



イチゴの炭疽病抵抗性と果実品質に関する遺伝特性と育種法

森, 利樹

(Degree)

博士 (農学)

(Date of Degree)

2004-09-17

(Date of Publication)

2010-07-08

(Resource Type)

doctoral thesis

(Report Number)

乙2776

(URL)

<https://hdl.handle.net/20.500.14094/D2002776>

※ 当コンテンツは神戸大学の学術成果です。無断複製・不正使用等を禁じます。著作権法で認められている範囲内で、適切にご利用ください。



【 3 1 5 】

氏 名・(本 籍) 森 利樹 (三重県)
博士の専攻分野の名称 博士(農学)
学 位 記 番 号 博ろ第66号
学位授与の 要 件 学位規則第5条第2項該当
学位授与の 日 付 平成16年9月17日

【 学位論文題目 】

イチゴの炭疽病抵抗性と果実品質に関する
遺伝特性と育種法

審 査 委 員

主 査 教 授 上 島 脩 志
教 授 稲 垣 昇
教 授 中 村 千 春
教 授 向 井 文 雄

(別紙様式 3)

論文内容の要旨

氏名 森 利 樹

論文題目 イチゴの炭疽病抵抗性と果実品質に関する遺伝特性と育種法

我が国の園芸農業においてイチゴは重要作物の一つであり、日本の生産量は世界の中で第 3 位に位置する。我が国におけるイチゴの育種は、1899 年の‘福羽’の育成に始まり、現在までに 120 を越える品種が育成されてきた。これらのうち近年育成された品種の多くは、高糖度・低酸度で食味が非常に優れ、また我が国特有の作型である促成栽培に適応した早生性を有することを特徴としている。一方、病害抵抗性については多くの育種機関で育種目標の一つに掲げられているものの、果実品質や収量性の改良が優先され、抵抗性育種に積極的に取り組まれた事例は非常に少なかった。しかし、近年、食品の安全性に対する要望が高まる中で、農業使用量を低減できる病害抵抗性品種に対し大きな期待が寄せられている。特に、イチゴ炭疽病は株の枯死を引き起こすため、苗の不足や定植後の欠株の原因として大きな問題になっており、本病への対策は我が国のイチゴ生産における最重要課題の一つであった。

本論文はこのような背景のもとに、炭疽病抵抗性を有しかつ果実品質や栽培特性の優れた新品種を効率よく育種することを目的として、これらの形質に関する評価・選抜法の確立および遺伝様式の解明を行うとともに、実際に実用品種‘サンチーゴ’を育成した経緯をまとめた。

第 1 章では、イチゴ育種の現状と炭疽病抵抗性育種の重要性について述べた。

第 2 章では、炭疽病抵抗性の遺伝的特性の解明と効率的な選抜法の開発を行った。まず第 1 節で、10 品種の間で交配した 25 組の全きょうだい家系 (F_1) の実生と親品種の株に 5×10^6 個/ml に調整した炭疽病菌胞子懸濁液を噴霧接種し、得られた抵抗性指数について交配親の中間親値に対する家系平均値の親子回帰を調査した。また、3

つの交配組合せを用いて、それぞれ F_1 から F_2 への選抜反応試験を行った。これらの結果から、炭疽病抵抗性は主として相加的効果が大きい遺伝子に支配されており量的形質とみられること、交配母本として利用できる適切な抵抗性品種がない場合でも後代で抵抗性の改良が可能であるが、抵抗性品種を交配母本に用いれば効率的であることが明らかになった。

第 2 章第 2 節では、育種初期の実生幼苗段階で有効な炭疽病抵抗性選抜法を開発するため、播種後 24 日後にポットに移植してから 7 日経過した実生幼苗に対して、 5×10^6 個/ml に調整した炭疽病菌胞子懸濁液を噴霧接種し、随時枯死株を除去した。残った生存株を栄養繁殖して抵抗性を検定したところ、生存株の集団は原集団よりも抵抗性系統の頻度が高く、明らかな選抜効果を認めることができた。また、菌の接種後に温度条件を変えることによって、淘汰圧の強さを制御できることが明らかになった。この方法では、周辺圃場への病原菌の飛散を回避しなければならない。しかし、適切な隔離条件を整えることができれば、従来の育種体系に容易に組み込むことができるため労力的に大きな負担にならず、有効で効率的な選抜法であると考えられた。

第 3 章では、果実品質に関係する諸形質および早晩性に関する遺伝特性の解明と選抜法の開発を行った。

第 1 節では、輸送性や日持ち性に関連する果実硬度と果皮硬度について、16 組合せの交配実生を用いて試験を行った。これら実生集団の遺伝的分離様式から、両形質は量的形質である可能性が高いと考えられた。また、両形質間には $r=0.95$ 以上の高い表現型相関があるため、育種の初期段階では測定が容易な果実硬度だけを基準に選抜を進めても大きな問題はないと考えられた。さらに、果実硬度の遺伝率を次のとおり 3 つの方法で推定した。実生集団と両親の分散から家系ごとに推定した遺伝率は 0.39 から 0.95、中間親値に対する家系平均値の親子回帰から推定された遺伝率は 0.90、 F_1 から F_2 への選抜反応試験から推定された実現遺伝率は 0.43 であった。いずれの推定方法でも高い値の遺伝率が得られたことから、果実硬度に関しては比較的高い育種の改良効果が期待できることが明らかになった。

第 3 章第 2 節では、果実の糖度について、9 系統の交配母本と 19 組の全きょうだ

い家系 (F_1) から株ごとに得たデータを回帰分析および分散分析することによって、交配実生集団において選抜基準値以上の遺伝子型値を持つ実生の出現率を交配親の値から予測することを試みた。その結果、1) 実生集団の分散には家系内分散が大きく影響している。2) 家系平均値の中間親に対する回帰式によって、次世代の家系平均値を中間親の値から精度良く予測できる。3) 分散成分から推定された広義の遺伝率は 0.48 である。4) 交配実生株の遺伝子型値は回帰式によって予測される家系平均値を平均値とし家系内遺伝分散を分散として正規分布するとみなし、選抜基準とする糖度 (Brix 値) を 11.0 とすると、基準を超える遺伝子型値を持つ実生の出現率は、中間親値が 10.0、10.5 および 11.0 の場合、それぞれ、15.9%、33.0% および 54.7% であった。以上の結果、果実糖度の育種改良の際、この方法によって交配当たりの育成実生数を計画的に決定できることが示唆された。

第 3 章第 3 節では、花芽形成期と果実成熟期の温度が果実重に及ぼす影響とその品種間差を調べた。果実重は果実当たりのそう果数とそう果当たりの果托肥大量によって構成され、前者は花芽形成期に、後者は果実成熟期に決定される。従来は後者についてのみ着目され、高温ほど果実成熟期間が短縮するため果托肥大率は小さくなるとされていたが、前者に対する花芽形成期の温度の影響については知見がなかった。そこで、まず、花芽形成期の温度を数段階に変えて栽培したところ、処理温度が高いほど果実のそう果数は少なく、果実重も小さくなることが明らかになった。次に、6 品種を用い花芽形成期と果実成熟期を通して 2 段階の温度条件で栽培したところ、果実重、果実のそう果数および果托肥大率は全て品種に係わりなく高温ほど小さくなったが、果実重について温度と品種の間に交互作用がみられた。これらの結果から、果実重が温度の影響を受けることは避けられないが、その程度が小さい品種の育成は可能であることが示唆された。

第 3 章第 4 節では、促成栽培に適した早生品種の育成やその栽培法を確立する上で重要となる花芽分化開始時期について、簡易で正確な推定方法の開発を目的として試験を行った。一般に、定植時に花芽誘導が非可逆的段階まで達していた株は定植後もそのまま花芽分化を進行し、達していなかった株は花芽の誘導が著しく遅れるため、

定植時にこれらの株が混在している場合、定植後の出蕾日の頻度分布は大きく 2 つに分かれることが知られている。この現象を利用し、定植日を数段階に変え各定植日に出蕾が早い株 (早期出蕾株) の比率を求めたところ、早期出蕾株率は茎頂を顕微鏡観察して求めた花芽分化開始株率と高い相関があった。このように定植日を数段階に変えたときの出蕾日の分布様式から花芽分化開始日を推定する方法は、従来の茎頂観察による方法よりも簡便であるため、多数の系統を評価する際に適していると考えられた。また、1 交配の実生 37 株からそれぞれ栄養繁殖した 37 の系統群を系統ごとに 9 月 4 日から 28 日まで 8 回に分けて定植し、得られた出蕾日の分布様式から各系統の花芽分化開始日を推定した。その結果、花芽分化開始日に関する系統数の頻度分布は単峰型で連続的であったことから、早晩性は量的形質である可能性が高いと考えられた。さらに、交配実生で 1 年目に調査した各株の出蕾日とそれらを栄養繁殖して得た各系統の花芽分化開始日との間に有意な相関が認められたことから、誤差が大きいものの、実生の出蕾日は早晩性の簡易な選抜指標として利用可能であることが確認できた。

炭疽病抵抗性と優れた果実品質を兼ね備えた新品種を育成しようとする際には、炭疽病抵抗性と果実品質関連形質との間に遺伝的な相関があるか否かについて確認しておかなければならない。そこで第 4 章では、2 組の交配組合せによる実生集団を用い、それぞれ、炭疽病抵抗性の幼苗選抜を実施した実生群と非選抜の実生群との間で果実品質および早晩性に関する比較を行った。その結果、両実生群の間に、出蕾日、果重、果実硬度、糖度、酸度、糖酸比、果汁赤色度および果色の L^* 、 a^* 、 b^* 値の間に有意な差は認められず、炭疽病抵抗性とそれら形質との間に強い遺伝的相関は存在しないことが示唆された。このことから、実生幼苗段階で炭疽病罹病性株を淘汰しても、それによって果実品質等が優れた株の出現頻度は変化することはない、実生段階で抵抗性選抜を行った後、本圃へ定植して早晩性や果実品質に関する選抜を行うことが可能であると考えられた。

第 5 章では、炭疽病抵抗性を有し優れた果実品質を持つ新品種 'サンチーゴ' について、実際に育種を行った経過と主な特性について示した。'サンチーゴ' の育成に至

るまで、毎年交配を行い、各実生幼苗段階で炭疽病抵抗性選抜を実施した。選抜した株は栄養系選抜に供試するとともに次代のための交配親として用い種子繁殖世代を進めたところ、世代の経過とともに育種集団内における抵抗性実生の出現率は急激に増加した。得られた抵抗性実生群で果実品質等に関する栄養系選抜を行うことにより、品種‘アイベリー’、‘宝交早生’および‘とよのか’に由来する系統間の交配後代から‘サンチーゴ’を育成した。そして、品種比較による特性調査試験の結果、‘サンチーゴ’は、‘宝交早生’と同等の高い炭疽病抵抗性を持ち、優れた果実品質を兼ね備えていることが確認された。

第6章では、イチゴにおける病害抵抗性育種を進めるうえで重要な事項について総合考察を行った。

氏名	森 利 樹		
論文 題目	イチゴの炭疽病抵抗性と果実品質に関する遺伝特性と育種法		
審査 委員	区 分	職 名	氏 名
	主 査	教 授	上 島 脩 志
	副 査	教 授	稲 垣 昇
	副 査	教 授	中 村 千 春
	副 査	教 授	向 井 文 雄
要 旨			
<p>我が国のイチゴ育種においては果実品質や収量性の改良に重点がおかれ、近年育成された品種の多くは、高糖度・低酸度で食味が優れ、また我が国特有の作型である促成栽培に適応した早生型のものであるという特徴を有している。一方、これまで病害抵抗性に関する育種は積極的に行われてこなかったが、近年、食品の安全性に対する要望が高まる中で、農業使用量を低減できる病害抵抗性品種に対し大きな期待が寄せられている。特に、イチゴ炭疽病は株の枯死をひき起こし、苗の不足や定植後の欠株の原因となるため、本病への対策は我が国のイチゴ生産における最重要課題の一つになっている。本論文はこのような背景のもとに、炭疽病抵抗性を有しかつ果実品質や栽培特性の優れた新品種の育成を目的として、これらの形質に関する評価・選抜法の確立および遺伝様式の解析を行うとともに、実用的新品種「サンチーゴ」を育成した経緯をまとめたものである。</p> <p>第1章では、イチゴ育種の現状と炭疽病抵抗性育種の重要性について述べている。</p> <p>第2章では、炭疽病抵抗性の遺伝的特性の解明と効率的な選抜法の開発を行っている。まず、成苗または栄養繁殖個体に炭疽病菌胞子懸濁液を噴霧接種して抵抗性程度を評価する方法を用い、10品種間の交配によって得られた25組の全きょうだい家系(F₁)の抵抗性程度に関する親子回帰分析と、3つの交配組合せに関するF₁からF₂への選抜反応試験を行った。これらの結果から、炭疽病抵抗性は相加的効果の大きい遺伝子に支配される量的形質であること、抵抗性程度の高い品種と低い品種との雑種においては高い遺伝率を示すことなどを明らかにし、淘汰圧を加えながら種子繁殖世代を進めれば抵抗性個体の選抜が可能であることを示している。次いで、交配実生の幼苗(播種後31日目)に対して炭疽病菌胞子懸濁液を噴霧接種し、処理後に生存した株の抵抗性検定を行った結果、生存株の集団では原集団より抵抗性個体の頻度が高くなっていることを認め、幼苗段階で菌の接種を行っても抵抗性個体の選抜ができることを示すと同時に、菌の接種後に温度条件を変えることによって淘汰圧の強さの制御が可能であることを明らかにした。そして、この幼苗接種法は、品質等の改良を主眼とした従来の育種体系に容易に組み込むことのできる効率的な耐病性選抜法であるとしている。</p> <p>第3章では、果実品質に関係する諸形質および早晩性に関する遺伝特性の解明と選抜法の開発を行っている。第1節では、輸送性や日持ち性に関連する果実硬度と果皮硬度に関する遺伝特性を検討している。まず、16組合せの交配実生集団の遺伝的分離様式から、両形質は量的形質であること、また、両形質の間には$r = 0.95$前後の高い相関関係があるので、測定の容易な果実硬度だけを基準に選抜を進めればよいことを明らかにした。次いで、果実硬度の遺伝率を、実生集団と両親との分散の比較による方法、親子回帰による方法およびF₁からF₂への選抜反応試験による方法で推定し、0.39~0.95と高い値の遺伝率が得られたことから、果実硬度に関しては比較的高い育種改良効果が期待できることを示唆している。第2節では、果実の糖度に関して、9系統の交配親と19組の全きょうだい家系(F₁)から得たデータを回帰分析および分散分析することにより、家系平均値の中間親値に対する回帰式によって、家系平均値を中間親値から精度良く予測できること、実生集団の全分散中、家系間分散の占める割合は10.5%であるのに対して、家系内遺伝分散のそれは37.5%と大きいことなどを明らかにした。また、交配実生株の遺伝子型値は、回帰式によって予測される家系平均値を平均値とし家系内遺伝分散を分散とする正規分布に従うとみなすことにより、交配実生集団において選抜基準値以上の糖度を持つ実生の出現率を交配親の値から予測することが可能であ</p>			

氏名 森 利 樹

ることを示し、これによって交配当たりの育成実生数を計画的に決定できることを示唆している。第3節では、花芽形成期と果実成熟期の温度が果実重に及ぼす影響とその品種間差を調べている。従来から、果実成熟期間が高温であると果実重が小さくなるため果実重も小さくなることは知られていたが、花芽形成期の温度と果実重との関係については不明であった。そこで、まず花芽形成期の温度を数段階に変えて栽培することにより、処理温度が高いほど果実のそう果数が少なくなるために果実重も減少することを明らかにした。次に、6品種を花芽形成期から果実成熟期まで2段階の温度条件で栽培し、果実のそう果数、そう果当たりの花托肥大量および果実重はいずれの品種も高温区ほど減少するが、果実重において温度と品種との間に有意な相互作用が認められたことから、果実重が栽培温度の影響を受ける程度の小さい品種を育成することは可能であることを示唆している。第4節では、促成栽培に適した早生品種の育成やその栽培法を確立する上で重要となる花芽分化開始時期を、簡易で正確に評価する方法を開発している。すなわち、定植時に花芽の誘導が不十分な株はこれが十分である株に比べて出蕾が著しく遅延することを利用し、定植日を数段階に変えて栽培したときの各定植日における出蕾遅延株の発生率によって花芽分化開始時期を推定する方法を考案し、この方法によって推定された花芽分化開始時期と成長点の顕微鏡観察によって確認されたそれとはほぼ一致することを明らかにした。さらに、1組の交配実生37個体のそれぞれから養成した16株の栄養繁殖系統を用いて、それらの花芽分化開始日を上記の方法によって推定した結果から、花芽分化開始日は単峰型の連続的な頻度分布を示す量的形質であること、また、交配実生で1年目に調査した各株の出蕾日とそれらに由来する栄養繁殖系統で推定された花芽分化開始日との間に有意な相関が認められたことから、実生の出蕾日は早晚性を評価する簡易な指標として利用可能であることを示唆している。

第4章では、2組の交配実生集団を用い、それぞれ、幼苗接種法で炭疽病抵抗性個体の選抜を実施した実生群と非選抜の実生群との間で果実品質および早晚性に関する比較を行った。その結果、出蕾日、果実重、果実硬度、糖度、酸度、糖酸比、果汁赤色度および果色のL*, a*, b*値に関する平均値および分散には両実生群の間で有意な差が認められず、実生幼苗段階で炭疽病罹病性株を淘汰してもこれが品質等の優れた株の出現頻度に影響を及ぼすことのないことを明らかにしている。

第5章では、炭疽病抵抗性と果実品質の優れた新品種「サンチーゴ」の育成に至った経緯と主な特性を記載している。すなわち、多数の交配組合せについて、炭疽病抵抗性に関する幼苗選抜を行いつつ種子繁殖世代を進めると、世代の経過とともに育種集団内における抵抗性実生の出現率は急激に増加することを確認し、これらの抵抗性実生から果実品質等に関する栄養系選抜を行うことにより、品種「アイベリー」、「宝交早生」および「とよのか」に由来する系統間の交配後代から「サンチーゴ」を育成している。そして、品種比較試験により、「サンチーゴ」は「宝交早生」と同等の炭疽病抵抗性を持ち、かつ良質性と高収量性をも兼ね備えていることを明らかにしている。

第6章では、イチゴにおける病害抵抗性育種を進めるうえで重要な事項について総合考察を行っている。

以上のように、本研究はイチゴの炭疽病抵抗性、果実の硬度・糖度・重量、花芽分化開始期などに関して、遺伝様式、栽培環境の影響および優良個体の選抜法を明らかにするとともに、実際に炭疽病抵抗性と良質性を兼備した実用品種の育成が可能であることを示したものであり、今後のイチゴ育種に対して重要な知見を得たものとして価値ある集積と認める。

よって、学位申請者の森 利樹は、博士（農学）の学位を得る資格があると認める。

- ・特記事項 イチゴ新品種の育成・登録 (1品種)
- ・特許登録数 0件
- ・発表論文数 20編