

先端技術を活用した農林水産研究高度化事業成果

リンゴ単植化の手引き



平成19年2月

(独)農業・食品産業技術総合研究機構

果樹研究所編

はじめに

近年、残留農薬のポジティブリスト制の導入により、今まで残留基準値がなかった農薬には厳しい基準値が設定され、農薬のドリフト（飛散）による残留が懸念されている。ドリフトは近接する他作物への影響もさることながら、リンゴの混植園においても収穫時期の異なる品種間でのドリフトが懸念されている。このため、単一の品種を栽植し、異なる品種の混植を行わない「単植化」に対する生産者の要望が以前にも増して強まっている。リンゴの「単植化」は、栽培管理の単純化や病虫害防除の効率化など生産コストの低減や収益性の向上が期待できる。

単植園で結実を確保するためには人工授粉が不可欠であり、多くの労力を必要とする。一方、人工授粉に代わる省力的な結実管理法として、園地への授粉専用品種の導入と訪花昆虫の利用が注目されており、(独) 農業・食品産業技術総合研究機構果樹研究所では、平成16年度より先端技術を活用した農林水産研究高度化事業により、長野県果樹試験場、岩手県農業研究センター、宮城県農業・園芸総合研究所、国立大学法人岐阜大学、国立大学法人岩手大学、岩手中央農業協同組合との共同研究によって、「リンゴ品種の単植化に向けた新しい結実安定技術の開発」(2004-2008年)に取り組んできた。

本事業の中間年に当たり、今までに得られた成果をリンゴ単植化の普及に役立てるため、「リンゴ単植化の手引き」として速報的に取りまとめた。この手引きは、試験研究機関や普及センター等の指導機関を対象として現地で単植化技術を円滑に導入できるように、授粉専用品種の実験、訪花昆虫の行動と授粉樹の混植密度、授粉専用品種の結実管理や園地への導入技術など詳しく解説した。

本書の刊行に当たってご協力を頂いた共同機関の執筆者各位、単植化の将来方向についてご寄稿頂いた本事業のアドバイザーである花巻市葡萄が丘農業研究所の藤根所長並びに現地試験にご協力頂いた生産者・指導機関各位に心から感謝申し上げます。

今後、これらの研究成果がリンゴ単植化を目指す多くの生産者や指導機関に活用されることを期待する。

平成19年2月

(独) 農業・食品産業技術総合研究機構
果樹研究所リンゴ研究チーム長

別 所 英 男

目 次

1. リンゴの単植化とは	1
2. リンゴの結実生理	
1) リンゴの結実のしくみ	1
2) 花器官の受精能力	5
3) 結実に及ぼす気象の影響	7
4) リンゴの不和合性とS遺伝子型	8
5) 完全和合性と不完全和合性の違い	11
3. 授粉専用品種の選択	
1) 品種の分類	12
2) 授粉樹として備える条件	13
3) 有望な授粉専用品種の特性	14
4. 訪花昆虫の行動と授粉樹の混植密度	
1) マメコバチの訪花行動と花粉の伝搬距離	15
2) ミツバチの訪花行動と花粉の伝搬距離	19
3) 授粉樹の混植密度と栽植方法	21
5. 授粉専用品種の結実管理	
1) 授粉専用品種の隔年着花性	23
2) 摘花剤、摘果剤の効果	23
3) 開花後剪定による結実制限	25
6. 園地への導入技術	
1) 台木の選択	26
2) 高接ぎの方法	26
3) 高接ぎ病に対する注意	27
4) 挿し木等による苗木の繁殖	28
5) 大苗育苗	29
6) 樹形と剪定	
(1) 苗木の樹形と剪定	31
(2) 高接ぎ樹の剪定	31
7. 授粉加工兼用種の利用	
1) 「メイポール」の来歴	32
2) 「メイポール」の果実特性	32
3) 「メイポール」の加工適性	33
4) 「メイポール」の花材としての特性	34
5) 「メイポール」の授粉樹としての特性	35

6) 「メイポール」の栽培上の留意点	
(1) 着果基準、剪定、生理障害の発生	35
(2) 開花後剪定法	36
8. 倍数性の利用による自家和合性の獲得	
1) 倍数性品種の特徴	37
2) 四倍体個体の獲得方法	39
3) 倍数性品種と自家和合性の関係	40
9. クラブアップルの花材（実物）としての可能性	
1) クラブアップルの多彩な利活用の可能性	43
2) 主要なクラブアップルの開花状況	43
3) 主要なクラブアップル品種の実付き枝物としての日持ち性の検討	43
4) 主要なクラブアップル品種の果実の形態的特性	44
5) まとめ	46
10. リンゴ単植化の将来方向	
1) はじめに	46
2) リンゴ栽培の変遷	48
3) リンゴ栽培を革新した「わい化栽培」	48
4) 「売れる果物」リンゴをどう作るか	48
5) 「具体的な対応策」	49
6) 「安全・安心」21世紀型新栽培法「リンゴの単植化」	50
7) おわりに	52

1. リンゴの単植化とは

リンゴ栽培において経済性の高い単一品種を栽植することは、収益性が向上するという直接的な利点だけではなく、栽培管理の単純化や病虫害防除の効率化など生産コストの低減をもたらす。しかし、リンゴは自家不和合性が強い作物であるため、単一品種を栽植した場合は結実が不安定で、果実生産が見込めない。このため、多くのリンゴ園では相互に交雑和合性がある複数の品種を混植して、訪花昆虫により受粉させることで結実の確保を図ってきた。

近年、無登録農薬の使用を端緒に農薬取締法が改正され、生産現場では農薬のドリフト（飛散）が問題となっている。このため、従来行われてきた経済品種同士を相互に授粉樹として混植することが困難となってきている。すなわち、晩生品種と早生品種を混植した場合、通常は認められている9月上旬の病虫害に対する農薬の特別散布が早生品種の収穫期に当たるため実施が困難な状況が発生している。このため、単一の品種を栽植し、異なる品種の混植を行わない「単植化」に対する生産者の要望が以前にも増して強まっている。単植園では結実を確保するためには人工授粉が不可欠であり多くの労力を必要とする。さらに、人工授粉は結実安定技術であると同時に、選択的に授粉を行うことで生産に不要な結実を制限する技術であるのに対し、訪花昆虫による結実安定技術は、時に過剰な結実を招き、摘果作業の増大や隔年結果をもたらすことになる。そのため、経済品種の適正な結実と摘果作業の省力化が図れる授粉専用品種による結実管理を行うことにより、収益性の高い品種の単植化栽培による収益増や栽培コストの低減が図れる。さらに、農薬のドリフト問題が解決され、リンゴの消費拡大や生産地域の活性化が期待される。

（果樹研究所 別所英男）

2. リンゴの結実生理

1) リンゴの結実のしくみ

リンゴの結実には種子形成が必要である。しかもリンゴは自家不和合性で虫媒花であるため、圃場には数品種を混植しハチによって受粉が行われることが基本である。すなわち異品種の花粉が柱頭に付着することが要求される。リンゴ花粉は風ではほとんど飛ばないことが副島（未発表）によって確認されている。したがって、現行の栽培体系ではハチの行動範囲内に交雑可能な品種が混植されていることが必要になる。結実に関する新しい栽培体系の確立のためには、リンゴの結実生理について十分に検討する必要がある。

（1）花器官の形態と果実の形

人間は様々な種類の果実を食べているが、花や果実の形に注目するといくつかのタイプに分けられる。日本人になじみが深いリンゴ、ナシ、モモ、カンキツ、カキ、ブドウをていあ（がくあ）の有無に着目して分類するとリンゴ・ナシのグループとモモ・カンキツ・カキ・ブドウのグループの二つになる。リンゴとナシは果実の中央に芯（果芯）があり、この内部に種子が形成される。果芯はていあに接続しており普通この部分は食されない。ビワの果実も形態的にはリンゴ・ナシと類似した形態である。一方、モモ、カンキツ、カキ、ブドウにはていあ部がなく果芯に相当する部分もない。したがって、これらの果実はモモの核を除けば種子以外の果肉は可食部分である。モモ、カンキツ、カキ、ブドウの可食部分は雌ずい基部の子房（子房壁）に由来しており、可食部分が子房にのみ由来する果実を真果という。一方、子房以外の部分が可食部分に加わっている果実を偽果といい、リンゴ、ナシ、ビワ、イチゴ、イチジク、パイナップル等の果実が含まれる。中でもリンゴ、ナシ、カリン、マルメロ、ボケ等の果芯・ていあのあるバラ科の温帯果樹は仁果類と呼ばれ、共通の形態を有している。ビワもバラ科に属し形態的には仁果類と同様だが常緑果樹として扱われる。仁果類の花は花弁・萼（がく）片の下に子房が落ち込みその周囲を花托と呼ばれる組織が囲んでいる。したがって仁果類の可食部は主に花托に由来し種子の周囲の果芯部に子房壁由来の組織が形成される。この真果と偽果の形態的差異は単為結果性等の結実のしくみに

影響を与えていることが推定され（田中ら，2006；和田ら，2006）、リンゴの結実安定のために今後さらに単為結果性機構の研究を進める必要がある。

（2）自家結実性

小森（1999）は213のリンゴ品種・系統を用いて、除雄を行わず袋かけのみを行った試験で自家結実性を調査している（第1表）。その中で最も結実率が高かった品種は「王林」で88.3%、次いで「Ontario」の74.4%、「銀鈴」50.0%、「紅月」44.5%、「新印度」40.0%、「リ-24」38.5%、「印度」34.8%、「G.D.×印度 No.19」32.2%、「プリンセス」30.0%と報告している。「恵」は単年度の結果で28.6%結実している。これらの自家結実性を示す品種の中で種子形成を伴ったのは3品種（全体の1.4%）で「新印度」、「G.D.×印度No.19」および「迎秋（Yingqiu）」である。これらの品種は自家和合性品種であることが推察される。一方、結実率が高かった「銀鈴」、「紅月」、「リ-24」は収穫前に落果して果実が得られなかった。種子を伴わずに収穫期まで結実を維持できた品種は7品種（全体の3.3%）であった。種子形成を伴わずに結実した品種は偽単為結果または単為結果と考えられ、さらに詳細な調査を行う必要がある。

第1表 無除雄、無受粉、袋かけでの各品種・系統の結実率及び一果当たり種子数

品種・系統	調査年数	結実率 (%)	1果当たり種子数	品種・系統	調査年数	結実率 (%)	1果当たり種子数
あかね	2	5.0	-	盛岡38号	2	15.0	-
甘錦	2	20.7	0	Ontario	2	74.4	0
Barry	2	14.3	-	王林	2	88.3	0
福民	2	5.0	-	プリンセス	2	30.0	0
銀鈴	2	50.0	-	国光	2	10.0	-
ゴールドen・デリシャス	2	14.3	-	リ-24	2	38.5	-
ゴール×印度 No.19	3	32.2	0.33	新印度	2	40.0	0.33
印度	3	34.8	0	東北10号	4	10.6	-
Jonadel	3	3.3	-	梅沢	2	5.0	-
金星	4	8.3	0	Winston	1	10.0	-
紅月	2	44.5	-	迎秋(Yingqiu)	3	20.0	1.33
恵	1	28.6	0	(4)-2868	1	5.3	-
Merton 789	1	10.0	-	(4)-2891	1	10.0	-

- : 収穫果数 0

山田ら（1971）は主要栽培品種13品種の自家結実性を調査し、「恵」の自家結実率（61%）が著しく高いことを報告している。石山ら（1995）も除雄をせずに袋かけのみの試験で27品種の自家結実率を調査している。それによると18品種（66.7%）が結実率10%以下としている。結実率が高かった品種を品種名・結実率・1果当たり種子数・試験年数の順で以下に示す。

「恵」59.4% 4.2個（6年）、「陽光」25.0% 1.4個（1年）、「王林」18.7% 1.3個（3年）、「夏緑」18.5% 2.0個（2年）、「印度」16.5% 2.5個（4年）、「祝」16.0% 2.3個（1年）「メロー」14.0% 1.8個（2年）、「北斗」12.7% 1.9個（2年）、「国光」12.0% 3.1個（5年）

「恵」、「国光」、「印度」、「祝」の種子数が多いことがわかる。自家結実率の調査期間に一度も0%を示さなかった品種は「恵」、「夏緑」、「印度」、「メロー」、「北斗」で、これらの品種は安定して自家結実性を示すと考えられる。これ以外の品種でも「王鈴」8.2% 1.7個（6年）、「紅月」4.0% 1.3個（2年）が毎年自家結実している。

齋藤・新関（1988）は134品種・系統で、除雄を行わず袋かけのみ行った試験を実施しており、「Cooper's Early」、「Crandall」、「Roxbury Russet」、「Raritan」、「Antonovka」の自家結実率が高いことを報告している。齋藤らはその後の研究でリンゴ品種の結実特性について詳細に検

討している。

これらの試験によって自家結実性が確認された品種に関しては、齋藤ら（1993）の調査のように自家受粉、除雄、除雌などの操作を行い、結実特性を見極める必要がある。そのことがリンゴの結実安定のための素材選定に重要と考えられる。

（3）結実様式

果樹には様々な結実様式がある。ウンシュウミカン、バナナ、パイナップルは無種子で果実が形成されるが、リンゴのほとんどの品種の結実には種子形成が必須となる。結実様式を詳細に分類すると第2表のようになる。

第2表 結実の種類と単為結果生成の差異（中川，1978）

結実	受精	受精による結実	-----	有種子							
		偽単為結果	-----	無種子							
	不受精	単為生殖による結実	-----	有種子							
		単為結果	<table border="0"> <tr> <td>自動的</td> <td>-----</td> <td>無種子</td> </tr> <tr> <td rowspan="2">他動的</td> <td>受粉の刺激</td> <td>-----</td> <td>無種子</td> </tr> <tr> <td>理化学的的刺激</td> <td>-----</td> <td>無種子</td> </tr> </table>	自動的	-----	無種子	他動的	受粉の刺激	-----	無種子	理化学的的刺激
自動的	-----	無種子									
他動的	受粉の刺激	-----	無種子								
	理化学的的刺激	-----	無種子								

① 偽単為結果

偽単為結果は受精は成立するが種子形成が見られずに結実する現象である。カキやブドウの一部の品種に認められる。リンゴでは「恵」、「Alaska」、「Gravenstein」が偽単為結果性を有すると報告されている（齋藤ら，1993）。

② 単為生殖

単為生殖は受精が成立していないにもかかわらず種子形成が起こる現象で、熱帯果樹のマンゴスチンは雄株がないにもかかわらず種子が形成される。マンゴスチンの栽培種は雌株のみであるため、育種ができず世界中同一品種で栽培適地が極度に限定されてしまう。リンゴ属植物でも *Malus hupehensis*（以下 *Malus* は *M.* と略する）は除雄無受粉処理で種子を形成することから無配合生殖（アポミクシス）性を有することが知られている（齋藤・石川，1994）。齋藤・石川は *M. hupehensis* Rehd. は三倍体で受粉によって交雑胚ができる可能性はあるが、他家受粉による交雑率は著しく低くアポミクシス性が高いと報告している。

交雑胚の形成と単為生殖が同時に起きる現象としてカンキツの珠心胚が有名である。ウンシュウミカン、オレンジ、レモン、グレープフルーツは一つの種子の中に多数の胚が形成され、この現象を多胚性とよぶ。これらの胚は一つの交雑胚を除いて他はすべて胚嚢の周囲にある珠心細胞に由来する。珠心細胞は母親の組織に由来する無性胚で遺伝子組成が母親の植物と同じため種子繁殖による台木の育成には好適である。この多胚性現象はマンゴーやカイエンナツ (*Pachira macrocarpa* Schlecht.) でも知られている。リンゴ属植物では *M. hupehensis* Rehd. が多胚性を示す（齋藤・石川，1994；小森，未発表）。

③ 自動的単為結果

自動的単為結果は受粉や薬剤の刺激なしで自動的に果実形成が誘導される現象である。ウンシュウミカン、イチジク、バナナ、パイナップルは受粉・受精を経ずに結実する。ウンシュウミカンは花粉不稔であるが多くの系統は種子形成能は維持しているため、近隣に別の種類のカンキツがある場合には種子を形成し果実の商品価値が下がってしまう。日本で栽培されるイチジクは雄花を付けない品種であり単為結果性がないと着果できない。イチジクの育種には雄花を付けるカブリ系とよばれる品種群が必要である。バナナの生食用主力品種は雌雄両器官とも不稔で三倍体で

ある。パイナップルは花粉には稔性があり、他品種と交雑すると果皮下に多数の種子を形成する。したがって雌雄両器官とも正常で単為結果性と自家不和合性を有していると考えられる。これらの樹種は果実生産面から考えた場合、結実に関しては高度に発達しており単植が可能で授粉作業も必要ない。リンゴでは「恵」、「プリンセス」、「Early Harvest」が自動的単為結果性を有すると報告されている（齋藤ら，1993）。

偽単為結果性を示す果樹は雌性器官が異常である場合が多く、自動的単為結果を示す果樹は雌性あるいは雄性器官が不完全なものが多いとされている。単為生殖性を示す *M. hupehensis* Rehd については三倍体で花粉稔性がなく完全雄性不稔（齋藤ら，1993）であることから他の果樹での知見と一致する所があるが、「恵」、「プリンセス」、「Early Harvest」等の自動的単為結果性を示す品種では雌雄両性器官の異常は認められてない。

④ 他動的単為結実

結実に受粉（受精は必要としない）や薬剤等の刺激が必要な場合を他動的単為結実とよぶ。通常、雑種ができない程度に遠縁の花粉が受粉した場合や霜害・虫害が刺激となって単為結実が誘導される場合がある。ブドウではジベレリン等の化学薬剤によって無種子果を生産し商品価値を高めている。リンゴでは「恵」、「陸奥」、「印度」、「プリンセス」が他動的単為結果性を有すると報告されている（齋藤ら，1993）。

⑤ 自家結実性品種の備えるべき特性

自家結実性品種として有名な「恵」は自家和合性の他に偽単為結果性と単為結実性をあわせ持つまれな品種であることがわかる。リンゴの結実の安定に関しては「恵」タイプの品種が望ましいが、管理作業の省力化からは自家結実性に自家摘果性を付与した品種の育成が望ましい。

（4）交雑不和合性

リンゴは通常、受粉・受精を経過して種子形成しないと結実しない。種子形成が見られた場合でも種子数が少ないと、果形が不正になったり、ジューンドロップで落果しやすくなる。これらのことからほとんどの品種では種子があることが果実肥大および養分の果実への転流を促進していると考えられる。リンゴ品種は相互に交雑が可能な場合がほとんどである。しかし、近年の日本の育種では親として選ばれる品種が限られており、主要品種の遺伝的な多様性が縮小していることが推定され、交雑不和合性を示す品種の組合せが増加している。リンゴを植栽する場合は主要品種との交雑親和性を把握しておく必要がある。

（5）近縁種との交雑親和性

リンゴ栽培種 (*M. × domestica* Borkh.) に属する品種間では交雑不和合組み合わせ以外の交雑では受精・種子形成し結実するが、栽培種と近縁なリンゴ属植物とも受精・種子形成が可能な場合がある。栽培種が属する真性リンゴ区 (*Eumalus*) のマルバカイドウ (*M. prunifolia* Borkh.) やワリンゴ (*M. asiatica* Nakai) とは相互に交雑が可能で結実も問題がない。萼片が離脱する等の形態的な相違があるズミ区 (*Sorbomalus*) の種と栽培種との交雑は、種子形成・結実が困難な場合がある。栽培品種とミツバカイドウ (*M. sieboldii* Rehd.) の両面交雑試験を行った際に片面のみほとんど結実しなかった事例があるため、授粉樹に使用する場合は種子形成能をあらかじめ十分に調査する必要がある。ズミ区よりさらに遠縁な *Chloromeles* 区、*Eriolobus* 区、*Docyniopsis* 区の種との交雑親和性には疑問があるため、栽培種との両面交雑試験を行い結実率・種子形成能を把握する必要がある。リンゴ属以外のナシ属、マルメロ属、カリン属、ボケ属等の仁果類との交雑は基本的に不可能である。少数ながらリンゴとニホンナシ、リンゴとセイヨウナシの雑種が確認されたこともあるが、リンゴの授粉樹に用いることはできない。

参考文献

- 齋藤健一ら. 1993. *Malus* 属における自家結実性の遺伝変異と環境変異. 弘大農報. 57 : 9-24.
- 山田三智穂ら. 1971. リンゴ品種相互ならびに自家授粉による結実率について. 東北農業研究. 12 : 282-285.
- 小森貞男ら. 1999. 種子数および結実率によるリンゴの交雑不和合性の判定. 果樹試報告. 33 : 97-112.

(岩手大学 小森貞男)

2) 花器官の受精能力

リンゴは雌雄両性花でしかも完全花であるが、一部に花弁と雄ずいを形成せず萼と雌ずいを二重に形成するホメオティック変異を示す品種群がある。これらの品種群も受粉によって種子形成するため雌性器官は稔性を維持していることになる。完全花の場合は雌雄両性器官とも稔性を有する場合がほとんどだが、ごく一部に雄性不稔を示す品種がある。

(1) 花粉発芽率

花粉発芽率は結実率と密接に関係しており結実を確保するための重要な要素の一つである。花粉の調整は開花前日の花から葯(やく)を取り出し、約25℃の乾燥した条件で開葯する。開花直前の花から採取した葯は半日程度で解葯して花粉が得られるが、花のステージが若くなるほど解葯までの日数が必要となり、花粉発芽率も低下する。開葯した花粉は冷蔵(約4℃)条件下で2週間以上発芽力を維持するが、日数がたつにつれて徐々に発芽力が低下する。常温での花粉の寿命は1週間程度である。花粉は乾燥条件下(シリカゲルを入れたデシケーター)や-70℃程度の超低温下で長期保存できる。

発芽率の調査はショ糖17%、寒天1%の発芽培地で置床後6時間から12時間で調査する。その際の温度は25℃程度で適度な湿度が必要である。湿度が高すぎると結露により花粉が破裂し、湿度が低いと培地が乾燥し発芽しなくなる。発芽培地は調整後すぐに使用した場合、花粉が発芽しない場合があるので、半日程度寝かせた後に使用した方がよい。貯蔵花粉はデシケータまたは冷凍庫から取り出した後、しばらく4℃で順化後花粉培地に置床することで正確な発芽率が把握できる。

花粉の発芽率は品種によって大きく異なる。一般に受粉に用いられる品種の花粉は発芽率が高く、多くの他品種と交雑親和性があることが必要である。交雑試験結果からは交雑和合性の組み合わせで花粉発芽率が20%程度あれば、結実率および1果あたり種子数に影響は認められなかった(小森, 未発表)。

(2) 花粉管伸長

均整のとれた果実を生産するためには、各心室に種子が入ることが必要である。リンゴの花柱は中程で5裂している。花粉が特定の柱頭のみ付着した場合でも花粉管が個々の心室にまで伸長し受精することは、カボチャ等の品種でも確認されている。

花粉管の伸長速度は環境条件によって大きく異なる。奥瀬(1972)は主要品種ごとに花粉発芽温度と花粉管伸長温度を調査し、発芽適温は10℃~25℃、花粉管伸長適温は15℃~25℃、花粉管伸長速度および伸長量は品種によって異なることを報告している。奥瀬は「恵」の花粉管伸長が速く、伸長量も大きいとして自家和合性との関係を示唆している。

圃場での花粉管伸長速度は気温に大きく影響される。開花期の日平均気温はおよそ10℃~20℃を推移する。品種によって伸長速度に差はあるが、羽生田ら(1985)はM.9の老化受粉による自家受粉で、受粉日前後の日平均気温が19℃で最も高い結実率が得られ、早いものでは48時間で胚珠近くに花粉管が到達することを認めている。開花期にしばしば低温に見舞われるイギリスのデータでは、外気温が10℃以下の条件では花粉管が花柱を通過するのに4~5日あるいはそれ以上の日数を要すると報告している(Stott, 1972)。花粉、雌ずいの寿命は1週間程度と考えられるため、受粉が成立していれば10℃以下の低温が長期間連続しない限り受精は確保されると推定される。

(3) 結実率

結実率は種子数とともに交雑和合性を把握するための重要な指標である。リンゴにも受精せずに結実する品種が少数ながら存在するため、結実率がそのまま受精の成立を反映するわけではないが、種子を伴わずに収穫期まで結実を維持できた品種は213品種中の7品種（全体の3.3%）、収穫期まで結実を維持できなかったものの開花後4週間目で無除雄・無受粉・袋かけで結実した品種が23品種（全体の10.8%）であったことから（小森ら, 1999）、ほとんどの品種は結実が種子形成の指標となっていることがわかる。小森ら（1999）は人工交配661交雑組合せの平均結実率は67.5%、結実率は正規分布をせず、90~100%の結実率を示す組み合わせが最も多く、次いで80~90%、僅差で70~80%と続き、60%未満は漸減したことを報告している。

(4) 種子数

リンゴ果実は5心室で1心室あたり4粒まで種子を形成する能力がある。したがって最大で1果あたり20粒の種子が入る可能性がある。しかし、15粒以上の種子が見られることはまれであり、種子形成能力の品種間差も認められる。「王林」の1果あたり種子数が多いことは経験的に知られている。

交雑和合性・不和合性を判断する最も重要な指標は1果当たり種子数である。単為生殖の場合を除いて種子数は受精が成立したことを直接示す証拠である。交雑和合組み合わせの1果当たり種子数は、交雑後4週間では10個以上であることが珍しくないが、収穫期にはそれより減少していることが多い。果実発育期間中に退化する種子が存在することが推定される。小森ら（1999）は625交雑組合せの1果あたり種子数の平均は6.58個で、ここから交雑不和合性の組み合わせを除いた場合の1果あたり種子数の平均は6.81個、この値を中心に1果あたり種子数が正規分布したことを報告している。多くの品種の花粉が柱頭に付着する可能性の高い自然交雑条件ではこの値より種子数が増えることが予想される。

(5) 交雑不和合性の判定基準

自家不和合性は雌雄両器官の機能が正常でありながら自家受粉によって種子形成が起きない状態のことである。交雑不和合性は稔性のある正常な雌雄両器官を持つ異なる品種間の組み合わせで種子形成が起きない現象である。リンゴ等の配偶体型不和合性の場合には花粉のS遺伝子型と花柱のS遺伝子型が一致した場合に花粉管の伸長が阻害され受精に至らない現象である。

小森ら（1999）は交雑試験によって交雑和合性と不和合性を識別する判定基準を設定している。判定には1果当たり種子数と結実率の二つの指標を用いることを推奨している。基準値は1果当たり種子数では1.2個以下を不和合、1.2~3.0個以下が和合と不和合の混合領域、3.0個より多い場合は和合性と判断される。結実率に関しては20%未満が不和合、20%以上30%未満が混合領域、30%以上は和合性と判断される。結実率による判断には無除雄・無受粉の対象区を設定することで単為結果性・自家結実性を把握する必要がある。1果当たり種子数と結実率による判定が異なった場合、および1果当たり種子数または結実率のいずれかが混合領域であった場合は、単年度のみまたは片面のみの交雑では判断せず、2年以上または両面交雑の結果を待って総合的に判断すべきである。

参考文献

- 羽生田忠敬ら. 1985. 数種の台木における自殖実生獲得に及ぼす老化受粉の効果. 果樹試報C. 12: 35-42.
小森貞男ら. 1999. 種子数および結実率によるリンゴの交雑不和合性の判定. 果樹試報告. 33: 97-112.
奥瀬一郎. 1972. リンゴ花粉の発芽と花粉管伸長に関する研究. 第1報. 発芽温度について. 弘大農報. 18: 114-126.

(岩手大学 小森貞男)

3) 結実に及ぼす気象の影響

(1) リンゴにおける花粉媒介と受精・結実

リンゴの主要な品種は自家不和合性であり、結実するためには雌しべの柱頭に相性の良い他品種の花粉が付着して、受精が行われる必要がある。

花粉の付着は人工授粉を除くと主に訪花昆虫の活動によるものである。また、受精がスムーズに行われるためには、花器が健全であることや花粉の発芽等の受精に適した条件が必要である。これらは、主に開花期間中の気象によって左右され、特に気温や降雨の有無による影響が大きく、晴天が続いて気温が高いと結実は良好で、反対に降雨や低温が続いた場合は結実が不良となる。

(2) 訪花昆虫に及ぼす影響

代表的な訪花昆虫であるミツバチやマメコバチは低温では活動しない。気温が14～15℃で活動が始まるが、ごくわずかである。16℃を越すと次第に活動が多くなり、18℃以上になると非常に活発になる。また、降雨の無い晴れの天気や風速10m以下の状態も訪花昆虫の活動に好ましい条件である。

したがって、開花期間中に16℃以下の低温や強風、降雨が続くと訪花昆虫の活動が停滞し、結実が悪くなる危険性が高い。

(3) 受精に及ぼす影響

花粉の発芽は4～5℃以上で始まり、花粉管の正常な伸長には10℃以上の温度が必要である。適温は24～25℃である。従って低温になるほど開薬、花粉の発芽、花粉管の伸長等を遅延させるため、結実率の低下を招きやすい。

ただし、花粉は高温、多湿に弱いため、28～30℃を超えると著しく発芽が抑制される。このため、開花中に降雨や異常高温が続くと結実が悪くなる。

(4) 花器の異常に及ぼす影響

極端な低温（0℃以下）に遭遇した場合は花器の枯死や発育異常、サビや奇形等の結実後の異常が発生し、大きな影響を受ける（第3表）。その程度は花の発育段階によって異なり、発育初期ほど寒さに強く、遅くなるほど弱い。従って、開花から落果直後までの時期が最も弱い（第4表）。

また、花器の部位別では雌ずいの耐寒性が最も弱く、次いで胚珠、雄ずいの順である。

第3表 低温遭遇時期とリンゴの被害様相（長野県果樹指導指針）

部位	生育ステージ		
	色着いた蕾	開花中	小さい幼果
花器	子房・雌ずい・雄ずいの奇形、枯死、浮き皮、花弁の褐変損傷	子房・雌ずいの枯死、浮き皮	
果実	不結実、さび果（ケロイド状、舌状、鉢巻状）、き裂、変形果	不結実、さび果、変形果	き裂、奇形果、さび果、種子の枯死（無核果、落果）
果柄	わん曲、短小		
花叢葉	奇形（ちりめん状、部分的なえ死）		

第4表 リンゴの低温に耐える限界温度^z(ヤング、1929)

品種	発育段階別限界温度(°C)						
	I ^y	II	III	IV	V	VI	VII
デリシャス	-3.9	-3.3	-2.8	-2.2	-2.2	-2.2	-1.7
紅玉	-5.0	-4.4	-3.9	-3.3	-2.8	-2.2	-1.7

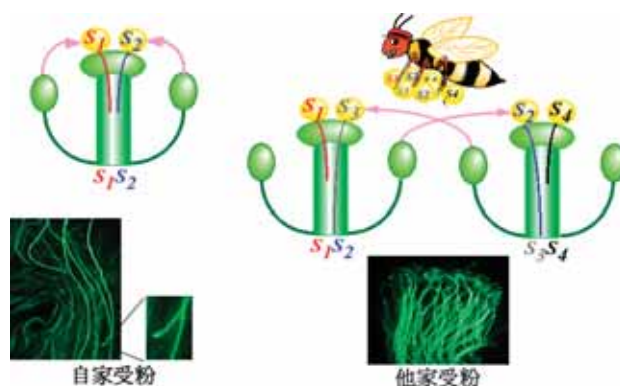
^z 恒温室内に置いて30分以内

^y I:未着色の硬い蕾が花そう内で分かれた時期、II:中心花蕾が着色した時期、III:全花蕾が着色した時期、IV:中心花だけが咲きそろった時期、V:満開期、VI:落花期、VII:落花直後の幼果期

(岩手県農業研究センター 田村博明)

4) リンゴの不和合性とS遺伝子型

リンゴのような1つの花の中に雌しべと雄しべを持つ両性花において、雌雄両性の生殖器官が形態的、機能的に正常であるにもかかわらず、自己の花粉が自己の雌しべに受粉する自家受粉をしても受精に至らない現象を自家不和合性という。自家不和合性は、S遺伝子座に座乗するS複対立遺伝子群によって制御される植物の自他認識反応であり、リンゴ (*M. × domestica* Borkh.) は同形花配偶体型自家不和合性を示す。同形花配偶体型自家不和合性では、雌しべと雄しべ(花粉)のS遺伝子の間に共通のものがあるとき不和合となる。例えば、雌しべのS遺伝子型が S_1S_2 であるとき、自身の花粉 S_1 、 S_2 はともに花粉管の伸長が阻害され自家不和合となる。これに対し、他からの花粉 S_3 は受精に至る。また、自身の花粉 S_1 および S_2 は、 S_3S_4 のような異なるS遺伝子型を有する他品種の雌しべ上では受精に到る(第1図)。つまり、「ふじ」(S_1S_9)の雌しべに「ふじ」の花粉(S_1 もしくは S_9)が受粉しても受精に至らず結実しないが、「つがる」(S_9S_7)のような遺伝的に異なる品種由来の花粉(S_3 もしくは S_7)が受粉する他家受粉では受精に至り結実する。ただし、他家受粉でも同じS遺伝子型を有する栽培種同士、例えば、「ふじ」(S_1S_9)と「アルプスおとめ」(S_1S_9)は交雑不和合となり、共通のS遺伝子が1つ存在している場合は不完全和合となる(例えば、「ふじ」(S_1S_9)に「紅玉」(S_7S_9)を交雑した場合、「紅玉」の S_7 花粉は受精に至るが、 S_9 花粉は至らない)。第5表にS遺伝子型の明らかにされた品種についてS遺伝子型別に記した。前述の「アルプスおとめ」と「ふじ」のように同じS遺伝子型を有する品種同士は互いに交雑不和合となる。



第1図 同形花配偶体型自家不和合性

農薬のドリフト(飛散)等の問題からリンゴ園が混植園から単植園に移行する中で、自家不和合性、交雑不和合性は大きな問題である。この問題を解決するためには適切な授粉樹を選抜する必要がある。授粉樹のS遺伝子型を解析したところ、「ドルゴクラブ(Dolgo Crab)」、「Hopa A」、「Hopa B」、「Jack Crab」、「Pink Perfection」、「Profusion」からは既知のS遺伝子が同定されなかった。上記以外では、既知のS遺伝子が一つ同定されたものが18品種20個体、二つ同定されたものが8品種8個体あった。国内のリンゴ栽培種には S_{26} を有するものがほとんどないことから、前述の既知のS遺伝子型が同定されなかった品種と S_{26} のみ同定された「Atrosanguiner」、「Crimson Glory」、「Eley Purple Crab」、「Indian Summer Crab」、「ナガサキズミ」、「Profusion」、「Red Splendor Crab」、「Sentinel Crab」、「Van Eseltine」、「Van Eseltine A」

第5表 リンゴ栽培種のS遺伝子型

S遺伝子型	栽培種
S_1S_2	紅国光、こうこう、成保光、国光(Ralls Janet)
$S_1S_2S_9$	福錦
S_1S_3	Adam's Pearmain、秋映、ぐんま名月、花祝、かんき、King of the Pippin、こうたろう、M. 9、ノースクイーン、君が袖(Northern Spy)、シナノゴールド、新世界、梅沢
$S_1S_3S_6$	Blenheim Orange
$S_1S_3S_9$	ハック 9
$S_1S_3S_{11}$	Jacques Lebel
$S_1S_3S_{24}$	春霞(Tetofsky)
$S_1S_3S_{28}$	Paragon
S_1S_5	Ellison's Orange、Peach leaf crab、黄魁(Yellow Transparent)
S_1S_7	甘錦、長果20、紅斜子(Cogswell)、ほおずり、いわかみ、きおう、Lobo、千秋、シナノスイート、迎秋
$S_1S_7S_9$	北斗
$S_1S_7S_{28}$	Langley Pippin
S_1S_9	秋ふ1、秋ふ4、アルプスおとめ、青ふ1、Blackjon、ふじ、かおり、昴林、美空のレッド、長良、涼夏の季節、新光、Spencer seedless、Spiteton、Spitone、たかの早生、やたか
$S_1S_9S_{10}$	滝田
$S_1S_9S_{21}$	Ribston Pippin
$S_1S_9S_{28}$	秋ふ7
S_1S_{20}	祝(American Summer Pearmain)、紅祝、 <i>Malus yunnanensis</i>
S_1S_{24}	Ingram、夏錦
S_1S_{25}	Milton
S_1S_{26}	Spy 227
S_1S_{28}	伏錦(Fujin)、こうとく、初日出(Winesap)
S_2S_3	紅はづき、Calville Blanc、長果14、ゴールデンデリシャス(Golden Delicious)、豊鈴、岩木、きざし、メロー
$S_2S_3S_9$	ジョナゴールド(Jonagold)
$S_2S_3S_{20}$	菊葉陸奥、陸奥、静香
S_2S_5	翠秋(Cuiqiu)、ガラ(Gala)、Greensleeves、Lord Lambourne、泰冠(Qin Guan)
S_2S_7	ゴールデンメロン、群22、マへ7、王林、西玉、シナノドルチェ、東光、筒治 10 号、筒治 21 号、翠玉(Yellow Newtown Pippin)
$S_2S_7S_{24}$	青り9号
S_2S_9	アキタゴールド、アンビシヤス、福民、はるか、初志賀、輝、金星、恵、Melton Beauty、乱山、レッドゴールド(Redgold)、Winston、由香里
S_2S_{10}	プリマ(Prima)、スペンサー(Spencer)
S_2S_{20}	青冠(Qing Guan)
S_2S_{24}	Sturmer Pippin、ウースターペアメイン(Worcester Pearmain)
S_2S_{25}	Shamrock、Summerland、Trajan
S_2S_{28}	青り3号、弘大1号、王鈴、勝利(Shengli)
S_3S_5	Adersleder Calville、長果19、鶏冠(Jiguan)、早生 16 号
$S_3S_5S_6$	Citron d'Hiver
S_3S_6	Oetwiler Reinette、Tomiko
S_3S_7	あかぎ、長果8、銀鈴、五所、八甲、つがる‘芳明’、錦紅(Jinhong)、紅月、恵×紅玉(いわき)、未希ライフ、プリンセス、紅魁(Red Astrachan)、Red Bow、新印度

第5表 リンゴ栽培種のS遺伝子型(続き)

S遺伝子型	栽培種
S_3S_9	あいかの香り、大狸々 (Esopus Spitzenburg)、伏紅 (Fuhong)、はつあき、飛驒、葵花 (Kuihua)、Laxton's Triumph、みちのく、夏緑、Querina、桜小丸、Sandow、さやか、スカーレット、世界一、太陽5号、高原、花嫁 (Wealthy)、陽光
S_3S_{10}	丹頂 (Carolina Red June)、長果16、Puritan、シナノピッコロ、シナノレッド、陽光×Prima、早金冠 (Zaojinguan)
S_3S_{16}	Wolf River
S_3S_{20}	メク 10
S_3S_{25}	Macoun、Patricia、Victory
S_3S_{28}	Arnold、Court Pendu Plat、光鈴、関光
S_4S_5	Melton Joy
S_4S_{24}	Noblow
$S_4S_{11}S_{20}$	Gravenstein
S_5S_7	さんさ、長紅 (Zhanghong)
S_5S_9	Captain Kidd、Cox's Orange Pippin、Kidd's Orange Red
S_5S_{16}	Melton Worcester
S_5S_{24}	Katja
S_5S_{25}	Cortland、早生旭 (Early McIntosh)、Niagara
S_5S_{28}	Laxton's Royalty
$S_6S_9S_{16}$	Bohnapfel
S_7S_9	福浦、ハメ 6、ひめかみ、紅玉 (Jonathan)、スリムレッド
S_7S_{20}	印度、北の幸、Monroe
S_7S_{24}	あかね、Crandall、Golden Russet
S_7S_{25}	青り1号、Jonamac、旭光、Mantet
S_7S_{28}	ネロ 26、レロ 11
S_9S_{10}	NY45500-3、Spartan
S_9S_{16}	Pioneer、Tydeman's Late Orange
S_9S_{20}	白竜 (White Winter Pearmain)
S_9S_{24}	Braeburn
S_9S_{25}	きたかみ
S_9S_{28}	Atwood Spur Delicious、デリシャス (Delicious)、Holly、Jonadel、こうみつ、Melrose、Miller Studyspur Delicious、瑞光 (Richard Delicious)、スターキングデリシャス (Starking Delicious)、わらび
$S_{10}S_{16}$	メイポール (Maypole)
$S_{10}S_{24}$	Summerred
$S_{10}S_{25}$	旭 (McIntosh)
$S_{10}S_{28}$	Empire
$S_{10}S_{24}$	Vista Bella
$S_{16}S_{26}$	Baskatong、Golden Hornet
$S_{20}S_{24}$	Clifton Rome、Laxton's Early Crimson、芹川 (Rome Beauty)
$S_{20}S_{28}$	Prime Gold
$S_{20}S_{30}$	<i>Malus transitoria</i>
$S_{24}S_{25}$	東北 2 号、Tydeman's Early Worcester
$S_{24}S_{28}$	Jonwin

については、国内のすべての栽培種に対する授粉樹として有用と思われる。これに対し、「Adams Crab」($S_{25}S_{26}$)、「Beverly Crab」(S_5S_{26})、「David Crab」(S_1S_{26})、「Golden Hornet」($S_{16}S_{26}$)、*M. baccata* Borkh. 「藻琴」($S_{16}S_x$)、「*M. turesii*」($S_{24}S_{26}$)、「Ormiston Roy」(S_9S_{26})、「Peach Leaf Crab」(S_1S_5)、「Redbud Crab」($S_{25}S_x$)、「Sargent Crab」($S_{24}S_x$)、「山定子」(I.D.115) (S_9S_x)、「山定子1」(I.D. 1976) (S_1S_x)、「Winter Gold」(S_1S_x)、「小黄海棠」(I.D.3079) ($S_{28}S_x$)、

「小黃海棠」(I.D.4496) ($S_{28}S_x$) については不完全和合もしくは不和合となる品種 (第5表参照) があるので注意を要する。

参考文献

Matsumoto et al. 2003 Partial genomic sequences of S_6 , S_{12} , S_{13} , S_{14} , S_{17} , S_{19} and S_{21} -RNase of apple and their allele designations. Plant Biotechnology 20 : 323-329.

Matsumoto et al. 2003. S-allele genotype of apple pollenizers, cultivars and lineage including resistant to scab. J. Hortic. Sci. Biotechnol. 78: 634-637.

Matsumoto et al. 1999. A new S-allele in apple, 'Sg', and its similarity to the 'Sf' allele from 'Fuji'. HortScience 34: 708-710.

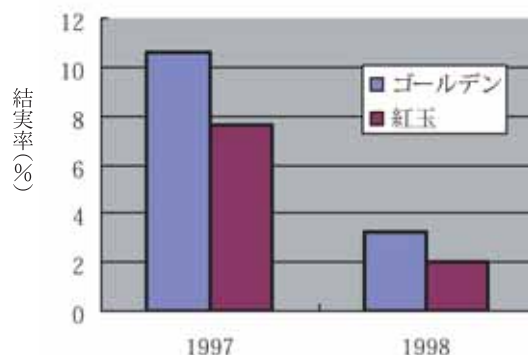
(岐阜大学 松本省吾)

5) 完全和合性と不完全和合性の違い

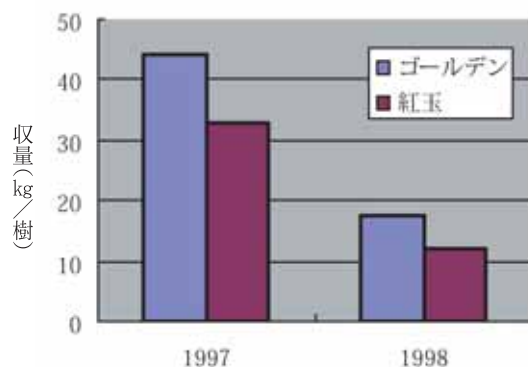
大きくて均整の取れた果形のりんごを生産するためには受粉がきちんと行われることが重要である。受粉しても結実しないことを不和合と呼ぶが、不和合性はS遺伝子 (不和合性遺伝子) によって支配されており、授粉親の2種類のS記号 (S遺伝子型) が種子親と同一の場合、結実しない。花粉のS遺伝子型がめしべと同じ場合にはめしべ内の阻害物質の働きによって花粉管の伸長が止まってしまうため、受精できない。

一方、イスラエルでは主要品種の「トURREッド・デリシャス (Topred Delicious)」(S_9S_{30}) の授粉樹として、「紅玉」(S_7S_9) や「ゴールデン・デリシャス」(S_2S_9) が利用されている。「紅玉」は「トURREッド・デリシャス」に対して同じ S_9 遺伝子を持っている。このことは理論上、「紅玉」の花粉のうち50%の花粉が「トURREッド・デリシャス」の授粉に利用できないことを意味している。一方、「ゴールデン・デリシャス」の場合には、S遺伝子が2個とも異なるので理論上100%の花粉が「トURREッド・デリシャス」の授粉に利用可能である。圃場の調査においても、完全和合性の「ゴールデン・デリシャス」は不完全和合性の「紅玉」に比べて「トURREッド・デリシャス」に対する授粉能力が高く、結実率や収量が向上することが明らかにされている (第2図、第3図)。同様に、「ふじ」を用いて交雑試験を行った結果、花粉を希釈して人工授粉を行った場合に不完全和合性との品種組合せで結実率が低下しやすい傾向が認められている (別所ら, 2004)。たとえば、「ふじ」(S_1S_9) の授粉樹として完全和合性の「つがる」(S_9S_7) と不完全和合性の「祝」(S_1S_{20}) を用いた場合には、花粉を希釈しない粗花粉の場合にはほとんど結実率に差が無いが、石松子で5倍、10倍と希釈するに従って、不完全和合性の「祝」で極端に結実率が低下する傾向が認められる (第4図)。この傾向は生理落果の多い「スターキング・デリシャス」で顕著であった。

りんごの授粉樹を選ぶ基準として今までは品種

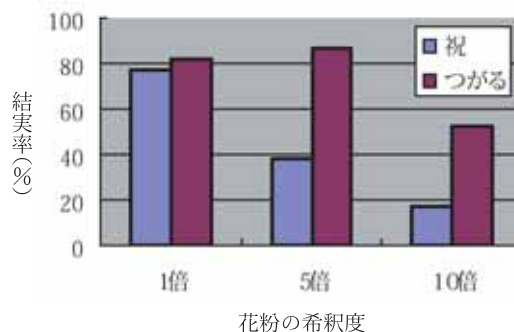


第2図 交雑和合性の程度が結実率に及ぼす影響 (Goldwayら, 1999)



第3図 交雑和合性の程度が収量に及ぼす影響 (Goldwayら, 1999)

間の交雑試験を行い、その結実率によって和合か不和合かを判断し、授粉樹として利用可能かどうか判定されてきた。経済栽培上、結実率が60%以上あると和合と判定されている。しかし、結実率は使用する花粉の発芽率や人工授粉時の天候等により左右されることが多い。最近ではS遺伝子を考慮した授粉樹の選択が行われているが、結実を確実に行うためには同一のS遺伝子を持たない完全和合性の品種を授粉樹として選択する必要がある。



第4図 ふじの結実に及ぼす交雑和合性の影響

参考文献

別所英男ら. 2004. リンゴの交雑和合性は栽培品種と授粉品種のS遺伝子の共有程度に左右される. 園学雑 73 (別1): 250.

Goldway, M. et al. 1999. 'Jonathan' apple is a lower-potency pollenizer of 'Topred' than 'Golden Delicious' due to partial S-allele incompatibility. J. Hort. Sci. Biotechnol. 74(3):381-385.

(果樹研究所 別所英男)

3. 授粉専用品種の選択

1) 品種の分類

一般のリンゴ園では栽培品種同士の混植が一般的であり、海外では「Winter Banana」などの授粉能力の高い栽培品種を授粉用に用いている事例もある。また、観賞用のクラブアップルや野生種が授粉専用品種として利用され、「Manchurian」や「Snowdrift Crab」などは代表的品種である。授粉専用品種の育種素材としては開花期が早く、開花量の多い*M. baccata* 由来の品種が多い。また、*M. pumila* var. *niedzwetzkyana* は赤花であるため、観賞用として多くの品種が育成され

第1表 授粉樹として利用可能な観賞用品種及び野生種の分類

種名	品種名
<i>M. baccata</i> 及びその実生	Manchurian Crab (マンシュウズミ)、山定子1、 <i>M. baccata</i> 79091、Jack Crab、Pink Beauty
<i>M. coronaria</i> 実生	Cranberry
<i>M. floribunda</i> 及びその実生	Hillier、Red Jade、Red Jacket、Japanese Crab
<i>M. halliana</i>	Parkman Crab、ハナカイドウ、八重ハナカイドウ
<i>M. X micromalus</i> (<i>M. spectabilis</i> X ? <i>M. baccata</i>)	ナガサキズミ、西府海棠
<i>M. pumila</i> var. <i>niedzwetzkyana</i> 実生	Makamik Crab、Geneva、Arrow、Neville Copeman、Red Splendor Crab
<i>M. sargentii</i>	<i>M. sargentii</i> 、Sargent Crab
<i>M. sieboldii</i> 実生	Golden Hornet
<i>M. X adstringens</i> (<i>M. baccata</i> X <i>M. pumila</i>)	<i>M. X adstringens</i>
<i>M. X arnoldiana</i> (<i>M. baccata</i> X <i>M. floribunda</i>)	Arnold Crab
<i>M. X atrosanguinea</i> (<i>M. halliana</i> x <i>M. sieboldii</i>)	Atrosanguiner、Carmine Crab
<i>M. X hartwigii</i> (<i>M. baccata</i> X <i>M. halliana</i>)	<i>M. X hartwigii</i>
<i>M. X moelandsii</i> (<i>M. X purpurea</i> X <i>M. sieboldii</i>)	Profusion、Liset Crab
<i>M. X purpurea</i> (<i>M. X atrosanguinea</i> X <i>M. pumila</i> var. <i>niedzwetzkyana</i>) 及びその実生	Eleyi、Aldenhamensis、Tomiko、Lemoinei
<i>M. X robusta</i> (<i>M. baccata</i> X <i>M. prunifolia</i>) 及びその実生	<i>M. robusta</i> Erecta、ドルゴクラブ、Robusta 5、Peach Leaf Crab
<i>M. X zumi</i> (<i>M. baccata</i> <i>mandshurica</i> X <i>M. sieboldii</i>)	Redbud Crab
<i>M. X arnoldiana</i> X <i>M. halliana</i>	Dorothea Crab
<i>M. X arnoldiana</i> X <i>M. spectabilis</i>	Van Eseltine
<i>M. pumila</i> var. <i>niedzwetzkyana</i> X <i>M. baccata</i> 及びその実生	Hopa Crab、Jay Darling、Radiant Crab、Sparkler、Basketong、Meach
<i>M. pumila</i> var. <i>niedzwetzkyana</i> X <i>M. coronaria</i>	Redflesh
<i>M. sieboldii</i> x <i>M. halliana</i>	Gorgeous
<i>M. X domestica</i> 'Wijcik' x Basketong (Simcoe)	メイポール
(<i>M. baccata</i> X <i>M. pumila</i> var. <i>niedzwetzkyana</i>) X Meach	
<i>M. X domestica</i> 'Wolf River' X <i>M. pumila</i> var. <i>niedzwetzkyana</i>	Redfield
不明	Adams Crab、Snowdrift Crab、Chestnut、Indian Summer Crab、Donald Wyman Crab、David Crab、Sentinel Crab、 <i>M. turesi</i> 、小黄海棠

ているが、開花期が栽培品種とほぼ同時期であり、授粉用に適するものが多い。その他、*M. floribunda*、*M. halliana*、*M. × micromalus*、*M. × purpurea*、*M. × robusta*、*M. × zumi* などから授粉用に利用可能な品種が育成されている。なお、観賞用品種には来歴が不明の品種も多い。

参考文献

Fiala J.L. 1994. Flowering Crabapples. The Genus *Malus*. Timber Press. Portland, Oregon, USA.
(果樹研究所 別所英男)

2) 授粉樹として備える条件

授粉樹に適しているのは、交雑和合性のある二倍体品種であり、受粉後にたくさんの種子ができることが重要である。二倍体品種でもS遺伝子型が全く異なる完全和合性品種が授粉樹として適している。一方、「ジョナゴールド」、「北斗」などの三倍体品種は花粉が不稔になりやすく、授粉樹として使用できない。

また、経済品種と開花期が一致し、花数が豊富で十分な花粉量があることも重要である。2001年におけるリンゴ品種と遺伝資源の開花期を見ると、開花の早い「Nepal Apple Col. No.85-134」と開花の遅い「スターキング・デリシャス」では開花初めに9日の違いがあった(第2表)。開花時期があまりに異なる品種間ではお互いに授粉樹として使用が困難であり、経済品種より開花の遅い品種も授粉に適さない。また、頂芽花と腋芽花の開花期については、「Sentinel Crab」のように両者の開花期がほぼ重なるのに対して、「メイポール (Maypole)」などでは腋芽花が遅れて咲きやすいため、腋芽花も含めた開花パターンに注意する必要がある。一般には頂芽中心花の受粉を確実にを行うために開花期が同等かやや早い品種を授粉樹として用いることが多い。しかし、開花期はその年の天候や樹の栄養状態などの影響を受けやすく、授粉樹と経済品種の開花がずれることがある。したがって、授粉を確実にを行うためには、開花の早い授粉品種とやや遅いものを組み合わせて植えればこの点を解消することが可能と考えられる。

花粉量については、樹冠容積当たりの花そう数(枝数、枝長当たりの花そう数)、花そう当た

第2表 リンゴ遺伝資源及び栽培品種の開花生態(2001年)

品種名	頂芽				腋芽			
	中心花 初め	中心花 満開	側花初 め	側花満 開	中心花 初め	中心花 満開	側花初 め	側花満 開
Nepal Apple Col. No. 85-134	4/29	5/3	5/1	5/6	5/1	5/5	5/3	5/10
CG.80	4/30	5/1	5/1	5/6	5/5	5/9	5/8	5/15
Sentinel Crab	5/1	5/5	5/3	5/8	5/4	5/6	5/5	5/9
Jack Crab	5/1	5/6	5/3	5/8	5/5	5/7	5/6	5/9
メイポール	5/2	5/5	5/4	5/8	5/5	5/8	5/8	5/12
王林	5/2	5/5	5/5	5/10	5/8	5/12	5/10	5/14
Mandschurica-1	5/2	5/6	5/4	5/7	5/4	5/8	5/6	5/9
Golden Hornet	5/5	5/8	5/6	5/12	5/8	5/13	5/9	5/14
つがる	5/5	5/8	5/7	5/13	5/8	5/14	5/14	5/16
David Crab	5/5	5/9	5/6	5/12	5/9	5/11	5/11	5/13
Japanese Crab	5/5	5/9	5/9	5/12	5/9	5/10	5/10	5/15
<i>M. turesii</i>	5/6	5/7	5/6	5/9	5/6	5/8	5/8	5/10
Gorgeous	5/6	5/8	5/8	5/11	5/9	5/13	5/13	5/15
Pink Perfection	5/6	5/8	5/7	5/9	5/9	5/13	5/10	5/14
Redbud Crab	5/6	5/8	5/6	5/11	5/8	5/10	5/9	5/13
Adams Crab	5/6	5/9	5/8	5/11	5/8	5/11	5/11	5/12
Atrosanguiner	5/6	5/9	5/8	5/12	5/8	5/11	5/10	5/15
ふじ	5/6	5/9	5/8	5/12	5/12	5/14	5/14	5/15
<i>M. robusta</i> var. <i>electa</i>	5/7	5/9	5/9	5/10	5/7	5/9	5/9	5/11
スターキング・デリシャス	5/7	5/12	5/10	5/14	5/8	5/16	5/14	5/17

りの花数・葯数、1葯当たりの花粉粒数、花粉の発芽率などによって決定される。腋芽花を授粉に用いる場合は、腋芽花の花粉量が多いことが重要となる。また、隔年結果性の強い品種は授粉樹として適さない。裏年にはほとんど花が着かず授粉樹としての役割を果たさないからである。栽培品種同士を混植する場合には授粉樹の収益性が高い点にも考慮する必要がある。

また、樹姿がコンパクトで直立性を示す品種は、スペースを取らず効率的に栽植することができ、栽培管理も容易である。一方、晩霜害を受けやすい地帯では、授粉品種の花器官の耐凍性も重要な形質となる。
(果樹研究所 別所英男)

3) 有望な授粉専用品種の特性

果樹研究所リンゴ研究拠点で保存しているリンゴ遺伝資源約200品種について、数年間にわたり開花期、開花量、花色、樹姿、「ふじ」との交雑和合性について調査を行った(第3表)。

「ふじ」の頂芽中心花と授粉専用品種の腋芽花が合う品種としては、「*M. baccata* 79091」、「ナガサキズミ」、「山定子1」の3品種があったが、「*M. baccata* 79091」は腋芽花の着生が多く、授粉樹として適していると考えられた。「ふじ」の頂芽花と授粉専用品種の頂芽花及び腋芽花が合う品種としては、「小黃海棠」、「Peach Leaf Crab」、「Red Splendor Crab」、「Jack Crab」、「Sentinel Crab」、「Makamik Crab」であるが、「小黃海棠」、「Peach Leaf Crab」、「Red Splendor Crab」、「Jack Crab」は隔年着花性が問題である。「Setinel Crab」は腋芽花の着生も多く、「ふじ」の授粉樹として適している。「ふじ」の頂芽花に対して授粉専用品種の頂芽花が合う品種としては、「*M. turesii*」、「Atrosanguiner」、「Redbud Crab」、「Snowdrift Crab」であり、いずれも開花量は十分である。「Redbud Crab」、「Snowdrift Crab」については、開花始めが「ふじ」と比べて2日程度遅く、この点が授粉効率にどのように影響するか明らかにする必要がある。13品種の「ふじ」との交雑和合性については結実率がいずれも80%以上と高かったが、「Makamik Crab」及び「Peach Leaf Crab」は「ふじ」と不完全和合である。

第3表 リンゴ遺伝資源における「ふじ」の授粉樹としての特性

品種名	花色	開花の同調性		ふじとの 親和性	開花量		隔年着 花性	有望度	
		頂芽	腋芽		頂芽花	腋芽花		頂芽	腋芽
<i>M. baccata</i> 79091	白	×	◎	○	○	○	○	×	◎
ナガサキズミ	白	×	◎	○	△	△	○	×	△
Makamik crab	赤	◎	○	○	◎	○	◎	◎	○
Red splendor crab	赤	○	◎	○	○	△	△	△	△
山定子1	白	○	◎	○	△	△	△	△	△
小黃海棠	白	△	○	○	△	×	△	△	×
Atrosanguiner	白	○	△	○	○	○	○	○	△
Jack crab	白	◎	○	○	△	△	×	△	△
Peachleaf crab	白	◎	○	○	△	△	×	△	△
<i>M. turesii</i>	白	○	△	○	○	△	△	○	△
Sentinel crab	白～桃	◎	○	○	◎	○	◎	◎	○
Redbud crab	白	○	×	○	○	○	○	○	×
Snowdrift crab	白	○	×	○	○	○	○	○	×

これらの結果から、「ふじ」より開花期が早く、腋芽花が利用できる品種として「*M. baccata* 79091」を選抜し、「ふじ」と開花期が近く頂芽花及び腋芽花が利用できる品種として「Sentinel Crab」を選抜した。

参考文献

別所英男ら. 2006. リンゴ‘ふじ’の単植化に適する授粉専用品種の選抜. 園学雑75(別2):130.

(果樹研究所 別所英男)

4. 訪花昆虫の行動と授粉樹の混植密度

1) マメコバチの訪花行動と花粉の伝搬距離

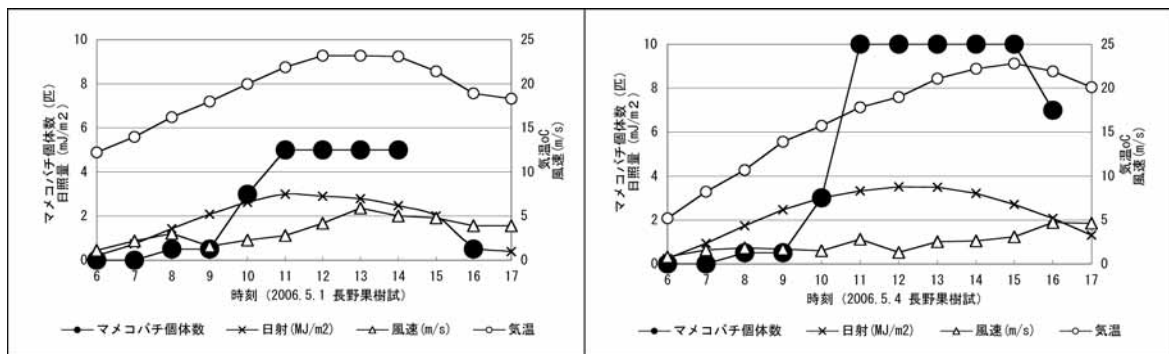
(1) はじめに

マメコバチ (*Osmia cornifrons* Radoszkowski) は、年に一回、春期に成虫が出現する1化性の昆虫である。リンゴ発芽から数日後にまず雄が巣筒より脱出し、次いで雌が出現する。雌は、雄と交尾後に巣筒選択を行い、その後営巣活動に入る。営巣活動では、まず訪花して腹部の花粉集積毛に花粉を付着させることにより花粉を集め、帰巣して巣筒の奥に足で腹部に付着した花粉をかきおとす。その後、再び訪花して花粉を採集し、帰巣して今度はまず頭から巣筒に入り吸蜜した花蜜をすでにある花粉と練り合わせ固める。次いで入り口まで戻り、体を反転させて尾部より巣筒に入り（7mm以上の口径の太い巣筒では巣筒内で反転することもある）、花粉を足で払い落とす。この花粉採集と花粉練り合わせを少なくとも10回以上繰り返した後に産卵する。産卵後は、土を運び仕切り壁を作製して第1室を完成し、同様の行動を繰り返すことにより第2室以降を完成する。最後に土壁により入り口栓を作製して一本の巣筒を完成する。1巣の部屋数は15cm程度の巣筒で10前後である。

ここでは、マメコバチの訪花行動について以下の項目別に記した。

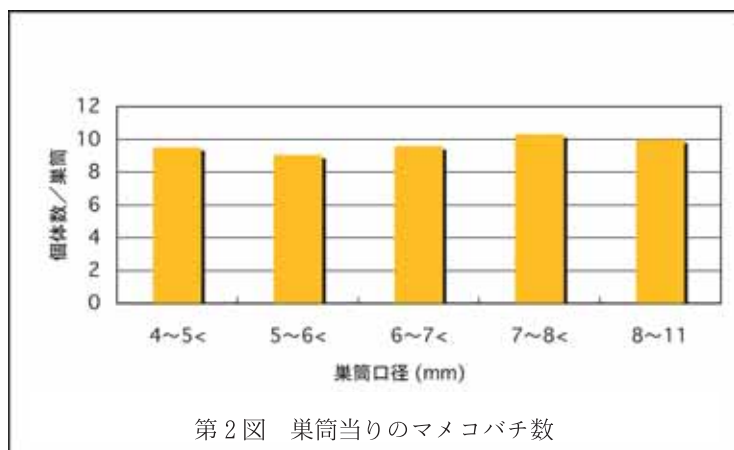
(2) マメコバチの飛行状況と巣筒における雄雌の性比

巣筒前にて毎時毎飛行しているマメコバチ数を調査したところ、マメコバチはミツバチと異なり9時以降から夕方までよく活動していた（第1図）。早朝は日射量が十分ありかつ気温が高くとも活動は鈍いが（第1図）、日中は多少の風や曇りでも活動は活発であった。

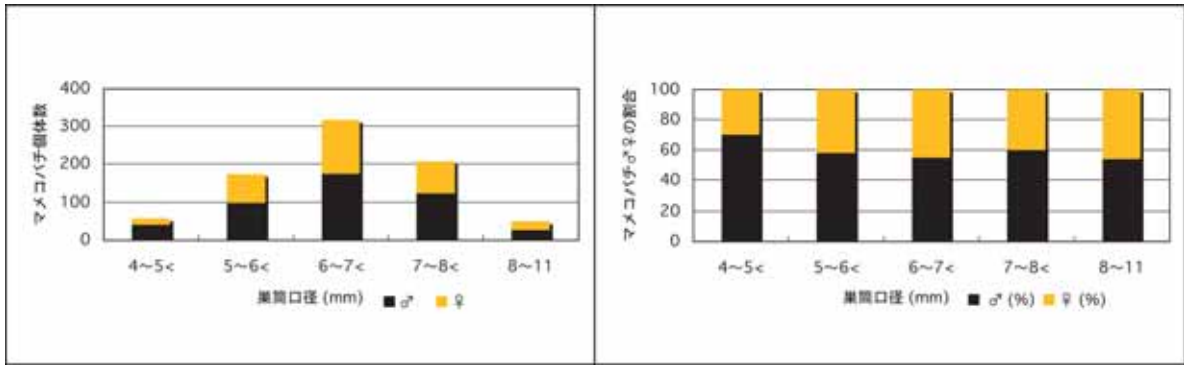


第1図 巣筒前におけるマメコバチの飛行状況

巣筒（801本）当りのマメコバチ個体数を口径別に調べたところ、巣筒当りの平均産卵数は9.5～10.3であり学生t検定の結果、口径間で有意差は見られなかった（第2図）。また、巣筒の口径毎に雌雄の比率を調べたところ、口径8～11mmと6～7mmでは性比50%の帰無仮説がP値0.05以下の χ^2 検定で否定されなかったが、これら以外は全ていずれもP値が0.05以下であり雌の比率が有意に低いことが判明した。特に、口径4～5mm未満が最も雄に偏っていることが判明した（第3図）。性比が雄に偏る傾向のある点と、細い葦筒に雄卵が多い点は関田ら（1996）の見解と一致していた。



第2図 巣筒当りのマメコバチ数



第3図 マメコバチの雌雄の性比

(3) マメコバチのリンゴ開花前の訪花行動

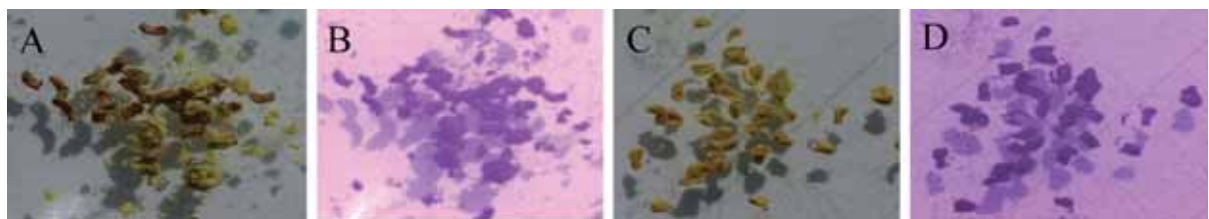
オオイヌノフグリ (*Veronica persica* Poir)、タンポポ (*Taraxacum officinale* Weber)、カラスノエンドウ (*Vicia angustifolia* L.)、ホトケノザ (*Lamium amplexicaule* L.)、ハコベ (*Stellaria media* Villars) 等に加え、セイヨウナシ (*Pyrus communis* L.) やオウトウ (*Prunus avium*) によく訪花していた。これらに加え、実験的には、アブラナ (*Brassica napus* L.)、ハクサイ (*Brassica campestris* var. *amplexicaulis*)、コマツナ (*Brassica campestris* var. *perviridis*) 等のアブラナ科植物への寄り付きがよかったことから (第4図)、これらの植物は果樹園にマメコバチを引き止めておく植物として有用であると思われた。



第4図 マメコバチのアブラナ科植物への訪花、交尾

(4) マメコバチのリンゴ花の認識

ミツバチ等には1つの個眼に紫外線、青、緑の3種類の色受容細胞があり、ヒトの眼の網膜にある青、緑、赤の3色を感じる視物質と異なっている。一般に花芯の部分や花弁の基部は紫外線の吸収が高く、蜜の在処を示していると言われている。リンゴの白花、赤花系品種についてデジ



第5図 リンゴ「メイポール」(A, B)、「ドルゴクラブ」(C, D)、花粉の紫外線写真 (B, D)

タルカメラに紫外線フィルターを装着して花の紫外線写真を撮影したところ、赤花、白花間で花弁の紫外線吸収度に差が見られたが、両者とも花弁の基部が周縁部よりも吸収度が高いことはなかった。また、両者とも、花弁よりも葯、葯よりも花粉の紫外線吸収度が高いことが判明した (第5図)。ミツバチは、リンゴ赤花系品種への訪花を避ける傾向があるが (4.2ミツバチの訪花行動と花粉の伝播距離参照)、ミツバチの吸蜜と花粉採集行動は紫外線に基づく認識行動ではないのかもしれない。

単植園で利用が検討されている授粉樹の中には、「メイポール」、「Makamik Crab」等の赤花品種があることから、マメコバチの赤花、白花の選考性について調べた。まず、約10m離れた「メイポール」、「ふじ」両樹におけるマメコバチの訪花行動を調べたところ、「メイポール」は「ふじ」より開花が早いため、当初は「メイポール」によく訪花し、「ふじ」が開花するにつれて「ふじ」にも訪花する行動パターンが観察された(第1表、第2表)。また、「メイポール」と「ふじ」の隣接樹での観察では、「メイポール」のみ、「ふじ」のみを訪花した個体が、「メイポール」と「ふじ」を行き来した個体よりも有意に高いことが明らかとなった(第3表、第4表)。カラムナータイプの「メイポール」では枝の周りをらせん状に上下しながら訪花する行動パターンが多く見られた。一方、白花が赤花より若干開花が早い「プリマ (Prima)」(白花)と「ピンクパール (Pink Pearl)」(赤花)の隣接樹で同様の調査をしたところ、やや白花である「プリマ」に寄り付きやすい傾向が見られた(第5表)。この場合も「プリマ」と「ピンクパール」を行き来する個体は有意に少なかった(第5表)。以上のことから、マメコバチはミツバチのように赤花にほとんど訪花しないことはなく、白花よりはやや劣るものの十分赤花へも訪花することが明らかとなった。ただし1回の訪花行動中に赤花、白花間を行き来することは比較的少ないと考えられた。

マメコバチはミツバチと異なり赤花へも訪花することから、リング除花弁花、除雄(葯)花、除雄(葯)除花弁花を作製して、マメコバチの訪花行動と結実率調査を行った。その結果、雌の除花弁花への訪花は減

第1表 「メイポール」、「ふじ」観察樹花へのマメコバチ訪花個体数(2005)

品種名	のべ訪花個体数(30分間)	
	メイポール満開 ふじ開花日	メイポール満開 ふじ中心花満開、 側花5割開花 (計157花)
メイポール	202	0
ふじ	2	23

第2表 「メイポール」、「ふじ」観察樹花へのマメコバチ訪花個体数(2006)

品種名	のべ訪花個体数(20分間)		
	メイポールほぼ満 開ふじ開花日 (30分間)	メイポール満開 ふじ中心花 5割開花 (73花)	メイポール満開 ふじ中心花満開、 側花5割開花 (計199花)
メイポール	98	138	161
ふじ	0	80	113

第3表 「メイポール」、「ふじ」隣接樹におけるマメコバチの訪花行動(2005)

品種名	メイポール満開 ふじ中心花開花	メイポール満開 ふじ中心花満開 (155花)
メイポールのみ	7	7
ふじのみ	7	5
メイポール→ふじ	3	2
ふじ→メイポール	0	2
メイポール↔ふじ	1	0

第4表 「メイポール」、「ふじ」隣接樹におけるマメコバチ訪花行動(2006)

品種名	メイポール満開 ふじ中心花開花 (10分間)	メイポール満開 ふじ中心花5割 (73花) (35分間)	メイポール満開 ふじ中心花満開 (163花) (30分間)
メイポールのみ	21	24	10
ふじのみ	3	22	17
メイポール→ふじ	6	3	1
ふじ→メイポール	0	0	0
メイポール↔ふじ	0	2	0

第5表 「ピンクパール」(赤)、「プリマ」(白)隣接樹におけるマメコバチ訪花行動

品種名	ピンクパール中心花 5割開花(61花) プリマ中心花ほぼ満開 (61花)(80分間)	ピンクパール中心花 ほぼ満開(150花) プリマ中心花満開 (198花)(32分間)
ピンクパールのみ	15	8
プリマのみ	23	13
ピンクパール→プリマ	4	4
プリマ→ピンクパール	6	1
ピンクパール↔プリマ	2	1

るものの見られたのに対し、除雄（葯）花へはほとんど訪花せず、除雄（葯）除花弁花には全く訪花しなかった（未発表データ）。結実率を調べたところ、除雄（葯）と除雄（葯）除花弁花で大きく結実率が低下していた（第6表）。マメコバチ雌はミツバチと異なり、赤を感じる視物質を持っているのかもしれない。あるいは、ミツバチと異なり訪花行動が吸蜜よりも花粉採集主体なため、花弁（色）よりも雄ずい（おそらく開葯花粉）を最終的な指標として訪花行動を行っているのかもしれない。

第6表 「ドルゴクラブ」の正常花と各処理区の花の結実率

処理	花数	結実果数	結実率 (%)	種子数/果実
無処理	16	6	37.5	3.2
除花弁	15	5	33.3	4.8
除雄(葯)	13	2	15.4	5.5
除雄(葯)+除花弁	15	1	6.7	1

第7表 マメコバチの色の選考性

調査項目	白	黒	青	緑	黄	茶	赤	無色
筒数*	36	36	36	36	36	36	36	36
営巣筒数	15	29	18	26	10	17	22	20
営巣率 (%)	41.7	80.6	50	72.2	27.8	47.2	61.1	55.6
平均産卵数	4.8	5.7	4.7	5.3	5.6	5.5	6.3	5.1

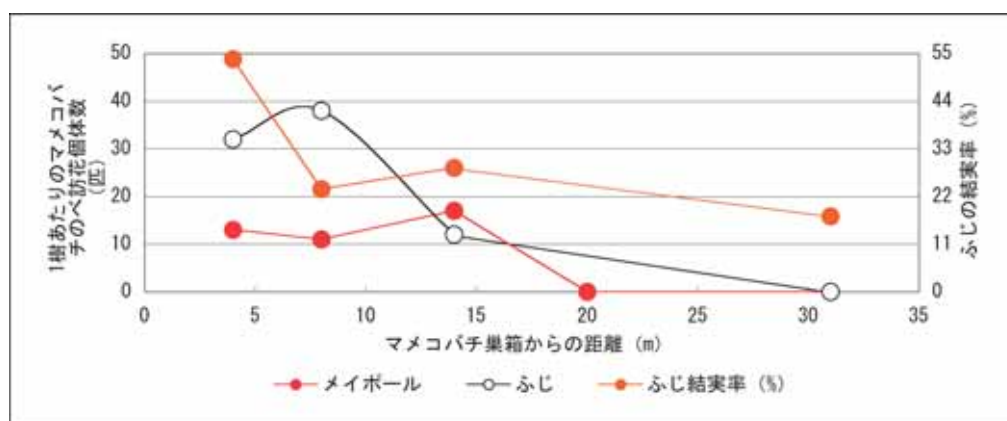
*口径5,6,7mmをそれぞれ12本

(5) マメコバチの色の選考性

口径5、6、7mmの白、黒、青、緑、黄、茶、赤、無色のアクリル筒を用いて雌に営巣活動を行わせ、巣筒選択のために入り込んだ個体数と実際に営巣した営巣率と産卵数から色の選考性を調査した。その結果、営巣活動においては黒色の営巣率が80.6%と最も高く、黄色が27.8%と最も低かった（第7表）。また、巣筒当りの平均産卵数については色による大きな差は見られなかった。

(6) マメコバチの単植園における訪花行動

岐阜大学に「メイポール」と「ふじ」のモデル単植園を設計し、マメコバチの訪花行動観察とふじの結実率調査を行ったところ、巣箱から8m以上離れるとマメコバチ訪花行動の低下と共に結実率の下がる傾向にあることが判明した（第6図）。また、長野県果樹試験場の「メイポール」



第6図 「メイポール」満開3日目「ふじ」満開時のマメコバチのそれぞれの樹上へののべ訪花個体数（10分前）と「ふじ」結実率

と「ふじ」、「ドルゴクラブ」と「ふじ」単植園にて「メイポール」、「ドルゴクラブ」を花粉親とする結実果実の割合をS遺伝子とSSRマーカー解析により進めているが、現在までのところ、授粉樹から8m離れると授粉樹による結実果の割合が下がる傾向にあった。これらの点については現在詳しく検討中である。

参考文献

松本省吾. 2005. 花の紫外線写真の教材化. 岐阜大学教育学部研究報告 (自然科学) 29:1-6.

関田徳雄, 渡辺智雄, 山田雅輝. 1996. 自然生息地におけるマメコバチ個体群の生態特性. 青森りんご試報 29:18-36.

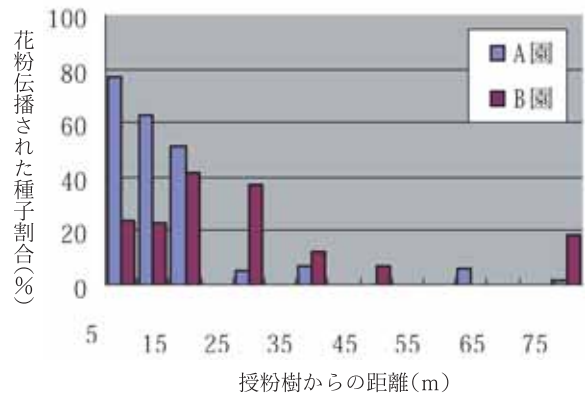
(岐阜大学 松本省吾)

2) ミツバチの訪花行動と花粉の伝搬距離

(1) ミツバチが花粉を伝搬する距離

ミツバチの行動半径は2～3キロにもおよぶとされ、通常は1 haあたり2～4群のミツバチが設置される。アメリカでは4～6群を137mおきに設置し、より大きな果樹園では8～16群を183～275mおきに設置するよう指導されている。

ミツバチが花粉を運ぶ距離については、赤葉の実生や遺伝子マーカーなどを指標として調査が行われている。カナダのわい化栽培園で調査された例では、最長80m程度まで花粉が運ばれていたが、授粉樹からの距離が15m以内では確実に受粉が行われていた (第7図)。園地によって花粉伝搬の傾向は異なっていたが、植栽品種の違いが影響していると考えられた。B園ではかなり遠くまで花粉が運ばれていたが、その列には授粉樹と開花期が一致し、しかも開花量の多い品種が植えられていたことから、距離は遠くてもミツバチの訪花行動を高めたものと考えられる。



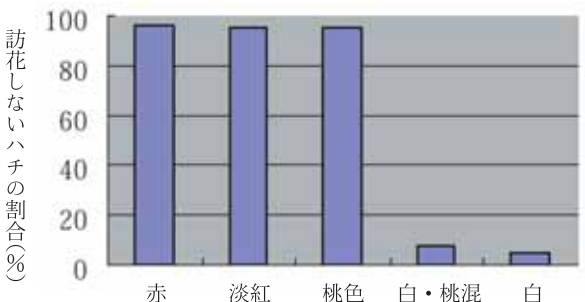
第7図 わい化栽培における花粉伝播の距離 (Kronら, 2001)

(2) わい化栽培とミツバチの訪花行動

密植並木植え栽培において、ミツバチがどのような訪花行動を取るのか興味を持たれるが、それによって授粉樹の配置方法が変わってくる。今までの研究によって、大部分のミツバチは樹列を横切るよりはむしろ樹列に沿って飛ぶほうが活動しやすい傾向があって、一回の訪花行動で2本か3本の隣り合った樹だけで働くこともあるとされている。このミツバチの習性から授粉樹を植える場合には、列単位で授粉樹を混植するよりも、列の途中に授粉樹を一定間隔で混植した方が受粉効率が高まると考えられる。一方、最近の花粉伝搬に関する研究から、列を横切って62mまで花粉が運ばれたのに対して、列に沿っては14mしか運ばれなかったとする従来の常識を覆す報告も行われており、今後、わが国の条件でミツバチの行動に関する研究も必要と考えられる。

(3) 花の色とミツバチの行動

ミツバチは人間が見ることのできない紫外線を色として感じる能力があるとされる。花の中には紫外線を吸収する部分と反射する部分があり、花粉や蜜がある中心部分は紫外線の吸収が高くハチの目からは異なった色に見える。その部分は蜜のありかを示すことから蜜標とも呼ばれる。このため、ミツバチは開花していないつぼみへは引き寄せられない。



第8図 白花の栽培品種園における授粉品種の花色がミツバチの訪花行動におよぼす影響 (Mayerら, 1989)

授粉用のクラブアップル (観賞用花リンゴ) 34品種と栽培リンゴ5品種について、花の特性とミツバチの訪花行動に関する調査が行われた。

ミツバチは、花の色に対して執着性があり、白花である「デリシャス」の栽培園において白花系の授粉用品種との間でミツバチは問題なく両者を行き来し、訪花行動に影響が見られなかったのに対して、赤花系品種では明らかに訪花を避ける傾向が認められた（第8図）。一方、訪花行動と品種による花の蜜の多少には関係が認められなかった。違う色の花への訪花を避ける行動と花色の反射率との関係について調査したところ、可視光線の青色（436nm）及び紫外線の反射率と訪花行動との間に有意な関係が認められたが、可視光線の青色とより密接な関係が認められた。ミツバチは、花の蜜や花粉を集めるために、それらの色、形、香りによって花を認識する。ミツバチはその時期にたくさん咲いている樹に集まりやすい傾向もあり、白花から赤花に全く移動しないということではないが、花の色を覚える性質があるため、ふじのような白花品種の授粉樹には白花の品種を用いた方が良い。

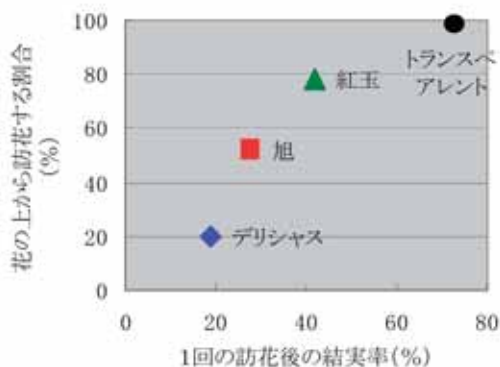
（4）花の形態と授粉の効率性

ミツバチの中で働き蜂にはそれぞれの役割があり、巣の外での主要な仕事は花の蜜と花粉を集めることである。花粉を集めるハチの割合は品種や開花段階によっても異なるが、20～50%程度である。花粉を集めるハチはたいてい受粉に関与するが、蜜を集めるハチには大きく分けて花の上から蜜を吸う「Topworker(トップワーカー)」と呼ばれるハチと花の横から蜜をかすめ取る「Sideworker(サイドワーカー)」と呼ばれるハチがある。花の上から蜜を吸うハチは脚を雄しべに着けて雌しべの柱頭に触れて蜜を吸うので受粉に役立つ。一方、花の横から蜜を吸うハチは後胸の脚を花びらに着けて雌しべには触れずに花の蜜を吸うので受粉には役立たない（第9図）。横から蜜を吸い取るのはミツバチにとっては効率的であるが、これらの受粉に役立たないハチの割合が高くなると結実にも影響してくる。

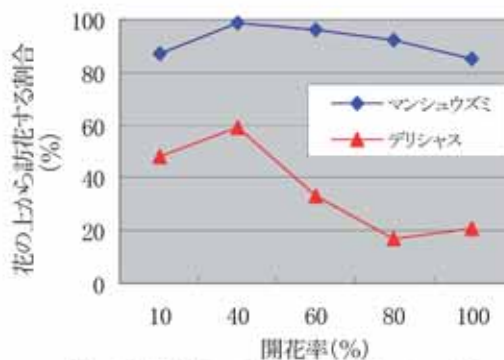


第9図 花の横から蜜を吸うミツバチ

ミツバチの吸蜜行動とリンゴ品種の花の形態には密接な関係がある。すなわち、「デリシャス」のように平らな広がった花弁とまっすぐに伸びて隙間の広い雄ずいを持った品種では横から蜜を吸い取るハチの割合が高い。一方、「ホウイットニー (Whitney)」のように茶碗を伏せた花弁をしていたり、「トランスペアレント (Transparent)」のようにしだれた雄ずいを有するものは花の上から薬と柱頭を上下して蜜を集めるハチの割合が高く、受粉には好都合である。たとえば、「デリシャス」では花の上から蜜を吸うハチの割合と訪花後の結実率はいずれも20%程度と低かったが、「トランスペアレント」では花の上から蜜を吸うハチの割合は100%近く、結実率も70%以上であった（第10図）。



第10図 ミツバチの訪花行動と結実率 (Roberts, 1945)



第11図 開花期における授粉に役立つミツバチの割合の変化 (Mayer and Lunden, 1988)

一方、花の形態が開花期間中のミツバチの吸蜜・授粉行動に及ぼす影響について、「マンシュウズミ (Manchurian Crab)」と「デリシャス」の比較が行われた。「マンシュウズミ」では開花期間を通じて上から蜜を吸うハチの割合が80%以上と高かったのに対して、「デリシャス」では開花が進むにつれて花の上から蜜を収集するミツバチの数は減り、満開期では20%程度と低かった (第11図)。ミツバチは開花期間中に花の横から蜜を集める方法を学習した可能性がある。

これらのことから、「トランスペアレント」や「マンシュウズミ」のようなミツバチに花の上から蜜を吸い取らせる形を持つ品種を授粉樹として利用することが、受粉効率を高める上で重要と考えられる。

参考文献

Kron, P. et al. 2001. Factors affecting pollen dispersal in high-density apple orchards. HortScience 36(6) : 1039-1046.

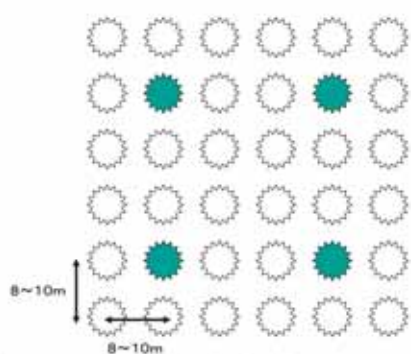
Mayer, D. F. and J. D. Lunden. 1988. Foraging behavior of honey bees on Manchurian Crab apple and Red Delicious apple. J. Entomol Soc. Brit. Columbia 85 (1988) : 67-71.

Roberts, R.H. 1945. Blossom structure and setting of Delicious and other apple varieties. Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. 46 : 87-90.

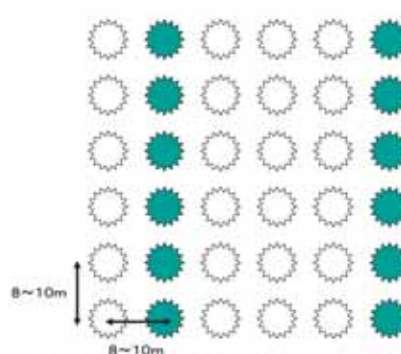
(果樹研究所 別所英男)

3) 授粉樹の混植密度と栽植方法

リンゴは自家不和合性の高い植物であるため、結実には和合性のある花粉が必要である。訪花昆虫を利用する場合、そのような花粉を有する品種を混植して、相互に結実安定を図るのが一般的な方法である。経済品種を混植する場合、マルバカイドウ台木樹の普通栽培では9分の1混植法 (第12図) や列状混植法 (第13図) が、わい性台木樹の密植栽培では列状混植法 (第14図) が一般的である。このとき、異なる品種間の栽植距離は最大で20m程度で、品種間の比率は9分の1混植法では9 : 1、列状混植法では3 ~ 4 : 1である。



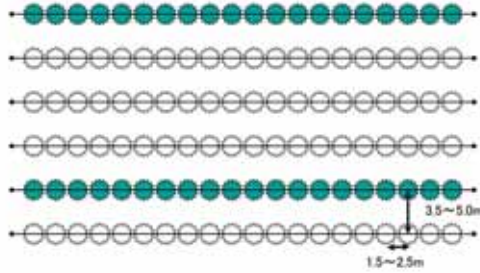
第12図 マルバカイドウ台木樹普通栽培園地における9分の1混植法
注)異なるシンボルは異なる品種を意味する。



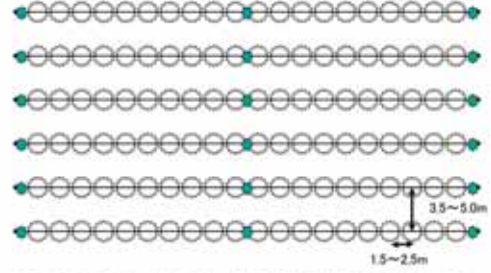
第13図 マルバカイドウ台木樹普通栽培園地における列状混植法
注)異なるシンボルは異なる品種を意味する。

クラブアップルを授粉専用品種として密植栽培の園地で利用する場合、経済品種の栽植本数を最大限に増やすことを目的にしている。そのため、欧米の事例では栽植位置は経済品種の樹間に配置し、各樹列内で8~10樹おき、15m程度の距離に栽植している (第15図)。この場合、単純計算では混植の比率は8~10 : 1となる。栽植されたクラブアップルは開花期間後の整枝剪定などにより柱状のコンパクトな樹形とし、経済品種の邪魔にならないようにしている。欧米ではミツバチを花粉媒介昆虫として、1 ha当たり5~7群程度導入している。国内においてもミツバチを利用する場合は同様の方法で良いと考えられる。

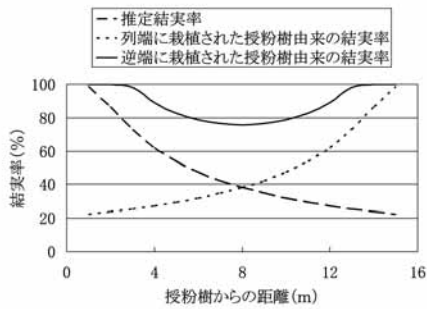
マメコバチやツツハナバチを密植栽培園で利用する場合も、欧米の事例と同様に樹列内に15m



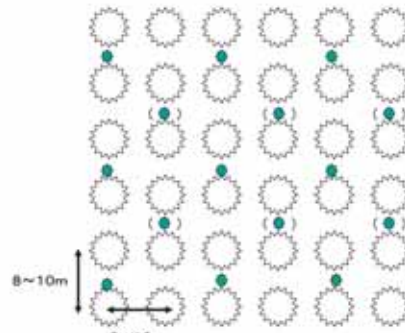
第14図 わい性台木樹の密植栽培園における列状混植法
注)異なるシンボルは異なる品種を意味する。



第15図 欧米におけるわい性台木樹密植栽培園における授粉専用品種の混植法
注) ○は経済品種、●はクラブアップルの授粉専用品種



第16図 マメコバチを導入した密植栽培園における結実率のモデル
(長野果樹試、2005、未発表)
注)授粉樹を16m間隔で配置した場合のモデル



第17図 マルバカイドウ台木樹普通栽培園地における授粉専用品種の混植法(案)
注) ○は経済品種、●はクラブアップルの授粉専用品種、()内は千個

程度の距離で栽植するのが良いと考えられる。これまでに得られた知見では、マメコバチによる花粉伝播の様相は、最大伝播距離は50m程度であること、花粉の伝播量は花粉源からの距離が離れるにしたがい低下すること、花粉伝播量は花粉源からの距離が15m以上ではかなり少量であること(小松ら、2007)は、ミツバチによる花粉伝播の様相(Kron et al., 2001, Werthheim, 1991)と似ている点が多い。「メイポール」を授粉樹として栽植した「ふじ」のわい性台木樹密植栽培園での調査結果をもとに作成した結実率モデルから、授粉樹を樹列内に15m程度の間隔で栽植することで結実が確保できることが示唆された(第16図)。この場合、列間4m、樹間2mで栽植された園地では経済品種7~8樹おきに授粉樹1樹を栽植する計算となり、混植比率は7~8:1となる。マルバカイドウ台木の普通栽培園における授粉専用品種の栽植方法も、経済品種の樹間に15m程度の間隔で栽植すると混植比率は3~5:1となり(第17図)、従来の列状混植法と同程度の混植比率となる。但し、授粉専用品種の樹形や総花量を考慮すると、経済品種の樹体の大きさによっては、授粉専用品種の栽植数を増やす必要があると考える。また、ここで用いた結実率モデルは「メイポール」の有する赤葉遺伝子の伝播状況から求めた理論的なものである。今後、いずれの場合も、マメコバチと授粉専用品種を導入した大規模な経済品種単植園での現地実証が望まれる。

参考文献

- Kron, P. et al. 2001. Across- and along-row pollen dispersal in high-density apple orchards: Insights from allozyme markers. *J. Hortic. Biotechnol.* 76 (3) 286-294
- Werthem, S. J. 1991. *Malus* cv. Baskatong as an indicator of pollen spread in intensive apple orchard. *J. Hort. Sci* 66 (5) 635-642
- Wilson, K. R. and Elfving, D. C. 2000. Crabapple Pollenizers for Apples.

5. 授粉専用品種の結実管理

1) 授粉専用品種の隔年着花性

(1) 安定した着花の確保

授粉専用品種の安定した着花を求めるためには、着果負担を軽減する、入念な整枝剪定をするなどが考えられる。

一方、授粉専用品種の実用化に当たっては、栽培管理を経済品種に集中し、授粉樹は可能な限り省力的な管理の下、①毎年安定して開花すること、②開花する花数が多いこと、③花粉量が十分あることなどが求められる。したがって、より隔年着花性が少ない品種の選択、簡便に着果負担を軽減できる方法、必要最小限の整枝剪定方法などの開発が必要である。この場合、①授粉用の開花を頂芽中心とするか、腋花芽中心とするか、その両方に期待するか、②剪定の強弱による花芽着生性の違い、③前年の着果の有無など、実際に圃場に導入するに当たっての条件が多様であるので、選択すべき品種、栽培管理と連動した開花特性の変化に留意し、授粉専用品種の導入を計画することが重要である。

(2) クラブアップルにおける隔年着花性

クラブアップルには多くの品種があり、開花特性、特に花数、腋花芽の着生は品種間で大きく異なる。また、多くの品種がたくさんの果実を着生するため隔年着花を生じる場合があり、この性質にも品種間差が存在する。これまでの1年枝の位置(立ち枝、横枝)別の腋花芽率の調査からは、「Ormiston Roy Crab」、「Makamic Crab」、「Redbud Crab」においては、隔年着花も起こさず、毎年高い腋花芽率を示し、1花そう当たりの開花数も多く授粉樹としての開花特性は良好と認められた。このほか、クラブアップル32品種について、着果状況などを調査したところ、「Aldenham Purple Crab」、「Red Splendor Crab」、「Snowdrift Crab」等が毎年安定して多くの開花を示した。「David Crab」では隔年着花が強く認められた。

また、枝の位置(立ち枝、横枝)や剪定等の栽培管理と隔年着花の発生については以下の傾向が見られる。①1年枝の腋花芽の着生は、横枝の方が立ち枝よりも多い、②開花後剪定等で1年枝の発生を期待する強剪定では、品種の隔年着花性が強く発現する。例えば「Peachleaf Crab」のように隔年着花性の強い品種では腋花芽の着生が悪く、「Redbud Crab」、「Snowdrift Crab」のように隔年着花性の弱い品種では多数の腋花芽が着生する。

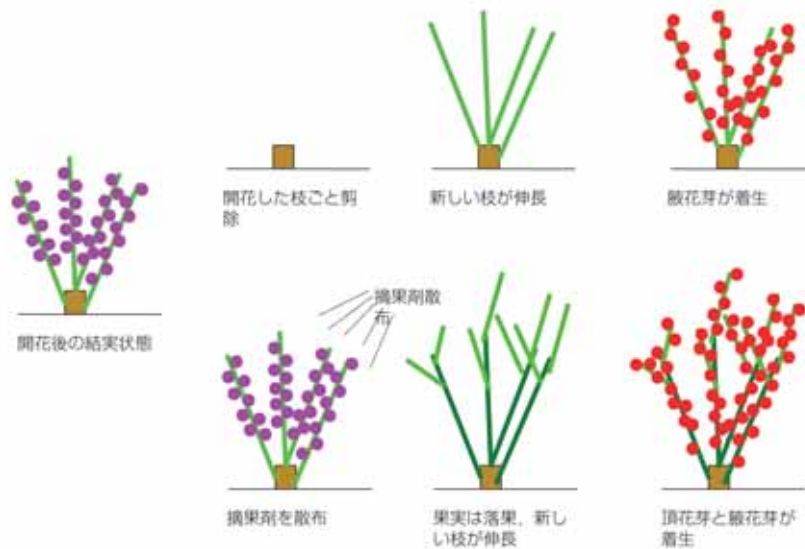
これらのことから、隔年着花性を回避しながら、クラブアップルを授粉専用品種として利用するためには、品種の選択に加え、剪定等の栽培管理も適切に行うことが必要である。

(宮城県農業・園芸総合研究所 鶴飼真澄、菊地秀樹)

2) 摘花剤、摘果剤の効果

(1) 省力的な着果制限

適正着果量に制限し、隔年着花を防ぐ省力的な技術として、各種の摘花剤、摘果剤が実用化されている。クラブアップルを授粉専用品種として用いる場合、開花後はその目的が終了することから、クラブアップルの結実を制限し、次年度も多くの着花数を確保することは、授粉専用品種の活用としては重要なポイントとなる。一方、経済品種の授粉用として使う品種であることから、特別な管理を行わず摘花、摘果効果を得るということも前提条件となる。このことから摘花剤、摘果剤を「ふじ」へ散布する時に同時に授粉専用品種に散布することが考えられる(第1図)。



第1図 授粉専用品種の結実管理（イメージ）

（2）摘花剤の効果

摘花剤エコーキーを「ふじ」の散布適期にクラブアップルに散布したところ、調査した6品種（「Snowdrift Crab」、「Aldenham Purple Crab」、「Redbud Crab」、「David Crab」、「Ormiston Roy Crab」、「Makamic Crab」）については、その効果が年次により異なり、また、その効果についても十分ではなかった。これは、摘花剤に対するクラブアップルの反応の違いや、「ふじ」に対する摘花剤の散布適期が必ずしもクラブアップルに対する散布適期となっていない点などが考えられる。

（3）摘果剤の効果

摘果剤マイクロデナポン1,200倍（アプローチB I 1,000倍加用）をクラブアップルのがく片脱落時及び、「ふじ」への散布適期に、クラブアップルに散布し、「Red Splendor Crab」、「Ormiston Roy Crab」、「Makamic Crab」、「Redbud Crab」、「Eley Purple Crab」について結実率を調査した。がく片脱落時の処理では「Makamic Crab」、「Redbud Crab」において、摘果効果が認められた。一方、「ふじ」への散布適期の処理で効果が認められたのは「Sargent Crab」のみであった。これは、前述の摘花剤と同様に、摘果剤に対するクラブアップルの反応の違いや、「ふじ」に対する摘果剤の散布適期が必ずしもクラブアップルに対する散布適期となっていない点などが考えられる。

（4）実際的な着果制限の方法

前述のとおり、「ふじ」への散布適期に、摘花剤、摘果剤を、クラブアップルに同時処理しても、安定的かつ効果的に着果制限が可能となる品種はほとんどないと考えられる。一方、着果制限しなくても翌年の開花数が十分に得られる品種は、「Aldenham Purple Crab」、「Snowdrift Crab」など多い。このことから、「ふじ」の単植園においては、「ふじ」に散布した摘花剤、摘果剤が授粉専用品種に飛散しても、授粉専用品種の結実には大きな影響はないと考えられる。従って摘花剤、摘果剤など薬剤による着果制限を行うより、次項で述べる枝を開花後に剪除する方法が実際的と考えられる。

（宮城県農業・園芸総合研究所 鶴飼真澄、菊地秀樹）

3) 開花後剪定による結実制限

授粉専用品種であるクラブアップルの花は授粉が終わってしまえば不要である。開花後放任しておけば、多数の果実が着生し隔年着花の懸念がある。このため、開花した枝は授粉終了後すぐに剪定するのが良いと考えられる(第1図)。この剪定方法を導入すると、「ふじ」の頂芽中心花の開花が終了した頃にクラブアップルの花を枝ごと剪定し園外に搬出することにより、「ふじ」の腋芽花が咲く頃には授粉用の花がなくなり不要な腋芽果の結実を防ぐことが期待できる。

このため、「Aldenham Purple Crab」, 「Midget Crab」, 「Snowdrift Crab」, 「Liset Crab」, 「Indian Magic Crab」, 「Peachleaf Crab」を対象に、開花後の夏期剪定が新梢発生、腋花芽着生に対する影響を調査した。新梢の発生数、新梢長において、開花後剪定がやや劣る品種もあるが、「Aldenham Purple Crab」, 「Midget Crab」, 「Snowdrift Crab」, 「Liset Crab」では、開花後剪定を行っても、充実した腋花芽率は4割程度を確保しており、これらの4品種は開花後剪定を行いながら樹をコンパクトに維持できると考えられる(第2図)。「Indian Magic Crab」, 「Peachleaf Crab」は腋花芽の着生が悪く、開花後剪定を行うと、その傾向は顕著となった(第3図)。

一方で、剪定時期が遅れてしまうとクラブアップルの新梢の発育が悪く、また腋花芽の着生率が低下するなどの弊害も起こりうる。現在、「Snowdrift Crab」を用いて剪定時期の試験を行っている。

また、開花後剪定の枝ばかりにすると、クラブアップルの開花は良く伸びた新梢の腋花芽主体になる。これらの腋花芽は、頂芽由来の花に比べると開花期が遅くなるのはもちろん、水平方向に伸長した比較的短めの新梢の腋花芽よりも開花期は遅くなる。「ふじ」の開花期に安定的に授粉専用種の開花期が重なることが求められることから、導入する授粉専用品種や剪定方法によっては、授粉専用種の開花期が長くなるよう、頂花芽、腋花芽の着生バランスに注意することも必要となる。

(宮城県農業・園芸総合研究所 鵜飼真澄、菊地秀樹)



第2図 「Aldenham Purple Crab」の開花状況
(左図：開花後剪定, 右図：休眠期剪定)



第3図 「Indian Magic Crab」の開花状況
(左図：開花後剪定, 右図：休眠期剪定)

6. 園地への導入技術

1) 台木の選択

園地へ植栽する場合、授粉専用品種も主要品種と同様に台木に接ぐ必要がある。

授粉専用品種13品種をJM7台木とマルバカイドウ台木に接ぎ木した結果を見ると、品種により差はあるが、活着率の平均はJM7台木がマルバカイドウ台木を上回った。その後の枝の伸長や生育も同様にJM7台木がマルバカイドウ台木を上回った（第1表）。ただし、品種によっては生育が抑制されている台木との組み合わせもあり、活着はするものの不親和の可能性も考えられた。3年目の主幹延長枝の腋花芽着生率はJM7台木がマルバカイドウ台木を上回り、3年生までの調査結果をもとに判断すると、JM7台木が良好であると思われた。また、JM2台木とJM8台木に授粉専用品種7品種を2005年春に接ぎ木し、同様の調査を継続中である。

第1表 台木別によるクラブアップルの生育・腋花芽着生率比較

品種名	JM7				マルバカイドウ			
	接ぎ木 活着率 (%)	1年目の 新梢長 (cm)	2年目の 樹高 (cm)	3年目の主幹 延長枝の腋花 芽着生率 (%)	接ぎ木 活着率 (%)	1年目の 新梢長 (cm)	2年目の 樹高 (cm)	3年目の主幹 延長枝の腋花 芽着生率 (%)
Snowdrift Crab	100	61.7	163.0	79	60	47.8	94.0	87
Indian Summer	100	54.2	171.8	81	40	54.0	198.0	76
Redbud Crab	80	75.0	153.8	85	80	53.8	106.8	94
ドルゴクラブ	100	63.0	145.6	68	100	76.0	117.0	43
Jack Crab	100	59.8	157.0	82	100	48.5	146.2	64
Golden Hornet	100	71.0	163.8	46	80	54.0	152.3	35
Peach Leaf Crab	40	70.3	155.5	42	20	69.0	204.0	20
Makamik Crab	100	89.0	232.6	78	60	90.0	241.3	50
Hopa Crab A	100	122.0	254.0	69	100	118.0	187.6	72
Profusion	100	114.0	240.6	47	100	110.0	240.6	24
Redfield	100	133.0	248.0	51	100	144.0	283.8	15
Adams Crab	80	79.9	189.0	96	100	66.0	170.6	93
Atrosanguiner	80	108.0	226.3	91	60	73.8	226.0	67
平均	91.4	84.7	192.4	70	78.6	77.3	182.2	57

※2004年春接ぎ木

(岩手県農業研究センター 高橋 司)

2) 高接ぎの方法

主要品種への高接ぎにより、苗木で植栽するより早く、授粉専用品種を園地に導入することができる。高接ぎする場合、接ぎ木位置は樹上部と目通りが考えられ、また、授粉専用品種を一举更新する方法もある。現地では間伐樹に対して、授粉専用品種を一举更新して3～4年で樹高3mまで生育した事例もあるが、主要品種の受光体勢や作業性に影響を及ぼすほど大きくなることもあるので、計画的な導入・管理が必要である。

第2表 高接ぎ樹の結実率

供試品種／台木	高接ぎ位置	頂芽	
		中心果結 実率(%)	全果結実 率(%)
王林ぼん／ふじ／M.9	樹上部	95.6	73.1
王林ぼん／ふじ／JM7	目通り	91.1	63.5
対照区(ふじ／JM7)		68.9	48.3

※2005年調査

第3表 高接ぎ樹の結実率

供試品種／台木	高接ぎ位置	頂芽		腋芽	
		中心果結実率(%)	全果結実率(%)	中心果結実率(%)	全果結実率(%)
ドルゴクラブ／ふじ／JM7	樹上部	74.4	56.7	35.9	26.3
王林ぼん／ふじ／M.9	樹上部	95.7	85.1	77.0	60.3
王林ぼん／ふじ／JM7	目通り	84.3	63.2	64.6	55.1
対照区(ふじ／JM7)		87.0	67.4	50.0	40.5

※ 2006年調査

高接ぎ樹の結実率を調査した結果を見ると授粉専用品種を高接ぎすることにより結実率の向上が確認された。また、高接ぎ位置は目通りより樹上部に高接ぎすることで結実率が向上した(第2、3表)。

高接ぎする授粉専用品種は主要品種と開花時期が同等かやや早いことが条件となるが、開花時期が同等であると、頂芽のみではなく腋芽の結実率も高くなってしまうため、主要品種よりも開花時期が早い授粉専用品種を導入する方が良いと思われる(第3、4表)。

また、高接ぎした授粉専用品種の結実は良好なため、無摘果では接ぎ木部からの折損の可能性もあるので、摘果を実施する(第1図)。

第4表 高接ぎ品種の生態

	開花始め	満開期	落花期
ドルゴクラブ	5/8	5/11	5/16
王林ぼん	5/11	5/15	5/19
ふじ	5/11	5/16	5/18

※ 2006年調査



第1図 「王林ぼん (Neville Corpman)」の開花状況(左:5/12)、結実状況(右:7/12)

(岩手県農業研究センター 高橋 司)

3) 高接ぎ病に対する注意

わが国では昭和40年代にマルバカイドウ台木樹に「スターキング・デリシャス」を高接ぎした際に樹が枯死する「高接ぎ病」が問題となった。これは、穂品種がACLSVやASGVのウイルスを保有していたためであり、接ぎ木によってウイルスが移行し感受性台木のマルバカイドウが衰弱、枯死したためであった。授粉専用品種として用いられるクラブアップルは野生種由来のものが多く、これらのウイルスに対して感受性のものがある(第5表)。したがって、授粉専用品種を既存樹に高接ぎする場合は枯死する可能性があることに留意すべきである。現在試験中の品種では、「Atrosanguiner」や「Red Splendor Crab」はASPVに対する注意が必要である。海外の文献によるとASGVによってもリンゴ野生種の罹病性が報告されている(Howell and Mink, 1996)。ASGVによる罹病性が確認されている種は、*M. baccata*、*M. halliana*、*M. hupehensis*、*M. baccata*. var. *mandshurica*、*M. micromalus*、*M. sargentii*、*M. sieboldii*、*M.*×*robusta*、

第5表 クラブアップルの3種のウイルスに対する抵抗性(Fridlund and Aichele, 1987)

品種名	ACLSV	ASPV	ASGV
Adams Crab	強	弱	強
Aldenhamensis	強	強	強
Calocarpa (Redbud Crab)	中	中	強
Carmine Crab	やや強	弱	強
David Crab	強	弱	強
Dolgo Crab	強	強	強
Eleyi	弱	弱	強
Hopa Crab	強	強	強
Indian Magic Crab	中	弱	強
Indian Summer Crab	強	強	強
Japanese Flowering	強	弱	強
Jay Darling	中	弱	強
Manchurian	強	強	強
Purple Wave	中	弱	強
Red Jade	強	極弱	強
Red Splendor Crab	強	弱	強
Royalty	強	強	強
Snowdrift Crab	強	強	強



第2図 「Atrosanguiner」の高接ぎ病症状

*M. × zumi*などである。ASGVの症状としては、接ぎ木面の線状壊疽（えそ）が一般的であるが、葉のクロロシス（斑入り）、変形葉なども認められる。現地試験において高接ぎ病症状で枯死が認められた品種は、「Atrosanguiner」（第2図）、「Jack Crab」、「小黃海棠」、「Sentinel Crab」である。一方、高接ぎによって穂品種がもっていたウイルスを既存樹に感染させる危険性があるので、基本的には苗木で園地へ導入するのが得策である。

参考文献

Fridlund P. R. and M. D. Aichele. 1987. Reactions of crab apples considered as potential apple pollinizers to latent virus infection. *Fruit Varieties Journal* 41 (1):17-18.

Howell W. E. and G. I. Mink. 1996. Select *Malus* clones for rapid detection of apple stem grooving virus. *Plant Disease* 80 (10):1200-1202

(果樹研究所 別所英男)

4) 挿し木等による苗木の繁殖

苗木の育成は発根した1年生の台木に穂品種を接ぎ木する方法が一般的である。台木の増殖は、挿し木や取り木など栄養系繁殖で行う。特にJM系台木を利用する場合は挿し木繁殖性に優れているため、効率的である。また、JM系台木の挿し木発根性を活かし、JM系台木を利用した接ぎ木挿しによって苗木を短期に育成することが可能である。

接ぎ木挿しをする場合、JM系台木の採取時期は12～2月として、よく充実した太い新梢を採取する。なお新梢の先端部は活着が悪いので、使用しない。採取した新梢はポリエチレンフィルムで包み、0～5℃の低温で貯蔵する。その際、乾燥しないように濡れた新聞紙等で包んで保存した方がよい。挿し穂（JM系台木）の調整は長さを40cm程度とし、頂部に穂品種（授粉専用品種）を2芽で切り接ぎ、あるいは割り接ぎをする。接ぎ木時期は挿し木直前より2月下旬～3月上旬に行った方が活着が優れ、接ぎ木後は挿し木時期まで冷蔵庫で保管しておく。挿し木の時期は4月上旬とする。穂木は挿し床へ垂直に挿し、台木部40cmの内20cmが地下部、20cmが地上部になるようにする。

2006年に試験した接ぎ木挿し苗の活着率は、接ぎ木時期（4/17）が遅れたため、全体的に低い活着率となった。JM7台木とマルバカイドウ台木を比較すると、マルバカイドウ台木の活着

率が上回った。また、品種別では「王林ぼん」の活着率が高かった。台木、穂木の太さを調査したところ、活着した苗木の穂木は平均より太い穂木の活着率が高い傾向であった。また、JM 7 台木では、平均よりも太い台木での活着率が高い傾向であった（第6表）。充実した太い穂木や台木を使用することで、活着向上につながると思われた。

第6表 接ぎ木挿し苗の活着率

品 種 名	台木	供試本数	活着数	活着率 (%)	平均台木径 (mm)	平均穂木径 (mm)	活着した台木径 (mm)	活着した穂木径 (mm)
Snowdrift Crab	JM 7	30	9	30	10.2	5.2	10.9	5.5
	マルバ	20	11	55	8.4	4.2	8.1	4.4
Atrosanguiner	JM 7	30	3	10	8.9	5.6	9.7	5.5
	マルバ	20	12	60	8.9	5.1	9.0	5.5
ドルゴクラブ	JM 7	30	6	20	9.3	4.5	9.7	4.7
	マルバ	30	18	60	8.4	4.6	8.4	4.6
王林ぼん	JM 7	30	14	47	9.5	6.9	9.5	6.9
	マルバ	30	20	67	8.5	6.3	8.3	6.5

※挿し木:2006/4/17、調査月日:2006/6/19

(岩手県農業研究センター 高橋 司)

5) 大苗育苗

園地へ授粉専用品種を導入するにあたり、定植後、短期間で授粉効果を発揮できるように大苗育苗することが有効と考えられる。ポットには1年生の苗木を移植するか、あるいは台木を定植後、授粉専用品種を居接ぎして養成する。接ぎ木挿し苗を移植すると、さらに短期間で大苗育苗することができる（第3図、第4図）。



第3図 大苗移植のイメージ

大苗育苗するポットには市販されているもので生分解性ポットや不織布ポットがある。また、野菜などに使用するべたがけ資材を使って、ポットを自作することも可能である。

2～3年養成するので、仮植する場合の間隔はやや広め（50cm程度）にとる方が、栽培管理がしやすく、掘り上げ時の利便性も良い。地上部に出るポットの余分な部分は、苗への水分供給を妨げるので、仮植後切りとるのが望ましい。なお、簡易で良いので、植え溝両端に支柱を立て針金を張り、主幹の結束や側枝の誘引を行うようにする。また、養成期間中であっても病虫害防除は徹底し、生育促進のため葉面散布等の追肥や乾燥時のかん水も行う。

苗圃から本畑へ運搬する際は、フェザー（羽毛状枝）の折損がないように注意する。また、定植圃場は深耕や土壌改良資材を投入するなど、特に改植圃場においては十分に土壌改良を実施する。

ポットにより発根状況は異なり、生分解性ポットはポット側面と底から比較的太い根の発生が確認され、不織布ポットは側面から細根の発生が確認される（第5図）。生分解性ポットはそのまま定植するが、不織布ポットはカッターなどで側面に切れ目を入れてから定植しないと、根詰まりをおこし生育が劣る



第4図 3年生のリンゴ大苗



第5図 「ドルゴクラブ」の大苗育苗における発根状況
（左：生分解性ポット、右：不織布ポット）

と考えられる。

ポット大苗移植は、スコップでポットの周辺を掘り上げる人力作業となるが、掘り上げ時間は生分解性ポットで1ポットあたり1～2分、不織布ポットで30～40秒と比較的軽作業である。生分解性ポットは発根量が多いため、掘り上げに若干時間がかかる。植え付けは不織布ポットが側面に切れ目を入れる時間があるため、生分解性ポットよりも時間が多くなる（第7表）。

第7表 授粉専用品種のポット苗移植作業時間

品種名	ポットの種類	ポット掘り上げ時間(分:秒)	植え付け時間(分:秒)	穴掘り時間(分:秒)
ドルゴクラブ	生分解性ポット	1:32	2:10	4:05
	不織布ポット	0:39	7:05	3:53
Makamik Crab	生分解性ポット	1:04	3:17	—
	不織布ポット	0:37	7:19	—
Atrosanguiner	生分解性ポット	1:57	3:40	—
	不織布ポット	0:36	8:23	—

※移植本数は各区3本

※ポット掘り上げは一人作業、植え付けは二人作業

※不織布ポットの植え付け時間は、ポットに切れ目を入れる作業時間を含める。

※調査月日:2006/4/24

(岩手県農業研究センター 高橋 司)

6) 樹形と剪定

(1) 苗木の樹形と剪定

授粉専用品種による経済品種の受粉効率を上げるには、ある程度の混植密度が必要である。一方、授粉専用品種の割合が増えるほど、単位面積あたりの経済品種の栽植本数は減少することになる。大規模経営の場合には、大きな問題にはならないが、小規模な園地において導入を検討する場合、授粉専用品種の省スペース性を追求した樹形などを考案する必要がある。

現在、①脚立を使わずにごく低い位置（50～60cm）で切り返し、常にその切り返し位置を維持する短幹形、②2～3m程度の樹高を確保する主幹形を比較検討中である。併せて、最小限の剪定を加えた放任形の3樹形を比較しているが、花数が最も多いのは放任形、次いで主幹形、短幹形である（第6図）。



授粉後短さい

授粉後主幹形へ

放任

第6図 苗木の樹形と開花の状況（品種：「Redbud Crab」）

この原因として考えられるのは、剪定強度である。放任形はほとんど枝を払わず、翌年腋花芽をつける新梢は定芽から発生するので、新梢の伸長期間が長く腋花芽はつきやすい。一方、主幹形と短幹形は、開花後に枝を切り戻し、その後に伸び始めた新梢の腋花芽を期待するので、新梢の伸長開始時期が遅い分、やや腋花芽着生割合が低くなる。主幹形と短幹形では、主幹形の方が短幹形よりも樹体が大きい分、相対的な剪定強度が小さく腋花芽がつきやすいと考えられる。

開花後剪定を行う短幹形が管理上最も省力的であるが、腋花芽の着生程度は他の樹形に比べるとやや低い。クラブアップルは品種により、「Peachleaf Crab」のように腋花芽の着生が悪い品種もあり、注意が必要である。今のところ、「Snowdrift Crab」、「Redbud Crab」、「Red Splendor Crab」は、短幹形に整枝しても十分な花芽は着生しそうであるが、夏季の気象的な要因も影響すると思われるので今後継続して調査が必要である。

（宮城県農業・園芸総合研究所 鶴飼真澄、菊地秀樹）

(2) 高接ぎ樹の剪定

樹上部および目通りの側枝等に接ぎ木する場合でも、誤って剪除しないように高接ぎした穂木には目印をしっかり付ける必要がある。主幹頂部に接いで、接ぎ木部分から主幹の下50cmの側枝は剪除して、誤って高接ぎした穂木を剪除しないように工夫している事例もある。

高接ぎした授粉専用品種の仕立て方法は、現在検討中であるが、主要品種の邪魔にならないようにすることも考慮する必要がある。そのため、側枝を長く伸ばさない短さい剪定が有効と考え

られ、剪定時期は主要品種の受粉が完了した頃（5月中下旬）が望ましいと考えられる。

なお、一挙更新で早期に授粉専用品種の樹冠を拡大することも可能であるが、この場合でも、主要品種の邪魔にならないように短さい剪定が望ましいと考えられる。

（岩手県農業研究センター 高橋 司）

7. 授粉加工兼用種の利用

1) 「メイポール」の来歴

「メイポール」はイギリスのイーストモーリング試験場がカラムナータイプの「ウィジック (Wijcik)」に赤葉の「マルス バスカトング (*Malus Baskatong*)」を交雑して育成した観賞用品種である。「メイポール」の名前は特徴のある円柱状の樹形に由来する。すなわち、「メイポール」とは春を祝う五月祭の時に立てる高い木の柱を意味し、その周囲でダンスが踊られる。

日本では1992年に品種登録されたが、「メイポール」の栽培試験は1996年に開始され、コンパクトな樹姿を生かした省力的なリンゴ栽培法の開発を目的に、整枝法や台木との組合せについて検討が行われた。また、2001年から「メイポール」やクラブアップルなど開花量が多いリンゴ属植物の中から「ふじ」の授粉樹に適する品種の選抜を行っている。その後、「メイポール」の赤い色素や酸味に着目し、2002年から岩手県工業技術センターや民間の加工業者の協力を得て、ジュース、ワイン、ケーキ等の加工適性に関する検討を行っている。

（果樹研究所 別所英男）

2) 「メイポール」の果実特性

普通の品種がピラミッド型の樹形を示すのに対して、「メイポール」は細長い筒のような形となり（第1図）、カラムナータイプと呼ばれる。カラムナータイプは、カナダで「旭」の枝変わりから発見された「ウィジック」が母本となり、イギリスやカナダなどで多くのカラムナータイプ品種が育成された。それらの大部分は果実の大きい生食用品種であるが、「メイポール」は数少ない赤花の観賞用品種である（第1図）。果実重は40g程度と小さく、果肉まで赤くなる（第2図）。



第1図 「メイポール」(右)の開花状況



第2図 「メイポール」の果実

収穫期の糖度は11~12%程度、酸度は2g/100ml程度、硬度は24lb程度となる（第1表）。「紅玉」の酸度が0.8g/100ml程度なのに対して、「メイポール」の酸味は「紅玉」の2倍以上あり、極めて酸味が強い。「メイポール」果実の色素分布については、果皮、果心、果肉に分布が認められる（第2図）。果肉では果皮近く及び果心近くの色素量が多い。8月から収穫期の9月にかけて色素量は増加する。アントシアニン含量や抗酸化性は生食用リンゴより高い。

「メイポール」は収穫前落果があり、通常は9月10日過ぎから落ち始める。9月下旬頃まで果実肥大や着色は進むため、本来の成熟期は9月20日前後と考えられる。しかし、この時期までおくと収穫

第1表 「メイポール」の時期別果実特性(2003年)

収穫日	果重 g	果皮色素 μg/cm ²	果肉色素 μg/g	果汁色素 mg/l	糖度 Brix	酸度 g/100ml
7月13日	18	40	-	-	7.4	2.5
8月4日	26	34	16	0.3	7.5	2.4
8月17日	34	26	69	0.3	10.2	2.2
9月1日	39	45	68	0.5	11.3	2.2
9月15日	45	51	129	0.6	12.0	2.2

前落果が起きるとともに、斑点性生理障害部からの裂果が増える。このため、やや未熟ではあるが収穫前落果の始まる直前の9月10日頃が加工原料としての収穫適期と考えられる。

(果樹研究所 別所英男)

3) 「メイポール」の加工適性

今までにない赤い色素をもつリンゴ品種としてジュース、ワイン、ジャム、ケーキ、アイスクリーム、サラダなどの用途として期待される。

ジュースについては100%ジュースとして利用する場合と「ふじ」などの生食用品種とミックスする場合がある。100%ジュースの場合には酸味が強すぎるので、少量をサプリメントとして飲用したり、お酢の代わりにドレッシング等調味料としても利用が可能である。ミックスジュースについては、数年にわたり検討しているが、概ね、「メイポール」2～3割程度と生食用品種の果汁と混ぜると色合いと味のバランスが良い(第3図)。既存のリンゴ品種が甘い果汁であるのと比較して、「メイポール」入りのジュースはさわやかである。酸味に特徴がある果汁なので、食事のリフレッシュメントとしても利用でき、まさに「大人のリンゴジュース」として楽しむことができる。

ワインについては岩手県工業技術センターや県内のワインメーカーの協力を得て、「メイポール」100%と生食用品種とのブレンドワインの試作を行っている。100%ワインの場合には、ジュースと同じように酸味が強いので、ヤマブドウワインに近いタイプとなる。「ジョナゴールド」果汁とブレンドする場合には、「メイポール」を3割程度入れるとバランスの良いワインとなる。「メイポール」ワインの製造に当たって問題となるのは、ワインの色と発酵である。「メイポール」ワインの製造は、破碎、搾汁、発酵、濾過、瓶詰めというようにブドウの白ワインの工程に準ずる。破碎、圧搾によるワインの搾汁方法は、ジュースの搾汁方法と比べて、果皮の色素の抽出程度が低い。したがって、「メイポール」100%のワインであっても、ワインの色が薄くなってしまふ。生食用品種とブレンドすればなおさらである。色を向上させる対策としては、原料品質を向上させることと、大根おろしのような搾汁機の導入による色素の抽出歩合の向上である。もう一つ、ワインの発酵が進まない問題点については、岩手県工業技術センターの試験により、果汁へ窒素源を添加することによって発酵が促進されることが明らかになっている。



第3図 「メイポール」ジュース

ジャムについては、赤色と酸味の特徴を生かして今までに無い製品を作ることができる。「メイポール」100%及び生食用品種とのミックスジャムも可能である。100%ジャムにおいては砂糖をたくさん入れることで酸味とのバランスも良くなる。問題点としては、小さい果実なので果皮

や果心を取り除くのに手間が掛かる点と、貯蔵中にジャムの赤色が徐々に退色してしまう点である。簡単にジャムを作る方法として果心を取り除いた後、果皮をむかないでそのまま破碎する方法もあるが、ざらっとした果皮の食感が残る点が問題である。

ケーキについては一部試験販売が始まっている。アップルパイは通常10月の商品であるが、「メイポール」のデザートは9月から販売が可能であり、リンゴの季節の先取りデザートとして評判が良い。特に、小麦粉を練った生地を薄く伸ばし、「紅玉」などの生食用品種に3割程度の「メイポール」を加えて、巻いて焼き上げた「アッフェルシュトゥルーデル」というウィーン風のパイは人気が高い。また、ゼリーやムースなども試作されている。「メイポール」の果肉は熱で溶けやすいので、タルトの上に載せた場合は果肉の原型がきれいに残らない。果肉の特性を理解した上で、赤肉と酸味を生かしたケーキのメニューについて検討する必要がある。

アイスクリームやシャーベットとしての利用も検討されているが、そのままでは酸味が強すぎるので生食用品種と混ぜて色を生かしたリンゴジェラートなどが期待される。

また、花材としての利用は花物、実物が考えられるが、花はしおれやすいため、実物としての利用価値が高い。小さくてかわいい果実は、他の花と組み合わせてブーケやリース、テーブルフラワーの素材としても注目されている（第4図）。

（果樹研究所 別所英男）



第4図 リンゴのアレンジメント

4) 「メイポール」の花材としての特性

最近、花材として、都市部を中心に実もの花木の人気が高まり、ヒペリカム、シンフォリカルポス、ブルーベリー、フサスグリ等が利用されている。リンゴもクラブアップルが実付きの枝で出荷されている他、栽培品種の摘果果実（実そのもの）も籠盛りやディスプレイ、またブーケに組み込むなど、ユニークな花材として使われている。

「メイポール」の果実は、9月に成熟し40g程度の大きさとなるため、成熟果は花材として利用するには大きすぎる。しかし、果実重が10~20g程度の早期の実は、花材の一つとして適度な



第5図 満開後60日頃の「メイポール」果実着果状況（約20gで、赤紫色に着色）



第6図 ブーケに利用された「メイポール」果実（画面中央部バラとガーベラの間）

大きさであり、果色が赤紫色で珍しく（第5図）、栽培品種の緑色と異なるため利用が見込まれる。第6図は「メイポール」果実をブーケに入れた例である。

出荷時期としては、満開後1ヶ月頃まで（長野県須坂市では5月末頃まで）の早い時期では果実が小さく、また出荷後の日持ちも悪く萎れが早い。また、満開後60～70日以降になると果実が大きくなるとともに、果色の退色が始まり商品性が劣るので、この間の時期で果色の濃い適度な大きさの果実を出荷するのが良い。

開花後収穫までの間、結実した果実を放任しておくことから、隔年結果が心配されるが、この時期の全果収穫で、翌年の花芽着生が劣った例は確認されていない。また収穫は、果実が枝単位で集中しているため比較的容易である。

（長野県果樹試験場 前島 勤）

5) 「メイポール」の授粉樹としての特性

「メイポール」の開花期は「ふじ」より4日程度早く、腋芽花の時期が「ふじ」の頂芽花と一致し、交雑和合性も高いため、「ふじ」の授粉樹として利用することが可能である。ただし、隔年結果性が強いため、摘果を行わず成らしたままでは、翌年は授粉に必要な花の量を確保するのは困難である。したがって、授粉のみを目的にするのであれば、摘花・摘果を早い時期に強めに行った方が良い。また、赤花であるため、訪花昆虫としてミツバチを利用している園地では授粉効率が劣る可能性があるため、授粉樹としての植栽は避けた方が良い。

（果樹研究所 別所英男）

6) 「メイポール」の栽培上の留意点

(1) 着果基準、剪定、生理障害の発生

隔年結果性が強いため、摘果は必要である。摘果の程度を枝10cmおきに1果、1花そう1果、無摘果の3区に変えて、次年度の開花量への影響について検討した。単年度の結果であるが、摘果強度の強い10cmおきに1果区では、他の2区に比べて開花量が頂芽で4倍程度、腋芽で2倍弱であった。無摘果区と1花そう1果では開花量にほとんど差が認められなかった。ただし、10cmおきに1果の摘果を行うと目標収量が確保できない可能性があるため、実際の摘果基準についてはさらに検討が必要である。また、果汁色素量と摘果強度の関係について検討したところ、摘果強度が強くと果実が大きいほど、果汁色素量が低下する傾向が認められた。このことは、果実中の色素の分布との関係がある。すなわち、果実が大きくなればなるほど、色素量の少ない果肉の相対的な割合が高まり、結果として色素量が低下するものと思われる。このように、加工原料としてみた場合は、隔年結果性、当年収量、色素量のそれぞれの目標をバランス良く満たす摘果基準が求められる。

盛果期における1樹当たり収量は3～4kg程度である。栽植距離が4×0.5mの1列植えの場合、10a当たりの栽植本数は500本植であり、収量は1.5～2トン程度となる。市販の台木にはマルバカイドウが使用されているが、加工用途として着色の良い果実を生産するためには、半わい性台木またはM.26相当のわい性台木が望ましい。過去に実施されたM.27（極わい性台）、M.26（わい性台）、マルバカイドウ（きょう性台）を用いた台木試験では、樹勢が強いほど樹冠の拡大は早く1樹当たり収量は高いが、樹冠内の光環境や花芽の着生性、樹の大きさ当たりの生産性を示す生産効率が劣ることが報告されている（第2表）。M.27台使用樹の果実品質は優れているが、樹勢が弱く単位面積当たりの収量性が劣るため、「メイポール」の台木としては弱すぎる。このため、高品質で収量が安定しているM.26やJM7程度のわい性台木の利用が適していると考えられる。また、地力の劣る条件ではJM2程度の半わい性台木の利用も考えられる。また、仕立て方についてはY字形は主幹形に比べ樹冠拡大が早く、花芽の着生が良好で収量も高いことが明らか

第2表 「メイポール」5年生樹の生育及び結実に及ぼす台木の影響(猪俣ら, 2005)

台木名	樹高 (m)	樹冠幅 (cm)	幹断面積 (cm ²)	花芽着生数 ^z (個/枝10cm)	1樹当たり 収量 ^z (kg)	生産効率 ^{zy} (kg/cm ²)	果実重 ^z (g)
M.27	201	28	3	2.7	0.6	220	59
M.26	303	69	9	2.7	1.0	139	54
マルバカイドウ	375	80	24	0.9	1.5	83	44

^z 3~5年生の平均値。 ^y 幹断面積当たりの10a当たり累計収量

かになった。しかし、Y字形は棚が必要となるので、主幹形でも良品多収が得られるような仕立て方について検討する必要がある。

「メイポール」の果実の表面に斑点性の生理障害が認められ、栽培上の問題点となっている。成熟後期には障害部分からの裂果が認められ、ひどいものはそこから腐敗することがある。障害果の発生は、樹勢が強く、着色の悪い大玉の果実で発生しやすい。今のところ生理障害に対する効果的な対策はないが、樹勢を落ち着かせる整枝・剪定や施肥管理が必要と考えられる。病害については斑点落葉病に強いが、褐斑病には弱い。

(果樹研究所 別所英男)

(2) 開花後剪定法

「メイポール」は、着果管理を行わないと隔年結果性を示し、表年（花芽が多く着生する）と裏年（花芽の少ない）を一年おきに繰り返すため、毎年安定した花芽数を確保するには、摘蕾や摘花、摘果が必要となる。授粉樹として利用する場合、摘蕾、摘花は実施できず、開花後に摘果をすることになるが、「メイポール」は果そうが密着して果実や葉が集中するため、作業に多くの時間を要してしまう。

そこで、簡易に翌年の花芽を確保する栽培管理法として、開花後に剪定を行うと良い。この方法は、落花後に1年枝を基部3芽程度残して切除し、1年枝上の腋芽花を除去する(第7図)。その後は結実した頂芽果を放任し、摘果作業は行わないという極めて省力的な方法である。

この結果、再発芽した新梢に翌年着生する腋芽花数と開花総数は、1年枝の切除を同様にを行い結実した頂芽果実をすべて摘果した場合の60%程度確保でき、授粉樹として十分な花数が確保できる(第3表)。

この技術の利用上の留意点としては、以下の点があげられる。

- ① 幼木樹や樹勢が弱く樹体が小さい場合は、落花後に1年生枝を切除すると樹体生育が劣り、開花数の確保が遅れるので、摘果を行い樹体生育を促す。
- ② 1年枝の切除が遅れると翌年の開花数の低下が大きくなる危険性があるので、落花後早めに切除する。
- ③ 落花後に枝を切除するので、基本的には冬期の剪定は行わない。樹幹内部が混み合ってきたら、冬期剪定で樹幹内部の枝を間引いた方がよい。
- ④ 切除後に再発芽した新梢が十分伸長できるように、良好な樹体生育を維持できるような栽



第7図 「メイポール」の新梢
(1年枝の腋芽花落花後に3芽残して切除、その後伸長した新梢)

第3表 前年の着果管理が「メイポール」樹の翌年の開花に及ぼす影響

(長野県果樹試験場 2005年)

試験区	前年の着果量(/樹)		幹断面積 (cm ²)	頂芽開花 率(%)	開花数	
	重量(kg)	個数			総数	腋芽花
切除+放任区	8.1	215	25.7	38.6	422	351
切除+全摘果区	0	0	24.5	94.4	697	573

2004年に7年生「メイポール」マルカイトウを各試験区4樹供試して着果管理処理を行った。切除+放任区は2004年は5月6日に1年枝を基部3芽程度残して切除して結実果をすべて着果させた。切除+全摘果区は2004年に同様の切除処理を行い5月21日に果実をすべて摘果した。2004年の満開日は4月23日、収穫日は9月6日。2005年の開花調査は4月26日。

培管理（かん水、病虫害防除等）を行う。

- ⑤ わい性台木樹では、切除後の新梢伸長、花芽着生が劣る可能性がある。

(長野県果樹試験場 前島 勤)

8. 倍数性利用による自家和合性の獲得

1) 倍数性品種の特徴

(1) 倍数性の定義

生物が生存する上で最小限必要な染色体のセットをゲノムという。通常のリンゴ品種は二倍体でゲノムのセットを二つ持っている。リンゴの染色体数は $n=17$ で二倍体は34本である。倍数性には異質倍数性と同質倍数性がある。

異質倍数性は異種ゲノム（=非同種ゲノム）の組み合わせで生じた倍数体である（例えばAAB B）。異質倍数性は近縁種間の交雑で生じた雑種が倍数化することによって形成されることが多い。異質倍数性のうち複二倍体（異なったゲノムを二つずつ持つ）は、減数分裂時に二価染色体を形成し稔性が高く別種として扱われる。

同質倍数性は同種のゲノム（=相同ゲノム）の倍加によって生じた倍数体である（例えばAA AA）。同質倍数体が生じる原因としては体細胞染色体の倍加や非還元性配偶子の受精があげられる。リンゴの三倍体品種は非還元性の卵細胞が受精に関与しているので同質三倍体である。今回、研究の対象としている「天星」、「Doud Golden Delicious」、「Welday Jonathan」等は体細胞の倍加による同質四倍体である。コルヒチンやオリザリン等の化学薬剤によって人為的に作出される倍数体も同質倍数体である。同質倍数体は減数分裂時に倍数性に応じて多価染色体が形成され、染色体が均等に分かれぬ場合が多い。したがって同質倍数体の稔性は一般に低い。同質倍数体は別種として扱われることは少ない。

基本的に、異質倍数体は減数分裂時に多価染色体を形成しない倍数体、同質倍数体は減数分裂時に多価染色体を形成しやすい倍数体と考えると区別しやすいが、実際の植物の同質倍数性、異質倍数性ははっきりと区別できる物ばかりではなく判断は容易ではない。判定には共優性マーカーを用いた核型分析も行われる。

ゲノム構成が例えばAAAABBの植物は同質倍数性と異質倍数性をあわせ持つもので同質異質倍数体とよばれる。

果樹では酸果オウトウが同質四倍体の可能性が高く、セイヨウスモモは異質六倍体、カキは六倍体であるが染色体の挙動からは異質倍数性の可能性が高く、遺伝解析の結果からは同質倍数性である可能性もある。

リンゴ属とナシ属はバラ科の中では例外的に染色体数が多くサクラ属（ $n=8$ ）、シモツケ属（ $n=9$ ）の合計に等しいことから複二倍体起源とする説もある。リンゴ属・ナシ属の成立過程は

遺伝子マーカーを用いたバラ科異属間の染色体の相同性調査によって徐々に明らかにされつつある。

倍数性と器官・細胞サイズの関係については、一般に倍数化することでサイズが大きくなる傾向がある。しかし、植物の倍数性が増せば単純に果実等のサイズが大きくなるものではない。細胞の容積には自ずと限界があるため、四倍体から六倍体程度が大きさの限界と考えられており、それ以上の倍数体ではサイズが縮小することが多い。

(2) 三倍体品種

三倍体はゲノムを3組持っており二倍体品種より1組多くのゲノムを有している。リンゴには比較的多くの三倍体品種が存在する。三倍体品種は主に雌性配偶子が減数分裂を経なかった二倍体の配偶子と半数体の精核の受精によって形成されたと考えられる。S 遺伝子型解析の結果からも三倍体品種は母親品種と同じS対立遺伝子を二つ保有していることが判明している。

リンゴの三倍体品種は「陸奥」、「北斗」、「ハックナイン」、「さんたろう」、「Ben Davis(倭錦)」、「ジョナゴールド」が有名である。三倍体品種は減数分裂時に不均等分裂が起こることで雌雄両配偶子とも稔性が低い。三倍体を母親とした場合には二倍体の組み合わせより種子数は少ないものの結実維持される。三倍体品種が減数分裂時に不均等分裂するにもかかわらず種子形成が起こり、結実が維持されることについては今後研究を必要とすることが多い。三倍体を母親として得られた実生は生育に異常を示す場合が多い。一方、三倍体品種の花粉は稔性が低く、授粉樹としては不適當である。三倍体品種は果実が二倍体品種よりも大きく見栄えのする果実が多いが、果実のみでなく細胞そのものが大きく、孔辺細胞や鋸歯などの器官も大きくなり、葉そのものも面積が大きくなり肉厚になる。

(3) 四倍体品種

リンゴには四倍体品種も存在する。果樹研究所リンゴ研究拠点で保存する四倍体品種と、その元になった二倍体品種は第1表のとおりである。

「天星」、「Doud Golden Delicious」、「Welday Jonathan」等四倍体品種の簡単な特徴は以下のとおりである。

① 樹体

一般に倍数性品種は二倍体品種に比べて果実が大きく、葉も肉厚で鋸歯も大きい。リンゴの同質四倍体は遺伝子組成が同じオリジナルの二倍体品種と比較した場合、明らかに果実、葉等のサイズは大きい。遺伝子構成が同じ三倍体品種は存在しないため、三倍体品種との単純なサイズの比較は不可能である。葉は硬くもろい触感で、葉柄付け根の離層形成部で折れやすい。

第1表 果樹研究所リンゴ研究拠点が保存する四倍体品種とその元の品種

四倍体品種	元の品種	四倍体品種	元の品種
Alfa 68A		Nova Scotia K-32-100-3	
Derman McIntosh	McIntosh (旭)	NYE-3	
Derman Winesap	Winesap	NYE-60	
Doud Golden Delicious	Golden Delicious	NYE-129	
Hunter Melba	Melba	Sweeden Alpha 68A	
Hunter Ottawa 244		Sweeden Spartan	Spartan
Hunter Spartan	Spartan	Welday Jonathhan	Jonathan(紅玉)
Hunter Spy	Northern Spy	Wrixparent	Yellow Transparent ?
天星	ふじ		

② 花器官

花卉等の器官の大きさはオリジナルの二倍体品種と比べて格段に大きいわけではないが、花梗・萼・花卉・雄ずいが硬くもろいため、交雑操作中に各花器官が折れやすい。

③ 果実特性

「ふじ」の同質四倍体である「天星」は果重が400g程度と大きく「ふじ」より扁平になるが、肉質が明らかに粗く、クリスピーで果汁を多く感じる。食味は「ふじ」と異なる印象を受ける。

④ 隔年結果性

同質四倍体は隔年結果の傾向が強い。毎年安定的に結実を確保するためには、摘花・摘果が重要である。隔年結果の原因の一つは、後述する自家和合性にあると考えられる。

(4) 同質四倍体品種の育種的価値

同質四倍体品種は三倍体品種を育成する場合の母本として利用できる可能性がある。しかし、上述のように同質四倍体は減数分裂時に染色体が均等に分かれられない場合が多いとされることから、同質四倍体品種と二倍体品種の交雑によって育成した実生の形態を観察し異常の有無を把握する必要がある。

(岩手大学 小森貞男)

2) 四倍体個体の獲得方法

リンゴは自家不和合性であり、結実には混植が前提となる。一般に植物は倍数化すると自家和合性が増す傾向があり、リンゴの同質四倍体は自家和合性を有するとの報告がある。このことから、同質四倍体の自家和合性リンゴが育成できれば、単一品種による単植園も可能と思われる。

倍数化は、突然変異によって染色体が自然倍加することであるが、自然下で染色体が倍加するのはまれな現象である。そこで、効率的に倍数体個体を得るためには、人為的に染色体の倍加を行うことがのぞましい。人為的に染色体倍加させる方法としては、コルヒチンという薬品を処理する方法がよく知られている。

コルヒチンはイヌサフランから得られたアルカロイドで、水、アルコールなどに溶ける結晶または粉末である。低濃度で紡錘体の形成・動原体の分割及び紡錘糸の発達を阻害するが、染色分体の縦列には影響しない。コルヒチンを0.01%~0.2%に希釈して細胞分裂の盛んな種子、芽生えあるいは腋芽を直接浸漬するか、あるいはそこにコルヒチンを滴下処理すると染色体の倍加した組織が得られる。倍加した部分は短く肥大し、生育遅延を示す。別の方法として、コルヒチンを含む寒天あるいはラノリン軟膏の小片を生育中の茎やつぼみ、頂芽、発芽中の種子などの先端に2~3日接触させて倍数体を得ることもできる。コルヒチン処理によって得られた同質四倍体は一般に栄養器官の増大を示し、栽培上有利になることがある。

試験管内で育成した様々な植物の培養物に対しても、コルヒチン処理が行われている。培養系を用いることで、圃場の植物体に処理するより少ないスペースで大量に処理が可能である。ブドウでも大粒系品種の育成を目標に、試験管内培養した茎頂にコルヒチン処理を行い、効率的に四倍体植物が作出されている。

そこで、リンゴにおいても培養系で維持しているリンゴ二倍体品種から四倍体を獲得する方法を検討した。コルヒチンを継代用培地に添加することで処理を行う方法と、コルヒチン処理した培養葉片から再分化させる方法の二通りを試みた。

コルヒチンを培地に添加する方法は、コルヒチン（コルヒチンはオートクレーブ滅菌できないため、濾過滅菌して用いる）を添加した継代用培地に培養シュートの節部切片（1~2 cm）を植え込み、数日間コルヒチン処理を行い、その後コルヒチン無添加の継代用培地に移し、育成するというものである。好適なコルヒチン処理濃度と処理日数は品種によっても異なるが、0.01%で

1～7日処理するのがもっとも良いと考えられた。しかし、この方法では、二倍体と四倍体が混在したキメラ植物しか得られなかった。このため、完全な四倍体を得るためには、キメラ植物を分割して継代培養を続け、四倍体細胞のみを持つ個体を選抜していく必要がある。四倍体は一般に二倍体と比較して葉が厚く、莖が太くなる傾向があるので、なるべくそのような形態を示す個体を選んで小さく分けて育成し、倍数性を確認する作業を繰り返す必要がある。

もう一つの方法は、コルヒチン処理した培養葉片を再分化させる方法である。リンゴ培養シュートから上位葉を切り離し、コルヒチン濃度0.1%の水溶液で1晩、暗黒下でインキュベートする。その後、葉片をナイフ等で三分割し、再分化培地（N6基本培地、MSビタミン、ソルビトール30g/l、BA5mg/l、NAA 0.2mg/l、ゲルライト0.25%）に置床し、暗黒下で1カ月培養する。1カ月後、新しい再分化培地に移植して、明条件に移し、再分化個体が得られるまで培養を続ける。再分化個体は、継代用培地に移し、育成する。再分化個体は、少数の細胞から分化してくるため、キメラ状態になりやすく、完全な四倍体を得られる確率が高い。この方法で「スターキング・デリシャス」をコルヒチン処理したところ、再分化率37.5%であった。再分化から2～3カ月後、生育が良好だったシュートを選び、倍数性を確認したところ、約10%の割合で四倍体が獲得できた。

以上の結果から、リンゴ培養系から完全な四倍体を得るためには葉片に0.1%のコルヒチン処理を一晩した後、再分化培地に置床し、再分化させることが望ましいと考えられた。しかし、品種によっては上記の再分化培地で再分化しないものもあるので、その場合は異なる条件の再分化培地を検討するか、あるいは節部切片にコルヒチン処理し、キメラを解消していくことで四倍体を獲得するのが望ましい。

(果樹研究所 高橋佐栄)

3) 倍数性品種と自家和合性の関係

バラ科、ナス科等の配偶体型自家不和合性は倍数化することで自家和合化する(松尾, 1983)と考えられているが、詳細な自家和合性の機構は不明である。リンゴやニホンナシでも同質倍数化することで自家和合性が誘導されることが報告されている(佐藤ら, 1992; 安達ら, 2005; Adachi et al., 2006; 松本ら, 2006)。果樹研究所リンゴ研究拠点および岩手県農業研究センターが保存するリンゴ同質四倍体品種を使用して交雑試験および花粉管伸長の調査、交雑試験で育成した実生のS遺伝子型解析、莖頂の周縁キメラ性の調査を行い、倍数性と自家和合性の関係について調査した。

(1) 同質四倍体品種を用いた交雑試験

同質四倍体品種について自家受粉、倍数化前の二倍体品種との交雑、三倍体品種との交雑を行った(第2表)。自家受粉は除雄を行わず、他家受粉および倍数性の異なる品種を受粉する場合は除雄を行い、交雑・袋かけを行った。結実率は受粉後3～4週間、種子数は収穫期、花粉発芽率は受粉後約3週間目に調査した(安達ら, 2005)。

① 自家受粉

同質四倍体品種の自家結実率および種子数は、倍数化前の二倍体品種の自家受粉と比較して結実率が高く種子数は多く(第2表)、自家和合性の値(小森ら, 1999)であった。

② 同質四倍体品種と倍数化前の二倍体品種との正逆交雑

四倍体品種を花粉親に用いた場合には自家和合性を示し、二倍体品種を花粉親に用いた場合は自家不和合性を示した(第2表)。しかし「Derman McIntosh」、「Derman Winesap」のように四倍体でありながら自家和合性を示さない品種も存在することが判明した。

以上の結果から、同質四倍体品種の自家結実性の原因は花粉側にあることが推定されたが、同質四倍体花粉は部分的な自家不和合性を維持していることが推察された。

第2表 同質四倍体品種の結実率・種子数

♀	♂	交雑年	花粉発芽率(%)	結実率(%)	種子数/果	♀	♂	交雑年	花粉発芽率(%)	結実率(%)	種子数/果
Doud GD	Doud GD	03	19.3	30.0	7.0	天星	天星	04	52.1	89.7	4.6
Doud GD	Doud GD	04	12.5	78.1	4.1	天星	天星	05	13.7	92.9	6.6
Doud GD	Doud GD	05	21.4	46.7	5.5	天星	ふじ	04	67.3	4.3	2.0
Doud GD	GD	03	82.6	0	-	天星	ふじ	05	22.0	0	-
Doud GD	GD	04	22.4	18.8	0.5	ふじ	天星	04	52.1	50.0	4.4
Doud GD	GD	05	42.5	7.1	-	ふじ	天星	05	13.7	93.3	6.4
GD	Doud GD	04	12.5	26.3	-	ふじ	ふじ	04	67.3	0	-
GD	Doud GD	05	21.4	50.0	5.5	ふじ	ふじ	05	22.0	0	-
GD	GD	04	22.4	10.0	-	ふじ	Jonathan	04	64.2	82.1	13.0
GD	GD	05	42.5	25.0	-	ふじ	GD	05	42.5	100	8.3
						北斗	北斗	04	30.2	0	-
Welday J.	Welday J.	03	29.1	75.0	4.1	北斗	北斗	05	25.7	6.7	3.0
Welday J.	Welday J.	04	46.0	66.7	4.2	北斗	天星	04	52.1	58.9	4.6
Welday J.	Welday J.	05	39.5	73.3	3.2	北斗	天星	05	13.7	73.3	4.4
Welday J.	Jonathan	03	43.2	6.7	-	北斗	ふじ	04	67.3	0	-
Welday J.	Jonathan	04	64.2	0	-	北斗	ふじ	05	22.0	8.3	1.0
Welday J.	Jonathan	05	45.0	35.7	1.0	北斗	Welday J.	04	46.0	50.0	4.2
Jonathan	Welday J.	04	46.0	56.7	4.1	北斗	Welday J.	05	39.5	53.3	4.4
Jonathan	Welday J.	05	39.5	86.7	5.8	北斗	Jonathan	04	64.2	0	-
Jonathan	Jonathan	03	43.2	10.0	-	北斗	Jonathan	05	45.0	0	-
Jonathan	Jonathan	05	45.0	0	-	北斗	GD	04	22.4	73.3	7.0
Derman McIntosh self		04	3.8	0	-	Derman Winesap self		03	7.7	0	-
Derman McIntosh self		05	0	0	-	Derman Winesap self		04	-	0	-
						Derman Winesap self		05	3.7	0	-

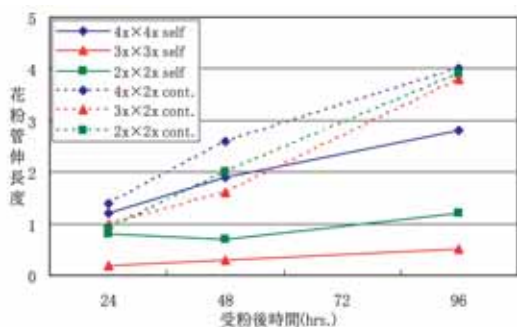
- 収穫果数0、GD=Golden Delicious、J.=Jonathan

(2) 同質四倍体品種の花粉管伸長度

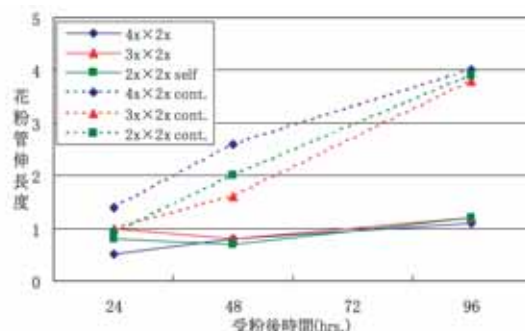
交雑花を受粉から24、48、96時間後に採取した。花粉管は0.1%アニリンブルーで染色し、1区あたり3花を蛍光顕微鏡で調査した。花粉管伸長度の評価方法は、花柱の長さを5等分して柱頭を0、子房との接続部を5とし、花粉管到達点の最大値を数値化した。

① 自家受粉

自家受粉の花粉管伸長度は四倍体品種が最も高く、次いで二倍体、三倍体の順であった(第1図)。四倍体品種の自家花粉の伸長度は和合を示す対照区(他家受粉)には及ばないが、96時間後も伸長を続けることが推察された。一方、二倍体や三倍体品種の自家受粉では、48時間後で先端が肥大して強く発光している花粉管が確認され、96時間後にはほとんどの花粉管が完全に停止していた。



第1図 二倍体・三倍体・四倍体品種の自家受粉の花粉管伸長度



第2図 花粉に二倍体品種を用いた場合の花粉管伸長度

② 倍数化前の二倍体品種の花粉を用いた交雑

雌ずい側に四倍体、三倍体、二倍体の各品種を用いた場合、*S* 遺伝子を共有する二倍体品種の花粉管は、和合を示す他家受粉に比べ著しく伸長が抑制され、自家受粉区と同様96時間後にほとんど停止していた（第2図）。

③ 同質四倍体品種の花粉を用いた交雑

雌ずい側が四倍体、三倍体、二倍体の各品種に*S* 遺伝子を共有する四倍体品種を受粉した場合の花粉管伸長は、和合を示す対照区（他家受粉）には及ばないが、96時間後もさらに伸長を続けていることが推察された。二倍体品種の自家受粉の花粉管伸長と比較すると、四倍体品種の花粉管が有意に伸長していた（第3図）。

以上の結果から、同質四倍体品種の花粉は、交雑和合性花粉より伸長度が低いが不和合性花粉より有意に伸長し、96時間以降も伸長を続けると推察された。これは交雑試験の結果と調査結果と矛盾しなかった。花粉管伸長の調査からも同質四倍体の自家和合化の原因は花粉側にあり、しかも部分的な自家不和合性を維持していることが推察された。

（3）受精に関与した花粉の*S* 遺伝子型

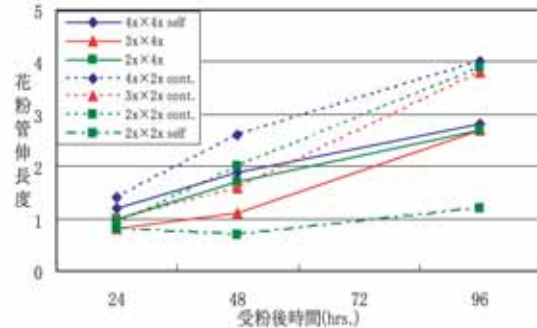
同質四倍体を用いた交雑によって獲得した実生からゲノムDNAを抽出し、*S* 遺伝子特異的プライマーを用いたPCRによって当該実生の*S* 遺伝子型を確定した。「天星」の自家受粉および「ふじ」×「天星」等交雑で育成した交雑実生に*S* 遺伝子ホモ接合型個体は出現しなかった。この結果から、供試個体数が少ないため確定はできないが、受精に関与する花粉の*S* 遺伝子型はヘテロ二倍体花粉のみで、ホモ二倍体花粉は受精に関与しない可能性が示唆された（星川ら，2006）。今後調査実生数を増やして精査する必要がある。

（4）茎頂の周縁キメラ性

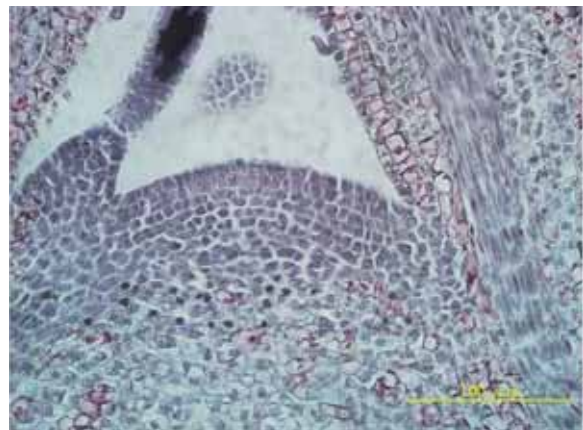
同質四倍体品種の倍数性に関する周縁キメラ性を茎頂の顕微鏡観察によって調査し、生殖層の倍数性を明らかにする必要がある。茎頂の顕微鏡観察の結果、リングは外衣が2層に分化していることが観察され、内体も1～2層存在することが推察された（第4図）。同質四倍体品種とオリジナル二倍体品種の各層の細胞の大きさを比較した結果、「天星」と「Doud Golden Delicious」はL-Iが二倍体、L-II以降が四倍体、「Welday Jonathan」は全層四倍体と推察された（Adachi et al.,2006）。

フローサイトメトリーによる倍数性調査を葉、果皮、果肉、種子（種皮を含む）で行った結果、「天星」と「Doud Golden Delicious」は二倍体と四倍体のキメラで、「天星」、「Doud Golden Delicious」とともに表皮層が二倍体、生殖層が四倍体の周縁キメラである可能性が高かった。「Welday Jonathan」は葉、果皮、果肉とも四倍体であった（村井ら，2006）。

フローサイトメトリーの結果と顕微鏡観察による周縁キメラ性の結果を総合すると、同質四倍体の自家和合化には生殖層（L-IIまたはL-III）の倍数化が必要であることが判明した。今後、



第3図 花粉に四倍体品種を用いた場合の花粉管伸長



第4図 「ふじ」の茎頂分裂組織

同質四倍体でありながら自家和合性を示さない品種の茎頂の観察およびフローサイトメトリーによる各組織の倍数性を調査することで、生殖層の位置、倍数性と自家和合性の関係について明らかにする必要がある。

(5) 同質四倍体の可能性

同質四倍体品種は自家和合性を示すことから、オリジナルの二倍体品種の授粉樹として使用できる可能性がある。同質四倍体品種の熟期や耐病虫性は元の二倍体品種と同じと考えられるので、これらの品種を混植する場合でも栽培管理上は単植園として扱えることに利点がある。授粉樹として使用する場合の問題点は、二倍体品種に比べて花粉発芽率が劣ることであるが、この発芽率の値は結実率に影響を与える数値ではない。生産者は授粉樹に高い花粉発芽率を求めることから実用化には実際の栽培現場で、問題の有無を十分把握する必要がある。

参考文献

安達義輝ら. 2005. 自家和合性を示すリンゴ同質4倍体品種の花粉管伸長特性. 園学雑. 74 (別1): 78.

星川義真ら. 2006. リンゴ同質四倍体品種の受精に関与する花粉のS遺伝子型に関する調査. 園学雑75 (別1): 264.

村井和也ら. 2006. 自家和合性を示す四倍体品種の周縁キメラ性. 園学雑. 75 (別2): 455.

(岩手大学 小森貞男)

9. クラブアップルの花材（実物）としての可能性

1) クラブアップルの多彩な利活用の可能性

授粉樹として利用されるクラブアップルは、花、果実、葉の形状が品種によって多種多様であり見栄えも良い。特に果実は、10月から12月にかけて品種によって赤や朱色、黄色等に色づき、たわわに実らせるものが多い。この時期はブライダルシーズンであったり花展が多く開催される時期でもあり、枝物の需要が多い。現状ではナンテン、ナナカマド、ツルウメ、スズバラなどが一般的に流通している。そこで、授粉樹として利用したクラブアップルを、実付き枝物として出荷することで副次的収入を得ることが可能である。

(宮城県農業・園芸総合研究所 池田裕章)

2) 主要なクラブアップルの開花状況

第1表に2006年における主要なクラブアップル品種の開花状況を示した。多くの品種は、満開日がいずれも、「ふじ」の満開日よりやや早いか同等で、授粉樹として利用が可能と考えられた。「Coronaria Chalottae」と「Prince Georges Crab」は開花が非常に遅く、「ジョナゴールド」や「ふじ」の授粉樹としては利用不可能であった。「ドルゴクラブ」をはじめ、概ね4日以上「ジョナゴールド」、「ふじ」より開花が早い品種は、これら主要品種の腋芽花側花の開花期とあまり重ならないため、摘果の省力化にも有効と考えられた。

(宮城県農業・園芸総合研究所 池田裕章)

3) 主要なクラブアップル品種の実付き枝物としての日持ち性の検討

第2表に主要品種の枝物の日持ちを示した。黄色の果実を持つ「Ormiston Roy Crab」は日持ち期間が約20日であった。同時期に比較した「Red Splendor Crab」は約45日であり、品種により日持ち期間に差があった。採枝後に水ざししないといずれの採枝時期でも日持ち期間は4～10日程度と短かった。「Redbud Crab」と「Red Splendor Crab」を用いて、①採枝直後に水ざし、②水ざし無し、③水ざししないで採枝3～4日後に水ざしの3区を設け、日持ちを比較したところ、採枝直後に水ざししないものは、10～12日程度の日持ち期間となり、採枝直後に水ざ

第1表 主要なクラブアップルの開花日(2006)

品種名	頂芽花開花(月日)						腋芽花開花(月日)						頂芽中心花満開日比較		備考
	中心花			側花			中心花			側花			対シヨナコ [®] ールド [*]	対ふじ	
	始	満	終	始	満	終	始	満	終	始	満	終	5/6	5/8	
Aldenham Purple Crab	5/6	5/10	5/15	5/6	5/11	5/16	5/8	5/12	5/17	5/9	5/13	5/22	4	2	
Coronaria Challoatae	5/18	5/20	5/25	5/19	5/21	5/26	5/21	5/22	5/26	5/22	5/24	5/27	14	12	開花期遅い
Red Splendor Crab	4/30	5/3	5/7	5/2	5/4	5/12	5/3	5/5	5/8	5/4	5/5	5/13	-3	-5	
Adams Crab	5/4	5/6	5/10	5/6	5/7	5/12	5/6	5/7	5/12	5/7	5/9	5/16	0	-2	
Lemoine Purple Crab	5/5	5/6	5/11	5/6	5/7	5/15	-	-	-	-	-	-	0	-2	腋芽花無し
Snowdrift Crab	5/5	5/8	5/12	5/6	5/10	5/17	5/6	5/8	5/14	5/8	5/11	5/18	2	0	
Peachleaf Crab	5/1	5/3	5/7	5/4	5/5	5/9	5/4	5/5	5/8	5/5	5/6	5/12	-3	-5	
Ormiston Roy Crab	5/3	5/5	5/10	5/4	5/6	5/19	5/4	5/6	5/16	5/6	5/9	5/20	-1	-3	
Prince Georges Crab	5/23	5/27	6/1	5/24	5/29	6/3	-	-	-	-	-	-	21	19	開花期遅い
Crimson Glory	5/4	5/6	5/11	5/5	5/6	5/13	5/6	5/12	5/16	5/11	5/15	5/23	0	-2	
Makamik Crab	5/1	5/4	5/7	5/3	5/5	5/9	5/4	5/5	5/8	5/5	5/6	5/11	-2	-4	
Liset Crab	5/3	5/6	5/8	5/4	5/6	5/11	5/4	5/6	5/12	5/6	5/11	5/18	0	-2	
Midget Crab	5/6	5/8	5/13	5/6	5/9	5/16	5/6	5/9	5/16	5/9	5/11	5/19	2	0	
American Beauty	5/5	5/6	5/16	5/6	5/9	5/19	5/6	5/9	5/16	5/7	5/11	5/21	0	-2	
Indian Magic Crab	5/5	5/6	5/14	5/6	5/10	5/17	5/6	5/9	5/15	5/9	5/12	5/22	0	-2	
Redbud Crab	5/4	5/5	5/8	5/5	5/6	5/17	5/5	5/6	5/16	5/8	5/10	5/18	-1	-3	
Sargent Crab	5/8	5/11	5/16	5/9	5/12	5/18	-	-	-	-	-	-	5	3	腋芽花無し
Beverly Crab	5/1	5/4	5/7	5/4	5/5	5/9	5/3	5/4	5/8	5/4	5/6	5/11	-2	-4	
Van Eseltine Crab	5/5	5/6	5/19	5/9	5/12	5/23	5/6	5/9	5/19	5/10	5/11	5/24	0	-2	
Winter Gold Crab	5/6	5/8	5/15	5/8	5/12	5/20	-	-	-	-	-	-	2	0	腋芽花無し
Eley Purple Crab	5/1	5/4	5/7	5/4	5/5	5/10	5/3	5/5	5/9	5/7	5/9	5/12	-2	-4	
David Crab	5/5	5/6	5/16	5/6	5/9	5/20	5/6	5/9	5/16	5/8	5/10	5/21	0	-2	
ドルゴクラブ	4/29	5/2	5/6	5/2	5/4	5/9	5/3	5/5	5/9	5/7	5/8	5/9	-4	-6	
Redjewel Crab	5/3	5/4	5/7	5/4	5/5	5/8	5/4	5/6	5/10	5/5	5/6	5/11	-2	-4	
Tea Crab	5/3	5/5	5/12	5/4	5/6	5/13	5/4	5/6	5/12	5/6	5/10	5/16	-1	-3	
Malus turesii	5/4	5/6	5/8	5/5	5/7	5/11	5/5	5/6	5/10	5/6	5/8	5/14	0	-2	
Sentinel Crab	5/5	5/6	5/10	5/6	5/9	5/22	5/5	5/8	5/18	5/5	5/10	5/22	0	-2	
Atrosanguiner	5/5	5/6	5/10	5/6	5/8	5/14	5/5	5/6	5/16	5/6	5/10	5/19	0	-2	
ナガサキズミ	-	-	-	-	-	-	5/4	5/6	5/10	5/5	5/9	5/13	-	-	頂芽花無し
小黄海棠	5/3	5/4	5/7	5/4	5/6	5/12	5/4	5/6	5/10	5/5	5/7	5/12	-2	-4	
Jack Crab	5/4	5/5	5/7	5/3	5/6	5/11	5/5	5/6	5/10	5/6	5/8	5/12	-1	-3	
山定子	5/1	5/3	5/7	5/2	5/4	5/10	5/2	5/4	5/10	5/3	5/4	5/12	-3	-5	
メイホー [®] ールド [*]	5/3	5/5	5/8	5/4	5/6	5/10	5/5	5/7	5/10	5/6	5/9	5/14	-1	-3	
シヨナコ [®] ールド [*]	5/4	5/6	5/9	5/6	5/9	5/12	5/6	5/9	5/12	5/8	5/11	5/18	-	-2	
ふじ	5/5	5/8	5/11	5/7	5/10	5/19	5/9	5/11	5/18	5/10	5/12	5/20	2	-	

第2表 主要品種の切り枝(実物)の日持ち(2005年)

品種名	採枝日	水あげ法等	日持ち期間	備考
Ormiston Roy Crab	9/15	採枝直後に水ざし	約20日	果実褐変
Red Splendor Crab	9/15	"	約45日	果実萎縮
Redbud Crab	10/7	水有り葉無し ^z	60日以上	
	"	水有り葉有り	"	10/24には落葉
	"	水無し葉有り	約4日	乾燥, 萎縮, 下垂
	"	水無し葉無し	約5日	"
Redbud Crab	10/13	水無し葉有り, 採枝4日後再水ざし	約20日	葉は再水ざし時には乾燥, 萎縮, 10/24には全落葉
	"	水無し葉無し, 採枝4日後再水ざし	"	
Redbud Crab	11/2 ^y	水有り葉有り	約40日	11/21全落葉
	"	水無し葉有り	約10日	11/5には葉は乾燥, 萎縮
	"	水無し葉有り, 採枝3日後再水ざし	約12日	"
Red Splendor Crab	11/2	水有り葉有り	約26日	11/21全落葉
	"	水無し葉有り	約10日	再水ざし時の11/5には葉は乾燥, 萎縮
	"	水無し葉有り, 採枝3日後再水ざし	約12日	"
Redbud Crab	11/5	水有り葉有り	約40日	
(無暖房)	"	水無し葉有り	約10日	再水ざし時の11/7には葉は乾燥, 萎縮
	"	水無し葉有り, 採枝4日後再水ざし	約40日	"

z : 水有り: 採枝直後に水ざし, 水無し: 採枝後は水ざし無し, 葉有り: 葉はとらずそのまま, 葉無し: 全ての葉を剪除

y : 採枝時に自然状態で落葉が盛んになってきた時期。試験部屋では11/1から随時暖房開始

ししたものにと比べると著しく劣った。

(宮城県農業・園芸総合研究所 池田裕章)

4) 主要なクラブアップル品種の果実の形態的特性

クラブアップル果実は円形で赤色の品種が多く、他に黄色や扁円、楕円の品種もあった(第3表)。果実の大きさは10~20mm程度のものが多かった。市場の評価は、20mm程度以上の果実は、

第3表 クラブアップル果実の形態的特性

品種名	果実			果形	採枝限界		判定 ^y
	色	縦径(mm)	横径(mm)		時期 ^z	備考	
ドルゴクラブ	濃赤	34	31	円筒	9/上	落果極早	×
Coronaria Challotae	黄	34	45	扁円	10/下	特大, 開花期極遅	×
Ormiston Roy Crab	黄	12	12	円	10/下	褐変目立つ	△
Sargent Crab	鮮赤	6	8	円	10/下	小果, 枝伸び悪い	△
Makamik Crab	薄赤	19	21	円錐	11/上	がくカス残	△
Eley Purple Crab	黄緑	10	11	円	11/上	褐変目立つ, 雄性不稔	×
Crimson Glory	黒赤	15	15	楕円	11/中	がくカス残	△
American Beauty	赤	14	17	扁円	11/中		△
Van Eseltine	緑黄	12	13	扁円	11/中	がくカス残, 汚い	×
Aldenham Purple Crab	暗赤	21	26	扁円	11/下		△
Snowdrift Crab	朱	9	11	円	12/上		○
Beverly Crab	赤	13	15	円	12/上		△
Red Splendor Crab	赤	12	14	円	12/中	透明感無し	○
Peachleaf Crab	赤	18	19	楕円	12/下		△
Redbud Crab	鮮赤	10	12	円	12/下	きれい	○
David Crab	鮮赤	11	14	扁円	12/下	透明感有り, きれい	○

z : 落果または果実の萎縮等で鑑賞期間が終了したと思われる時期

y : 実付き枝物として, ○ : 有望, × : 不適, △ : 用途によって可

実付き枝物としてはやや大きすぎるとのことであった。購入者の評価は、果実の色や大きさは様々な用途があるので幅広い選択肢があって良いとのことであった。「Red Splendor Crab」、
「Snowdrift Crab」、
「Redbud Crab」および「David Crab」は12月上旬でも果実が健全に着果しており、実付き枝物として有望と考えられた。しかし「David Crab」は前年は不着果であったことから、隔年結果性があると考えられた。実付き枝物としては果実がやや大きい評価だった「Makamik Crab」の果実を花材として試験的に出荷したところ25~30個入り1パックで販売可能であった(第1図)。



「Makamik Crab」

実付き枝もの(「Red Bud Crab」)

第1図 出荷風景

(宮城県農業・園芸総合研究所 池田裕章)

5) まとめ

以上の結果より、現時点ではクラブアップルを実付き枝物として出荷できる品種としては、「Red Splendor Crab」(第2図)、「Redbud Crab」(第3図)、「Snowdrift Crab」(第4図)、「David Crab」(第5図)が適していると考えられた。これらの品種は、赤色や朱色の小さな果実を多数着生し、10月から12月の実付き枝物の需要期に販売が可能と考えられた。今後は、当該品種の隔年結果性等の問題点の確認と、他のクラブアップル品種の授粉樹や実付き枝物としての適性を検討する。



第2図 「Red Splendor Crab」



第3図 「Redbud Crab」



第4図 「Snowdrift Crab」



第5図 「David Crab」

(宮城県農業・園芸総合研究所 池田裕章)

10. リンゴ単植化の将来方向

1) はじめに

国では、2007年度から戦後最大の農政転換を実施する。品目横断的な経営安定対策や農地・水・環境保全向上対策、米政策改革推進など21世紀農政の新たな基本方針で、「国内農業の体質強化」と「国際戦略」を柱に掲げた。

(1) 土地利用型大規模経営を維持・発展させるため、品目横断的な経営安定対策の導入、意欲と能力のある「担い手」、認定農業者(育成、確保を重要と位置づけ)、特定農業団体などの集落営農組織を対象に支援を集中し、国内農業の体質強化を図ると共に、国際戦略では、高品質な農林水産物の積極的な輸出推進など攻めの農業を打ち出し、市場原理の中で生きる足腰の強い農

業づくりに着手するとした新たな政策である。

(2) 一方、農業を取り巻く国内・外など環境の大きな変化を踏まえ、1999年7月16日、食料・農業・農村基本法が施行され、21世紀における食料・農業および農村に関する施策の基本指針として、農業の持続的な発展と農村の振興を図り、将来にわたり食料の安定供給と多面的機能の発揮を確保するなど、一丸となって取り組むべき国民的課題と位置付けた。いわば従来の生産者と農業振興重視から、食糧安全保障や環境保全に果す役割への幅広い政策展開をめざし、食糧自給率45%を目標に計画したが、2005年見直しを行うなど実現可能な数値目標が（金額ベースも含む）検討された。

(3) また、農業の「自然環境機能の維持増進」が不可欠である旨も明記された。従来の手法では環境と調和のとれた持続的な農業生産が立ち行かない事態も危惧されるとの観点から、農産物生産も大幅な軌道修正が必要との判断が示されたのである。すなわち、「農業の多面的機能」をお金に換算すると8兆2226億円（日本学術会議資料：洪水防止3兆4988億円、水源涵養機能1兆5170億円、土壌浸食防止3318億円、土砂崩壊防止4782億円、有機性廃棄物処理123億円、気候緩和87億円、保健休養・安らぎ2兆3758億円等）の評価（農業に携わる一人として誇りを持ち、同時に責任の重さの認識も重要）。

(4) 安定生産・持続型農業（生産、大規模化、経営の持続、自給率の向上農産物40%から45%（カロリー・金額、1965年73%の自給率）、環境（負荷軽減、農薬、化学肥料の使用節減、富栄養化、廃プラなど資材多、環境に配慮した技術開発および体系化）

(5) 情報の提供、農産物のPR、高品質、安全性、機能性、旬など季節感、食物素材への拘り、長い歴史の中で培われた日本の食文化の伝承、美意識、見た目、感性、心の豊かさ・潤い・安らぎ等、特産品、差別化など作る側「匠」と消費者のこだわり、信頼・連携の構築が重要である。

(6) 果樹栽培・リンゴ生産における課題

国際化による自由化進展は、ライフスタイルの変化を招き食生活にも大きく影響（豊かさ・多様化等）、農産物など輸入自由化品目の増大に繋がり、安価な輸入品に国内産農産物が圧迫を受ける厳しい状況となった。

果樹産業も同様に多様な果物（生果、果汁）が輸入され「少量多品目化」、「量より質」低価格化、安全性指向の高まり等消費動向の急激な変化に加え、生産現場における減農薬栽培「安全・安心」等健康に配慮した果物生産、労働事情の悪化（就農労働者の高齢化、新規就農者の減少等）、所得減少等々リンゴ栽培、経営についても環境が一段と厳しい状況となっている。

(7) かかる状況の対策として、流通、販売の改善、生産規模拡大、新品種の開発、省力化・低コスト化・多収・安定生産・品質向上等の対策や技術開発が進められてきた。更に昨年からはポジティブリスト制度（2006年5月29日施行）、農薬残留基準が設定され、従来の果樹栽培（複合樹種、多品種混植等）では農薬飛散などの危険性があるため困難（人間の健康に係わる大きな社会問題）となり、その対応は抜本的な経営の見直しであり、生産園地の早急な大改革が必要な所以である。

国では、産学官連携のもと、国際化、社会情勢に対応するリンゴ生産を目指した高度化事業（2004年～2008年）「21世紀型新栽培法」とも言うべき「リンゴの単植化」技術開発研究が実施されている。研究はそれぞれ得意分野を分担し、着実に進展成果をあげている。幸い農水省では2007年度から果樹経営支援対策事業を新たに始める。高品質の果物作り、省力栽培等に取り組む産地を支援（優良品目・品種の改植など）足腰の強い果樹農家の育成、産地の競争力アップが狙いである。まさに本試験の成果を現地へ導入するための新事業のようであり、現地への新技術導入が期待される。

（花巻市葡萄が丘農業研究所 藤根勝栄）

2) リンゴ栽培の変遷

リンゴ生産が本格的に取組みの始まった19世紀後半から130有余年。産業が築かれ、農業者の生活を支えてきた。果樹産業としての生産額は、最近の低価格化の影響を受け約8%と大きくはないが、多くの人々に「夢と希望」そして日々の生活に「潤い」「安らぎ」をもたらすなど日本の食文化の中で、国民生活に果たしている役割は大きい。

(1) 特に、戦後の荒んだ食糧難の厳しい生活の中で、一個のリンゴが空腹を凌ぎ、「赤いリンゴ」の唄は国民の愛唱歌として親しまれ、心の支えとなって多くの人々の生活に係わり、夢と希望の糧となった。国内での「赤いリンゴ」の歴史は長くないが、苦難の道を国民と共に歩んできた代表的な果物の一つである。

(2) 一方、生産面では、マルバカイドウ台木を主体に大樹仕立て、多収穫を目標に、整枝・剪定法、病害虫の発生予察と農薬を主体とした効果的防除法、草生栽培、生長調整剤等栽培技術の確立、「ふじ」、「つがる」等新品種の開発等々、多くの先人達の弛まぬ努力により幾多の困難を乗り越え著しい変遷をとげ、時代と共に発展してきた。

中山間地で家族労働主体とした中・小規模経営又は兼業で、多収・安定生産・高品質・気象災害対策、労働分散など安定した収益を確保するため狭い園地に複合樹種、早生種から晩生種まで多品種混植の栽培法を推進した。

(花巻市葡萄が丘農業研究所 藤根勝栄)

3) リンゴ栽培を革新した「わい化栽培」

1960年代に入り、欧米から導入されたM系わい性台木の繁殖、特性調査など規模を拡大し本格的な試験を開始。国内での試験成果の積み重ねと、欧米など先進国を研修するなど1970年代に入り全国的にわい化栽培に一層関心が高まり、従来の粗植大樹仕立て(10a当たり15~20本植)から密植小樹仕立て(10a当たり125本)「わい化栽培」への本格的な取組みが始まり、1973年から国の事業(岩手の小倉沢りんご生産組合など全国5カ所)で現地モデル実証栽培がスタート「早期多収・省力・高品質化」に向け、革新的技術が本格的に導入され、日本のリンゴ産業も大きな変遷期を迎えた。

(1) わい化栽培が導入され30数年を経過、優良品種「ふじ」を主体に、我が国の気候風土と外観重視の食文化を踏まえ、革新的栽培法「高密植」大規模経営(10ha規模の生産組合、協業経営など大規模団地化)は幾多の問題を抱え、試行錯誤を重ねながら所期の目的達成に向け(早期多収、高品質化、省力化等)期待と不安(未確定技術)の中でわい化栽培によるリンゴ生産に関係者の努力が重ねられた。

(2) その後、新たに国が開発した優良わい性台木「JM系」や主産県で育成した新品種を中心に高品質生産への取組みが進む中で、消費者への「安全・安心・美味しい」更に機能性など健康食品としての提供と環境に優しい栽培法など21世紀を迎え、新たな手法による生産への取組みが始まり、時代の変化と共に革新的わい化栽培も技術開発と相まって面積の拡大が進んでいる。

(花巻市葡萄が丘農業研究所 藤根勝栄)

4) 「売れる果物」リンゴをどう作るか

従来のリンゴ生産は、外観を重視する中で、密植、多肥、多農薬、多資材投入、そして多労力等あらゆる方法・手段を取り込み、市場流通を主体とした取引で販売が繰り返されてきた。これは、往々にしてコストを度外視するかのような過度な対応であった。

他産業とは異質とも言えるような従来の生産営農活動を踏まえ、国際化など新たな時代に対応する「食料・農業・農村基本法」を施行(2005年見直し)。持続的発展を図るため、農業の「自然環境機能の維持増進」が不可欠である旨明記された。従来の手法では環境の悪化が見られるな

ど、環境と調和のとれた持続的な農業生産が立ち行かない事態も危惧されるとの観点から、農産物生産も大幅な軌道修正が必要との判断である。

(1) 地球規模での環境問題

今や国際的にも化学肥料、農薬使用等の節減が重視され、OECD加盟国を中心に有機農業等の推進に関する仕組みが整備されてきている。

リンゴ生産においても、早急に環境に配慮した持続的農業を推進するとともに、農業が本来持っている自然環境維持機能を高度に発揮し、持続的安定生産を進めなければならない状況下にある。

(2) 食文化に彩りを添える果物

消費ニーズは、日本の気候風土で培われた食文化の中で、嗜好品としての果物をイメージし、リンゴで言えば真っ赤で代表されるように、人間の感性への訴えでもある（健康、心の豊かさ、安らぎ、潤い、外観の立派さと美しさ、食べて美味、安全で安心、機能性、新鮮、旬、生活慣習、ギフト商品、縁起等々）。果物に対する国民の期待は大きいほど、生産現場にとって非常にハードルは高い。

しかし、園芸作物にはリンゴをはじめ「作る側のこだわり」、名人あるいは匠の世界があり、「消費者のこだわり」も相まって食文化が築かれ、地域の特産品が育てられてきた。

消費者と生産者が信頼、連携など強い絆で繋がってきた所以であり、低価格主体の輸入品では国産品の代替えとして求められない部分も多い。

(3) 需給調整対策「国～生産者」適正生産・出荷目標

需給調整による生産量の抑制、販売強化を図るため農林水産省は、2003年リンゴ生産量を適正生産出荷量とし、その内訳は「生食用63万5千t、加工原料14万5千t、自家消費量9万tの計87万t」としたが、2006年見直しを行い、86万tと下方修正した。高品質化が目標。

① 付加価値の向上・ブランド化

ア 環境に優しい栽培：省資材、減農薬等生産現場の配慮・食品の安全性等

イ 共販基準の強化（センサー）：安全・安心・機能性等栽培法の改善、新品種、外観、食味、旬等こだわり商品の開発

(花巻市葡萄が丘農業研究所 藤根勝栄)

5) 「具体的な対応策」

国の基本計画では、国際化に対応する方策の一つとして大規模化、専門化（協業では10ha、個人では3～5ha）によるリンゴ経営の体質強化が重要と位置付けている。

これに対応するには、リンゴわい化栽培が容易である。技術目標として樹高2.5～3m、結実部位2～2.5m、収量3トン（10a60本前後）、成園化4～5年（2～3年の大苗移植）、労働時間100h/10a、経済寿命10～15年（短期間では剪定も容易）ではどうか。

(1) 大規模経営への取り組み

「経営者・社長としての認識・自覚」「確かな腕と意気込み」・コスト削減が必須

時代の背景を踏まえ、自分がどのようなリンゴ経営を進めるか計画を明確にすることが重要である。経営規模、労働力確保、機械装備、施設化、販売方法、所得目標など、規模が大きいほど綿密さが要求される。

① 生産面では単位面積当たりの収量・収益の追求ではなく、全面積を対象とした収量と収益を目標に定めることが必要。農産物価格は、長期的には低値傾向、再生産に向け所得を増やし、担い手の安定経営を図るためには、コスト削減（特に労働力や農薬など資材）が重要課題である。

② 大規模経営では、収益性も大きいが時としてリスクも伴う。また大型機械導入等の投資額も大きい。良品・安定生産の栽培技術者であると同時に、個別技術、雇用労力、機械化をど

う組み立てるか、経営者としての手腕が大規模経営の要であり責任は大きい。

- ③ 近年、水田転作や高齢化等で耕作放棄地（2005年全国で38万ha）も増える傾向にある。規模拡大では農地の確保は比較的容易であり、働きやすい園地造成は可能である。また個別技術の開発が進んでいる。新しいわい性台木（JM系）、新品種（「黄香」、「シナノスイート」、「シナノゴールド」「星の金貨」）など商品価値を高める商材開発も進んでおり、消費者ニーズを先取り（永年作物は5～10年先を見通した計画が必要）するリンゴ生産の新しい組み立ては容易である。消費拡大に向けたロット、ブランド化が条件であり、組織体制づくり等どう組み立てるかは経営者の手腕に委ねられ、資質・手腕が問われる。
- ④ 大規模経営では1haを単位（10aあたりでは見えない部分あり）として計画しなければ作業予定、雇用労力、品種構成、機械化とその償却などそぐわない面が多い。今後はヘクタールを単位とした経営の尺度が適当と考える。

（2）基盤整備と気象災害対策＝異常気象、大気汚染、土壌荒廃等食料危機

地球温暖化が叫ばれ、その影響の現れか異常高・低温、集中豪雨、突風、台風など近年の異常気象は農業にも多大の被害をもたらしている。

規模拡大に当たって集中豪雨に対する排水対策、強風、霜、雹、高温、土壌の過乾過湿（有機物投入）への対応、鳥害対策、灌水等施設整備を計画的に取り組み、生活が脅かされないよう事前の対策で経営の安定を図らなければならない。

- ① コンピューターシミュレーション・年間最大額予測。地球温暖化の影響が予測される中で、雨の多い地域はより多雨、反対に小雨では干ばつが深刻と予測。海面温度の上昇による台風などの大型化、発生頻度も増加。現在のペースでは、先進国の暴風雨による被害拡大、日本では2080年までに台風による損害額が最大で年間3兆8億円。主な温室効果ガスがこのまま増え続けると自然災害で、経済や社会が大混乱すると英国の保険業協会が予測。

（3）高齢者にも対応可能な技術開発

高齢者の割合が急激に増加している現状と若い新規就農者が増えない状況を踏まえ、軽労化、快適性、平易化に向けた機械化（高齢者の農機具事故多発、シンプルな操作性が容易）技術開発は重要である（農業従事者75才未満で2000年に209万人が10年後に117万人に半減と予測）。剪定、摘果、病虫害防除も（地球温暖化による病虫害の多発）初心者には難しいとされる。永年性作物との考えではなく、10年程度のショートサイクル栽培（小型樹短期高生産）での生産も含めた平易化技術の確立、体系化が急がれる。

（4）耐病性、わい化性等新品種の開発

今までは、品質（外観、食味）を重視した育種が進められてきた。環境三法などを踏まえ、今後の重点は、耐病虫性品種の開発である（農薬の年間散布回数30%、散布量30%以下の削減目標とSSの改善）。その他には、自家和合性、自家摘果性、着色性、樹冠のコンパクト化等（農薬散布の減少に関わる面、超省力化、低コスト化）をめざした品種開発に期待が大きい。

（花巻市葡萄が丘農業研究所 藤根勝栄）

6) 「安全・安心」21世紀型新栽培法「リンゴの単植化」

国際化進展の中で、一層の消費拡大に向けた日本のリンゴ生産は、2006年5月29日からスタートした「ポジティブリスト制度」を踏まえ、「安全・安心・美味しい」更に機能性を具備した健康によいリンゴ生産、そして品種の特徴を最大限に発揮する栽培技術と世界に誇れる優れた外観のリンゴ生産である。

（1）リンゴ単植園の安定生産に向けた具体的取組み

リンゴ単植園づくりの前提条件：美味しいリンゴを如何に安定生産するか、リンゴ生産に携わる人の安全で働きやすい圃場づくりとリンゴ樹の生育環境の改善が前提である。

従来のマルバ台使用普通樹大樹仕立て、わい性台木使用の密植栽培は、多収穫、大玉、着色など量、外観を重視した生産であった。今後は、特徴ある品質、安定生産、安全で機能性を具備した健康食品と旬など消費ニーズに対応できるリンゴ生産（意識改革）。

- ① 安全で働きやすい圃場づくり：中・小規模の農地で家族労働を主体とした経営では、園地一杯に栽植、更に剪定で空間を上手に埋めるなど夏の生育最盛期には、枝葉が交差する中を巧みにSSを操作しながら薬剤散布、摘果、着色管理、多品種混植の中、移動の多い収穫作業等は、農薬被爆や散布直後の管理作業は生産者自身の健康面や労働条件の解決すべき課題もあり、早急に改善が図られなければならない。
- ② 植物の生育環境の改善では、日当たり、風通し、適正着果量等気候風土に照らし合わせた生産体系の確立を図るなどリンゴ樹が健全な生育をする環境づくりが重要である。
リンゴのわい化栽培では、当面の栽培技術を前提条件に4×2m=125本/10aの密植栽培で早期多収・省力化・低コスト化を目指した。しかし樹齢が進むにつれて枝葉が交差し、作業性、品質、収量等に影響が現れ、特に「ふじ」等生育の良い品種では、間伐で対処（進めた経緯がある）した園地もある。
- ③ 単植園における結実安定のための授粉樹の導入では、経済品種に対する開花期、和合性と開花数等課題はあるが、本試験で適正な授粉対策など安定生産技術が実用化されるものと期待される。

リンゴ園への導入法については、独立樹、高接ぎ法等色々あるが、安定した開花数の確保、剪定、摘花・果等考え合わせると10~20%の割合で授粉樹として独立樹の混植が管理上容易ではないかと思われる。1本のリンゴ樹として認知することが、安定した開花数の確保、開花期間など余裕のある対応、安定生産に繋がり、授粉樹として十分な役割を果たすものと思われる。一方、主幹延長枝や側枝などへの高接ぎは、高接ぎウイルス、剪定時の切り落とし等管理上（園主は理解しているが）雇用者では容易でない。

(2) 栽植距離、密度等は、土壌条件やわい性台木の選択にもよるが5~6m×3~4m（10aあたり50~60本前後の中密植）で樹間隔を広く取り、樹高、樹幅を制限、小型樹化、更に枝を減らし、風通しと日光の照射を良くすることが枝葉を丈夫にし、農薬の到達性を高め、降雨後の乾きも早く病虫害発生の抑制にも繋がる（風に対しては落果等悪いイメージが多いが、日々の微風等植物の生育に効果大である）。

また、多収を求めるのではなく、品質向上（美味しい、品種の特徴を持った果実、優れた外観等）、作業性の向上（広い作業道は機械化も容易、枝の交差するトンネル状態の中、SS操作は危険が伴う）、園内を4WD軽トラックが自由に走行（収穫果など重量物を容易に園外に搬出）できるぐらいのリンゴ園の環境づくりが当面の課題である。

(3) 個別農家の小規模経営から地域・集落・団地化等農地の集積化、規模拡大による一定面積を活用した安全対策、集約栽培など営農計画（国の方向に沿った計画化）。

- ① 安全性確保（土地集積による単植化で、隣接地の他作物に余裕のある基盤整備の改善、農薬ドリフト防止等安全に配慮した緩衝地帯、遮蔽物、防風網等計画的設置容易）。
- ② 特産品づくり（拘り商品づくり、旬、物日などに対応可能な時期、ロット確保容易）
- (4) 農地の集積化、効率的利用（作業性、働く環境整備、安全なリンゴ生産、技術の共有、共同作業、当番制等導入による効率化）。

(5) 複合樹種・多品種混植から単植化

① 単植化の長所

- ア 安全性（病虫害防除薬剤のドリフト防止）
- イ 省力化・能率化（同一品種では摘果作業等単純化・平易化、同一作業で能率化）
- ウ 低コスト化（労働力、農薬選択幅拡大、適期防除）

エ 一定のロット確保可能、産地化、ブランド化

② 単植化の問題点（規模の大きい場合）

ア 労働力の集中化（摘果、収穫等特定期間の労働力確保は容易でない）

イ 適期作業の遅延（摘花・果、収穫等大規模経営ほど作業遅延に繋がる）

ウ 気象災害の危険性増大（早生種、晩生種等により発芽、開花期が異なる。単植園では降霜、降雹、台風襲来等の影響が懸念される）

エ 特殊病害虫多発の恐れ（「王林」、「デリ系」等の斑点落葉病、「さんさ」のカメムシ）

オ 生理障害の発生（品種により降雨、高温乾燥等気象の影響で裂果、落果、ビターピットの発生等の被害）

（6）主要品種の位置づけ・組み合わせ

① 早生品種園（8月下旬～9月中旬収穫）：「つがる」、「さんさ」、「きおう」等の組み合わせ又は「つがる」等単一品種と授粉専用種の組み合わせ。

土地を一カ所に1ha集積、3～5人で分割個人管理又は生産組合等共同経営。

② 中生品種園（9月下旬～10月に収穫）：「ジョナゴールド」、「シナノスイート」、「シナノゴールド」、「昂林」、「弘前ふじ」等早生系ふじ又は単一品種と授粉専用品種の組み合わせ、土地を集積、1人で0.5～1ha又は3～5人で3～5ha

③ 晩生品種園（11月収穫）：「王林」、「ふじ」

土地を集積、1人で1～3ha又は3～5人で10～15haの共同経営。

（7）生食用果実、加工用品種専用園づくり

リンゴ生産の目的を明確化、用途（加工用として「紅玉」専用園）に対応した生産体系の確立が収益性を高める（省力化・低コスト化・品質等個別技術の体系化及び労働力確保と質的向上（栽培技術の向上））。

（花巻市葡萄が丘農業研究所 藤根勝栄）

7) おわりに

国際化等に対応したリンゴ経営の基本は大規模経営であるが、現実には小規模集約経営、兼業農家等（農地集積による集落営農）トータルとしての国内果物生産であり、むしろ小規模経営の中から高品質の特産品が作りだされている（今だからこそ、大量生産型農業ではなく、暮らしや環境を重視する農業の展開が重要）。これらの流通・販売は、国内需給調整を含め（2006年の需給調整86万t）、青果卸売市場、量販店、産直、ギフトあるいは海外輸出など多様化進展で、対応が一層難しい面も予想される。

消費面では、国際化進展による生活様式及び食の変化、少子高齢化等社会構造の変化が進むものと思われ、多くの消費者は健康に「安全・安心」と機能性を重点に、美味しさ、低価格、優れた外観（見た目にも美しく立派）価値ある商品（日本の食文化）としての果物「リンゴ」を求めるものと思われる。

消費を中心に、流通・販売面の多チャンネル化、特産品化（地域での新品種導入等特徴ある商品、「ふじ」蜜入りリンゴ等こだわり商品）、生産量の変異（生産地の気候風土、地域、園地、品種毎ロット、収穫期、ターゲット等により差異が大きい）。

従来の延長ではない新たな方向が構築されなければならず難しい対応となろう。

一方、生産面では、環境を意識した減農薬・省資材等で有害動植物の被害防止、土壌改良、気象対策（地球温暖化による異常気象）などにより、農作物の生産性向上と経営の安定、持続を図ることが大きな課題であり、加えて若い優秀な経営者を育てることに英知と努力を傾注しなければならない。

国際化をはじめ内外の厳しさが増す状況の中で、わが国果樹産業「リンゴ」の発展に技術開発

は極めて重要であり、現在実施中の高度化事業「リンゴ単植化」は、21世紀型リンゴ栽培の革新的技術として、研究に依存するところ大であり、その成果に関係者の期待が非常に大きい。21世紀の時代にマッチした技術開発・品種育成など急がなければならない。今後一層、行政、研究、普及、農業団体、生産者が力を合わせ、一丸となって生産・販売に取り組み、消費者との信頼・連携を深め、消費拡大に努力しなければならない。各地で農産物の地産地消運動が展開され、消費者との信頼関係が強まり、ポジティブリスト制度の実施以降、国産品に対する「安全・安心」等健康を重視する傾向が高まっている。幸いにもアジア、欧米諸国でも日本の果物に対する評価は高い。国も農産物輸出1兆円を目標にかかげ、積極的に取組む姿勢を示している。

農業者「リンゴ生産者」自らがプロ（自分の力量で経営できる）としての「認識」、「自覚」、「責任」のもと、「新たなリンゴ園づくり」に取組み、地域の組織化、規模拡大等、安定経営に向け最大の努力を払うならば、収益増、経営安定など大きな成果となり再生産の道は大きく開ける。

（花巻市葡萄が丘農業研究所 藤根勝栄）

リンゴ単植化の手引き

平成19年2月発行

編集・発行 独立行政法人 農業・食品産業技術総合研究機構
果樹研究所リンゴ研究チーム
別所 英 男 (事務局)
〒020-0123 岩手県盛岡市下厨川字鍋屋敷92-24
電話 019 (645) 6155

印刷所 株式会社 興 版 社
〒020-0816 岩手県盛岡市中野一丁目 4-14

訂正

10ページ第5表のシナノピッコロのS遺伝子型を $S_3S_{10} \rightarrow S_3S_7$ に御訂正下さい。