

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

(第1報) 発生原因の解明と各種関連要因の推定*

森 利樹・庄下正昭**・西口郁夫

Studies on the Top-stuffed Malformation of Fruit in 'Aiberi',
a Large-fruited Strawberry Cultivar

1. Elucidation of the cause of malformation and its presumable relating factors

Toshiki MORI, Masaaki SHOKA and Ikuo NISHIGUCHI

緒 論

近年、イチゴ生産の省力化・軽作業化が強く求められており、その1つとして、収穫調製労力の少ない大果品種が注目されている。

大果品種の代表である'アイベリー'は、県内では阿児町を中心に作付され、また、商品名'サンベリー'としても好評を得ている。

しかし、'アイベリー'は、先つまり果と呼ばれる奇形果が発生しやすく、炭そ病やうどんこ病などにも弱いため、栽培が難しい品種とされている。そのため、優れた特性を持つ品種にもかかわらず、県内イチゴ栽培の数パーセントを占めるにすぎない。

そこで本研究では、先つまり果発生防止対策の資料を得るため、その発生原因の究明を試みた。また、今後の研究方向を定めるために、関連要因の検討を行った。

なお、本研究では、スイートコーンにおける用語にならない、果実先端の奇形部については先端不稔、そう果または種子については種子として表現する。

材料および方法

試験1：先端部および基部における雌ずいの受精能力変化

慣行促成栽培による'アイベリー'を供試し、1987年2月25日から3月15日にかけて、さまざまな大きさの開花前日の花132個を選んで、除雄・袋掛けを行った。それ

らをランダムに7組に分け、それぞれ開花予定日から1, 4, 7, 10, 13, 16および19日後に新鮮な花粉を受粉した。各果実の先端部および基部それぞれ4~5段程度の種子部分について果実の成熟を判定し、受粉日ごとに先端部と基部別の成熟果率を求めた。

試験2：関連要因の推定

ポット育苗による'アイベリー'の苗を花芽分化を確認してから5日後の1988年9月26日に1/2000a ワグネルポットに1株ずつ定植して、露地条件で管理した。10月24日、11月3日、11月13日および11月23日の4回にわけて、それぞれ8ポットづつを、ハウス内に搬入して保温を開始した。

各株の頂果房1番果について、果実当たりの全種子数および全種子数に占める先端部の未熟種子の割合（以下、先端不稔種子率という）を求めた。

さらに各保温開始時期からランダムに4株づつを選んで、頂果房1番果の全そう果数、頂果房花数、葉面積、生育に要した日数、収量および先端不稔種子率について調査した。これら調査項目について株単位で取り扱って、相関関係および先端不稔種子率を目的変数とする重回帰式を求め、それらから先つまり果の発生に関係していると考えられる要因を推定した。

なお本試験では、開花時の受粉環境の影響を小さくするため、開花から3日間は人工受粉とミツバチ受粉を併

* 本研究の概要は、1988年度園芸学会東海支部および1989年度園芸学会秋季大会に発表した。

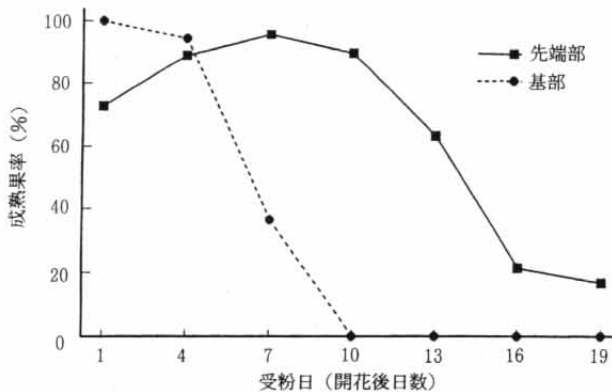
** 現普及農産課

用して完全に受粉させ、その後は除雄し袋掛けした。

結果および考察

試験1：先端部および基部における雌ずいの受精能力変化

基部の成熟果率は、開花1日後受粉では100%であったが、その後徐々に低下して、10日後受粉では0%になった。一方、先端部の成熟果率は、開花後から徐々に高まって、7日後受粉で95.5%と最大となり、19日後受粉でも16.7%であった（第1図）。



第1図 受粉日（開花後日数）の違いによる果実基部と先端部との成熟果率の変化

イチゴ果実の肥大には種子の存在が強く影響しており、種子が成熟することによって果托部が肥大することが明らかになっている（Nitsch）⁴⁾。第2図のような発生様態から見て、先つまり果は果実先端部の種子が成熟せずにその部分の果托が肥大しない障害であると考えられる。

本試験の結果は、先端部の雌ずいが受精能力を喪失しているのではなく、受精能力を獲得する時期が基部の雌ずいよりも遅れていることを示している。

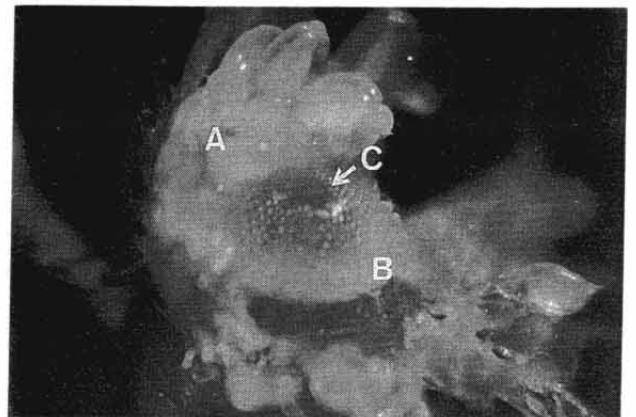
また、吉田ら⁷⁾は、TTCによる雌ずい柱頭の着色が開花当日から8日後まで順に先端部まで進むこと、および、開花後袋掛けをする時期が早いほど先つまり果の発生程度がひどくなることを確認している。

さらに、第3図のように、イチゴの雌ずいは基部から順次形成されることから、基部と先端部の雌ずいとの間には生育段階に差があるものと考えられる。

したがって、先つまり果の発生原因は、花器の基部と先端部との雌ずいの発育差が大きくなりすぎて、開花時に先端部の雌ずいが受精可能な状態にまで生育していないことであると考えられ、吉田らの考察と一致する。



第2図 先つまり果の発生様態
←：先端不稔部分



第3図 雌ずい分化中の花芽
A：やく
B：基部の雌ずい
C：分化中の雌ずい

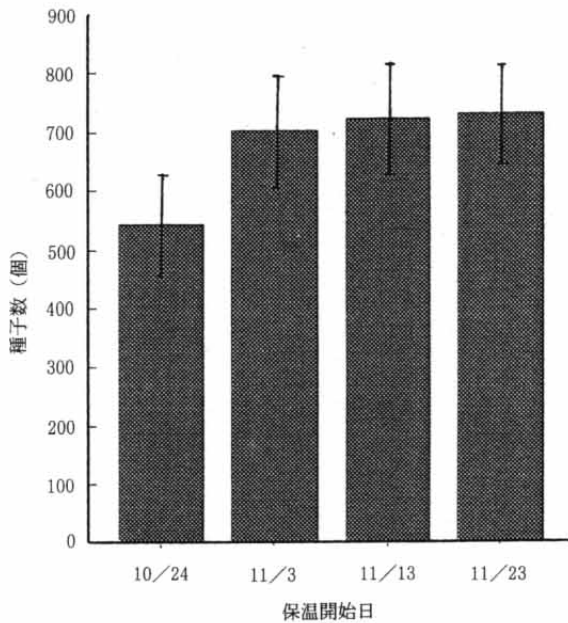
試験2：関連要因の推定

(1) 保温開始時期が果実当たりの種子数および先端不稔種子率に及ぼす影響

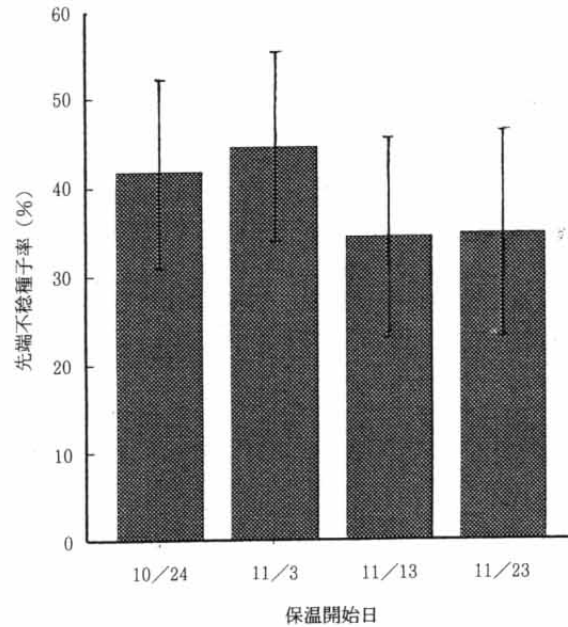
頂果房1番果の種子数を調査したところ、保温開始の時期が遅いほど種子数が増える傾向がみられた（第4図）。

一方、先つまり果発生の指標である先端不稔種子率については、保温開始の影響による一定の傾向はみられなかった（第5図）。

種子数と果重との間には正の相関があって、大きな果実ほど種子数が多いことが明らかになっている（Abbottら）¹⁾。吉田ら⁷⁾は、大きな果実ほど先つまり果が発生しやすいことを報告している。また、イチゴの花は順に外側から分化し、雌ずいも外側つまり基部から順に先端部に向かって分化してゆくことから（第3図）、種子数が多いほど、果実基部と先端部との間の雌ずいの発育差は大きくなるものと考えられる。



第4図 保温開始時期が果実当たりの種子数に及ぼす影響
* 図中の I は標準偏差 X2



第5図 保温開始時期が先端不稔種子率に及ぼす影響
* 図中の I は標準偏差 X2

第1表 各種調査項目間の相関係数

	先端不稔種子率	1 番果種子数	頂果房花数	葉面積		生育期間				収量	
				出蕾10日後	開花10日後	定植~保温	定植~出蕾	定植~開花	出蕾~開花	頂果房	第1腋果房
先端不稔種子率		0.508*	0.764**	-0.444	-0.115	-0.226	-0.040	-0.248	-0.324	-0.142	0.081
1 番果種子数			0.435	0.086	-0.354	0.409	0.597*	0.553*	0.318	0.327	0.067
頂果房花数				-0.235	-0.022	-0.006	0.000	-0.096	-0.164	-0.296	0.064
葉面積出蕾10日後					0.196	0.368	0.160	0.394	0.447	0.374	0.208
開花10日後						-0.662*	-0.142	-0.424	-0.506*	0.078	0.466
生育日数 定植~保温							0.421	0.815**	0.851**	0.264	-0.066
定植~出蕾								0.760**	0.290	0.376	0.094
定植~開花									0.843**	0.469	0.076
出蕾~開花										0.379	0.034
収量 頂果房											0.457
第1腋果房											

n=16, 表中の *は5%水準 (r=0.497) で, **は1%水準 (r=0.742) で, それぞれ有意であることを示す。

したがって、果実当たりの種子数は先つまり果発生の重要な要因であり、種子数が多いほど先つまり果は発生し易くなることが容易に推察できる。

本試験では、保温開始が遅いほど種子数が増える傾向があった。これに関して著者ら²⁾は、人工気象機を用いた実験で、低温ほど果実当たりの種子数が増えることを確認している。一方、先つまり果発生の指標である先端不稔種子率については、保温開始時期による一定の傾向がなかった。

このことは、先つまり果の発生に対しては、種子数すなわち果実の大きさだけが決定的に作用しているのでは

なく、その他にも関連する要因が存在することを示していると考えられる。

(2) 先端不稔種子率に対する各要因の相関

各保温開始区からランダムに4株づつを選んで、株ごとに詳細な調査を行い、株単位で各調査項目間の相関関係を求めた。

先端不稔種子率と頂果房花数との間、および、先端不稔種子率と1番果種子数との間に正の相関がみられた。しかし、1番果種子数と定植から開花までの日数との間にも正の相関が見られ、定植から開花までの日数は先端

第2表 先端不稔種子率を目的変数とする重回帰式における各変数の寄与度の比較

用いた説明変数				回帰平方和 S_R	残差の自由度 f	自由度調整済み 重相関係数 R^*	ΔR^{*b}
種子数 X_1	葉面積 X_2	花数 X_3	開花日数 X_4				
○	○	○	○	720.00	11	0.8746	0
	○	○	○	577.39	12	0.7613	-0.1133
○		○	○	685.22	12	0.8571	-0.0175
○	○		○	629.70	12	0.8092	-0.0654
○	○	○		631.49	12	0.8108	-0.0638

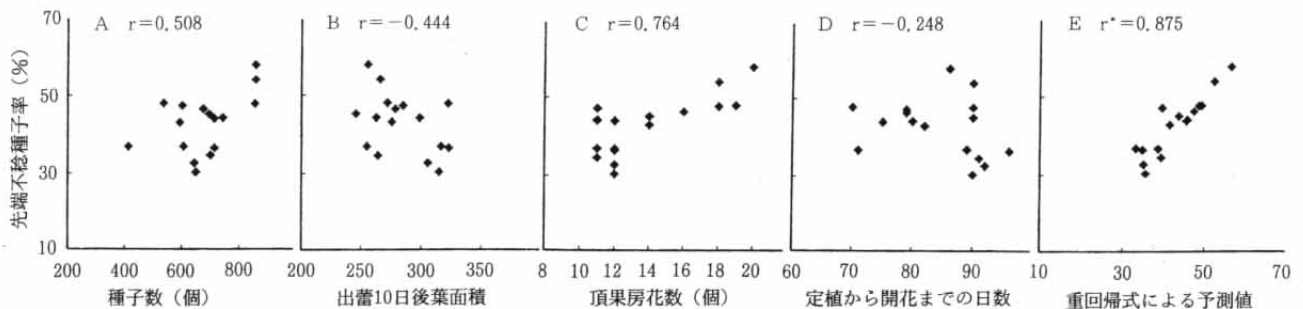
a 得られた重回帰式： $Y = 58.4 + 0.039X_1 - 0.065X_2 + 0.966X_3 - 0.436X_4$

Y：先端不稔種子率（%）

X_1 ：頂果房1番果種子数（個） X_3 ：頂果房花数（個）

X_2 ：出蕾10日後葉面積（ cm^2 ） X_4 ：定植から開花までの日数（日）

b ΔR^* ：4変数を用いた場合の自由度調整済み重相関係数に対して、1変数を削除したときの差。減少幅が大きいほど削除された要因の寄与が大きいことを示す。



第6図 重回帰式に用いた変数間の相関関係

a 重回帰式： $Y = 58.4 + 0.039X_1 - 0.065X_2 + 0.966X_3 - 0.436X_4$

Y：先端不稔種子率（%）

X_1 ：頂果房1番果種子数（個） X_3 ：頂果房花数（個）

X_2 ：出蕾10日後葉面積（ cm^2 ） X_4 ：定植から開花までの日数（日）

b 図中の数字は、A～Dでは相関係数、Eでは自由度調整済み重相関係数

不稔種子率に対して負の傾向が見られた（第1表）。

このことは、保温開始を遅らせるという人為的操作によって、イチゴの生育上では、種子数が増加する反応と開花が遅くなる反応とが同時に生じ、種子数が増加することは先つまり果の発生を促進する傾向がある一方で、開花が遅くなることは逆に抑制する傾向があることを示していると考えられる。

各要因ごとの先端不稔種子率に対する影響を検討するためには、要因間の影響を排除して、それぞれ独立に検討する必要がある。

(3) 先端不稔種子率を目的変数とする重回帰式と各要因の寄与

先端不稔種子率との関係を各要因ごとにそれぞれ独立に検討するため、先端不稔種子率を目的変数とし各要因を説明変数とする重回帰式を作成した。

説明変数の選択の対象とした要因は、頂果房1番果の種子数、頂果房花数、出蕾10日後葉面積、定植から開花までの日数および頂果房収量である。

これらのうち、変数増減法によって選択された要因は、種子数、頂果房花数、出蕾10日後葉面積および定植から開花までの日数で、次のような重回帰式が得られた。

$Y = 58.4 + 0.039X_1 - 0.065X_2 + 0.966X_3 - 0.436X_4$

Y：先端不稔種子率（%）

X_1 ：頂果房1番果種子数（個）

X_2 ：出蕾10日後葉面積（ cm^2 ）

X_3 ：頂果房花数（個）

X_4 ：定植から開花までの日数（日）

これら4つの要因は、先つまり果の指標である先端不稔種子率を変動させる要因であり、先つまり果の発生に関係しているものと考えられる。

4つの説明変数の中から1つを削除した時の自由度調

整済み重相関係数の減少幅からみると、先つまり果発生に対する寄与の程度は、種子数が最も大きく、以下、花数、定植から開花までの日数、葉面積の順であると考えられる（第2表）。

また、それぞれ先端不稔種子率との関係は、種子数と頂果房花数とが正、出蕾10日後葉面積と定植から開花までの日数とが負であった（第6図）。

（4）先つまり果発生の関連要因

試験1の結果によると、先つまり果の発生原因は、花器の基部と先端部との雌ずいの発育差が大きくなりすぎることである。雌ずいの発育差に対しては、種子数、頂果房花数、出蕾10日後葉面積および定植から開花までの日数が関連していることが試験2によって示唆された。今後の研究方向を探るため、これら4要因について先つまり果発生との関係を推測する。

1) 種子数

イチゴの花器の分化形成過程において、雌ずいの分化は、基部から始まり順に先端部へと進行してゆく。このとき分化する雌ずい数すなわち種子数が多いほど、先端部まで雌ずいが分化してゆく時間は長くなり、基部と先端部との雌ずい分化時期の差は大きくなると考えられる。

したがって、種子数が多いほど、すなわち、大きな花ほど、先つまり果は発生し易くなるものと考えられる。

2) 頂果房花数と出蕾10日後葉面積

先つまり果に似た障害は、スイートコーンにおいても報告されている（山田・大石⁶⁾）。スイートコーンでは、栽培密度の増加、分けつの除去および遮光によって障害が助長されることから、荻原・栗原⁵⁾は、光合成量の量的不足が先端不稔の発生に大きく影響すると考察している。

本試験においても、花数が多いほど、また、葉面積が小さくなるほど、先つまり果の発生が多くなる傾向がみられた。

したがって、花数が多く同化産物の競合が激しい条件や葉面積が小さく同化産物の供給が不足する条件が、先つまり果の発生を助長する可能性があると考えられる。

3) 定植から開花までの日数

本試験では花芽分化を確認してから5日後に定植した。また、慣行の促成栽培でも花芽分化確認後に定植する。定植から開花までの期間は、花芽が分化形成して開花にいたる期間と近似しているといえる。

試験2では、定植から開花までの日数を独立の変数とした場合、長いほど先つまり果は発生しにくい傾向がみられた。すなわち、分化する雌ずい数を同じとした場合には、定植から開花までの期間が長いことにより、先端

部雌ずいの発育期間が長くなって先つまり果は発生しにくくなると推察できる。

（5）おわりに

試験2の概要である園芸学会発表要旨³⁾は、吉田ら⁸⁾によって引用された。保温開始時期を遅くすることによって開花期を遅らせると先つまり果の発生が軽減されるとされている点については、紙面の都合上誤解を招いたもので、ここで訂正してお詫びしておく。

すなわち、保温開始を遅らせるという人為的操作によって、イチゴの生育上では、開花が遅くなる反応と種子数が増加する反応が同時に生じる。それぞれ独立に扱った場合、開花が遅くなることは雌ずい発育期間が長くなり先つまり果の発生を抑制する傾向がある。一方で、種子数が増加することは逆に促進する傾向があると考えられる。どちらの反応がより強く作用するかによって、保温開始時期の先つまり果発生への影響は変化するものと考えられる。本試験では、先つまり果発生の指標である先端不稔種子率と保温開始時期との間に一定の傾向はみられなかった（第5図）。

本試験は今後の研究方向を探るためのものであり、幅広い可能性を探る目的で実施した。単に、保温開始時期の影響だけを検討したものではない。今後、本試験で示唆されたいくつかの関係要因について確認を行ってゆきたい。

摘 要

1. 花器の基部と先端部、それぞれの雌ずいの受精能力が最高になる時期は、基部で開花翌日、先端部は開花7日後であった。
2. 先つまり果の発生原因は、花器基部と先端部との雌ずい発育の差であり、開花時に先端部の雌ずいが受精可能な状態にまで生育していないためであると考えられる。
3. 先つまり果の発生には、果実当たりの種子数、花数、葉面積および定植から開花までの日数が関与していることが示唆された。これらから、3つの要因、すなわち、花の大きさ、光合成同化産物の供給能力と競合関係および花の分化形成速度が関係していると推定される。

引用文献

- 1) Abbott, A. J., G. R. Best and R. A. Webb. 1970. The relation of achene number to berry weight in strawberry fruit. *J. hort. Sci.* 45:215-222.
- 2) 森 利樹・戸谷孝（投稿中）：イチゴ果実のそう果数と雌ずい分化速度に及ぼす温度の影響。園学雑。
- 3) 森 利樹・庄下正昭・西口郁夫（1989）：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 (第2報)
 関連要因の解析と種子数について. 園学雑. 58 (別2) :
 420-421
- 4) Nitsch, J. P. 1950. Growth and morphogenesis of the
 strawberry as related to auxin. Amer. Jour. Bot. 37:
 211-215.
- 5) 荻原 勲・栗原 清 (1989) : スイートコーンの先端不稔
 の発生に及ぼす栽植密度, 遮光等の影響. 群馬農業研究
 D4 : 1-8
- 6) 山田達男・大石昌稔 (1985) : スイートコーン雌穂の先端
 不稔の発生原因と対策. 静岡農試研報. 30 : 1-10
- 7) 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
- 8) 吉田裕一・藤目幸廣・中條利明 (1991) : イチゴ'愛ベリー'
 の花芽発育と奇形果発生に対する温度の影響. 園学雑60
 (3) : 575-581

Studies on the Top-stuffed Malformation of Fruit in 'Aiberi',
 a Large-fruited Strawberry Cultivar

1. Elucidation of the cause of malformation and its presumable relating factors

Toshiki MORI, Masaaki SHOKA and Ikuo NISHIGUCHI

SUMMARY

1. The times to display the maximum fertility of pistil were the next day after flowering for the proximal part of the fruit and 7th day for the distal part.
2. The top-stuffed fruit was thought to be generated by developmental differences of the pistil between the proximal part and the distal. At the time of flowering, the distal part seems to have not sufficiently matured to a suitable stage for fertilization.
3. Production of top-stuffed fruit was related to the seed number per fruit, the flower number, the leaf area and the length of the period from planting to flowering.

From these results, it was assumed to be four factors, such as the flower size, productivity of photosynthetic assimilate, the partitioning rate of photosynthetic assimilate and the speed of flower-bud formation.