

イチゴ「とちおとめ」の花粉と雌ずいの受精能力

稲葉幸雄

摘要: 9月上旬定植の促成栽培の作型において、イチゴとちおとめの花粉および雌ずいの受精能力について検討した。とちおとめは、女峰と比較して花粉の発芽率がやや低く、開花後の受精能力低下程度が大きかった。同様に雌ずいの受精能力保持期間は開花後3日から4日程度で女峰より1日から2日短く、開花後の能力低下程度も大きかった。とちおとめの花粉と雌ずいの受精能力は、女峰よりも光の影響を受けやすく、低日照条件下で花粉の受精能力が著しく低下した。日照不足の影響は花芽の発育ステージで異なり、花器完成期から出蕾期における影響が最も大きかった。以上のことから、とちおとめは女峰に比べて花粉および雌ずいの受精能力がやや低く、日照不足、低気温などの不良環境条件下では不受精果が発生しやすいと考えられる。受粉・受精の不良による不受精果の発生を防止するためには、日中のハウス内温度を花粉発芽に最適な25℃程度に長く保ち、花粉発芽率の向上を図るとともに、ミツバチの訪花活動を促進し、開花後速やかに受粉させることが重要である。また、とちおとめの雌ずいは、先熟性程度が高く、花床基部と先端部の雌ずいの発育差が小さいことから、大果系品種であるにもかかわらず、先青果が発生しないと考えられた。

キーワード: 促成栽培, とちおとめ, 受精能力

Pollen and Pistil Fertility of "Tochiotome" Strawberry

Yukio INABA

Summary : 'Tochiotome' Strawberry's pollen and pistil were investigated by forcing culture planting in early September. Compared with 'Nyoho' Strawberry, the germination percentage of 'Tochiotome' pollen was below, also the extent of decline in fertility after flowering was bigger compared with 'Nyoho'. 'Tochiotome' pollen had a lower germination percentage and showed a bigger decline in fertility after flowering. The fertility of 'Tochiotome' pistils was maintained for 3-4 days after flowering, about 1-2 days less than 'Nyoho'. Also the extent of fertility loss after flowering was bigger for 'Tochiotome'. Compared with 'Nyoho', 'Tochiotome' pollen and pistils were more affected by the light conditions during growth, in particular the pollen fertility of 'Tochiotome' fell remarkably under low light intensity. As to the effect of the developmental stage of the flower cluster, the period between flower organ formation and flower bud emergence was the most sensitive to the adverse effects of low light intensity. From the facts described above, 'Tochiotome' pollen and pistil are below in low light intensity and low temperature, it is considered that there is some possibility of arising deformity fruits caused by unfertilization. These findings raise the possibility that low light intensity and low temperature may lead to deformed fruits on 'Tochiotome' because of incomplete fertilization. To prevent incomplete fertilization, it is necessary to hasten pollen germination by maintaining 25°C in the green house during the daytime. Also, it is important that the plants be pollinated by honeybees within a few days after flowering. During our study, it became clear that the 'Tochiotome' pistil tends toward conspicuous protogyny and the growth difference between the top pistil and bottom pistil on the receptacle is small. Therefore it is considered that there is no incomplete fertilization of the top pistil even though the fruits are extremely big.

Key words: forcing culture, 'Tochiotome' strawberry, fertility of pollen and pistil

I 緒言

我が国のイチゴ栽培における不受精果の問題は、1960年代に入り、露地栽培からトンネル栽培そしてハウス栽培へと作型が前進化し、施設化が急速に進展する中で顕在化した。不受精による奇形果の発生は、施設におけるイチゴ栽培上の最大の課題であった。このような状況を背景に1960年代半ばから70年代にかけて、イチゴ花器の受精能力に関する基礎的研究が、当時の主要品種であった宝交早生やダナーなどを用いて積極的に行われた。その結果、花芽発育時期および開花受粉時の極端な高温や低温が花粉の機能低下を招くことが確認され、日照などの環境要因、施肥量や株の栄養状態などの栽培条件および散布農薬などが、花粉や雌ずいの受精能力におよぼす影響についても明らかにされた(3, 8~11, 13~15)。

しかし、1970年に阿部(2)らによって、ハウス内にミツバチを放飼することで不受精による奇形果が減少することが報告され、その後短期間の内に受粉媒介昆虫としてミツバチの利用技術が確立し普及したことで、受粉・受精不良を原因とする不受精による奇形果問題は一挙に解決された(4, 12)。ミツバチ導入によって不受精果問題が解決して以降は、大果系品種のアイベリーにおいて特異的に発生する奇形果の発生原因究明とその防止対策に関する報告(17, 34~37)がある程度で、イチゴの受精能力に関する報告は殆どみられない。

イチゴの雌雄器官の受精能力は、品種間差の大きいことが知られている(5, 22)、これまで実施された受精能力に関する試験は、宝交早生、ダナー、芳玉などの品種で実施されており、その後の主力品種となった女峰やとよのかを用いてその受精能力を検討した報告は極めて少ない。加えて、1990年代に入ってから、国や各県農業試験場および個人育種家により多くの新品種が育成され現地に普及している。本県においても1996年に種苗登録されたとちおとめが急速に普及し、2001年産では、県内イチゴ作付け面積の95%にあたる522haが女峰からとちおとめに切り替わるなど、品種交代は本県のみならず全国的な動向となっている。

また、既往の受精能力に関する知見の大半は、露地栽培やハウス栽培でも半促成作型で得られたものであるが、現在は11月中下旬から出荷されるハウス促成栽培が全国的に主力作型となっている。作型の違いが、イチゴの生理生態におよぼす影響については、各種の作型開発の中で多くの報告(6, 14, 16, 28)がなされているが、花器の受精能力に関する記述は極めて少ない。日長が急激に短くなり日射量が少なくなると外気温が低下していく環境下で頂花房の収穫が始まり、並行して1次腋花房以降の花芽が発育する現在の

促成栽培の作型では、他の作型以上に気象的要因が花器の受精能力におよぼす影響は大きいものと推測される。

このように、全国的に栽培品種が大きく変わりつつあり、また夜冷育苗等の花芽分化促進技術の普及により、イチゴの作型が大幅に前進化した状況にあるにも関わらず、花器の受精能力に関する新しい報告は見当たらない。そこで、本試験では受精能力の低下による不受精果発生が問題となる1次および2次腋花房について、とちおとめと女峰を用い、促成栽培の作型で花粉と雌ずいの受精能力の品種間差、および日照、温度等の環境条件が受精能力に及ぼす影響について検討した。

II 試験方法

試験1, 2, 3はとちおとめと女峰の2品種を供試し、7月中旬に10.5cmポリポットに採苗仮植した苗を、8月20日から9月10日まで夜冷短日処理し、9月10日に本ばに定植した(普通夜冷育苗)。本ばの施肥量は、とちおとめ専用肥料(8-10-6)を用いて、a当たり成分で窒素2.0、りん酸2.5、加里1.5kgを全量基肥として施用した。保温は10月下旬から開始し、昼温25℃、最低夜温8℃で管理した。試験4はとちおとめを含む大果系4品種を供試し、7月中旬に10.5cmポリポットに採苗仮植した苗を9月17日に本ばに定植した(ポット育苗)。保温開始時期および保温後の温度管理は試験1から3と同様に行った。花粉発芽率調査のための花粉採取は、午後3時から4時の間に行い、花粉および雌ずいの受精能力調査のための交配作業は午前10時から12時の間に行った。なお、上記の試験1から3の実施期間中の天候条件は、概ね快晴で2日以上に渡って曇雨天日が続くことはなかった。

試験1. 花粉の発芽率

花粉の受精能力低下が原因と考えられる不受精果が発生しやすい1次および2次腋花房について、花粉発芽率の推移および温度と発芽率の関係を調査した。

1999年1月9日に開花した1次腋花房の2, 3番花の葯から開花2日後から10日後まで毎日花粉を採取し、蒸留水に粉末寒天1%、白砂糖15%を加えて作成した人工発芽床に花粉を置床し、25℃の恒温条件下で置床20時間経過後の発芽率を調査した。調査は1区1から2視野(約200から300花粉粒)の3反復とした。同様に、1999年3月15日および3月24日に開花開葯した2次腋花房の1から3番花の葯から花粉を採取し、5, 15, 20, 25℃の各温度条件下で20時間経過後の発芽率を調査した。調査は1区1から2視野(約200から300花粉粒)の4反復とした。いずれも1区8花から採取した花粉を供試した。なお、花粉の発芽調査は、花粉管がわずかも伸長していたものは発芽花粉とみなしカウントした。

試験2. 花粉および雌ずいの受精能力

交配に用いた花粉は、1998年12月22日から1999年1月15日の期間に開花した1次腋花房の2, 3番花から採取した。開花当日から開花8日後までのそれぞれの花から花粉を採取し、開花当日のとちおとめ(開花前日に除雄・袋かけ)の雌ずいに交配し、発達してきた果実の奇形果程度によって花粉の受精能力の経時変化を推定した。

同様に、開花4日前から開花9日後までのそれぞれの雌ずいに、開花当日のさちのかの花粉を交配し、雌ずいの受精能力の経時変化を調査した。供試した雌ずいは、1998年12月17日から1999年1月9日の期間に開花した1次腋花房の1, 2番花を用い、開花前日に除雄・袋かけを行い自然交雑を防止した上で、所定の期日に交配を行った。交配花粉として用いたさちのかは、花粉量が多くその発芽率が高い品種で、今回の供試時には常時70から80%台の高い発芽率であった。花粉および雌ずいの受精能力調査には1区5花以上を供試した。果形の形状は0から4の指数で奇形果程度を示し、0:健全果, 1:不稔部分少, 2:不稔部分中, 3:不稔部分多, 4:花床未発達の不受精果とした(写真1)。

試験3. 花芽発育時の日照条件と花粉および雌ずいの受精能力の関係

1次腋花房の花芽発育時期に黒寒冷紗を2重被覆して遮光した(遮光率80%)。処理は花芽の発育ステージの影響を検討するため遮光期間を異にする3処理を設け、遮光無しを対照とした。遮光期間は次の通りとした。処理1:遮光期間10月15日から10月31日, 処理2:同11月1日から11月15日, 処理3:同11月16日から11月30日。花粉の発芽率の調査は試験1と同様に行った。また、遮光処理開始時期の10月15日, 11月1日および11月16日にそれぞれ4株ずつ抜き取り、花芽の発育状況を調査した。

開花当日から開花10日後までの花粉を順次採取し、それぞれ開花当日の自家雌ずい(開花前日に除雄)に交配して、

発達してきた果実の奇形果程度によって花粉の受精能力を推定した。同様に、開花当日から開花10日後までの雌ずい(開花前に除雄・袋かけ)に、開花当日の健全な自家花粉を交配して、雌ずいの受精能力を調査した。

また、上記の各処理区にミツバチを放飼して、虫媒受粉を行い1次腋花房の奇形果発生程度を調査した。

花粉および雌ずいの受精能力調査には、1999年12月中下旬に開花した1次腋花房の1から3番花を用い、1区5花以上を供試した。奇形果程度は試験2と同じ指数を用いた。

試験4. 大果系品種の雌ずいの受精能力

大果系品種であるアイベリー、章姫、久留米54号およびとちおとめの4品種を供試し、雌ずいの受精能力保持期間を調査した。開花3日前から開花当日および開花後5日から8日の雌ずい(開花前に除雄・袋かけ)に開花当日の自家花粉を交配し、発達してきた果実の奇形果程度によって雌ずいの受精能力の経時変化を推定した。交配に用いた花粉と雌ずいは、各品種とも2000年12月下旬から2001年1月上旬の期間に開花した1次腋花房の1, 2番花を用い、1区5花以上を供試した。

また、開花前日に花卉、がく片、雄ずいを除去し、袋をかけて受粉をさせずに10日間経過させた雌ずいを0.1%トリフェニルテトラゾリウムクロライド(TTC)溶液で染色(25℃, 2時間, 暗黒状態)し、雌ずい柱頭部の着色程度からその活性を推定した。供試した雌ずいは、2001年4月上旬に開花した花から採取した。

正常に肥大し収穫期を迎えた1次腋花房の1, 2番果の果形比(縦径/横径)、そう果列数、そう果総数および果重を調査した。果実の横径は果実中央部の最大幅と最小幅を測定しその平均値とした。そう果列数は、花床上に交互に並んだそう果列の数とし、花床基部から先端部までの数を測定した。供試果数は各10果とした。

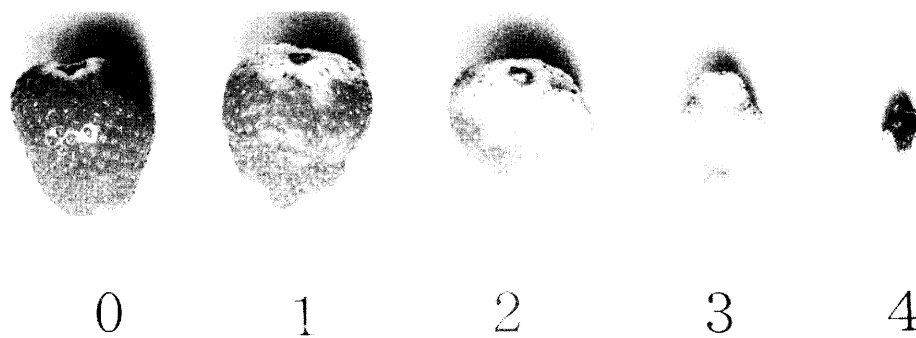


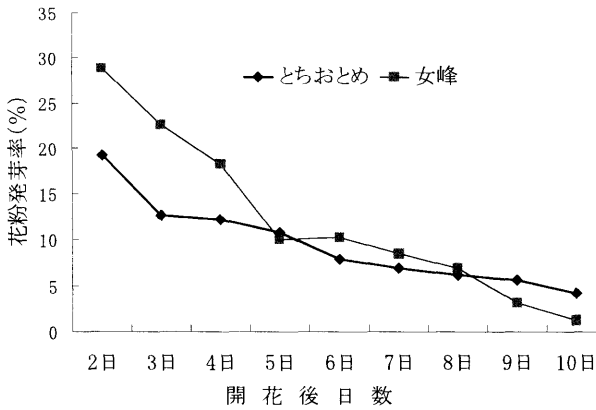
写真1 奇形果程度

Ⅲ 結果

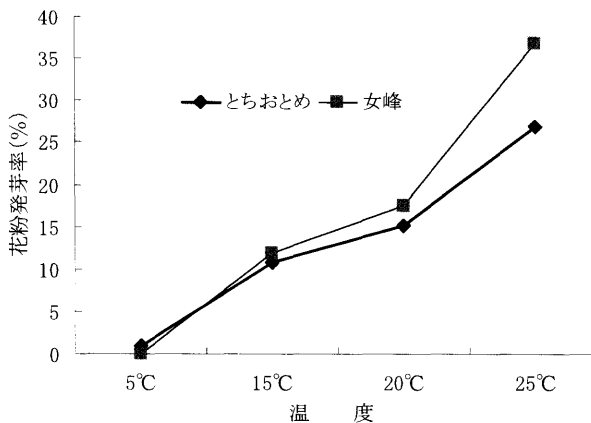
試験1. 花粉の発芽率

第1図に開花後の花粉発芽率の推移を示した。花粉の発芽率は、開花2日後ではとちおとめが19.2%，女峰が28.8%であった。また開花4日後までは女峰の発芽率がとちおとめよりも高く推移した。両品種とも開花後、日数が経過するに従い発芽率が低下し、開花10日後では両品種とも5%以下に低下した。花粉の発芽におよぼす温度の影響を第2図に示した。5℃では両品種とも花粉の発芽はほとんどみられず、15℃ではとちおとめが10.8%，女峰が11.9%，20℃ではそれぞれ15.1%，17.5%，25℃ではとちおとめが26.7%，女峰が36.7%となり、高温区ほど発芽率が高かった。品種間では20℃以上の温度域で、女峰の方が高い発芽率を示した。

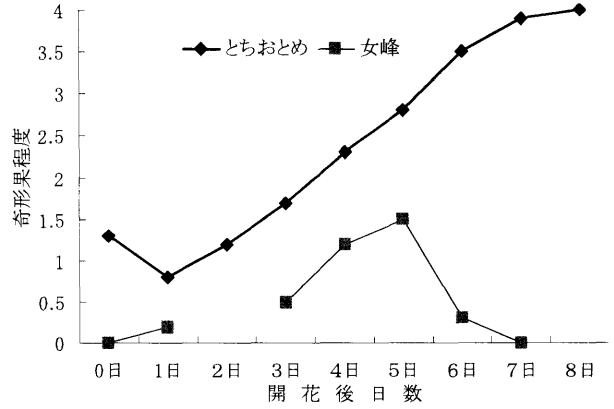
なお、花粉管がまったく伸長せず発芽が認められなかった5℃区の花粉を、25℃に温度を変更して5時間経過した後再度発芽率を調査したところ、とちおとめが17.2%，女峰が24.6%の発芽率を示した(データ省略)。



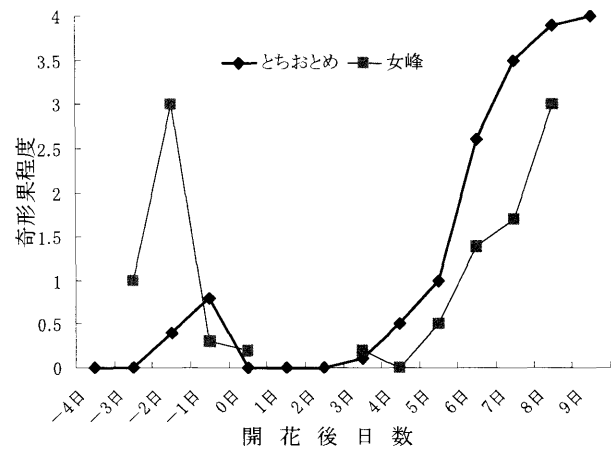
第1図 開花後の花粉発芽率の推移



第2図 温度と花粉発芽率の関係



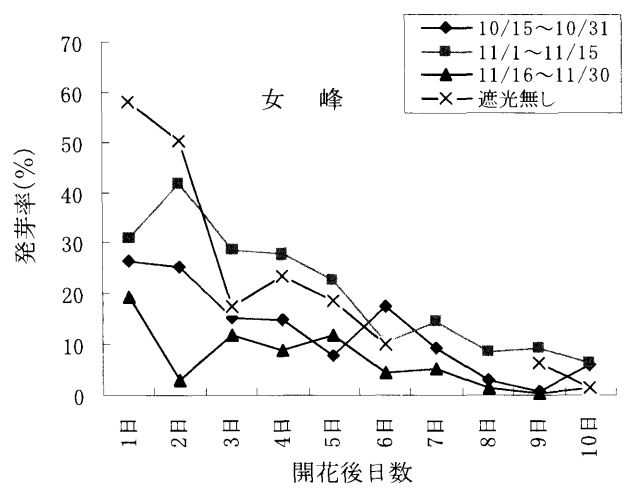
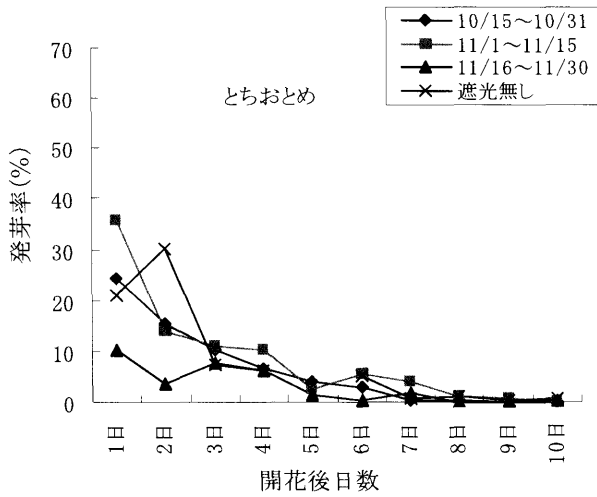
第3図 開花後の花粉受精能力の推移



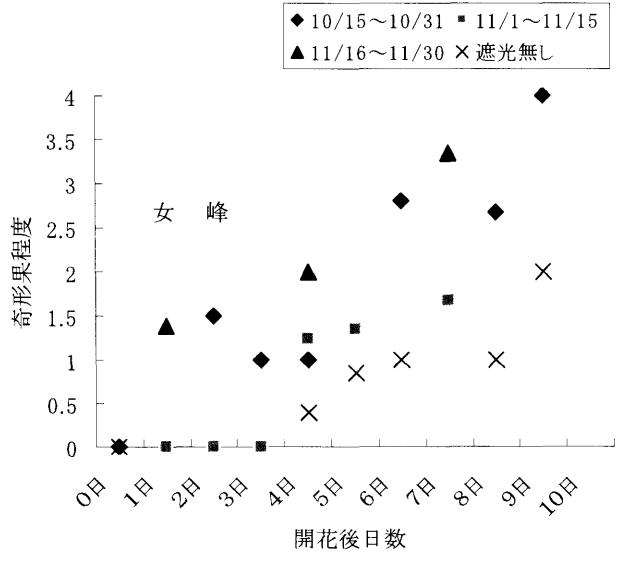
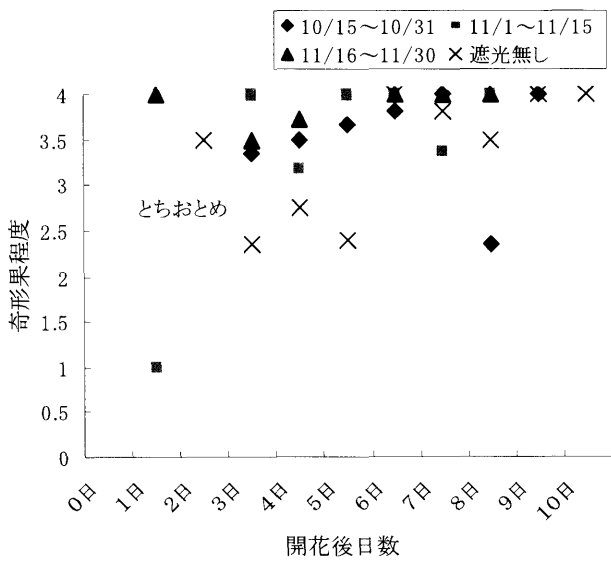
第4図 開花後の雌ずい受精能力の推移

試験2. 花粉および雌ずいの受精能力

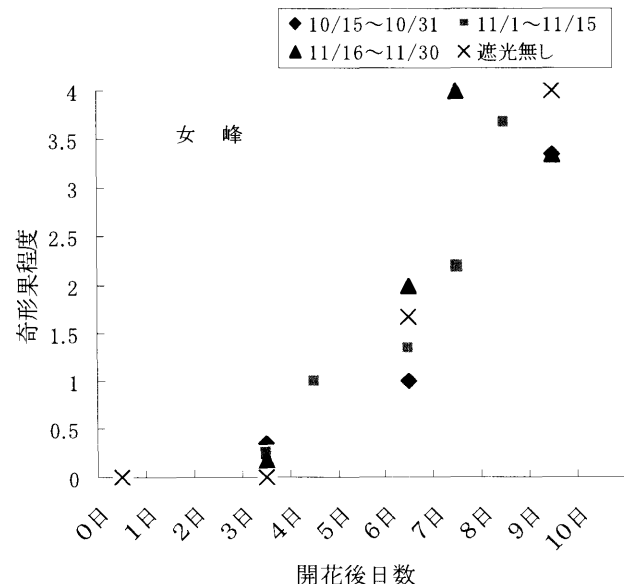
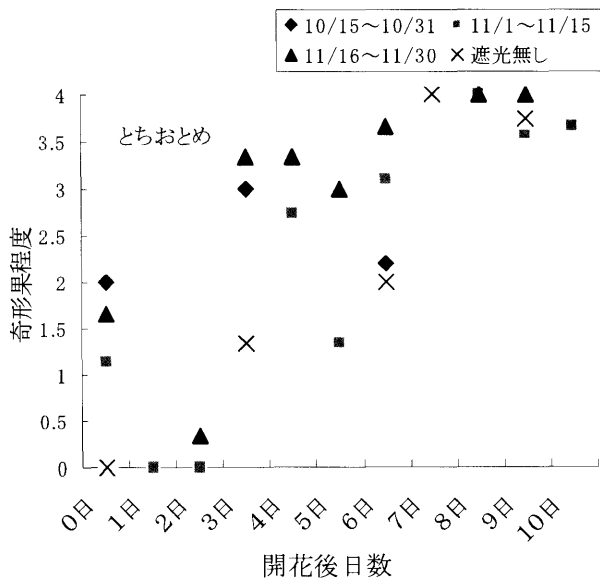
第3図に開花後の花粉受精能力の推移を示した。とちおとめの花粉は、日数経過とともに奇形果程度が高くなり、開花8日後の花粉を交配した雌ずいは花床が発達せず受精能力が認められなかった。女峰の花粉はとちおとめよりも奇形果程度が低く、日数経過に伴う受精能力の低下程度が小さい傾向であった。開花後の雌ずい受精能力の推移を第4図に示した。とちおとめの雌ずいは、開花4日後以降急激に奇形果程度が高くなり、開花8日後以降の雌ずいは健全花粉を交配しても花床が発達せず受精能力が認められなかった。女峰でも同様の傾向がみられたが、開花後の雌ずいの受精能力低下はとちおとめよりも緩慢で、開花8日後の雌ずいでもわずかに受精能力が認められた。また、とちおとめでは開花3、4日前の雌ずいであっても健全花粉を交配すると完全に受精し、正常果として発達した。女峰でも開花前の雌ずいにもかかわらず受精能力が認められたが、とちおとめほどではなかった。



第5図 遮光と花粉発芽率の関係



第6図 遮光と花粉の受精能力の関係



第7図 遮光と雌ずいの受精能力の関係

第1表 1次腋花房の花芽発育ステージ

品 種	10月15日	11月1日	11月16日	11月30日
とちおとめ	△△△△	◎◎◎●	□□■	出蕾始め
女 峰	△△○○	◎●□□	■	出蕾～開花始め

注. 花房分化期:△, がく片形成期:○, 花卉形成期:◎, 雄ずい形成期:●, 雌ずい形成期:□, 花器完成期:■として示した.

試験3. 花芽発育時の日照条件と花粉および雌ずいの受精能力の関係

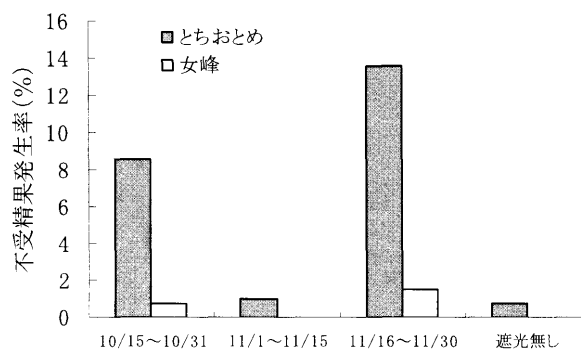
それぞれの処理開始時期における1次腋花房花芽の発育ステージを第1表に示した. 10月15日がとちおとめで花房分化期, 女峰でがく片形成から花卉形成期, 11月1日がとちおとめで花卉形成から雄ずい形成期, 女峰で花卉形成から雌ずい形成期, 11月16日がとちおとめで雌ずい形成期から花器完成期, 女峰で花器完成期で, 各処理開始時期とも女峰の方がわずかに生育ステージが進んでいた.

第5図に花粉発芽率の推移を、第6, 7図に花粉と雌ずいの受精能力の推移を示した. 花粉の発芽率はいずれの処理区も女峰の方が高かった. 遮光の時期では10月15日から10月31日遮光区(花房分化から雌ずい形成期)および11月16日から11月30日遮光区(花器完成期から出蕾期)で発芽率の低下が大きい傾向を示し、特に11月16日から11月30日遮光区の発芽率が低く推移した.

花粉の受精能力は、両品種とも対照区に比べ遮光処理区の奇形果程度が高く、処理間では11月16日から11月30日遮光区が高い傾向であった.

雌ずいの受精能力は、とちおとめでは対照区に比べ遮光処理区で奇形果程度が高く、10月15日から10月31日遮光区と11月16日から11月30日遮光区がやや高い傾向であった. 女峰は対照区と遮光処理区の差が小さく、遮光の影響が小さかった.

上記の各処理区において、実際にミツバチを放飼し虫媒受粉させて結実させた結果を第8図に示した. とちおとめの10月15日から10月31日遮光区と11月16日から11月30日遮光区で不受精果が多発したが、その他の処理区での発生は極めて少なかった. また11月16日から11月30日遮光区では、1次腋花房の開花時期に葯の退化した花が多くみられ、収穫時の調査でも花房の1から3番果に花床の発達しない完全な不受精果が多発した.



第8図 遮光期間と不受精果発生率の関係

試験4. 大果系品種の雌ずいの受精能力

雌ずい色の観察結果およびTTC染色による雌ずい活性を第2表に、雌ずいの受精能力の推移を第9図に示した. 開花10日後の雌ずいの状態は、とちおとめと章姫は花床全体の雌ずいが黄色味を失い退色していた. 女峰は全体にやや退色していたが、とちおとめや章姫ほどではなかった. アイベリーと久留米54号は、雌ずい全体が黄色味を残して、特に久留米54号は花床の基部および先端部の雌ずいとも黄色であった. アイベリーでは花床基部の雌ずいがやや退色していた. TTC染色による雌ずいの着色程度は雌ずい色の観察の結果と概ね一致し、雌ずいが退色していたとちおとめと章姫はTTC染色でまったく着色しなかった. アイベリーは花床基部の着色がやや不鮮明であったが、先端部は赤紫色に着色した. 久留米54号は花床全体の雌ずいが鮮明に着色した.

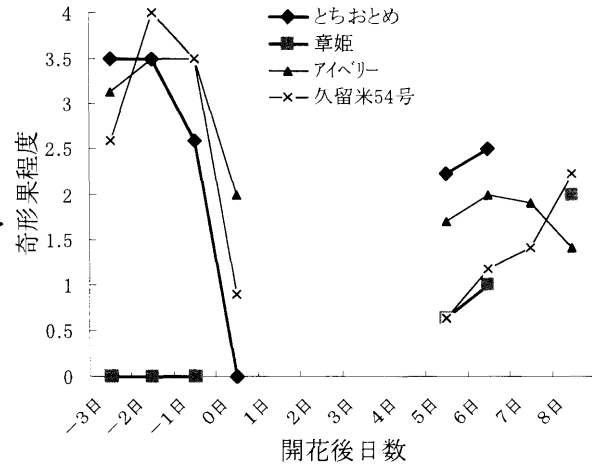
章姫は開花3日前の雌ずいでも奇形果が発生せず、開花前雌ずいの高い受精能力が認められたが、とちおとめ、アイベリー、久留米54号は開花前の受精能力が低かった. 開花5日後以降では、他の3品種に対してとちおとめの奇形果程度がやや高い傾向であった.

アイベリーにおける奇形果の発生状態は、開花前雌ずいでは花床先端部分が不受精となった先づまり果が殆どであった. しかし開花後では花床先端部分の雌ずいの不受精と花床基部

第2表 開花10日後の雌ずい活性の品種間差

品 種	雌ずいの状態	TTC染色
とちおとめ	退色	×
女 峰	やや退色	△
章 姫	退色	×
アイベリー	黄色(へた部やや退色)	○
久留米54号	黄色	◎

注. TTC染色の結果は着色無:×, やや着色:△, 着色:○, 鮮明に着色:◎として示した.



第9図 大果系品種の雌ずい受精能力の推移

第3表 果実形態の比較

品 種	果形比(縦径/横径)	そう果列数	そう果総数	果重(g)
とちおとめ	1.18	24.3 a	455.4 a	43.5
章 姫	1.78	23.1 a	285.6 b	36.3
アイベリー	1.39	25.4 a	458.4 a	40.6
久留米54号	1.09	25.4 a	445.9 a	51.7

注. 異なる文字間に1%水準で有意差があることを示す.

の雌ずいが不受精となったものが混在した. アイベリーと同様に開花前の雌ずいで奇形果の多かったとちおとめと久留米54号では, 開花前, 開花後も花床全体の雌ずいに不受精部分がみられ, アイベリーとはその発生様相を異にしていた(データ省略).

それぞれの品種の収穫時の果実形態の比較を第3表に示した. 果形はとちおとめが円錐形であったのに対して, アイベリーはやや長円錐, 章姫は長円錐, 久留米54号はやや短円錐形であった. そう果列数は品種間で有意な差はみられなかった. そう果総数は, 章姫が少なかったが, 他の品種間では有意な差はみられなかった.

IV 考 察

試験1. 花粉の発芽率

イチゴ花粉の受精能力は品種間差が大きいことが古くから知られており, 秋香, 紅鶴は, 不稔花粉が多く, 福羽, 宝交早生, ダナーなどの品種は, 花粉の受精能力が高いことが確認されている^{5,22)}. 女峰は親品種の麗紅と比較して花粉量が少なく, その受精能力が低い. そして厳寒期に開花する1次腋花房の第1, 第2番花に雄ずいの退化した花が発生す

ることがあり, 栽培条件によっては不受精果の発生をみることがある^{1,14)}. したがって女峰は, 現在普及している促成栽培用品種の中では, 花粉の受精能力の低い品種として位置づけられている.

開花2日後のとちおとめと女峰の花粉発芽率を比較すると, 明らかに女峰の発芽率が高く, 通常, 受粉が完了すると考えられる開花4日後までみても女峰の方が高い発芽率を維持していた. また, 温度と発芽率の関係をみると, 花粉の発芽適温は25から30°Cの温度域^{20,32)}とされているが, 25°Cでは女峰の方が発芽率が高かった. 本試験では, 花粉染色による受精能力調査は行わなかったが, とちおとめで発芽率調査時の不発芽花粉に不整形で小さいものが多く観察された. 本試験では両品種の花粉量については調査していないが, とちおとめは明らかに女峰より花粉量が少ないことが, 多くの現地栽培ほ場で観察されている.

花粉の発芽率に対する温度の影響は, 幸玉, 福羽では35°Cで受精能力の低下がみられ²²⁾, ダナーでは40°Cで高温障害を認めている^{8,10)}. いずれにしても栽培適温を超える高温に長時間遭遇した場合は, 花粉の受精能力は明らかに低下する. 本試験では, イチゴの生育適温を超える30°C以上の

高温域での発芽率は調べていないが、高温域ほど花粉の受精能力保持期間は短縮される²⁶⁾と考えられることから、温度と花粉の受精能力および受精能力保持期間の関係について更に検討する必要がある。

なお、5°C恒温条件下でまったく発芽しなかった花粉を25°C条件下に移すことで、とちおとめが17%、女峰で25%程度まで発芽率が向上した。このことは、厳寒期、曇雨天天下でハウス内の日中温度が上昇しないような時に、暖房機を稼働させ昼間暖房することで、花粉発芽率が向上し、受精促進に結びつく可能性を示唆している。

試験2. 花粉および雌ずいの受精能力

花粉の発芽率や稔性に関する報告^{3, 20, 25)}は多いが、実際の受精能力について能力保持期間を含めて検討した報告は少ない。雌ずいの受精能力に関しては2, 3の報告があるに過ぎず、阿部ら³⁾が芳玉を用いて行った試験では2月の低温期で開花10日、4月の高温期で開花5日後まで高い受精能力をもっていたとしており、吉田³⁴⁻³⁷⁾、森ら¹⁷⁾がアイベリーを用いて行った試験でも開花8日後くらいまでは受精能力を持つことを報告している。大和田ら²⁵⁾がダナーを用いて花粉と雌ずいの受精能力について調査した結果では、花粉は開花2日後から急速に受精能力を低下させたが、雌ずいは開花4日後でも高い受精能力を持っていることを報告している。

これらの報告は、作型や時期および品種間の差はあるものの、いずれも雌ずいに関しては相当長期間にわたって受精能力が保持されていることを示している。花粉に関しては、アイベリーで開花8日後まで受精能力が認められたという報告¹⁷⁾があるが、一般的には雌ずいよりも能力保持期間は短いと考えられる。

本試験では、とちおとめ、女峰とも開花10日後の花粉でもわずかに発芽が認められたが、実際の受精能力についてみると、とちおとめでは開花3日後以降から奇形果程度が高くなっていることから、促成作型における1次腋花房の花粉の受精能力保持期間は開花後2日から3日程度と考えられる。女峰は開花後6, 7日の花粉でも奇形果程度が低かったことから、とちおとめよりも遅くまで高い受精能力を維持していると推察された。

一方雌ずいでは、開花3日から4日後までは、両品種とも受精能力が高かったが、その後急速に受精能力が低下し、とちおとめでは、8日後には完全に受精能力を失っていた。しかし、女峰は花粉同様、雌ずいでも遅くまで高い受精能力を維持していることが窺われた。

本試験で供試した2品種の花粉受精能力保持期間については、既往の報告と概ね一致したが、雌ずいの受精能力については、12月中下旬から1月上旬の低温期の試験であったにも関わらず、能力保持期間が極めて短く、特にとちお

とめでその傾向が顕著であった。このことはこれら2品種の基本的な特性であると考えられるが、作型と栽培環境の影響も無視できないと思われる。既往の報告の殆どは、露地栽培やハウス半促成栽培での結果であるが、これらの作型では、日長、日射量、温度などの環境条件が日増しに良くなっていく状況下でのものであり、現在の主力作型である促成栽培と比較すると、イチゴにとっての基本的栽培環境は大きく異なっていると考えられる。

試験3. 花芽発育時の日照条件と花粉および雌ずいの受精能力の関係

長期間にわたる日照不足が、作物の生育・収量や品質に与える影響の大きさについては、多くの作物で検討されている。しかし、それらは収量や品質への直接の影響を主眼としたものが多く、イチゴに関しても花器の質におよぼす影響を検討した報告²¹⁾は少ない。イチゴでは大田ら²⁴⁾が花芽発育時の遮光処理により、雌ずいの花糸が短い短花糸花が多くなり、花粉の発芽率も低下し、不受精果が多発することを報告している。

本試験では、1次腋花房の花房分化期から出蕾開花までの花芽発育ステージを3つの時期に分け、各時期毎の遮光の影響について、花粉および雌ずいの受精能力を含めて検討した。花粉と雌ずいの受精能力は、とちおとめの方が遮光の影響を受けやすく、花芽の発育ステージでは、花器完成期から出蕾期に影響を強く受けることが確認された。日照不足の影響は雌ずいでは比較的少ないが、花粉の発芽率や受精能力に大きく影響することが報告^{21, 24)}されており、本試験でも同様の結果となった。しかし、本試験の範囲では、とちおとめは明らかに遮光区で雌ずいの受精能力低下が認められたのに対して、女峰の雌ずいは、遮光の影響が小さかった。ミツバチによる虫媒受粉の結果をみても、とちおとめでは、花粉の発芽率および雌ずいの受精能力が低かった処理区で不受精果が多発した。本試験は同一ハウス内に処理区を設け、各処理区を隔離せずに同一群のミツバチによる自然交配で着果させたため、他株の健全花粉がミツバチの訪花活動により受粉されていた可能性が高い。したがって、同一処理区内での自家花粉による受精だけが行われたと仮定した場合の不受精果の発生は、極めて高い値となった可能性がある。

西沢ら²³⁾はイチゴにおける¹⁴C₂O₂光合成産物の転流・分配におよぼす花房の発育段階の影響を検討している。それによれば、開花前に¹⁴C₂O₂を施与した場合は、根に40%、花房に20%が分配され、肥大期および着色期では根への分配はわずか2%にすぎず、花房への分配率が47%および86%に増加したことから、果実の肥大着色期に花房のシンク活性が急激に高まることを報告している。

9月上中旬に定植される促成栽培では、11月下旬が頂花房の収穫開始時期に当たるが、頂花房の果実肥大はすでにそれ以前から開始されている。本試験で問題にしている1次腋花房の花芽分化は、通常10月上中旬頃に始まり、12月上旬に出蕾開花期を迎える。本試験では11月16日から11月30日(花器完成期から出蕾期)まで遮光した区で最も受精能力が低下したが、この時期は頂花房のシンク活性が急激に高まる肥大・着色期に相当する。

促成栽培の作型では、頂花房の果実肥大・着色期と1次腋花房の花芽発育時期が完全に重なってくることから、頂花房と1次腋花房の間で常に激しい養分競合が起こっていると推測される。とちおとめのように11月中旬以降から急激に花房全体の果実肥大が始まり、頂花房1番花が30から40g以上にもなる品種においては、花房間の養分競合はより激しいと考えられる。さらに、11月中旬以降日射量が急激に減少し、同化作用が低下してくることから、この時期の日照不足が発育途上の花芽に与える影響は極めて大きいといえる。

試験4. 大果系品種の雌ずいの受精能力

とちおとめは、頂花房頂果が30から40gとなり、可販果の平均一果重も15gを上回り、いわゆる大果系品種として位置づけられている⁷⁾。アイベリーに代表される大果系の品種では、花床先端部分の雌ずいで受精が行われない結果発生する先づまり果や、受精は行われるものの花床基部と先端部の受精時期のずれによって発生する先青果、先白果が発生しやすい(以下「先青果」)。とちおとめの親品種である栃の峰は、頂花房頂果の最大果がアイベリー並の60から70gに肥大する品種であるが、アイベリー同様先青果が発生しやすい³¹⁾。

イチゴの花芽分化は求心的で、がく片、花卉、雄ずい、雌ずいの順に分化していき、花床上の雌ずいは基部から先端部に向けて分化発育が進む。吉田ら^{34~37)}はアイベリーが花床基部の雌ずいと先端部の雌ずいの成熟の時間差が大きいことを認め、このことが先青果発生の直接の要因であることを明らかにした。そして先青果防止対策として同一花床上の雌ずい間の成熟差を少なくするための苗質、株の窒素栄養および温度管理について詳細な検討を行っている。

とちおとめは、先青果が発生しやすい栃の峰を花粉親に持つにも関わらず、先青果の発生はまったくみられない。同様のことが大果系品種の章姫においても認められる。とちおとめとアイベリーの果実形状をみると、果形比はアイベリーで大きくやや長円錐形であることを示しているが、そう果列数やそう果総数についてはまったく差が認められない。しかし、章姫では明らかに長円錐であり、そう果総数が少ない。アイベリーの先青果発生の原因とされた花床基部と先端部の雌ずいの成熟差は、花床上の雌ずい列数が多いことで説明されている^{34~37)}が、同様に雌ずい列数の多いとちおとめで先青果

の発生がみられないことは極めて特徴的なことである。

まったく先青果の発生しないとちおとめと章姫では、開花後の雌ずい受精能力の低下が早いことが、雌ずい色の肉眼による観察やTTC染色による結果から明らかとなった。また、雌ずいの受精能力は、章姫では開花3日前の雌ずいでも、健全花粉を受粉することで正常果として肥大したことから、開花前にすでに高い受精能力を持つことが確認された。しかし、とちおとめは試験2では開花前に高い受精能力が認められたが、試験4では開花前の雌ずいの受精能力は低く、異なった結果を示した。この理由は、試験2では、受粉花粉に受精能力の高いさちのかの花粉を用い、試験4では、とちおとめの自家花粉を用いたことが原因と考えられる。とちおとめの雌ずいそのものの受精能力は、開花前の状態であってもかなり高いことは、育種素材としてとちおとめを種子親に用いた場合、開花前の早い段階で交配を行っても果実が正常に肥大する事実からも支持される。

イチゴの花器は雌ずい先熟であるといわれている^{18,19)}が、阿部ら³⁾が芳玉を用いた試験で開花前日の雌ずいがすでに受精能力を持つことを報告している程度で、雌ずいの先熟性程度やその品種間差に言及した報告は見当たらない。本試験で供試した大果系の4品種のうち、とちおとめと章姫は花床上の雌ずいの成熟差が小さく先熟性程度が高いことから開花前でも高い受精能力をもつ反面、開花後の受精能力低下が早かった。先青果が発生しやすいアイベリーは、花床基部の雌ずいは開花前でも受精能力を持っており先熟性を示したが、花床先端部の雌ずいは開花前は未成熟であり、花床全体の雌ずいの成熟差が大きかった。同様に軽い先青果が発生する久留米54号では、花床上の雌ずいの成熟差は小さく、先熟性程度も小さかった。以上のように開花前の雌ずいの先熟性程度には明らかな品種間差が認められた。本試験の結果から、大果系品種の先青果発生には、アイベリーで指摘された花床上の雌ずいの成熟差以外の要因として、雌ずいの先熟性程度が大きく影響していると考えられる。

大果系であって、先青果が発生しないためには、①花床基部と先端部の雌ずい間の成熟差が小さく、②花卉が離脱する以前に花床先端部の雌ずいが成熟シツバチの訪花によって先端部雌ずいの受粉受精が完了する、という2つの条件が必要であると考えられる。とちおとめと章姫は雌ずいの先熟性程度が高く、花床上の雌ずい間の成熟差が小さいことからこの2つの条件を満たしていると考えられる。

アイベリーや栃の峰のような品種は、花床全体でみると開花前の雌ずいの先熟性程度が小さく、開花後の雌ずいの受精能力は長く維持されるが、花床基部と先端部の雌ずいの成熟差が大きいため、花卉が離脱シツバチの訪花がなくなった頃にやっと花床先端部の雌ずいが受精能力を持つまで

に発育する。一方とちおとめや章姫では、雌ずいの先熟性程度が大きく、花床基部と先端部の雌ずいの間の発育差が小さいため、開花後の雌ずいの受精能力保持期間は短くなるものの、開花1、2日後の雄ずい開葯の最盛期には、花床先端部の雌ずいは受精能力を有するまでに成熟しており、かつ、花床基部の雌ずいはまだ高い受精能力を維持していると考えられる。その結果アイベリーや栃の峰では先青果が発生しやすく、とちおとめや章姫では発生しないと推察される。

イチゴの開花・開葯には、温度の影響が大きいことが知られている^{26,27)}が、厳寒期の晴天条件下でとちおとめと女峰の開葯時期を比較すると、とちおとめでは開花翌日から2日後、女峰では開花当日から翌日に最盛期を迎え、とちおとめの開葯は女峰より1日程度遅い傾向が観察されている。開葯時期の遅れが、花床先端部分の雌ずいの成熟と受粉のタイミングのずれをより少なくしているとも考えられる。

IV 総合考察

とちおとめは、安定した気象条件下で栽培が行われた場合には、果実品質、収量性のいずれをとっても過去の促成栽培用品種にみられない極めて高い能力を発揮する⁷⁾。しかし、本試験で明らかにしたように、とちおとめの花粉と雌ずいの受精能力は、女峰と比べてやや劣っており、また温度や日照条件の影響を女峰以上に受けやすい。つまり株の生育停滞を招くような気象条件あるいは栽培管理下では、常に不受精果発生の危険性を孕んでいると考えられる。

不受精果の防止対策としては、できる限り日中の室温を25℃に長く保ち、花粉の発芽率向上を図るとともに、ミツバチの訪花活動を促進し、開花後3日以内に受粉させることが重要である。曇雨天でミツバチが長期間訪花活動を行わないような状況下では、ミスト機等を用い人為的に受粉を図る必要がある。

気象的要因、特に日照条件については、栽培管理技術以前の問題であることから対応は困難である。しかし、光線透過性の優れる被覆資材を利用するなどの採光条件の改善対策は可能であろう。また、本県のような多日照地域においても、早朝短期間の炭酸ガス施用が、生育・収量および果実品質の向上に極めて有効であることが実証されている³⁰⁾ので、日照不足時には積極的に炭酸ガス施用を行い光合成促進を図ることが、発育時の花芽の質の低下を防止し、開花時の花粉および雌ずいの受精能力向上につながるものと考えられる。

本試験で、とちおとめの雌ずいに自家花粉を受粉させた場合と、さちのかの花粉を受粉させた場合で、不受精果の発生に大きな差がみられた。高橋²⁹⁾は自家受粉と他家受粉が

不受精果発生に及ぼす影響を検討し、イチゴは自家受粉もするが他家受粉の効果が大いだと報告している。安田³³⁾はペチュニアの花で精密な受粉試験を行い、開花5日後の花の結実率は自家受粉では0%であるが、他家受粉では開花当日の7割以上の高い値を示すことを報告している。これらのことは雌ずいの受精能力が受粉花粉の種類によって異なることを示している。この事実から次のことが推察される。すなわち日照不足などの不順天候の影響を受けやすいのは、主に花粉の方であることから、さちのかのような花粉量が多く、その受精能力の高い品種を花粉専用株として混植することが、とちおとめのように雌ずいの受精能力の低い品種の不受精果防止対策として有効ではないかと考えられる。

最後に、雌ずいの先熟性程度とその受精能力保持期間の視点から、大果系品種と先青果発生との関連性について考察した。この問題はイチゴ育種上の問題としても極めて重要な論点を含んでいる。品種開発の面からイチゴ栽培の省力化を考えた場合、大果性は省力化にとって極めて有利な条件である。品種が女峰からとちおとめに変わって、収穫調整にかかる労力が大幅に削減されている事実からもこのことは窺える。したがって果実の大果性は今後も重要な育種目標の一つであることは変わらない。しかしその一方で大果系品種は先青果が発生しやすい欠点を持っている。代表的な大果品種アイベリーでは雌ずい列数が多く花床基部と先端部の雌ずいの成熟差が大きいことから、先青果が発生しやすい。ただし、本試験で明らかにしたように、雌ずい列数が多いことと、雌ずい間の成熟差は必ずしも同義ではないと考えられる。なぜならば、とちおとめのそう果列数とそう果総数はアイベリーと同程度であるにも関わらず、とちおとめでは先青果はまったく発生しない。同様にそう果列数、そう果総数ともアイベリー並に多い極大果系統の久留米54号は、軽い先青果が発生する程度で、花床基部と先端部の雌ずい間の成熟差は小さい。これらの事実は、花床基部の雌ずいと先端部の雌ずいの成熟差が小さく、雌ずいの先熟性程度がやや大きく、かつ雌ずいの受精能力保持期間が長いという条件を備えていれば、極大果であって先青果が発生しない品種を開発することが十分可能であることを示唆している。

謝辞

本試験の遂行に当たり、いちご研究室の小倉東次郎氏および現園芸技術部野菜研究室の稲葉正雄氏には栽培管理等に多大の協力をいただいた。ここに記して謝意を表す。

引用文献

1. 赤木博・大和田常晴・川里宏・野尻光一・安川俊彦・長修・加藤昭(1985)イチゴ新品種「女峰」について。栃木農試

- 研報31:29-41.
2. 阿部泰典・町田治幸・野口孝(1970)イチゴの奇形果防止に対する蜜蜂の効果. 農及園45(6):987-988
 3. 阿部泰典・町田治幸・福岡昇二(1971)ハウスイチゴの受精に関する研究(第1報)雌しべの寿命および花粉の消長について. 園学要旨. 昭和46年秋:142-143.
 4. 阿部泰典. ハウスイチゴの受精生理と栽培管理(1972)農及園47(12):1699-1703.
 5. 本田藤雄(1977)生理生態からみたイチゴの栽培技術. 誠文堂新光社:162-208.
 6. 藤本幸平(1972)イチゴ宝交早生の生理生態的特性の解明による新作型開発に関する研究. 奈良農試特別報告.
 7. 石原良行・高野邦治・植木正明・栃木博美(1996)イチゴ新品種「とちおとめ」の育成. 栃木農試研報44:109-123.
 8. 川里宏・大和田常晴・加藤昭(1969)イチゴの奇形果に関する研究(第1報)高温の影響について. 栃木農試研報13:67-71.
 9. 川里宏・大和田常晴・矢板孝晴(1971)イチゴの奇形果に関する研究(第3報)農薬散布の影響について. 栃木農試研報15:65-70.
 10. 川里宏・大和田常晴・大橋敢・矢板孝晴(1972)イチゴの奇形果に関する研究(第4報)ほ場における高温の影響. 栃木農試研報16:111-116.
 11. 川里宏・大和田常晴・大橋敢(1973)イチゴの奇形果に関する研究(第5報)保温開始前の低温による雄ずい不完全花の発生. 栃木農試研報17:70-75.
 12. 川里宏・赤木博(1971)イチゴのハウス栽培における受粉用ミツバチの利用法. 農及園46(7):1049-1053. 13. 川里宏・大和田常晴・高野邦治(1972)イチゴの奇形果に関する研究(花粉ねん性におよぼす施肥の影響). 農及園47(8):1195-1196.
 14. 川里宏(1989)イチゴの新品種「女峰」の育成と促成栽培技術の改善. 農業技術44(1):6-9.
 15. 川里宏・赤木博(1981)イチゴの促成栽培—花芽分化と温度管理に関する問題点—. 農及園56(8):1038-1042.
 16. 松尾良満(1976)促成イチゴの収穫前進に関する研究. 園学要旨. 昭和51年春:200-201.
 17. 森利樹・庄下正昭(1988)大果系イチゴ品種アイベリーの先つまり果発生原因とその対策に関する研究(第1報)開花後の受精能力変化について. 園学要旨. 昭和63年秋:720.
 18. 生井兵治(1992)植物の性の営みを探る. 養賢堂:24-25.
 19. 生井兵治(1991)栽培植物における受粉生物学のすすめ(10). 農及園66(6):761-764.
 20. 並木隆和・藤本幸平(1968)イチゴ花粉の発芽に関する研究(第1報)温度の影響. 園学要旨. 昭和43年秋:174-175.
 21. 並木隆和・藤本幸平(1969)イチゴ花粉生成ならびに花粉発芽に関する研究(第2報)花粉生成に及ぼす光量と窒素の影響. 園学要旨. 昭和44年秋:160-161.
 22. 二宮敬治・鈴木当次(1965)イチゴの奇形果に関する研究(とくに不稔花粉の発生と高低温の影響について). 静岡農試研報10:61-70.
 23. 西沢隆・堀裕(1988)イチゴにおける¹⁴C光合成産物の転流・分配に及ぼす花房の発育段階の影響. 園学雑誌57(3):433-439.
 24. 大田一・上村茂雄・大鹿保治(1972)ハウス栽培イチゴの奇形果に関する研究. 群馬園試報1:1-19.
 25. 大和田常晴・川里宏・加藤昭(1970)イチゴの奇形果に関する研究(第2報). 開花および雌雄ずいの機能について. 栃木農試研報14:67-74.
 26. 斉藤隆(1982)イチゴの開花・開葯について. 園学要旨. 昭和57年春:224-225.
 27. 斉藤隆・平間信夫・野口陽子・高橋亨(1983)イチゴの開葯および受粉について. 園学要旨. 昭和58年秋:591
 28. 施山紀男・高井隆次(1986)イチゴの発育とその周期性に関する研究. 野菜試報告B6:31-77.
 29. 高橋和彦(1970)イチゴの奇形果発生の諸要因(第3報)自家および他家受粉の影響. 園学要旨. 昭和45年秋:150-151.
 30. 栃木農試栃木分場(1999)野菜試験成績書・平成11年2月:32-33.
 31. 植木正明・長修・川里宏・赤木博・高野邦治(1993)イチゴ新品種「栃の峰」について. 栃木農試研報40:99-108.
 32. 植松徳雄(1998)イチゴ栽培の理論と実際. 誠文堂新光社:199-227.
 33. 安田貞雄(1951)「高等植物生殖生理学」. 養賢堂:582.
 34. 吉田裕一・大井美知男・藤本幸平(1987)大果系イチゴの奇形果発生に関する研究(第1報)奇形果の発生様相と雌ずいの発育について. 農及園62(9):1095-1097.
 35. 吉田裕一・後藤丹十郎・中條利明・藤目幸広(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.
 36. 吉田裕一・鈴田恵・藤目幸広・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.
 37. 吉田裕一・時実充洋・藤目幸広・中條利明(1991)イチゴの花芽形成時における雌ずいの分化時期と発育速度の変異. 園学雑60(3):619-625.

