

Bodenmüdigkeit bei Rosen: neue Forschungsansätze

Bodenmüdigkeit bei Rosen (Rosenmüdigkeit) ist ein schwerwiegendes Problem sowohl in Privatgärten als auch öffentlichen Parks sowie für den kommerziellen Rosenanbau. Im folgenden Artikel wird der Begriff Rosenmüdigkeit von allgemeinen Nachbauproblemen abgegrenzt, verschiedene Ursachen zur Entstehung der Rosenmüdigkeit werden diskutiert und neue Forschungsansätze zur Aufklärung der Ursachen von Rosenmüdigkeit vorgestellt.

Text: **Dr. Anke Sirrenberg, Sabine Nutz, Dr. Astrid Ratzinger, Prof. Dr. Petr Karlovsky**

Werden Rosen in ein Beet gepflanzt, in dem vorher schon Rosen standen, wachsen die neuen Pflanzen oft schlecht. Die Triebe entwickeln sich zögernd, das Wurzelsystem ist schwach entwickelt und die Wurzeln verbräunen. Die Wachstumsstörung steigert sich mit jedem Jahr des erneuten Rosenanbaus. Vollständig kann sie nur durch einen Bodenaustausch, Bodendämpfung oder chemische Bodenentseuchung mit Dazomet (Basamid, Mittel nicht mehr zugelassen, siehe unten) behoben werden. Dieses Phänomen wird als Bodenmüdigkeit bei Rosen oder kurz als Rosenmüdigkeit bezeichnet. Sie ist zu unterscheiden von vielfältigen Nachbauproblemen, die beim wiederholten Anbau einer



Pflanzenart oder nah verwandter Arten auftreten können. Zu den Auslösern von Nachbauproblemen gehören sowohl abiotische Ursachen (zum Beispiel Nährstoffmangel, Bodenverdichtung) als auch biotische Faktoren (Krankheitserreger wie bodenbürtige Pilze, Bakterien oder Nematoden). In Abgrenzung dazu ist die Ursache der spezifischen Bodenmüdigkeit (Rosenmüdigkeit, Apfelmüdigkeit, im Englischen „specific replant disease“) unbekannt. Bereits bekannte Erreger und Nährstoffmangel können ausgeschlossen werden.

Die Symptome der Rosenmüdigkeit sind Wachstumsdepressionen, begleitet von einem schwach entwickelten Wurzelsystem und Wurzelverbräunung. Im Gegensatz zu einem in der Regel neustartig auftretenden Befall mit Nematoden ist die ganze Anbaufläche betroffen, jedoch breitet sich die Krankheit nicht über die Anbaufläche hinaus aus (Immobilität). Die Krankheit ist auf eine Art oder nah verwandte Arten beschränkt (Spezifität). Pflanzen, die aus rosenmüdem in gesunden Boden umgepflanzt werden, erholen sich oft (Reversibilität), jedoch bleiben betroffene Flächen über viele Jahre ungeeignet für die entsprechende Pflanzenart (Persistenz).

Verschiedene Bodentypen sind unterschiedlich anfällig für Rosenmüdigkeit. In leichten Böden kann ein einziger Rosenanbau ausreichen, um Rosenmüdigkeit auszulösen (siehe auch Spethmann, W., Otto G. (2002): Replant problems and soil sickness. Encyclopedia of Rose Science. Elsevier Academic Press, London, 169–180).

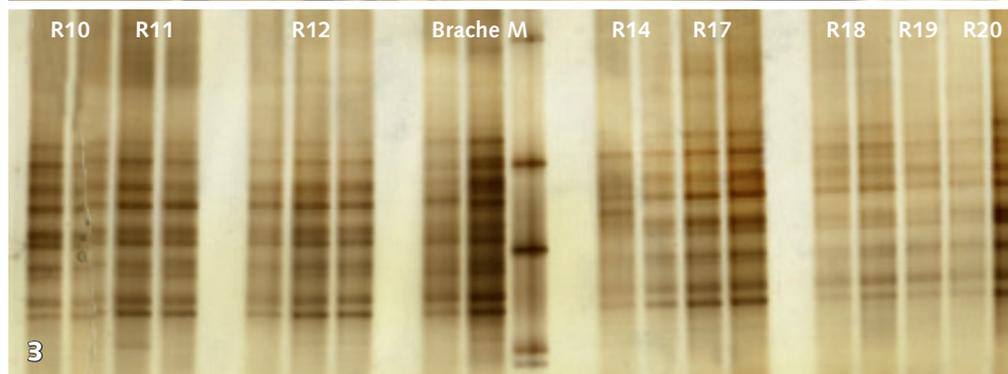
Maßnahmen gegen die Bodenmüdigkeit

Da das Problem seit Jahrhunderten bekannt ist, wurden auch unzählige Bekämpfungsmethoden beschrieben. Am nachhaltigsten ist sicherlich eine gesunde Fruchtfolge beziehungsweise ein Wechsel der Anbaufläche, so wie es im biologischen Rosenanbau oder in einigen Baumschulen mit gemischtem Sortiment praktiziert wird. Als erprobte „Hausmittel“ gelten organische Bodenzusätze wie Kompost oder Pferdemist. Organische Substanz wirkt sich günstig auf das Boden-

gefüge aus und verbessert das Wasserhaltevermögen des Bodens. Außerdem wird das Bodenleben gefördert, wodurch die Ausbreitung einzelner schädlicher Mikroorganismen gehemmt wird. Bisher gibt es jedoch keine systematische Untersuchung des Einflusses organischer Zusätze auf die Rosenmüdigkeit.

Für kleinere Anlagen ist Bodenaustausch, auch gemischt mit der Gabe or-

ganischer Substanz, eine sichere, wenn auch mühsame und kostspielige Abhilfe. Oft ist es jedoch nicht möglich, geeigneten Boden mit bekannter Geschichte zu erwerben. Für große Flächen scheidet diese Option aus. Für mittelgroße Flächen kann Bodendämpfung eine Behandlungsmöglichkeit sein, doch ist diese wegen der hohen Energiekosten unwirtschaftlich. Außerdem kann die Dämpfung in man-



- 1 Ob sich frisch gepflanzte Rosen vital entwickeln, ist unter anderem davon abhängig, ob schon in den Vorjahren Rosen an diesem Standort wuchsen.
- 2 Um die Wurzel Ausscheidungen der Rosen untersuchen zu können, wurden Rosen aus Mikrostecklingen drei Wochen in Spezialgefäßen mit Nährlösung kultiviert.
- 3 Muster der Bakteriengesellschaften in Rosenbeeten nach 17-jährigem Rosenanbau. Das Muster und damit die Zusammensetzung der Bakterien der Rosenbeete (R 10–R 20) und einer benachbarten Brachfläche unterscheiden sich nicht.



chen Böden die Bodenstruktur ungünstig beeinflussen.

In großen kommerziellen Betrieben war die chemische Bodenentseuchung die einzige wirklich sichere Methode der Bekämpfung von Bodenmüdigkeit sowie bekannter bodenbürtiger Krankheiten. Aus ökologischen Erwägungen ist der Einsatz chemischer Entseuchungsmittel bedenklich. Zurzeit sind keine chemischen Bodenentseuchungsmittel zugelassen. Im Jahr 2009 wurde Basamid unter Berücksichtigung einer Ausnahmeregelung für die professionelle Anwendung mit starker Einschränkung zur Anwendung in Baumschulen genehmigt. Es ist unwahrscheinlich, dass in absehbarer Zukunft solche Mittel wieder zugelassen werden.

Ursachen der Bodenmüdigkeit

Wie bereits erwähnt, ist die Ursache der Rosenmüdigkeit unbekannt. Es werden zwei Theorien diskutiert, und in beiden spielen die Ausscheidungen der Pflanzenwurzeln eine bedeutende Rolle: die Mikroorganismentheorie und die Toxintheorie. Pflanzen saugen durch ihre Wurzeln Wasser und Nährstoffe aus dem Boden und leiten sie in den Spross, aber sie geben in nicht unerheblichen Mengen auch eigene Substanzen in den Boden ab, die als Nährstoffe oder Hemmstoffe auf Bodenmikroorganismen wirken. Während des Wachstums der Wurzeln wird außerdem Wurzelmaterial von den äußeren Wurzelschichten abgeschilfert. So bildet sich um die Wurzel ein besonderer Lebensraum, die Rhizosphäre, in der viel mehr und mehr unterschiedliche Lebewesen leben als im umliegenden Boden. Die Mikroorganismentheorie geht davon aus, dass sich – gefördert durch die Absonderungen der Rosenwurzeln – Mikroorganismen im Wurzelraum anreichern, die die Rosen schädigen. Da sowohl Dämpfung als auch chemische Bodenentseuchung zur Bekämpfung der Rosenmüdigkeit geeignet sind und bei beiden Verfahren alle Bodenorganismen abgetötet werden, liegt der Verdacht nahe, dass Rosenmüdigkeit direkt oder indirekt durch Bodenmikroorganismen ausgelöst werden könnte.

Andererseits könnten die Wurzelau-

scheidungen älterer Pflanzen auch direkt die Wurzeln der jungen Pflanzen schädigen (Toxintheorie). Verbleiben Rosen über viele Jahre im selben Beet, wachsen ihre Wurzeln jedes Jahr in neue Bodenschichten hinein und die Pflanzen zeigen keine Symptome. Werden die Pflanzen aber entfernt und neue Rosenstöcke in das Beet gesetzt, befinden sich die Wurzeln der jungen Pflanzen in der oberen Bodenschicht, in denen sich die Ausscheidungen und Rückstände der älteren Pflanzen angereichert haben. Dadurch könnten die Wurzeln der jungen Rosen geschädigt werden.

Die hemmende Wirkung von Wurzel-ausscheidungen oder flüchtigen Substanzen einer Pflanzenart auf eine andere Art (Allelopathie) ist im Pflanzenreich verbreitet. Sie dient der Unterdrückung der Konkurrenz. Ein ähnlicher Effekt könnte von Wurzel-ausscheidungen oder Wurzelrückständen der Rosen ausgehen. Dadurch würde beispielsweise verhindert, dass junge Rosenpflanzen direkt unter der Mutterpflanze wachsen. Einen Anhaltspunkt für die Toxintheorie lieferten Ergebnisse von Sato (2005, *Acta Horticulturae*, 697, 511–516: Growth inhibitor accumulates in the nutrient solution of closed system rose cultivation). In seinen Versuchen mit Rosen in hydroponischen Systemen reicher-ten sich in der Nährlösung Stoffe an, die das Wachstum der Rosen hemmten. Diese Stoffe ließen sich durch Bindung an Aktivkohle inaktivieren. Ähnliches war auch Kitazawa und Mitarbeitern an Erdbeeren

aufgefallen (2005: Autotoxicity of root exudates from strawberry in hydroponic culture.)

Neue Forschungsansätze

In unserer Arbeitsgruppe an der Georg-August-Universität in Göttingen (Depart-ment für Nutzpflanzenwissenschaften, Molekulare Phytopathologie und Myko-toxinforschung) gehen wir beiden Hypo-thesen (Schädigung durch Mikroorganis-men und Schädigung direkt durch Wurzel-ausscheidungen) nach. Zur Untersuchung der Mikroorganismen im Boden haben wir

Bodenproben aus verschiedenen Rosen-gärten sowie aus einer Versuchsfläche der Leibniz-Universität Hannover (Prof. Dr. Spethmann) entnommen und die darin vorkommenden Mikroorganismen (Bak-terien und Pilze) untersucht.

In klassischen Versuchen zur Biodiver-sität im Boden wurden die Mikroorganis-men zunächst im Labor auf mehreren un-terschiedlichen Nährböden angereichert und dann bestimmt. Neuere Schätzungen gehen davon aus, dass auf diese Weise nur ein kleiner Teil der Bodenbakterien erkannt wurde. Daher verwenden wir zur Erfassung der Vielfalt von Mikroorganis-men im Boden moderne molekularbiolo-gische Methoden ähnlich denen, die bei

- 4 Auf diesem Beet mit der Rosensorte 'Dietrich Woessner' im Rosengarten Zweibrücken entwickeln sich die Pflanzen in auffälliger Weise nicht in der üblichen Vitalität.
- 5 Ein weiteres Beet mit 'Dietrich Woessner', in dem die Rosen weitaus besser wachsen.
- 6 Lückiger Bestand in einem Beet mit Verdacht auf Rosenmüdigkeit. Rosen, die besonders schlecht entwickelt waren, wurden entfernt.
- 7 Stehen Rosen langjährig an einem Platz, dringen die Wurzeln stets in neue Bodenbereiche vor, die noch nicht von Wurzel-ausscheidungen beeinträchtigt wurden.



gische Methoden ähnlich denen, die bei Vaterschaftstests eingesetzt werden. In unserem Fall isolieren wir aus den Bodenproben zunächst die Erbinformation aller im Boden zu dem Zeitpunkt der Probenahme vorhandenen Lebewesen, ein Gemisch von Erbsubstanz von Bakterien, Pilzen, Würmern, Asseln, Algen und so weiter (DNA-Extraktion). Im nächsten Schritt werden gezielt Teile der Erbinformation (DNA) einzelner Organismengruppen vervielfältigt, in unserem Fall entweder Bakterien oder Pilze (Polymerase-Kettenreaktion, PCR). Das ist möglich, indem man der PCR kurze, synthetisch hergestellte Erbmaterial-Fragmente als Erkennungsstücke zusetzt, die nur an entweder Bakterien- oder Pilz-DNA binden können. Die vervielfältigten Stücke von verschiedenen Bakterien- oder Pilzarten sind alle gleich lang, aber unterschiedlich in ihrer Zusammensetzung. Dadurch können sie in einem weiteren Schritt aufgetrennt werden (denaturierende Gradientengelelektrophorese, DGGE). Es entsteht ein Strichmuster ähnlich wie ein Barcode, das typisch ist für den untersuchten Bodentyp. Im Idealfall entspricht jeder Strich in diesem Muster einer Bakterien- oder Pilzart, und die Stärke der Striche spiegelt die Häufigkeit des Auftretens dieser Art in der Probe wider.

So können die Muster rosenmüder und nicht rosenmüder Böden verglichen und mögliche Unterschiede in der Besiedelung erkannt werden.

Die Untersuchung von Wurzelausscheidungen direkt im Boden ist sehr schwierig, weil außer den zu untersuchenden Pflanzen auch viele andere große und kleine Bodenlebewesen (Bakterien, Pilze, Würmer usw.) ihre Ausscheidungen hinterlassen. Im Boden findet auch ein ständiger Abbau und Umbau von Substanzen statt und es kann zu sehr festen Anlagerungen an Bodenpartikel kommen.

Für unsere Untersuchungen verwendeten wir daher sterile Rosenstecklinge, die in kleinen Plastikschälchen mit Nährboden vom Institut für Pflanzenkultur in Schnega geliefert wurden. Diese Pflänzchen wurden aus dem Nährboden vorsichtig entnommen und in speziell angefertigte sterile Glasgefäße gesetzt, die eine sterile Nährlösung enthielten. In diesem System tauchen nur die Wurzeln der Pflanzen in

die Nährlösung. Zur Gewinnung der Wurzelausscheidungen wurde die Nährlösung nach einigen Wochen Kulturzeit abgegossen, gefiltert und stark konzentriert. Die konzentrierten Nährlösungen wurden mit unterschiedlichen organischen Lösungsmitteln versetzt und stark geschüttelt. Dadurch wandert jeweils ein Teil der in der Nährlösung enthaltenen Stoffe in das Lösungsmittel. Diese Substanzen wurden in einem hoch empfindlichen Verfahren zunächst aufgetrennt (Hochleistungsflüssigkeitschromatographie, HPLC) und dann anhand ihres Gewichtes nachgewiesen (Massenspektroskopie, MS). Zum Vergleich wurde stets auch Nährlösung ohne Rosen extrahiert. Aus dem Unterschied im Muster der Nährlösungen mit und ohne Rosen kann man erkennen, wie viele verschiedene Substanzen die Rosen während der Kulturzeit in die Lösung abgegeben haben. Mit dieser Methode werden auch bisher unbekannte Substanzen erfasst.

In den Böden der Rosenbeete konnte keine Anreicherung einzelner Mikroorganismen im Vergleich zu Kontrollflächen ohne Rosen beobachtet werden. Während einer Kulturdauer von bis zu 17 Jahren (Rosengarten Zweibrücken und Versuchsfelder von Prof. Dr. Spethmann, Leibniz-Universität, Hannover) veränderte sich die Zusammensetzung der Bakterien- oder Pilzgemeinschaften in Rosenbeeten nicht auffällig. Auch war die Besiedelung des Bodens im Wurzelraum unterschiedlicher Rosensorten und Arten sehr ähnlich. Die verwendete Methode sollte möglichst alle im Boden vorkommenden Bakterien und Pilze erfassen und ergab entsprechend komplexe Muster. Ein noch genaueres Bild der Boden-Mikroorganismen könnte mit einer Abwandlung der Methode erreicht werden, die nur bestimmte Bakteriengruppen oder Pilzgruppen erfasst.

Neben einer möglichen Anreicherung einzelner schädlicher Mikroorganismen wäre es auch denkbar gewesen, dass die Ausscheidungen der Rosenwurzeln so schädlich wären, dass sie insgesamt das Gefüge der Mikroorganismen stören, das Wachstum der meisten Arten behindern und so zu einem ungünstigen Umfeld für die Wurzeln führen würden. Nach unseren Untersuchungen ist das nicht der Fall.

Die Auswertung der chemischen Analysen ergab, dass in den Ausscheidungen

von jungen Rosen in sterilen Systemen mehrere Substanzen vorkommen, die mithilfe HPLC-MS reproduzierbar in allen Nährlösungsextrakten nachgewiesen wurden. Die Mengen der Substanzen waren bisher zu gering für eine Strukturaufklärung, das Molekulargewicht der Substanzen konnte jedoch mittels Massenspektrometrie ermittelt werden. Daher werden weiterhin Kulturen angelegt und extrahiert, um ausreichende Mengen für die Aufreinigung einzelner Substanzen zur Strukturaufklärung zu gewinnen.

Ferner wurde beobachtet, dass die sterilen Mikrostecklinge, die wir für Hydrokulturen verwenden, in Nährböden mit Aktivkohle deutlich besser wachsen als in Nährböden ohne Aktivkohle. Das deutet darauf hin, dass Rosen tatsächlich pflanzenschädigende Wurzelausscheidungen absondern. Diese werden durch Aktivkohle gebunden, womit ihre Wirkung auf Rosenstecklinge unterbleibt. Mit diesem Befund erhielt die chemische Hypothese der Rosenmüdigkeit starke Unterstützung. Welche der mittels HPLC-MS detektierten Substanzen für diese Effekte verantwortlich sind, hoffen wir zu ermitteln, indem wir die Substanzen aufreinigen und einzeln auf ihre Wirkung auf Rosenstecklinge testen werden.

Eine erfolgreiche, nachhaltige Behandlung der Rosenmüdigkeit ist nur möglich, wenn die Ursache der Krankheit bekannt ist. Sollten sich in rosenmüden Böden immer wieder bestimmte Bakterien oder charakteristische chemische Substanzen nachweisen lassen, könnten diese zunächst für die Diagnose genutzt werden. Bisher ist es nur durch aufwendige Topfversuche möglich, festzustellen, ob ein Boden von der Rosenmüdigkeit betroffen ist oder nicht. Die Bekämpfung von Bakterien im Boden ist schwierig. Eine ausgeglichene aktive Bodenflora ist vorteilhaft und der Einsatz biologischer Gegenspieler wäre denkbar. Chemische Substanzen könnten möglicherweise durch die Zugabe von Hilfsstoffen im Boden deaktiviert werden. Außerdem könnten Rosensorten gezüchtet werden, die weniger dieser Substanzen abgeben.

Fotos: **Dr. Anke Sirrenberg** (2, 3, 6), **Karlheinz Rücker** (1, 7), **Buchholz Peter** (4, 5)