Das bessere Abschneiden von EKOprom in Fruthwilen muss mit Vorsicht interpretiert werden. In den kommenden Jahren werden die Auswirkungen der Verfahren auf die Baumgesundheit weiter beobachtet. Neben Messungen des Stamm- und Triebzuwachses wird auch der Fruchtertrag erfasst. Längerfristig wird sich zeigen, ob eines der Verfahren die Nachbaukrankheit erfolgreich bekämpfen kann.

Dank

Wir danken den Mitarbeitern in Fruthwilen und Lindau für ihre Unterstützung, Reinhard Eder für die Analysen der Bodenproben auf Nematoden sowie Sarah Perren und Matthias Lutz für die Analyse der Wurzelproben auf pilzliche Krankheitserreger. Ein Dank gilt auch der Firma P.H. Petersen Saat-zucht Lundsgaard GmbH für die kostenlose Lieferung des Senfmehls und Saatguts für die Gründüngung und der Familie Eichenberger, Uhwiesen, für die technische Unterstützung bei der Bodenbearbeitung. ■

Literatur

- Bosshard E., Rüeegg J. und Heller W.: Bodenmüdigkeit, Nachbauprobleme und Wurzelkrankheiten. Schweizer Z. Obst-Weinbau 10, 6–9, 2004.
- Manici L. M.: BIO-INCROP – Final report, 2015. <http://orgprints.org/29112/>
- Mazzola M., Hewavitharana S. S. and Strauss S. L.: *Brassica* Seed Meal Soil Amendments Transform the Rhizosphere Microbiome and Improve Apple Production through Resistance to Pathogen Reinfestation. *Phytopathology* 105 (4), 460–469, 2015.
- Michel V.: Merkblatt: Biofumigation – Prinzip und Anwendung. Agroscope, Conthey, 2008.
- Naef A., Knorst V., Jänsch M. und Monney P.: Nachbauprobleme beim Apfel. *Obstbau* (7), 379–382, 2012.
- Nölly M.: Biotest zur Erkennung der Nachbaukrankheit im Apfelanbau. Bachelorarbeit an der Zürcher Hochschule für Angewandte Wissenschaften, Wädenswil, 2016.

La maladie de la replantation dans les vergers de pommiers: à la recherche de nouvelles solutions

R É S U M É

Ce sont probablement des agents pathogènes liés au sol qui sont à blâmer pour la maladie de la replantation dans les vergers de pommiers. La recherche travaille sur des nouvelles stratégies efficaces et pratiques de lutte contre la fatigue des sols. Un essai de terrain est en cours depuis 2015 dans deux vergers de pommiers où l'on compare les substances organiques, la fumure verte au Terrafit, la farine de moutarde au Terrafit, EKOprom et Condit 9%. EKO-

prom a été le seul produit à endiguer la maladie de la replantation dans une des installations, du moins dans la phase d'établissement des arbres. Dans le deuxième verger expérimental, aucune des méthodes déployées n'a influencé la croissance des sujets dans la première période végétative. L'étude des répercussions de ces procédés sur la santé des sujets fera l'objet de nouvelles recherches dans les années à venir.