

徳島農技セ研報 No. 8  
17~23 2021

## イチゴにおける送風機を用いた振動受粉が受精不良果の発生に及ぼす影響

植松菜月・村井恒治・栗原桜子\*1・吉田裕一\*2・安場健一郎\*2

Effect of artificial pollination by wind using a blower on malformed fruit incidence in Strawberries.

Natsuki UEMATSU, Koji MURAI, Sakurako KURIHARA, Yuichi YOSHIDA and Ken-ichiro YASUBA

### 要 約

イチゴ栽培における着果促進のためのミツバチ放飼代替技術として、ハンディブローアを用いた振動受粉を試みた。本研究では、送風が着果に及ぼす影響について開花時期の異なる花房ごとに検証した。

2020年10月25日～12月28日に開花した頂花房へ風速が10～15m/sになるように、1株あたり2～3秒、1週間に3回、送風処理を行った。その結果、送風処理区の可販果率は、‘かおり野’で90%、‘さちのか’で92%、‘ゆめのか’で77%であった。無処理区では正常に肥大した果実が得られなかったことから、週に3回の送風処理で十分に着果すると考えられた。

次に、2021年1月20日～2月26日に開花した‘さちのか’、‘ゆめのか’の第1次腋花房、および2021年3月3日～4月16日に開花した第2次腋花房へ1週間に3回、1回と頻度を変えて送風し、ミツバチ放飼と受粉効果を比較した。その結果、第1次腋花房では、‘さちのか’の頂果における受精不良果の発生率は、ミツバチ放飼区で8%に対し、送風3回区で50%、送風1回区で81%と高くなった。一方、頂果以外の果実では、受精不良果の発生は少なく、ミツバチ放飼区と送風3回区で80%以上の高い可販果率が得られた。‘ゆめのか’も傾向は同じであったが、‘さちのか’より可販果率が低くなった。一方、第2次腋花房では、‘さちのか’の収穫果実全体の可販果率が送風3回区で97%とミツバチ放飼と同等であった。‘ゆめのか’の収穫果実全体の可販果率は、送風3回区では82%となり、ミツバチ放飼区の96%よりやや低くなった。また、両品種において、第1次腋花房、第2次腋花房ともに、送風1回区では受精不良果の発生が多く可販果率が低下した。

以上より、イチゴにおける送風受粉は、‘さちのか’の年内、3月以降開花の花房ではミツバチ放飼と同等の受粉効果が得られ、代替技術として有効であった。しかし、1、2月に開花した花房の頂果や、‘ゆめのか’では受粉効果が低くなり、受粉効果の開花時期による変化や品種間差が認められた。

キーワード：イチゴ、送風受粉、送風機

keyword: strawberry, air blow-pollination, blower

## 緒 言

1960年代にイチゴの施設栽培が普及し始めると、受精不良果による品質低下が問題となった。阿部らはミツバチを放飼することにより受精不良果の発生が抑制できることを発見し、その後ミツバチ利用が全国へ普及した<sup>12)</sup>。現在では、ミツバチの放飼がイチゴの安定的な果実生産に必須の技術となっている。

しかし、ミツバチは低温や曇雨天が続くと訪花活動が低下して、受精不良果が発生することがある<sup>7)</sup>。また、ミツバチの活動が活発になりすぎると、過剰訪花による奇形果が多発する場合もある<sup>8)</sup>。さらに、ミツバチを放飼すると、農薬使用が制限されるため<sup>14)15)</sup>、生産現場では薬剤抵抗性が発達しやすい微小害虫の防除に苦慮している。ミツバチ放飼より防除を優先すると受粉不足によって受精不良果が発生する上に、蜂群の衰退を助長する。

イチゴの着果促進におけるミツバチの代替技術として、他の花粉媒介昆虫が検討されている。在来種のクロマルハナバチは、ミツバチより少ない放飼頭数で同等の受粉効果が得られ<sup>8)</sup>、一部の生産者に利用されている。一方、適正な放飼頭数の範囲が狭く、過剰訪花による奇形果防止のために巣門の開閉を調節する必要があり<sup>8)</sup>、小規模ハウスでは特に扱いが難しい。ハチ類の他にヒロズキンバエが検討されており<sup>3)11)</sup>、ハチ類のような過剰訪花による奇形果発生が少なく、低温や曇雨天でも訪花活動が低下せず、品質向上に有効である<sup>12)13)</sup>。しかし、いずれも影響の少ない農薬を選択する必要があり、薬剤防除に一定の制限がある。

花粉媒介昆虫以外のミツバチ代替技術として、振動による受粉が検討されている。風による振動でも受粉することが知られているトマトでは、バイブレーターを茎や花房に接触させ振動させる方法<sup>5)</sup>や、送風機を用いて花房を振動させる方法<sup>10)</sup>が考案されている。特に送風機による振動受粉は、空洞果を防ぎ、ホルモン単花処理と同等の高い着果効果が得られている<sup>10)</sup>。一方、イチゴの振動受粉については、中村らが、超音波による花の振動が着果に有効とし、受粉装置を開発している<sup>9)</sup>。しかし、この方法では1花に1分の処理時間がかかり<sup>9)</sup>、圃場全体に処理するには多くの時間が必要である。イチゴでも簡便な方法で花を振動させることができれば、ミツバチの代替技術になる可能性が高い。

そこで、簡便に振動を与える方法として、ハンディブローアによる送風を検討した。本研究では、送風処理が促成イチゴの着果と果実品質に及ぼす影響について、開花時期の異なる花房ごとに検証を行った。

## 材料および方法

### 共通事項

送風方法は、各試験で共通とした。充電式ハンディブローア(株式会社マキタ製 UB185DRF)を地上から90cmの高さで持ち、栽培ベッドに沿って歩きながら送風した(第1図)。株から30~50cmの位置に送風口を保持し、花房の斜め下方から吹き上げるように、1株あたり2秒~3秒送風した。ハンディブローアの送風強度調節スイッチは「2」に設定した。ベーン式風速計(株式会社テスト社製, testo440 100mm ベーン式プローブヘッド)で風向に対して垂直な位置で風速を測定したところ、花房付近の風速は10~15m/sの範囲内であった。

### 試験1. 頂花房への送風が受精不良果の発生に及ぼす影響

試験には‘かおり野’、‘さちのか’および‘ゆめのか’の3品種を供試した。徳島県立農林水産総合技術支援センター(以下、センター)内のプラスチックフィルムハウス(間口6m×奥行き15m)で、高設養液栽培システムにより栽培した。作型は促成とし、2020年10月3日に1ベッドにつき2条、条間20cm、株間23cmで定植した。気温25℃で側窓が開閉し、暖房機は最低気温10℃で加温するように設定した。

2020年10月25日~12月28日にハンディブローアで1週間に3回送風した。また、無処理区として送風しない区を設けた。2020年12月2日~2021年1月22日に試験区各10株から収穫した果実の形状を調査した。肥大していない瘦果があるものを受精不良果とした。果形は、3段階(正常果:瘦果の受精不良がないもの、軽度の受精不良果:瘦果の一部に受精不良が認められるが奇形がないもの、重度の受精不良果:瘦果に受精不良が認められ明らかに奇形であるもの)で評価した(第2図)。

### 試験2. 送風頻度が受精不良果の発生に及ぼす影響と開花時期による受粉効果の変化

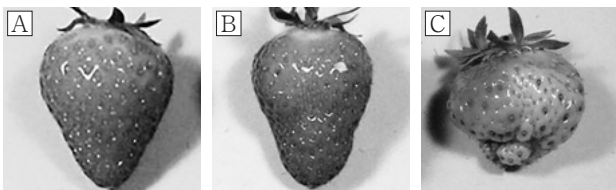
試験には‘さちのか’、‘ゆめのか’の2品種を供試した。センター内のプラスチックフィルムハウス(間口10m×奥行き20m)2棟で、高設養液栽培システムにより栽培した。作型は促成とし、2020年9月24日に2条、条間20cm、株間23cmで定植した。ハウスの環境設定は、試験1と同様とした。送風処理区とミツバチ放飼区は、別々のハウスに設けた。試験区は、送風処理区で10株3反復、ミツバチ放飼区で10株反復なしとした。

2021年1月20日~2月26日に開花した第1次腋花房、3月3日~4月16日に開花した第2次腋花房へ送風

した。送風頻度は1週間に3回処理（以下、送風3回区）、1週間に1回処理（以下、送風1回区）とした。2021年2月22日～3月19日、4月5日～5月17日に収穫した果実の形状を、頂果とそれ以外の果実に分けて評価した。果形は、試験1と同様に正常果、軽度の受精不良果、重度の受精不良果の3段階で評価した（第2図）。その後1果ずつ重量を測定し、全収穫果実における平均果実重を求めた。また、全収穫果実における正常果と軽度の受精不良果の合計割合を可販果率とし、合計重量を可販果収量として算出した。



送風処理に使用したハンディブローア 送風処理の様子  
第1図 ハンディブローアを使用した送風処理



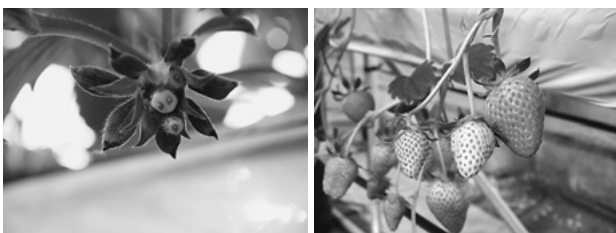
第2図 果形の評価

注) A：正常果，瘦果の受精不良がないもの  
B：軽度の受精不良果，瘦果の一部に受精不良が認められるが奇形のないもの  
C：重度の受精不良果，瘦果に受精不良が認められ明らかに奇形であるもの

## 結 果

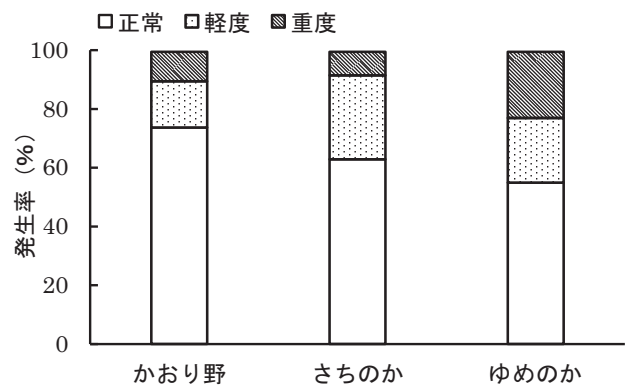
### 試験1. 頂花房への送風が受精不良果の発生に及ぼす影響

無処理区では、すべての品種で正常果が得られなかった（第3図）。送風受粉区の正常果率は‘かおり野’で最も高く74%、‘さちのか’で63%、‘ゆめのか’で55%



無処理区 送風処理区

第3図 頂花房における送風処理による着果状況  
(2021年1月14日撮影)



第4図 頂花房における送風処理による受粉効果

注) 送風処理は1週間に3回の頻度で実施  
正常：瘦果の受精不良がないもの  
軽度：瘦果の一部に受精不良が認められるが奇形のないもの  
重度：瘦果の受精不良が認められ明らかに奇形であるもの

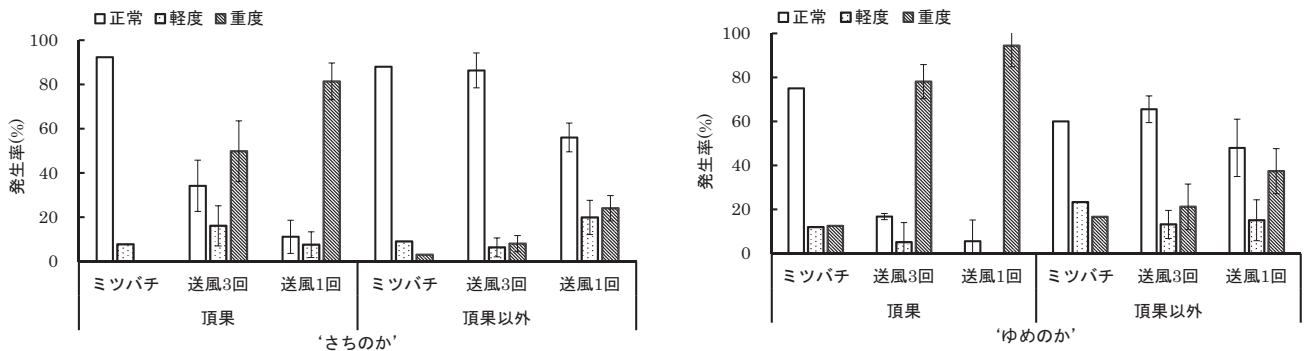
と低くなり品種間に差が認められた（第4図）。一方、重度の受精不良果は‘ゆめのか’が23%と最も高くなった。可販果率は、‘かおり野’で90%、‘さちのか’で92%と高くなった。

### 試験2. 送風頻度が受精不良果の発生に及ぼす影響と開花時期による受粉効果の変化

第1次腋花房における‘さちのか’頂果の正常果率は、ミツバチ放飼区の92%と比べ、送風3回区では34%、送風1回区では11%と低くなった（第5図）。頂果における重度の受精不良果は、ミツバチ放飼区ではみられなかったが、送風3回区では50%、送風1回区では81%と多発した。得られた重度の受精不良果は、大半が果実先端の奇形果であった（第6図）。一方、頂果以外の正常果率は、ミツバチ放飼区の88%と比べ、送風3回区では86%と同等であったが、送風1回区では56%と低くなった。頂果以外における重度の受精不良果は、ミツバチ放飼区の3%に対し、送風3回区では8%、送風1回区では24%であった。‘ゆめのか’も同じ傾向であったが、‘さちのか’に比べすべての処理区で低い正常果率となった。

第1次腋花房における‘さちのか’の可販果収量は、ミツバチ放飼区の853kgに対し送風3回区で740kg、送風1回区は322kgと少なくなった（第7図）。‘ゆめのか’でも同じ傾向がみられたが、ミツバチ放飼区で493kg、送風3回区で373kg、送風1回区で189kgとすべての処理区で‘さちのか’より少ない可販果収量となった。

第1次腋花房における‘さちのか’の全収穫果実における平均果実重量は、各処理区で大きな差はなかった（第8図）。一方、‘ゆめのか’では、ミツバチ放飼区が22.7



第5図 第1次腋花房における送風頻度の違いが受精不良果の発生に及ぼす影響

注) 送風回数は1週間あたりの回数

図中の誤差線は標準偏差を示す (n=3, ミツバチはn=1. 10株を1群とする)

正常: 瘦果の受精不良がないもの

軽度: 瘦果の一部に受精不良が認められるが奇形のないもの

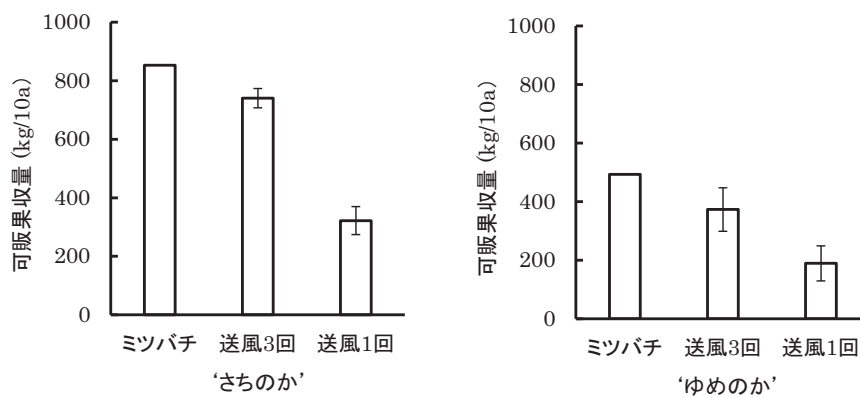
重度: 瘦果の受精不良が認められ明らかに奇形であるもの



'さちのか'

'ゆめのか'

第6図 第1次腋花房の頂果に多くみられた重度の受精不良果 (2021年3月1日撮影)



第7図 第1次腋花房における送風頻度の違いが可販果収量に及ぼす影響

注) 送風回数は1週間あたりの回数

正常果と軽度の受精不良果の合計果実重量を可販果収量とした

図中の誤差線は標準偏差を示す (n=3, ミツバチはn=1. 10株を1群とする)

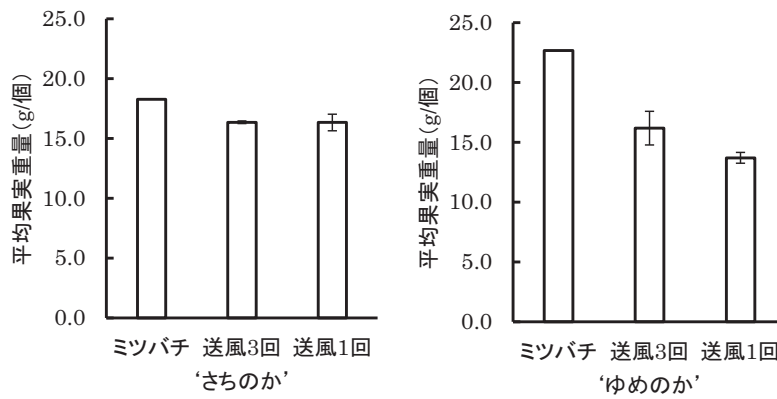
gと最も大きく、続いて送風3回区が16.2g、送風1回区が13.7gの順となった。

次に、第2次腋花房における‘さちのか’の全収穫果実の正常果率は、ミツバチ放飼区と送風3回区で80%以上と同等であったが(第9図)、送風1回区では47%と低かった。重度の受精不良果は、ミツバチ放飼区と送風3回区では3%と低く、送風1回区では26%であった。可販果率は、ミツバチ放飼区と送風3回区が97%と同等

であった。一方、‘ゆめのか’の正常果率は、ミツバチ放飼区で87%に対し、送風3回区では65%と低くなった。可販果率も、ミツバチ放飼区は96%に対し、送風3回区は82%であり、やや低くなった。

第2次腋花房における‘さちのか’の平均果実重は、ミツバチ放飼区で20.2g、送風3回区で17.0g、送風1回区で13.1gと頻度が少なくなると減少した(第10図)。  
‘ゆめのか’でも、送風1回区の平均果実重量が13.7g

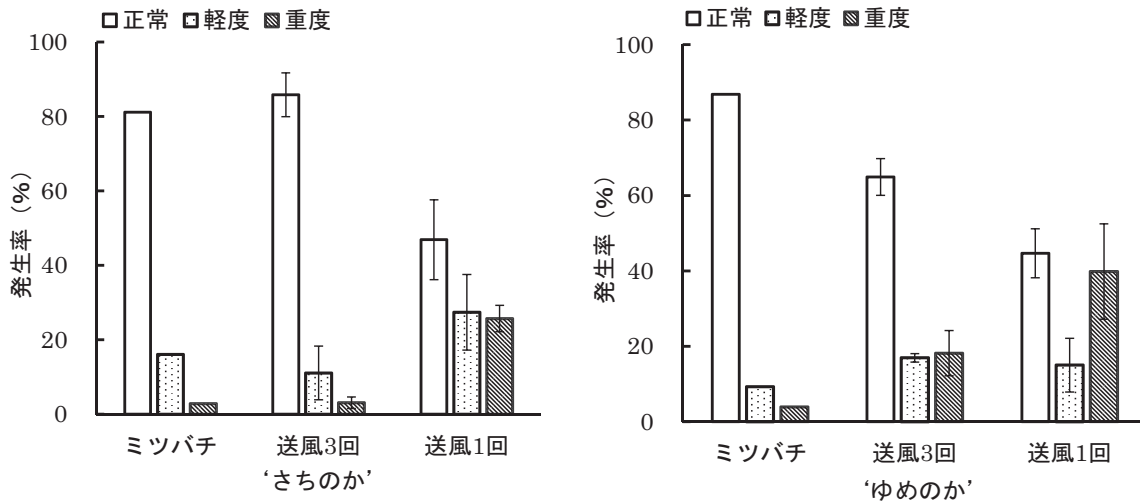




第8図 第1次腋花房における送風頻度の違いが全収穫果実の平均果実重に及ぼす影響

注) 送風回数は1週間あたりの回数

図中の誤差線は標準偏差を示す (n=3, ミツバチはn=1. 10株を1群とする)



第9図 第2次腋花房における送風頻度の違いが受精不良果の発生に及ぼす影響

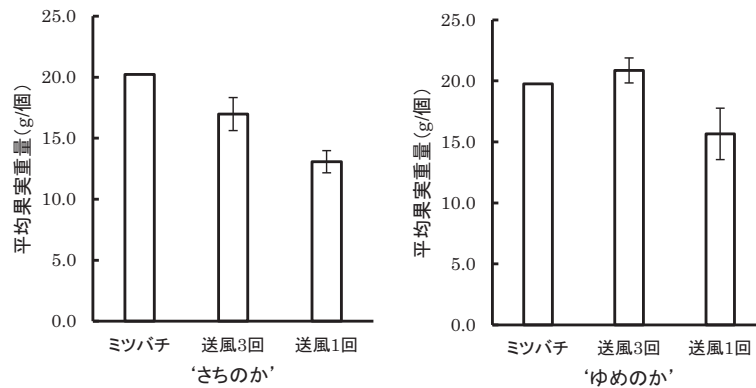
注) 送風回数は1週間あたりの回数

図中の誤差線は標準偏差を示す (n=3, ミツバチはn=1. 10株を1群とする)

正常: 瘦果の受精不良がないもの

軽度: 瘦果の一部に受精不良が認められるが奇形のないもの

重度: 瘦果の受精不良が認められ明らかに奇形であるもの



第10図 第2次腋花房における送風頻度の違いが全収穫果実の平均果実重に及ぼす影響

注) 送風回数は1週間あたりの回数

数値は収穫したすべての果実重量の平均値を示す

図中の誤差線は標準偏差を示す (n=3, ミツバチはn=1. 10株を1群とする)

と最も小さくなったが、ミツバチ放飼区と送風3回区の間には差が認められなかった。

## 考 察

試験1, 2でハンディブローアにより10~15m/sの風を当てたところ、花房だけでなく株全体が大きく振動していた。送風時間は株あたり2~3秒としたが、花房の損傷は認められなかった。中山もトマトへ花房付近で10m/sの風を1~2秒当てているが、花の損傷は認められなかった<sup>10)</sup>。以上より、15m/s程度の風を数秒間処理することによってイチゴの花や果実障害が発生する恐れはないと考えられた。

まず、年内に開花した頂花房へ送風3回処理したところ、‘かおり野’、‘さちのか’では9割以上の可販果率となった(第4図)。試験1ではミツバチとの比較ができていないが、ミツバチの可販果率は80~100%と報告しているものが多いことから<sup>13)7)</sup>、同等の受粉効果が得られたと推察できる。

頂花房で送風による着果が確認できたため‘さちのか’と‘ゆめのか’の1, 2月に開花した第1次腋花房、3月以降に開花した第2次腋花房へ送風処理を行い、ミツバチ放飼区との比較を行った。その結果、第1次腋花房では、両品種とも送風処理区の頂果において、ミツバチ放飼より受精不良果の発生が多くなった(第5図)。しかし、3月以降に開花した第2次腋花房では、第1次腋花房と比べ、ほとんどの試験区で受粉効果が高くなった。特に‘さちのか’では、ミツバチ放飼区と送風3回区で同等の受粉効果が得られた(第9図)。

以上のように、イチゴにおける送風処理は、年内や3月以降の気温の高い時期に開花した花房において、十分な実用性があることが確認された。しかし、低温期開花の花房では、受粉効果が低くなった。この原因として、花粉稔性の影響が考えられる。

イチゴの花粉稔性は、季節によって変動することが知られている<sup>4)16)</sup>。ミツバチの訪花による受粉は他家受粉であり<sup>1)17)</sup>施設内の様々な花から花粉を集めて受粉する。一方、送風による受粉は状況が異なる。送風処理後に周辺株の花床をデジタルカメラ(オリンパス株式会社製TOUGH TG-6)で観察したところ、雌ずいへの花粉の付着は認められなかった。つまり、送風ではほとんどが自株の花粉による受粉であると考えられる。そのため、ミツバチ放飼より自株の花粉の影響を受けやすく、花粉の発芽能力が低下する低温期に受粉効果が低くなったと推察できる。3月以降に開花した第2次腋花房で受精不

良果の発生が減少したのも、花粉稔性が気温と日射量の上昇にともない回復したためだと考えられる。

また、発生した受精不良果は頂果の果実先端部が奇形になったものがほとんどであった。吉田らは、‘アイベリー’で多発する頂果の先端不稔は雌ずいの花床基部と頂部の発育差が極めて大きいためだとしている<sup>18)19)</sup>。頂果は花床が他の花より大きく<sup>16)19)</sup>、葯と花床先端の距離があり、送風による振動では花粉が十分に届かなかった可能性がある。これら花器における構造の違いと花粉稔性の低下により、低温期の頂果で先端不稔が多く発生したと推察できる。

さらに、‘さちのか’に比べ、‘ゆめのか’で送風処理による受粉効果が低く、品種間の差がみられた(第4, 5, 9図)。「ゆめのか」は、先青果が発生しやすいことが知られており<sup>6)</sup>、このような品種の特性が受粉効果に表れたと考えられる。

これらの受精不良果は、送風頻度により抑制できる可能性がある。試験2では、両品種の第1次腋花房と第2次腋花房ともに、処理頻度を送風1回から送風3回に増やすと、重度の受精不良果が減り可販果率が向上した(第5, 9図)。つまり、処理頻度を増やせば受精不良果の発生を低減できる可能性がある。今後は、受粉効果を高めるため、品種や開花時期ごとに最適な送風頻度を検討する必要がある。

イチゴにおいて送風機を用いた受粉は、農薬の使用制限がなく、ミツバチが活動しない曇雨天時でも処理が行えるため有望であるが、実用化にあたっては作業の省力化が必須である。トマトでのハンディブローアによる送風振動受粉法は、高い着果効果があるが<sup>10)</sup>、普及していない。その理由は、ホルモン単花処理と同程度の処理時間が必要だからである<sup>10)</sup>。よって、イチゴでの実用化を考えると、手作業ではなく、自動走行して送風処理を行う省力的な機械の開発が必要だと考える。

## 摘 要

イチゴ栽培では、ミツバチ放飼に代わる受粉技術が求められている。今回は、ハンディブローアによる送風が受精不良果発生に及ぼす影響について、開花時期ごとに検証した。

まず、頂花房へ花房付近の風速が10~15m/sの風を1株あたり2~3秒、1週間に3回あてたところ、可販果率が‘かおり野’、‘さちのか’、‘ゆめのか’で77%~92%であり、受粉効果に品種間差が認められた。次に、‘さちのか’、‘ゆめのか’の1~2月に開花した第1次

腋花房、3月以降に開花した第2次腋花房に1週間に送風3回、送風1回と頻度を変えて送風し、ミツバチ放飼と比較した。第1次腋花房では、両品種とも送風処理区の頂果で受精不良果が多発した。一方で、送風処理区の第2次腋花房では第1次腋花房より受粉効果が高く、受粉効果の季節変動がみられた。また、両品種ともいずれの花房でも送風頻度が増えると、可販果率が向上した。

以上より、イチゴにおけるハンディブローアを用いた振動受粉は、気温の高い年内、3月以降に開花した花房ではミツバチと同等の効果が得られ、有効であると考えられた。一方で、1～2月の低温期に開花した頂果や‘ゆめのか’では受粉効果がやや低く、品種間差や開花時期による変動が認められた。

## 謝 辞

本研究の遂行にあたり、御協力、御助言いただいた、みのる産業株式会社河原昭二氏、奈良県大和野菜研究センター西本登志氏、奈良県農業研究開発センター矢奥泰章氏に深く感謝申し上げます。

## 引用文献

- 1) 阿部泰典 (1971) : ミツバチ利用のイチゴ栽培, 農文協 (東京) : 1~235.
- 2) 阿部泰典 (1984) : ミツバチ利用によるイチゴの促成栽培技術の確立, 農業技術, 39 (7) : 308~311.
- 3) 花田惇史・吉田裕一・佐藤卓也・後藤丹十郎・安場健一郎・田中義行 (2016) : ミツバチの代替ポリネーターとしてのヒロズキンバエの利用. 園学研, 15 (2) : 161~169.
- 4) 樋江井清隆・榊原政弘 (2011) : イチゴ促成栽培における花粉稔性及び奇形果発生の品種間差異. 愛知農総試報, (43) : 33~39.
- 5) 海保富士男 (1996) : 振動受粉がトマトの収量・品質に及ぼす影響. 今月の農業 (40) : 42~46.
- 6) 前田衡・野田和也・松本尚之 (2016) : イチゴ品種「ゆめのか」の安定生産技術の確立. 長崎農林技七研報, (8) : 11~44.
- 7) 宮本雅章 (2012) : ハチの活用方法. 農業技術体系野菜編 (3) イチゴ, 農文協 (東京) : 139~142.
- 8) 宮本雅章・小泉丈晴・手塚俊行・田中栄嗣 (2013) : 促成イチゴ栽培における花粉媒介昆虫の訪花活動数の適正範囲. 群馬県農業技術センター研究報告, (10) : 25~30.
- 9) 中村謙治・高屋和浩 (2016) : ハンディ型超音波受粉装置によるイチゴ受粉の検討. 日本生物環境工学会要旨, 2016秋 : 29.
- 10) 中山秀貴 (2010) : 送風機を用いたトマトの送風振動受粉法. 農作業研究, 45 (4) : 195~201.
- 11) 西本登志・皆巳大輔・東井君枝・安川人央・矢奥泰章 (2014) : 花粉媒介昆虫の違いがイチゴの収穫量と奇形果率に及ぼす影響, 並びに開花までの花蕾への覆いが‘熊研い548’の果実の形状に及ぼす影響. 園学研13, 別2 : 446.
- 12) 西本登志・皆巳大輔・安川人央・堀川大輔・東井君枝・矢奥泰章・佐藤卓也・吉田裕一 (2019) : イチゴの促成栽培における, 花卉が完全に開く前にミツバチが訪花するために生じる雌ずいの損傷とそれに伴う奇形果発生, ならびに花粉媒介昆虫としてのヒロズキンバエの利用. 奈良農研七研報 (50) : 1~10.
- 13) 西本登志 (2019) : ヒロズキンバエの利用, 農業技術体系野菜編 (3). イチゴ, 農文協 (東京) : 142.
- 14) 大石登志雄 (1999) : イチゴ花粉媒介用ミツバチの適正放飼技術. ミツバチ科学, 20 (1) : 9~16.
- 15) 辻川義寿 (1981) : 施設ハウス内における花粉媒介用ミツバチの放飼とその効果. ミツバチ科学, 2 (2) : 49~56.
- 16) 植松徳雄 (1998) : イチゴ栽培の理論と実際, 誠文堂新光社 (東京) : 1~317.
- 17) Yanagi T., H. Miura, S. Isobe, N. Okuda and Y. Yoshida (2017) : Effect of insect pollinator on inbreeding versus outbreeding in open pollinated strawberry seeds. Scientia Horticulturae (215) : 112~116.
- 18) 吉田裕一・後藤丹十郎・中條利明・藤目幸擴 (1991) : イチゴ雌ずいの形態と受精能力の開花後の変化. 園学雑, 60 (2) : 345~351.
- 19) 吉田裕一・鈴田恵・藤目幸擴・中條利明 (1991) : イチゴ花器および果実形質の品種間差異. 園学雑, 60 (2) : 353~359.