

Mitteilungen und Nachrichten

Aus den Arbeitskreisen der Deutschen Phytomedizinischen Gesellschaft (DPG):

14. Jahrestagung der DPG-Projektgruppe „Mikrobielle Symbiosen“

Die Nutzung mikrobieller Symbiosen im Pflanzenbau, speziell im Gartenbau und Forst, hat in Deutschland eine über 100 Jahre währende Tradition. Dies zeigt sich insbesondere an der technologischen Entwicklung von Mykorrhizapilzpräparaten als Faktoren ganzheitlicher phytomedizinischer Pflanzenbaustrategien.

Vorzüge mykorrhizierter Pflanzen sind ihr verbessertes Wachstum unter ungünstigen Bedingungen, bessere Nährstoffausbeute, eine erhöhte Krankheits- und Stresstoleranz, d.h. die Pflanzen reagieren weniger empfindlich auf abiotische Stressfaktoren (Trockenheit, hohe Temperaturen, Kälte, Staunässe, falsche pH-Werte im Substrat). Die vegetative und generative Entwicklung der Wirtspflanzen ist beschleunigt, z.B. Stecklinge bewurzeln besser, es wird eine Wachstumsförderung, erhöhte Blütenzahl und verlängerte Blühdauer, Verminderung des Umpflanzschocks, eine schnellere Etablierung und Verringerung der Mortalität beobachtet.

Darüber hinaus ist die Anwendung mykorrhizahaltiger Bodenhilfsstoffe sowie die Mykorrhizierung von Pflanzen für die Sanierung und Gestaltung der Landschaft eingeführte Praxis. Richtlinien für den GaLa-Bau enthalten Hinweise für die Mykorrhizaanwendung ebenso wie Empfehlungen für die Produktion von forstlich genutzten Bäumen.

Doch wohin entwickelt sich die Mykorrhizaforschung in Deutschland und welche Innovationen lassen sich für die pflanzenbauliche Praxis ableiten?

Diesen Fragen stellten sich Experten aus Universitäten und Forschungseinrichtungen anlässlich der regelmäßigen Jahrestagung der Projektgruppe Mikrobielle Symbiosen, die im Jahre 2009 am Leibniz-Institut für Gemüse- und Zierpflanzenbau (IGZ) in Großbeeren, 2010 am Leibniz-Institut für Pflanzenbiochemie (IPB) in Halle tagte und im Jahre 2011 am Institut für Umweltchemie an der Leuphana-Universität in Lüneburg geplant ist.

Projektgruppenleiter: Dr. Falko FELDMANN (Braunschweig)

Die Zusammenfassungen eines Teils der Vorträge werden im Folgenden wiedergegeben.

1) Sebacinales: Basidiomyceten mit enormem Potential für die Mykorrhizaforschung und für Anwendungen im Pflanzenbau

Michael WEISS

Lehrstuhl Organismische Botanik, Auf der Morgenstelle 1, 72076 Tübingen

E-Mail: michael.weiss@uni-tuebingen.de

Als pflanzensymbiontische Pilze waren bis vor kurzem unter den Basidiomyceten lediglich Ektomykorrhizabildner sowie Mykorrhizapartner von Orchideen bekannt. Dieses Bild hat sich in den letzten Jahren, vor allem durch die Anwendung von molekularen und ultrastrukturellen Methoden, drastisch gewandelt. Inzwischen ist klar, dass Arten der neu beschriebenen Ordnung der Sebacinales an Ektomykorrhizen, Orchideen-

mykorrhizen (sowohl mit autotrophen als auch mit mixo- und heterotrophen Orchideenpartnern), an arbutoiden und ericoiden Mykorrhizen sowie an Ektendomykorrhizen mit neotropischen hemiepiphytischen Vaccinioideen (cavendishioide Mykorrhiza) und an mykorrhiza-ähnlichen Interaktionen mit Lebermoosen (jungermannioide Mykorrhiza) beteiligt sind (KOTTKE et al., 2003; SELOSSE et al., 2002, 2007; SETARO et al., 2006; URBAN et al., 2003; WEISS et al., 2004). Ein größeres Spektrum an Mykorrhizatypen ist von keiner anderen Pilzgruppe bekannt.

Dass sebacinale Pilze bisher weitgehend übersehen wurden, liegt an ihrer morphologischen Unauffälligkeit. Die Fruchtkörper vieler Vertreter überziehen krustenförmig den Erdboden, morsches Holz, Streu oder Moose oder bilden gar keine makroskopisch sichtbaren Fruchtkörper. Die Sebacinales umfassen viele kryptische Arten, ihre außerordentlich hohe Biodiversität zeigt sich erst in molekularen Analysen. Phylogenetisch bilden die Sebacinales zwei Teilgruppen, auf die sich die Mykorrhizatypen in charakteristischer Weise verteilen (WEISS et al., 2004). So sind etwa Ektomykorrhizabildner und fruchtkörperbildende Arten nur aus der Gruppe A bekannt; in ericoiden Mykorrhizen wurden bisher nur Vertreter der Gruppe B nachgewiesen (SELOSSE et al., 2007).

Zunehmend Beachtung finden experimentelle Studien über den sebacinalen Modellstamm *Piriformospora indica* und verwandte Arten aus dem *Sebacina-vermifera*-Komplex, die in der Lage sind, mit einem breiten Spektrum an Pflanzenarten wurzelendophytisch zu interagieren. Die Liste der experimentell getesteten Wirtspflanzen umfasst auch Nutzpflanzen (z.B. Gerste, Tomate) oder den bisher als mykorrhizaloz geltenden Modellorganismus *Arabidopsis thaliana* (FAKHRO et al., 2010; OELMÜLLER et al., 2009). Bei den Wirten wurden dadurch systemisch sowohl das Wachstum und der Ertrag gesteigert als auch Resistenzen gegen phytopathogene Pilze und abiotischen Stress induziert (DESHMUKH et al., 2006); auch eine intensivere Bewurzelung von Stecklingen nach einer Inokulation mit sebacinalen Pilzen wurde berichtet (DRUEGE et al., 2007). Neueste Daten weisen darauf hin, dass sebacinale Endophyten in natürlichen Ökosystemen weltweit verbreitet und häufig sind (WEISS et al., *in rev.*). Bei ihrer endophytischen Interaktion scheint Apoptose (der programmierte Zelltod) von Wurzelrindenzellen der Wirtspflanze eine wichtige Rolle zu spielen (DESHMUKH et al., 2006). Da sich die bisher untersuchten sebacinalen Stämme – im Unterschied etwa zu den arbuskuläre Mykorrhizen bildenden Glomeromyceten – leicht in Reinkultur erhalten und vermehren lassen, sind die Sebacinales ein ideales Modell für die Grundlagenforschung zu symbiontischen Pilz-Pflanze-Beziehungen sowie eine vielversprechende Pilzgruppe für Anwendungen im nachhaltigen Pflanzenbau.

Literatur

- DESHMUKH, S., R. HÜCKELHOVEN, P. SCHÄFER, J. IMANI, M. SHARMA, M. WEISS, F. WALLER, K.-H. KOGEL, 2006: The root endophytic fungus *Piriformospora indica* requires host cell death for proliferation during mutualistic symbiosis with barley. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the USA* **103**, 18450-18457.
- DRUEGE, U., H. BALTRUSCHAT, P. FRANKEN, 2007: *Piriformospora indica* promotes adventitious root formation in cuttings. *Scientia Horticulturae* **112**, 422-426.
- FAKHRO, A., D.R. ANDRADE-LINARES, S. VON BARGEN, M. BANDTE, C. BÜTTNER, D. SCHWARZ, P. FRANKEN, 2010: Impact of *Piriformospora indica* on tomato growth and on interaction with fungal and viral pathogens. *Mycorrhiza* **20**, 191-200.
- KOTTKE, I., A. BEITER, M. WEISS, I. HAUG, F. OBERWINKLER, M. NEBEL, 2003: Heterobasidiomycetes form symbiotic associations with

- hepatics: Jungermanniales have sebacinoïd mycobionts while *Aneura pinguis* (Metzgeriales) is associated with a *Tulasnella* species. *Mycological Research* **107**, 957-968.
- OELMÜLLER, R., I. SHERAMETI, S. TRIPATHI, A. VARMA, 2009: *Piri-formospora indica*, a cultivable root endophyte with multiple biotechnological applications. *Symbiosis* **49**, 1-17.
- SELOSSE, M.-A., S. SETARO, F. GLATARD, F. RICHARD, C. URCELAY, M. WEISS, 2007: Sebacinale are common mycorrhizal associates of Ericaceae. *New Phytologist* **174**, 864-878.
- SELOSSE, M.-A., M. WEISS, J.-L. JANY, A. TILLIER, 2002: Communities and populations of sebacinoïd basidiomycetes associated with the achlorophyllous orchid *Neottia nidus-avis* (L.) L.C.M. Rich. and neighbouring tree ectomycorrhizae. *Molecular Ecology* **11**, 1831-1844.
- SETARO, S., M. WEISS, F. OBERWINKLER, I. KOTTKE, 2006: Sebacinale form ectendomycorrhizas with *Cavendishia nobilis*, a member of the Andean clade of Ericaceae, in the mountain rain forest of southern Ecuador. *New Phytologist* **169**, 355-365.
- URBAN, A., M. WEISS, R. BAUER, 2003: Ectomycorrhizae involving sebacinoïd mycobionts. *Mycological Research* **107**, 3-14.
- WEISS, M., M.-A. SELOSSE, K.-H. REXER, A. URBAN, F. OBERWINKLER, 2004: Sebacinale: a hitherto overlooked cosm of heterobasidiomycetes with a broad mycorrhizal potential. *Mycological Research* **108**, 1003-1010.
- WEISS, M., Z. SÝKOROVÁ, S. GARNICA, K. RIESS, F. MARTOS, C. KRAUSE, F. OBERWINKLER, R. BAUER, D. REDECKER, in rev.: Sebacinale everywhere: previously overlooked ubiquitous fungal endophytes. *PLoS One* **6**(2) e16793 doi: 10.1371/journal.pone.0016793.

2) Erfahrungen aus der praktischen Anwendung von AM in Verbindung mit Bodenhilfsstoffen und Düngemitteln

Dieter HENZLER

Bahnhofstr. 168; 70736 Fellbach

E-Mail: dieter.henzler@mack.bio-agrar.de

Durch eine intensive, rund fünfundzwanzigjährige Forschung ist es uns gelungen, das Milieu im Boden so aufzubauen und zu steuern, dass sich die Arbuskuläre Mykorrhiza (AM) optimal entwickeln kann. Auch unter schwierigen Bedingungen kann durch die Unterstützung und Ernährung mit unseren Produkten (spezielle flüssige und gekörnte aktive Mikronährstoffe sowie Homöopathie) der Aufbau eines gesunden Milieus sicher erfolgen. Es werden auch Bakterien gefördert, die sich teilweise durch Ihre Ausscheidungen aktiv an der Ernährung der AM beteiligen.

In der Praxis kann man deutlich erkennen, dass bodenbürtige Krankheiten bei frühzeitigem, vorbeugendem Einsatz stark verdrängt werden. Die Ernährung der Pflanzen und die Widerstandskraft gegenüber Schaderregern verbessern sich wesentlich.

Bei der Anwendung in Baumschulen, bei Stadtbäumen, Obst und Beerenobst, Zierpflanzen, Gemüse bis zu landwirtschaftlichen Sonderkulturen konnten über Jahre ähnliche gute Ergebnisse erzielt werden. Wertvolle Pflanzensammlungen in Botanischen Gärten und Parks in ganz Europa werden inzwischen so regeneriert und gesund weiterkultiviert.

Die Nachfrage nach dem kompletten System steigt jedes Jahr kräftig an. Eine große Rolle spielt dabei auch die organische Düngung, die in der Kombination mit AM und Pflanzenstärkung um 30–50% reduziert werden kann. Die nachhaltige Fruchtbarkeit der Böden wird deutlich verbessert und die Nährstoffauswaschungen in die Umwelt verringert.

Wir stellen den Kulturpflanzen die geeigneten AMP zur Verfügung damit sie, auch wenn sie nicht grundsätzlich mykorrhizieren, im Bedarfsfall (Mangel) darauf zurückgreifen können. Dadurch erhöhen wir die Kultursicherheit in den Betrieben. In der Praxis hat sich unser System mit dieser speziellen, veränderten Düngung schon bestens bewährt und wird von immer mehr Gartenbaubetrieben angewendet.

Durch unsere Entwicklung von Zuschlagstoffen und speziellen, für ein optimales Milieu verantwortlichen Nährstoffen, können wir bei der AM eine verbesserte, stärkere und schnellere Anwuchsphase erreichen.

Durch die gleichzeitige direkte Stärkung und Ernährung der Pflanze kann diese den zur Besiedelung mit Mykorrhiza notwendigen energetischen Aufwand ausgleichen. Die Pflanze wird gut besiedelt und wächst in der Regel ohne Verzögerung weiter.

Wichtig sind natürlich in dieser Phase Faktoren wie Düngung, pH-Werte, Wasser und Licht die nicht immer beeinflusst werden können. Bei Kübelpflanzen, Dachgärten und Dachbegrünungen bringen wir die Mykorrhiza und die Nährstoffe jedes Jahr aufs Neue aus.

Wir haben mit dieser Art der Pflanzenpflege über 10 Jahre lang die besten Erfahrungen gemacht und konnten feststellen, dass die Kosten gegenüber konventioneller Düngung sogar deutlich günstiger wurden.

Schon 2005 haben Manjula GOVINDARAJULU und Kollegen von der New Mexico State University in Las Cruces sehr interessante Details über den Nährstofftransport und die Stickstoffweitergabe der Mykorrhiza an die Wurzeln erforscht. Pilze, deren Myzel sowohl um die Pflanzenwurzel herum als auch in die Wurzelrinde hineinwachsen, geben den Stickstoff in einem zweistufigen Prozess an die Pflanzen ab. Sie nehmen den Stickstoff als Nitrat aus dem Boden auf, reduzieren ihn und bauen ihn in die Aminosäure Arginin ein. Das Arginin wird dann quer durch das Pilzgeflecht zu den in und um die Wurzelrinde gelegenen Pilzmyzel transportiert, wo die Pflanzen- und Pilzzellen in engem Kontakt stehen. Dort lösen die Pilze den Stickstoff wieder aus dem Arginin heraus und geben ihn an den Symbiosepartner ab, der ihn als Ammoniumion über einen speziellen Träger aufnimmt. Der Kohlenstoffanteil des Arginins wird von dem Pilz weiter verwertet. Bemerkenswert ist die räumliche Trennung der beiden Reaktionen. Sie äußert sich in einer unterschiedlichen Enzymausstattung. Im Umgebungsgeflecht werden die Enzyme für die Nitratreduktion und die Argininsynthese gebildet. Im Wurzelgeflecht indessen finden sich die Enzyme für den Abbau des Arginins, sie ähneln jenen, mit denen auch Tierzellen Proteine abbauen. Weiterhin ist bemerkenswert, dass der reduzierte Stickstoff zwar in Form von Arginin transportiert, aber nicht in dieser Form von den Pflanzen aufgenommen wird. Der Pilz behält das Kohlenstoffgerüst zurück und gibt nur den reduzierten Stickstoff an die Pflanze ab.

Der Einsatz von arbuskulärer Mykorrhiza wird schon alleine durch diesen Zusatzeffekt sinnvoll und wirtschaftlich. Es wurde in zahlreichen Versuchen festgestellt, dass die Mykorrhiza den Nitratstickstoff im Boden bindet und zur Pflanzenwurzel transportiert. Die Pflanzen haben dadurch deutlich kräftigere Zellwände und entsprechend weniger Probleme mit Schadpilz- und Insektenbefall. Das Pflanzenwachstum wird mehr „Wurzeldominant“ und dadurch unempfindlicher. Das System der Ammoniumbetonten Punktdüngung (auch als Cultantverfahren bekannt) ist eine gute und kostengünstige Lösung für den Land- und Gartenbau. In der konventionellen Landwirtschaft wird dieses Verfahren bereits großflächig angewendet.

3) Isolation und Charakterisierung von Mykorrhiza-Pilzen terrestrischer Orchideen

Anne-Mareen EISOLD, Christina LANGE, Simone BRENDL, Kurt ZOGLAUER
AG Botanik & Arboretum, Institut für Biologie, Humboldt-Universität
zu Berlin, Invalidenstraße 42, 10115 Berlin
E-Mail: anne-mareen.eisold@hu-berlin.de

Die Familie der Orchidaceae ist mit ca. 30 000 Arten von der tropischen bis zur boreal arktischen Klimazone beheimatet. Für die Keimung sind die endospermfreien Samen auf die Infektion mit Mykorrhizapilzen angewiesen. Die nach der Keimung entstehenden Protokorme sind obligat mykoheterotroph und weisen typischerweise eine enge Spezifität zu den Mykorrhizapartnern auf (McKENNDRICK et al., 2000). Für die Propagation sowohl epiphytischer als auch terrestrischer Orchideenarten ist die Kultivierung und Vermehrung *in vitro* in der gärtnerischen Praxis bereits fest etabliert. Die Verwendung spezieller kohlehydratreicher Basismedien ermöglicht die asymbiotische Keimung der Samen (z.B. VAN WAES und DEBERGH, 1986; LORENZEN, 1993). Da diese Methode nicht für jede gärtnerisch interessante Art gleichermaßen erfolgreich ist, steht die symbiotische Keimung von Orchideen weiterhin im Fokus des gartenbaulichen Interesses. Voraussetzung dafür ist der Einsatz der für die jeweilige Orchideenart spezifischen Mykorrhizapartner. Um die symbiotische Keimung für *Cypripedium calceolus*, *C. reginae*, *Dactylorhiza maculata*, *D. ochroleuca*, *D. incarnata* ssp. *pulchella* und *Gymnadenia conopsea* zu etablieren, wurden aus Wurzeln von Orchideen der Gattung *Dactylorhiza* von natürlichen sowie Gartenstandorten 26 potentielle Mykorrhizapilze isoliert. Nach makroskopischer und mikroskopischer Bonitur wurden die Isolate in Keimungs- und Inokulationsversuchen auf ihr tatsächliches Mykorrhizierungsvermögen untersucht. Die Samen von *Dactylorhiza maculata* keimten mit zehn Isolaten als Mykorrhizapartner, während die anderen Kombinationen von Orchideensamen und potentiellen Mykorrhizapilz keine Keimungserfolge zeigten. Die Quantität der gekeimten Samen von *D. maculata* variierte in Abhängigkeit der eingesetzten Pilzisolat, wobei mit sieben Isolaten gute bis sehr gute Keimungsergebnisse erzielt wurden, das heißt der Keimungsprozentsatz war vergleichbar mit der jeweiligen asymbiotisch gekeimten Kontrollgruppe. Im Vergleich zur asymbiotischen Keimung konnte die Entwicklungsdauer bis zum Erreichen des Protokormstadiums von zwölf auf vier Wochen deutlich reduziert werden. Asymbiotisch gekeimte Protokorme von *D. maculata*, welche mit den Pilzisolaten inokuliert und weiter kultiviert wurden, zeigten ebenfalls eine isolatspezifische Entwicklung. Während besonders das Isolat Nr. 13 Wachstum und Differenzierung der juvenilen *D. maculata* förderte, bewirkten andere Isolate ein vorzeitiges Absterben der Protokorme.

Die Sequenzanalyse auf der Grundlage der ITS-PCR und der anschließende Abgleich mit in der NCBI-Datenbank hinterlegten pilzlichen Sequenzen ergab für drei Isolate (Nr. 13, 22, 26) sehr hohe Übereinstimmungen mit den als Orchideen-Mykorrhiza bekannten Pilzgattungen *Ceratobasidium*, *Tulasnella*, *Thanatephorus* und *Rhizoctonia*. Neben dem experimentellen Nachweis bestätigten auch die molekularbiologischen Daten die Eignung dieser Isolate als Mykorrhizapartner für *D. maculata*.

Literatur

- LORENZEN, W., 1993: Nährmedium für *Cypripedium*. (S. 30) in KOHLS, G., U. KÄHLER: Orchideen im Garten. Berlin und Hamburg, Verlag Paul Parey.
McKENNDRICK, S.L., J.R. LEAKE, D.L. TAYLOR, D.J. READ, 2000: Symbiotic germination and development of myco-hetero-

trophic plants in nature: ontogeny of *Corallorhiza trifida* and characterization of its mycorrhizal fungi. *New Phytologist* **145**, 523-537.

VAN WAES, J., P.C. DEBERGH, 1986: *In vitro* germination of some Western European orchids. *Physiologia Plantarum* **67**, 253-261.

4) Frühe transkriptionelle Veränderungen in *Medicago truncatula*-Wurzeln als Reaktion auf diffusiblen Glomus Faktoren

Natalija HOHNJEČ¹, Frauke LENZ¹, Jörg D. BECKER², Helge KÜSTER¹

¹ Institute for Plant Genetics, Unit IV-Plant Genomics, Leibniz Universität Hannover, Germany

² Affymetrix Core Facility, Instituto Gulbenkian de Ciência, Lisbon, Portugal

E-Mail: natalija@genetik.uni-hannover.de

The arbuscular mycorrhiza (AM) symbiosis between higher plants and *Glomeromycota* fungi is one of the most widely studied beneficial plant-microbe interactions. Since marker genes identified so far are connected to later stages of the symbiosis, e.g. arbuscule formation, access to more components of early AM signaling would strengthen our understanding how both partners initiate contact and which genes are important regulators of this process. We thus profiled the transcriptional changes of roots responding to fungal exudates (Myc-signals) and fungal spores in A17 and DMI3 plants 6 h and 24 h post application. Based on the responses, we identified genes possibly related to early symbiotic signaling, acting either upstream or downstream of DMI3. Genes that were found to be induced in both lines might be related to very early AM signaling, but could also reflect general differences in root development. By contrast, genes induced in A17 roots but not in the DMI3 mutant can be regarded as *DMI3*-dependent candidates, being likely associated with symbiotic signaling. A substantial fraction of these genes are important for membrane transport, cell wall biosynthesis, and plant defence. Apart from this, we found an activation of genes involved in hormone and calcium signaling, signal transduction, as well as genes encoding transcription factors (TF), including two GRAS and several AP2/ERF TFs. Three co-induced and eight *DMI3*-dependent genes were selected for the construction of reporter gene fusions to develop histological markers suitable for testing the Myc-signal activity of fungal exudates.

5) Transcriptional control of cellular reprogramming during the symbiotic interaction of *Medicago truncatula* with arbuscular mycorrhizal fungi

Claudia HOGEKAMP¹, Natalija HOHNJEČ¹, Jörg D. BECKER², Helge KÜSTER¹

¹ Institute for Plant Genetics, Unit IV-Plant Genomics, Leibniz Universität Hannover, Germany

² Affymetrix Core Facility, Instituto Gulbenkian de Ciência, Lisbon, Portugal

E-Mail: claudia.hogekamp@genetik.uni-hannover.de

Medicago truncatula is one of the most important model-plants for the investigation of root endosymbioses with soil microbes. One of these symbioses is the arbuscular mycorrhiza (AM) with beneficial fungi, enhancing the phosphate supply of the plant.

To establish a functional symbiosis, comprehensive changes in the transcriptional program of the root cells hosting fungal

structures are necessary. To date, investigations in this field have been limited by the asynchronous development of the symbiosis, leading to the presence of different developmental stages in the host root at a given timepoint and a lack of resolution, which has been restricted to whole root material.

To overcome these problems, we perform laser-capture-microdissection (LCM) of specific cell types in mycorrhized roots, using a PALM Microbeam (Zeiss). This technology provides the possibility to excise intact cells from complex tissues, so that homogenous cell pools for downstream analysis can be obtained.

Our goal is to isolate single cells or cell layers housing only one defined developmental stage of the AM fungus and to map the transcriptome of these, using *Medicago* GeneChips. The results should widen the knowledge about already known symbiosis genes, by providing information about the exact timepoint and place of activation, and will probably also lead to the identification of novel genes, which could not be detected in older approaches due to the lack of cellular resolution.

Finally, the function of selected genes in the AM symbiosis will be investigated. To this end, we use a RNAinterference (RNAi)-approach in *Agrobacterium*-derived hairy roots of *Medicago truncatula*. The knock-down-level of the candidate genes is assessed by real-time RT-PCR and the performance of AM in transgenic roots is investigated using histological methods and real-time RT-PCR. The ultimate goal is to identify plant genes essential for the different developmental checkpoints of AM symbiosis.

6) Transcriptional and functional analysis of plant genes during the symbiotic interaction of the model legume *Medicago truncatula* with arbuscular mycorrhizal fungi

Lisa F. CZAJA¹, Natalija HOHNJEČ¹, Raffaella BALESTRINI², Paola BONFANTE², Vivienne GIANINAZZI-PEARSON³, Million TADEGE⁴, Colby G. STARKER⁵, Jörg D. BECKER⁶, Helge KÜSTER¹

¹ Institute for Plant Genetics, Unit IV-Plant Genomics, Leibniz Universität Hannover, Hannover, Germany

² Istituto Protezione Piante, sez. di Torino – CNR and Dipartimento Biologia Vegetale – Università di Torino, Torino, Italy

³ UMR INRA/CNRS/Université de Bourgogne Plante-Microbe-Environnement, Dijon, France

⁴ Plant Biology Division, The Samuel Roberts Noble Foundation, Ardmore, USA

⁵ Department of Plant Biology, University of Minnesota, Saint Paul, USA

⁶ Affymetrix Core Facility, Instituto Gulbenkian de Ciência, Lisbon, Portugal

E-Mail: Lisa.Czaja@genetik.uni-hannover.de

Arbuscular mycorrhiza (AM) is a widespread symbiotic association between plants and fungi. AM fungi supply their symbiotic partner with nutrients and water from the soil, while they receive photosynthates from the plant in return. The successful establishment of AM requires mutual signaling of both symbiotic partners. Compared to the root nodule symbiosis, knowledge of the molecular basis of this signaling pathway is still limited. Thus, we are interested in uncovering plant genes involved in early symbiotic signaling.

To this end, candidate genes have been identified via extensive data mining of 72 *Medicago* GeneChip hybridizations covering (1) comparisons of different wild type plants with mutants impaired in early symbiotic signaling, (2) wild type plants inoculated with different AM fungi, and (3) wild type

plants inoculated with diffusible microbial signals; obtained in the frame of the TRUNCATULIX project. Candidate genes were selected according to their expression characteristics from the GeneChip experiments mentioned above, their expression profiles from the *Medicago truncatula* Gene Expression Atlas (MtGEA) and their annotation. Concerning the last point, we had a special focus on genes annotated as transcription factors and annotated as being involved in calcium signaling, since calcium signaling seems to play an important role in the closely related signaling pathway of the root nodule symbiosis.

To functionally characterize those candidate genes we currently design RNAi-constructs to determine whether the knock down of these genes has an impact on formation of AM symbiosis between *Medicago truncatula* and the arbuscular mycorrhizal fungus *Glomus intraradices*; and study the phenotype of Tnt1 mutants in the genes concerned. In addition, promoter studies for selected candidate genes are planned to uncover novel expression markers that can be used to study microbial infection and plant responses to signals from AM fungi.

7) Ist *Piriformospora indica* eine Alternative zur arbuskulären Mykorrhiza?

Philipp FRANKEN

IGZ, Theodor-Echtermeyer-Weg 1, 14979 Großbeeren

E-Mail: franken@igzev.de

Neben den arbuskulären Mykorrhiza (AM) Pilzen gibt es eine Vielzahl anderer pilzlicher Organismen, die sich in der Wurzel tummeln. Einer davon ist der Basidiomycet *Piriformospora indica*. Er besiedelt die Wurzeln aller bisher untersuchten Pflanzen und zeigt bei vielen von ihnen erstaunliche Wachstumseffekte. Gemeinsame Untersuchungen mit der Arbeitsgruppe von Professor Karl-Heinz KOGEL an der Universität Gießen haben ergeben, dass *P. indica* bei Gerstenpflanzen den Ertrag deutlich steigern und gleichzeitig die Pflanze schützen kann. Im Gegensatz zu den AM-Pilzen induziert er Resistenzen aber nicht nur gegen Wurzelpathogene, sondern auch gegen die Blattkrankheit 'Echter Mehltau'. Dabei scheint keiner der bisher bekannten Signaltransduktionswege eine Rolle zu spielen. Stattdessen konnte eine Erhöhung verschiedener Antioxidantien beobachtet werden, die die Pflanze gegen das Pathogen schützen. Die Besiedelung der Wurzeln erfolgt nach einem gänzlich anderen Prinzip als bei den AM Pilzen. *P. indica* scheint den programmierten Zelltod der Wurzelzellen zu induzieren und so findet man ihn nur in toten Pflanzenzellen. Deshalb ist es nicht verwunderlich, dass man bei einer zu hohen Inokulationsdosierung auch negative Effekte erreichen kann. Am IGZ untersuchen wir nun, wie dieser Pilz im modernen Anbau von Tomaten eingesetzt werden kann.

Literatur

FAKHRO, A., D.R. ANDRADE-LINARES, S. VON BARGEN, M. BANDTE, C. BÜTTNER, R. GROSCH, D. SCHWARZ, P. FRANKEN, 2010: Impact of *Piriformospora indica* on tomato growth and on interaction with fungal and viral pathogens. *Mycorrhiza* **20**, 191-200.

WALLER, F., B. ACHATZ, H. BALTRUSCHAT, J. FODOR, K. BECKER, M. FISCHER, T. HEIER, R. HÜCKELHOVEN, C. NEUMANN, D. VON WETTSTEIN, P. FRANKEN, K.-H. KOGEL, 2005: The endophytic fungus *Piriformospora indica* reprograms barley to salt-stress tolerance, disease resistance, and higher yield. *PNAS* **102**, 13386-13391.

8) Mykorrhizanutzung im urbanen Grün

Hartmut BALDER

Beuth Hochschule für Technik Berlin, Luxemburger Str. 10, 13353 Berlin
E-Mail: balder@beuth-hochschule.de

Die Mykorrhiza ist für viele Gehölze essentiell und in Hinblick auf die Gehölzverwendung im urbanen Bereich im Focus aktueller Betrachtungen. Dabei werden Pflanzenproduktion und Anforderungen an die spätere Verwendung wenig verknüpft zu einem sich aufbauenden Qualitätsmanagement. Er erscheint ein Screening erforderlich, um Herkünfte und Spezies mit definierten Eigenschaften zu finden, die erfolgreich in der Anzuchtphase an Gehölzen etabliert werden können und am späteren Standort den Gehölzen helfen, urbane Stressfaktoren zu ertragen.

9) Mykorrhiza in Substraten

Ingrid WEISSEHORN

Servaplant BV, Kamperfolieweg 17, 9753 ER Haren, Niederlande
E-Mail: iw@servaplant.nl

Gärtnerische Kultursubstrate sind im Allgemeinen frei von Mykorrhizapilzen. Obwohl zahlreiche Nutzeffekte einer Impfung von Substraten mit Mykorrhizapilzen für die gärtnerische Produktion nachgewiesen wurden, hat dies bisher kaum Eingang in die Praxis gefunden. Als größtes Hindernis für die kommerzielle Nutzung werden die mangelnde Vorhersagbarkeit der Symbiosewirkung und die schlechte Reproduzierbarkeit des Nutzeffektes angeführt. Ein effektives Zusammenspiel zwischen Pflanze und Pilz wird nicht nur durch spezifische Eigenschaften der Symbiosepartner bestimmt, sondern auch durch die Kulturbedingungen. Reine Torfsubstrate sind z.B. weniger kompatibel mit Mykorrhiza als Einheitserden mit einem gewissen Tonerdeanteil und damit höherer Pufferkapazität für Nährstoffe. Neben der Wahl eines passenden Pilz-Inokulums von gleichbleibender Qualität und einer adäquaten Dosierung müssen also oft auch die jeweiligen Kulturbedingungen angepasst werden. Die Bereitschaft hierzu bzw. die kommerzielle Machbarkeit findet sich vor allem bei der Entwicklung nachhaltiger Produktionsweisen und für die Lösung spezifischer Kulturprobleme wie z.B. hohe Ausfallraten in der Akklimatisierung von *in vitro* vermehrten Pflanzen. Geeignete Kombinationen von Mykorrhiza und anderen natürlichen Pflanzenstärkungs- und Bodenverbesserungsmitteln könnten in Zukunft die Wirkungssicherheit von „lebenden Substraten“ erhöhen.

10) Einsatz ericoider Mykorrhizapilze im Gartenbau

Matthias DÖRING

INOQ GmbH, Solkau 2, 29465 Schnega
E-Mail: info@inoq.de

Ein Kooperationsprojekt zwischen der INOQ GmbH und der Leibniz-Universität Hannover über den Einsatz von ericoiden Mykorrhizapilzen wird seit Februar 2010 für 3 Jahre vom Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie finanziell gefördert. Hierbei steht die Entwicklung eines marktfähigen ericoiden Mykorrhizapilzinokulums im Vordergrund.

Hintergrund des Projektes: Es ist kaum Inokulum von ericoiden Mykorrhizapilzen auf dem europäischen Markt. *Phytophthora*-Erkrankungen an Sorten von *Calluna vulgaris* und *Rhododendron* machen den Einsatz von Bioinokula nötig. Des weite-

ren stellt der norddeutsche Raum einen guten Absatzmarkt für dieses Inokulum dar.

Folgende Arbeitspakete beinhaltet das Projekt: In der INOQ GmbH erfolgt die Inokulumproduktion steril in flüssigen und auf festen Nährmedien und unsteril in Torfsubstrat. Die sterile Produktion wird auch mit dem „temporary immersion system“ erstmalig durchgeführt. In einem zweiten Schritt werden *Calluna*-Pflanzen unter praxisnahen Bedingungen mit verschiedenen Düngerregimen und Trockenstressvarianten mit ausgewähltem Inokulum, das zuvor formuliert worden ist, beimpft und Parameter wie Sproß- und Wurzelfrischgewicht und Wüchsigkeit bestimmt. Außerdem werden Versuche mit Fungiziden und den ericoiden Mykorrhizapilzisolaten angesetzt.

Die AG von Dr. VON ALTEN an der Leibniz-Universität reaktiviert verschiedene ericoide Mykorrhizapilzisolat an bewurzelten Stecklingen von *Calluna vulgaris* cv. 'Juliane' und führt anschließend ein Verpilzungsscreening durch. Es folgt ein Screening der ericoiden Mykorrhizapilze auf das Schutzpotenzial gegenüber bodenbürtigen Krankheiten (*Phytophthora*-Arten). Eine Methode zur Quantifizierung der ericoiden Mykorrhizapilze in den Wurzeln wird weiterentwickelt und Qualitätskontrollen des produzierten Inokulums von INOQ durchgeführt.

Bisherige Ergebnisse des Projektes, Bereich INOQ GmbH: Bei der Auswahl eines geeigneten Vermehrungsnährmediums ist das Saboraud-Medium brauchbar. Zusätze wie Huminsäuren erhöhen die Pilzmyzelmasse bei einigen Isolaten zusätzlich. Als Trägermaterial für die Formulierung ist Perlite geeignet.

11) Universitäre Wissenschaft und praktische Umsetzung der Mykorrhizatechnologie: eine Symbiose?

Carolyn SCHNEIDER¹, Imke HUTTER², Falko FELDMANN³

¹ Institut für Pflanzenkultur e.K, Solkau 2, 29465 Schnega

² Inoq GmbH, Solkau 2, 29465 Schnega

³ Julius Kühn-Institut, Messeweg 11-12, 38104 Braunschweig

E-Mail: schneider@pflanzenkultur.de

Voraussetzung für den weiteren Erfolg der praktischen Anwendung von Mykorrhizaprodukten MP (Ericoide Mykorrhizapilze ErMP, Ektomykorrhizapilze EMP, Arbuskuläre Mykorrhizapilze AMP) ist die Lösung folgender Fragestellungen in der Zukunft:

Bei der Anwendung von MP unter vergleichbaren Bedingungen müssen wiederholbare und damit vorhersagbare und garantierbare Ergebnisse erzielbar sein. Die Zuverlässigkeit von Besiedelung und Effekt ist immer noch von weiteren, bisher nicht bekannten und/oder nicht kontrollierbaren Faktoren abhängig.

Zur Qualitätskontrolle von MP wird eine schnelle (Ergebnisse innerhalb von 24 Stunden), sichere und kostengünstige Methode gebraucht.

Ein Gütesiegel, bzw. Mindeststandards von „gutem“ Inokulum verschiedener Hersteller auf der Grundlage von festgelegten und veröffentlichten Methoden würde auch dem nicht vorgebildeten Anwender eine schnelle Vergleichbarkeit ermöglichen.

Für den universellen Einsatz von MP besonders im Produktionsgartenbau, wären flüssig auszubringende Formulierungen wichtig. Die trägermaterialgebundenen Produkte der unsterilen Produktionsweise sind im besten Fall suspensierbar.

Trotz erkennbarer Bemühungen liegen noch zu wenig anwendungsbezogene, aber mit wissenschaftlichen Maßstäben gewonnene Ergebnisse zur Praxisbedingungen von MP an verschiedenen Pflanzenarten vor.

Harmonisierte Zulassungsbedingungen in Ländern der Europäischen Gemeinschaft sowie transparente Informationen über die zuständigen Stellen in den einzelnen Ländern würden den Export erleichtern.

Es sollte beachtet werden, dass die Zulassungsbedingungen für Produkte mit ausländischen Mikroorganismen (z.B. *Piriformospora indica*) in Deutschland zurzeit vorsehen, dass in jedem Bundesland eine Zulassung vom Anwender beantragt werden muss.

Mykorrhizaprodukte, die mit transformierten Karottenkulturen gewonnen werden, enthalten evtl. gentechnisch veränderte Pflanzenzellen. Diese Produkte drängen verstärkt auf den deutschen Markt. Mykorrhizaprodukte sind jedoch teilweise im ökologischen Landbau zugelassen und werden als natürliche Pflanzenstärkung angesehen, dadurch können sich Akzeptanzprobleme der Verbraucher ergeben.

12) MykoSAT – Rural development in Semi Arid Tropics driven by Mycorrhiza

Carsten Witt

Obermenzinger Gymnasium, Freseniusstr. 47, 81247 München
E-Mail: carsten.witt@obermenzinger.de

Mycorrhiza – Miracle of fertile soils is the title of the project successfully completed by the Obermenzinger Gymnasium, Munich, in the context of the 14th FOCUS Schuelerwettbewerb, a school competition sponsored by FOCUS magazine. With support from the Biology Department and the GeoBio-Center – Organic Biology: Mycology of the Ludwig-Maximilians-University of Munich the Obermenzinger students demonstrated that inoculation of radix with spores of soil fungi stimulates the growth of plants, even if they are stressed due to a lack of water or minerals.

The jury of the FOCUS competition awarded the project with the specific award in the category Feeding & Sustainability and 4th place among the total of 140 participating teams. The sponsor of the specific award is BIONADE GmbH Ostheim/Rhoen. More information is available at www.mykorrhiza-europe.eu.

MykoSAT is a non-profit, non-political organization, which is open to individuals, schools, research institutes, business entities and organizations. It will be incorporated as a foundation.

The knowledge gained about mycorrhiza is to be applied under real conditions. MykoSAT intends to cooperate with international organizations, which already are engaged in countries of the semi arid tropics. Covering 6.5 million square kilometers of land in 55 countries, the semi-arid tropics has a population of over 2 billion, 644 million of whom are among the poorest of the poor. MykoSAT and its partners strive to empower these people to overcome poverty, hunger and a degraded environment through better agriculture.

Rural communities (village, small town, district) in semi arid tropics areas will be chosen as cooperation partners. The precondition for starting a cooperation with MykoSAT is a Memorandum of Understanding (MoU), which fixes the will to cooperate in good faith, provides for the formation of a co-operative, the establishment of a school, the development of local agricultural projects driven by mycorrhiza (starting with planting of hedges of *Jatropha curcas* as protection against cattle, wind and erosion as a source of energy crop), and procurement of renewable energy systems.

A stand-alone status for each rural community is a target of the MykoSAT projects. The level of financial investment is to be

kept as low as possible. An individual business plan in combination with a feasibility study will determine necessary equipment, materials and preparations. MykoSAT's main focus is on the cultivation of intellectual property and partnerships. MykoSAT will attempt to find sponsors. Income and expenditures should be balanced within three years of planting *Jatropha* hedges. Over the long run, the co-operative has to generate an income for itself and its members. The profits of the cooperative itself are intended for investments in widening the undertaking.

Spezifische Effekte arbuskulärer Mykorrhizapilze auf pflanzliche Interaktionen¹

In den vergangenen Jahren haben sich verschiedene wissenschaftliche Studien mit dem Einfluss arbuskulärer Mykorrhizapilze (AMF) auf Einzelpflanzen und ihren direkten Interaktionen mit Herbivoren oder Parasiten beschäftigt (z.B. GANGE et al., 1999; SANDERS et al., 1993). Die Effekte von AMF auf die Interaktionen innerhalb von Pflanzengemeinschaften oder auf komplexere Nahrungsketten sind jedoch selten betrachtet worden. In zwei Gewächshausexperimenten haben wir den Einfluss von AMF auf die Interaktionen zwischen Pflanzen, Blattläusen und deren Parasitoiden (Experiment 1, HEMPEL et al., 2009) bzw. auf die Interaktionen zwischen Pflanzengemeinschaften und parasitischen Pflanzen (Experiment 2, STEIN et al., 2009) untersucht. In beiden Experimenten zeigte sich eine große Bandbreite der AMF Effekte in Abhängigkeit von der Identität der pilzlichen und der pflanzlichen Partner.

Das Experiment 1 umfasste vier trophische Stufen: die AMF Isolate *Glomus intraradices* bzw. *G. mosseae*, den Wiesenfuchschwanz (*Phleum pratense*), die Haferlaus (*Rhopalosiphum padi*) und eine die Blattläuse parasitierende Schlupfwespenart (*Aphidius rhopalosiphi*). Die Pflanzen wurden einzeln mit den AMF Isolaten inokuliert, zusätzlich gab es eine nicht inokulierte Kontrolle. Im Verlauf des Experiments wurden auf ein Drittel der Pflanzen Blattläuse gesetzt und auf ein weiteres Drittel Blattläuse und Schlupfwespen. Dieses faktorielle Design erlaubte es uns, die Effekte der AMF auf die einzelnen trophischen Ebenen zu analysieren.

Die Inokulation mit AMF bewirkte generell eine signifikante Erhöhung der Pflanzenbiomasse und eine signifikante Verringerung der Blattlauszahlen (Abb. 1). Zusätzlich wurde bei den mit *G. mosseae* inokulierten Pflanzen im Gegensatz zum restlichen Experiment die pflanzliche Biomasse nicht durch die Anwesenheit von Blattläusen reduziert, dies ist ein Hinweis auf eine höhere Toleranz der Pflanzen gegenüber dem Blattlausbefall (Abb. 1a). Die Parasitierungsrate der Blattläuse sowie die Entwicklungszeit und das Schlupfgewicht der Schlupfwespen variierten in Abhängigkeit von den verwendeten AMF Arten. Dies zeigte sich besonders in der deutlichen Erhöhung des Schlupfgewichts und einer Verringerung der Entwicklungszeit der Schlupfwespen auf den mit *G. mosseae* inokulierten Pflanzen. Somit kann durch die Inokulation mit AMF die Anzahl von Blattläusen sowohl von Seiten der Pflanzen (bottom-up) als auch durch eine bessere Entwicklung der Schlupfwespen (top-down) kontrolliert werden. Den zweiten Effekt konnten wir unserem Experiment nicht näher untersuchen, da nur eine Generation von Schlupfwespen gebildet wurde, diese aber nicht erneut Blattläuse parasitierte. Interessanterweise bewirkte die Inokulation mit AMF jedoch keine Änderung in den Kohlen-

¹ Vortrag anlässlich der 14. Jahrestagung der DPG-Projektgruppe „Mikrobielle Symbiosen“

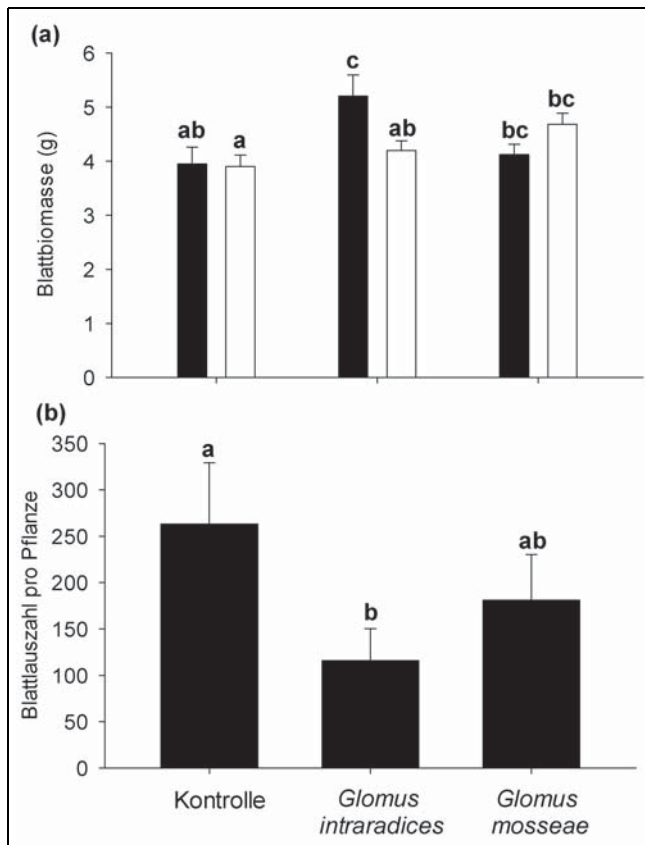


Abb. 1. Pflanzliche Biomasse (a) und Anzahl der Blattläuse (b) am Ende des 1. Experiments. Schwarze Balken = mit Blattläusen, weiße Balken = ohne Blattläuse. Unterschiedliche Buchstaben über den Balken zeigen signifikante Unterschiede zwischen den AMF-Behandlungen, Sterne zeigen signifikante Reduktionen der Biomasse durch Blattläuse (Tukey-Test). Fehlerbalken zeigen Standardfehler.

stoff- und Stickstoffgehalten der Blätter, was zeigt, dass sich die beobachteten AMF-Effekte nicht auf eine einfache Verbesserung der Pflanzenernährung zurückführen lassen, sondern auf spezifischen Änderungen in der pflanzlichen Biochemie beruhen (s. auch POZO und AZCÓN-AGUILAR, 2007).

Im Experiment 2 wurden im Gewächshaus Pflanzengemeinschaften aus sieben Pflanzenarten eines Graslandes (Arten s. Abb. 2) mit zwei kommerziellen AMF-Inokula (*Glomus intraradices* und *Gigaspora margarita*) einzeln und kombiniert bzw. mit im Freiland gesammeltem Wieseninokulum beimpft und mit einer nicht inokulierten Kontrolle verglichen. Zusätzlich wurde in die Hälfte der Gemeinschaften eine hemiparasitische Pflanze, der Kleine Klappertopf (*Rhinanthus minor*), gepflanzt. In diesem Experiment zeigte sich, dass die AMF verschiedene Pflanzenarten unterschiedlich beeinflussten und somit die Struktur der Gemeinschaft verändert. Interessanterweise wurde die pflanzliche Produktivität der Gemeinschaften durch die AMF verringert (Abb. 3), was sich mit einer negativen mykorrhizalen Abhängigkeit der beiden dominanten Pflanzenarten Wolliges Honiggras (*Holcus lanatus*) und Spitzwegerich (*Plantago lanceolata*) begründen ließ. Parallel dazu wurde vor allem das Wachstum der Leguminosen (Vogelwicke *Vicia cracca* und Rotklee *Trifolium pratense*) gefördert, was zu einer gleichmäßigeren Biomasseproduktion in den unterschiedlich behan-

delteten Gemeinschaften führte. Bei näherer Betrachtung der Biomasseproduktion der Einzelpflanzen wurde deutlich, dass jede der Pflanzenarten unterschiedlich auf die verschiedenen AMF-Inokula reagierte (Abb. 2). Die beiden Leguminosen Vogelwicke und Rotklee profitierten besonders von den kommerziellen Inokula, die Vogelwicke unabhängig von der Identität des Inokulums, der Rotklee hingegen profitierte besonders von der Kombination der beiden Inokula. Der Spitzwegerich hingegen zeigte das beste Wachstum in den Gemeinschaften, die mit Wieseninokulum beimpft wurden. Der Große Sauerampfer (*Rumex acetosa*) und der Gewöhnliche Rotschwinger (*Festuca rubra*) zeigten dagegen keine eindeutigen Reaktionen auf die AMF-Inokulate. Zusätzlich hatten die AMF einen positiven Einfluss auf den hemiparasitischen Kleinen Klappertopf, wodurch sie dessen negative Wirkung auf die Biomasse der Pflanzengemeinschaft erst induzierte (Abb. 2 und 3, s. S. 120).

Beide Experimente zeigen deutlich, dass der Effekt der Inokulation mit AMF auf verschiedene Ebenen im Nahrungsnetz und auf verschiedene Pflanzenarten in einer Gemeinschaft nicht verallgemeinert werden kann, sondern immer in Abhängigkeit von der Identität der beteiligten Organismen gesehen werden muss. Aktuelle Studien legen zusätzlich nahe, dass verschiedene Familien innerhalb der AMF unterschiedliche Funktionen in der Interaktion mit ihren Wirtspflanzen übernehmen (POWELL et al., 2009), wobei Vertreter der Glomeraceae einen erhöhten Schutz ihrer Wirtspflanzen vor pathogenen Pilzen bewirken, Vertreter der Gigasporaceae hingegen die pflanzliche Phosphatversorgung verbessern. Dementsprechend ist zu erwarten, dass die Effekte von AMF-Inokula in Abhängigkeit der jeweiligen Wirtspflanze, den Umweltbedingungen und den biotischen Interaktionen drastisch unterschiedliche Effekte auf das Wachstum ihrer Wirtspflanzen haben.

Literatur

- GANGE, A.C., E. BOWER, V.K. BROWN, 1999: Positive effects of an arbuscular mycorrhizal fungus on aphid life history traits. *Oecologia* **120**, 123-131.
- HEMPEL, S., C. STEIN, S.B. UNSICKER, C. RENKER, H. AUGE, W.W. WEISSER, F. BUSCOT, 2009: Specific bottom-up effects of arbuscular mycorrhizal fungi across a plant-herbivore-parasitoid system. *Oecologia* **160**, 267-277.
- POWELL, J.R., J.L. PARRENT, M.M. HART, J.N. KLIRONOMOS, M.C. RILLIG, H. MAHERALI, 2009: Phylogenetic trait conservatism and the evolution of functional trade-offs in arbuscular mycorrhizal fungi. *Proceedings of the Royal Society B-Biological Sciences* **276**, 4237-4245.
- POZO, M.J., C. AZCÓN-AGUILAR, 2007: Unraveling mycorrhiza-induced resistance. *Current Opinion In Plant Biology* **10**, 393-398.
- SANDERS, I.R., R.T. KOIDE, D.L. SHUMWAY, 1993: Mycorrhizal stimulation of plant parasitism. *Canadian Journal of Botany* **71**, 1143-1146.
- STEIN, C., C. RISSMANN, S. HEMPEL, C. RENKER, F. BUSCOT, D. PRATI, H. AUGE, 2009: Interactive effects of mycorrhizae and a root hemiparasite on plant community productivity and diversity. *Oecologia* **159**, 191-205.

Kontaktanschrift: Dr. Stefan Hempel, Freie Universität Berlin, Arbeitsgruppe Ökologie der Pflanzen, Altensteinstraße 6, 14195 Berlin; François Buscot, UFZ-Helmholtz Zentrum für Umweltforschung, Department Bodenökologie, Theodor-Lieser-Str. 4, 06120 Halle
E-Mail: hempel.stefan@googlemail.com

Stefan HEMPEL (Berlin), François BUSCOT (Halle)

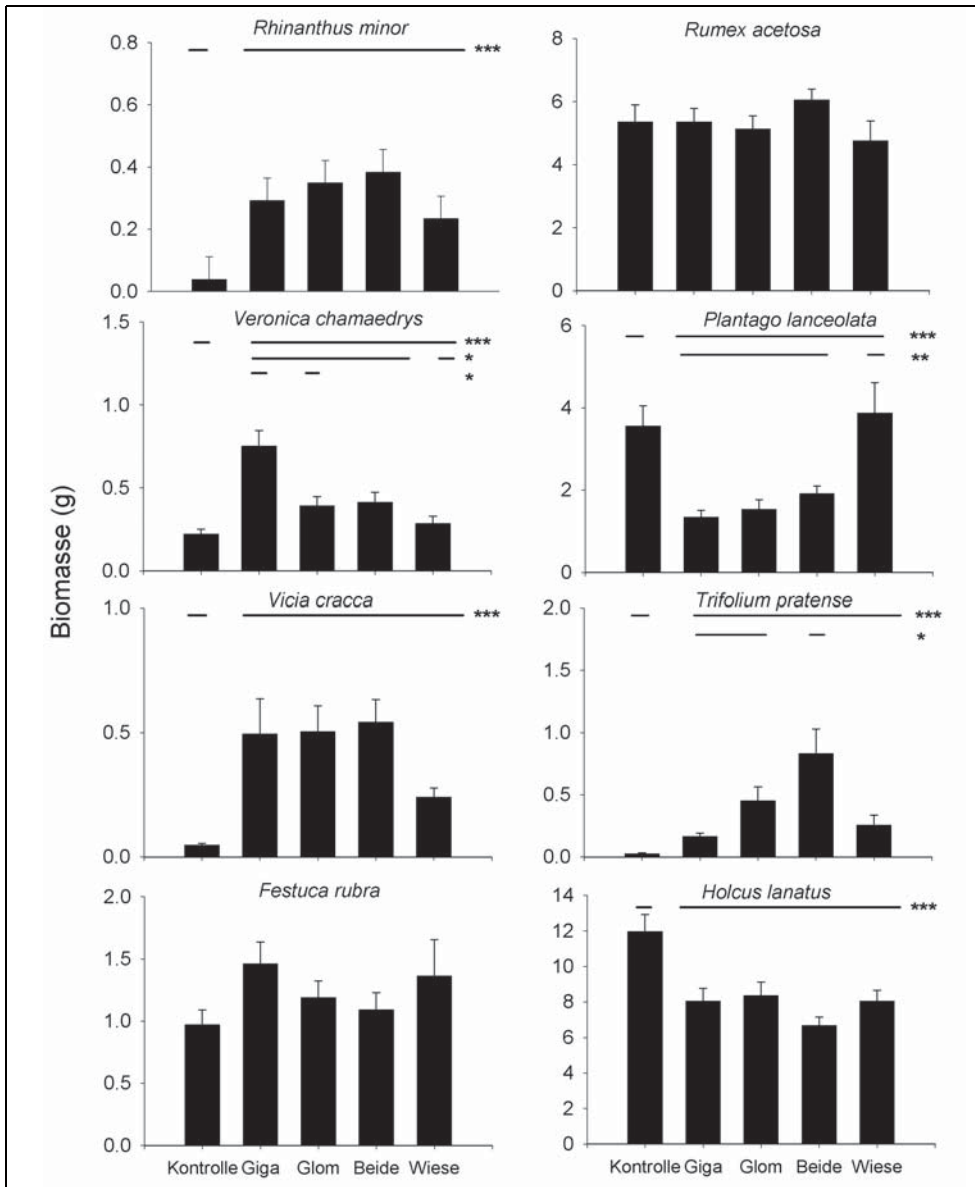


Abb. 2. Oberirdische pflanzliche Biomasse der Einzelpflanzen am Ende des 2. Experiments. Horizontale Linien über den Balken zeigen signifikante Unterschiede zwischen den AMF Behandlungen, (orthogonale Kontraste). Fehlerbalken zeigen Standardfehler.

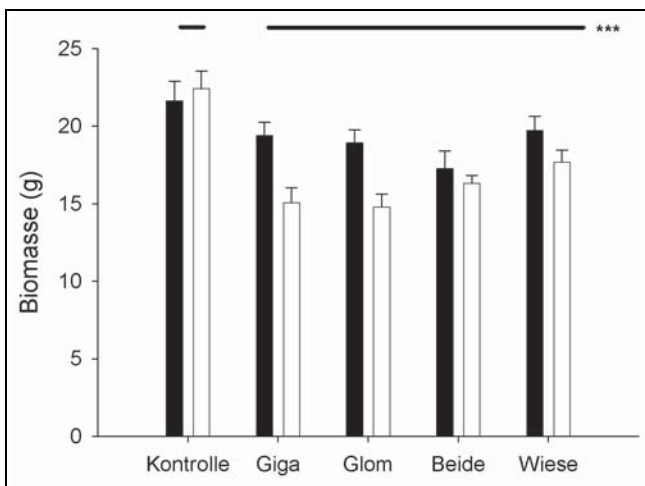


Abb. 3. Oberirdische pflanzliche Biomasse am Ende des 2. Experiments. Schwarze Balken = ohne *Rhinanthus minor*, weiße Balken = mit *R. minor*. Horizontale Linien über den Balken zeigen signifikante Unterschiede zwischen den AMF Behandlungen, (orthogonale Kontraste). Fehlerbalken zeigen Standardfehler.

Einsatz von Mykorrhiza bei Kultur- und Hygiene-problemen in Baumschulen¹

Die Anzucht, Vermehrung und Erziehung von Gehölzen erfordern seit jeher intensive und kostenaufwändige Produktions- und Kulturbedingungen und dementsprechende gärtnerische und auch biotechnologische Kenntnisse und Fertigkeiten. Auch unter optimalen Bedingungen führen die Kulturmaßnahmen in den Baumschulen naturgemäß zu Stresssituationen für die Pflanzen. So werden bei der Vermehrung, insbesondere bei der Veredlung ganze Pflanzenteile entfernt und müssen regeneriert werden. Bei der Verschulung und Auspflanzung, dies oftmals auch in Verbindung mit einem Substratwechsel, müssen sich die Pflanzen an neue Umweltbedingungen adaptieren und dabei den sogenannten „Pflanzchock“ überwinden. Die regelmäßigen Schnittmaßnahmen an Wurzeln und Sprossachsen fordern von den Baumschulpflanzen ständig die Fähigkeit zur Wundheilung und zum Regenerationswachstum. Auch die Berücksichtigung von Kundenwünschen kann in vielerlei

¹ Vortrag anlässlich der 14. Jahrestagung der DPG-Projektgruppe „Mikrobielle Symbiosen“

Hinsicht zur Verstärkung von Stresssituationen führen, wenn z.B. die Baumschulware an geringere Nährstoffangebote und an Trockenheit adaptiert sein soll („Abhärten statt verwöhnen“).

Es ist zu erwarten, dass sich dieses ohnehin schon veritable Stresspotenzial durch neuere Entwicklungen noch verschärfen wird. Es sind vor allem die Klimaveränderungen und das sich damit ändernde Schaderregerpotenzial sowie die zunehmenden produktionstechnischen Beschränkungen bei der Auswahl von Boden- und Pflanzenbehandlungsmitteln, die zu einer weiteren, nachhaltigen Beeinträchtigung der Vitalität und der Gesundheit von Baumschulpflanzen führen können.

Aktuelle Situation des Einsatzes von Mykorrhiza-Pilzen in Baumschulen

Seit von WINTER (1951) erstmalig die besondere Bedeutung der Mykorrhiza bei Nährstoffmangel beschrieben wurde, ist inzwischen in zahllosen Arbeiten belegt, dass Mykorrhiza die Anfälligkeit von Pflanzen gegenüber verschiedenen Stressfaktoren vermindern kann. Dies hat dazu geführt, insbesondere in der arbuskulären Mykorrhiza einen allgemeinen „Antistressfaktor“ in der Pflanze zu erkennen (DEHNE, 1987). Es fehlt daher nicht an entsprechenden Arbeiten und Veröffentlichungen über die positiven Auswirkungen von diversen Mykorrhiza-Pilzen auf die Anzucht, die Vermehrung und die Vitalität von Gehölzpflanzen in Containerkulturen wie in Baumschulen (PERRY et al., 1987; NIKOLAOU et al., 2003; FELDMANN, 2008).

Wenngleich in der Baumschulpraxis das Interesse an der Anwendung von Mykorrhiza-Pilzen sehr groß ist, so ist doch sehr wenig darüber bekannt, in welchem Umfang und unter welchen Intentionen diese tatsächlich unter Praxisbedingungen zum Einsatz kommen. Es hat in den persönlichen Gesprächen immer wieder den Anschein, dass der Praxis validierte Beratungsaussagen zu den Möglichkeiten und Grenzen des Einsatzes von Mykorrhiza-Pilzen unter praxisrelevanten Bedingungen fehlen. Die Verunsicherung über die tatsächlichen Wirkungen von Mykorrhiza-Pilzen in der Baumschulpraxis begründet sich oftmals auf eigene Erfahrungen oder aber auch auf einschlägige Erfahrungen von Berufskollegen. Gerade auch wegen den unzureichenden Kenntnissen über die ökophysiologischen Grundlagen der Mykorrhizierung werden beim Einsatz von Mykorrhiza-Präparaten nicht selten vergleichbar dezidierte Wirkungsqualitäten erwartet, wie z.B. beim Einsatz von Düngemitteln zur Eliminierung von Nährstoffmängeln. Mykorrhiza-Pilz-Präparate werden demnach nicht als „eine Option, sondern eher als ein Versprechen verstanden“.

Es erscheint daher notwendig, von Seiten der angewandten Forschung und des staatlichen Versuchswesens verstärkt die Anwendung von Mykorrhiza-Pilzen unter den aktuellen Bedingungen und Problemstellungen der Baumschulen vor Ort wissenschaftlich zu begleiten, um hieraus valide Beratungsaussagen zu gewinnen.

Aktuelle Hygieneprobleme in Baumschulen – neue Perspektiven durch Mykorrhiza-Pilze?

Nach den Aussagen von Experten gewinnen vor allem die Themen Bodenmüdigkeit und Verticillium in den Baumschulen immer größere Bedeutung, ohne dass derzeit für diese Problemfelder Lösungsansätze erkennbar sind.

Die „antiphytopathogene Potenz“ von Mykorrhiza-Pilzen zur Kontrolle bodenbürtiger Wurzelpathogene unter spezifischen Konstellationen ist in der Literatur umfassend dokumentiert (CARON, 1989; WHIPPS, 2004; PETIT und GUBLER, 2006; FELDMANN, 2008). Es erscheint vor diesem Hintergrund durchaus angebracht, die Verwendung von Mykorrhiza-Pilzen nicht nur in Bezug auf physiologische Stresssituationen bei Baum-

schulpflanzen, sondern auch in Bezug auf Stressfaktoren aus Böden und Substraten zu evaluieren.

Bodenmüdigkeit. Die Bodenmüdigkeit äußert sich in verzögerter phänotypischer Entwicklung, geringerer Vitalität und nur selten in konkreten Schadbildern, wie z.B. Wurzelfäulen. Da in der Praxis häufig keine direkte Vergleichsmöglichkeit mit dem Phänotypus eines Gehölzes in gesundem Boden gegeben ist, wird in der Praxis Bodenmüdigkeit oftmals nicht erkannt. Dementsprechend ist die Bodenmüdigkeit nach Aussagen vieler Experten latent weiter verbreitet, als aktuell bekannt.

Es sind insbesondere Gehölze aus der Familie der Rosaceae, die von der Bodenmüdigkeit in herausragender Weise betroffen sind und nicht nur art-, sondern auch sortenspezifisch sensitiv reagieren. Bodenmüdigkeit wird von abiotischen Faktoren (Phytotoxine, Abreicherung spezifische Nährstoffe und Spurenelemente, extreme pH-Werte, Staunässe, etc.) und biotischen Faktoren (Pilze, Bakterien, Actinomyceten, Nematoden) verursacht (UTKHEDE und SMITH, 1994). Die Tatsache, dass Bodenmüdigkeit in den meisten Fällen durch eine chemische oder physikalische „Bodenentseuchung“ beseitigt werden kann, stellt biotische Faktoren direkt oder indirekt in das Zentrum des Ursachenkomplexes. Neuere Untersuchungen deuten daraufhin, dass die Bodenmüdigkeit bei Rosen durch Veränderungen in der Abundanz bzw. der Artenzusammensetzung der Bakterienflora in Verbindung mit spezifischen bakteriellen Ausscheidungsprodukten hervorgerufen wird (SIRRENBURG et al., 2009). Je nach Pflanzenspezies und Bodenart kann die Bodenmüdigkeit sich innerhalb weniger Jahre entwickeln und wird als eine Nachbaukrankheit durch Monokulturen und fehlende oder eingeschränkte Flächenrotation gefördert.

Für die Sanierung müder Böden stehen in Deutschland auch in absehbarer Zeit keine chemischen Bodenentseuchungspräparate mehr zur Verfügung, auch wenn in einzelnen Bundesländern unter besonderen Voraussetzungen nach § 11(2) PflSchG der Einsatz von Dazomet (Basamid®) in Einzelfällen vorübergehend noch möglich ist. Physikalische Verfahren (Dämpfen, Solarisation) sind im Freiland extrem aufwändig und teuer. Um die Entwicklung der Bodenmüdigkeit zu vermeiden, müssen die Pflanzquartiere regelmäßig gewechselt und in eine ein- oder gar mehrjährige Ruhephase überführt werden. In diesem Zeitraum wird versucht, über eine Biofumigation durch Grüneinsaat (Cruciferen) und durch die Zufuhr von organischer Masse (Miste) die biologischen Prozesse im Boden zu aktivieren und die „natürliche“ mikrobiologische Balance wieder herzustellen. Dies setzt allerdings ein umfangreiches Flächenmanagement und ausreichend geeignete Flächen voraus. Nachdem dabei in der Regel von den Baumschulen auf landwirtschaftliche Flächen zurückgegriffen wird, diese Flächen jedoch immer häufiger mit Monokulturen (z.B. Mais), ohne Fruchtwechsel, bewirtschaftet werden, wächst die Gefahr, auf diese Weise pathogene bodenbürtige Wurzelpilze wie z.B. *Verticillium* spp., *Fusarium* spp. und Nematoden (*Pratylenchus* spp.) sich regelrecht „einzuhandeln“. Gerade in Regionen mit hoher Baumschuldichte, stehen zudem nicht ausreichend Ausweichflächen zur Verfügung.

Die Bodenmüdigkeit gilt daher in den Baumschulen und bei Experten als eines der größten Probleme mit zunehmender Bedeutung und Brisanz.

In der einschlägigen Literatur wird über den erfolgreichen Einsatz von Mykorrhiza-Pilzen zur Vermeidung der Bodenmüdigkeit bzw. zur Sanierung von müden Böden in Bezug auf Fruchtgehölze berichtet (TAUBE-BAAB und BALTRUSCHAT, 1993; WASCHKIES et al., 1994; SZUCS et al., 2008). Zu Erfahrungen mit dem Einsatz von Mykorrhiza-Pilzen im Zusammenhang mit Bodenmüdigkeit in Baumschulen liegen nach unseren Recher-

chen keine belastbaren Ergebnisse und Erfahrungen vor. Es erscheint daher durchaus angebracht, zu prüfen, ob mit Mykorrhiza-Pilzen Einfluss auf den Ursachenkomplex der Bodenmüdigkeit genommen werden kann und in welcher Weise diese zu einer Verbesserung der anti-phytopathogenen Potenz im Boden, im Sinne einer Beseitigung oder Vermeidung der Bodenmüdigkeit beitragen können.

Verticillium-Welke. Bei den Erregern der Verticillium-Welke handelt es sich im Wesentlichen um die Arten *V. albo-atrum*, *V. dahliae* und *V. longisporum*. Sie sind Bodenpilze und weltweit verbreitet. Sie dringen über die Wurzeln, insbesondere über Wunden (Schnittmaßnahmen, Nematoden) in das Gefäßsystem der Pflanzen, verstopfen mit ihren Pilzhyphen die Leitungsbahnen des Xylems der Wurzeln und Sprossachsen und setzen Toxine frei, so dass es nach Welkeerscheinungen am Austrieb zum Absterben von Trieben oder Stamnteilen kommt. Die Verticillium-Welke befällt eine Vielzahl von Laubgehölzen, wobei *Acer spec.*, *Catalpa spec.*, aber auch *Berberis spec.* sich als besonders anfällig erweisen. Die Ausbildung von Mikrosklerotien erlaubt *V. dahliae* und *V. longisporum* über Jahre im Boden virulent zu bleiben. Verticillium-Pilze sind bis in Bodentiefen von 90 cm anzutreffen. Aufgrund der hohen Pathogenität müssen befallene Pflanzenteile unverzüglich entfernt und entsorgt werden. Eine Bekämpfung des Pilzes im Boden, wie in der Pflanze, ist nicht möglich. Der Bodenaustausch wird zur Sanierung von befallenen Böden empfohlen. Die Aktivität der Verticillium-Pilze wird durch höhere Bodentemperaturen gefördert. Angesichts der Klimaveränderungen ist daher mit einer Verstärkung des Gefährdungspotenzials und auch mit Veränderungen in den Pathogenitätsmustern der lokalen Verticilliumpopulationen zu rechnen (SCHUBERT et al., 2009). Hinzu kommt die zunehmende Gefahr der Einschleppung neuer Pathotypen durch den immer globaler werdenden Pflanzenhandel.

Baumschulen sind naturgemäß in ganz besonderer Weise für Verticillium-Infektionen disponiert. Häufige Schnittmaßnahmen und Verletzungen gerade an den Wurzeln der Baumschulpflanzen, intensiver Pflanzenaustausch und Pflanzenzukauf sowie die Zunahme des bodenbürtigen Verticilliumpotenzials in den Baumschulquartieren (siehe Bodenmüdigkeit) und dazu gleichzeitig das Fehlen von Bekämpfungsmöglichkeiten lassen eine Zunahme der Verticilliuminfektionen in den Baumschulen erwarten. Unsere Recherche in Expertenkreisen ergab, dass in den letzten Jahren tatsächlich eine drastische Zunahme der durch Verticillium verursachten Schäden an Gehölzen und der Bodeninfektionen mit dem hochpathogenen *V. dahliae* registriert wurde.

Aufgrund des Mangels an direkten Bekämpfungsmaßnahmen kommt der Vorsorge und der Hygiene in den Baumschulen in Bezug auf Verticillium eine zunehmende Bedeutung zu. In diesem Zusammenhang wäre zu prüfen, inwieweit biologisch und biotechnisch mit indirekt wirkenden Verfahren der Kontakt bzw. die Infektion der Wurzeln mit den Verticillium-Pilzen vermieden werden kann. Es wäre weiterhin zu untersuchen, welche Organismen gegenüber Verticillium-Pilzen antagonistische Wirkungen auf der Basis trophischer bis antibiotischer Effekte erzielen können. Arbuskuläre Mykorrhiza kann Pflanzen gegen bodenbürtige Schaderreger schützen (AZCÓN-AGUILAR und BAREA, 1997). Es wird angenommen, dass der infolge der Mykorrhizierung erhöhte phenolische Stoffwechsel in den Wurzeln zur erhöhten Toleranz gegenüber bodenbürtigen Schaderregern beiträgt (MORANDI, 1996). Bei Tomaten und Baumwolle wurde der Einsatz von Mykorrhiza-Pilzen zur Minderung der Schadensausprägung bereits erfolgreich getestet (RUN-JIN, 1995; KARAGIANNIDIS et al., 2002). In Bezug auf Baumschulen liegen derzeit keine Erfahrungen und Erkenntnisse zur Kon-

trolle bzw. zur Minderung der Verticillium-Welke durch Mykorrhiza-Pilze vor. Es wäre daher vor allem zu untersuchen, ob durch eine Vorinokulation der Wurzeln mit Mykorrhiza-Pilzen, im Sinne einer „Schutzbesiedlung“, die Wurzeln vor Verticillium-Befall geschützt werden können.

Literatur

- AZCÓN-AGUILAR, C., J.M. BAREA, 1997: Applying mycorrhiza biotechnology to horticulture: significance and potentials. *Sci. Hortic.* **68**, 1-24.
- CARON, M., 1989: Potential use of mycorrhizae in control of soil-borne diseases. *Canadian Journal of Plant Pathology* **11**, 177-179.
- DEHNE, H.-W., 1987: Zur Nutzung der VA Mykorrhiza als Antistressfaktor. *Angew. Botanik* **61**, 135-143.
- FELDMANN, F., 2008: Mycorrhiza for plant vitality: mycorrhizal fungi as factors of integrated horticultural plant production. In: FELDMANN, F., Y. KAPULNIK, J. BAAR (Eds.): *Mycorrhiza Works*. Braunschweig, Deutsche Phytomedizinische Gesellschaft, pp. 8-16.
- KARAGIANNIDIS, N., F. BLETSOS, N. STAVROPOULOS, 2002: Effect of Verticillium wilt (*Verticillium dahliae* Kleb.) and mycorrhiza (*Glomus mosseae*) on root colonization, growth and nutrient uptake in tomato and eggplant seedlings. *Scientia Horticulturae* **94** (1-2), 145-156.
- MORANDI, D., 1996: Occurrence of phytoalexins and phenolic compounds in endomycorrhizal interactions and their potential role in biological control. *Plant Soil* **185**, 241-251.
- NIKOLAOU, N., K. ANGELOPOPOULOS, N. KARAGIANNIDIS, 2003: Effects of drought stress on mycorrhizal and nonmycorrhizal Cabernet Sauvignon grapevine, grafted onto various rootstocks. *Experimental Agriculture* **39**, 241-252.
- PERRY, D.A., R. MOLINA, M.P. AMARANTHUS, 1987: Mycorrhizae, mycorrhizospheres, and reforestation: current knowledge and research needs. *Can. J. For. Res.* **17**, 929-940.
- PETT, E., W.D. GUBLER, 2006: Influence of *Glomus intraradices* on Black Foot Disease Caused by *Cylindrocarpon macrodidymum* on *Vitis rupestris* Under Controlled Conditions. *Plant Disease* **90** (12), 1481-1484.
- RUN-JIN, L., 1995: Effect of vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi on verticillium wilt of cotton. *Zeitschrift Mycorrhiza* **5** (4), 293-297.
- SCHUBERT, P., J. GOLLDACK, H. SCHWÄRZEL, P. LENTZSCH, 2009: Influence of Soil Temperature to the Pathosystem Strawberry-Verticillium. *Proc. W on Berry Prod. and Cult. Systems* (eds. E. KRÜGER et al.), *Acta Hort.* **838**, ISHS 2009, 139-143.
- SIRRENBURG, A., S. NUTZ, A. RATZINGER, P. KARLOVSKY, 2009: Bodenmüdigkeit bei Rosen: neue Forschungsansätze. *Gartenpraxis* **9**, 16-20.
- SZUCS, E., I. BALLA, Z. KIRILLA, I. VÖRÖS, T. TAKÁCS, P. CZÖVEK, 2008: Symbiotic and vitalizing effects of microorganisms in counterbalancing the replant disease of fruit trees. In: FELDMANN, F., Y. KAPULNIK, J. BAAR (Eds.): *Mycorrhiza Works*. Braunschweig, Deutsche Phytomedizinische Gesellschaft, pp. 248-257.
- TAUBE-BAAB, H., H. BALTRUSCHAT, 1993: Effect of vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi on the growth of young apple trees in apple replant disease soil. *Journal of Plant Diseases and Protection* **100** (5), 474-481.
- UTKHEDE, R.S., E.M. SMITH, 1994: Biotic and abiotic causes of replant problems of fruit trees. *Acta Horticulture* **363**, 25-32.
- WASCHKIES, C., A. SCHROPP, H. MARSCHNER, 1994: Relations between grapevine replant disease and root colonization of grapevine, *Vitis sp.*, by fluorescent pseudomonads and endomycorrhizal fungi. *Plant and Soil* **162** (2), 219-227.
- WHIPPS, J.M., 2004: Prospects and limitations for mycorrhizas in biocontrol of root pathogens. *Can. J. Bot.* **82**, 1198-1227.

WINTER, A.G., 1951: Untersuchungen über die Verbreitung und Bedeutung der Mykorrhiza bei kultivierten Gramineen und einigen anderen landwirtschaftlichen Nutzpflanzen. *Phytopath. Z.* **17**, 421-432.

Kontaktanschrift: Josef Valentin Herrmann, Susanne Böll, Bayerische Landesanstalt für Weinbau und Gartenbau, An der Steige 15, 97209 Veitshöchheim, E-Mail: josef.herrmann@lwg.bayern.de

Josef Valentin HERRMANN, Susanne BÖLL (Veitshöchheim)

Stadtbäume im Klimawandel: Möglichkeiten der Stressmoderation durch den Einsatz von Mykorrhiza¹

Stadtbäume sind seit jeher einer Vielzahl von vitalitätshemmenden Stressfaktoren ausgesetzt. Sie leben in einem künstlichen Umfeld, das durch beengte Baumgruben das Wurzelwachstum stark einschränkt, durch Bodenverdichtung häufig nur eine unzureichende Sauerstoff- und Wasserversorgung gewährt und bei Versiegelung den notwendigen Gasaustausch blockiert. Daneben leiden Stadtbäume in den Sommermonaten häufig unter Trockenstress und hohen Temperaturen, vor allem auch durch die nächtliche Rückstrahlung der Gebäude und versiegelten Flächen. Sie sind Schadstoffimmissionen, Urin- und Salzbelastungen ausgesetzt und müssen Beschädigungen im Wurzel-, Stamm- und Kronenbereich tolerieren.

Durch die sich jetzt bereits abzeichnenden klimatischen Veränderungen mit zunehmendem Trockenstress im Sommer und insgesamt steigenden Durchschnittstemperaturen (Bsp. die Jahre 2003, 2006) sowie häufiger auftretenden Extremwetterereignissen wird die Stresssituation der Stadtbäume noch verstärkt. Das macht sie anfällig für bisher kaum in Erscheinung getretene (z.B. Prachtkäfer), aber auch einwandernde (z.B. wollige Napschildlaus) oder eingeschleppte Schädlinge (z.B. asiatischer Citrusbockkäfer) und verschiedene pilzliche und bakterielle Erkrankungen, insbesondere Gefäßmykosen. Es zeichnet sich jetzt schon ab, dass eine Reihe von klassischen Stadtbaumarten in unseren Breiten den künftigen Anforderungen nicht mehr gewachsen sein wird, da sie den ästhetischen Ansprüchen an einen Straßenbaum nicht mehr genügen (Bsp. Kastanienminiermotte an *Aesculus hippocastaneum*), zu einer Gefährdung werden (Bsp. Bruchproblematik durch *Massaria*-Erkrankung an Platanen) oder gänzlich ausfallen (Bsp. Eschentriebsterben bei *Fraxinus*-Arten).

Stadtbaumprojekt „Stadtgrün 2021“

In diesem langfristig angelegten Projekt wurden anhand verschiedener Kriterien, wie natürliche Standortansprüche, Trocken- und Frost-, insbesondere Spätfrosttoleranz, potentielle Schädlinge und Pilzkrankungen zukunftssträchtige Baumarten aus dem (süd-) osteuropäischen, aber auch nordamerikanischen und asiatischen Raum ausgewählt, die auf Grund ihrer Eigenschaften potentiell in der Lage sind, den prognostizierten Klimabedingungen unserer Städte zu trotzen (Tab. 1).

Die ausgewählten Baumarten wurden im Herbst 2009/Frühjahr 2010 an folgenden, bayerischen urbanen Standorten mit unterschiedlichen klimatischen Bedingungen je 8-fach (in Einzelfällen aus Platzgründen je 6-fach) aufgepflanzt:

- Würzburg, eine wärmebegünstigte Stadt mit überdurchschnittlichen Trockenperioden und Temperaturbedingungen (Weinbauklima),
- Hof/Münchberg, die unter kontinentalem Klimaeinfluss mit hoher Frostgefährdung stehen,
- Kempten, das durch ein gemäßigtes Voralpenklima mit hohen Niederschlägen geprägt ist.

Pflanzbedingungen

Der Stammumfang der gepflanzten Bäume beträgt 16/18 oder 18/20 cm, in Ausnahmefällen 20/25 cm, wenn die entsprechenden Größen nicht verfügbar waren. Als Baumsustrat wurden vor Ort hergestellte Substrate verwendet, die den FLL-„Empfehlungen für Baumpflanzungen, Teil 2: Standortvorbereitung für Neupflanzungen; Pflanzgruben und Wurzelraumerweiterung, Bauweisen und Substrate“ (Gelbdruck der überarb. Fassung, Herbst 2010), Pflanzgrubenbauweise 1, entsprechen, und durch eine hohe Wasser- und Luftkapazität charakterisiert sowie struktur- und verdichtungsstabil sind. Sie zeichnen sich durch einen hohen Anteil an Mineralstoffen (Sand, Schotter, etc.), einen geringen Nährstoffgehalt und maximal 3,5% organischer Masse aus. Die pH-Werte liegen zwischen 7,2-7,7. Die Baumgruben haben eine standardisierte Größe von 8 m³ und eine Baumgrubentiefe von 1,50 m. Die Pflegemaßnahmen sind für alle drei Standorte vorgegeben und orientieren sich an den üblichen fachlichen Standards.

Einsatz von Mykorrhiza

Mit höheren Pflanzen vergesellschaftete Mykorrhizapilze können unter Stress- und Mangelbedingungen die Aufnahme wichtiger Nährstoffe sowie die Wasseraufnahme der Pflanze fördern und die Trockenstress- und Salztoleranz erhöhen (RAMAN und MAHADEVAN, 1996; FELDMANN, 2008). Darüber hinaus verfügen sie in vielen Fällen über eine „anti-phytopathogene Potenz“, d.h. mykorrhizierte Pflanzen zeigen häufig eine erhöhte Widerstandsfähigkeit gegenüber pathogenen bodenbürtigen Pilzen und Bakterien (WHIPPS, 2004).

In verschiedenen kontrollierten Glashaus- und Freilandversuchen konnten vor allem unter Mangelbedingungen positive Effekte auf das Wachstum und die Vitalität mykorrhiza-behandelter Sämlinge und Jungpflanzen verschiedener Baumarten beobachtet werden (DAG et al., 2008; KUNG'U et al., 2008; OLIVEIRA et al., 2008; SCHÖNFELD, 2006). Auch bei der Verwendung von Mykorrhizapräparaten bei Großbaumverpflanzungen und -sanierungen gibt es eine Reihe von positiven Erfahrungsberichten aus dem urbanen Bereich (KÜTSCHIEDT, 2006), jedoch liegen kaum experimentell abgesicherte Erkenntnisse über die Wirksamkeit dieser Präparate vor. Die Behandlung von innerstädtisch gepflanzten *Quercus palustris*, *Quercus phellos* und *Acer rubrum* mit *Pisolithus tinctorius* (APPLETON et al., 2003) ergab bei keiner der Arten einen erhöhten Stammzuwachs; allerdings wurden die Bäume nicht längerfristig, sondern nur nach 6 Monaten bzw. einem Jahr untersucht, obwohl mögliche Effekte erst nach zwei Jahren auftreten können (GARBYE und CHURIN, 1996). Eine italienische Arbeitsgruppe (FINI und FERRINI, 2009a, 2009b) fand dagegen im Rahmen eines 3-Jahres-Projekts bei *Celtis australis* und *Fraxinus excelsior*, die bei der Pflanzung an Straßenstandorten mit arteigenem Inokulum behandelt worden waren, bereits in den ersten beiden Jahren nach der Inokulierung Effekte: die behandelten Zürgelbäume zeigten sowohl einen höheren Stamm- als auch Triebzuwachs als die Kontrollbäume, während bei den Eschen nur Unterschiede im jährlichen Triebzuwachs gefunden wurden. Allerdings wurden weder zu Beginn noch im Verlauf der Untersuchung das Mykorrhiza-Artenspektrum der Bäume, der Mykorrhizierungsgrad der Wurzeln oder der Sporengehalt im Baumsustrat

¹ Vortrag anlässlich der 14. Jahrestagung der DPG-Projektgruppe „Mikrobielle Symbiosen“

Tab. 1. Versuchsbaumarten; Typ der vergesellschafteten Mykorrhiza: AM = arbuskuläre Mykorrhiza, EM = Ektomykorrhiza

Versuchsbaumarten	dt. Name	Mykorrhizotyp
<i>Acer buergerianum</i>	Dreizahnhorn	AM
<i>Acer monspessulanum</i>	Französischer Ahorn	AM
<i>Alnus x spaethii</i>	Purpurerle	EM
<i>Carpinus betulus</i> Frans Fontaine	Hainbuche	EM
<i>Celtis australis</i>	Zürgelbaum	AM
<i>Fraxinus ornus</i>	Blumenesche	AM/EM
<i>Fraxinus pennsylvanica</i> Summit	Rotesche	AM/EM
<i>Ginkgo biloba</i>	Ginkgo	AM
<i>Gleditsia triacanthos</i> Skyline	Lederhülsenbaum	AM
<i>Liquidambar styraciflua</i>	Amberbaum	AM
<i>Magnolia kobus</i>	Kobushimagnolie	AM
<i>Ostrya carpinifolia</i>	Hopfenbuche	EM
<i>Parrotia persica</i>	Eisenholzbaum	AM/EM
<i>Quercus cerris</i>	Zerreiche	EM
<i>Quercus frainetto</i> Trump	Ungarische Eiche	EM
<i>Quercus x hispanica</i>	Spanische Eiche	EM
<i>Sophora japonica</i> Regent	Japanischer Schnurbaum	AM
<i>Tilia tomentosa</i> Brabant	Silberlinde	AM/EM
<i>Ulmus</i> Lobel	Ulme	AM/EM
<i>Zelkova serrata</i> Green Vase	Zelkovie	AM/EM

analysiert, um den kausalen Zusammenhang zwischen Inokulation und beobachteten Effekten zu untermauern.

Entsprechend der spärlichen Datenlage wird der Einsatz von Mykorrhiza in der Fachpraxis sehr kontrovers diskutiert. Durch die hohe multifaktorielle Stressbelastung und die immer schwieriger werdenden Rahmenbedingungen an den Straßentandorten (s.o.) ist zu erwarten, dass der Einsatz von Mykorrhiza-Pilzen den „Pflanzchock“ bei Stadtbäumen mildert und das Wachstum und die Gesundheit der gepflanzten Bäume fördert. Darüber hinaus könnten sich Freilandinokulationen bei urbanen Baumpflanzungen als notwendig erweisen, weil die neuartigen Stadtbaumsstrate artifizielle Mischungen darstellen, die zur Vermeidung des Eintrags von bodenbürtigen Krankheitserregern im Normalfall kein Oberbodenmaterial enthalten. Da der Anteil organischer Masse sehr gering ist (s.o.), dürften kaum Mykorrhizasporien vorhanden sein.

Um die Wirksamkeit von Mykorrhizaesatz bei Baumpflanzungen zu testen, wurde in allen Städten bei je 4 der 8 Bäume (bzw. 3 von 6 Bäumen, s.o.) einer Art bei der Pflanzung ein Mykorrhiza-Präparat eingestreut. Dabei wurde entsprechend des Mykorrhizatyps der einzelnen Versuchsbaumarten eine artgerechte Mykorrhiza eingesetzt (Tab. 1). Bäume mit Stammumfang 16/18 oder 18/20 cm erhielten 0,5 l, Bäume mit Stammumfang 20/25 cm 0,8 l der Mykorrhizapräparate „Hydro“ oder „Forst“ der Fa. INOQ. In Würzburg, dem Standort, der am intensivsten untersucht wird, wurden den Kontrollbäumen entsprechende Mengen des hitzesterilisierten Mykorrhizapräparates bei der Pflanzung zugegeben. An den anderen beiden Standorten wurden die Kontrollbäume ohne sterilisiertes Mykorrhizapräparat gepflanzt.

Das arbuskuläre Mykorrhizapräparat „Hydro“ (AM), das Lava (pH 7,5) als Trägersubstanz hat, enthält die Arten *Glomus etunicatum*, *Glomus intraradices* und *Glomus claroideum* mit insgesamt 210 Mykorrhizaeinheiten (ME) pro cm³ Substrat.

Das ektomykorrhizahaltige Substrat auf Torfbasis „Forst“ (EM, pH 6,7) enthält neben den arbuskulären Arten mit 170 ME/cm³ die Ektomykorrhizaarten *Heleboma crustuliniforme*, *Paxillus involutus*, *Pisolithus tinctorius*, *Laccaria laccata*, *Amanita muscaria*, *Boletus edulis*, *Thelephora terrestris* und *Xerocomus badius* mit insgesamt 95 ME/cm³. Da *Alnus glutinosa*-Sämlinge in einer Rekultivierungsmaßnahme sehr gut auf ein EM-Präparat (Artenzusammensetzung: *Pisolithus tinctorius*, *Heleboma crustuliniforme*, *Laccaria laccata*, *Lactarius piperatus*, *Paxillus involutus*) ansprachen (OLIVEIRA et al., 2008), wurde *Alnus spaethii* ebenfalls mit EM behandelt. Zusätzlich erhielten die Purpurerlen je 0,5 l *Frankia alni* Suspension, einem stickstofffixierenden Aktinomyzeten, mit denen Erlen an natürlichen Standorten vergesellschaftet sind.

Repräsentativ für alle Standorte werden von den Würzburger Pflanzungen die Ballensubstrate aller Baumarten auf den Gehalt an Mykorrhizasporen, sowie die Mykorrhizierung der Feinwurzeln untersucht. Dies, wie auch die Untersuchung der Baumsstrate von allen drei Standorten soll klären, wie stark Baumschulware bereits mykorrhiziert ist und wie hoch der Sporengelalt der verwendeten künstlichen Baumsstrate ist oder ob sie weitgehend mykorrhizafrei sind.

Vorbehaltlich weiterer Projektförderungen werden diese Ersterhebungen auch für die übrigen Standorte durchgeführt und können als Ausgangsbasis dienen, um in den Folgejahren die Effekte der Mykorrhizapräparate auf die Besiedelung der Wurzeln zu untersuchen und die möglicherweise daraus resultierenden phänotypischen Effekte an den Bäumen wie erhöhte Stresswiderstandsfähigkeit und Vitalität zu verifizieren.

Literatur

APPLETON, B., J. KOCI, S. FRENCH, M. LESTYAN, R. HARRIS, 2003: Mycorrhizal fungal inoculation of established street trees. *J. Arborc.* **29**, 107-110.

- DAG, A., A. BEN-GAL, U. YERMIYAHU, I. ZIPORI, S. WINNIGER, Y. KALPUNIK, 2008: Response of olive trees under arid conditions to arbuscular mycorrhizal fungi. In: FELDMANN, F., Y. KAPULNIK, J. BAAR (Eds.): *Mycorrhiza Works*. Braunschweig, Deutsche Phytomedizinische Gesellschaft, pp. 190-196.
- FELDMANN, F., 2008: Mycorrhiza for plant vitality: mycorrhizal fungi as factors of integrated horticultural plant production. In: FELDMANN, F., Y. KAPULNIK, J. BAAR (Eds.): *Mycorrhiza Works*. Braunschweig, Deutsche Phytomedizinische Gesellschaft, pp. 8-16.
- FINI, A., F. FERRINI, 2009a: Mycorrhizal inoculation: what worked and what did not work? Proceedings of the ISA Conference, Providence RI, 26-29 July 2009.
- FINI, A., F. FERRINI, 2009b: Effect of mycorrhiza and light environment on growth and physiology of *Fraxinus excelsior* planted as street trees. Proceedings of the ISA Conference, Providence RI, 26-29 July 2009.
- GARBAYE, J., J.L. CHURIN, 1996: Effect of ectomycorrhizal inoculation at planting on growth and foliage quality of *Tilia tomentosa*. *J. Arboric.* **22**, 29-34.
- KUNG'U, J.B., R.D. LASCO, L.U. DELA CRUZ, R.E. DELA CRUZ, T. HUSAIN, 2008: Effect of vesicular arbuscular mycorrhiza (VAM) fungi inoculation on coppicing ability and drought resistance of *Senna spectabilis*. *Pak. J. Bot.* **40**, 2217-2224.
- KUTSCHEIDT, J., 2006: Vitalisierende Pilze – Praktische Anwendung bei der Baumpflanzung und der Baumsanierung. *bi-GaLaBau* **1+2**, 38-42.
- OLIVEIRA, R.S., M.F. CARVALHO, J.C. DODD, M. VOSÁTKA, P.M.L. CASTRO, 2008: Field inoculation of *Alnus glutinosa* with mycorrhizal fungi for phytoforestation of highly alkine anthropogenic sediments. In: FELDMANN, F., Y. KAPULNIK, J. BAAR (Eds.): *Mycorrhiza Works*. Braunschweig, Deutsche Phytomedizinische Gesellschaft, pp. 289-294.
- RAMAN, N., A. MAHADEVAN, 1996: Mycorrhizal research – a priority in agriculture. In: *Concepts in mycorrhizal research*, ed. K.G. MUKERJI. Dordrecht, Netherlands, Kluwer Academic Publishers, pp. 77-90.
- SCHÖNFELD, P., 2006: Lebensgemeinschaft in der Baumgrube – Mykorrhiza bei Bäumen. *Veitshöchheimer Berichte aus der Landespflege*, Heft **89**, 15-22.
- WHIPPS, J.M., 2004: Prospects and limitations for mycorrhizas in biocontrol of root pathogens. *Can. J. Bot.* **82**, 1198-1227.

Kontaktanschrift: Susanne Böll, Josef Valentin Herrmann, Bayerische Landesanstalt für Weinbau und Gartenbau, An der Steige 15, 97209 Veitshöchheim, E-Mail: Susanne.boell@lwg.bayern.de

Susanne BÖLL, Josef Valentin HERRMANN (Veitshöchheim)

Bericht über das Fachgespräch Bodenmüdigkeit am 3. März 2011 im Julius Kühn-Institut in Braunschweig

Bodenmüdigkeit ist ein phytopathologisches Problem, das bereits im 17. Jahrhundert beschrieben wurde (WORLDIDGE, 1698, zitiert nach OTTO, 1992). Die Krankheit tritt bisher vor allem im Apfelanbau, aber auch an anderen Pflanzen der Familie Rosaceae auf. Eine alte, im wesentlichen heute noch gültige Definition bezeichnet Bodenmüdigkeit als „... der durch wiederholten Anbau eintretende Verlust der Eignung eines Bodens, einer bestimmten oder ähnlich wirkenden Pflanzenart als Substrat zu dienen, dessen Ursache nicht bekannt, aber pflanzenspezifisch ist“ (KLAUS, 1939). In Deutschland befasste sich mit diesem

Thema in der Vergangenheit am intensivsten die Arbeitsgruppe um Prof. Dr. G. OTTO und Dr. H. WINKLER in Dresden-Pillnitz. Da die Ursachen der Bodenmüdigkeit nach wie vor nicht geklärt sind und das Problem im Pflanzenbau nach wie vor aktuell ist, fand am 03.03.2011 im Institut für Pflanzenschutz in Gartenbau und Forst des Julius Kühn-Instituts (JKI) in Braunschweig ein Fachgespräch zu diesem Thema statt. Eingeladen waren Baumschuler, Berater, Kollegen der Pflanzenschutzdienststellen, Vertreter der Berufsverbände und Wissenschaftler, die mit diesem Thema befasst sind, sowie je ein Vertreter des Bundesamtes für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit (BVL) als Zulassungsbehörde für Pflanzenschutzmittel und des Bundesministeriums für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz (BMELV).

Das Fachgespräch hatte zum Ziel, einen Überblick über die aktuelle Situation und über den Stand der Forschungsarbeiten zu diesem Thema in Deutschland zu erhalten. Die Schwerpunkte der Vorträge lagen daher zunächst auf der Darstellung der aktuellen Situation in den verschiedenen Kulturen. Betroffen sind zurzeit vor allem Apfel- und Rosenkulturen aber auch Rebschulen. In den Rebschulen treten Nachbauprobleme sehr verstärkt auf, seit die Pflanzreihen der jungen Reben mit Folie abgedeckt werden. Dies legt den Schluss nahe, dass es sich bei den Wuchsdepressionen in der Rebenvermehrung um andere Ursachen als die klassische Bodenmüdigkeit bei Rosaceen handelt. In weiteren Vorträgen wurden bisherige Forschungsschwerpunkte zum Thema Bodenmüdigkeit und die aktuelle Zulassungssituation vorgestellt. Die Forschungsschwerpunkte liegen zurzeit vor allem im Bereich Nachweis und Bekämpfung. Da der Einsatz von Bodenentseuchungsmitteln nur beschränkt möglich ist bzw. keine entsprechenden zugelassenen Pflanzenschutzmittel zur Verfügung stehen, wird intensiv nach vorbeugenden alternativen Bekämpfungsverfahren gesucht.

Zum Schluss des Fachgesprächs erstellten die Teilnehmer in einer gemeinsamen Diskussion eine Liste mit den wichtigsten Punkten, die zukünftig im Bereich Bodenmüdigkeit untersucht werden sollten:

1 Kulturen/Pflanzenarten

Kulturen mit Nachbauproblemen sind Rosaceen, Wein, *Taxus*, *Buxus*, *Paeonia* und *Hippophaea*. Zukünftige Untersuchungen zur Bodenmüdigkeit sollten sich vorrangig auf Rosaceen (inkl. Erdbeeren) und *Vitis vinifera* (vor allem Rebschulen) konzentrieren.

2 Ursache(n) der Bodenmüdigkeit

Die Ursachenfindung (eventuell getrennt nach Kulturen) ist eine wichtige Voraussetzung für viele weitere Versuche. Untersucht werden sollten biotische (z.B. Pilze, Bakterien) und abiotische (z.B. Wurzelauausscheidungen) Faktoren sowie mögliche Wechselwirkungen, auch mit anderen bekannten Schadern, z.B. Nematoden.

3 Nachweismethoden, evtl. nach Kulturen getrennt

Weiterentwicklung und Adaption der in der Literatur vorhandenen Methoden zum schnellen Nachweis, ob ein Boden „müde“ ist oder nicht. Solange die Ursache der Bodenmüdigkeit nicht bekannt ist, müssen diese Nachweismethoden eventuell Kultur bezogen entwickelt werden. Einbezogen werden sollten u.a. Biotests mit Indikatorpflanzen und molekularbiologische Verfahren. Die Installation einer definiert bodenmüden und gesunden Referenzfläche wäre als Grundlage für weitere Versuche sehr hilfreich, z.B. für die Weiterentwicklung von Nachweisverfahren und zur Standardisierung der Probe-nahme.

4 Bekämpfung/Maßnahmen

Untersuchungen zur direkten und indirekten Bekämpfung der Bodenmüdigkeit sollten vor allem Verfahren aufgreifen, die in den bisher durchgeführten Versuchen erste gute Ergebnisse zeigten. Dazu gehören Biofumigation, der Einsatz von Hilfsstoffen und Kalkstickstoff, sowie das Ausbringen von Mykorrhiza und Antagonisten. Gezielte Züchtung auf widerstandsfähige Sorten wäre ebenfalls erstrebenswert. Versuche mit chemischen Pflanzenschutzmitteln (z.B. Bodenentseuchungsmitteln) könnten helfen, Datenlücken im Zulassungsverfahren zu schließen.

5 ökonomische Analyse/Bewertung

Unter diesem Punkt wurde vor allem die wirtschaftliche Analyse der Auswirkung der Bodenmüdigkeit für die Praxisbetriebe für wichtig gehalten.

6 politische Rahmenbedingungen

Zusammenarbeit und Forschungskooperation, wie sie derzeit in der Arbeitsgruppe „Bodenmüdigkeit“ praktiziert wird, wurde sehr begrüßt. Bisher erfolgte die Finanzierung der Versuche überwiegend aus Eigenmitteln und durch Förderung des Vereins Deutscher Rosen (VDR). Da die Untersuchungen zur Bodenmüdigkeit aber sehr aufwändig und langwierig sind, ist man langfristig auf drittmittelfinanzierte Forschungsprojekte (z.B. durch Bund, Länder, Berufsverbände etc.) angewiesen.

Literatur

KLAUS, H., 1939: Das Problem der Bodenmüdigkeit unter Berücksichtigung des Obstbaus. Landw. Jahrb. **89**, 413-460.

OTTO, G., 1992: Bodenmüdigkeit bei Apfel – nur ein Nachbarproblem? Gartenbaumagazin **3**, 97-100.

Sabine WERRES (JKI Braunschweig)

Das Institut für Anwendungstechnik im Pflanzenschutz des Julius Kühn-Instituts (JKI) gibt bekannt:

Fachbeirat Geräte-Anerkennungsverfahren

Vom Präsidenten des Julius Kühn-Instituts – Bundesforschungsinstitut für Kulturpflanzen wurden in den Fachbeirat Geräte-Anerkennungsverfahren berufen:

- Herr HELLER, Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL), Institut für Pflanzenschutz, Freising
- Herr Dr. KEICHER, Forschungsanstalt Geisenheim, Fachgebiet Technik, Geisenheim

Aus dem Fachbeirat Geräte-Anerkennungsverfahren sind ausgeschieden:

- Herr SCHENK, Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL), Institut für Pflanzenschutz, Freising
- Herr Dr. BÄCKER, Forschungsanstalt Geisenheim, Fachgebiet Technik, Geisenheim

Heinz GANZELMEIER (JKI Braunschweig)

Personalien

Nachruf für Dr. rer. hort. Klaus Krämer

Am 21.02.2011 verstarb nach schwerer Erkrankung im 82. Lebensjahr Herr Dr. rer. hort. Klaus KRÄMER, Leiter des hessischen Pflanzenschutzdienstes von 1973 bis 1991.

Dr. Klaus KRÄMER, geb. am 08.06.1929, war von 1956 bis zu seiner Versetzung in den Ruhestand 1991 beim damaligen Pflanzenschutzamt Frankfurt am Main, später Hessisches Landesamt für Ernährung, Landwirtschaft und Landentwicklung – Pflanzenschutzdienst tätig.

Nach einer Gärtnerlehre beim Lehr- und Versuchsgut Groß-Umstadt legte Dr. KRÄMER am 18.03.1952 die Gärtnergehilfenprüfung ab. Das Studium des Gartenbaues von 1952 bis 1955 an der Technischen Hochschule in Hannover beendete er mit der Diplomprüfung. Im Januar 1956 begann sein Vorbereitungsdienst für den höheren landwirtschaftlichen Dienst als „Pflanzenschutzleiter“. Nach Ablegung der Staatsprüfung am 14.02.1958 war er zwei Jahre und drei

Monate aushilfsweise beim Pflanzenschutzamt beschäftigt. Während dieser Zeit erfolgte am 28.02.1959 an der Technischen Hochschule Hannover am Institut für Pflanzenkrankheiten und Pflanzenschutz die Promotion zum Doktor der Gartenbauwissenschaften mit dem Thema „Beiträge zur Biologie, Ökologie und Bekämpfung der Ebereschennote (*Argyresthia conjugell* Zell.) an Apfel und an Eberesche in Hessen“.

Am 01.06.1960 wurde Dr. KRÄMER als wissenschaftlicher Sachbearbeiter am Pflanzenschutzamt Frankfurt/Main eingestellt, zu Beginn als Dezernent für den Bereich Warndienst. Im April 1970 wurde ihm die stellvertretende Leitung und ab 1973 die kommissarische Leitung des Pflanzenschutzamtes Frankfurt/Main übertragen. Nach Zusammenlegung der Pflanzenschutzämter Frankfurt/Main und Kassel im Jahre 1978 bis zu seiner Versetzung in den Ruhestand am 31.08.1991 war er der Leiter des hessischen Pflanzenschutzdienstes.

Dr. Klaus KRÄMER war Pflanzenschutzler aus Berufung.

Nach seiner Versetzung in den Ruhestand hielt er weiterhin, auch nach der

Verlegung der Dienststelle von Frankfurt nach Wetzlar, den Kontakt zu seinem Amt und den ehemaligen Arbeitskolleginnen und -kollegen. Bis zu seinem Tod war er als Mitglied der Deutschen Phyto-medizinischen Gesellschaft (DPG) an den aktuellen Geschehnissen des Pflanzenschutzes interessiert. Regelmäßig besuchte er, sofern es seine Gesundheit zuließ, die Ländertagungen der DPG und die Arbeitstagungen des Hessischen Landesarbeitskreises Pflanzenschutz. Noch wenige Wochen vor seinem Tod besuchte er den Pflanzenschutzdienst Hessen an seinem jetzigen Standort in Wetzlar, um sich über die dortige Situation und die aktuellen Fragen des Pflanzenschutzes zu informieren.

Dr. Klaus KRÄMER hat sich um den Pflanzenschutz in Hessen große Verdienste erworben. Sein Tod hinterlässt in seiner Familie aber auch in Pflanzenschutz-Fachkreisen eine große Lücke.

Wir trauern mit seiner Gattin, seinen Kindern und Angehörigen um einen fähigen, seriösen und netten Menschen und ehemaligen Vorgesetzten.

Martin KERBER
(Regierungspräsidium Gießen,
Pflanzenschutzdienst Hessen)