

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 alkaline 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. Wurzelausscheidungen) 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 Probeentnahme.