

### 第3節 リンゴ有機栽培実践園における病害虫発生抑制機構の解明と生物指標を用いた圃場評価法の開発

#### 1. リンゴ有機栽培実践園の病害虫防除体系を再現した試験圃場における病害虫発生抑制要因の解析

##### (1) 課題の背景・目的

リンゴの有機栽培は極めて困難と考えられていますが、あるリンゴ園(K園)では食酢の定期散布等を中心とした病虫害対策で40年近く、全くの無農薬・無肥料(堆肥含む)栽培が継続されており、特筆に値します。そこで、K園における栽培管理方式を模倣した区画(K園模倣園)を農研機構果樹茶業研究部門リンゴ研究拠点内に設け、K園に見られる病害虫発生抑制効果がK園以外でも短期間に再現可能なものであるかどうかを検証すると共に、防除資材としての食酢の効能を含めた病害虫発生抑制要因を検討しました。

##### (2) 試験方法

###### 1) 試験区的设计

果樹茶業研究部門リンゴ研究拠点圃場の5号園内に2009年度から以下の2つの試験区(転換前は慣行防除実施)を設置し、2015年度までの7年間にわたって各試験区における病害虫発生状況及び樹体生育状況等を調査しました。

###### ① 試験区A(面積約5a×3区画):

1区画あたり34年生ふじ及びスターキング・デリシャス(S.D)各2~4本(4本×2列、M9台)を供試しました。3区画の耕種概要は下記のとおりです。

・K園模倣(食酢)区A:無肥料、無農薬、スピードスプレイヤー(SS)等の大型機械不使用を基本。冬季剪定実施(拠点内慣行)。徒長枝切りや落葉処理は未実施。

病虫害防除は0.4%小麦粉糊を添加した食酢(ミツカン清泉15、酸度15%)希釈液の手散布(開花直前、落果直後、以降約10日間隔で9月中旬まで計13~16回、2009年:×200~800、2010及び2011年:×100~500、2012年:×100~300、2013年:×100~200、2014及び2015年:×100を散布。2014及び2015は開花前にも×50を1回散布)によりました。

摘果は6月上旬、シンクイムシ類防除を主目的とした果実への袋掛け(ハترون紙袋使用、2012年のみ二重袋使用)は、6月19日(2009年、ふじ及びS.Dの一部果実のみ)、6月24日(2010年)、6月14日(2011年)、6月7日(2012年)、6月13日(2013及び2014年)、6月15日(2015年)、除袋は9月末に行いました。

また、2009年6月18日には土壌改良を目的として列間及び列外に2.2m幅で大豆及び小麦の種子を、2010年4月15日及び5月14日には小麦の種子のみを同様にバラ蒔きして生育させました。

除草は、2009年は大豆及び小麦の播種前に1回、2010年は実施せず、2011年以降は7月下旬頃から背丈が高くなりすぎて管理の邪魔になる草種のみ切除し、9月上~中旬に肩掛け草刈り機で圃場全面の雑草を刈りました(刈った草は区画内に放置)。

・無散布(無農薬)区:食酢散布なし。他は全てK園模倣区と同じ管理

・慣行散布区A:リンゴ研究拠点の慣行管理(袋掛けなし)を行い、病虫害防除はSSによる化学合成農薬散布を年間10~11回実施(4月中旬から9月中旬まで約15日間隔)。

###### ② 試験区B(面積約7.5a×2区画):

1区画あたり22年生ふじ、つがる、王林等の8品種、各2~4本(8本×4列、M9台)を供試しました。2区画の耕種概要は下記のとおりです。

・K園模倣(食酢)区B:栽培管理はK園模倣区Aと同じです。但し、2009及び2010年は袋掛けを実施しませんでした。また、早生品種の除袋は8月末~9月始めに実施しました。

・慣行散布区B:慣行散布区Aと同じです。但し、薬剤防除は手散布で実施しました(隣接区画へのドリフト防止のため)。

## 2) 害虫の発生調査

発生調査は試験区Aにて実施しました。K園模倣区にモモシンクイガ、ナシヒメシンクイ、スモモヒメシンクイ、モモノゴマダラノメイガ、キンモンホソガ、ナシマルカイガラムシのフェロモントラップを設置し、7日毎に誘殺数を調査しました。ナシマルカイガラムシに関しては枝に両面テープを巻き付け歩行幼虫の捕獲調査も行いました。

ハダニ類の調査は各試験区から毎週 30 葉を採集し、ブラッシング法により葉上のハダニ類およびカブリダニ類の種類と生息数を調査しました。

2011 年および 2012 年には 5 月下旬～10 月下旬に 3 週間ごとに害虫の見取り調査(各区 8 樹、30 新梢/樹)を行いました。

## 3) 樹体生育及び果実品質調査

試験区A及びBの各試験区画において、幹周増加量、側枝先端新梢長、頂芽花芽分化率、葉色、比葉重、果実収量、果実品質の 7 項目について調査しました。

## 4) 褐斑病及び果実病害に対する食酢等の防除効果の検討

2009 年より、別圃場(8 号圃)の 32 年生マルバ台紅玉を供試し、食酢(ミツカン清泉 15)の希釈液(×50、×100、×250)および農業用玄米酢(バイオトップ、飯尾醸造)の希釈液(×100)散布区を適宜設け、落花直後から 8 月下旬まで約 10 日間隔で 9～10 回連続手散布して、これらの褐斑病、すす斑病、すす点病、黒点病に対する防除効果を検討しました。果実は無袋としました。

## 5) 果実袋の種類が果実病害の発生程度に及ぼす影響の検討

K園模倣区A内の S.D、あるいは4)の試験の対照区として設けた無散布区(殺虫剤のみ5～6月に 3 回散布)内において、2種類のハترون紙袋(袋内が高湿条件になることを防ぐために袋下部の両端をわずかに切除したものとそうでないもの)、新聞紙袋及び 2 種類の防菌一重袋の計 5 種類の果実袋を供試し、袋掛に用いる果実袋の種類が果実病害(黒点病、すす斑病、すす点病等)の発生程度に及ぼす影響を検討しました。

## (3) 結果

### 1) K園模倣区における病害発生状況(図6-1)

転換 1 年目(2009 年)は、K園模倣区A、Bの両区において、黒星病、斑点落葉病、褐斑病、黒点病、すす斑病、すす点病が多発しました。特に、褐斑病による早期落葉や果実病害(黒点病、すす斑病、すす点病)による果面の汚れが顕著で、収穫果実の市場価値はありませんでした。以上の状況は無散布区とほぼ同じでした。

2 年目(2010 年)は、散布食酢濃度を前年より約 2 倍濃くしたが、前年とほぼ同様の発生状況でした。

3 年目(2011 年)も、黒星病、褐斑病が多発し(斑点落葉病は少)、褐斑病による早期落葉が顕著でしたが、10 月上旬でも徒長枝を中心に葉がある程度残存し、過去 2 年とは少し様相が異なりました。収穫果実においても黒点病、すす斑病等による果面の汚れが一般市場では無視できないレベルであり、問題があると考えられました。

4 年目(2012 年)においても、なお、黒星病および褐斑病が多発し、褐斑病による早期落葉が顕著でしたが、10 月に入っても徒長枝を中心に 3 年目よりもさらに葉が残存する傾向が認められました。この現象を試験区Aの無散布区とK園模倣区で比較すると、後者でより顕著でした。収穫果実における黒点病、すす斑病等の発生は少なく、果面は比較的きれいでした。

4年間の発生状況を病害別に見ると、黒星病は転換後年数とともに漸増、褐斑病はほぼ横ばいでしたが、転換 3 年目あたりから落葉程度が少しづつ緩和されている傾向が観察され、斑点落葉病や果実病害(黒点病、すす斑病、すす点病)については転換後年数の経過とともに発病程度が軽くなる傾向が認

められました。

しかしながら、このような発病程度が軽くなる傾向も5年目以降は認められなくなり、結局、試験期間(7年間)を通して、毎年、褐斑病等が多発して早期落葉し、花芽形成や果実品質等に大きく影響しました。

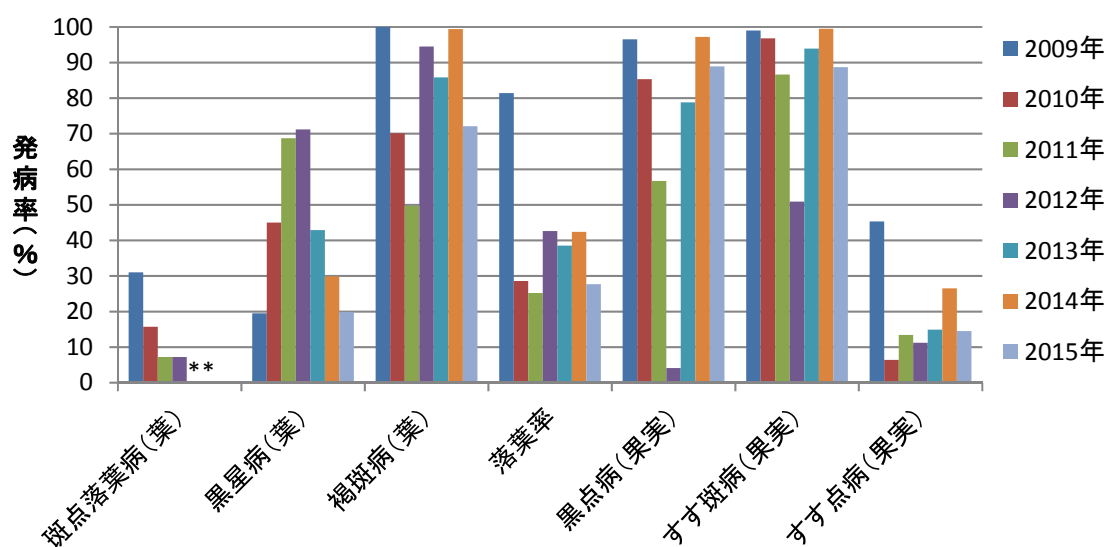


図6-1 K園摸倣区Aにおける病害発生状況(品種:ふじ)

各病害の調査日等は次のとおり

- 2009:斑点落葉病 8/4、黒星病 8/3、褐斑病&落葉率 9/25、  
果実病害 11/12 収穫後(被袋期間 6/19~9/30:ハトロン紙袋)
- 2010:斑点落葉病 8/9、黒星病 7/6、褐斑病&落葉率 8/25、  
果実病害 11/11 収穫後(被袋期間 6/24~9/29:ハトロン紙袋)
- 2011:斑点落葉病 9/7、黒星病 8/2、褐斑病&落葉率 9/9、  
果実病害 11/14 収穫後(被袋期間 6/14~9/27:ハトロン紙袋)
- 2012:斑点落葉病 9/4、黒星病 7/30、褐斑病&落葉率 9/6、  
果実病害 11/14 収穫後(被袋期間 6/7~10/2:二重袋)
- 2013:斑点落葉病 調査せず、黒星病 7/30、褐斑病&落葉率 9/5、  
果実病害 11/18 収穫後(被袋期間 6/13~9/26:ハトロン紙袋)
- 2014:斑点落葉病 調査せず、黒星病 7/28、褐斑病&落葉率 9/4、  
果実病害 11/14 収穫後(被袋期間 6/13~9/29:ハトロン紙袋)
- 2015:斑点落葉病 調査せず、黒星病 7/31、褐斑病&落葉率 9/3、  
果実病害 11/18 収穫後(被袋期間 6/15~9/29:ハトロン紙袋)

## 2)K園摸倣区における虫害発生状況(試験区A)

リンゴの最重要害虫であるモモシクイガの越冬世代成虫の初発生は6月上旬、発生盛期は越冬世代が6月下旬、第1世代成虫の発生盛期は7月下旬から8月上旬でした。転換1年目(2009年)にモモシクイガの成虫発生は少なかったのですが、2年目(2010年)、3年目(2011年)に成虫発生が激増しました。3年目に果実被害回避のため袋掛けを徹底したことにより、4年目(2012年)以降成虫発生は漸減しました(図6-2)。モモシクイガ以外にナシヒメシクイ、スモヒメシクイ、モモノゴマダラノメイガもフェロモントラップに誘殺されましたが、誘殺数は少なくなりました。

ナシマルカイガラムシの雄成虫の発生は8月上旬から下旬、9月中旬頃に多くみられました。歩行幼虫は7月上旬および8月下旬に発生が多く見られました。歩行幼虫の発生量は年々増加し、2012年の発生量は2010年の約68倍でした。そのため果実寄生による被害も多くなりました。

K園摸倣(食酢)区で発生するハダニ類の優占種は 2010 年までリンゴハダニでしたが、2011 年以降はアウトウハダニに代わりました。発生数は少なく問題にはなりませんでした。

見取り調査では多くのチョウ目害虫が見られました。害虫の発生数、種類数とも 2011 年よりも 2012 年が多くなりました。2012 年 5 月にはリンゴハマキクロバの幼虫が大発生し、新芽、花芽の食害が問題となりました。本害虫は有効な防除法がないため、これ以降毎年問題になりました。

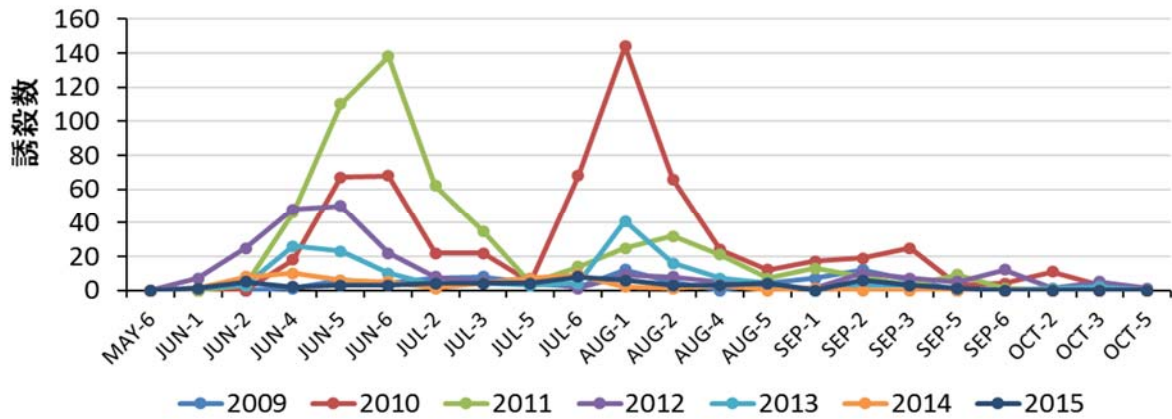


図6-2 フェロモントラップによるモモシキイガの発消長

### 3) 樹体生育および果実品質

転換 1 年目(2009 年)は、いずれの試験区においてもほとんどの品種で頂芽花芽分化率が 80% 以上でしたが、転換 2 年目(2010 年)には、K園摸倣区A、B及び無散布区において、ほとんどの品種の頂芽花芽分化率が 20% 以下と花芽数が極めて少なく結実数が激減しました(慣行防除区はゴールデンデリシャス及び S.D を除いて 50% 以上)。試験区Aのふじでは、3 年目(2011 年)以降も花芽分化率が充分回復せず、7 年目(2015 年)まで、K園摸倣区Aで 32.4%、45.4%、49.6%、40.4%、55.0%、無散布区で 51.2%、66.9%、69.7%、44.3%、58.4%と推移しました(慣行防除区Aは毎年ほぼ 80%で推移)。また、K園摸倣区A、B及び無散布区の 1 花そう内花数は全ての品種において慣行防除区より有意に少なくなりました。

果実品質については、慣行防除区の果実と比較すると試験期間(7 年間)を通じて、K園摸倣区及び無散布区ともに収量が劣り、果実サイズも有意に小さく糖度も低くなりました。

### 4) 食酢の病害防除効果

試験区Aを対象に、K園摸倣区における各病害の防除価を、無散布区の各病害の発病率あるいは発病度を基準として算出しました(図6-3)。K園摸倣区と無散布区の差異は食酢散布の有無のみであることから、この防除価は食酢の各病害に対する防除効果と考えられます。転換後 7 年目までの防除価は斑点落葉病で 0~50.8、黒星病で 0~53.3、褐斑病で 0~38.7、黒点病で 0~30.4、すす斑病 0、すす点病 0 でした。

別圃場(8 号圃)の紅玉を用いた防除効果試験では、食酢希釈液(×100、×250)の防除価は褐斑病に対して 0~19.9、黒点病 36.9~75.7、すす斑病 0.1~59.9、すす点病 0~88 であり、農業用玄米酢(バイオトップ)(×100)では褐斑病に対して 0、黒点病 33、すす斑病 0、すす点病 0 でした。

また、食酢(×100)へ小麦粉糊(0.4%)を添加することによる防除効果の亢進は認められませんでした。

なお、散布可能な食酢の希釈倍数は×100 程度以下であり、×50 以上では新梢(葉)に薬害を生じました。

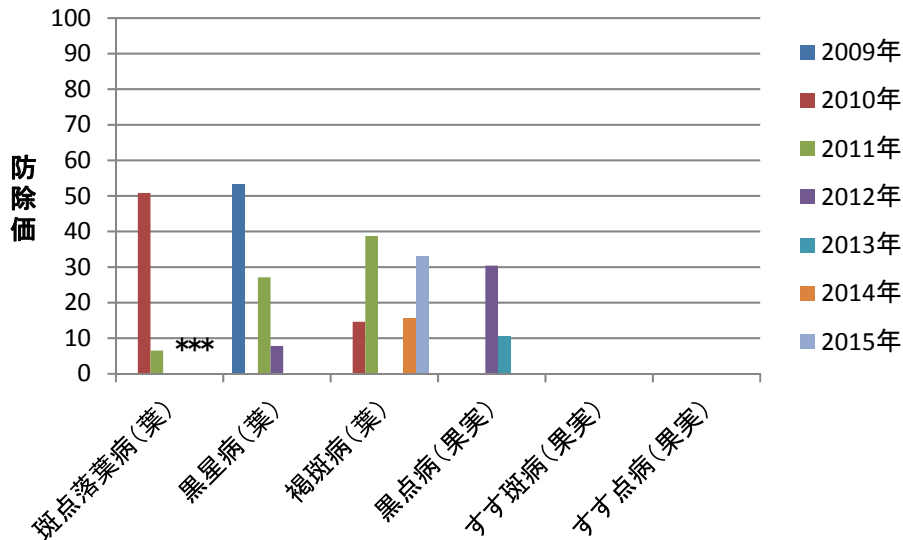


図6-3 食酢による病害防除効果(K園摸倣区A、品種:ふじ)

1) 防除価は無散布区の値を基準にして算出(果実是有袋果)

#### 5) マシン油の発芽前1回散布のナシマルカイガラムシに対する防除効果

転換後の年数経過につれて被害が増加したナシマルカイガラムシに対しては、発芽前1回(4月上旬)のマシン油(×50)散布が有効であり、転換5年目(2013年)に実施したところ、転換4年目(2012年)の被害果率21.2%が1.1%に激減しました。これ以降、発芽前にマシン油を散布することにより転換6年目(2014年)および7年目(2015年)の被害果率はそれぞれ0%、0.2%になり、防除効果が確認されました。

#### 6) 果実袋のシンクイムシ類に対する防除効果

1年目(2009年)はモモシンクイガの越冬世代成虫の発生が少なかったため、K園摸倣(食酢)区、無散布(無農薬)区とも被袋果実に被害はありませんでした。しかし試験園内の無袋の果実では被害が多くみられ、それらが越冬したことにより、2年目(2010年)は越冬世代の成虫が多発生しました(図6-2)。さらに袋掛が6月24日と遅くなったため、袋掛前に産卵された果実が多く、果実被害が多く発生しました。そのため第1世代成虫の発生も多くなりました。3年目(2011年)は越冬世代成虫が2年目よりも多く発生しましたが、袋掛時期を早めたため被害が2年目よりも少なくなりました。この年より試験園全体のモモシンクイガの密度を下げるため、被袋漏れがないよう徹底したことにより、第1世代成虫の発生は減少しました。4年目(2012年)は越冬世代成虫の発生が少なく、また前年同様袋掛時期を早くしたため、モモシンクイガによる果実被害はほとんどなく、5年目(2013年)以降も同様にモモシンクイガによる果実被害はほとんどありませんでした(図6-4)。

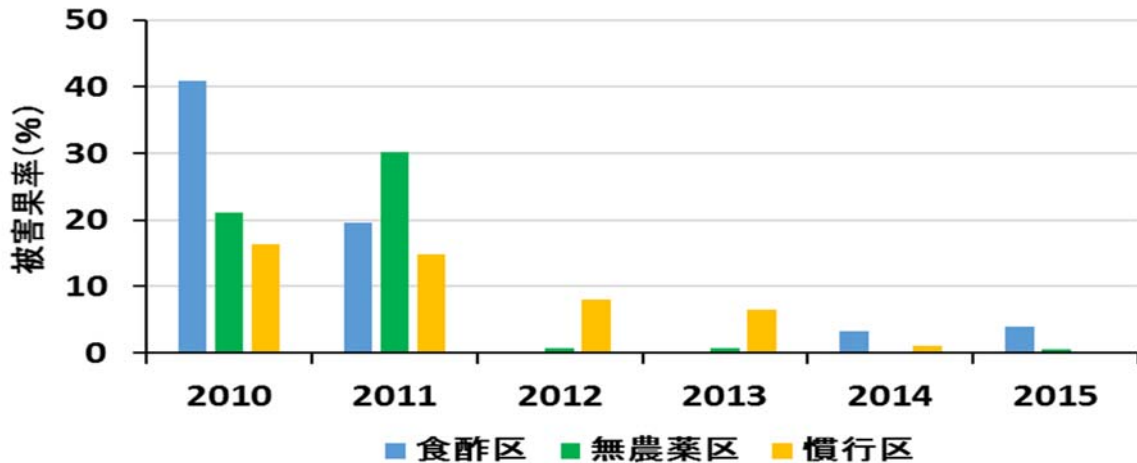


図6-4 シンクイムシ類による果実被害(品種:ふじ)

1)食酢区、無農薬区は有袋果、慣行散布区は無袋果

### 7) 果実袋の種類が果実病害の発生程度に及ぼす影響

防菌一重袋Aとハトロン紙袋を比較すると、黒点病、すす斑病、すす点病のいずれの病害でも防菌一重袋Aの防除効果が優れていました。特に、すす斑病やすす点病の発生は防菌一重袋Aでは極めて少なく、ハトロン紙袋との差が大きくなりました。同様の結果は新聞紙袋との比較でも認められました。

また、防菌一重袋Bでもハトロン紙袋に比べて黒点病、すす斑病、すす点病に対する防除効果が優っていました(図6-5)。ハトロン紙袋への切込みの有無の影響は、袋掛の効果の方が大きく、今回ははっきりしませんでした。

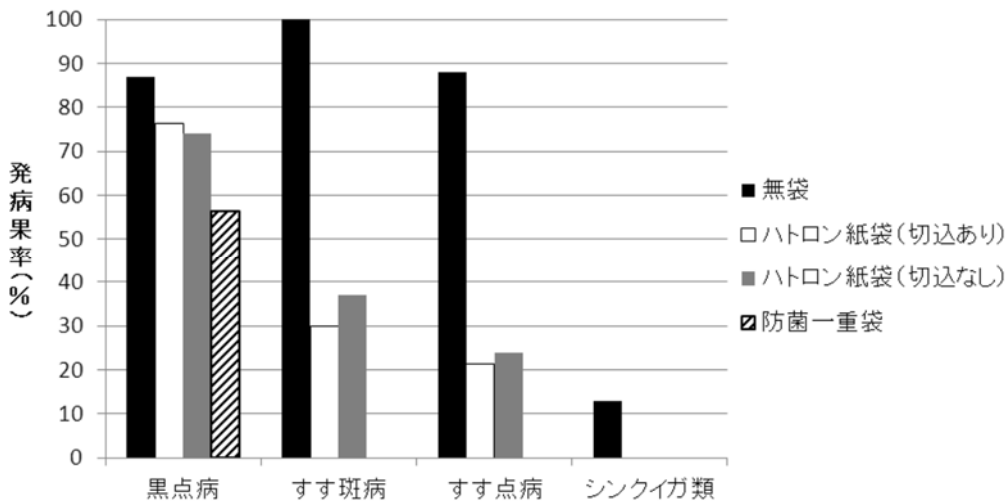


図6-5 果実病害発生程度に及ぼす果実袋の種類の影響(2012年、品種:紅玉)

1)殺菌剤無散布の35年性マルバ台紅玉を供試(3樹)し、収穫後に調査。

被袋期間:7/4~9/12。収穫日:9/12

2)殺虫剤は5/24にダズバンDF(×3000)、6/8にスプラサイドWP(×1500)、6/22にパーマチオンWP(×1000)を散布

#### (4) 考察

##### 1) K園模倣区における病害発生状況

平良木ら(1993)は、通常の年間散布回数(半分に当たる 6~7 回の減農薬栽培中のふじ(25 年性)を供試して 1 年間だけ無農薬栽培(無袋)を実施し、黒星病、斑点落葉病、褐斑病、すす斑病、すす点病、輪紋病、リンゴハダニ、モモシクイガが多発し、早期異常落葉して商品となる果実は皆無であったことを報告しています。K園模倣区も転換 1 年目はこれとほとんど同じ状態でしたが、転換 3 年目あたりから落葉程度が少しづつ緩和されている傾向が認められました。また、斑点落葉病や果実病害(黒点病、すす斑病、すす点病)についても転換後年数の経過とともに発病程度が軽くなる傾向がありました。しかしながら、このような傾向は 5 年目以降は認められなくなり、結局、試験期間(7 年間)を通して、毎年、褐斑病等が多発して早期落葉し、花芽形成や果実品質等に大きく影響しました。この結果から、K園における栽培管理方式を模倣しただけでは汎用性のあるリンゴ有機栽培技術の確立は困難と判断されました。

##### 2) K園模倣区における虫害発生状況(試験区A)

リンゴの有機栽培開始 1 年目では被袋果実にモモシクイガによる被害は見られませんでした。園内に無袋の果実を残すと、それらが増殖源となり、2 年目以降被害が増加することが明らかになりました。リンゴの有機栽培でモモシクイガの被害を回避するためには、モモシクイガの越冬世代成虫の発生時期を正確に把握し、成虫が発生する前に袋掛すること、さらに増殖源を除去する意味で園内の全果実に袋掛することが重要です。

シクイムシ類以外で問題になった害虫はナシマルカイガラムシとリンゴハマキクロバでした。ナシマルカイガラムシは密度が高くなると果実被害や樹勢低下など深刻な被害がみられ、殺虫剤無散布条件下では、その密度は年々指数関数的に増加することが報告されています(新井ら、2011)。有機栽培開始 4 年目で要防除水準を超える状況になったため、越冬期のマシン油乳剤による防除が必要です。4 年目に大発生したリンゴハマキクロバが春先に新芽、花芽を食害したため、樹によっては深刻な状況となりました。有機栽培では有効な防除手段がなく、被害軽減のため物理的防除として捕殺を行っているのが現状です。

##### 3) 樹体生育および果実品質

転換 2 年目にはK園模倣区A、B及び無散布区において花芽数が激減しましたが、平良木ら(1993)も同様の現象(花芽分化率 16%弱)を観察しており、これは前年の激しい早期落葉の影響と考えられます。その後も、1 花そう内花数が慣行防除区より有意に少ないことから、8 月以降の早期落葉が花芽の充実に与える影響が大きいと考えられます。

##### 4) 食酢の病害虫防除効果

無散布区における病害発生程度を基準として、K園模倣区における各病害について防除価を算出した場合、年度によって値がばらつきましたが、最高でも防除価 50 以下でした。また、散布可能な食酢の最高濃度と考えられる 100 倍希釈液連続散布の防除効果も防除価 50 以下であり、食酢の各種病害に対する防除効果は皆無ではないが、ほとんど期待できないと考えられました。各種害虫についても同様でした。

##### 5) 果実袋の種類が果実病害の発生程度に及ぼす影響

袋掛けによる果実病害発生抑制効果は高く、特に防菌一重袋を使用した場合に顕著でした。K園では、すす斑病及びすす点病の発生がほとんど認められませんが、例年、モモシクイガ防除を目的に袋掛けが実施されており、これが果実病害発生抑制要因の一つと考えられます。

#### 6)有機 JAS 農法による技術開発の可能性

花岡ら(2014)は有機 JAS 農法による食味の良い果実生産の可能性を示唆しており、今後は有機 JAS 規格に合わせた技術開発が必要と考えられます。



## 2. リンゴ有機栽培実践圃における生物指標を用いた圃場評価法の開発

### (1) 課題の背景・目的

無農薬・無化学肥料で自然栽培を30年以上継続しているリンゴ園(K園)及びその模倣園を主対象に、定期的な病害虫発生調査と葉圏・根圏の表在性及び内生微生物相の調査・分析を実施し、有機或は自然栽培リンゴ園を特徴づける微生物的指標を抽出・策定しました。また、それまで4年間継続調査した岩手県盛岡市農研機構果樹茶業研究部門リンゴ研究拠点(以下、果樹茶部門リンゴ拠点)内に設置したK園模倣区の5年目以降の病害虫発生状況の経年調査や有機・自然栽培リンゴ園に特徴的な微生物種と主要病原菌の相互作用を調査し、有機栽培実践圃における病害虫発生抑制機構を分析しました。

### (2) 試験方法

#### 1) 調査圃場概要

2013年～2015年の3年間、K園、K園の隣接圃に設けられたK園模倣園、岩手県盛岡市果樹茶部門リンゴ拠点のK園模倣区、慣行防除区、及び無散布区を継続して調査対象圃としました。2014年度はそれに加えて、青森県黒石市の自然栽培圃、青森県藤崎町のJAS有機栽培圃(石灰硫黄剤、石灰水和剤、ICボルドー、コンフューザーR等を使用)、岩手県遠野市のK園模倣園(9年目)と隣接の慣行防除区(減農薬圃)、長野県中野市のK園模倣園と隣接の慣行防除区、弘前大学農学生命科学部附属生物共生センター内の慣行防除区、黒石市青森県産業技術センターりんご研究所内の慣行防除区を調査しました。

#### 2) 分析方法

##### ① K園の病害発生状況

K園・模倣園及び対照慣行防除圃の病害虫発生状況を年度毎に以下のように調査しました。

2013年は6月～11月まで毎月1回、K園、隣接慣行防除圃(O園)、及び果樹茶部門リンゴ拠点内に設置したK園模倣区(5年目)、K園模倣区(1年目)、無散布区(5年目)、慣行防除区の各圃地3樹(品種、ふじ)の黒星病、斑点落葉病、褐斑病など主要病害の発生状況と落葉程度を調査し、圃地間の違いを分析しました。

2014年度は、過去5年間の分析データに基づき、リンゴ葉面微生物相が最も多様かつ豊富になる9月上旬にK園、K園の隣接圃に2014年度から設けられたK園模倣園、青森県黒石市の自然栽培圃、青森県藤崎町のJAS有機栽培圃(石灰硫黄剤、石灰水和剤、ICボルドー、コンフューザーR等を使用)、岩手県盛岡市果樹茶部門リンゴ拠点のK園模倣区(6年目と2年目)、岩手県遠野市のK園模倣園(9年目)、長野県中野市のK園模倣園の合計7カ所の自然栽培圃及びその模倣区、及び各々の比較対照区としてK園隣接圃の特別栽培圃、藤崎町弘前大学農学生命科学部附属生物共生センター内の慣行防除区、黒石市青森県産業技術センターりんご研究所内の慣行防除区、盛岡市果樹茶部門リンゴ拠点内の慣行防除区、遠野市K園模倣園隣接の慣行防除圃(減農薬圃)、長野県中野市のK園模倣園隣接の慣行防除圃の病害発生状況を調査しました。

2015年度は、過去6年間の分析データに基づき、また2014年度はリンゴ葉面微生物相が最も多様かつ豊富になる9月上旬にK園及び比較対照圃の病害発生状況を調査したので、K園がこれまでの分析で最も特異な微生物相を示している8月上旬に焦点を当てて、K園及びその模倣園、すなわちK園、K園に隣接して2014年度から設置されたK園模倣2年目圃、盛岡市果樹茶部門リンゴ拠点内に設置されたK園模倣区(7年目と3年目)、無散布区(7年目)、及び慣行防除区の病害発生状況を調査しました。

## ②K 園リンゴ葉面微生物相の年次・季節変動の特徴ーリンゴ葉圏主要真菌・細菌類マクロアレイ分析

定期的に K 園、模倣園及び対照慣行防除園からリンゴ葉を採集し、マクロアレイ法でリンゴ葉圏主要微生物相の動態を分析し、リンゴ葉面微生物の多様性を解析することで、K 園を特徴付ける微生物的指標を抽出しました。

2013 年度は 6 月～11 月まで毎月 1 回、2014 年度は 9 月上旬、2015 年度は 8 月上旬に上記①のように病害発生状況を調査した際に、調査園の対象樹から以下のようにリンゴ葉を採集し、マクロアレイ法を行い、各園地間のリンゴ葉圏主要微生物の動態を分析しました。

具体的には、各調査対象園のリンゴ樹(品種:ふじ)3 樹を選定し(毎年固定)、各樹の 1 m、1.5 m、2 m くらいの高さの位置からそれぞれ葉を 3 枚ずつ採取し、それを 1 樹につき 3 か所で繰り返しました。すなわち、1 樹で合計 27 枚の葉を採集しました。これをひとまとめにして研究室に持ち帰り、500 ml の蓋つきのプラスチックボトルに入れて、100 ml の滅菌蒸留水を加えて冷室(4℃)で 1 時間激しく振とうしました。溶液を回収して 12,000×g、10 分間遠心分離して、葉面微生物が含まれている沈殿を回収しました。沈殿は適量の滅菌蒸留水に溶解後、市販の核酸抽出試薬キット(ISOPLANT II、ニッポンジーン等)を用いて DNA を抽出しました。この DNA をマクロアレイ法で分析して、その中に含まれている菌類、細菌類の種類と相対量を測定しました。リンゴ主要葉圏微生物診断マクロアレイ法はリンゴの葉圏に生息する主要な微生物種(菌類と細菌類それぞれ 20 種程度)に関して、その存在量を網羅的に解析することが出来る実験手法です。上記のように抽出した DNA 試料から、真菌類の場合はリボソーム DNA の ITS 領域、細菌類の場合はリボソーム RNA をコードする遺伝子の一部の配列をそれぞれ PCR 法で増幅し、試験管内で相補的 RNA に転写しました。この時にジゴキシゲニンで標識されたヌクレオチドを相補的 RNA の中に取り込ませると葉面微生物由来の RNA プローブができあがります。一方、ナイロン製のメンブレンにリンゴの葉圏に生息することがわかっている主要な微生物種の特徴的遺伝子配列を有する短い DNA 断片(アレイと呼びます)を縦横等間隔で整然とスポットしたものを作成し、これにジゴキシゲニン標識した葉面微生物由来の RNA プローブをハイブリダイズさせることにより、当該微生物種の有無及び存在量を解析することができます。詳細は He et al. (2012)を参照してください。

## ③自然栽培リンゴ園における病害抵抗性の品種間差異とリンゴ内生菌の分析

K 園で栽培されているリンゴ 3 品種(ふじ、王林、紅玉)の斑点落葉病に対する抵抗性の差を接種試験と圃場での罹病度の観察から調査し、品種間差異の原因を解析しました。3 品種各 6 本のリンゴ苗を 4 月中旬に K 園に移植しました。その後、6 月 25 日に斑点落葉病菌の胞子を接種し、病害度を 9 月に調査しました。また、リンゴ園の成木についても、1 品種 3 個体について葉の病斑面積から病害度を調査しました。また、各品種の葉について DNA を抽出し、リアルタイム PCR 法を用いて斑点落葉病菌の密度を調査しました。

## ④K 園に特徴的な *Pseudomonas* 属細菌の動態

2013 年度は 6 月～11 月まで毎月 1 回、2014 年度は 9 月上旬、2015 年度は 8 月上旬に上記①のように病害発生状況を調査した際に、調査園の対象樹から以下のようにリンゴ葉を採集し、*Pseudomonas* 属細菌を分離培養し、季節変動とその生息量の特徴を解析することで、K 園を特徴付ける微生物種を策定しました。

上記の②のマクロアレイ法の時と同様の手順で各園からリンゴ葉を採集し、27 枚をひとまとめにして 500 ml のプラスチックボトルに入れ、200 ml の抽出緩衝液(0.85% NaCl, 0.01% Tween 20)を加えて、4℃で 1 時間振とうしました。上清約 50 ml を新しい 50 ml チューブに移し、原液 1 ml を *Pseudomonas* 選択培地にプレーティングして、25℃で培養し、24 時間後と 48 時間後にコロニー数を計測しました。培養実験は 3 回繰り返して行いました。

### (3) 結果

#### 1) K園の病害発生状況

2013年度は、K園では病害発生が少なく、春先にモニリア病の発生がありましたが、9月に至るまでほとんど黒星病の発生が見られない状態で推移しました。斑点落葉病が8月になって目立つようになり、8月初旬で30%の葉に病斑が見られましたが、病斑数は発病葉当り数個程度と軽度でした。9月初旬の調査時点でも依然として病害の発生程度は低く、健全葉率は約50%でした。褐斑病の微小な斑点が約40%の葉に見られたが、まだ落葉するほどには達していませんでした。すなわち、9月上旬時点までK園はこの数年間で最も病害発生が少ない状態で「つがる」などの早生品種の収穫期を迎えました。

一方、K園模倣区(5年目と1年目)では7月初旬時点で黒星病の発病葉が約20-25%、8月になると斑点落葉病及び生理障害による葉焼け症状の発生も約30%の葉に見られ、結果枝で落葉も始まりました。K園模倣1年目区では5年目区及び無散布区と比べて黒星病の発生が多く見られ、発病葉率は約50%に達しました。9月初旬時点で、落葉率は約15~45%に達し、一方、健全葉率は数~15%でした。盛岡市果樹茶部門リンゴ拠点内の試験区の中では、K園模倣1年目区が最も落葉率が少なく、5年目区及び無散布区は同程度でした。K園模倣区ではK園より黒星病の発生と褐斑病による落葉が多くなりましたが、5年目区では昨年度より8月までの健全葉率が若干向上していました。

しかし、9月中旬以降、K園と模倣園共に褐斑病の被害葉が急増し、10月では、K園の褐斑病発病葉が約80%、健全葉は約3%、褐斑病等による落葉率は約10%に達しました。また、K園模倣1年目区、5年目区及び無散布区では褐斑病発病葉が100%、健全葉は0%、褐斑病等による落葉率が70-90%に達しました。一方、慣行防除区(O園)では褐斑病と斑点落葉病の発病葉が約30%、健全葉が約70%、落葉率は0%でした。11月になると、K園の落葉率は約30%に増加し、残った葉は全て褐斑病・斑点落葉病に罹病していました。K園模倣1年目区、5年目区及び無散布区では落葉率が90%以上でした。一方、慣行防除区では落葉はなく、健全葉率が35-55%でした(図6-6)。

以上、K園では9月以降褐斑病が急増し11月にはほぼ健全葉はなくなるほどで、慣行防除区と比較すると褐斑病被害は甚大でしたが、その一方で、K園模倣区と比較すると落葉率の点で顕著な改善効果が確認されました。これは、2012年度までの調査結果とよく一致していました。

2014年度は、慣行防除区では病害の発生がほとんど見られなかったのに対して、自然栽培園地(7カ所)では黒星病、斑点落葉病、褐斑病等の軽度~重度の発生が見られました。病害被害程度は園地間で大きく異なり、K園、K園隣接園自然栽培1年目園及び長野県中野市自然栽培園の被害は軽度、青森県黒石市自然栽培園と岩手県遠野市K園模倣園では落葉被害が激しくほとんど収穫は見込めない状況で、盛岡市果樹茶部門リンゴ拠点K園模倣区(6年目と2年目)はその中間でした。K園とK園隣接自然栽培1年目園、及び盛岡市果樹茶部門リンゴ拠点K園模倣6年目区と2年目区がそれぞれ類似した病害発生状況を示し、栽培履歴以上に立地条件の影響が大きい可能性が示唆されました。

2015年度は、病害の発生が顕著になる8月~9月に調査をした結果、健全葉率はK園で44~75%、K園隣接のK園模倣2年目園で23~51%、盛岡無散布区37~59%、盛岡K園模倣7年目区30~53%、盛岡K園模倣3年目区66~74%、盛岡慣行化学農薬散布区90~95%でした。K園では例年通り斑点落葉病、黒星病、褐斑病などの発生がありましたが、隣接のK園模倣2年目園より発生は少なくなりました。また、盛岡K園模倣7年目区、同3年目区、無散布区より落葉率が少なくなりました。すなわち、K園では化学農薬散布区には劣るが、K園模倣区より病害発生が少なく、過去の調査結果と一致し、一定の病害発生抑制効果が認められました。

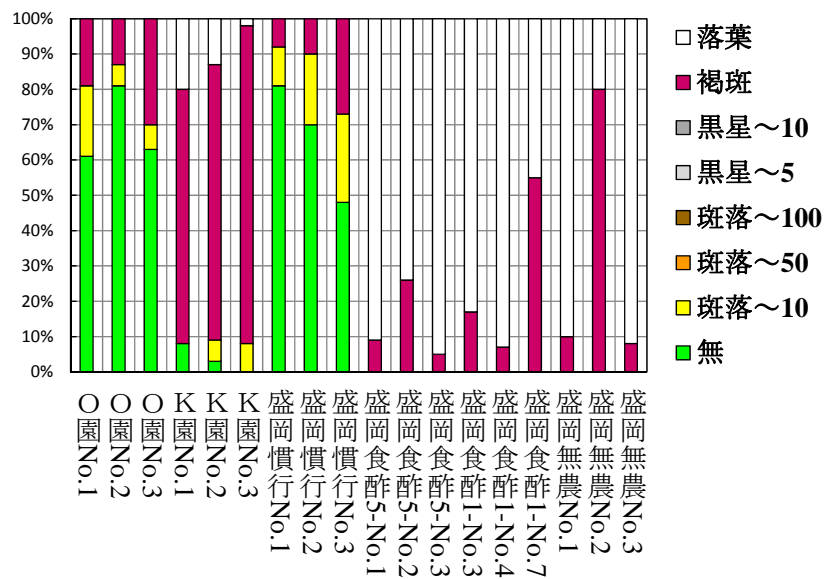
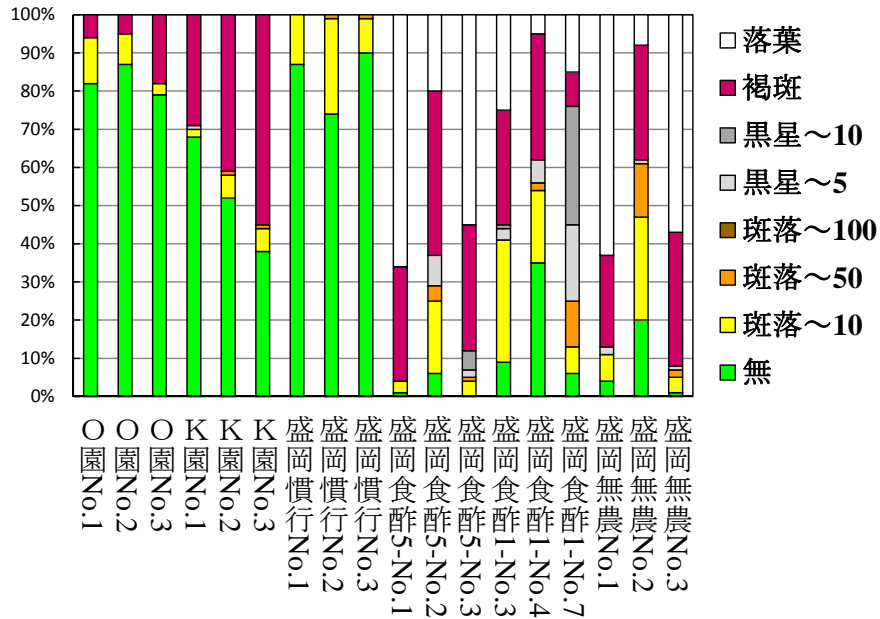


図6-6 リンゴ主要病害の発生状況の比較

2013年9月上旬(上)と10月上旬(下)

なお、図中のO園はK園の対照区として調査した慣行防除園を示しています。

## 2) K園リンゴ葉面微生物相の年次及び季節変動の特徴

### ①リンゴ葉圏主要真菌・細菌類マクロアレイ分析

2013年度は、K園では8月まで全般的に検出される真菌量が少なく、慣行防除園(O園、盛岡慣行)と同程度でした。しかし、8月以降、褐斑病菌が多数検出されるようになり、盛岡のK園模倣区と同様に9月、10月では多量の褐斑病菌が検出されました。一方、他の園地で優占する *Aureobasidium* の生息量が少ない特徴があり、以上の真菌類の動態は過去4年間の調査結果とよく一致しました。盛岡の園地ではすす点病菌 (*Zygothiala jamaicensis*) と黒点病菌 (*Mycosphaerella pomi*) が多いのが特徴で、すす点病菌は慣行防除園を含めた全区で豊富に検出されたのに対して、黒点病菌はK園模

倣区(1年目と5年目)でのみ多く、慣行防除区では検出限界以下でした。現行の農薬散布は黒点病菌には有効ですが、すす点病菌には有効でないかもしれません(図6-7)。

K園						O園-慣行					
	6	7	8	9	10		6	7	8	9	10
うどんこ	0	0	0	0	0	うどんこ	0	2	0	2	2
黒星	0	0	1	1	2	黒星	0	1	3	2	2
斑落	0	0	2	5	8	斑落	0	3	5	2	10
褐斑	0	0	0	1	5	褐斑	0	0	0	0	0
すす点	0	0	0	3	5	すす点	0	3	5	0	5
黒点	0	0	0	2	5	黒点	0	0	5	2	2
Aureobasidium	0	1	1	2	3	Aureobasidium	1	5	5	3	8
Cladosporium	0	5	5	10	10	Cladosporium	0	10	10	10	10
Epicoccum	0	3	1	0	2	Epicoccum	0	0	1	0	0
Cyrococcus	0	0	1	5	5	Cyrococcus	0	5	5	10	10

盛岡-食酢5						盛岡-食酢1					
	6	7	8	9	10		6	7	8	9	10
うどんこ	5	0	0	0	0	うどんこ	0	0	0	0	0
黒星	3	3	2	3	1	黒星	5	5	2	1	2
斑落	0	2	8	5	1	斑落	0	1	10	1	0
褐斑	0	0	2	5	10	褐斑	0	0	0	2	10
すす点	5	10	10	10	10	すす点	5	10	10	8	10
黒点	3	10	10	10	10	黒点	0	5	10	8	10
Aureobasidium	10	10	8	8	3	Aureobasidium	10	10	10	5	0
Cladosporium	3	5	8	8	1	Cladosporium	0	8	10	5	0
Epicoccum	10	10	3	3	0	Epicoccum	0	3	3	3	0
Cyrococcus	0	10	10	10	10	Cyrococcus	0	10	10	10	10

盛岡-無処理						盛岡-慣行					
	6	7	8	9	10		6	7	8	9	10
うどんこ	0	0	2	0	0	うどんこ	0	0	0	0	0
黒星	0	3	3	1	0	黒星	0	1	0	0	0
斑落	0	0	5	0	0	斑落	0	0	0	0	0
褐斑	0	0	0	0	10	褐斑	0	0	0	0	2
すす点	0	5	8	10	10	すす点	0	8	8	8	10
黒点	0	10	8	10	10	黒点	0	0	0	0	0
Aureobasidium	1	10	10	8	0	Aureobasidium	0	10	10	10	10
Cladosporium	0	8	8	8	0	Cladosporium	0	8	8	10	5
Epicoccum	0	3	5	0	0	Epicoccum	0	0	0	0	0
Cyrococcus	0	10	10	10	3	Cyrococcus	0	5	5	10	10

図6-7 リンゴ葉面主要真菌類の動態比較(2013年6月-10月、食酢1、5は1、5年目)

\*表中の数字は検出された相対量をしめす(1=少 → 10=多)。

なお、図中のO園-慣行はK園の対照区として調査した慣行防除園を示しています。

2014年度は、自然栽培区では共通して *Aureobasidium* と *Cryptococcus* の生息量が少ない傾向が見られ、2013年度までのK園の調査結果が裏付けられました。また、*Sporidiobolus pararoseus* が慣行防除区のみから検出されました。

2015年度もK園ではこれまでと同様の傾向が認められ、真菌類では *Aureobasidium* の検出量が少なく、細菌類では *Pseudomonas graminis* の検出量が多く、*Pseudomonas syringae* は少なくなっていました。*Pseudomonas graminis* の検出結果は培養実験の結果とも一致しました。また、これまでと同様、K園では黒点病とすす点病が少なくなりました。興味深いことに、これらK園の微生物相はK園と同様の食酢散布を実践して2年目のK園隣接倣倣園とは類似していませんでした。病害発生状況の違いと併せてK園とその隣接倣倣園では栽培履歴の違いによる影響が示唆されました。

## ②K園リンゴ葉面微生物の多様性

2014年度に実施したK園を含む多様な栽培歴のリンゴ園地のマクロアレイ法による分析に基づき、K園のリンゴ葉面微生物の多様性を分析しました。その結果、慣行防除区は病原性真菌類の生息が少ないため真菌類の多様性指数は低く評価されましたが、非病原性真菌類の多様性は自然栽培園と同程度でした。すなわち非病原性真菌類に対する化学農薬散布の影響は少ないものと考えられました。一方、細菌類(非病原性)は自然栽培区で多様性が高い傾向が見られ、特にK園で高くなりました。慣行防除区並みの防除効果が見られた青森県藤崎町真那板 JAS 有機栽培園では真菌類・

細菌類共に生息種と生息量が少なく、葉面微生物相の多様性に対する負の影響が見られました。微生物相の類似度（検出された種とアレイシグナル強度）からデンドログラムを作成した結果、Ward法では自然栽培区が1つのグループを形成し、Horn法では一部の例外を除いて自然栽培区と慣行防除の2つのグループが形成されました（図6-8）。

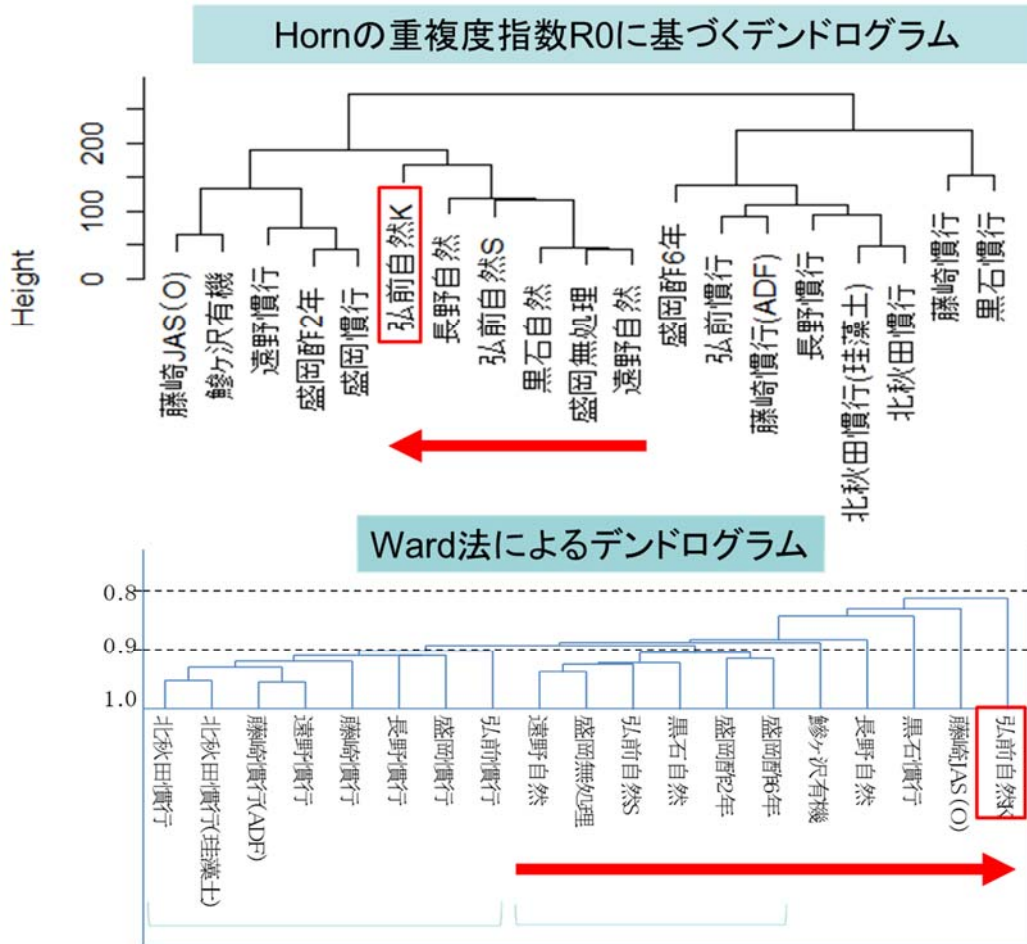


図6-8 マクロアレイ分析で得られたシグナル強度に基づく微生物相の類似度  
赤矢印は自然栽培園内に見られた順序を示しており、どちらの分析方法でも K 園（図では“弘前自然 K”と表示）が最も端に位置していました。K 園が自然栽培園の中でも特異な位置にあることを示しているようです。

### 3) 自然栽培リンゴ園における病害抵抗性の品種間差異とリンゴ内生菌の分析

2013年6月に行った移植苗と成木の接種試験では、病害度（病斑面積）に3品種間で有意な差が見られました（図6-9）。移植直後の1年生苗は、紅玉を除き、成木より病害度が大きくなりました。3品種間では、紅玉が1年生苗、成木ともに病害度は低く、人為的に接種したにもかかわらず葉に病斑がほとんど見られませんでした。

成木の9月の病害調査は、自然の条件下での葉の病斑面積から調査しましたが、接種試験の結果と異なりました。特に、王林は病害度が高く、続いて紅玉となり、ふじは最も病害度が小さくなりました。また、葉内部の斑点落葉病菌数は、特に王林で9月に著しく増加しており、斑点落葉病菌が増えたことが病害に関係していることが推察されました。

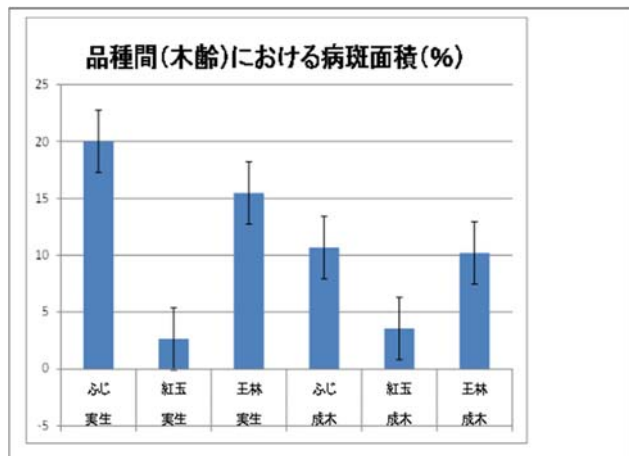


図6-9 K園で栽培したリンゴ樹の斑点落葉病抵抗性品種間差

2014年6月から9月までにリンゴ葉の内生菌(真菌, 細菌)の群集構造を制限酵素断片長(T-RLFP)により, 真菌と細菌の全量をリアルタイムPCRにより解析しました。PCR断片のクローニングにより, 真菌では18種, 細菌では7種が確認されました。紅玉, ふじ, 王林の3品種間には真菌, 細菌ともに群集構造に顕著な差は見られませんでした。他方, 増幅した内生菌のコピー数は品種間では有意な差が見られ, 斑点落葉病の抵抗性が高い紅玉はふじや王林より内生菌量が有為に高いことがわかりました。3品種を含む調査したリンゴ18樹間では, 真菌量が病害抵抗性と5%の有意な相関を示し, 葉の真菌量が多いことが紅玉の高い病害抵抗性に関係しているという結果が示唆されました。

2015年にはK園の内生真菌の分析を行いました。その結果, K園の葉に内生する真菌微生物相の特徴に関して, T-RFLP分析により, 総計19の(Operational Taxonomic Unit) \*が検出され, DNAのクローニングにより各OTUの属名・種名を同定しました。5つのOTUで季節間に, 4つのOTUで品種間に有意差が認められました。*Cladosporium tenuissimum* は6月に70%近くを占めたが次第に減少し9月には50%以下となりました。それに対して, *Alternaria alternata* と *Sordariomycetes sp.*が季節とともに増加する傾向にありました。いずれの月においてもこれら3種で全体の8割近くを占めました。9月の品種間の差では, 病害抵抗性の強い紅玉でふじに比べ *Alternaria alternata* の割合が高く, *Cladosporium tenuissimum* の割合は低くなりました。

\*OTU (Operational Taxonomic Unit)とは, 一定以上の類似性を持つ配列を一つの菌種として扱うための単位です。OTU数は菌叢を構成する菌種の数, 検出数はその菌種の相対的な存在量を反映しています。

#### 4) K園に特徴的な *Pseudomonas* 属細菌の動態

2013年6月, 7月, 8月, 9月にK園, O園, K園模倣区(1年目と5年目), 無散布区, 及びそれぞれの対照慣行防除区から採集したリンゴ葉から葉面微生物を分離し, *Pseudomonas* 選択培地で *Pseudomonas* 属細菌を培養・分離しました。昨年度までの先行研究の結果と同様に, リンゴ葉表面には, コロニーの色(薄黄色と白色)で識別できる, 少なくとも2種類の *Pseudomonas* が生息し, K園では薄黄色のコロニーを形成する種が優占し, 特に8月に豊富に生息していることを再確認しました。10月以降は上述のように, K園模倣区で落葉率が70-90%に達し, 正常な葉が残っていなかったことから調査は9月までとしました(図6-10)。

以上の結果, K園を特徴付ける微生物の候補として *Pseudomonas* 属細菌を選定しました。

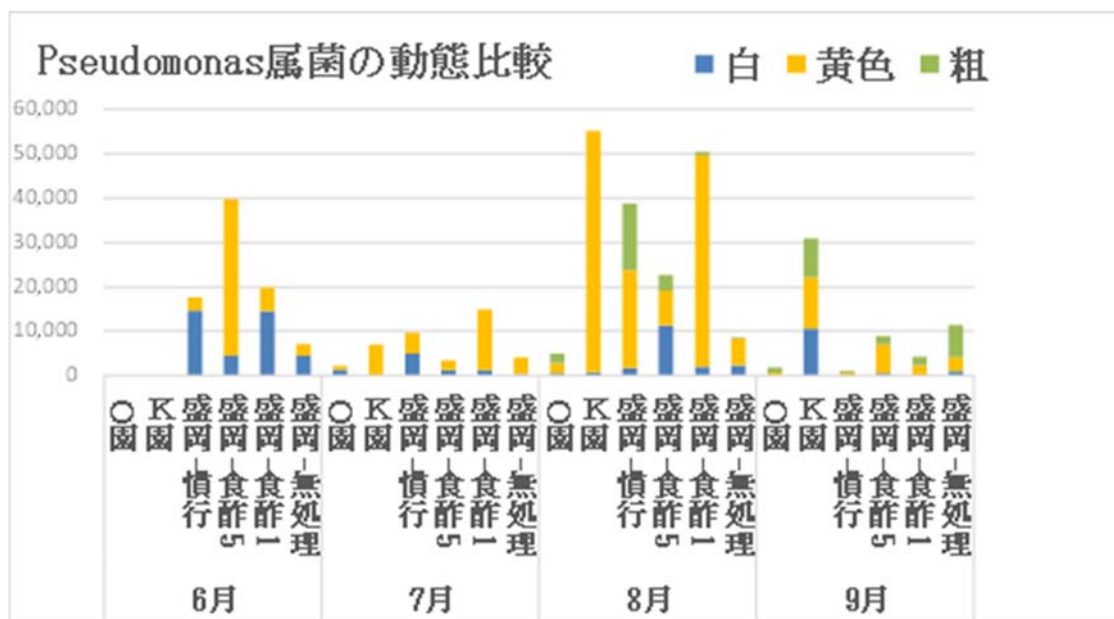


図6-10 *Pseudomonas* 属細菌の動態比較(2013年6月～9月)

なお、図中の○園はK園の対照区として調査した慣行防除園を示しています。

2014年度は、その前年まで、K園では8月から9月にかけて薄黄色のコロニーを形成する *Pseudomonas* 属細菌が豊富になる現象が確認されたので、9月上旬にK園、K園隣接慣行防除園、果樹茶部門リンゴ拠点内のK園模倣区および慣行防除区から選択培地で *Pseudomonas* を分離し、薄黄色のコロニーを有する菌株と白色のコロニーを有する菌株をそれぞれ3～8菌株選び、16SリボソームRNAの塩基配列を解析し、種レベルの比較を行ないました。その結果、K園、K園隣接慣行防除園、果樹茶部門リンゴ拠点慣行防除区の薄黄色の菌株は全て *P.graminis* であったのに対し、果樹茶部門リンゴ拠点K園模倣区の薄黄色菌株は *P.graminis*、*P.putida*、*P.rhizosphaerae* が混じっていました。一方、白色菌株は *P.syringae* でしたが、果樹研慣行防除区からは *Erwinia persicina* が混じって検出されました。

上記で採集したリンゴ葉から選択培地を用いて *Pseudomonas* 属細菌の生息量を比較しました。昨年度までの調査で、K園では8-9月に薄黄色のコロニーを形成する *P.graminis* が寡占することが示されていましたが、予想どおり自然栽培区では *P.graminis* の生息量が多いことが確認されました。ただし、長野県中野市の自然栽培園では粗面のコロニー形態を示すものが多数分離されました。

K園とその対照慣行園のリンゴ葉面から分離した *P.syringae* と *P.graminis* を食酢を添加した培地で生育させ、その生育速度を比較しました。その結果、K園から分離した *P.syringae* と *P.graminis* は食酢添加量  $10^{-6}$ ～ $10^{-3}$  希釈に於いて慣行防除園より若干生育量が勝っていました。慣行防除園から分離した *P.putida* と *E.persicina* は生育が劣っていました。

2015年度は、その前年まで、K園では8月から9月にかけて薄黄色のコロニーを形成する *Pseudomonas* 属細菌が豊富になる現象が確認されたので、さらに8月上旬にK園、K園隣接模倣2年目園、果樹茶部門リンゴ拠点K園模倣7年目区及び3年目区、果樹茶部門リンゴ拠点慣行防除区から選択培地で *Pseudomonas* を分離しました。その結果、K園では、その他の全ての区に比べて、*Pseudomonas* 属細菌の生息量が5～10倍も豊富で、その全てが薄黄色のコロニーを生じる *P.graminis* で独占されていました。K園以外では白色のコロニーを生じる *P.syringae* も混在して生息し、その生息比率は様々でした。特に興味深い点は、K園隣接模倣2年目園はK園と細い道で隔てられているだけの園地であるにもかかわらず、*Pseudomonas* の生息パターンが全く異なっており、むしろ果樹茶部門リンゴ拠点のK園模倣園と類似していた点です。K園で8月上旬に *Pseudomonas* の生息量が極めて豊富になり、特に薄黄色のコロニーを有する *P.graminis* が寡占するパターンは2012年と2013年の調査でも



確認されていることから、これは K 園を特徴付ける微生物相の指標となると考えられます。K 園を特徴付ける微生物的指標として、①8 月上旬の薄黄色のコロニーを有する *P.graminis* の豊富さ、② *Aureobasidium*、*Cladosporium*、*Cryptococcus* 菌の生息密度パターンを選定しました。

#### (4) 考察

##### K 園に特徴的な葉面微生物

2013 年度の分析結果から、K 園と K 園模倣区では 9 月中旬以降褐斑病が急増し、10 月の K 園の褐斑病発病率は約 80%、健全葉は約 3%、褐斑病等による落葉率は約 10%でした。慣行防除区(健全葉率約 70%)に比べ病害被害は甚大でしたが、K 園模倣区(落葉率 70-90%)と比較すると顕著な病害発生抑制効果が確認されました。K 園では 8 月まで全般的に真菌類の生息量が慣行防除区並みに少なく、特に他の園地で優占する *Aureobasidium* の生息量が少なくなりました。K 園では薄黄色の *Pseudomonas* 菌 (*P.graminis* と同定) が特に 8 月上旬に豊富に生息しており、盛岡の試験区ではすす点病菌と黒点病菌の生息量が年間を通じて多く、特に黒点病菌は K 園模倣区と無処理区のみで多かったことから有機栽培で増加する真菌類の一つと考えられます。

2014 年度と 2015 年度の分析結果から、K 園と青森・岩手・長野県の K 園を模倣した自然栽培園及び JAS 有機園を調査した結果、K 園、K 園隣接模倣 1 年目園と長野県模倣園は病虫害被害が軽度、青森県と岩手県の模倣園は病虫害被害が甚大でした。K 園と模倣園は真菌類が少なく細菌種が豊富で、JAS 有機園は菌類・細菌類共に貧弱でした。マクロアレイデータに基づく微生物相の類似度の分析の結果、自然栽培園と慣行防除園が各々グループを形成し、K 園・K 園隣接模倣 1 年目園・長野県模倣園が近隣に位置しました。自然栽培園では真菌類の *Aureobasidium*、*Cryptococcus*、*Sporidiobolus* が減少し、細菌類、特に *Pseudomonas* が豊富でした。マクロアレイデータの類似度の分析から K 園を基準(仮想の理想到達点)とする自然栽培園の微生物相のおおよその現状(到達程度)を提示できる可能性が示唆されました。

### 3. 要約

- 1) K園模倣区では、試験期間(7 年間)を通して、毎年、褐斑病等が多発して早期落葉し、花芽形成や果実品質等に大きく影響しました。
- 2) 転換 7 年目までのK園模倣区及び無散布区では、リンゴハマキクロバ、ナシマルカイガラムシによる被害が無視できないレベルまで増加しました。
- 3) 慣行防除区と比較すると、K園模倣区、無散布区ともに収量が劣り、果実サイズも有意に小さく、糖度も低くなりました。
- 4) 転換後の年数経過につれて被害が増加したナシマルカイガラムシに対しては、発芽前1回(4 月上旬)のマシン油(×50) 散布が有効でした。
- 5) シンクイムシや病害(すす斑病等)による果実被害は早期(6 月上旬)の袋掛により抑制できました。
- 6) 袋掛けによる果実病害発生抑制効果は高く、特に防菌一重袋を使用した場合に顕著でした。
- 7) 食酢(清泉-15)および農業用玄米酢(バイオトップ)の直接的な病虫害防除効果はあまりないと判断されました。
- 8) K 園と、隣接する模倣園を対象に病虫害発生状況と葉圏・根圏の微生物相の動態を調査して、有機或は自然栽培リンゴ園に特徴的な微生物指標を調べました。K 園では慣行防除園に比べ病害被害は甚大でしたが、模倣園と比べると顕著な病害発生抑制効果が確認され、他の園地で優占する *Aureobasidium* 属菌の生息量が少ない、薄黄色の *Pseudomonas* 属細菌が特に 8 月に豊富に生息しているなどの微生物的特徴がみられました。
- 8) これらの結果から、K園における栽培管理方式を模倣しただけでは汎用性のあるリンゴ有機栽培技術の確立は困難と判断され、今後は有機 JAS 規格に合わせた技術開発が必要と考えられます。

#### 4. 引用文献

- 新井朋徳・高梨祐明・柳沼勝彦・井原史雄・伊藤伝・成田治・豊島真吾 (2011) 殺虫剤無散布リンゴ園におけるナシマルカイガラムシ歩行幼虫の発生数の年次推移, 北日本病虫研報, **62**,179-181
- 花岡朋絵・赤平知也・木村佳子・山本晋玄 (2014) リンゴの有機栽培のための病害虫防除体系の組み立てとその評価, 北日本病虫研報, **65**, 104-110
- He Y-H, Isono S, Shibuya M, Tsuji M, Adkar Purushothama C-R, Tanaka K, Sano T. (2012) Oligo-DNA Custom Macroarray for Monitoring Major Pathogenic and Non-Pathogenic Fungi and Bacteria in the Phyllosphere of Apple Trees. *PLoS ONE* 7(3), e34249. doi:10.1371/journal.pone.0034249
- 平良木武・鈴木茂・及川英雄 (1993) 無農薬で栽培したリンゴの病害虫による被害と樹体への影響, 北日本病虫研報, **44**, 81-82

#### 5. 執筆担当者一覧

- 伊藤 伝・柳沼勝彦・守谷友紀(1)  
佐野輝男(2)

#### 6. 問い合わせ先

農研機構果樹茶業研究部門 TEL:029-838-6453