

Wolfram F. Gerlach¹, Helgard I. Nirenberg²

Phytophthora x pelgrandis W.F. Gerlach, Nirenberg, Graef. an *Pelargonium grandiflorum* hort.

Phytophthora x pelgrandis W.F. Gerlach, Nirenberg, Graef. on *Pelargonium grandiflorum* hort.

Zusammenfassung

Von der vor kurzem an einer Sorte von *Pelargonium grandiflorum* hort. beschriebenen *Phytophthora*-Hybride, *Ph. x pelgrandis* W.F. Gerlach, Nirenberg, Graef., werden die morphologischen Charakteristiken nochmals genannt und fotografisch dokumentiert. Neben morphologischen und physiologischen Daten (Temperaturansprüche) werden molekularbiologische Untersuchungen (RAPD-PCR) und Infektionsversuche an Sorten von *P. grandiflorum* und *Nicotiana tabacum* L. dargestellt. Als Vergleichsorganismen dienten Kulturen der ähnlich aussehenden Arten *Ph. cactorum* (Leb. et Cohn) Schröt. und *Ph. nicotianae* van Breda de Haan.

Stichwörter: Infektionsversuche, Morphologie, *Nicotiana tabacum*, *Pelargonium grandiflorum*, *Phytophthora cactorum*, *Ph. nicotianae*, *Ph. x pelgrandis*, RAPD-PCR, Taxonomie

Abstract

Morphological characteristics of the lately described *Phytophthora hybrid*, *Ph. x pelgrandis* W.F. Gerlach, Nirenberg, Graef., isolated from a variety of *Pelargonium grandiflorum* hort. are presented and documented with photographic pictures. Besides morphologic and physiologic data (temperature requirements) molecular analyses (RAPD-PCR) and infection tests with varieties of *P. grandiflorum* and *Nicotiana tabacum* L. are reported. For comparison cultures of the similar looking species *Ph. cac-*

torum (Leb. et Cohn) Schröt. and *Ph. nicotianae* van Breda de Haan were chosen.

Key words: Infection tests, morphology, *Nicotiana tabacum*, *Pelargonium grandiflorum*, *Phytophthora cactorum*, *Ph. nicotianae*, *Ph. x pelgrandis*, RAPD-PCR, taxonomy

Einleitung

Im Rahmen der Schaderregerüberwachung überprüft das Pflanzenschutzamt Berlin in seinem Einzugsbereich Pflanzenbestände der Gartenbaubetriebe auf Schadsymptome parasitärer oder nichtparasitärer Art. Pflanzenschäden, die nicht eindeutig einer Ursache zuzuordnen sind, werden einer Labordiagnose unterzogen.

Im März 2001 traten in einem Bestand von *Pelargonium grandiflorum* hort. (ca. 7500 Topfpflanzen) vereinzelt welkende Pflanzen (Abb. 1) auf. Stammgrund und Triebe waren sowohl außen wie innen bis in die Blattstiele dunkelviolett bis schwarz verfärbt (Abb. 2). Letzteres Symptom, das mit verbräunten Leitungsbahnen verbunden war (Abb. 3), deutete auf einen echten Welkeerreger hin. Bei der Isolierung im Labor zeigten sich jedoch Myzelstrukturen einschließlich vegetativer und generativer Vermehrungsorgane der Gattung *Phytophthora* (vgl. WATERHOUSE, 1956; KRÖBER, 1985; ERWIN und RIBEIRO 1996).

Die Beschreibung der isolierten *Phytophthora*-Hybride als *Ph. x pelgrandis* wurde bereits veröffentlicht (NIRENBERG et al., 2009).

Institut

Pflanzenschutzamt Berlin¹

Julius Kühn-Institut – Bundesforschungsinstitut für Kulturpflanzen, Institut für Epidemiologie und Pathogendiagnostik, Berlin-Dahlem²

Kontaktanschrift

Dr. Helgard I. Nirenberg, Julius-Kühn-Institut – Bundesforschungsinstitut für Kulturpflanzen, Institut für Epidemiologie und Pathogendiagnostik, Königin-Luise-Str. 19, 14195 Berlin, Deutschland, E-Mail: helgard.nirenberg@jki.bund.de

Zur Veröffentlichung angenommen

Januar 2009



Abb. 1. An *Phytophthora x pelgrandis* erkrankte *Pelargonium*-Pflanze (rechts), Kontrollpflanze (links).

Material und Methoden

Morphologie

Aus den Übergangsstellen von verfärbtem zu gesundem Gewebe der Stängel wurden 2–5 mm große Stücke geschnitten und auf SNA (NIRENBERG, 1990) in Plastik-Petrischalen ausgelegt. Diese wurden im Labor bei ca. 22°C und natürlichem Tag- Nachtrhythmus für 5 Tage aufgestellt. Danach erfolgte die Durchsicht der auswachsenden Mikroorganismen auf Gattungszugehörigkeit und damit die Eingrenzung der möglichen Pathogene.

Da von den auswachsenden Myzelien nur das einer *Phytophthora* als Erreger in Frage kam, wurde diese isoliert. Ihre Kultivierung erfolgte zunächst auf PDA, um das Wuchsbild zu erhalten und auf 1%igem sowie 5%igem Möhrensaftagar (MöSA), um Wuchsgeschwindigkeit, Kardinaltemperaturen und alle relevanten morphologischen Merkmale zu erfassen.

Nachdem die Isolate nicht eindeutig einer bekannten *Phytophthora*-Art zuzuordnen waren, wurden auch Stämme der beiden Arten *Ph. cactorum* und *Ph. nicotianae*, die den *Pelargonium*-Isolaten am stärksten ähnelten, zum Vergleich in die weiteren Untersuchungen einbezogen (NIRENBERG et al., 2009).

Temperaturversuche

Zur Ermittlung der Kardinaltemperaturen wurde von jedem der drei untersuchten *Phytophthora*-Taxa ein Stamm ausgewählt. Sie wurden auf 5%igen MöSA in 9 cm Plastik-Petrischalen mit 2 Wiederholungen abgeimpft. Nach dem Anwachsen der Impfstücke wurden die Platten in Brutschränken bei Temperaturen von jeweils 2,5°C Abstand aufgestellt. Die Temperaturspanne lag zwischen 2,5°C und 37,5°C; dort wurde ihr täglicher Myzelzuwachs notiert. Bei der Ermittlung der Kardinaltemperaturen wurde festgestellt, dass der tägliche Myzelzuwachs von drei Faktoren beeinflusst wird: 1. Alter des in Petrischalen gegossenen Mediums, 2. Möhrensorte und 3.



Abb. 2. Violett-schwarze Stängelverfärbung einer mit *Ph. x pelgrandis* infizierten *P. grandiflorum*-Jungpflanze.



Abb. 3. Verbräunte Leitungsbahnen eines mit *Ph. x pelgrandis* infizierten *P. grandiflorum*-Stängels (Querschnitt links, Längsschnitt rechts).

Sektor der Myzelkultur, der durch das verwendete Impfstück zum Test gelangt. Nur der erste Faktor lässt sich standardisieren. Für die drei Temperaturkurven wurden jeweils die höheren Temperaturen verwendet.

Molekularbiologische Untersuchungen

Für die RAPD-Analyse wurden 12 *Phytophthora*-Isolate verwendet: jeweils ein Isolat von *Ph. syringae* und *Ph. citricola*, zwei Isolate von *Ph. x pelgrandis*, sowie je vier von *Ph. cactorum* und *Ph. nicotianae* (Tab. 1). Die auf 22 mm Durchmesser (Ø) Hafermehl-agar-Schrägröhrchen unter

Paraffinöl bei 18°C konservierten Stämme wurden von dort durch Abimpfen bewachsener Agarstückchen auf 1%igen MÖSA in Plastik-Petrischalen revitalisiert. Nach 10 Tagen Wachstum im Labor bei ca. 22°C wurden je 5 bewachsene Agarstücke eines Isolates in 100 ml Erlenmeyerkolben mit 40 ml MYP-Flüssigmedium überführt und für 48 h bei 20°C und 140 rpm rotiert. Das Myzel wurde filtriert und zweimal mit dest. H₂O gewaschen und danach mit 0,5 mm großen Glasperlen in 1 ml SDS/EDTA im Rotationsgefäß für 30 Min. bei höchster Drehzahl im RETSCH-Schüttler zerrieben. DNA-Isolierung und RAPD-Analyse-Methode sind bei HERING und NIRENBERG (1995) nachzulesen. Folgende zwei 15-mer Primer: Nr. 5: 5'-gAg ggT ggC ggC TCT-3' und Nr. 65: 5'-gCg CAT gAC Tgg CAg-3' wurden eingesetzt.

Infektionsversuche

Es wurden drei Erdinfektionsversuche mit verschiedenen *Phytophthora*-Isolaten in Gewächshauskammern durchgeführt. Dazu wurde ein mit jeweils einem *Phytophthora*-Isolat beimpftes Torf-Häcksel-Sandgemisch mit Möhrenschnitzelzusatz (KRÖBER, 1985) verwendet, das im Verhältnis von 1:2 mit gedämpfter T-Erde gemischt wurde.

Der erste Versuch fand im Zeitraum Juni bis November 2001 mit dem *Ph. x pelgrandis* Isolat BBA 71724 sowie dem *Ph. cactorum* Isolat BBA 65915 von *Fragaria x ananassa* cult. an jeweils 10 Pflanzen von *P. grandiflorum* statt. Dabei kamen 10 einjährige Pflanzen der Sorte Burghi und 5 + 5 Jungpflanzen der Sorten Fabiola und Belvedere zum Einsatz. Die Kontrolle bestand aus 20 + 10 + 10 Pflanzen, die in ein entsprechendes aber unbeimpftes Erdgemisch getopft wurden. Die Auswertung erfolgte acht Wochen nach Inokulation der Pelargonien.

Der zweite Versuch wurde im Zeitraum von Oktober 2001 bis Februar 2002 durchgeführt. Diesmal wurden neben BBA 71724 und BBA 65915 drei *Ph. nicotianae* Isolate BBA 62046, BBA 62701 und BBA 62707 an *Nicotiana tabacum* 'Gold Dollar' in 9 cm Plastik-Rundtöpfen und Jungpflanzen in 11 cm Plastik-Rundtöpfen von *Pelargonium grandiflorum* der Sorte Imperial gemäß folgendem Versuchsplan getestet: Jeweils 10 Tabakpflanzen im Fünf-Blatt-Stadium wurden mit diesen Isolaten inokuliert – ausgenommen BBA 62701 und BBA 62707, für die nur 5 Pflanzen zur Verfügung standen. An den Pelargonienpflanzen wurden nur die *Ph. nicotianae* Stämme getestet und zwar mit der gleichen Pflanzenzahl wie bei Tabak. Als Kontrolle dienten je 10 Pflanzen.

Der dritte Versuch fand zwischen Dezember 2003 und Februar 2004 statt. Es wurden Jungpflanzen der *P. grandiflorum* Sorten Belvedere und Fabiola (in 38 mm Jiffy pots) verwendet, deren Anfälligkeit sich bereits im ersten Versuch offenbart hatte. Von jeder Sorte wurden 10 Pflanzen mit einem Pilzisolat inokuliert und 20 Kontrollpflanzen eingesetzt. Folgende *Phytophthora*-Isolate wurden getestet: BBA 62046, 62707 (*Ph. nicotianae*), BBA 62638, BBA 62640 (*Ph. cactorum*) und BBA 71724, BBA 71729 (*Ph. x pelgrandis*). Dieser Versuch sollte die sich bereits in den ersten beiden Untersuchungen abzeichnenden Pathogenitätsunterschiede zweifelsfrei bestätigen.

Ergebnisse

Pilzbeschreibung

Morphologie von *Phytophthora x pelgrandis* (Abb. 4 und Abb. 5-8). Koloniewuchs auf 1%igem MÖSA nach 4 Tagen im Dunkeln bei 20°C ca. 30 mm, langsamwachsende Stämme nur ca. 13 mm; Kardinaltemperaturen: 7,5°C – 25°C bis 30,0°C – 32,5°C bis 35,0°C. Auf PDA im Dunkeln bei 20°C Luftmyzel bis 1 mm hoch, weißlich, zartwattig, manchmal mit stellenweise stecknadelkopfgroßen, weißen Myzelknäulen; Rand stolonienartig, Kolonienunterseite zart weiß-beige; Zoosporangien bevorzugt auf 1%igem MÖSA, terminal, einzeln an zarten Trägern von 2 µm Breite, auch einzeln an sympodial verzweigten, kurzen Trägern. Zoosporangien (40): (44.0) 47.0 – 50.0 – 53.0 (67.4) x (37.4) 38.3 – 40.5 – 42.7 (45.0) µm, rundlich, eiförmig bis umgekehrt birnenförmig, mit deutlich hervorstehender Papille. Zoosporen im Durchmesser ca. 7,0 – 9,0 µm. Oogonien bevorzugt auf 5%igem MÖSA am Plastik-Petrischalenboden entstehend: zuerst verästelte Hyphen mit Pro-Antheridien, danach in deren Nähe die runden Oogonien, von paragynen oder amphigynen Antheridien befruchtet. Oogonien ca. 32 – 38 µm groß mit 2 µm dicker Wand, die apertotische Oospore ca. 27 – 32 µm im Durchmesser, Antheridien ca. 7 µm, homothalisch.

Vorkommen an Stängeln erkrankter *Pelargonium grandiflorum* Pflanzen in Deutschland. Als lebende Kultur (Ex-Typus) wurde BBA 71729 = CBS 123385 hinterlegt.

Ähnlichkeiten. (Tab. 2): Das Wuchsbild von *Phytophthora x pelgrandis* auf PDA gleicht dem von *Ph. cactorum*, (Abb. 4), die Form der Zoosporangien ähneln jedoch *Ph. nicotianae*. *Ph. x pelgrandis* bildet im Gegensatz zu *Ph. nicotianae* keine Chlamyosporen. Die Kardinaltemperaturen dieser beiden Arten gleichen sich ebenfalls bis auf die ihrer Minimaltemperaturen. Die massenhafte homothalische Bildung von Oogonien erinnert jedoch mehr an *Ph. cactorum*, obwohl auch amphigyne Antheridienbildung vorkommt. *Phytophthora x pelgrandis* steht also morphologisch zwischen *Ph. cactorum* und *Ph. nicotianae*. Die ge-



Abb. 4. Wuchsbilder von *Ph. x pelgrandis* (oben), *Ph. cactorum* (links) und *Ph. nicotianae* (rechts) auf PDA bei 20°C.

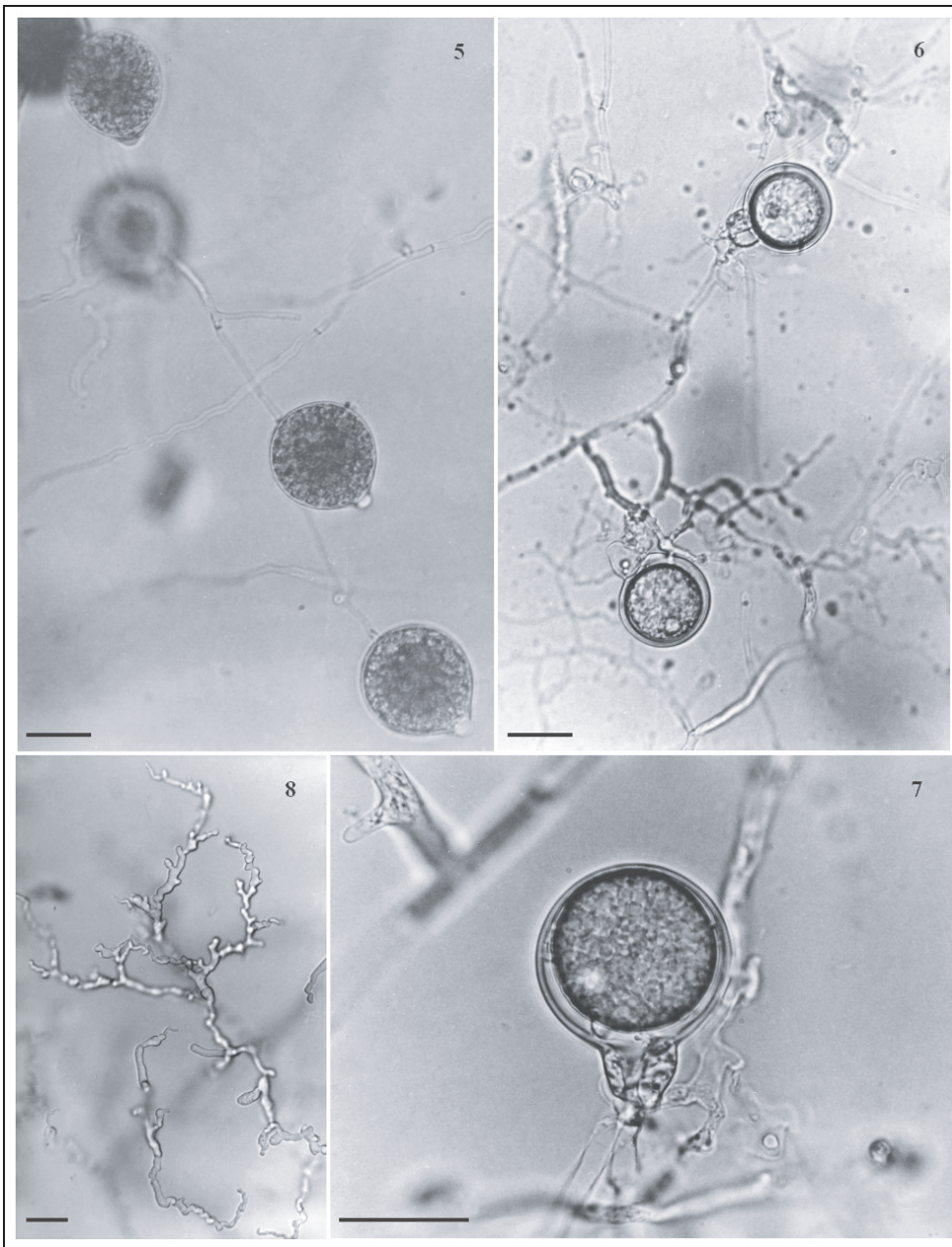


Abb. 5-8. Morphologische Merkmale von *Ph. x pelgrandis* auf MöSA im Labor (Maßstab = 25 µm).
Abb. 5 Rundliche Zoosporangien mit hervorstehender Papille an sympodial verzweigenden Trägern.
Abb. 6 Zwei Oogonien mit paragynem bzw. amphigynem Antheridium.
Abb. 7 Oospore mit amphigynem Antheridium.
Abb. 8 Geweihartige Substratmyzelstruktur im 1%igen MöSA.

nerativen und vegetativen Vermehrungsorgane von *Ph. x pelgrandis* sind knapp $\frac{1}{5}$ größer als die der beiden Vergleichsarten.

Temperatur. Die drei *Phytophthora*-Taxa unterscheiden sich in ihren Temperaturansprüchen (Abb. 9, Tab. 2) wobei die Kardinaltemperatur von *Ph. x pelgrandis* stärker der von *Ph. nicotianae* ähnelt als der von *Ph. cactorum*.

RAPD-Bandenmuster. Die u. a. verwendeten zwei Primer, Nrn 5 und 65, erzeugten für alle drei *Phytophthora*-Taxa, *Ph. nicotianae* (Säulen 12 – 15), *Ph. cactorum* (Säulen 6 – 11) und *Ph. x pelgrandis* (Säulen 4 und 5), unterschiedliche Bandenmuster; zum Vergleich der Laufhöhe der Banden wurde Marker 1kb Ladder (Säulen 1 und 16) benutzt. Als weiterer Vergleich wurde jeweils ein

Isolat von *Ph. syringae* und *Ph. citricola* analysiert (Säulen 2 und 3). Keine Bande von *Ph. x pelgrandis* zeigt die gleiche Laufhöhe wie die der Banden von *Ph. syringae* und *Ph. citricola*. Es zeigt sich jedoch, dass einzelne Banden von *Ph. x pelgrandis* mit einigen von *Ph. nicotianae* und *Ph. cactorum* identisch sind. Die Bandenmuster von *Ph. x pelgrandis* stehen in der Mitte dieser beiden Arten (Abb. 10).

Infektionsversuche

Versuch 1. Alle Kontrollpflanzen von *P. grandiflorum* blieben wie erwartet gesund. BBA 71724 und BBA 65915 verursachten gleiche Schadsymptome. Zunächst verfärbte sich der Stängelgrund schwarz. Die Verfärbung setzte sich akropetal am Stängel fort und reichte über die Blattstiele bis in die Blattadern (vgl. Abb. 2). Dabei vergilbten

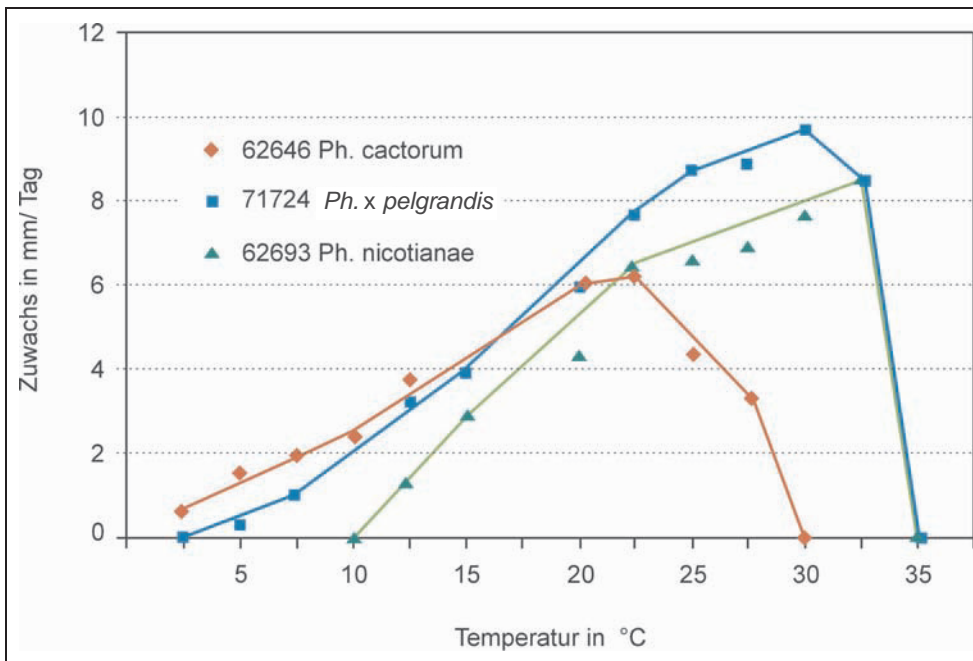


Abb. 9. Temperaturabhängiger, täglicher Myzelzuwachs von Isolaten dreier *Phytophthora*-Arten auf 5%igem MÖSA im Dunkeln. Anmerkungen: Die außerhalb der Wachstumskurve liegenden Messpunkte sind wahrscheinlich auf verschiedenartige Sektoren der *Phytophthora*-Kulturen zurückzuführen.

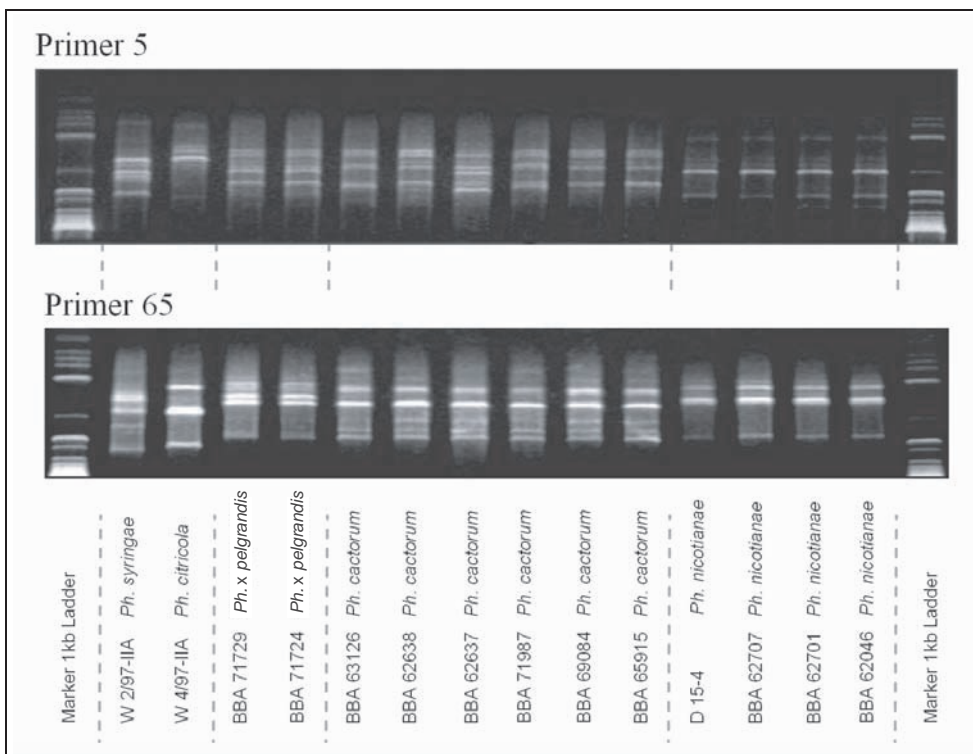


Abb. 10. Mit zwei Primern erhaltene RAPD-PCR Bandenmuster von 8 *Phytophthora*-Isolaten.

die Blattspalten und vertrockneten. Die Pflanzen starben schließlich ab. Allerdings zeigten sich Unterschiede in der Aggressivität der Isolate wie in der Anfälligkeit der Versuchspflanzen. Die einjährigen, inokulierten Pelargoniumpflanzen wurden bis auf eine Pflanze, die mit BBA 71724 infiziert war, nicht befallen. Von Fabiola und Belvedere waren jedoch alle Pflanzen von dem *Ph. cactorum*-Isolat wie dem *Ph. x pelgrandis*-Isolat so stark infiziert, dass sie abstarben (Abb. 11).

Versuch 2. Alle Kontrollpflanzen der *P. grandiflorum* Sorte Imperial blieben gesund. Die mit den drei *Ph. nicotiana*

nae Stämmen BBA 62046, BBA 62701 und BBA 62707 inokulierten Pflanzen zeigten ebenfalls keine Symptome.

Auch die Kontrollpflanzen des Tabaks zeigten keine Schädigungen. Ebenso vermochten die beiden *Ph. nicotiana* Herkünfte, BBA 62701 und 62707, sowie das *Ph. cactorum*-Isolat, BBA 65515, an den Tabakpflanzen keine Schäden zu verursachen. Nur das *Ph. x pelgrandis*-Isolat und der dritte Stamm von *Ph. nicotiana*, BBA 62046, verursachten Schadbilder: BBA 71724 bewirkte bei allen Pflanzen leichte Wuchsdepressionen. Es entwickelten sich im Gegensatz zu den Kontrollpflanzen, die im Durchschnitt 7 bis 8 Blätter aufwiesen, nur 5 bis 6. Die



Abb. 11. Infektionsversuch mit *Ph. x pelgrandis* (BBA 71724) an *P. grandiflorum*-Jungpflanzen im Gewächshaus (Kontrollpflanzen links, infizierte Pflanzen rechts).



Abb. 12. Tabak-Jungpflanzen aus Infektionsversuch im Gewächshaus; von links nach rechts, links 2 nicht infizierte Kontrollpflanzen, Mitte 2 mit BBA 71724 inokulierte Pflanzen (Wuchsdepressionen), rechts mit BBA 62046 infizierte Pflanzen von unterschiedlicher Befallsstärke: oben Wuchsdepression, unten abgestorben.

mit BBA 62046 infizierten Tabakpflanzen waren am stärksten in Mitleidenschaft gezogen (Abb. 12). Eine Pflanze ging während des Versuches sehr bald zu Grunde, acht Pflanzen konnten nur 3 bis 6 Blätter entwickeln. Nur eine entsprach der Kontrolle mit 7 entfaltenen Blättern.

Versuch 3. Die Kontrollpflanzen beider Sorten von *P. grandiflorum* zeigten keine sichtbaren Schäden. Ebenso verursachten die beiden *Ph. cactorum*- und *Ph. nicotianae*-Isolate an den inokulierten Pflanzen nicht das typische Schwarzwerden der Pelargonienstängel. Die zwei *Ph. x pelgrandis*-Isolate jedoch induzierten die typischen Krankheitsbilder. Alle Pflanzen waren nach fünf Wochen abgestorben. Die Sorte Belvedere war am Anfang des Versuches von den Symptomen stärker betroffen als die Sorte Fabiola. Am Ende des Versuches waren aber keine Unterschiede mehr zu erkennen. Weder aus gesund aussehenden inokulierten noch aus den abgestorbenen infizierten Pflanzen konnte eine *Phytophthora* reisoliert werden.

Diskussion

Der aus dem uns an Pelargonien unbekanntem Symptom isolierte Pilz erwies sich als *Phytophthora*, deren Taxon anfangs nicht eindeutig identifiziert werden konnte. Das Pathogen schien eine gewisse Ähnlichkeit mit *Ph. cactorum* zu haben. Jedoch sahen die Zoosporangien runder als bei *Ph. cactorum*, eher *Ph. nicotianae* ähnlich. Um weitere Meinungen zur Artbestimmung einzuholen, wurde je eines der Isolate an eine *Phytophthora*-Spezialistin und an die Firma DNA SCAN GmbH zur Bestimmung geschickt. Beide identifizierten den Pilz als *Ph. nicotianae*. Diese Identifizierungen stehen im Gegensatz zu unseren gesamten Untersuchungsergebnissen (vgl. NIRENBERG et al., 2009), die eine engere Nähe zu *Ph. cactorum* vermuten lassen. Die unterschiedlichen Kardinal-

temperaturen sowie die RAPD-PCR-Bandenmuster zeigten, dass die Isolate von Edelpelargonien nicht mit den beiden anderen *Phytophthora*-Arten identisch sind. Eine Gleichsetzung mit *Ph. nicotianae* verbietet sich zusätzlich durch die Homothallie des Pilzes (vgl. Tab. 2). Damit sind diese beiden Epithete für die Namensgebung des Erregers an *P. grandiflorum* aus.

Die unterschiedlichen Bestimmungen des Erregers von *P. grandiflorum* zeigen, dass klassische Verfahren sich streng an die Charakteristiken der Art halten müssen wie z. B. Homothallie, Heterothallie oder Größenmessungen. Da der tägliche Myzelzuwachs neben der Temperatur und dem Nährmedium auch von den zur Abimpfung ausgewählten Sektoren der Mutterkolonie abhängt, ist dieses physiologische Merkmal nur mit gewisser Vorsicht zu verwenden. Molekularbiologische Verfahren wiederum müssen möglichst Typuskulturen oder authentische Isolate als Grundlage der DNA-Sequenzen verwenden und Sequenzabschnitte auswählen, die für die Art einmalig sind. Wie sich in früheren Untersuchungen (NIRENBERG et al., 2009) herausgestellt hat, stammt die mitochondriale DNA der Hybride von *Ph. nicotianae*. Wird diese als Grundlage der Identifizierungsprobe verwendet, wird das Isolat von *Ph. x pelgrandis* als *Ph. nicotianae* bestimmt.

Bei den morphologischen Untersuchungen zeigte sich, dass es von Vorteil ist, *Phytophthora*-Isolate auf 1- und 5%igem MöSA zu kultivieren. Bei 20°C werden auf 1%igem MöSA vorrangig Zoosporangien gebildet, auf 5%igem MöSA Oogonien. Diese beiden Medien haben gegenüber Möhrenschnitzelagar den Vorteil, dass sie leichter herzustellen sind, die *Phytophthora*-Merkmale schneller ausgebildet werden und, da die Oberfläche des Mediums eben ist, diese gut zu photographieren sind. Außerdem wurde festgestellt, dass das Wuchsbild auf PDA prägnanter ausgebildet wird als auf MöSA.

Auch die Infektionsversuche lieferten Beweise, dass *Ph. x pelgrandis* nicht mit *Ph. cactorum* oder *Ph. nicotianae* identisch ist. Erstens waren die beiden *Ph. x pelgran-*

dis-Stämme die einzigen, die bei den Sorten Belvedere und Fabiola von *P. grandiflorum* zum Totalausfall der Pflanzen führten. Zweitens deuten die Ergebnisse darauf hin, dass die *Phytophthora*-Hybride aus den beiden vorigen Arten entstanden ist: Nur jeweils ein Stamm von *Ph. x pelgrandis* und *Ph. nicotianae* vermochten die Tabakpflanzen im Wachstum zu beeinflussen; und außer den *Ph. x pelgrandis*-Stämmen war nur ein *Ph. cactorum*-Stamm in der Lage Krankheitssymptome an *P. grandiflorum* Pflanzen zu verursachen.

Auch sind morphologisch ähnliche Charakteristiken und übereinstimmende RAPD-Banden bei den zwei Eltern-Arten zu finden. Die etwas größeren Zoosporangien und Oogonien von *Ph. x pelgrandis* unterstreichen ebenfalls, dass es sich um eine Hybride von *Ph. cactorum* und *P. nicotianae* handelt.

Ob *Ph. x pelgrandis* mit den von holländischen Wissenschaftlern (MAN IN 'T VELD et al., 1998; BONANTS et al., 2000) genannten *Phytophthora*-Hybridstämmen, die sie von *Cyclamen*, *Lavendula*, *Lewisia*, *Primula* und *Spatiphyllum* isoliert haben, aber nicht von *Pelargonium*, identisch ist, ist noch nicht geklärt.

Bisher kann nur gesagt werden, dass mindestens zwei *P. grandiflorum*-Sorten, nämlich Belvedere und Fabiola, stark anfällig gegenüber *Ph. x pelgrandis* sind. Ob sich die einjährigen Pelargonien-Pflanzen der Sorte Burghi aufgrund ihres Alters als resistent erwiesen, ist nicht eindeutig zu sagen, da auch die Sorte zum Widerstand beigetragen haben könnte.

Es zeigte sich im dritten Versuch, dass *Ph. x pelgrandis* aus infizierten, abgestorbenen Pflanzen nicht mehr zu isolieren ist.

Außerdem offenbarten die Infektionsversuche, dass starke Unterschiede in der Aggressivität der Isolate der drei *Phytophthora*-Taxa bestehen. Dass nur BBA 62064 an Tabak pathogen war, kann unter Umständen damit erklärt werden, dass dieser Stamm ursprünglich von KRÖBER (1974) als einziger der getesteten *Ph. nicotianae*-Stämme der Varietät *nicotianae* zugeordnet worden war. Die anderen beiden Isolate bezeichnete er als Varietät *parasitica*. Später schloss auch Kröber sich der am häufigsten vertretenen Meinung an, dass es keine Varietäten bei *Ph. nicotianae* geben sollte (1985). Auch ERWIN und RIBEIRO (1996) scheinen sich nicht für eine der beiden Auffassungen entscheiden zu können. In den vorliegenden Versuchen zeigten sich keine nennenswerten Un-

terschiede in der Morphologie und den RAPD-Bandenmustern der *Ph. nicotianae*-Isolate. Der für Phytopathologen wichtige Unterschied in der Pathogenität könnte deshalb mit zwei spezialisierten Formen markiert werden: *Ph. nicotianae* f. sp. *nicotianae*, pathogen an Tabakpflanzen und *Ph. nicotianae* f. sp. *parasitica*, nicht pathogen an Tabakpflanzen aber an vielen anderen Kulturpflanzen. Unter den getesteten *Ph. cactorum*-Isolaten war nur BBA 65915 in der Lage *P. grandiflorum*-Pflanzen zu infizieren. An Tabak erwies sich von *Ph. x pelgrandis* nur BBA 71724 als schwach aggressiv, wogegen an *P. grandiflorum* sich beide Isolate gleich aggressiv verhielten.

Danksagung

Für die gewissenhafte zur Verfügungstellung der Kulturen und Nährmedien bedanken wir uns bei Frau ZINN und Frau KRÜGER. Besonders gilt unser Dank Frau RISTAU für die exakte Erstellung der technischen Daten. Außerdem möchten wir die unentgeltliche Identifizierung der *Phytophthora*-Stämme durch die Firma DNA SCAN GmbH und die Bereitstellung der Versuchspflanzen durch die Firma Elsner pac hervorheben.

Literatur

- BONANTS, P.J.M., M. HAGENAAR-DE WEEERDT, W.A. MAN IN 'T VELD, P.R. BAAYEN, 2000: Molecular characterization of natural hybrids of *Phytophthora nicotianae* and *P. cactorum*. *Phytopathology* **90**, 867-874.
- ERWIN, D.C., O.K. RIBEIRO, 1996: *Phytophthora* Diseases Worldwide. APS Press, St. Paul, Minnesota, USA.
- HERING, O., H.I. NIRENBERG, 1995: Differentiation of *Fusarium sambucinum* Fuckel sensu lato and related species by RAPD-PCR. *Mycopathologia* **129**, 159-164.
- KRÖBER, H., 1985: Erfahrungen mit *Phytophthora* de Bary und *Pythium* Pringsheim. Mitt. Biol. Bundesanst. Land-Forstwirtschaft., Berlin-Dahlem, H. 225, 175 pp.
- MAN IN 'T VELD, W.A., W.J. VEENBAAS-RIJKS, E. ILIEVA, A.W.A.M. DE COCK, P.J.M. BONANTS, R. PIETERS, 1998: Natural hybrids of *Phytophthora nicotianae* and *Phytophthora cactorum* demonstrated by isozyme analysis and random amplified polymorphic DNA. *Phytopathology* **88**, 922-929.
- NIRENBERG, H.I., 1990: Recent advances in the taxonomy of *Fusarium*. *Stud. Mycol.* **32**, 91-101.
- NIRENBERG, H.I., W.F. GERLACH, T. GRÄFENHAN, 2009: *Phytophthora x pelgrandis*, a new natural hybrid pathogenic to *Pelargonium grandiflorum* hort. *Mycologia* **101** (2), 220-231.
- WATERHOUSE, G.M., 1956: The Genus *Phytophthora*. Diagnoses (or Descriptions) and Figures from the Original Papers. Misc. Publ. No 12. 120 pp.