

シマサルナシ交雑実生樹のキウイフルーツ根腐病抵抗性評価

戸井康太^{*}・清水伸一・宮田信輝・毛利真寿代^{**}・矢野 隆

Evaluation of tolerance degree of kiwifruit root rot in hybrid seedlings of *Actinidia rufa*

Kouta Toi, Shinichi Shimizu, Nobuki Miyata, Masuyo Mouri and Takashi Yano

Summary

Since the tolerance to kiwifruit root rot is greater in *Actinidia rufa* than *Actinidia deliciosa*, *A. rufa* seems to be ideal rootstock for kiwifruit. However, propagation of this species by cutting is not enough for commercial nursery and seedling propagation is very efficient. As the tolerance degree of *A. rufa* seedlings has not been clarified, three types of hybrid seedlings (*A. rufa* × *A. rufa*; rr, *A. rufa* × *A. chinensis*; rc and *A. rufa* × *A. deliciosa*; rd) were compared with conventional rootstock (*A. deliciosa* × *A. deliciosa*; dd).

1. The seedling mortality of rr, rc and rd plots was markedly lower than dd plots, in which 50% seedlings were damaged by infection.

2. The percentage of browning around the ground level position was 66.7% in dd plots, whereas no browning was observed in rr, rc or rd plots. In PCR detection of pathogen from the ground level position, positive reaction was obvious in dd plots but negative in rr, rc, and rd plots. Regarding the pathogen separation by the selected medium, *Pythium helicoides* were frequently separated in dd seedlings, only few pathogens were detected in fine roots of rc and rd seedlings.

3. These results indicate that rr, rc and rd seedlings were substantially tolerant to root rot disease like *A. rufa* cutting, and that these are available for kiwifruit rootstocks.

Key Words : rootstock, seedling, disease resistance

I 緒言

キウイフルーツ (*A. deliciosa*, *A. chinensis*) は、1963年にニュージーランドから日本に導入され(大垣、1984)、緑色の果肉、爽やかな食味で人気があり、近年では黄

^{*}現在：中予地方局産業振興課 ^{**}現在：農産園芸課

肉系品種の登場で再び注目を集めている果樹である。導入され30年以上が経過しているが、一般的に、国内でのキウイフルーツの経済樹齢は30~35年程度と考えられることから、多くの栽培園地において樹齢が進んでおり、改植期を迎えている。

そうした中、近年生産現場では梅雨明け後に、葉の急激な萎凋症状や葉焼け症状を引き

起こして立枯れとなる樹が頻発し問題となっていた。特に、樹齢の進んだ樹においては、近年の異常気象の影響も加わり、樹勢が低下しやすく、激発すると廃園を余儀なくされる状況にあった。清水ら（2005）はこの立枯れ症状の病原菌として *P. helicoides* と *P. vexans* の両菌を同定し、この土壌病害を‘キウイフルーツ根腐病’と命名した。根腐病に対する登録農薬はなく、土壌病害であることから感染樹の治療は難しく、改植が最も適切であるが、土壌中に *Pythium* 属菌が蔓延している園地では、改植後に若木が枯れる事例も多く見受けられる。

果樹では、このような土壌病害虫に対して抵抗性台木を導入することが有益な対策となること既に多く報告されている（河瀬、1995）。キウイフルーツの台木としてはキウイフルーツの実生樹が一般的に用いられており、この実生樹より本病に対する抵抗性が高い台木の探索が重要である。既報では、キウイフルーツと同じマタタビ属の中でも、シマサルナシ (*A. rufa*) の台木として有用性が報告されている（永田ら、1997、新田ら、1999）。Yanoら（2011）はシマサルナシにおいては、切断した新梢および根への接種試験により、根腐病に対して抵抗性である可能性を明らかにし、腐敗性の強い *P. helicoides* に対しても抑制効果があることを報告している。また、宮田ら（2013）はシマサルナシ台木を用いたヘイワードを供試して、本台木樹の初期生育が優れることを報告しており、本台木の有用性が明らかになりつつある（薬師寺ら、2012）。

形質の固定されたシマサルナシ台木を作るには挿し木繁殖が適しているが（松本ら、2013）、苗木の生産効率を向上させるためには種子繁殖による台木生産体系の確立が望まれる。種子繁殖の場合、シマサルナシ同士の交配、シマサルナシとキウイフルーツの交配による種子生産が考えられるが、その種子繁殖

個体が後代まで根腐病に対する抵抗性を有しているのかどうかは明らかではない。そこで、それぞれの交配組み合わせの台木と、従来利用されてきたキウイフルーツ交雑台木の根腐病抵抗性の比較を行うことで効率的な台木生産の可能性を評価した。

II 材料および方法

試験区は、表1に示す交配組合せで設定した。すなわち、シマサルナシ雌樹「府中系統」にシマサルナシ雄樹「EAR-1 系統」を交配して得られた実生苗（以下 rr 実生区）、シマサルナシ雌樹「府中系統」にキウイフルーツの *A. chinensis* を交配して得られた実生苗（以下 rc 実生区）、シマサルナシ雌樹「府中系統」にキウイフルーツの *A. deliciosa* 系花粉を交配して得られた実生苗（以下 rd 実生区）および *A. deliciosa* ‘ヘイワード’に *A. deliciosa* 系花粉を交配して得られた慣行実生苗（以下 dd 実生区）を設けた。平成24年5月に交配し、その翌年の9月に種子を採取して試験に供試した。それぞれ平成25年8月に3cm四方のセルトレイに播種し、発芽後3号鉢に移植し12月までガラス室内で育成したものをを用いた。供試個体数は、rr 実生区214個、rc 実生区159個、rd 実生区171個、dd 実生区24個である。

表1 試験区の概要

区	交配組み合わせ	数
rr 区	<i>A. rufa</i> (府中系) × <i>A. rufa</i> (EAR-1 系統)	214
rc 区	<i>A. rufa</i> (府中系) × <i>A. chinensis</i>	159
rd 区	<i>A. rufa</i> (府中系) × <i>A. deliciosa</i>	171
dd 区	<i>A. deliciosa</i> (ヘイワード) × <i>A. deliciosa</i>	24

試験1 病原菌接種による根腐病発病程度の比較

接種菌株は強腐敗性の *P. helicoides* を供試し、PDA 培地で25℃、7日間培養した後、

コルクボーラー(φ5mm)で菌そうを打ち抜き、1ポットあたり株元の2か所に接種し、育苗室(25℃、15時間日照)に搬入した。その後、苗に変化が見られなかったため第一回接種後12日目に再度倍量の菌そう(φ10mm)を1ポットあたり2か所に接種し、育苗室に搬入した。調査は、調査日ごとに根腐病によって枯死した苗数を調査した。根腐病による枯死かどうかの判定は、根腐病に感染した時にみられる地際部の褐変の有無によって決定し、調査最終日には各試験区で枯死しなかった苗を抜き取り、地際部の褐変の有無についても調査した(図1)。



図1 健全な苗(左)と根腐病により地際部が褐変症状を呈した苗(右)

試験2 PCR、選択培地による根腐病菌感染程度の比較

試験1で地際部が褐変して枯死したdd実生苗およびそれ以外の試験区における外観健全なrr、rc、rd実生苗について、各3本の地際部の組織をPCRにより調査した。PCRについては、各実生苗の地際部の樹皮から組織を採取し、Yanoら(2011)の報告により検定した。さらに各試験区1本の実生苗地際部および細根部の組織を、*Pythium*菌選択培地であるP₅ARP培地(Jeffers and Martin, 1986)に接種し、接種2日後の菌の分離状況から根腐病菌感染の有無をそれぞれ確認した。

III 結果

試験1 病原菌接種による根腐病発病程度の比較

根腐病菌による苗の枯死は、1回目の接種では発現せず、それから12日後の、2回目の接種で感染を確認できた。最初に確認されたのはdd実生苗区で、その後もdd実生区では枯死個体が増加し、調査最終日の累計枯死率は50.0%に達した。一方で、rr実生区、rd実生区では枯死個体は皆無であり、rc実生区の累計枯死率もわずか0.6%であった(図2)。調査最終日の各試験区における枯死しなかった苗の地際部の褐変率は、dd実生区で66.7%と最も高くなった(図3)。これに対して、rr実生区、rc実生区、rd実生区では地際部が褐変した苗はまったくみられなかった。

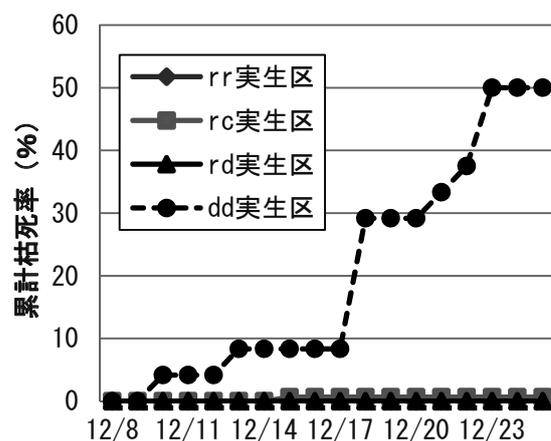


図2 根腐病による苗の累計枯死率の推移

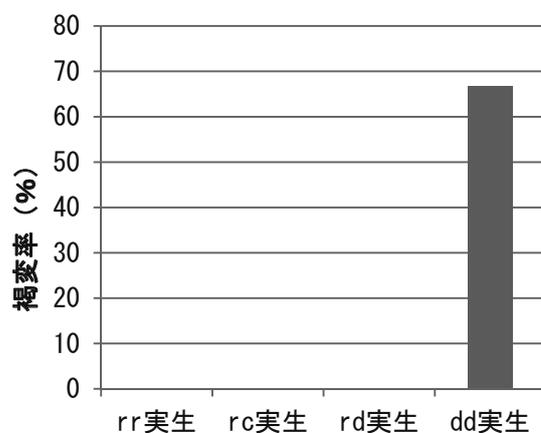


図3 枯死しなかった苗の地際部の褐変率

苗の地際部の表層を薄く削いで観察したところ、dd 実生区を除く、健全な苗が緑色および白色であるのに対して、地際部が褐変した dd 実生区の苗では内部まで褐変しており、症状が激しいものは木質組織まで軟腐症状を呈していた (図 4)。発病個体では、地上部で葉枯れ・萎凋症状がみられ、地下部においても地際部と同様に褐変症状がみられた (図 5、6)。

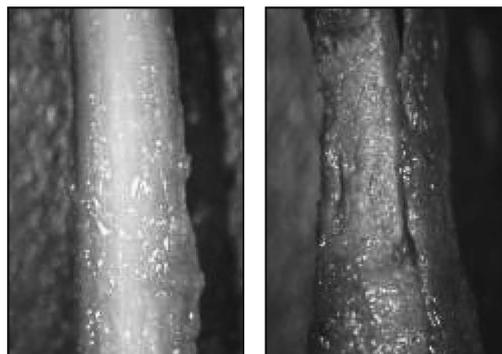


図 4 地際部の褐変症状

健全苗の地際部は樹皮を剥ぐと樹皮内部が緑色、木質部は白色となっている (図 4、左)。感染苗の地際部は赤黒く褐変し、軟腐症状も呈しており、樹皮から木質部に至るまで褐色症状が確認された (図 4、右)。



図 5 発生した葉枯れ症

試験 2 PCR、選択培地による根腐病菌感染程度の比較

PCR を用いた遺伝子診断により地際部組織を調査したところ、地際部が褐変して枯死した dd 実生苗 3 個体すべてから *P. helicoides* が検出され、他の試験区の健全苗 3 本からは

検出されなかった (図 7)。P₅ARP 培地による菌の分離を実施したところ、dd 実生苗では地際部および細根の両方の組織から、rc 実生苗、rd 実生苗では細根組織から *P. helicoides* が検出された (データ省略)。

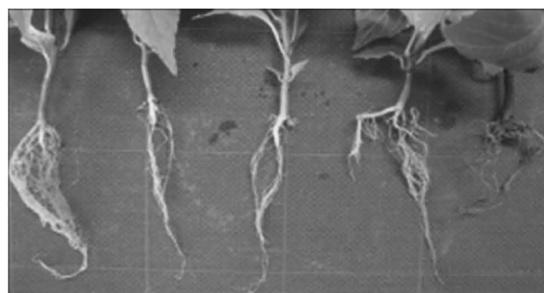


図 6 各試験区の根の褐変状態

左から、rr 実生区、rc 実生区、rd 実生区、dd 実生区 (褐変なし)、dd 実生区 (褐変あり)

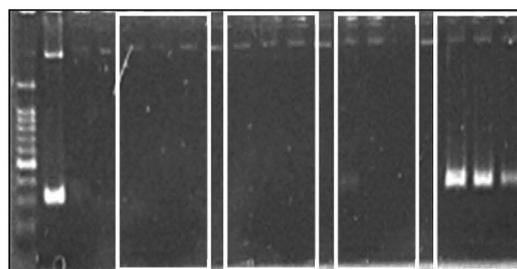


図 7 各試験区の地際部組織における *P. helicoides* 菌 DNA 増幅後の電気泳動写真

IV 考 察

果樹においては、遺伝的にヘテロな栽培種を増殖する上で、台木を用いた苗木生産が活発に行われている。その中でも病虫害やいや地の対策として特殊な台木が用いられることは多い。ブドウでは土壌害虫のフィロキセラに抵抗性を持つ台木の開発で、世界各地で安定的な栽培が可能となった。また、日本で栽培されているカンキツ類は一般的にカラタチを台木としており、これによってカンキツトリステザウイルスなどによる樹勢衰弱を回避

できている（河瀬、1995）。

このように、病虫害抵抗性台木の導入は極めて有力な栽培技術となる。しかし、その台木植物体が真正抵抗性を持っていることはまれで、相対的な抵抗性のある植物を有効に活用することが経済栽培では大切である。今回の研究で供試したシマサルナシも *Pythium* 属菌に真正抵抗性を有するわけではなく、その原理も明らかにはなっていない。これまで、シマサルナシのキウイフルーツの台木としての有用性はいくつも報告されており、栽培品種との接木親和性も問題になっていないことから、栽培者からは大きな期待が寄せられている。さらに、キウイフルーツの高樹齢化に加え、キウイフルーツかいよう病の発生により、改植に必要な苗木の需要が高まっている。シマサルナシは比較的安定的な栄養繁殖は可能であるが（松本、2013）、苗木生産業者では生産体制や増殖施設の問題から実生由来の台木生産を求める声が強い。そこで、今回の試験で供試したシマサルナシの標準系統である‘府中系’（2倍体）を母親として、いくつかの花粉親（*A. rufa*: 2×、*A. chinensis*: 2×、*A. deliciosa*: 6×、）との交配種子から得られた実生苗を台木として利用できるか、特に根腐病に対する感染抑制程度について検証した。

試験1で実施した根腐病菌接種による発病程度の比較では、慣行台木の交配組合せである dd 実生区で供試苗の50%が枯死したのに対して、シマサルナシ実生である rr 実生区やシマサルナシとキウイフルーツの交配である rc 実生区および rd 実生区では苗の枯死率が顕著に低かった（図2）。また、枯死しなかった苗の地際部の褐変率においても、dd 実生区が66.7%であったのに対し、rr 実生区や rc 実生区、rd 実生区では褐変した苗がみられなかった（図3、6）。加えて、苗の地際部および細根への根腐病菌感染の有無を遺伝子診断

および菌の分離を行うことで調査した結果、枯死した苗における地際部の褐変は根腐病菌の感染によるものと確認できた（図7）。さらに、rc 実生区、rd 実生区では、地際部からは菌が分離されることはなかったが、細根から根腐病菌が分離された。これらの事から、シマサルナシに由来する実生系統においても根腐病抵抗性は維持されており、台木生産に実生樹を用いることは可能であると考えられた。この際、シマサルナシの形質を強く維持したいのであれば rr 実生苗を用いる必要があるが、本交配苗は rc 実生、rd 実生苗に比べて生育が極めて緩慢であり、苗木生産現場では扱いにくい。また、倍数性の異なる rd 実生は交配組み合わせによっては種子が得られにくい場合もあり、最も産業的に生産効率の高いのは rc 実生であろう。

ただし、台木の有用試験については、穂木の種類によって差が出ることや、経済樹齢の長さ、果実生産性および品質など幅広い面からの研究が必要である。本センターでは既に各種台木のキウイフルーツ樹を本圃に定植しており、引き続き総合的な経済栽培性について検討していく予定である。

V 摘 要

キウイフルーツ根腐病抵抗性台木であるシマサルナシ実生樹（*A. rufa*×*A. rufa*）、シマサルナシとキウイフルーツの交雑実生樹（*A. rufa*×*A. chinensis*、*A. rufa*×*A. deliciosa*）および慣行台木（*A. deliciosa*×*A. deliciosa*）の根腐病抵抗性を評価した。

1) 根腐病菌を接種して発病程度を比較した結果、慣行台木の dd 実生区において、供試苗の50%が根腐病菌の感染により枯死したのに対し、rr 実生区、rc 実生区および rd 実生区では苗の枯死率が顕著に低かった。

2) 枯死しなかった苗についても、根腐病

感染から起こる地際部の褐変率を調査したところ、dd 実生区が 66.7%であったのに対し、rr 実生区、rc 実生区および rd 実生区では、細根組織から根腐病菌が検出されたものの褐変した苗はみられなかった。

3) 以上より、rr 実生、rc 実生および rd 実生は根腐病に対して真性抵抗性ではないが、dd 実生と比べて顕著に本病の感染を抑制すると考えられた。

VI 引用文献

- Jeffers, S. N. and S. B. Martin. 1986. Comparison of two media selective for Phytophthora and Pythium. Plant Dis. 70:1038-1043
- 河瀬憲次. 1995. 台木と穂木の生理作用. p. 15-24. 果樹台木の特性と利用. 農文協
- 松本 曜・別府賢治・山下泰生・片岡侑雄. 2013. キウイフルーツの台木に用いるシマサルナシ (*Actinidia rufa*) の栄養繁殖. 園学研. 12 (別2) : 326.
- 宮田信輝・戸井康太・清水伸一・矢野 隆・三好孝典. 2013. シマサルナシ交雑実生樹を台木にしたキウイフルーツの初期成育. 園学研. 12 (別2) : 325.
- 永田賢嗣・森永邦久・池田富喜夫. 1997. キウイフルーツ葉の光合成能とシマサルナシ台木の特性について. 四国農試報. 61 : 159-166.
- Nitta, H. and S. Ogasawara. 1999. Characteristics of 'hayward' kiwifruit vines grown on their own roots or grafted onto *Actinidia polygama* or *Actinidia rufa*. Acta Hort. 498:319-324.
- 大垣智昭. 1984. キウイフルーツ. 基礎編. 原産と来歴. p. 3-5. 農業技術体系. 果樹編 5. 農山漁村文化協会. 東京.
- 清水伸一・矢野 隆・三好孝典・橘 泰宣. 2005. *Pythium* 属菌によるキウイフルーツ根腐病 (新称). 日植病報. 71 : 210.
- 清水伸一. 2006. 愛媛県におけるキウイフルーツ立枯症の発生と原因の解明について. 今月の農業. 10 : 29-33.
- 清水伸一・三好孝典・矢野 隆・篠崎 毅・岡本芳昭. 2009. 種特異的プライマーを用いたキウイフルーツ根腐病菌の PCR による検出. 園学研. 8 (別2) : 434.
- 薬師寺 博・杉浦裕義・東 暁史・山崎安津. 2012. 乾燥ストレス下におけるキウイフルーツとシマサルナシの光合成特性ならびに水分特性. 園学研. 11 (別1) : 292.
- Yano, T., Shimizu, S., Miyoshi, T., Miyata, N., Immon, K., Shinozaki, T., Sawada, H. and K. Kageyama. 2011. Tolerant *Actinidia* Species to *Pythium helicoides* and *P. vexans* Causing Root Rot. Acta Hort. 913:517-524.