九病虫研会報　65：18-23（2019）
Kyushu Pl. Prot. Res. 65：18-23（2019）

マンゴー軸腐病の果房における発病推移と病原菌の生息分布，分生子飛散消長およびハウス内の枯れ枝残渣除去による耕種的防除効果

澤岻　哲也[†*]・比嘉　淳[**]・伊山　和彦・伊志嶺弘勝・手登根　正
（沖縄県農業研究センター宮古島支所）

Temporal changes in occurrence of stem-end rot in mango fruit clusters, habitat distribution and conidial dispersal of the causal pathogen, and effect of removal of dead-branch residue on cultural control against stem-end rot in greenhouses.

Tetsuya Takushi[†*], Atsushi Higa[**], Kazuhiko Iyama, Hirokatsu Ishimine, Tadashi Tedokon
（Okinawa Prefectural Agricultural Research Center Miyakojima Branch, 2071-40 Nishizato, Hirara, Miyakojima, Okinawa 906-0012, Japan.）

To estimate the infection source of mango stem-end rot, we investigated the temporal changes in the occurrence of stem-end rot of mango fruit clusters. We also examined the habitat distribution and conidial dispersal of the causal fungus, *Lasiodiplodia theobromae* from lesions in diseased fruit clusters under greenhouse cultivation. Occurrence of stem-end rot in fruit clusters increased after anthesis in March and peaked during the harvest period in July. Conidial dispersal fluctuated markedly from May to July, with vigorous dispersal occurring from mid-to late June. *Lasiodiplodia theobromae* was isolated at high rates from flowers, peduncles, fruit-bearing shoots, and fruiting mother shoots, indicating extensive latent infection in a diseased field. We assumed that the main infection sources of this disease are infected fruit clusters and conidia from lesions on infected fruit clusters. We subsequently investigated the efficacy of removing dead branch residues in greenhouses to prevent the spread of disease. We found that occurrence of the disease in fruit clusters was significantly lower for branch-removal plots relative to the untreated control. Specifically, incidence of the disease in branch-removal plots was reduced to 31.1-56.0% of that in the untreated control during anthesis and 32.5-38.8% during the harvest period.

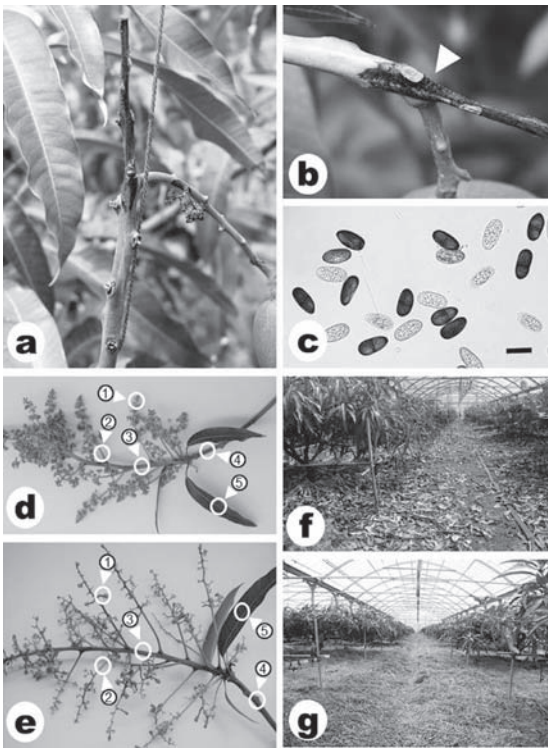
Keywords : infection source, *Lasiodiplodia*, plant debris, post-harvest disease

緒　　言

マンゴー軸腐病は糸状菌の *Lasiodiplodia theobromae*（澤岻ら，2013）と *Neofusicoccum parvum*（澤岻ら，2017）の感染によって引き起こされる病害で，果実出荷後の輸送過程で果梗部から軟化・腐敗する症状を呈するため，市場や消費者からのクレーム発生がしばしば問題となる。また，圃場では果房や緑枝に病原菌が感染して激しい枝枯れ症状を引き起こす（澤岻ら，2013）。そのため，圃場における収穫前からの防除対策が重要である。本病の

† takushtt@pref.okinawa.lg.jp
* 現在　沖縄県農業研究センター
** 現在　沖縄県農林水産部農林水産総務課
* Present address: Okinawa Prefectural Agricultural Research Center, 820 Makabe, Itoman, Okinawa 901-0336, Japan.
** Present address: Okinawa Department of Agriculture Forestry and Fisheries, Agriculture Forestry and Fisheries General Administration Division, 1-2-2 Izumizaki, Naha, Okinawa 900-8570, Japan.

L. theobromae が果房に感染した場合，縦長状の黒色病斑を示し，その病斑上に黒色粒状の分生子殻を豊富に形成する（第１図 a,b）。そのため，果房上の病斑から飛散する分生子が圃場での重要な伝染源になっていると考えられるが，その発病状況や分生子飛散の実態は不明である。また，一般にマンゴー栽培では，収穫後の剪定作業により果房はすべて除去されるが，沖縄県では切り落とされた果房やその残渣は樹冠下で放置される場合が多く，これが翌年の伝染源になることが推察される。これまでにアスパラガス褐斑病やセイヨウナシ褐色斑点病において，園内の落葉等の残渣除去を行うことで発病を抑える事例が報告されていることから（石松ら，2009；棚橋ら，2018），本病においても生産者に対してはハウス内の伝染源となる枯れ枝残渣除去による耕種的防除の重要性を認識させ，圃場の衛生管理に対する意識向上を図る必要がある。そこで，本研究では本病の伝染源としてマンゴー果房に着目し，果房における発病推移と病原菌の生息分布，病斑上からの分生子飛散消長を調査するとともに，ハウス内の枯れ枝残渣除去による耕種的防除の有効性について検討したので，その結果を報告する。なお，本文に先立ち，現地試験で圃場を提供して頂いた沖縄県宮古島市平良狩俣の生産者である池間等志氏，宮古島市城辺下里添の下北果樹生産組合の喜屋武則吉氏ならびに本稿を校閲頂いた沖縄県農業研究センター石垣支所の安次富厚氏，沖縄県農業研究センター病虫管理技術開発班の山城麻希氏に厚く御礼申し上げる。



第１図　マンゴー軸腐病（*L. theobromae*）の果房の病徴と分生子ならびに果房サンプルの分離部位（品種：「アーウィン」）と枯れ枝残渣除去の試験圃場.
a：果房の病斑，**b**：病斑上の黒色粒状の分生子殻（矢印），**c**：未熟分生子（無色で単胞）と成熟分生子（暗褐色で隔壁を有する），スケールは20μm を示す，**d**：開花期の果房，矢印と番号は菌の分離部位（①花または果梗部，②着果枝，③果房枝，④結果母枝（緑枝）および⑤葉），**e**：着果期および果実肥大期の果房，矢印と番号は菌の分離部位（①～⑤は同上），**f**：無処理区，**g**：残渣除去区（残渣除去後に敷き草を全面に施用）.

材料および方法

１．果房における発病推移

2002～2004年にかけて，本病の発生履歴のある沖縄県宮古島市平良の農家園（A）および宮古島市城辺の農家園（B）の２カ所で調査を行った。いずれの園地も供試品種は「アーウィン」で樹齢８～12年生を使用した。２月下旬の開花初期から７月下旬の収穫後期まで毎月１回，各園地内の調査樹について *L. theobromae* の分生子殻が形成された縦長状の黒色病斑（第１図 a）を示す発病果房数（樹あたりの平均調査果房数21～76本のうち）を調査し，発病率を算出した。調査は12樹 / 区の２反復で行った。

２．果房病斑からの分生子飛散消長

2003年の５月中旬（果実肥大期）から７月中旬（収穫期）にかけて，沖縄県宮古島市平良にある農業研究センター宮古島支所のハウス内で調査を行った。供試品種は「アーウィン」で樹齢15年生を使用した。ハウス内で罹病果房上に形成された *L. theobromae* の分生子殻（第１図 b）を有する病斑の直下（約３cm）に，あらかじめ作成したグリセリン・ゼリー（ゼラチン７g を42ml の蒸留水中で膨潤させ，50g のグリセリンと１g のフェノールを加えたもの）を表面に塗布したスライドグラスを針金で固定し，その上に落下する分生子数を計測した。分生子は *L. theobromae* の特徴である無色，単胞，楕円形の未熟分生子と暗褐色で隔壁を有する成熟分生子の２種類の分生子（第１図 c）の合計数を調査した。調査期間中は毎日スライドグラスを取り替え，分生子の計測を行った。試験は６反復

で行った。

３．果房における病原菌の生息分布

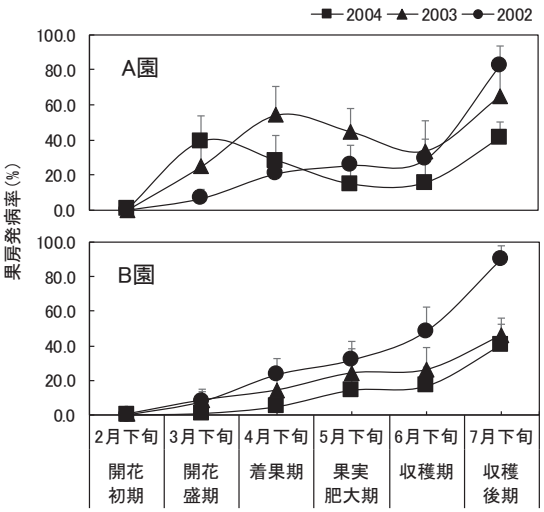
2002年に本病の多発生（前年の収穫期の果房発病率：61.9％）が確認されている沖縄県宮古島市城辺の農家園（Ｃ園）と少発生（同発病率：7.8％）が確認されている宮古島市平良の農業研究センター宮古島支所（Ｄ園）の２カ所の「アーウィン」（樹齢８～18年生）から開花期（４月上旬），着果期（５月上旬）および果実肥大期（６月上旬）の３期に分けて，第１図（d,e）に示すように外観上健全な果房サンプルをそれぞれ採集し，①花または果梗部，②着果枝，③果房枝，④結果母枝（緑枝）および⑤葉の５カ所の部位から病原菌の分離を行った。それぞれの部位から切片（約３×３mm）を切り取り，２％次亜塩素酸ナトリウム水溶液に40秒間浸漬した後，滅菌水で洗浄し，滅菌濾紙で水分を除去した後に２％素寒天培地に置床し，25℃で培養３日間後，切片から伸長した単一の菌糸先端部をジャガイモ・ブドウ糖寒天平板培地（PDA）に移植した。PDA 平板培地上で著しく生育が速く，培養３日目には初め白色，培養７日後には灰黒色で綿毛状の菌叢を呈するものを *L. theobromae* として同定し，切片30個あたりの分離率を算出した。試験は２反復で行った。

４．ハウス内の枯れ枝残渣除去による防除効果

2002～2004年にかけて，本病の発生履歴のある沖縄県宮古島市平良の農家園で調査を行った。供試品種は「アーウィン」で樹齢15年生を使用した。残渣除去区（面積：5a）と無処理区（面積：5a）のハウスを設定して，残渣の除去は調査年の前年の10月上旬に実施した。残渣除去区は樹冠下，通路の枯れ枝等を含む植物残渣をすべて除去し，その後に牧草類の乾燥敷き草をハウス内全面に施用した（第１図f,g）。なお，試験当時は本病の登録薬剤はなかったため，両試験区ともに調査期間中の殺菌剤の防除は行わなかった。調査は枯れ枝残渣除去後の翌年３月下旬の開花期および６月下旬の収穫期において，各区の12樹について *L. theobromae* の分生子殻を有する縦長状の黒色病斑を示す発病果房数を調査し，発病率を算出した。また，枯れ枝残渣除去の有効性については，複数の独立した試験結果を定量的・統計学的に統合して解析するメタ・アナリシス（川口，2015）によって防除効果を評価した。すなわち，2002～2004年の開花期と収穫期のデータを合わせた６試験事例の結果を解析に用いた。メタ・アナリシスは DerSimonian-Laired method により統計解析ソフトウェア EZR（Kanda, 2013）を用い，枯れ枝残渣除去区と無処理区の軸腐病の果房発病率の割合（リスク比と95％信頼区間：C.I.）を求めて防除効果を評価した。リスク比の値が1.0未満であれば，その値分の比率だけ無散布に比べて有意に発病率が低いことを示す（リスク比0.1は無散布区に比べて発病率が10％であることを示す）。

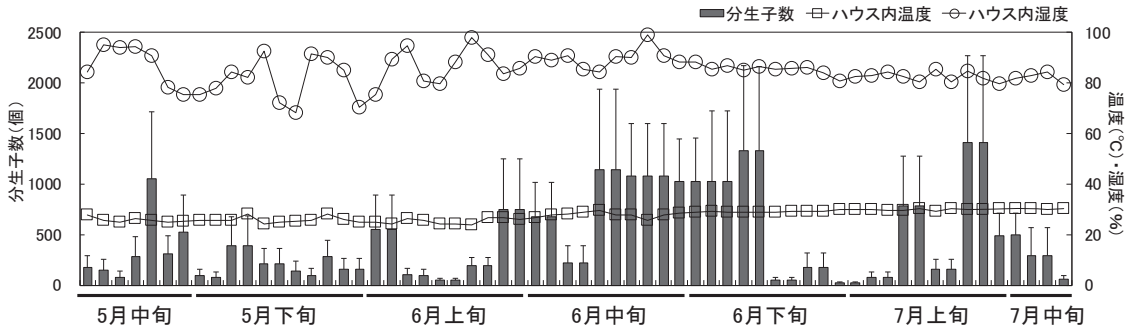
結果および考察

農家園地２カ所における2002～2004年の３年間でのマンゴー軸腐病の果房発病率の推移を第２図に示した。Ａ園では2002年３月下旬の開花盛期以降からしだいに発病率が増加して，７月の収穫後期に急激な発病率の増加が認められた。特に収穫終了時点では81.5％と高い発病率であった。また，2003年と2004年ではそれぞれ４月下旬，３月下旬に急激な発病率の増加が認められ，その後は発病果房の剪定除去とともに一旦低下するものの，収穫後期には再び発病率の増加が認められた。３月と４月に発病率の増加が認められたのは，この時期に開花や着果を早めるために夕方から翌日の午前中までハウスの天井および側面を数日間ビニールで覆って保温したために高温多湿条件となり，これが発病を大きく助長したと考えられた。一方，Ｂ園ではいずれの年も３月下旬の開花盛期以降から緩やかに発病率が増加し，収穫後期に最も高い発病率を示した。特に2002年７月下旬の収穫終了時点で91.5％と高い発病率であった。両園ともに全体の傾向として，４～５月



第２図　マンゴー軸腐病の果房における発病推移.
Ａ園：沖縄県宮古島市平良，**Ｂ園**：沖縄県宮古島市城辺．エラーバーは標準誤差（SE）を示す.

に行われるハサミによる摘果や摘房の後からしだいに発病率が増加して収穫期にピークを示しており，作業時の傷口から病原菌の感染が助長されていると考えられた。また，いずれの園地でも病斑上には *L. theobromae* の分生子殻が豊富に形成されており，そこから分生子が活発に飛散していると推察された。そこで，果房病斑上からの分生子飛散の有無を確認するために，５～７月の果実肥大期から収穫期にかけて，果房に形成された病斑上からの分生子の飛散消長を調査した。その結果，分生子は激しく増減を繰り返しながら常時飛散することが確認され，６月中～下旬頃に活発な飛散のピークを示した（第３図）。一方，ハウス内の温湿度と分生子飛散のピークとの関係は判然としなかった。このことから，果房の病斑上の分生子が圃場における重要な２次伝染源となっており，５～６月に飛散した大量の分生子が袋かけ前の未熟果実表面に付着すると推察された。さらに，果房における病原菌の生息分布について多発園（Ｃ園）と少発園（Ｄ園）で比較した結果，開花期，着果期および果実肥大期の３つの生育ステージにおいて，少発園では①花または果梗部で0.0～5.0％，②着果枝で3.3～5.0％，③果房枝で3.3～10.0％，④結果母枝（緑枝）で3.3～6.7％および⑤葉で1.7～10.0％と全ての部位から *L. theobromae* が分離されたが，その頻度は低かった（第１表）。一方，多発園では①花または果梗部で25.0～68.3％，②着果枝で23.3～85.0％，③果房枝で15.0～43.3％，④結果母枝（緑枝）で25.0～41.7％および⑤葉で35.0～85.0％と全ての部位から高い割合で分離され，少発園と比べて様々な植物部位で潜在的に広く高密度で病原菌が生息していることが明らかになった（第１表）。このことから，本病の病原菌密度が高い園内では，病原菌は常に植物体表面上で感染できる待機



第３図　果房病斑からの *L. theobromae* の分生子飛散消長．エラーバーは標準誤差（SE）を示す．

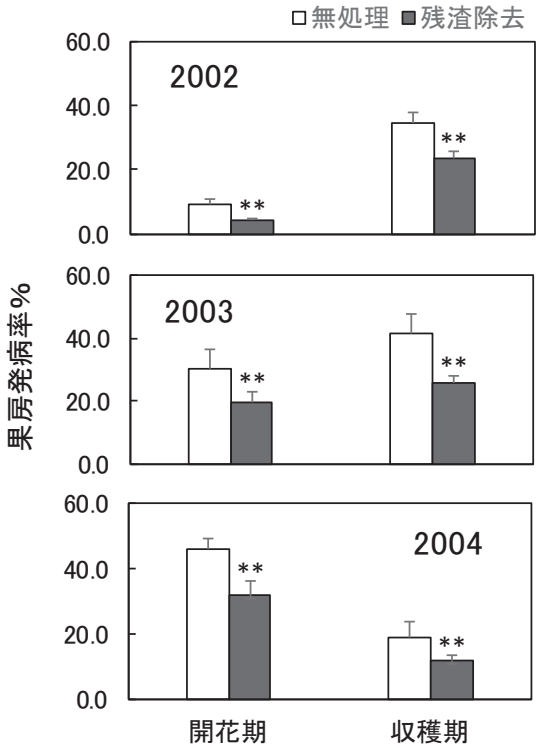
第１表　果房における部位別の *L. theobromae* の分離率

	開花期（4月上旬）		着果期（5月上旬）		果実肥大期（6月上旬）	
	C[a)]	D[a)]	C	D	C	D
①花・果梗部	25.0[b)]	0.0	68.3	3.3	35.0	5.0
②着果枝	23.3	3.3	85.0	5.0	75.0	3.3
③果房枝	15.0	5.0	43.3	3.3	41.7	10.0
④結果母枝（緑枝）	25.0	3.3	41.7	6.7	26.7	5.0
⑤葉	35.0	1.7	85.0	8.3	53.3	10.0

a）C：多発園，D：少発園
b）切片30個あたりの分離率（％）の平均値を示す．

状態にあり，特に果房では摘果作業等の傷口から容易に感染・侵入し，その後急速に発病率が増加していくと考えられた。以上より，マンゴー軸腐病の発生生態として，果房での発病とその病斑上の分生子が主要な伝染源となっており，分生子が活発に飛散しながら，ハウス内に蔓延することで，最終的に未熟果実へ潜在感染するものと考えられた。

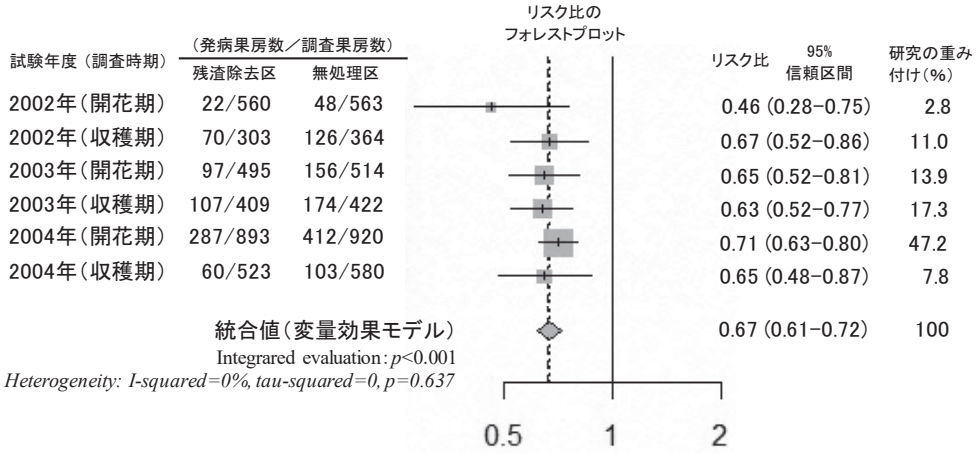
沖縄県のマンゴー栽培では，果実収穫後の８月下旬～９月にかけて本病に罹病した果房を含むすべての果房が剪定で除去されるが，多くの生産者の圃場で枯れ枝や細かな剪定残渣が周年，樹冠下に放置される場合がみられる。そのため，枯れ枝残渣がハウス内でそのまま翌年の１次伝染源になることが容易に想定されることから，残渣をハウス外に持ち出して除去することは耕種的防除手段として重要と考えられる。そこで，ハウス内の枯れ枝残渣除去による本病の果房での発病に対する防除効果について，2002～2004年の３年間，



第４図 ハウス内の枯れ枝残渣除去によるマンゴー軸腐病の果房の発病に対する防除効果.
開花期：３月下旬，収穫期：６月下旬，エラーバーは標準誤差（SE）を示す．アスタリスクは Fisher's Exact Test による有意差を示す（p<0.01）.

現地試験を行った。その結果，いずれの年においても残渣除去後の翌年の３月の開花期および６月の収穫期では，無処理区と比べて残渣除去区で有意に果房での発病率は低くなり，開花期では無処理区の31.1～56.0％，収穫期では32.5～38.8％まで発病を抑えることが明らかになった（第４図）。また，これらの結果をメタ・アナリシス解析によって統合評価したところ，残渣除去区からみた無処理区に対する統合リスク比は，0.67（95％信頼区間：0.61～0.72）で誤差の範囲を含めて1.0未満であり，残渣除去区の軸腐病の発生は無処理区に比べて有意に少なく，無処理区の果房発病率の67％（防除価33）にまで発病が抑制されることが示された（第５図）．以上の結果より，樹冠下に放置された枯れ枝残渣は翌年の伝染源として寄与していることが明らかとなり，その残渣をハウス外へ除去することで翌年の２次伝染源となる果房での発病を抑える効果があることが示された。よって，ハウス内の枯れ枝残渣除去は本病の耕種的防除法として有効であると考えられる。

これまでに，マンゴー軸腐病の他にもう一つの重要病害である炭疽病においても，植物残渣上では病原菌の *Colletotrichum gloeosporioides* が病原性を保持したまま低温条件下（10℃）で300日以上生存し，圃場内での伝染源に成り得ること，宮崎県内の実態調査では，圃場の植物残渣量が多い農家園地ほどマンゴー果実での炭疽病の発生も多いことが確認されている（寺本ら，2009；澤岻，2015）。このことから，ハウス内の枯れ枝残渣除去を実施することにより，軸腐病だけでなく炭疽病も同時に効率よく防除できると考えられる。また，軸腐病の防除法として複数の殺菌剤のローテーションによる薬剤体系散布（澤岻ら，2018）ならびに加熱したハンダゴテ先端部を果梗部に押し当て殺菌する果梗部熱処理法（澤岻ら，2014）が確立されており，それぞれ一定の防除効果が認められている。薬剤体系散布の防除効果は，３カ年５試験事例のメタ・アナリシスを用いた統合評価によれば防除価76であり（澤岻ら，2018），本研究で得られた枯れ枝残渣除去（防除価33）を補完的・体系的に組み合わせることで，さらに高い防除効果の向上が期待できる。よって，総合的病害防除の一手段としてハウス内の枯れ枝残渣除去による耕種的防除を積極的に取り入れながら，耐性菌の発生も考慮した薬剤のみに依存しない防除管理を実施することが重要であると考えられる。



第５図　メタ・アナリシス評価によるマンゴー軸腐病の果房の発病に対する枯れ枝残渣除去の防除効果．■は枯れ枝残渣除去区と無処理区の発病率の割合（リスク比）を，■の大きさは重み付けの値を，各マーカーの両側の線は95％信頼区間を表す．◆は６事例の統合リスク比を示す．

引　用　文　献

石松敏樹・鈴木智範・山崎修一・大久保裕行・吉松英明（2009）大分県におけるアスパラガス褐斑病の発生実態と防除対策．大分農水研セ報告 3：1-12.

Kanda, Y.(2013)Investigation of the freely available easy-to-use software ‘EZR’ for medical statistics. Bone Marrow Transplantation. 48:452-458.

川口　章（2015）圃場試験データの評価におけるメタアナリシスの活用．土と微生物 69：3-6.

澤岻哲也（2015）異なる温度条件下における罹病枯死葉上のマンゴー炭疽病菌 *Colletotrichum gloeosporioides* の生存期間．九病虫研会報 61：16-19.

澤岻哲也・安次富厚・新崎千江美・大城　篤・佐藤豊三（2017）*Neofusicoccum parvum* によるマンゴー軸腐病（病原追加）．日植病報 83：102-106.

澤岻哲也・安次富厚・新崎千江美・大城　篤・田場聡（2018）マンゴー軸腐病および炭疽病の同時防除のための数種有効殺菌剤を用いた体系散布技術の確立．熱帯農業 11：43-52.

澤岻哲也・比嘉　淳（2014）果梗部熱処理法によるマンゴー軸腐病の防除．九病虫研会報 60：48-52.

澤岻哲也・田場　聡・諸見里善一・佐藤豊三（2013）狭義の *Lasiodiplodia theobromae* によるマンゴー軸腐病（新称）．日植病報 79：15-19.

棚橋　恵・堀川拓未・宮嶋一郎・藤巻伸一・大崎久美子（2018）セイヨウナシ褐色斑点病に対する落葉除去の効果．日植病報 84：243（講要）.

寺本　敏・本山　宏・今村幸久（2009）栽培管理の異なる宮崎県のマンゴー農家ハウスにおける炭疽病の発生実態調査．九病虫研会報 55：57-61.

（2019年４月４日受領，６月27日受理）