

## 赤ナシの結実生理と無袋栽培技術 1

誌名	農業技術
ISSN	03888479
著者	猪瀬, 敏郎
巻/号	30巻2号
掲載ページ	p. 58-62
発行年月	1975年2月

農林水産省 農林水産技術会議事務局筑波産学連携支援センター  
Tsukuba Business-Academia Cooperation Support Center, Agriculture, Forestry and Fisheries Research Council  
Secretariat



# 赤ナシの結実生理と無袋栽培技術

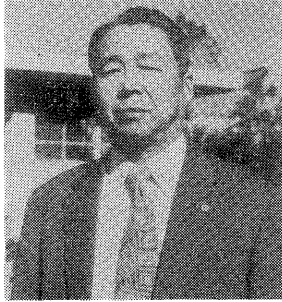
## — 1. 結実生理について

— 昭和49年度農業技術功労賞受賞記 その2 —

猪瀬敏郎

### まえがき

このたび、はからずも農業技術功労賞を受賞しましたことは身に余る光栄と感激しております。私が昭和26年埼玉農試に奉職した時は戦中以来中絶されていた果樹の試験が再開されるため、ほ場にナシ、ブドウ、カキが小面積残されていただけでした。そして私自身も長らくそ菜関係の仕事をしてきたため、心機一転果樹にとりくんだわけでした。非常に幸いであったことは古谷友男、郷隆雄、向井武勇、伊丹清の諸氏と次つぎにスタッフに恵まれ、長年ナシを中心として労苦を共にすることができたことで、この人達と共にこの喜びを分かちたいと考えております。さらに栽培農家の話の中から多くのものが与えられ、恩師故黒上先生、永沢先生のご指導を頂いたことも忘れえないことであります。



第1図 筆者近影

### 研究の動機

初めて果樹の試験を行なうので何を取り上げてよいかわからず、永沢先生から人工受粉の省力化についてやってみてはどうかと指示が与えられ、結実問題にとりくむことになった。まず人工受粉について基礎的な資料をうることから始めたが、昭和27年に摘らいと人工受粉の組み合わせが結実と果実の発育におよぼす影響について調査を行なって第1表の成績をえた。これを見て、人工受粉

第1表 生理落果数  
(長十郎各区3本合計数, 1952年5月)

処理区	月日	月日				
		5/2~7	8~12	13~17	18~22	23~27
摘らい	受粉区	102	42	41	143	156
	放任区	329	61	49	30	28
無処理	受粉区	88	43	74	279	117
	放任区	806	261	134	211	38

をしなかった放任区は別として、人工受粉をした区にも

不受精による5月上旬の落果があるとは考えもおよばなかった。受粉をすれば(ナシの場合受精に要する日数は4~6日)種子ができて結実するはずであるのに不受精で落果することに素朴な疑問をもった。そのうちに農家と接していると、長十郎の短果枝は20年するとならなくなる。ころがし(長果枝)にとりかえても10年でなくなる。1枚のナシ園で半分はよく結実するが半分はとまりが悪い。とまりの良い方は粘質がかった土壌で、とまりの悪いほうは砂質がっているなどの話をきき、また5月中~下旬にかけての第2波生理落果の時期に、農家が常に結実の不安定に悩んでいる状況から、軸(果梗)が黄色になると農家が青くなると評したが、結実を安定させるにはどうしたら良いか、花の素質としての花粉、胚珠と胚珠の発育に直接関与する子房、さらに自家不結実性について明らかにし、結実を安定させる技術を確認しようとするに至った。なお吉田氏の請により先輩の業績も一部加えて記すこととする。

### 花粉について

ナシの花粉は大きさが0.0407×0.0233mm(菊水)で容積比重は0.742~0.762である。開花前日のつぼみを開やくさせて花粉を採取すると、品種によって多少の差はあるが1,000個の花から1~2mlの花粉を集めることができる。

栄養状態の異なる樹の花粉の奇形率をみると、不良のものは奇形率が高く、発芽率は低い。たまたま33年3月下旬に凍害が発生したとき、凍害花(胚珠は枯死、おしべの一部も枯死)の花粉は、健全花に比べて奇形花粉率が高く、発芽率も低かった。その中で新興は奇形率も少なく、発芽率も高く、受粉樹として良い品種であると認め

第2表 枝の切取時期と花粉の発芽率および結実率  
(長十郎, 1966, 佐藤)

枝の切取時期	花粉発芽率	結実率	変果率	1個当り
				種子数
3月14日	23.6%	53.4%	51.4%	5.2 <sup>コ</sup>
30日	51.4	62.0	19.5	7.0
4月6日	54.5	71.8	15.6	6.9
8日	62.2	70.5	19.6	7.4
自然開花	62.5	80.5	0.0	7.8

種より発芽率が高かった。

現在人工受粉のため開花を促進して花粉をとることが行なわれているが、佐藤氏の第2表でわかるように、早く切り取ったものは発芽率も低く、またとれる花粉量も少ない。花粉の発芽率を高めるには、できるだけ自然開花に近く枝をとり、花芽を $\frac{1}{2}$ ～ $\frac{1}{3}$ 除いて開花させることが必要で、開花する花に十分な栄養を与えることの重要さがわかる。

1) 開やくと増量剤 開花前日のつぼみをとって開やくさせるのは25°Cで関係湿度60～70%が良い。温度が低いと開やくに多くの時間を要し、高いと発芽率が低く、短時間で発芽力を失う。

増量剤としてはナシ花粉と大きさがほぼ同じで、容積比重のほぼ同じぐらいのもので、花粉、柱頭に悪影響をおよぼさないものでなくてはならない。この面から石松子、ハウレンソウ花粉、クルミ花粉が用いられる。実際には入手の容易な石松子で、容量で10倍とするのがよい。結実率は10倍でも20倍でも実用的には問題ないが、収穫果の重量は、花粉単用>石松子10倍>石松子20倍>石松子50倍となる。近年能率的な人工受粉器が開発されているが、花粉採取が能率化されているので受粉の能率化だけでなく、確実性を高めるために5倍程度の増量が良いとも考えられる。

2) 花粉の成分 花粉の成分をみると、還元糖よりも非還元糖が多い。長十郎の基部花で開花前日に採やくしてとった花粉よりも開花当日の花粉のほうが還元糖が多く非還元糖が少ないが全糖は多く、全Nは少ない。樹齢、品種、摘らいした基部花など、還元糖、非還元糖に差は認められるが、全Nには大きな差は認められない。

アミノ酸は品種により多少の差があり、共通するのはAsparatic acid他5種で、少ない品種で8種、多い品種は11種、貯蔵花粉では14種を認めたものがある。

生長調整物質も比較的多い二十世紀、抑制物質の多い祇園など、GA分析でも二十世紀はやはり生長促進物質が多く、抑制物質は長十郎に多く認められた。

このように花粉のもつ成分は品種、樹勢だけでなく、同一花叢の中でも頂花の花粉の発芽率は38.2%、基部花の花粉85.5%の半分で、しかも発芽率の低下が早いなど、花粉の素質からみて成分の内容に差のあることが考えられる。

花粉は持っている栄養だけで発芽し、花粉管を生長させて受精することはできないので花柱からの補給にまたなければならない。この補給物として、糖、アミノ酸、生長調整物質などが考えられるので、そのような物質を検索する方法として、人工発芽床に添加をして調査を行

なった。

Adeicott氏やその他の諸氏により、多くの生長調整物質などを用いて発芽率と花粉管伸長に効果のあるものが調査されているが、これらは植物の種類、個体により生長調整物質の種類や濃度を異にすることが明らかにされている。ナシに対しては各種のアミノ酸のうちMethioninと生長調整物質の濃度によって効果の認められない場合もあり、アミノ酸、生長調整物質の効果は認められるとしても花粉の素質によってその反応が一定しないことが考えられる。

## 結 実 性

自然受粉の状態では1果叢の結実数をみると品種によって差があり、幸水は最も多く5.0個、次いで二十世紀、祇園、早生赤で、最も少ないのは石井早生、長十郎の2.0個である。これはすべて同じ受粉の機会があったのにかかわらず差が生じたもので、結実能力の高い、すなわち結実性の強い品種は多く結実し、結実性の弱い品種は結実数が少ないものとみられる。これらの種子数は調査していないが、幸水はシナが多く、完全種子数は長十郎より少ないのが実状である。受粉樹の少ない農家の長十郎で、人工受粉を忘れると1本の結実数が30～50個で、しかも種子数が少ないために奇形果が多いことは長十郎の結実性の弱いことを示す例といえよう。さらに1花叢の花全部に受粉をした場合、二十世紀の結実率は88.3%で結実数は平均6.7個、それに対して長十郎は結実率59.7%、結実数は平均3.7個で、やはり結実性の弱いことを示している。

生理落果の波相をみると、5月上旬に不受精が多く落果し、遅くまで生理落果をする長十郎型と、5月中旬に種子数の少ない幼果が多く落果する二十世紀型、5月下旬にも種子数の少ない幼果の落果する青竜型とに分けられる。長十郎が遅くまで落果をする原因の一つとして、子房の横径をみると、長十郎は最も小さく2.74mmで、二十世紀は3.42mm、幸水は3.55mmで最も大きいのは八雲の4.02mmであるが、その後の発育をみると10～17日の間に小さな長十郎が大きな幸水を追いこして肥大し、それだけ多くの貯蔵養分を消耗することも考えられる。

長十郎と二十世紀の基部花に受粉の機会を与えないようにして頂花を自然受粉とした場合は両品種とも結実率は0%であるが、人工受粉をすると二十世紀42.6%、長十郎は7.4%の結実率を示す。さらに基部花は摘らいをして頂花のみにして人工受粉をすると、二十世紀は62.0%、長十郎は21.5%の結実率となる。このことは長十郎

の結実性の弱いことと共に、1花叢の中の花はその部位によって結実性に差があり、それはお互いの間に養分競争関係が存在し、遅く開花するものは十分な栄養の受けられないことを示しているが、摘らいという競争相手を除くことにより、それがまた時期の早いほど結実性を高めることができる可能性を示している。

1) 子房の成分 結実性の強弱は何に基因するかを明らかにするため、まず子房の糖およびNを分析した結果は第3表のとおりである。これをみると、糖は花粉と同じように還元糖より非還元糖のほうが多い。しかし全

第3表 子房の糖およびN (新鮮重, mg/g, 1962)

品 種	樹 齢	花の部位	調査時期	還元糖	非還元糖	全糖	全N
長十郎	若 木	基部花	開花前日	9	16	25	8.6
		頂 花	開花前日	5	15	20	7.2
	成 木	基部花	開花前日	12	15	27	8.2
		"	開花当日	9	16	25	7.7
		摘らい	開花前日	8	17	25	7.7
		基部花	開花当日	10	22	32	8.0
放任樹	基部花	開花当日	8	11	19	8.5	
二十世紀	老 木	基部花	開花前日	8	12	20	8.6
		頂 花	開花前日	8	14	22	8.6
幸 水	高つぎ	基部花	開花当日	6	12	18	8.3
新 興	若 木	基部花	開花当日	6	18	24	9.2

糖の量は花粉の86~125mgに対して1/4~1/5と少ない。また全Nは花粉に比べて1/4程度と少ない。

品種間に差が認められる他に、長十郎の基部花と頂花では糖もNも頂花が少なく栄養的に劣っていること、二十世紀の基部花と頂花ではNに差はなくて長十郎とは対照的である。また長十郎の基部花の開花前日と開花当日を比べると、開花当日は還元糖、全糖、Nが減少しているが、摘らいを行なうと還元糖、非還元糖、Nがすべて上昇し、摘らいが結実性を強める一つの理由として認められる。

アミノ酸は、Asparatic acid, Glutamic acid, Serine, Asparagine, Threonine, Gltamine, Alanine,  $\gamma$ -Amino butiric acid, Methionine, Leucine の10種が開花前日、開花当日の長十郎、摘らい基部花、二十世紀、青竜に認められた。有機酸はマロン酸またはマレイン酸と推定されるものを認めた。

生長調整物質については、長十郎の基部花の開花前日にはIAAを含む生長促進物質が認められたが、開花当日は生長促進物質は僅かとなり抑制物質が多くなる。摘らいをした基部花では、開花前日はIAAを含む生長促進物質が多く、抑制物質は認められず、開花当日は生長促進物質は少なくなり、抑制物質は僅かに認められる。これらの消長は年により変動するが傾向は変わらず、開花前日と当日、摘らいと無処理に明らかな差が認められる。二十世紀では開花前日に比べて当日は生長促進物質は幾分多く、抑制物質は減少している。この他青竜、晩三吉、新興、祇園、幸水についても調査し、さらにGAについてもその消長を調査した結果、開花前日、当日の生長調整物質の消長は4グループに分けられ、これが結実性と大きな関連があるように認められた。そのグループは次の通りである。

I 開花当日の花が前日より抑制物質が多く、生長促進物質が少なく、生理落果は5月上旬に多い品種、長十郎。

II 生長促進物質は開花当日より前日に多い。抑制物質は変りはないが開花当日に幾分少ない。生理落果は5月中旬に多い品種、新興、摘らい長十郎。

III 開花前日と当日の生長調整物質の差が少ない。生理落果は5月中旬に多い品種、二十世紀、祇園。

IV 開花前日の花に抑制物質が少なく、生長促進物質は開花当日に多い。生理落果は5月下旬に多い品種、青竜、幸水。

これらを見ると結実性はIが最も弱く、IVが最も強いように考えられる。なおIIとIIIは年により種々の条件によってIIからIII、IIIからIIに生長調整物質の消長の変ることが考えられる。

2) 単為結実の誘起 ナシの単為結実は栽培的に大きな意味はないが結実性の解明の手段として実施してみ

第4表 生長調整物質による単為結実の誘起

(幸水, GA500ppm, NAA500ppm, 1964)

第1回処理 薬 剂	処理 時 期*	4月30日 結実数	5月14日		第2回 処 理	6月17日		
			結実数	結 実 率 (%)		5月14日	結実数	結実率
GA	開花前日	20	16	13	65.0	GA	3	15.0%
		19	16	13	68.4	NAA	2	10.5
		24	20	14	58.3	—	10	46.7
	開花当日	30	14	4	13.3	—	3	10.0
NAA	開花前日	17	16	9	52.9	NAA	4	23.5
		17	16	9	52.9	GA	3	17.6
		15	14	9	60.0	—	1	6.7
	開花当日	33	26	15	45.5	—	6	18.2

注) 第1回処理の時期は開花前日: 4月15日, 開花当日: 4月17日であった。

た。長十郎に IAA, NAA, GA を処理し, IAA 100ppm は 16.7% の単為結実率を示し, GA 500ppm を開花前日処理したものは 31.3%, 開花当日処理したものは 12.0% がえられたが翌年は収穫に至らなかった。幸水に GA, NAA の 1 回散布, 2 回散布, 交互散布をした結果は第 4 表に示すとおりで, 1 回散布では GA の開花前日処理が良く 46.7%, NAA は開花当日散布の 18.2% が良かった。2 回処理では GA 2 回, NAA 2 回処理が良く, NAA と GA の交互処理の結実率は劣っている。これらの成績からも開花前日と開花当日とでは子房の素質に差のあることが明らかである。

3) **自家不和合性と自家不結実性** 自家不結実果樹では, ナシ, リンゴ, スモモ, オウトウ, ウメ, アンズなどに認められるが, 受粉樹の混植, 他家花粉の人工受粉によって解決されている。そ菜, 花きでは自家不和合を利用して F<sub>1</sub> 雑種に利用され, 品質向上に役立っているが, 母本系統の維持に障害となっている。したがって自家不和合の機構を明らかにし, その制御方法を開発することは極めて有意義なことである。

ナシでは長十郎の自家不結実是有名で, 多くの諸氏によってえられた成績は 0% で, ただ星野氏が札幌でやられた成績では最高 22.1%, 結実した樹の最低は 1.7% であった。その他の品種も自家不結実が強く, 最も多く結実した例は幸水の 50% で, これとても樹齢の若い場合で, 経済的には他家受粉が行なわれる。

ナシでは交配不和合の例も多い。現在の経済的品種では, 長十郎×青竜, 二十世紀×菊水, 二十世紀×祇園, 幸水×新水, 早生赤×新水, 早生赤×幸水などがあり, この中には偏父性不親和による例が多い。その他に不和合ではないが, 各品種に結実率が低い八幸がある。

4) **自家不和合の機構** 自家不和合性については, Gerstel 氏によって孢子体反応とよばれる花粉の性質または花粉管の行動が, 花粉を生じた孢子体の遺伝子型に支配されるものと, East 氏らによって明らかにされた配偶体反応とよばれる配偶体の遺伝子によって制御されるものとに分けられる。また Brewbaker 氏は不和合性の遺伝様式と花粉管生長の抑制位置あるいは花粉の細胞学的特性の間に相関のあることから, 孢子体反応型は 3 核性の花粉をもち, 柱頭表面において発芽抑制または花粉管の侵入抑制をうけ, 配偶体反応型は 2 核性の花粉で花粉管は誘導組織へ侵入後抑制をうけることを明らかにした。また花器の形態的な差から同型花不和合性と異型花不和合性に分けることもある。いずれにしてもこれらの生理的機構については種々の説があるが未だ仮説の段階である。

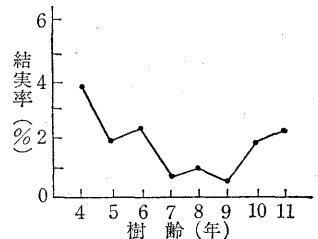
樋口氏は異型花であるプリムラ, オブコニカで, 長花柱花は花粉および花柱の糖レベルが低く, 花粉および誘導組織から供給される糖を利用しても, なお花柱全長を伸長するに要するエネルギーが不十分であるため不和合となり, 短花柱花では花粉および花柱の糖レベルは高いけれどもホウ素のレベルが低いために fructose により抑制作用をうけて花粉管の生長停止して不和合になるとしている。

配偶体反応型であるペチュニヤ, ビオラセアの自家不和合性について, 安田氏は特殊物質説を提唱して, 特殊物質は胎座付近で生成され, 花柱部に移動する花粉管生長抑制物質によるものとした。樋口氏はペチュニヤ, ハイブリダを用いて, 雌器官において先天的に形成される抑制物質によるものではなく, 雌雄両物質の反応を介して特異的な抑制物質ないし抑制機構の形成により制御される考え方が妥当と考え, 花粉管から滲出される抗原類似物質 X と花柱誘導組織に生成される抗体類似物質を Y とし, 受粉により花粉管と誘導組織が接触して抗原抗体反応生成物 X Y が形成され, これが自家花粉管の生長を特異的に制御するとしている。

明道氏はユリでは花柱抑制物質の作用によるものではなく, 花粉管伸長促進物質が欠如しているか, または不足しているためであろうと推論している。

5) **ナシの自家不結実** ナシの自家不結実について, 浅見氏はさきに述べた星野氏の成績は北海道の気象状態が特殊であったのか, あるいは樹が特殊な系統であるか, または栄養状態が特殊であったかとしている。

9本の長十郎を 4 年生から 11 年生まで累年自家受粉を行なってみた結果, 結実した樹の最高は 23.3% で最低は 1.0% の成績をえたが, その平均結実率を第 2 図に示した。これを見ると, 4 年生から次



第 2 図 自家結実率の累年変化  
注) 長十郎 (1954~1961) の 9 本平均

第に結実率が低下したが 10 年生からは上昇に転じている。これは日照条件の良い位置の短果枝を選んだためである。なお自家受粉をした花の生理落果状況を見ると, すべてが不受精による落果ではなくて種子数が少ないために落果をする第 2 波に属するものがかなり多く, 最高は 42.2% が第 2 波で落果している。これをみてもある程度は受精をして種子が形成されていることがわかる。

自家受粉を行なって結実した果実の種子数をみると第

5表に示すとおりで、普通は7~8個の種子数をもっている。ところが樹勢旺盛な5年生樹で種子数2個で

第5表 自家結実における種子数

樹 齢	処 理	平均種子数	備 考
5年生	開花受粉	7.1	
6年生	"	8.0	
7年生	"	8.0	
5年生	つぼみ受粉	4.0	樹勢旺盛
	開花受粉	2.0	

結実していることから自家結実単に自家受精による種子数だけではなく、樹がもつ結実性が大きな影響もっていることがわかる。

このことから摘らいを行なって自家受粉を行なうと、標準が2.3%の結実であるのに対して、摘らいは7.8%と、栄養条件が良いと結実率の上昇することがわかる。また交配不適合の長十郎×青竜も摘らいで9.7%、青竜×長十郎は17.9%の結実率をみせていることから、不適合であっても摘らいによって偽稔性が高まると共に、結実性の上昇によって結実率の高まることが明らかである。

なお結実性を高めるために、自家受粉と生長調整物質を処理したところ、第6表に示すような成績をえた。これによればIAAの100ppmは標準の4.1%に対し16.7%の高い結実率を示しており、やはり偽稔性と結実性は別で、結実性を強化することによって自家結実率を高めることができることが明らかである。

第6表 生長調整物質が自家結実におよぼす影響(長十郎, 1962)

処 理	濃 度	花数	結実数	結実率
GA	100 <sup>ppm</sup>	30	1	3.3%
	10	30	1	3.3
NAA	100	30	2	6.7
	10	30	1	3.3
IAA	100	30	5	16.7
	10	30	0	0
標 準		74	8	4.1

6) 特殊物質について 長十郎の自家不結実について浅見氏は安田氏の特殊物質説を支持している。この観点に立って、花柱と子房から蒸留水、エチルアルコール、アセトンで抽出された物質をペーパークロマト法で展開し、Rf別に花粉の発芽率をみた。その結果によると、Rf 0.1に強い発芽阻害物質が認められたが、この物質は完全に近い発芽阻止を示し、親和花粉でも発芽阻害をするので特殊物質とは考えられない。なおこの物質は冷暗所に1カ年放置しても阻害性が低下しなかった。蒸留水抽出のRf 0.9、アセトン抽出のクロロホルムフラクションRf 0.7が特殊物質と考えられ、クロロホルムフラクションの2次展開を行なうとRf 0.7の0.1次いで0.2

~0.5が阻害性が強く、これらが特殊物質であろうと考えられる。この化学物質はクロロゲン酸で、このクロロゲン酸についてさらに試験を行なうべきであったが、試験場の移転整備のため追試を行なうことができなかった。しかし高橋氏はその著書でクロロゲン酸やコーヒー酸などにより花粉の発芽、受精の阻害に関係のあることを述べている。平田氏らは二十世紀のアルコール抽出物でアブシジン酸様物質を発芽抑制物質と認めている。

花粉発芽阻害物質を制御する目的で Alanine, NAA, IAA, GAを添加して発芽試験を行なったが抽出剤によりその反応が異なり、単に栄養としての物質を添加することでは解決できるものでなく、クロロゲン酸の生成を阻害するか、あるいは阻害性を抑制し、花粉管の伸長を促進する方法が考えられなければならない。

不適合を制御する方法として、志佐氏等の著書によればパラクロロフェノオキシ酸、ナフトレンアセトアミド、β-ナフトオキシ酸などをあげて、これらは花粉管が胚珠に到着するまでに花の寿命を保つ効果によるものであるとし、樋口氏は2-thiouracilにより花粉管伸長に効果のあることをあげている。栽培的には従来からつぼみ受粉、老花受粉が行なわれてきたが、樋口氏は回復受粉法を開発し、Williams氏らはリンゴでNの追肥時期により自家不結実の変異することから6月追肥の効果をあげている。摘らいによる偽稔性の向上と自家結実性の効果については先に述べたとおりである。

## おわりに

これらのことから、花粉および子房は、品種、栽培条件によって、栄養や生長調節物質の種類、濃度、バランスまたはその消長によって結実性が強く、あるいは弱くなることが明らかで、特に長十郎は各種の栄養条件に敏感に反応して結実の良否に影響を与えていることがわかった。そして従来は、ナシの栽培といえば二十世紀の栽培技術がそのまま用いられてきたが、品種の頂部優勢の調査の結果なども加えて、品種はその特性に応じた栽培法をとらなければならないことが明らかとなった。そのために在来品種、新品種の特性解明とそれに対応する技術の確立が行なわれてきている。

その他せん定、摘らい、摘果、受粉用品種選択に際して考慮すべき点が明らかとなり、薬剤摘果については生長調整物質を用いる場合、品種により、個体によって開花期前後の生長調整物質の消長の状態が異なることを知って行なわなければならないことが考えられるに至った。

(現埼玉県植物見本園長・前同県園芸試験場次長)