

# 現地圃場試験の積み重ねによるビワ病害防除でのエビデンス構築

長崎県農林技術開発センター 馬鈴薯研究室

主任研究員 菅 康弘

[suga@pref.nagasaki.lg.jp](mailto:suga@pref.nagasaki.lg.jp)

Evidence construction by accumulation of field test on Loquat

Yasuhiro Suga

Nagasaki Agricultural and Forestry Technical Development Center, Agriculture and Horticulture Research Division,  
Potato Laboratory, 2777 Otu, Aino, Unzen, Nagasaki 854-0302, Japan

## Abstract

Loquat is the special product fruit in Nagasaki prefecture and history of cultivation is old, but the present loquat farmers aren't doing the pest management eagerly. Because the fruit rot became a problem in loquat cultivation at recent years, the application of the cultural control method were examined three times about fruit rot of loquat at plastic green houses. The outcomes of three applications were integrated by meta analysis method, the cultural control effect is assumed to be based on that risk ratio and 95% C.I., were showed 0.2 and 0.13~0.29. When we decide the pest control measures, it is important to do technological development and the extension, those were based on the evidence examined in an actual farmers orchard previously.

## はじめに

長崎県のビワ栽培は江戸時代に中国から入った「唐ビワ」を基に発展しており、明治時代には既に現在「茂木」と呼ばれている品種が茂木村(現在の長崎市茂木町)を中心に栽培されている。その後、大正から昭和にかけて北九州や関西方面へ、さらに関東以北へも出荷するようになり、日本一のビワ産地を形成するに至っている(月川, 2010)。現在では、県内の各地で、ハウス栽培をはじめ種々の作型で生産されているが、特に長崎半島の茂木地区を中心とした露地栽培で生産量も多い。

長崎県のビワ生産では従前より各種の病害虫が発生し、防除暦に従った防除指導が行われてきた。近年は特に市場病害としての「果実腐敗」が問題となっており、単価の低下を招くとともに産地の信用を低下させる原因となっている。果実腐敗は特定の菌による病害ではなく、種々の菌類が関与して発生する腐敗果を総称したものである。長崎県では主に灰斑病菌(*Pestalotiopsis neglecta*, *P. eriobotrifolia*)と炭疽病菌(*Colletotrichum gloeosporioides*, *C. acutatum*)が原因となっているが、他の菌類による腐敗も無視できないため、それら多種の菌類に対して有効な防除対策が望まれていた。

筆者らは以前から、通年被覆している試験場内のハウス栽培ビワ園では腐敗果が少ないことを経験的に知っていたが、生産者に対して技術的な指導を行うにあたっては、降雨と腐敗との関係を明瞭に示して理解を得たうえで導入技術の効果を客観的に表す尺度が必要であると考えた。このため、2005年から2007年にかけて果実腐敗に対する耕種的防除法として、ハウス被覆時期を前進化する「開花直前被覆」の防除効果を明らかにするための現地実証試験を行った(菅ら, 2009)。本稿では、エビデンスに基づく技術普及の事例として、ビワでの取り組みの全容を紹介しながら技術開発とその普及に関する筆者の考えを述べたい。

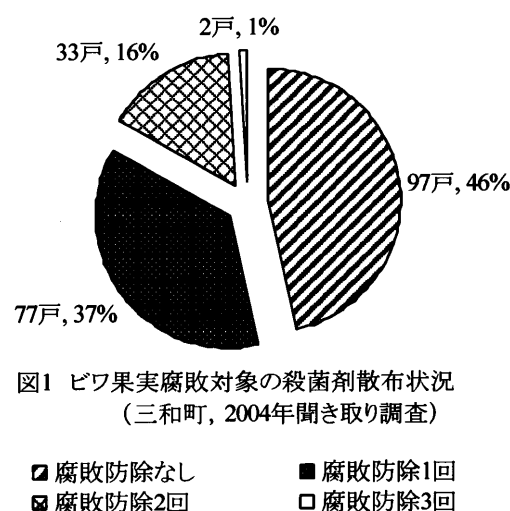


図1 ビワ果実腐敗対象の殺菌剤散布状況  
(三和町, 2004年聞き取り調査)

## 1. ビワの栽培と病害虫防除の実態

現在の長崎県のビワ産地では、露地ビワ栽培面積の約8割が品種「茂木」に偏重しているため収穫時の労働力が集中することや、園地が急傾斜地(傾斜15度以上の園地が68%を占める)に多く管理作業が困難であるなどの問題を抱えている。また、産地全体を見渡すと高齢化は深刻で、後継者が不在の生産者も多く、全体的に見ると産地拡大や生産性向上に対する意識は低下しつつあるように思われる。

1980年代の長崎県のビワ病害虫防除の実態調査の結果、防除実施率が最も高い病害は灰斑病で50.9%、虫害ではナシマルカイガラムシで37.6%、果実品質に直接影響するたてばや病(*Botrytis cinerea* および *Aceria* sp.; ビワサビダニ)でさえも5.1%程度であり、生産者の病害虫に対する意識の低さが現れた結果となっている。また、栽培管理全体の中でも、病害虫防除の実施率が81.8%と最も低く、無防除園が約20%あったとしている(森田, 2008)。近年の防除所の調査でがんしゅ病の発生面積に対する防除面積が約8割程度に止まることや、生産者との普段の会話などからも、この調査から20年以上が経過した現在でも状況は変わっておらず、むしろ、高齢化に伴ってつらい防除作業を積極的に行う意識は低くなっているように思われる。このことは、果実腐敗に対する薬剤防除に関しても同様の傾向にあると考えられ、指導上は開花期から収穫前までの期間に数回殺菌剤を散布することが奨励されているが、2004年に実施した三和町(現、長崎市)の聞き取り調査では46%が無散布と回答しており、実際には十分な防除が行なわれているとは言い難い状況である(図1)。

## 2. 果実腐敗の発生要因

生産者に果実腐敗のことで聞き取り調査をすると、①ハウスより露地で発生が多い、②収穫期に雨が多い年には発生が多い、③輸送中の諸条件が腐敗の原因となっている、などの意見が出る。このうち、①や②は、収穫時の気温や湿度が果実腐敗を助長する要因と考えられることから、容易に説明できる。これらに対して③は根拠に乏しいが、生産者の間ではこのような考え方が広まっていた。すなわち、果実が軟弱で共同選果に耐えられないことや選果にかかる人件費が生産者の手取りとなっている経営実態から収穫日の夜に各生産者が手作業で箱詰めするのが常態であり、生産者は確実に外見上健全な果実を箱詰めしているという自負もあるので、問題となっている腐敗果は運送業者や市場による「果実の取り扱い方」が粗雑であるためとする生産者が多く存在していた。これまで生産者は出荷後の果実を追跡調査したことがなかったため、実際に外見健全果を東京まで輸送して腐敗の発生が助長されるか否かを確かめ、腐敗の原因となる菌類が外見健全な果実に内在していることを説明する必要があった。また、出荷された果実の一部を室温下で静置しておき、果実が消費者に届くまでの期間(収穫後8日間を想定)を経た後、どの程度腐敗するのかを調べた。

それらの結果、現行の保冷車で陸送する条件は腐敗果の発生を助長してはいないことが明らかとなり、生産者が出荷した果実を抜き取って静置しておくだけで、多い場合には約50%もの果実が腐敗する場合もあることが明らかになった(表1)。また、果実腐敗の原因となる菌種の分布に一定の傾向はなく、腐敗の原因となっている菌種類の分離頻度は圃場ごとに異なるものの、全般に *Pestalotiopsis* 属菌と *Colletotrichum* 属菌が多い傾向にあることが示された(表2)。このことは、生産者の前で話す機会の度にお知らせして圃場での防除対策の必要性を認識していただいたが、その度に生産者から「では、どうすればよいのか?」と尋ねられるが、なかなか具体的な方策を示すことができないでいた。

表1 慣行防除園および無防除園の果実に対する輸送条件がビワ果実腐敗の発生状況におよぼす影響(2003年)

| No. | 生産者 | 防除状況 | 処理 | 反復  | 調査果数  | 腐敗果数 |      | 腐敗果率(%) |
|-----|-----|------|----|-----|-------|------|------|---------|
|     |     |      |    |     |       | 外観調査 | 切断調査 |         |
| 1   | A   | 慣行防除 | 輸送 | R1  | 119   | 64   | 1    | 54.6    |
|     |     |      |    | R2  | 126   | 54   | 1    | 43.7    |
|     |     |      |    | av. | 122.5 | 59   | 1    | 49.1    |
|     |     |      | 静置 | R1  | 119   | 50   | 3    | 44.5    |
|     |     |      |    | R2  | 126   | 44   | 5    | 38.9    |
| 2   | B   | 無防除  | 輸送 | R1  | 126   | 44   | 5    | 38.9    |
|     |     |      |    | R2  | 126   | 50   | 2    | 41.3    |
|     |     |      |    | av. | 126   | 47   | 3.5  | 40.1    |
|     |     |      | 静置 | R1  | 126   | 58   | 3    | 48.4    |
|     |     |      |    | R2  | 126   | 50   | 2    | 41.3    |

表2 異なる圃場間のビワ果実腐敗から分離される菌類分布の違い(2006年)

| 生産者 | 調査果数 | 腐敗果数 | 腐敗果率<br>(%) | 腐敗果で観察される糸状菌            |                         |                     |    |
|-----|------|------|-------------|-------------------------|-------------------------|---------------------|----|
|     |      |      |             | <i>Pestalotiopsis</i> 属 | <i>Colletotrichum</i> 属 | <i>Alternaria</i> 属 | 不明 |
| A   | 144  | 50   | 34.7        | 18                      | 22                      | 3                   | 7  |
| B   | 144  | 55   | 38.2        | 21                      | 10                      | 1                   | 23 |
| C   | 96   | 30   | 31.3        | 7                       | 9                       | 3                   | 11 |
| D   | 105  | 34   | 32.4        | 16                      | 4                       | 3                   | 11 |
| 合計  | 489  | 169  | 34.6        | 62                      | 45                      | 10                  | 52 |

### 3. 耕種的防除としてのハウス被覆時期の前進化

実態として多くの生産者が薬剤防除を実施しないなかで、現実的に生産者が実行可能な対策として、開花期に降雨を遮断する耕種的防除の可能性について検討した。実際の果実腐敗の問題はハウス栽培よりも露地栽培でより深刻であるが、まずはイニシャルコストが発生しないハウス栽培条件での防除効果を明らかにすべく現地実証試験を行った。

ビワのハウス栽培には幾つかの作型があるが、試験圃のある地区では12月に加温を開始して4月～5月に収穫する作型が多い。この作型では、開花～満開期を迎える10月下旬～11月は未だハウスは被覆されないため、花房は雨に曝された状態にある。筆者らが試験した「開花直前被覆」は、ビワ開花前の10月下旬ごろからハウスの天井部分のみを被覆してその後の降雨を遮断するというものであり、ハウス側面は12月の加温開始まで開放したままにした(図2)。試験は2005年と2006年の2か年で延べ3か所実施し、翌春に収穫した果実について腐敗の発生状況を調べた。その結果、圃場や年度が異なる試験で一様に処理区の防除効果が確認され、慣行の被覆時期に比較して腐敗果の発生割合は約1/5に減少した(表3)。

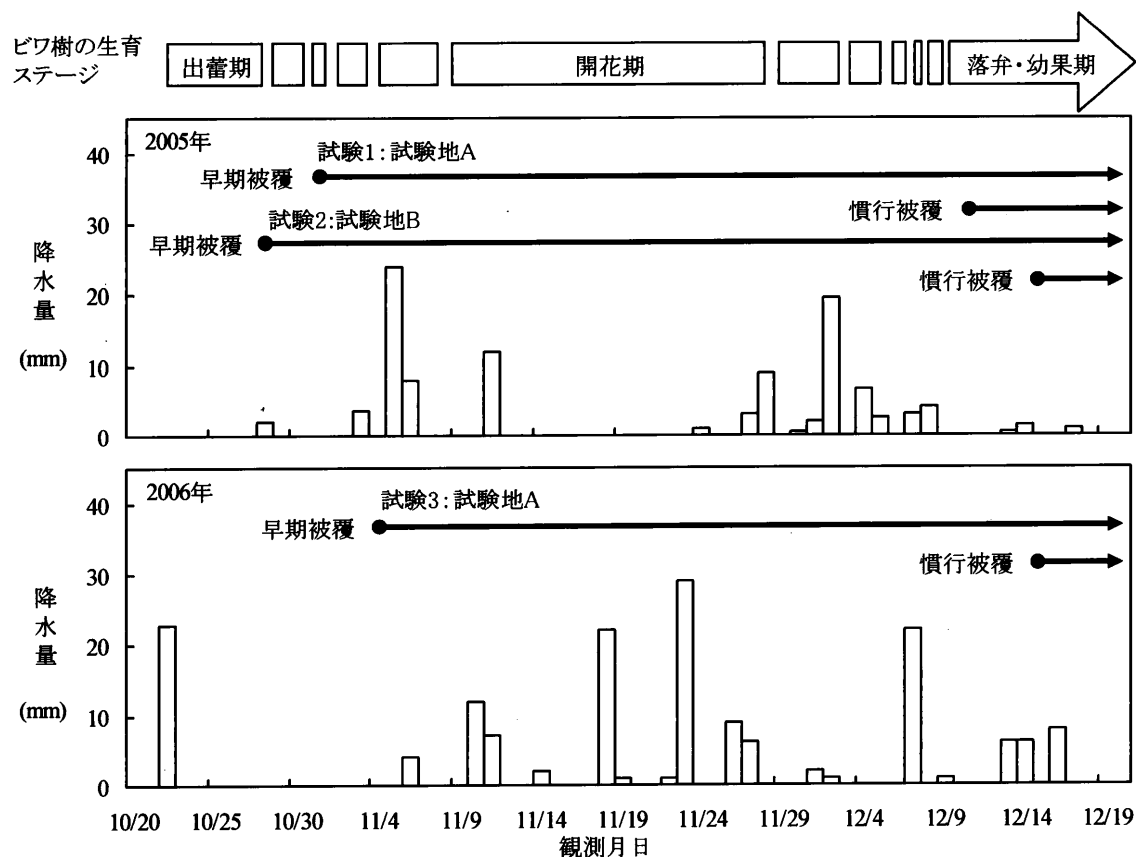


図2 各試験の被覆状況と試験地の降雨状況。□:アメダスによる野母崎の降水量(mm)。

●→: 供試ビワハウス天井部の被覆期間。

表3 ハウス天井部の早期被覆がビワ果実腐敗の発生におよぼす影響<sup>a)</sup>

| 試験<br>No.            | 試験<br>地 | 試験年次<br>収穫月日   | 処理区 <sup>b)</sup> | 調査果<br>数 | 収穫時腐<br>敗果数 | 収穫8日後調査                  |                          | 累積腐敗<br>果数 | 総腐敗果<br>割合(%) <sup>e)</sup> | リスク比 <sup>f)</sup><br>(95%信頼区間) |
|----------------------|---------|----------------|-------------------|----------|-------------|--------------------------|--------------------------|------------|-----------------------------|---------------------------------|
|                      |         |                |                   |          |             | 外観腐敗<br>果数 <sup>c)</sup> | 内部腐敗<br>果数 <sup>d)</sup> |            |                             |                                 |
| 1                    | A       | 2006年産<br>4/20 | 早                 | 226      | 0           | 9                        | 2                        | 11         | 4.9                         | 0.23(0.12-0.44)                 |
|                      |         |                | 慣                 | 226      | 13          | 29                       | 5                        | 47         | 20.8                        |                                 |
| 2                    | B       | 2006年産<br>4/27 | 早                 | 224      | 0           | 5                        | 4                        | 9          | 4.0                         | 0.16(0.08-0.32)                 |
|                      |         |                | 慣                 | 241      | 4           | 37                       | 18                       | 59         | 24.5                        |                                 |
| 3                    | A       | 2007年産<br>4/17 | 早                 | 219      | 0           | 2                        | 2                        | 4          | 1.8                         | 0.20(0.07-0.57)                 |
|                      |         |                | 慣                 | 228      | 7           | 12                       | 2                        | 21         | 9.2                         |                                 |
| 統合リスク比 <sup>g)</sup> |         |                |                   |          |             |                          |                          |            |                             | 0.20(0.13-0.29)                 |

a) 表中の収穫果数, 調査果数および腐敗果数は試験区内の3か所の収穫地点(各20果房収穫)の合計値。b) 早: 早期被覆区, 慣: 慣行被覆区。c) 収穫8日後調査時に外観上腐敗が観察された果実数。d) 外観上健全果のうち切断調査により果実内部に腐敗を認めた数。e) 次式により算出, 総腐敗果割合 = 累積腐敗果数×100/調査果数。f) 慣行被覆区に対する早期被覆区のリスク比, 腐敗果の発生頻度から算出。g) Mantel-Haenszel法による各試験のリスク比の統合値(均質性の検定:  $\chi^2(df=2) = 0.57, P$  値 = 0.7526)。

現地の生産者圃場で試験をする場合には, 生産者が試験の実施過程を観察することができるため, 試験の目的や内容, 成績に対して興味を持ってもらえる点で大きなメリットがある。しかし, 試験の結果が芳しくない場合には生産者との信頼関係を損ねる可能性もある。このため, 当初は様々な心配があったが, 2005年の試験園で, 2か所ともに高い防除効果が得られたことから, 生産者との関係は以前に増して深くなった。また, このときに試験園を引き受けていただいた生産者がその効果を実感したとのことで, 自主的に生産部会の中で宣伝したこともあり, 試験の翌年には同地区で7割以上の生産者が本技術を採用し, その後も, 徐々に他の地区へ波及している。

本県で今まで実施された現地実証試験では, 複数の事例を重ねてもそれらを総合的に評価することは行なわれてこなかった。これは, 個々の試験結果が種々の試験条件によって変動することから, 技術の効果を総合的に評価することが難しいことに由来する。しかし, 生産者が「その技術を採用するか否か」を判断するためには, 「どの程度有効なのか?」を明確に示すことが必要である。ここでは, 同一の設計に基づいて3回の実験を繰り返していることから, リスク比を効果指標として母数モデル(Mantel-Haenszelの方法)を用いて統合した。その結果, 統合リスク比は0.20で95%信頼区間は0.13~0.29と算出され腐敗果の発生は慣行に比べ20%(95%信頼区間, 13~29%)に減少すると推定された(表3, 図3)。したがって, 本技術の効果を生産者に説明する際には, このことを根拠にして「以前に比べて腐敗果の発生が20%に減ります。」と言えるようになり, また, 県やJAの技術者に対しても, 技術指導の際に利用できる根拠を提示できたと考えている。

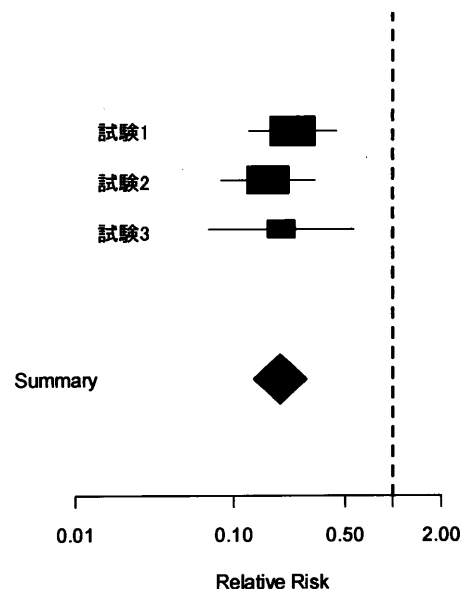


図3 ハウスビワ天井部早期被覆による腐敗果発生抑制効果のメタアナリシス

#### 4. 露地栽培ビワでの雨よけ栽培

ハウスビワで開花期の降雨を遮断する技術が波及して、他の地区で露地ビワでの雨よけ栽培に取り組む機運が生まれたことから、生産者団体、普及組織、研究機関の3者で共同して2006年に試験を行った(生部ら, 2007)。数年前にハウス栽培を中止して露地栽培を行なっている園地で、ハウス資材を活用して天井部にビニル被覆を行ったところ、雨よけ栽培区では腐敗果割合が6.0%と低く、慣行の露地栽培に比べてリスク比0.23(95% C.I. 0.07 - 0.76)の高い防除効果が得られた。この結果は、ハウスでの試験結果と一致しており、開花期以降の降雨が発生要因として極めて重要であることを示すものである。しかし、実際のビワ露地栽培園の多くは急傾斜地に立地しており簡易な雨よけ施設を設置することも困難な園が多い。このため直ちに雨よけ栽培が普及するわけではないが、試験に参画した生産者は本試験を通して開花期以降に腐敗の原因となる菌類が感染していることを実感し、この時期の防除の重要性を再認識するようになっている。このようなことを受けて、現在は、県内の各ビワ産地の事情に合わせて、開花～幼果期を中心にした薬剤防除体系の構築を図っている。

表4 露地ビワ栽培における開花前からの雨よけ被覆が果実腐敗の発生におよぼす影響

| 処理    | 調査果数 | 健全果数 | 発病果数 | 発病果割合(%) | リスク比 | リスク比の95%信頼区間  |
|-------|------|------|------|----------|------|---------------|
| 雨よけ栽培 | 50   | 47   | 3    | 6.0      | 0.23 | 0.070 ~ 0.761 |
| 露地栽培  | 50   | 37   | 13   | 26.0     |      |               |

注) 収穫7日後調査: 2007.5.28

#### 5. エビデンスに基づくビワ防除暦の策定

近年まで、ビワの果実腐敗に対する薬剤防除では、開花期を中心として3回程度の殺菌剤散布と、袋かけ前および収穫2週間前の計5回程度が指導されてきた。ビワに登録を有する殺菌剤は幾つかあるものの、果実腐敗に対する防除効果が確認されている薬剤は少ないため、葉に発生する各種病害に登録のある薬剤を流用する形で防除暦が策定されていた。現在でも、アミスター10フロアブル(炭疽病で登録)以外はどれも果実腐敗に関する農薬登録は無いため、灰斑病やたてばや病などで登録を有する各種薬剤を使用して同時防除を狙った防除体系となっている。

果実腐敗の原因となる病原菌が開花期から落弁期にかけて感染していることは、上記のハウスビワの開花直前被覆の試験やポット栽培樹を用いた暴露試験(菅, 2008)で確認しているが、対策として幼果期や成熟期にも薬剤散布が必要であるか否かについては判然としていない。過去の試験事例を収集するほか新たに試験を行ったところ、ベルコート水和剤やベンレート水和剤の袋かけ前散布で防除効果が認められる事例が幾つか認められた。現在のところはこの次期の防除による効果はあると考えているが、試験事例間で変動が大きいことなど根拠としては十分ではない。このため、この時期の防除の必要性についてさらに試験を行って事例を集積した後に、改めて評価する必要がある。

収穫期2週間前の防除が果実腐敗に有効と考えられている根拠は、「昭和59年度ながさき普及技術情報」に記載されているトップジンM水和剤を供試した防除試験の結果であるが、その後の本県の試験成績を見ると防除効果が認められない場合も散見される。そこで、近年の本県の試験成績で統合評価に耐えられそうな4事例(未発表)を用いてメタアナリシスを行なうと、収穫2週間前のベルコート水和剤散布は無処理に比較して統合リスク比が0.73(95% C.I. 0.44 - 1.22)を示すことから、明確な防除効果は認められないという結果となった(図4)。昭和59年当時の試験で防除効果が認められていることは試験圃場の優占菌種やその薬剤耐性などが異なるためとも考えられるが、上記メタアナリシスの結果からはベンゾイミダゾール系薬剤耐性の灰斑病菌にも有効なベルコート水和剤の散布でも、明瞭な防除効果は得られないことが推定される。このことを根拠として、最近の各地域の防除暦ではこの時期の薬剤散布は記載されていない場合が多くなっている。

筆者らは現在、上記のような手順でビワ果実腐敗の防除対策を組み立てようとしているが、防除対策は生産者が実施できなければ絵に描いた餅になってしまう。前述したように現地試験を重ねるということは、「栽培体系の一部として地域の生産者の間で定着する防除技術」を地域の生産者(と研究者の共同作業)で開発しようとする試みでもあり、開発した技術を生産者にあらためて説明する必要がある上に迅速な普及にもつながる良い研究手法であると思われる。生産者にも納得して利用してもらえる技術を開発するためには、多少のリスクはあるものの、研究そのものを生産現場で行うことが近道になる場合もあると考える。

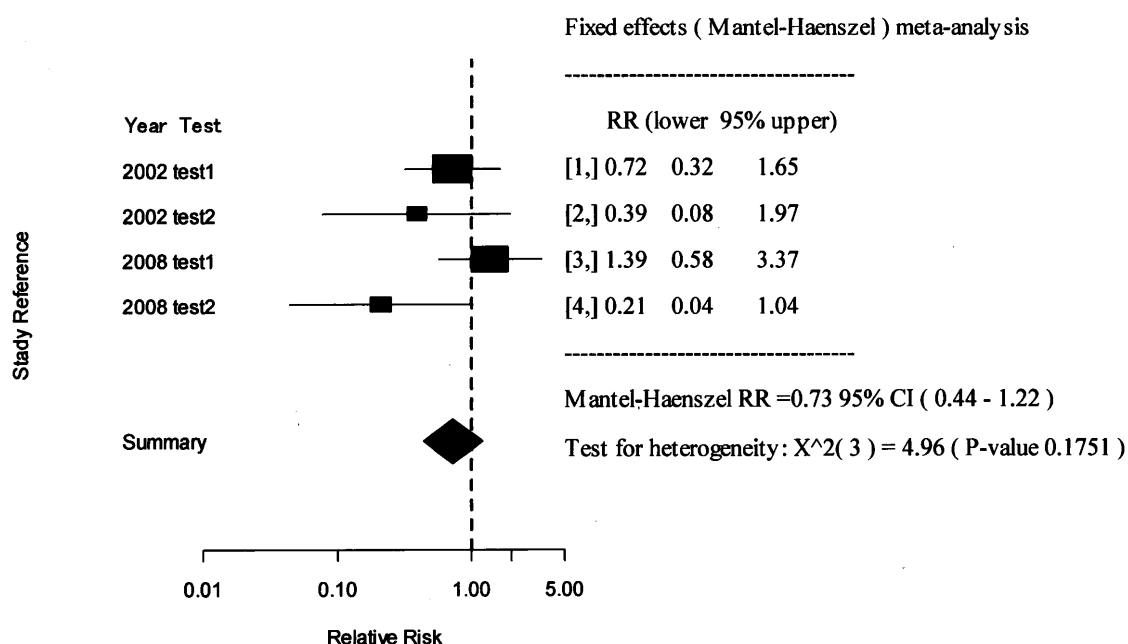


図4 収穫2週間前のベルコート水和剤散布処理のピワ果実腐敗に対する防除効果のメタアナリシス

## 引用文献

- 森田 昭(2008):長崎県におけるピワ産地での病虫害の発生状況と防除の実態, 九病虫研会報 54:18-23.
- 菅 康弘, 宮崎俊英, 村木満宏(2009):ピワ果実腐敗に対するビニルハウス天井部早期被覆の制御効果, 九病虫研会報 55:52-56.
- 菅 康弘, 宮崎俊英, 早田栄一郎(2005):露地ピワ果実腐敗の発生におよぼす輸送条件の影響, 九病虫研会報 51:102-103(講要).
- 生部 裕子, 菅 康弘, 古賀 敬一(2008):露地ピワの果実腐敗に対する雨よけ栽培の効果, 九病虫研会報 54:155(講要).
- 菅 康弘(2008):ピワ果実腐敗に関与する菌類の感染時期, 日植病報 74:(1)27(講要).
- 月川雅夫(2010):日本枇杷作史, ゆるり書房(出版協力), pp.115-324.