

リンゴ落葉粉碎処理がリンゴ黒星病菌子のう胞子飛散量に及ぼす影響に関する園地調査 (2019年～2021年)

吉岡 龍一¹・成田 颯汰¹・春日 一心¹・田中 和明¹
 佐野 輝男¹・小林 史尚²・島田 照久²・葛西 憲之³
 大中 徹³・吉崎 尚文³・舛田 宏樹³

¹弘前大学農学生命科学部

²弘前大学大学院理工学研究科

³弘果総合研究開発株式会社

(2021年11月30日受付)

概要と目的

リンゴ黒星病は今から約200年前にスウェーデンで初めて記載された病気で、現在では世界中のリンゴ栽培地域に広く発生し、最も経済的被害の大きな病害のひとつとして知られている⁽⁸⁾。特に、春に冷涼・多湿で夏に雨の多い、日本、アメリカ合衆国北東部やカナダは被害が大きく、黒星病の発生好適地域である。

黒星病は葉や果実に発生し、稀に新梢や新芽にも発生する。春先、新生葉の表面や裏面に淡黄色の小斑点が発生し、やがて縁が不明瞭な茶褐色～黒色すす状或はピロード状の病斑に拡大する。さらに病葉が古くなってくると病斑の縁は厚みを帯び盛り上がってくる。幼果実に発生する病斑は、果実の肥大につれ黒褐色に変わりコルク化し、かさぶた状になる。黒星病は英語で“scab (かさぶた)”と呼ばれる。重症の果実は変形・裂果する⁽⁸⁾。

病原はリンゴ黒星病菌 (*Venturia inaequalis*) で、子のう菌類に属する菌類である。被害葉や被害果組織中で越冬して子座 (偽子のう殻) を発達させて子のう胞子を形成・成熟させ、春に飛散して一次伝染源となる。子のう胞子は大きさの異なる2細胞からなり、上側の細胞は下側の細胞より短くて幅が広い。“*inaequalis*”という種名は、この不均等な細胞を有する胞子の特徴に由来する。黒星病はクラブリンゴやその他のリンゴ属の植物にも発生するほか、リンゴの病原菌と病原性・宿主特異性が異なる分化型がサンザシ、ナナカマド、ピラカンサ、ビワに発生する。ナシにも黒星病が発生するが、リンゴ黒星病とは病原菌の種が異なる⁽⁸⁾。

日本では明治初めに本格的なリンゴ栽培が始まったが、青森県りんご試験場五十年史⁽¹⁾や青森県りんご百年史⁽³⁾を辿っても、当初、リンゴの病害虫の項目に黒

星病の文字は見当たらない。つまり、リンゴ黒星病は数あるリンゴ重要病害の中でも比較的新しい侵入病害である。リンゴ黒星病の発生が青森県で初めて確認されたのは1969年である。黒星病は1819年にスウェーデンで発見され、欧米のリンゴ産地では200年近くの発生歴を持つ大病害であるが、日本にはそれまで黒星病は発生していなかったものと考えられる。青森県での発生に先立ち、1952年頃から札幌市郊外のリンゴ園で発生していたようで、1955年に黒星病の国内初発生が報告され、1966年頃までには全道各地に広がり、1968年に岩手県、翌年には青森県・秋田県でも発生が確認された。青森県では県南地方で発生し、緊急防除が行われたが、1972年には弘前市のリンゴ園をはじめ、県内200か所以上で発生が確認されるようになった^(3,6)。現在では全国のリンゴ栽培地域に定着している。

黒星病の発生源 (第一次伝染源) は、前年の秋に落葉した被害葉に形成される子のう胞子と枝の芽のりん片組織で越冬した黒星病菌に作られる分生子である⁽⁸⁾。子のう胞子は、青森県では4月になると急速に成熟が進み飛散が始まる。特に降雨のあった日には飛散量が急増する。病気の初発は5月下旬～6月上旬で、その後、病斑上に形成される分生子の飛散 (2次伝染) により、7月下旬～8月上旬に流行のピークを迎える。夏場は、高温と乾燥で一旦停滞するが、秋 (8月下旬～9月上旬) に気温が低くなり降雨が続くと再び増加する。

黒星病の防除には、化学農薬 (保護剤、治癒剤)、有機栽培には銅剤、硫黄、石灰硫黄などが一般的に使用されている⁽⁸⁾。選択性の高い保護・治癒薬剤は耐性菌の出現を防ぐために、使用回数が制限され、病斑が発達してからの散布を避けるよう指導されている。感染危険時期に合わせて予察情報を活用して効果的に薬剤防除を行

なう必要がある。

青森県津軽地方では2015年～2019年、黒星病の流行が続き、またDMI剤やQoI剤などの黒星病防除薬剤に対する耐性菌が発生していることが確認されたため^(4,9)、園地内の黒星病菌密度を低下させることの重要性が再認識された。前述のように、前年度の被害落葉上で越冬した黒星病菌が一次伝染源となることから、できるだけ園地内の被害落葉を処理することも翌春の一次伝染源となる子のう胞子の密度を低下させるために重要とされる^(2,7)。本試験は、春先に前年度の被害落葉を粉碎処理し、園地内の子のう胞子飛散量に及ぼす効果を3年間にわたり調査したものである。

調査方法

青森県津軽地方のリンゴ園3か所（A, B, C）を調査地として、2019, 2020, 2021年の3年間調査を実施した。A園は、園地面積50アール、試験面積18アール（粉碎処理面積8アール、未処理面積10アール）で、調査の前年2018年度の黒星病の発生が調査した3園地の中では最も多かった。B園は、園地面積55アール、試験面積16アール（粉碎処理面積6アール、未処理面積10アール）、C園は、園地面積1.7ヘクタール、試験面積20アール（粉碎処理面積10アール、未処理面積10アール）であった。各園地とも4月の月上旬、園地の雪が消えた後、リンゴの芽が動き出す前に、自走式草刈り機を用いて、園地面の落葉を細かく粉碎した（図1A）。園地の一部は落葉粉碎

処理をせず未処理対照区とした。なお、粉碎処理以外の施肥及び病害虫防除等の栽培管理は慣行の体系に沿って行われた。

各園地の粉碎処理区（以下、粉碎区）と未処理対照区（以下、未処理区）に2個ずつ胞子トラップ箱を設置した（図1B）。各トラップ箱の内部には、胞子をトラップするグリセリンゼリーを塗布したスライドガラス（サイズ：76mm×26mm×0.9-1.2mm、松浪硝子工業株式会社、品番：S1215）を2枚ずつ置いた（図1C, 1D）。グリセリンゼリーの組成は、グリセリン（富士フィルム和光純薬株式会社、品番：075-00616）38mL、ゼラチン（品番：077-03155）7g、フェノール（品番：161-01025）1mL、蒸留水42mLである⁽⁵⁾。粉碎処理日からトラップを開始し、スライドガラスは一週間おきに回収・交換し、顕微鏡で観察して黒星病菌の子のう胞子数を計測した。トラップは基本的に7月末まで継続し、3回連続でトラップされなくなった時に、子のう胞子の飛散は終了したと判定した。また、2019年と2020年度は6月末と7月中旬の2回、2021年度は7月上旬に1回、園地の黒星病の発生程度を調査した。各園地の粉碎区と未処理区から3樹を選び、各樹100～150枚の葉の黒星病斑を観察した。

結果とまとめ

調査期間全体を通してみると、まず、2019年度の子のう胞子トラップ数が3年間を通じて最も多く、以降2020年、2021年と次第に減少していく傾向が見られ、2021年

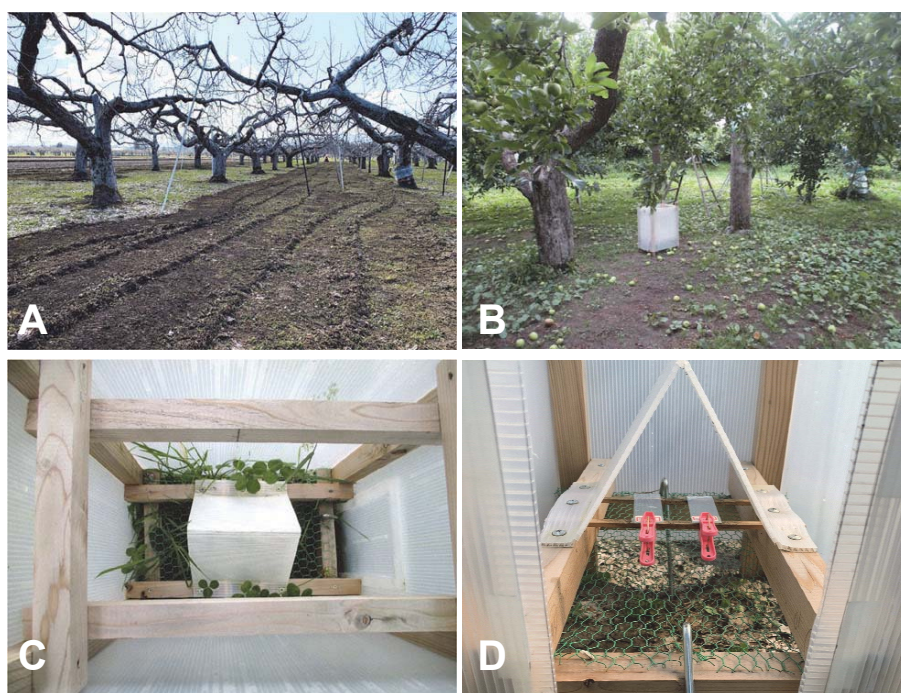


図1. 落葉粉碎処理と胞子トラップ箱

A；落葉粉碎処理後の調査園地の様子 B；胞子トラップ箱の設置 C；胞子トラップ箱の内部（上から） D；胞子トラップ箱の内部（横から）。2枚のトラップ用スライドガラスを設置

度にはほとんどトラップされなくなった。一方、子のう胞子飛散の重要要因である降雨量は逆に2019年度が最も少なかったことから、この結果は黒星病菌の一次伝染源そのものが減少したことを示していると考えられた。

子のう胞子は毎年4月中旬～下旬からトラップされ始めた。いずれの年もその期間内に降雨があったことから、調査地域では4月中旬～下旬の降雨により子のう胞子の飛散が始まると考えられた(図2)。一方、飛散が終了する時期は園地間或は年次間で大きな差があり、一般に発生量の多い園地ほど飛散も長く続く傾向があった。最も発生が多かったA園では、2019年度は7月第1週まで、2020年は7月第2週まで飛散が見られた。2020年は全体としては飛散数が2019年度より少なかったにも関わらず、3園地とも7月第1週～第3週まで飛散が見られ、特にC園では6月第2週に最も多数の子のう胞子がトラップされた。これは2020年度は5月以降の降雨量が多かったことが一因になっていると考えられた。

粉碎区と未処理区間を比べると、最もトラップ数の多かった2019年度では3園地共に粉碎区でトラップされる子のう胞子の数が少なかった(図2)。有意水準を1%としてピアソンの相関関係の検定を行った結果、3園地全体の両区間に有意差があり、特にA園で有意差が見られた。このことから粉碎処理に子のう胞子の飛散量を減少させる効果があることが確認された。しかし、飛散量はゼロにはならなかったことから、粉碎処理だけでは子のう胞子の飛散を完全に抑えることはできないことも判明した。

一方、2020年度では、粉碎区と未処理区間の違いは明確でなく、B園では若干粉碎区で少なかったが、A園ではほぼ同程度であり、C園では粉碎区でトラップ数が多い時期もみられた。しかし、この年はトラップ数が全期間を通じて低いレベルにあったので、粉碎処理の効果の有無を論じることはできないと判断された。すなわち、黒星病菌の園地内の発生レベルが低い時には、粉碎処理の効果は確認されなかった。

また、対象園地内の黒星病の発生状況を調査した結果、2019年度のA園では、6月10日に粉碎区と未処理区共に15%以上の葉に黒星病斑が見られ、7月23日にも5%前後の葉に病斑が見られたが、粉碎区と未処理区の差は認められなかった。2019年度のB園でも6月10日に約8%、7月23日に約5~10%の葉に病斑が見られたが、いずれも病斑は軽微で発生量はごく低いレベルに抑えられており、粉碎区と未処理区の実質的な差は認められなかった。また、それ以外の区はすべて黒星病の発生がさらに低いレベルで管理されており、薬剤散布や感染葉の摘除など、粉碎処理以外の防除・管理が十分な効果を発揮していたと判断された。

以上、春先の園地面の落葉粉碎処理は、園地内に残存する黒星病罹病葉が多く菌密度が高いレベルの時には越冬被害葉(一次伝染源)から飛散する子のう胞子の量を低減する効果が認められた。他の防除方法と組み合わせることでより効果的に園地内の黒星病菌の密度を低いレベルに抑える効果があると考えられた。

引用文献

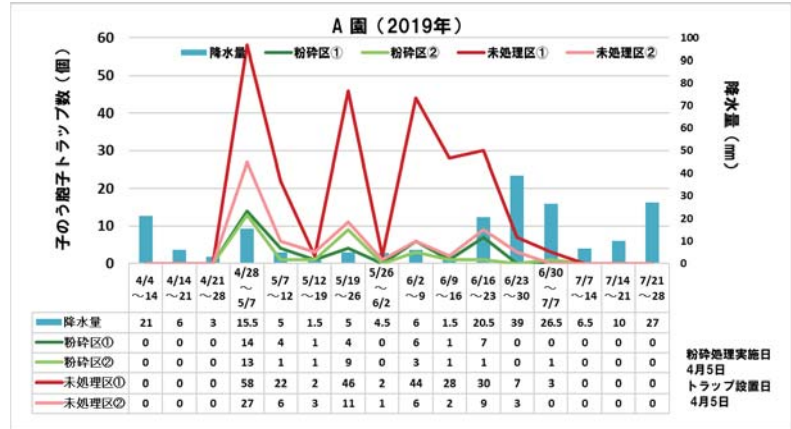
1. 青森県りんご試験場：青森県りんご試験場五十年史，青森県りんご試験場，青森，1981.
2. GADOURY, D. M. and MACHARDY, W. E.: Forecasting ascospore dose of *Venturia inaequalis* in commercial apple orchards. *Phytopathology* 76: 112-118, 1986.
3. 波多江久吉・斎藤康司：青森県りんご百年史，青森県りんご百年記念事業会，青森，1977.
4. 平山和幸・花岡朋絵・新谷潤一・對馬由記子・赤平知也：青森県におけるDMI剤耐性リンゴ黒星病菌の発生．北日本病虫研報，68: 108-114, 2017.
5. 草野尚雄・小河原孝司・小西博郷・鹿島哲郎：茨城県におけるナシ黒星病菌子のう胞子の飛散消長と重要防除時期．茨城県農業総合センター園芸研究所研究報告，第21号:15-20, 2014.
6. 澤村健三：リンゴの病気とその研究—40年の軌跡—，澤村健三先生卒寿祝賀記念誌，進藤印刷青森，2015.
7. SUTTON, D. K., MACHARDY, W. E. and LORD, W. G.: Effects of shredding or treating apple leaf litter with urea on ascospore dose of *Venturia inaequalis* and disease buildup. *Plant Dis.* 84: 1319-1326, 2000.
8. SUTTON, T. B. et al.: Compendium of apple and pear diseases and pests, Second edition, APS press, Minnesota, 2014.
9. 雪田金助：青森県由来のリンゴ黒星病菌にみられたDMI剤，QoI剤およびMBC剤への感受性低下．北日本病虫研報，68: 102-107, 2017.

謝辞

本研究は、弘前大学と弘果総合研究開発株式会社の共同研究(2018年9月~2021年9月)、及び、弘前大学平成30年度中期目標達成促進経費(2018年)の補助金を受けて実施した。

利益相反

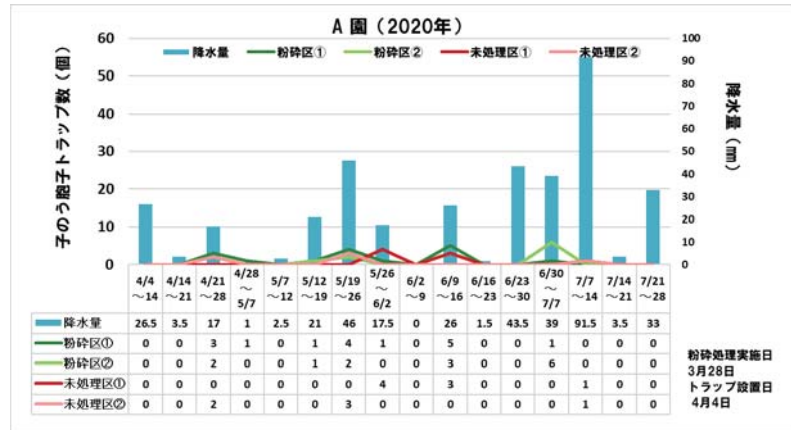
資金提供者は、研究のデザイン、データ収集、分析、出版の決定、または原稿の準備に影響を与えていません。



圃場発病調査 発病葉数/調査葉数(発病率)

6月10日 7月23日

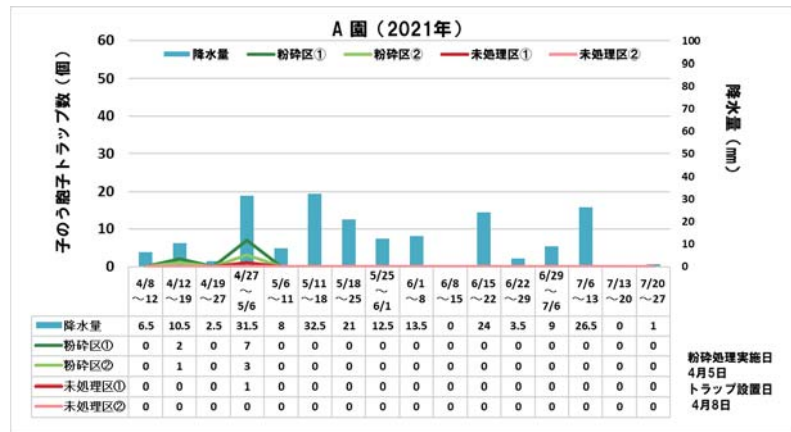
処理区	69/435 (15.9%)	27/400 (6.0%)
未処理区	67/416 (16.1%)	19/400 (4.8%)



圃場発病調査 発病葉数/調査葉数(発病率)

6月30日 7月31日

処理区	4/300 (1.3%)	12/300 (4.0%)
未処理区	18/300 (6.0%)	4/300 (1.3%)



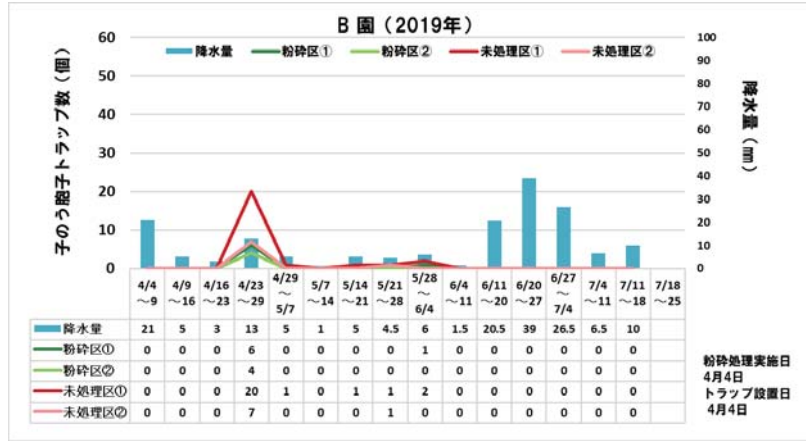
圃場発病調査 発病葉数/調査葉数(発病率)

7月6日

処理区	28/300 (9.3%)
未処理区	14/300 (4.7%)

図2A-C. 黒星病菌子づつ子トラップ数の推移と降雨量及び黒星病発生調査 (2019年～2021年, 4月～7月)

4月～7月まで1週間ごとにトラップ用スライドガラスを交換・顕微鏡観察し、トラップされた黒星病菌子づつ子数を計測した。週ごとにトラップされた子づつ子数(折れ線グラフ)とその期間の降雨量(棒グラフ)を示した。折れ線グラフの濃い赤は未処理区①、薄い赤は未処理区②、濃い緑は粉碎区①、薄い緑は粉碎区②を示す。また、子づつ子数と降雨量の実数をその下の表に示した。さらにその下に、各圃地の黒星病発生調査結果を示した。図は順にA園, B園, C園, 上から2019年度, 2020年度, 2021年度の結果を示している。

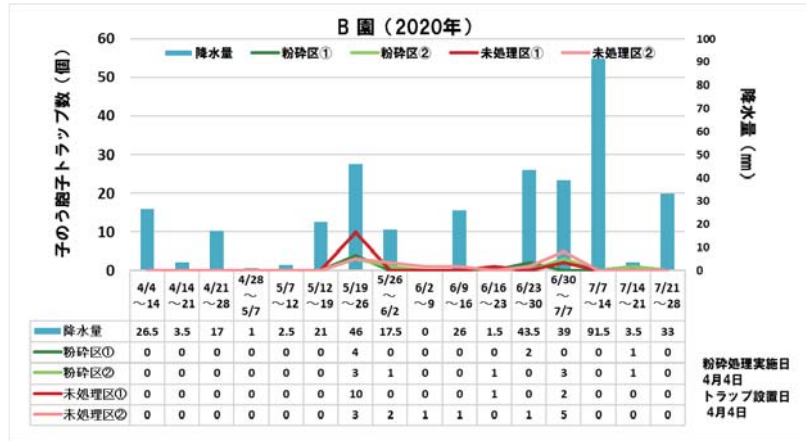


圃場発病調査

発病葉数/調査葉数(発病率)

6月10日 7月23日

処理区 37/435 (8.5%) 41/400 (10.3%)
未処理区 37/416 (8.9%) 21/400 (5.3%)

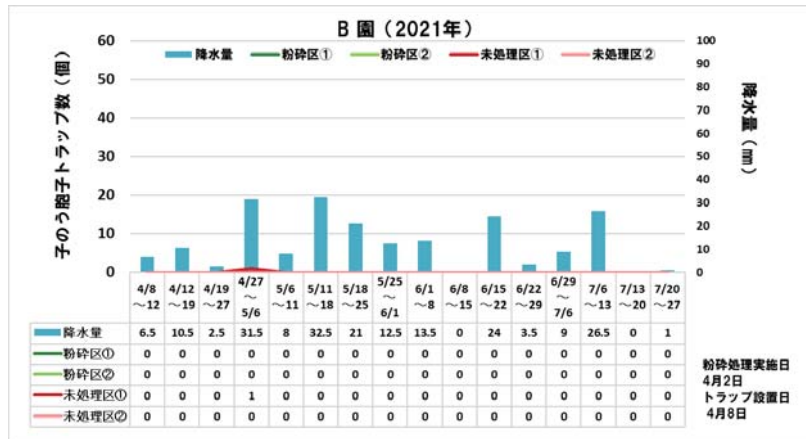


圃場発病調査

発病葉数/調査葉数(発病率)

6月30日 7月31日

処理区 4/300 (1.3%) 2/300 (0.7%)
未処理区 1/300 (0.3%) 4/300 (1.3%)



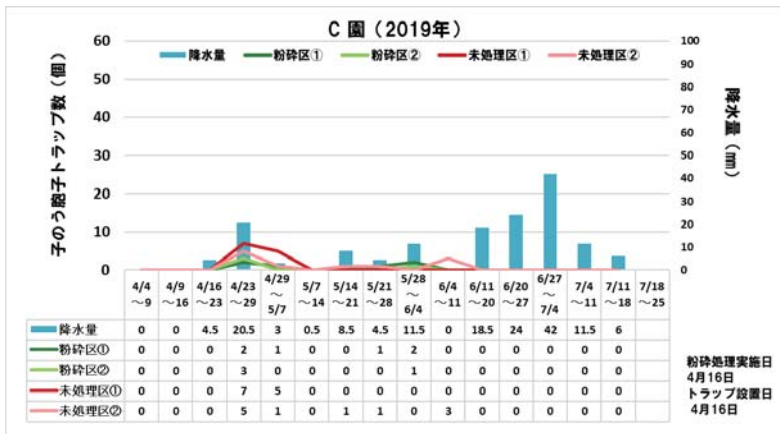
圃場発病調査

発病葉数/調査葉数(発病率)

7月6日

処理区 0/300 (0.0%)
未処理区 0/300 (0.3%)

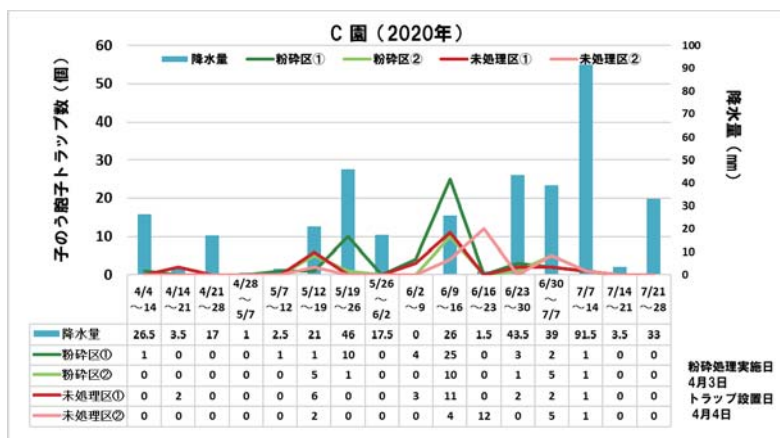
☒2B



圃場発病調査 発病葉数/調査葉数(発病率)

6月10日 7月23日

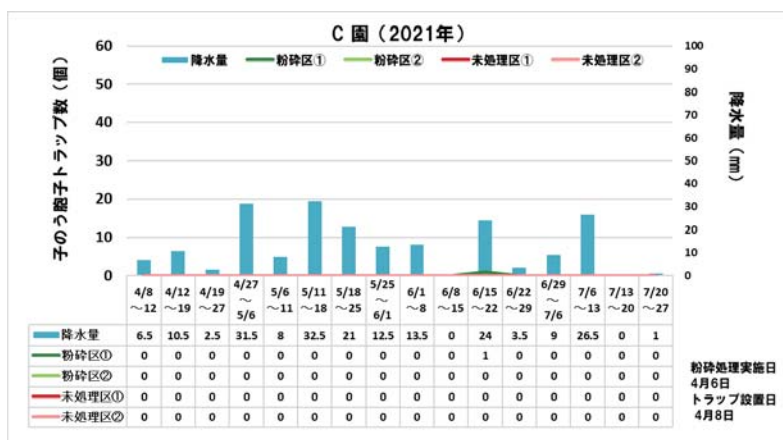
処理区 0/435 (0.0%) 2/400 (0.5%)
未処理区 0/416 (0.0%) 16/400 (4.0%)



圃場発病調査 発病葉数/調査葉数(発病率)

6月30日 7月31日

処理区 0/300 (0.0%) 6/300 (2.0%)
未処理区 1/300 (0.3%) 8/300 (2.7%)



圃場発病調査 発病葉数/調査葉数(発病率)

7月6日

処理区 0/300 (0.0%)
未処理区 1/300 (0.3%)

A field study on the effect of the spring shredding apple leaf litter on ascospore dispersal of the apple scab pathogen (2019-2021)

Ryuichi YOSHIOKA¹, Sota NARITA¹, Hitoshi KASUGA¹, Kazuaki TANAKA¹,
Teruo SANO¹, Fumihisa KOBAYASHI², Teruhisa SHIMADA², Noriyuki KASAI³,
Toru ONAKA³, Naofumi YOSHIKAZAKI³, Hiroki MASUDA³

¹Faculty of Agriculture and Life Science, Hirosaki University

²Graduate School of Science and Technology, Hirosaki University

³Hiroka R&D Inc.

(Received for publication November 30, 2021)

SUMMARY

Apple scab, caused by *Venturia inaequalis*, is one of the most economically damaging diseases of apple production. Since the diseased apple leaf litter overwintered on the orchard floor is a primary source of infection, the leaf litter was shredded in early spring at three apple orchards in Aomori Prefecture for consecutive three years from 2019 to 2021 and changes in the dose of ascospore was analyzed by trapping and counting the ascospores dispersed. The results suggested that shredding apple leaf litter is effective in reducing the dose of ascospore dispersal when the density of the pathogen in the orchard is high.

Bull. Fac. Agric. & Life Sci. Hirosaki Univ. **No.24**: 9-15, 2022