

果実のエチレン生成特性による ニホンナシ品種の類別

田辺賢二*・田村文男*・伴野 潔*
栗山吉弘**・大旗英次***

緒 言

一般に、果実の成熟老化には植物ホルモンであるエチレンが関与していることが知られている⁽⁸⁾。ニホンナシについても同様で、果実の早晩性・貯蔵性にはエチレンが深く関与している⁽³⁾。

高等植物におけるエチレン生成経路は、メチオニンを基質として、S-アデノシルメチオニン、1-アミノシクロプロパン-1-カルボン酸(以下これをACCと略記)を経て、エチレンへ変換される経路であることがYangら⁽¹⁾によって明らかにされた。またこの経路において、ACCからエチレンに変換する過程にはエチレン生成酵素(以下これをEFEと略記)が関与していると考えられている⁽⁴⁾。(第1図)

本研究室では、エチレン生成の最終段階であるACCからエチレンへの過程に注目し、エチレン生成量・ACC含量及びEFE活性にはニホンナシ品種間で差異があることを明らかにした⁽¹¹⁾。しかし、他の品種についてはこのことは検討されていない。

多くの品種についてこのことを明らかにすることは、それらの果実における早晩性や貯蔵性の解明に重要であるばかりでなく、ニホンナシの類縁関係、あるいは新品種育成などを考える場合にも重要な知見となり得る。

そこで本研究は、できるだけ多くの品種についてこれらの差異を比較・検討することにより、ニホンナシ各品種を、果実のエチレン生成特性から類別・整理することを目的として行った。

材料及び方法

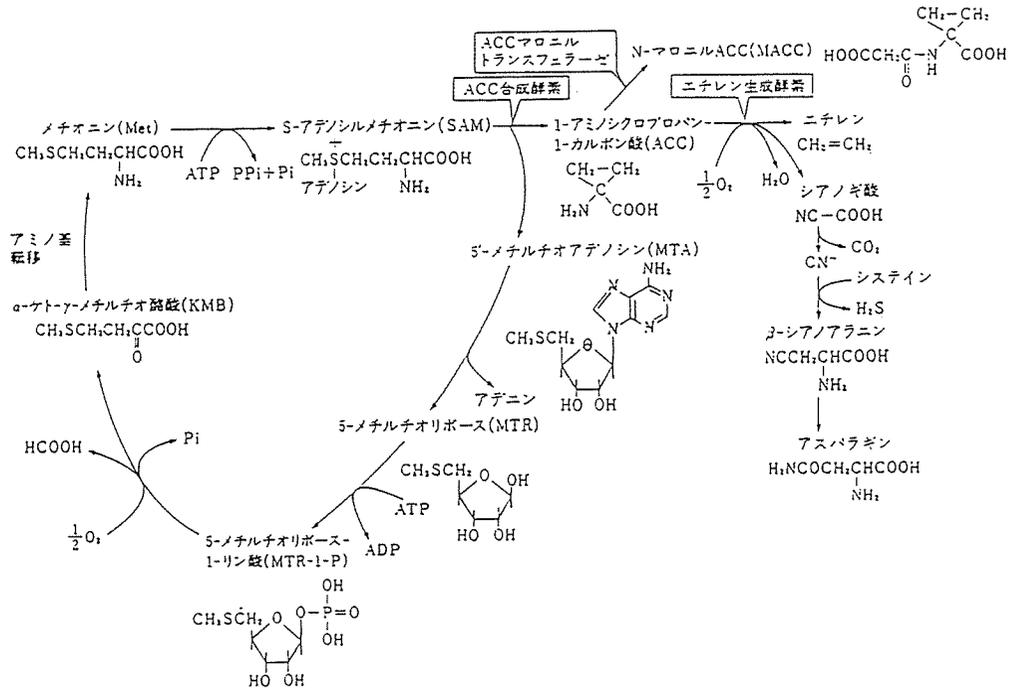
本学日本梨開発実験施設栽培園の‘幸水’‘豊水’、同施設品種保存園の‘赤穂’‘天の川’、岩美町田中氏園の‘愛宕’、及び鳥取県果樹野菜試験場品種保存園の‘水秀’‘八雲’‘雲井’‘八幸’‘長十郎’‘祇園’‘幸蔵’‘青龍’‘越後錦’‘新高’‘白雪’‘早生赤’‘今村秋’‘晩三吉’を供試した。

各品種の果実を、成熟期の約1ヶ月前より定期的に採取し、エチレン生成量、果肉中のエチレ

* 鳥取大学農学部生物生産学園芸分野

** 兵庫県豊岡農業改農普及所

*** 鳥取大学農学部附属農場



第1図 エチレン生成経路とメチオニン救済回路 (Yangら, 1984)

ン及びACC含量, 並びにEFE活性について, 以下の方法に従い測定した。

1) エチレン生成量の測定 (ヘッドスペース法) ⁽¹⁰⁾

採取した果実をプラスチック製の密閉容器に入れ, 21°Cで5時間静置したのち, 容器中のヘッドガスを2 ml採取し, ガスクロマトグラフ (FID) により測定した。

2) エチレン含量の測定 (減圧採取法) ⁽¹⁰⁾

採取した果実を希塩酸中で5分間減圧して, 組織内のガスを採取し, ガスクロマトグラフ (FID) により測定した。

3) EFE活性の測定

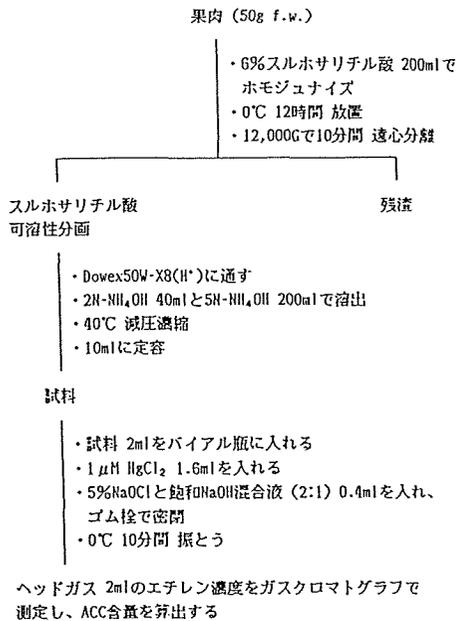
果実赤道面付近の果肉1 gをカミソリを用いて切り取り分割したものを, ACC 1 Mm溶液 (pH5.6リン酸緩衝液) を入れたガラス瓶に入れ, ゴム栓で密閉した。さらに21°Cで2時間振とうし, 発生するエチレン量を測定して, EFE活性を求めた。なお, 傷害によるEFEの生成を抑えるために, 溶液にはシクロヘキシミド (1 Mm) を加えた。

4) ACC含量の測定

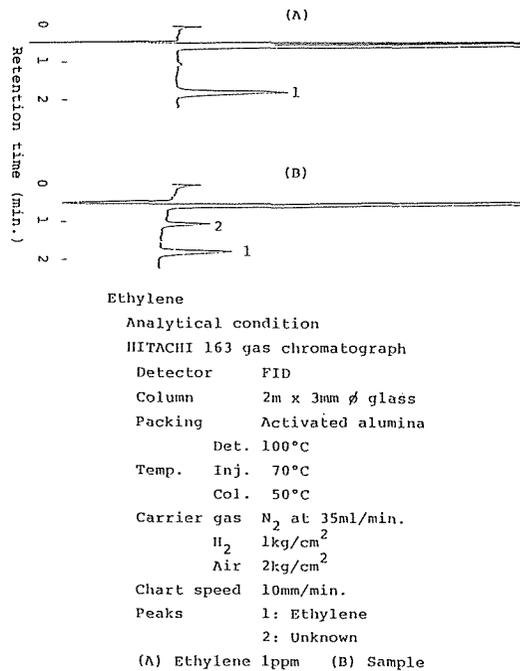
ACCの抽出及び定量法は, LizadaとYang⁽⁷⁾の方法に準じて行った。(第2図) なお, エチレンのガスクロマトグラムを第3図に示した。

結 果

まず, 全体的な傾向について述べると, 次のようであった。



第2図 果肉中の1-Aminocyclopropane-1-carboxylic acid (ACC) の抽出および測定方法



第3図 エチレンのガスクロマトグラム

エチレン生成量は、各品種とも成熟期以前は極めて微量であった。しかし、成熟期に近づくにつれエチレン生成量は、早生で貯蔵性の悪い品種ほど著しく増加し、晩生で貯蔵性の良い品種ほど増加の程度が少ない傾向が認められた。(第4図)

エチレン含量は、エチレン生成量とほぼ同様の動きを示した。

EFE活性は、エチレン生成量と同様に、ほとんどの品種で成熟期以前は低かった。しかし、成熟期に近づくにつれEFE活性は、エチレン生成量の多い品種ほど著しい上昇を示したのに対し、エチレン生成量の少ない品種ほど上昇の程度が小さい傾向が認められた。(第5図)

ACC含量も、エチレン生成量の多い品種ほど多く、エチレン生成量の少ない品種ほど少ない傾向が認められた。(第6図)

次に、品種別にこれらの動きを見ると、次のようであった。

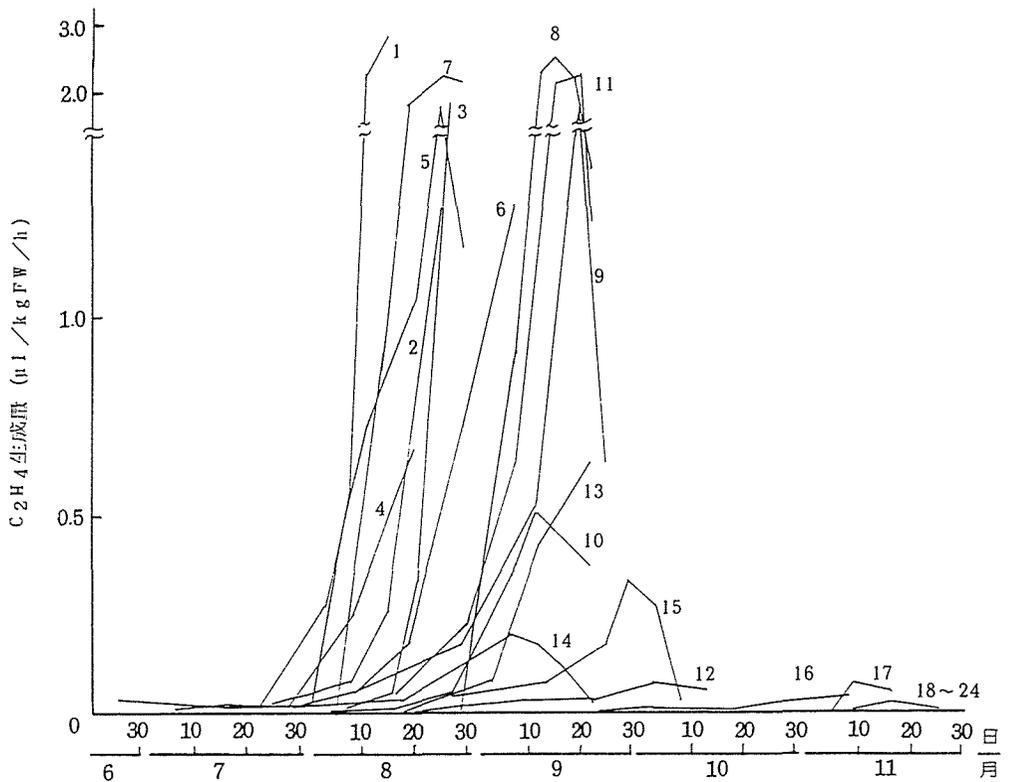
‘水秀’：果実の成熟に伴うエチレン生成量、エチレン含量、EFE活性及びACC含量の動きを第7図に示した。エチレン生成量及びエチレン含量は、8月上旬に急速に増加し、8月中旬に著しく高い値を示した。EFE活性は、エチレン生成量の増加と同時に急速に上昇し、著しく高い値を示した。ACC含量は、エチレン生成量に比べやや早くから増加し、エチレン生成量とほぼ同時期に高い値を示したのち減少した。

‘長十郎’：果実の成熟に伴うエチレン生成量、エチレン含量、EFE活性及びACC含量の動きを第8図に示した。エチレン生成量及びエチレン含量は、9月上旬に急速に増加し、9月中旬に著し

く高い値を示したのち減少した。EFE活性は、エチレン生成量の増加と同時に急速に上昇し、著しく高い値を示した。ACC含量は、エチレン生成量の増加とほぼ同時に急速に増加し、著しく高い値を示したのち低下した。しかし、ACC含量は他の品種に比べ、減少後も高い値であった。

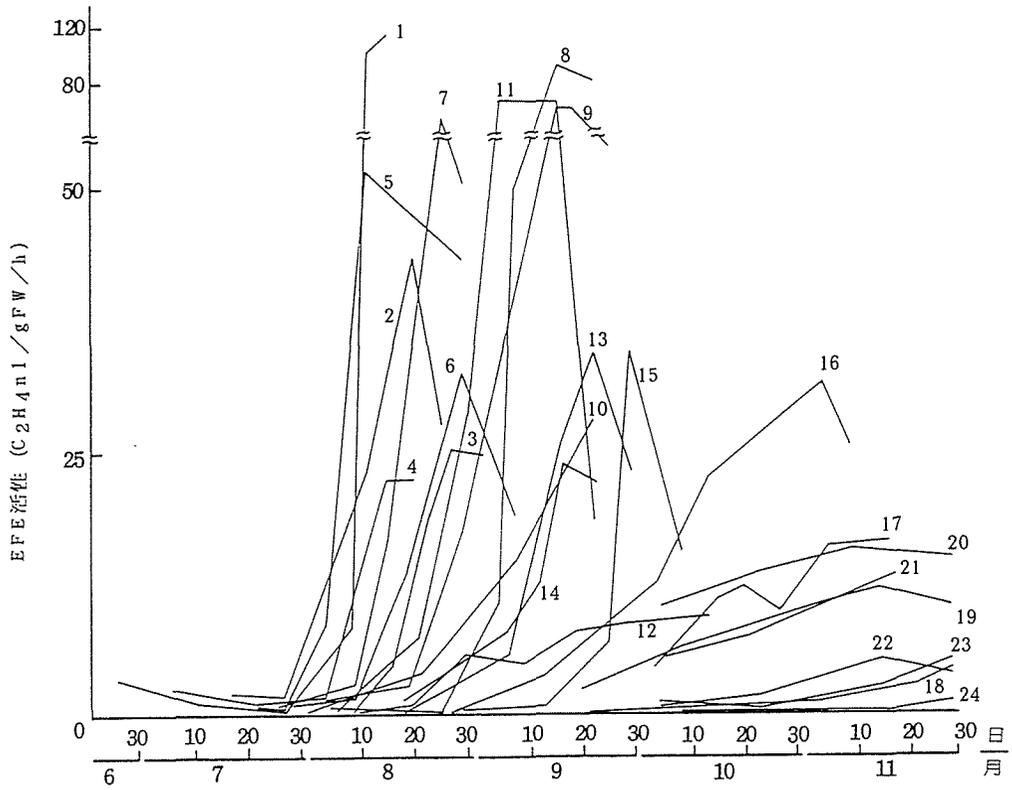
‘赤穂’：果実の成熟に伴うエチレン生成量、エチレン含量、EFE活性及びACC含量の動きを第9図に示した。エチレン生成量は、8月中旬に急速に増加し、8月下旬に著しく高い値を示したのち、やや減少した。エチレン含量は、エチレン生成量の増加と同時に急速に増加し、著しく高い値を示した。EFE活性は、エチレン生成量の増加と同時に急速に上昇し、著しく高い値を示したのち低下した。ACC含量は、エチレン生成量の増加とほぼ同時に増加し、エチレン生成量に比べやや早い時期に著しく高い値を示したのち減少した。しかし、ACC含量は他の品種に比べ、減少後も高い値であった。

‘幸蔵’：果実の成熟に伴うエチレン生成量、エチレン含量、EFE活性及びACC含量の動きを第10図に示した。エチレン生成量は、8月下旬から9月中旬にかけて増加し、著しく高い値を示したのち減少した。エチレン含量は、エチレン生成量の増加と同時に増加し、著しく高い値を示した。



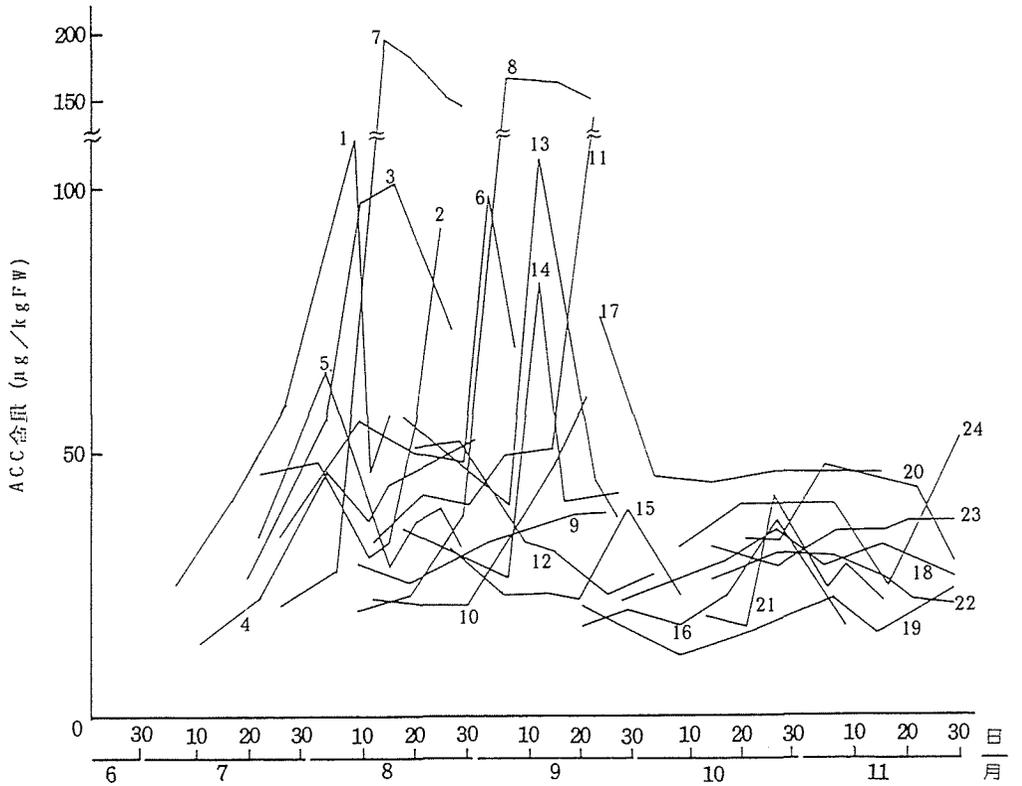
第4図 ニホンナシ各品種果実の成熟に伴うエチレン生成量の動き

- 1:水秀 2:八雲 3:新水 4:八幸 5:雲井 6:幸水 7:赤穂 8:長十郎 9:祇園
 10:青龍 11:幸蔵 12:豊水 13:菊水 14:二十世紀 15:越後錦 16:新高 17:新興
 18:愛宕 19:白雪 20:早生赤 21:天の川 22:今村秋 23:晩三吉 24:新雪



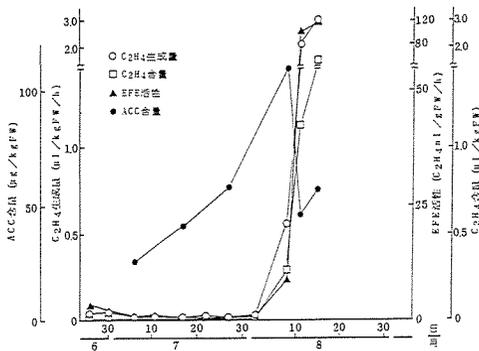
第5図 ニホンナシ各品種果実の成熟に伴うEFE活性の動き

- 1:水秀 2:八雲 3:新水 4:八幸 5:雲井 6:幸水 7:赤穂 8:長十郎 9:祇園
 10:青龍 11:幸蔵 12:豊水 13:菊水 14:二十世紀 15:越後錦 16:新高 17:新興
 18:愛宕 19:白雪 20:早生赤 21:天の川 22:今村秋 23:晩三吉 24:新雪

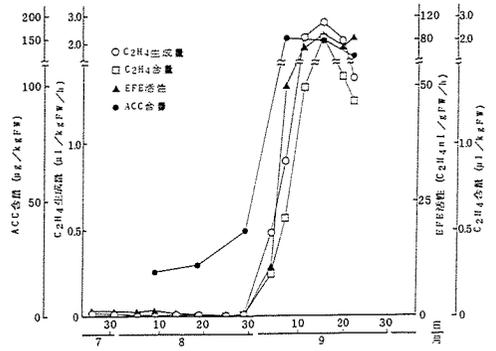


第6図 ニホンナシ各品種果実の成熟に伴うACC含量の動き

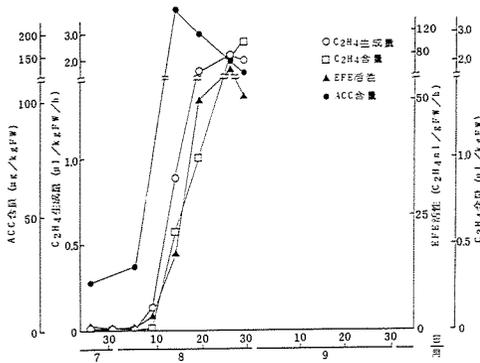
1:水秀 2:八雲 3:新水 4:八幸 5:雲井 6:幸水 7:赤穂 8:長十郎 9:祇園
 10:青龍 11:幸蔵 12:豊水 13:菊水 14:二十世紀 15:越後錦 16:新高 17:新興
 18:愛宕 19:白雪 20:早生赤 21:天の川 22:今村秋 23:晩三吉 24:新雪



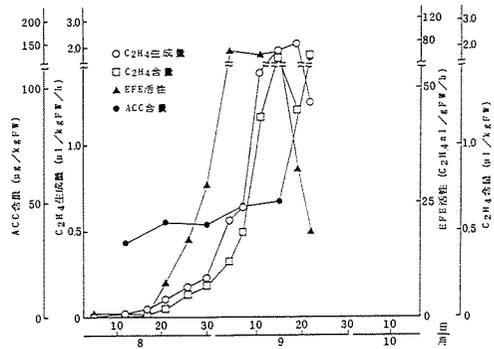
第7図 ニホンナシ'水秀'果実の成熟に伴うエチレン生成量, エチレン含量, EFE活性及びACC含量の動き



第8図 ニホンナシ'長十郎'果実の成熟に伴うエチレン生成量, エチレン含量, EFE活性及びACC含量の動き



第9図 ニホンナシ '赤穂' 果実の成熟に伴うエチレン生成量、エチレン含量、EFE活性及びACC含量の動き



第10図 ニホンナシ '幸蔵' 果実の成熟に伴うエチレン生成量、エチレン含量、EFE活性及びACC含量の動き

EFE活性は、エチレン生成量に比べやや早くから急速に上昇し、著しく高い値を示したのち低下した。ACC含量は、エチレン生成量の増加時期には大きな変化はなく、エチレン生成量の増加にやや遅れて増加し、高い値を示した。

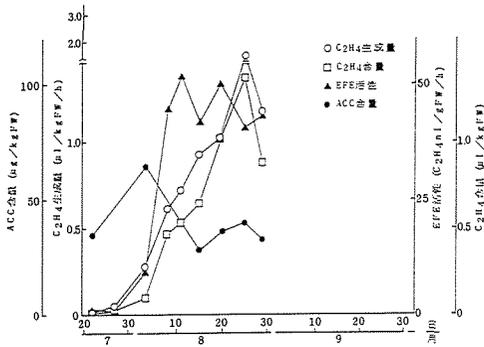
‘雲井’：果実の成熟に伴うエチレン生成量、エチレン含量、EFE活性及びACC含量の動きを第11図に示した。エチレン生成量及びエチレン含量は、8月上旬から下旬にかけて増加し、高い値を示したのち減少した。EFE活性は、エチレン生成量の増加とほぼ同時に急速に上昇し、エチレン生成量に比べやや早い時期に高い値を示したのち、わずかな変動で推移した。ACC含量は、8月上旬にやや高い値を示したのち減少し、エチレン生成量の多かった8月下旬には、低い値で推移した。

‘祇園’：果実の成熟に伴うエチレン生成量、エチレン含量、EFE活性及びACC含量の動きを第12図に示した。エチレン生成量は、8月中旬から増加し、9月中旬に高い値を示したのち、減少した。エチレン含量も、エチレン生成量と類似した動きをしたが、あまり高い値は示さなかった。EFE活性は、エチレン生成量の増加と同時に上昇し、著しく高い値を示したのち低下した。ACC含量は、大きな変化を示さず終始低い値で推移した。

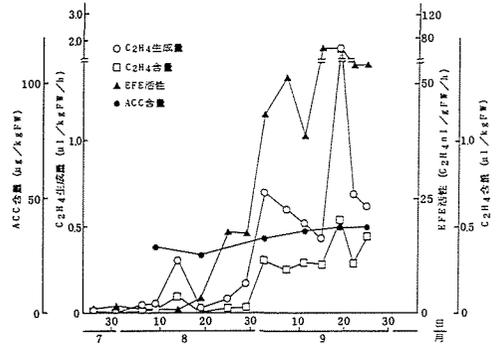
‘幸水’：果実の成熟に伴うエチレン生成量、エチレン含量、EFE活性及びACC含量の動きを第13図に示した。エチレン生成量及びエチレン含量は、8月中旬から増加し、9月上旬に高い値を示した。EFE活性は、エチレン生成量の増加と同時に上昇し、エチレン生成量に比べやや早い時期に、比較的高い値を示したのち低下した。ACC含量は、エチレン生成量の増加にやや遅れて増加し、エチレン生成量とほぼ同時期に高い値を示したのち減少した。

‘八雲’：果実の成熟に伴うエチレン生成量、エチレン含量、EFE活性及びACC含量の動きを第14図に示した。エチレン生成量は、8月中旬から増加し、8月下旬に高い値を示した。エチレン含量も、エチレン生成量と同様の動きをしたが、あまり高い値は示さなかった。EFE活性は、エチレン生成量に比べ、やや早い時期から上昇し、エチレン生成量とほぼ同時期に高い値を示したのち低下した。ACC含量は、8月上旬にやや減少したが、エチレン生成量の増加と同時に増加し高い値を示した。

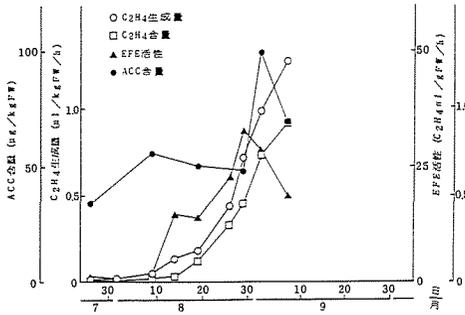
‘八幸’：果実の成熟に伴うエチレン生成量、エチレン含量、EFE活性及びACC含量の動きを第15図に示した。エチレン生成量は、8月上旬から増加し、8月中旬にやや高い値を示した。エチレ



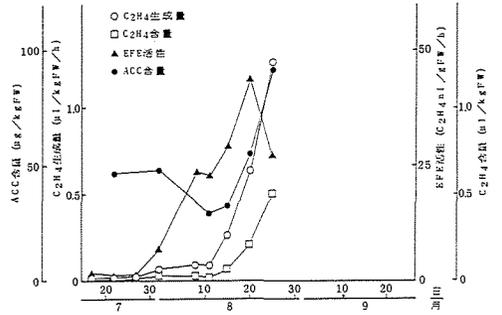
第11図 ニホンナシ '雲井' 果実の成熟に伴うエチレン生成量, エチレン含量、EFE活性及びACC含量の動き



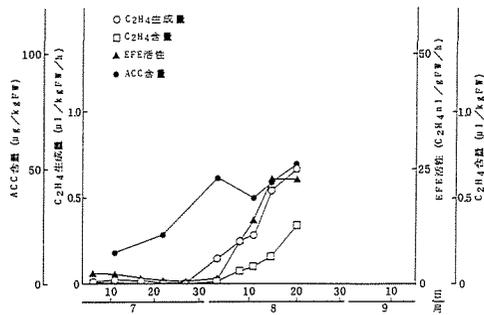
第12図 ニホンナシ '祇園' 果実の成熟に伴うエチレン生成量, エチレン含量、EFE活性及びACC含量の動き



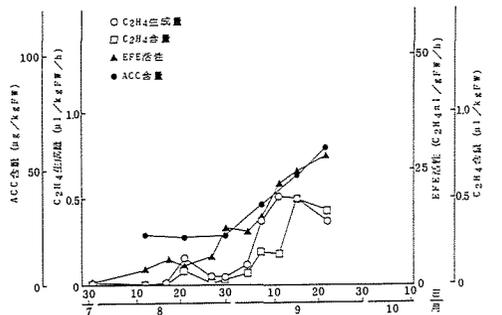
第13図 ニホンナシ '幸水' 果実の成熟に伴うエチレン生成量, エチレン含量、EFE活性及びACC含量の動き



第14図 ニホンナシ '八雲' 果実の成熟に伴うエチレン生成量, エチレン含量、EFE活性及びACC含量の動き



第15図 ニホンナシ '八幸' 果実の成熟に伴うエチレン生成量, エチレン含量、EFE活性及びACC含量の動き



第16図 ニホンナシ '青龍' 果実の成熟に伴うエチレン生成量, エチレン含量、EFE活性及びACC含量の動き

ン含量も、エチレン生成量と同様の動きをしたが、あまり高い値は示さなかった。EFE活性は、エチレン生成量の増加と同時に上昇し、やや高い値を示した。ACC含量は、エチレン生成量に比べ早い時期から増加し、エチレン生成量とほぼ同時期にやや高い値を示した。

‘青龍’：果実の成熟に伴うエチレン生成量、エチレン含量、EFE活性及びACC含量の動きを第16図に示した。エチレン生成量及びエチレン含量は、8月下旬から増加し、9月中旬にやや高い値を示したのち減少した。EFE活性は、エチレン生成量の増加とほぼ同時期から緩やかに上昇し、エチレン生成量にやや遅れて比較的高い値を示した。ACC含量も、エチレン生成量にやや遅れて比較的高い値を示した。

‘越後錦’：果実の成熟に伴うエチレン生成量、エチレン含量、EFE活性及びACC含量の動きを第17図に示した。エチレン生成量は、9月中旬より増加したが、あまり高い値は示さず、9月下旬以降減少した。エチレン含量は、エチレン生成量の増加と同時に増加し、やや高い値を示したのち減少した。EFE活性も、エチレン生成量の増加と同時に上昇し、やや高い値を示したのち低下した。ACC含量は、エチレン生成量が高い値を示した時期にわずかに増加したが、全体的に大きな変化はなく、低い値で推移した。

‘豊水’：果実の成熟に伴うエチレン生成量、エチレン含量、EFE活性及びACC含量の動きを第18図に示した。エチレン生成量及びエチレン含量は、9月上旬以降わずかに増加したが、その値は増加後も低かった。EFE活性も、エチレン生成量の増加とほぼ同時に上昇したが、上昇後もやや低い値であった。ACC含量は、8月下旬にやや高い値を示したが、それ以降緩やかに減少した。

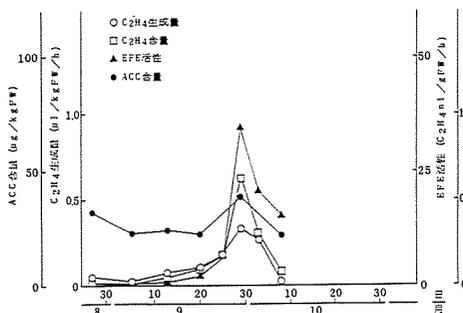
‘新高’：果実の成熟に伴うエチレン生成量、エチレン含量、EFE活性及びACC含量の動きを第19図に示した。エチレン生成量及びエチレン含量は、ほとんど増加を示さず、低い値で推移した。EFE活性は、9月中旬から緩やかに上昇し、10月中旬にやや高い値を示したのち、ほぼ一定の値で推移した。ACC含量は、10月下旬にわずかに増加したが、全体的に大きな変化はなく、低い値で推移した。

‘愛宕’：果実の成熟に伴うエチレン生成量、エチレン含量、EFE活性及びACC含量の動きを第20図に示した。エチレン生成量及びエチレン含量は、大きな変化を示さず、終始極めて低い値で推移した。EFE活性は、わずかに上昇する傾向を示したが、上昇後も低い値であった。ACC含量は、大きな変化を示さず、終始低い値で推移した。

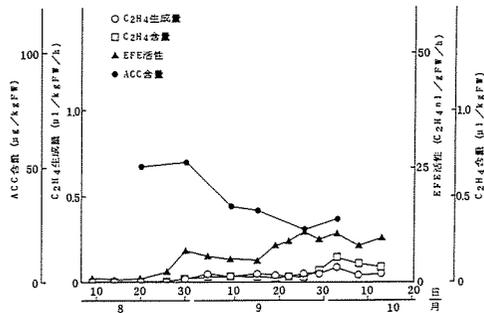
‘天の川’：果実の成熟に伴うエチレン生成量、エチレン含量、EFE活性及びACC含量の動きを第21図に示した。エチレン生成量及びエチレン含量は、大きな変化を示さず、終始極めて低い値で推移した。EFE活性は、わずかに上昇する傾向を示したが、上昇後もやや低い値であった。ACC含量は、10月下旬にわずかに増加したが、全体的に大きな変化はなく、終始低い値で推移した。

‘早生赤’：果実の成熟に伴うエチレン生成量、エチレン含量、EFE活性及びACC含量の動きを第22図に示した。エチレン生成量及びエチレン含量は、大きな変化を示さず、終始極めて低い値で推移した。EFE活性も、明瞭な傾向を示さず、やや低い値で推移した。ACC含量は、10月下旬にやや増加し、11月上旬から下旬にかけてやや高い値を示したのち、再び減少した。

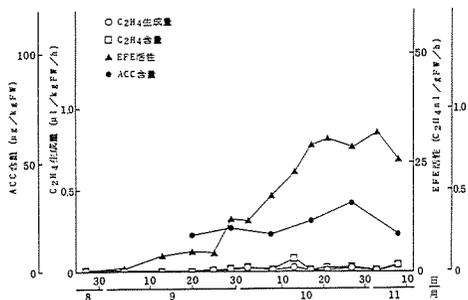
‘白雪’：果実の成熟に伴うエチレン生成量、エチレン含量、EFE活性及びACC含量の動きを第23図に示した。エチレン生成量及びエチレン含量は、大きな変化を示さず、終始極めて低い値で推移した。EFE活性は、わずかに上昇する傾向を示したが、上昇後もやや低い値であった。ACC含



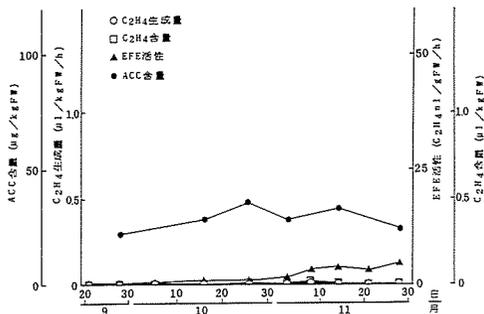
第17図 ニホンナシ '越後錦' 果実の成熟に伴うエチレン生成量, エチレン含量, EFE活性及びACC含量の動き



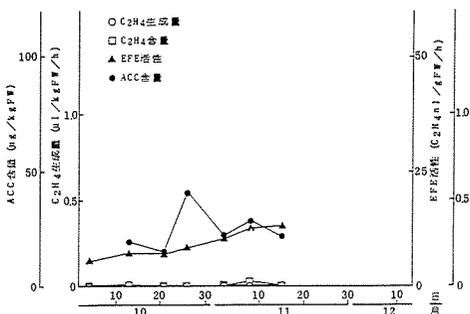
第18図 ニホンナシ '豊水' 果実の成熟に伴うエチレン生成量, エチレン含量, EFE活性及びACC含量の動き



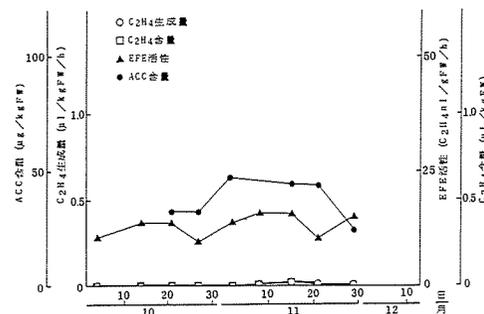
第19図 ニホンナシ '新高' 果実の成熟に伴うエチレン生成量, エチレン含量, EFE活性及びACC含量の動き



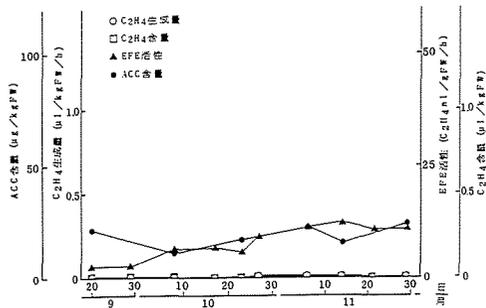
第20図 ニホンナシ '愛宕' 果実の成熟に伴うエチレン生成量, エチレン含量, EFE活性及びACC含量の動き



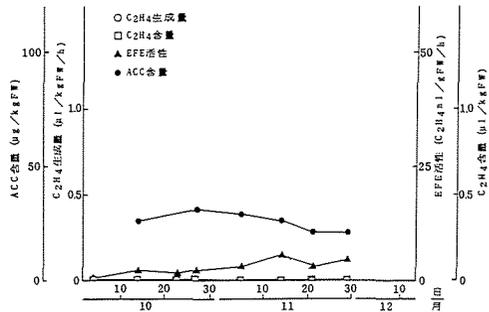
第21図 ニホンナシ '天の川' 果実の成熟に伴うエチレン生成量, エチレン含量, EFE活性及びACC含量の動き



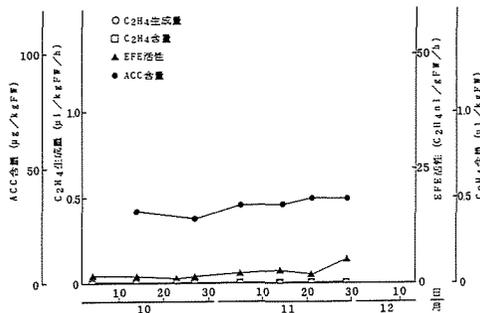
第22図 ニホンナシ '早生赤' 果実の成熟に伴うエチレン生成量, エチレン含量, EFE活性及びACC含量の動き



第23図 ニホンナシ '白雪' 果実の成熟に伴うエチレン生成量, エチレン含量, EFE活性及びACC含量の動き



第24図 ニホンナシ '今村秋' 果実の成熟に伴うエチレン生成量, エチレン含量, EFE活性及びACC含量の動き



第25図 ニホンナシ '晩三吉' 果実の成熟に伴うエチレン生成量, エチレン含量, EFE活性及びACC含量の動き

量は, 大きな変化を示さず, 終始低い値で推移した。

‘今村秋’: 果実の成熟に伴うエチレン生成量, エチレン含量, EFE活性及びACC含量の動きを第24図に示した。エチレン生成量及びエチレン含量は, 大きな変化を示さず, 終始極めて低い値で推移した。EFE活性は, わずかに上昇する傾向を示したが, 上昇後も低い値であった。ACC含量は, 大きな変化を示さず, 終始低い値で推移した。

‘晩三吉’: 果実の成熟に伴うエチレン生成量, エチレン含量, EFE活性及びACC含量の動きを第25図に示した。エチレン生成量及びエチレン含量は, 大きな変化を示さず, 終始極めて低い値で推移した。EFE活性は, わずかに上昇する傾向を示したが, 上昇後も低い値であった。ACC含量は, 大きな変化を示さず, 終始低い値で推移した。

考 察

1. エチレン生成量とEFE活性及びACC含量との関係

エチレン生成量の調節は, ACC合成酵素, エチレン生成酵素, (EFE) が主として担っており, これらの酵素の誘導, 活性調節に強く依存していると考えられている。(5)。

本実験において, EFE活性の動きはエチレン生成量の動きとほぼ一致していた。すなわち, ‘水秀’ ‘長十郎’ などの成熟期にエチレン生成量が著しく増加する品種では, その前後にEFE活性も著しく上昇した。‘晩三吉’ ‘今村秋’ などの成熟期になっても極めてエチレン生成量の少ない品種では, EFE活性も大きな変化がみられず, 低い値で推移した。また, それらの中間的な動き

がみられる他の品種でも、エチレン生成量とEFE活性の程度は比較的良好一致していた。

これに対し、寺井ら⁽¹²⁾は、トマトとキュウリ果実のエチレン生成量の相違は、EFEの強弱よりもむしろACC含量が制御因子になっていると報告している。本実験に置いても、‘新高’では成熟に伴いEFE活性は上昇したが、エチレン生成量はほとんど増加しなかった。また、‘新高’ほど顕著ではなかったが、同様の傾向が‘越後錦’‘白雪’‘天の川’においても認められた。これらの品種については、ACC含量が比較的低かったことより、ACC合成過程に制御因子があるのではないかと思われた。以上の結果により、ニホンナシ果実のエチレン生成量の品種間差異は、例外的な品種もみられるものの、一般にEFE活性の差異によるものであると考えられた。

ACC含量も、EFE活性と類似した傾向がみられた。すなわち、‘長十郎’や‘赤穂’などの成熟期にエチレン生成量が著しく増加する品種では、その前後にACC含量も著しく増加した。また‘晚三吉’や‘今村秋’などの成熟期になってもエチレン生成量の極めて少ない品種では、ACC含量も大きな変化がなく低い値で推移した。しかし、ACC含量の増加程度と、エチレン生成量の増加程度は必ずしも一致せず、その傾向はEFE活性ほど明瞭なものではなかった。

しかし、ニホンナシ果実のエチレン生成量の品種間差異という視点からみると、ACC含量はエチレン生成に直接関与しているというより、むしろ間接的に関与しているのではないかと思われた。

ACC含量は、ACC合成とACCからエチレンへの変換の二つの要因により決定されると考えることができる。板村ら⁽⁶⁾は、カキ平核無果実において、エチレン生成のピーク時にはACCの蓄積がほとんど認められないことを明らかにし、このことは、ACCからエチレンへの変換が、急速に行われていることを示唆していると述べている。本実験においても、‘祇園’では、成熟期にエチレン生成量及びEFE活性は共に高い値であったが、ACC含量に大きな変化はなく低い値で推移した。これは、ACCからエチレンへの変換が急速に行われているためと考えられた。さらに‘祇園’においては、エチレン生成量の増加とほぼ同時期に、ACCの著しい蓄積のみられる‘長十郎’や‘赤穂’などに比べて、ACC合成能力が低いということも推察された。このことは、前述した‘新高’とも併せて、ニホンナシ品種間にEFE活性のみならず、ACC合成酵素の活性にも差異があることを示唆している。さらに兵藤⁽⁵⁾は、これら二つの酵素は同様な傾向で活性が上昇するとは限らないと述べている。上記の結果は、このこととも一致していると思われる。従って、ニホンナシにおいて、エチレンとACCとの関係をさらに明らかにするためには、ACC合成酵素の活性についても今後検討する必要があると思われる。

また、田辺ら⁽¹¹⁾は、‘二十世紀’‘新高’において、ACC含量・EFE活性は成熟期にある程度高い値を示すにも関わらず、エチレン生成量が少ないことを明らかにしている。そしてこの原因として、これらの果実においては、果肉細胞内においてACCとEFEが隔離された状態が長く続くためであると考えている。本実験においては、‘二十世紀’ほど顕著ではなかったが、‘早生赤’において同様の傾向が認められた。また、EFE活性の比較的高い‘新高’などにおいても、‘二十世紀’と同様の原因により、エチレン生成量が少ないという可能性も考えられる。従って、この点についても今後さらに検討する必要があると思われる。

2. エチレン生成量と早晩性及び貯蔵性との関係

(1) エチレン生成量と早晩性との関係

‘晩三吉’ ‘今村秋’ などの晩生品種においては、エチレン生成量は極めて微量であった。早生・中生品種においては、成熟にともないエチレン生成量の増加を示したが、量的には品種間で大きな差異がみられた。このことより、晩生品種はエチレン生成量が極めて少ないために成熟が緩慢に進み、その結果成熟期が遅いものと考えられた。しかし、早生・中生品種においては、成熟期の差異はエチレン生成量により調節されているが、それは生成量によるものではなく、生成時期によるものであると考えられた。

(2) エチレン生成量と貯蔵性との関係

‘晩三吉’ や ‘今村秋’ などの貯蔵性が著しく良い品種では、エチレン生成量は成熟期間を通じて極めて微量であった。また、‘水秀’ や ‘幸水’ などの貯蔵性が悪い品種では、成熟にともないエチレン生成量は著しく増加した。このことより、エチレン生成量は、ニホンナシ果実の貯蔵性に密接に関係していることが確認された。

しかし、‘豊水’ では一般的に日持ちは10日間程度とあまり良くないにも関わらず、エチレン生成量は少なかった。また、‘新高’ においても同様の傾向が見られた。このことよりエチレン生成量の少ない品種について、その果実の貯蔵性を、採取直後のエチレン生成量だけで判断することは必ずしも妥当ではないと考えられた。従って貯蔵性という問題を焦点にするならば、採取後の果実についての詳細な検討が必要であると思われる。

3. 果実のエチレン生成特性によるニホンナシ品種の類別

供試したニホンナシ品種果実を、成熟期のエチレン生成量について、多いものから順に5. 4. 3. 2. 1の5つの品種群に大別した。同じくEFE活性についても、高いものから順に5. 4. 3. 2. 1の5つの品種群に大別した。ACC含量については、多いものから順に4. 3. 2. 1の4つの品種群に大別した。

それぞれについて、該当品種を以下に示す。なお、より充実したものにするため、1988年(昭和63年)に調査された‘新水’ ‘菊水’ ‘二十世紀’ ‘新高’ ‘新雪’ および、1990年(平成2年)に調査された‘石井早生’ ‘君塚早生’ ‘太白’ ‘独逸’ ‘早生幸蔵’ ‘旭龍’ ‘犬殺’ ‘横越’ ‘土佐錦’ についても併せて示した。

A) エチレン生成量について

5 (著しく多いもの)

‘水秀’ ‘長十郎’ ‘赤穂’ ‘幸蔵’ ‘石井早生’ ‘君塚早生’ ‘早生幸蔵’

4 (多いもの)

‘雲井’ ‘祇園’ ‘八雲’ ‘幸水’ ‘新水’ ‘太白’ ‘旭龍’

3 (中程度のもの)

‘八幸’ ‘青龍’ ‘越後錦’ ‘菊水’ ‘犬殺’

2 (少ないもの)

‘豊水’ ‘新高’ ‘二十世紀’ ‘新興’

1 (極めて少ないもの)

‘愛宕’ ‘天の川’ ‘早生赤’ ‘白雪’ ‘今村秋’ ‘晩三吉’ ‘新雪’ ‘横越’ ‘土佐錦’

B) EFE活性について

5 (著しく高いもの)

‘水秀’ ‘長十郎’ ‘幸蔵’ ‘赤穂’ ‘祇園’

4 (高いもの)

‘雲井’ ‘八雲’ ‘石井早生’

3 (中程度のもの)

‘越後錦’ ‘幸水’ ‘新高’ ‘青龍’ ‘八幸’ ‘新水’ ‘二十世紀’ ‘菊水’ ‘新興’ ‘君塚早生’ ‘太白’ ‘独逸’

2 (やや低いもの)

‘早生赤’ ‘天の川’ ‘白雪’ ‘豊水’

1 (低いもの)

‘今村秋’ ‘晩三吉’ ‘愛宕’ ‘新雪’ ‘早生幸蔵’ ‘旭龍’ ‘犬殺’ ‘横越’ ‘土佐錦’

B) ACC含量について

4 (著しく高いもの)

‘赤穂’ ‘長十郎’ ‘太白’ ‘横越’

3 (高いもの)

‘幸蔵’ ‘水秀’ ‘幸水’ ‘八雲’ ‘新水’ ‘菊水’ ‘二十世紀’ ‘新興’ ‘石井早生’ ‘早生幸蔵’ ‘犬殺’

2 (中程度のもの)

‘雲井’ ‘豊水’ ‘八幸’ ‘早生赤’ ‘青龍’ ‘新雪’ ‘独逸’

1 (低いもの)

‘天の川’ ‘越後錦’ ‘祇園’ ‘晩三吉’ ‘新高’ ‘愛宕’ ‘今村秋’ ‘白雪’ ‘君塚早生’ ‘旭龍’ ‘土佐錦’

以上の結果をもとに、果実のエチレン生成量を中心とし、EFE活性及びACC含量の二要素を加味してニホンナシ品種の類別を試みたものが、第1表である。

また、ニホンナシの類縁関係の解明のための一つのアプローチとして、上記の結果を品種系統図に加味したものを第26図に示した。

摘 要

ニホンナシ果実の樹上成熟に伴うエチレン生成の品種間差異をエチレン生合成の面から知るために、ACCからエチレンの過程を成熟期を中心に調査すると共に、その結果をもとにニホンナシの類別を試みた。ニホンナシ19品種を供試し、エチレン生成量、エチレン含量、EFE活性及びACC含量を測定した。

エチレン生成量は、各品種とも成熟期以前は微量であった。その後、成熟期に近づくにつれエチレン生成量は、早生で貯蔵性の悪い品種ほど増加し、晩生で貯蔵性の良い品種ほど増加しない傾向が認められた。しかし、‘豊水’は、例外的な動きを示した。

エチレン含量は、エチレン生成量とほぼ同様の動きを示した。

EFE活性は、エチレン生成量と同様に、ほとんどの品種において成熟期以前は低い値であった。

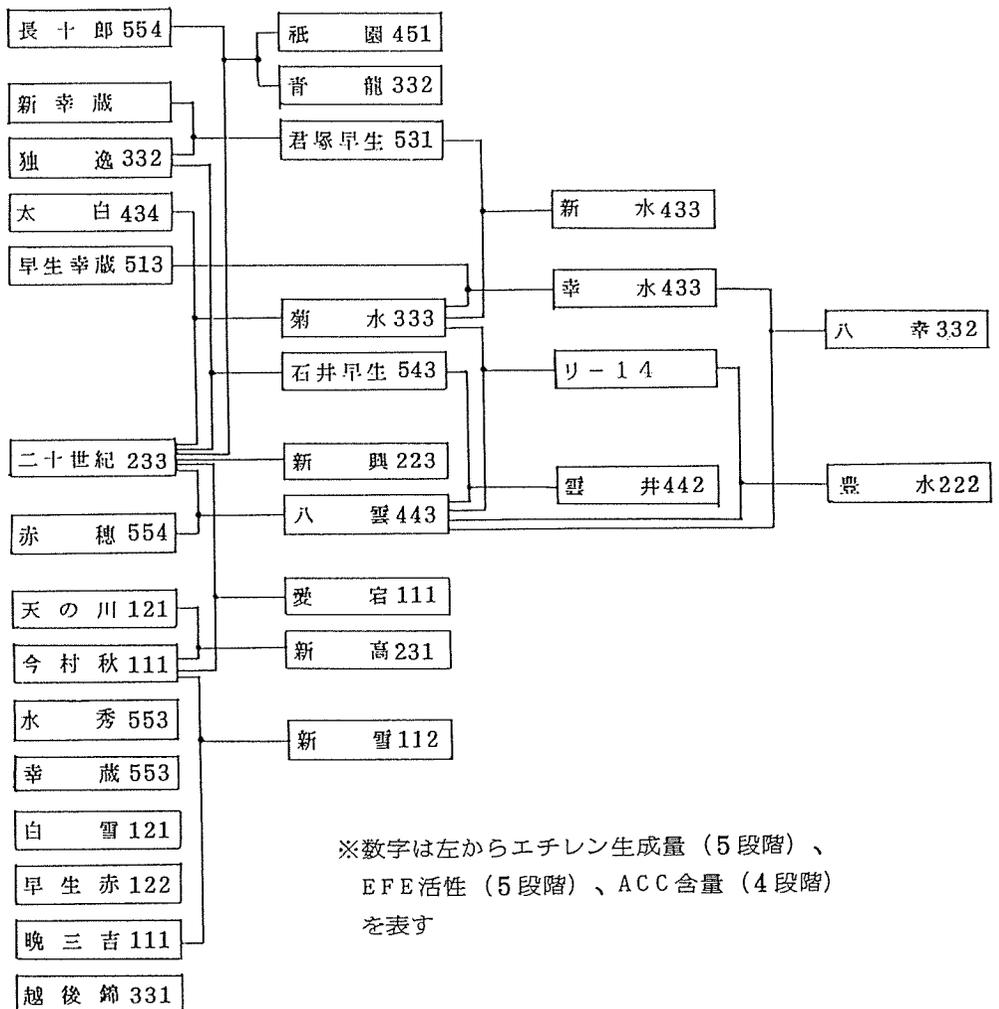
第1表 果実のエチレン生成特性によるニホンナシ品種の種別

エチレン 生成量	ACC 含量	EFE 活性	高—————低					
			5	4	3	2	1	
多 ↓ 少	5	多	4	長十郎・赤穂				
		少	3	水秀・幸蔵	石井早生			早生幸蔵
			2					
			1			君塚早生		
	4	多	4		太白			
		少	3		八雲	新水・幸水		
			2		雲井			
			1	祇園				旭龍
	3	多	4					
		少	3			菊水		犬殺
			2			八幸・青龍・独逸		
			1			越後錦		
	2	多	4					
		少	3			二十世紙・新興		
			2				豊水	
			1			新高		
1	多	4					横越	
	少	3						
		2				早生赤	新雪	
		1				天の川・白雪	愛宕・今村秋 晩三吉・土佐錦	

その後、成熟期に近づくにつれEFE活性は、エチレン生成量の多い品種ほど上昇し、エチレン生成量の少ない品種ほど上昇程度が小さい傾向が認められた。しかし、‘新高’は、例外的な動きを示した。

ACC含量はエチレン生成量の多い品種ほど多く、エチレン生成量の少ない品種ほど少ない傾向が認められた。しかし、この傾向は、EFE活性に比べ、明瞭なものではなかった。

以上の結果をまとめ、果実のエチレン生成特性によりニホンナシ品種を類別した。(第1表)さらに以上の結果により、ニホンナシ果実のエチレン生成には、EFE活性とACC含量が関与しているものと推測された。これらの中で、ニホンナシ果実のエチレン生成量の品種間差異は、一般にEFE活性の差異によるものであると考えられ、ACC含量の差異は、間接的に関与しているものと思われた。

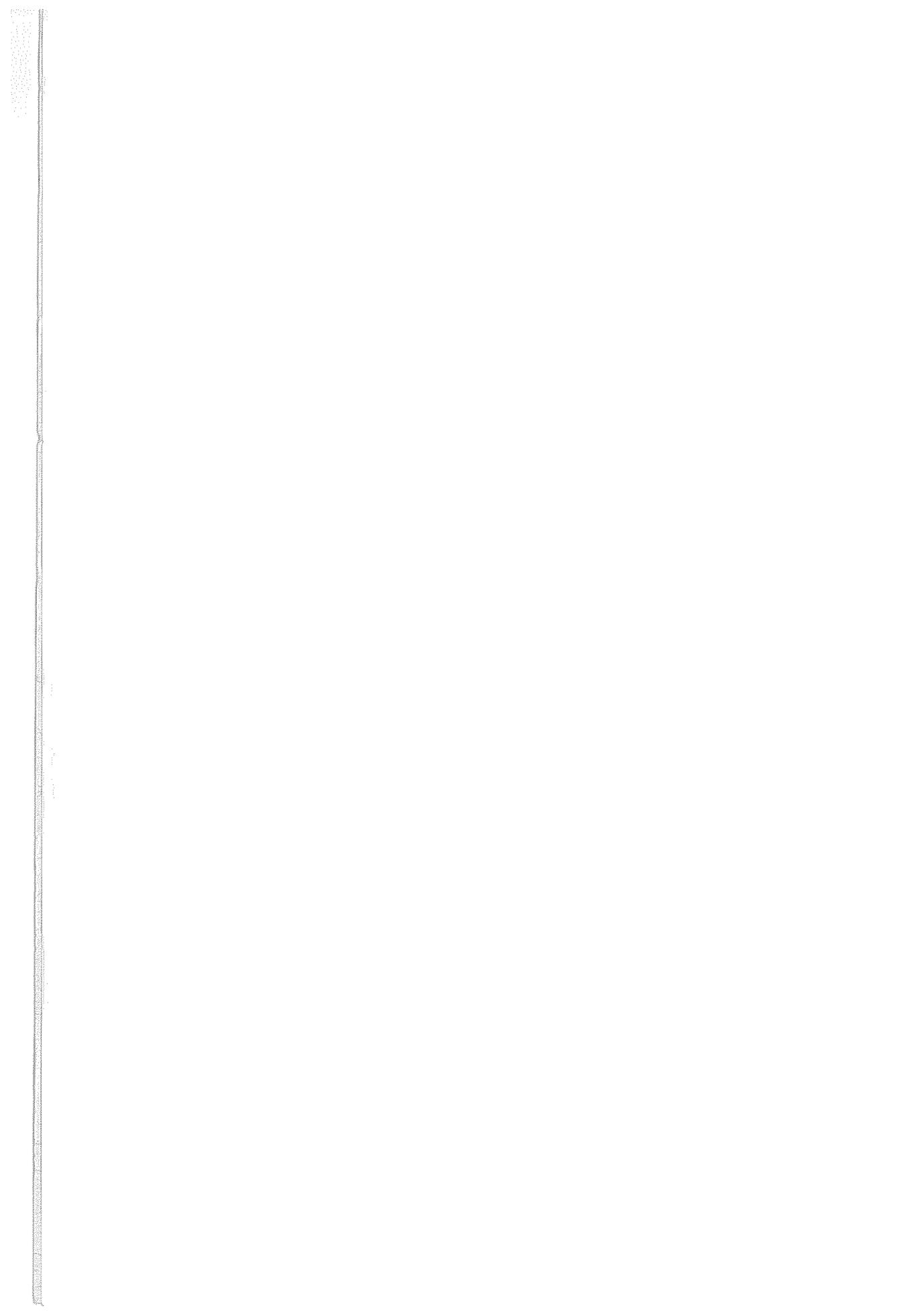


第26図 エチレン生成特性を加味した主なニホンナシ品種の系統図

参 考 文 献

- 1) Adams, D. O. and S. F. Yang (1979) Ethylene biosynthesis: Identification of 1-aminocyclopropane-1-carboxylic acid as an intermediate in the conversion of methionine to ethylene. Proc. Natl. Acad. Sci. USA 76: 170: 174
- 2) 茶珍和雄 (1978) 青果物によるエチレン感受性のちがい 園芸学会昭和62年度秋大会シンポジウム講演要旨: 129-140
- 3) 福井謙一郎 (1987) 日本ナシ果実の発育に伴う果肉中の生長調節物質の働き 鳥取大学農学部園芸学専攻論文

- 4) 兵藤 宏 (1978) エチレンの生合成と代謝 園芸学会 昭和62年度秋季大会シンポジウム講演要旨：122-129
- 5) 兵藤 宏 (1986) 園芸作物におけるエチレン生成とその生理学 [1], [2]. 農業および園芸 第61巻 第10号：1157-1162第11号：1266-1270
- 6) 板村宏之, 平 智, 武田太郎, 北村利夫, 福島忠昭 (1986) 柿平核無果実の軟化とエチレン生成およびACC含量の関係 園芸学会昭和61年度秋季大会研究発表要旨：442-443
- 7) Lizard, C. C. and S. F. Yang (1979): A Simple and Sensitive assay for 1-Aminocyclopropane 1-Carboxylic Acid. Anal. Biochem. 100: 140-145
- 8) 増田芳雄, 勝見允行, 今関英雄 (1971) 植物ホルモン P 289-342 朝倉書店
- 9) 中川昌一 果樹園芸原論 (1978) P 306-312 養賢堂
- 10) 大阪府立大学農学部園芸学教室編 (1983) 園芸学実験実習 P184-185 養賢堂
- 11) 田辺賢二, 井ノ口和人, 伴野潔, 田村文男 (1989) ニホンナシ果実におけるエチレン生成及びEFE活性の品種間差異 園芸学会雑誌 第58巻 別冊2： 512-513
- 12) 寺井弘文, 水野進 (1985) トマトとキュウリ果実の成育・成熟に伴う1-アミノシクロプロパン-1-カルボン酸 (ACC) 含量とエチレン生成酵素活性の変化 園芸学会雑誌第53巻 第4号：467-473



日本ナシ‘おさ二十世紀’を用いた自家和合性新品種の育成と自家不和合性に関する研究

田辺賢二*・林 真二**・伴野 潔*・田村文男*
大旗英次***・田中 太***

緒 言

鳥取県下で栽培されている日本ナシ‘二十世紀’は、名実ともに20世紀時代のナシ産業を担い、近年では農産物貿易自由化の外圧の強まる中で、わが国唯一の輸出農産物としてアメリカ、カナダ、イギリス、ドイツ、シンガポールなど18か国に輸出される国際的な果実となっている。

しかし、本品種は人工受粉作業や黒斑病防除、袋かけなどの諸作業に多大の労力を要するため、労力事情の悪化した近年栽培面積が減少しつつある。ことに鳥取県ではナシ園の老木化と栽培者の老令化がこれに拍車をかけ、1985年から1990年までの間に栽培面積の約30%にあたる1000haもの二十世紀園が廃園となっている。

鳥取県に代表されるナシ産地を維持発展させ、またわが国のナシ産業の発展を図るためには、栽培が容易でしかも品質が優れる品種を早急に育成・普及させることが必要である。

幸いに昭和54年に鳥取県下で人工受粉を必要としない自家和合性を示す‘おさ二十世紀’が発見された。この品種は‘二十世紀’の芽条突然変異株で、自家和合性の性質のみ‘二十世紀’と異なり、他はすべて‘二十世紀’と同じである。

筆者らはこの貴重な遺伝子「自家和合性」を有する‘おさ二十世紀’を用い、人工受粉を必要とせず、しかも日本ナシの致命的病害である黒斑病にも抵抗性の品種を育成することを目的とし、昭和54年より研究に着手した。

人工受粉労力を省力化でき、しかも農薬散布回数が少なくよい品種を育成することは、産地振興につながるばかりでなく、消費者が強く求める安全な果実、クリーンなくだものの生産を可能とし、さらに国際競争力をも著しく増大させることとなる。

一方、日本ナシやアブラナ科植物、タバコなどで認められている自家不和合性の現象は、古くから知られているものの、今日なおその機構は明らかでない。

自家和合性品種‘おさ二十世紀’と、自家不和合性品種‘二十世紀’を比較し、また‘おさ二十世

* 鳥取大学農学部生物生産学講座園芸分野

** 鳥取大学学長

*** 鳥取大学農学部附属農場

紀'の自殖や交雑第一代における自家和合性系統を調査することにより、日本ナシの自家不和合性の機構解明につながる知見が得られる可能性もある。

本稿は昭和54年より開始した、'おき二十世紀'を用いた自家和合性で黒斑病抵抗性の新品種育成と、自家不和合性に関するこれまでの成果をとりまとめたものである。

第1章 ‘おさ二十世紀’ 自殖および交雑第一代 における自家和合性の発現

‘おさ二十世紀’の自家和合性の性質が、その自殖あるいは交雑により得た後代にも発現するかどうかを明らかにすることが、自家和合性新品種を育成する上で重要である。

材料および方法

1979年から1983年にかけて、園芸学研究室実験圃場で大型ポットに栽植されている5年生‘おさ二十世紀’および東伯郡泊村原、長昭信氏園の‘おさ二十世紀’原木、ならびに本学大塚農場の新水・幸水・豊水を供試し、自殖および相互の交雑を行った。得られた種子は12～1月まで湿法冷蔵した後播種した。各実生は2年間素焼鉢で養成した後果樹園に植栽し、黒星病と葉ダニの防除以外は行わずに花芽形成・開花を待った。播種後4～5年の1983年より1990年まで、毎年開花期前に花叢に袋をかけ、虫媒による受粉・受精を防ぎ自家結実率を調査した。なお各系統の黒斑病感受性は本学植物病理学研究室の協力を得て、A K Toxinおよびナシ黒斑病の胞子の接種により検定した。

結果および考察

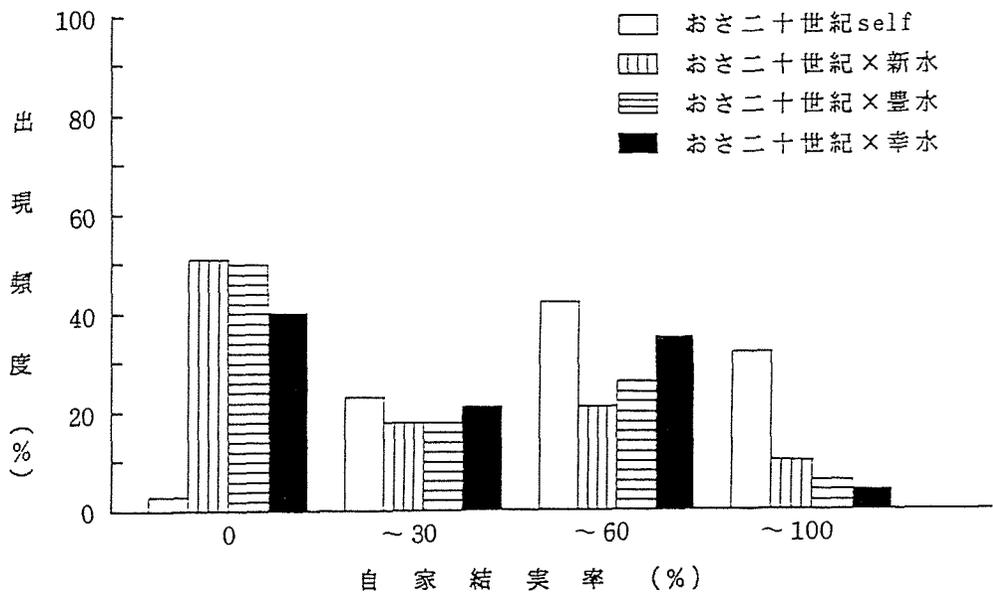
1983年から1990年にかけて調査した自家結実率の結果を示すと第1, 2図のとおりである。‘おさ二十世紀’の自殖第一代の系統について自家結実率をみると、自家結実率0%すなわち自家不和合性を示す系統の割合がきわめて低く、全体の約70%の系統が自家結実率30%以上を示す自家和合性系統であった。

一方‘おさ二十世紀’を母本として‘新水’・‘幸水’および‘豊水’を交雑して得た実生系統についてみると、いずれも40～50%の系統が自家不和合性を示し、残りの系統が自家和合性を示した。しかし‘おさ二十世紀’の自殖系統に比べて自家結実率の低い系統が多い傾向にあった。

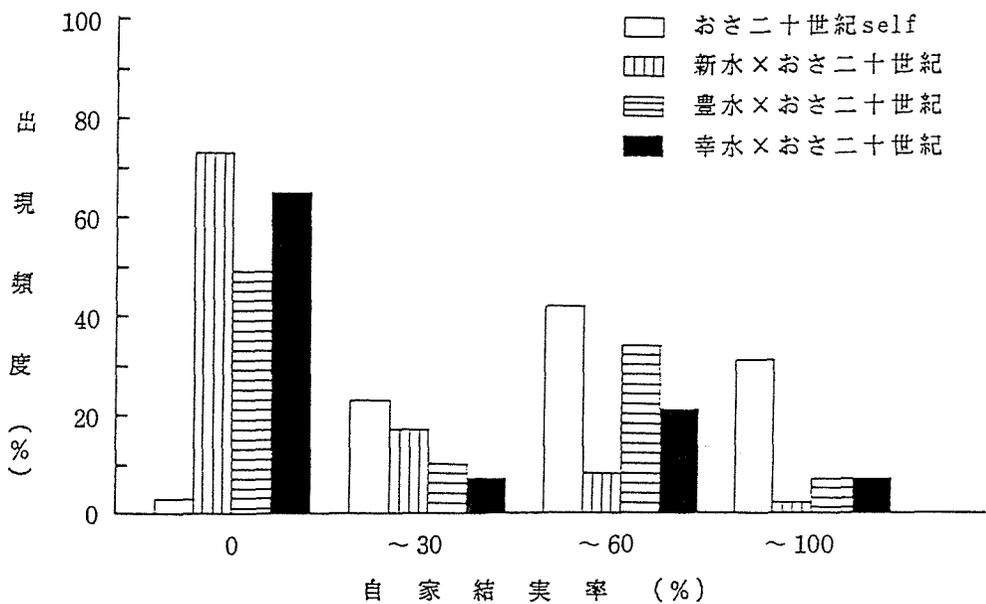
次に‘おさ二十世紀’を父本とし、‘新水’‘幸水’‘豊水’を母本として交雑して得たF₁について自家結実率を調査したところ、‘豊水’×‘おさ二十世紀’では約50%、‘幸水’×‘おさ二十世紀’では約70%、‘新水’×‘おさ二十世紀’では約75%の割合で自家不和合性を示し、自家和合性系統の出現率はきわめて低かった。‘豊水’×‘おさ二十世紀’のみが、その反対の交雑の場合と同じ割合で自家和合性系統が得られた。

またこの‘おさ二十世紀’を父本とした場合には自家和合性を示す系統の中で、高い自家結実率を示す系統が少なく、大半が60%以下のものであった。

したがって‘おさ二十世紀’の自家和合性は後代にも発現することが明らかとなり、効率よく自家和合性系統を得るには‘おさ二十世紀’を母本として交雑を行うとよいことが認められた。



第1図 'おさ二十世紀'の自殖及び交雑第一代における自家結実率
(おさ二十世紀を母本とした場合)



第2図 'おさ二十世紀'の自殖及び交雑第一代における自家結実率
(おさ二十世紀を花粉親とした場合)

第2章 ‘おさ二十世紀’の遺伝子型

前章で‘おさ二十世紀’の自家和合性の性質がその後代にも発現することが明らかとなった。そこで本章では‘おさ二十世紀’はどのような遺伝子型をもつかを自殖および交雑第一代の調査結果について遺伝分析を行うことにより推定した。

1. 自家和合性調節遺伝子を想定した場合の遺伝分析

‘おさ二十世紀’自殖第一代の系統について、自家和合性と黒斑病感受性を合せて調査した結果は第1表のとおりであった。自家結実率10%以下の系統を一応自家不和合性とみなした。自家和合性で黒斑病感受性を示すものが31系統中21系統、自家和合性で黒斑病抵抗性を示す系統が8系統認められた。しかし自家不和合性を示す系統は2系統のみであった。

これらの分離比から自家和合性を支配する遺伝子型も、すでに明かにされている黒斑病感受性遺伝子型と同様にヘテロであろうと推定された。仮に自家和合性を支配する優性遺伝子をC、不和合性を支配する遺伝子をc、黒斑病感受性遺伝子をA、同抵抗性遺伝子をaとすると、‘おさ二十世紀’の遺伝子型はCcAaとあらわすことができる。この場合、‘おさ二十世紀’を自殖した場合の第一代の分離比は、第1表のように9:3:3:1の期待値となる。観察結果について χ^2 検定を行ったところ、仮定は否定できなかった。

第1表 ‘おさ二十世紀’の自殖第一代における自家和合性と黒斑病感受性の分離比

表現型	自家和合性		自家不和合性		合計
	黒斑病感受性 (CA)	黒斑病抵抗性 (Ca)	黒斑病感受性 (cA)	黒斑病抵抗性 (ca)	
観察数	21	8	1	1	31
期待値	17.438	5.812	5.812	1.938	31.000
理論値	9	3	3	1	

$$X^2=5.99^{ns} \text{ (d.f. = 3)}$$

次に‘おさ二十世紀’を母本とし、黒斑病感受性の‘新水’を父本として得られたF₁について、自家和合性と黒斑病感受性の分離比を調査したところ第2表のとおりであった。

第2表 ‘おさ二十世紀’×‘新水’のF₁における自家和合性と黒斑病感受性の分離比

表現型	自家和合性		自家不和合性		合計
	黒斑病感受性 (CA)	黒斑病抵抗性 (Ca)	黒斑病感受性 (cA)	黒斑病抵抗性 (ca)	
観察数	35	15	35	32	117
期待値	43.875	14.625	43.875	14.625	117.000
理論値	3	1	3	1	

$$X^2=24.24^{**} \text{ (d.f. = 3)}$$

‘おさ二十世紀’の遺伝子型は先述のとおりCcAaで表わすことができ、また‘新水’はccAaとみなせることから、F₁では自家和合性：自家不和合性の分離比は1：1、黒斑病感受性：同抵抗性は3：1に分離する。これらを合せた分離比は3：1：3：1となる。この期待値と観察数について χ^2 検定を行ったところ、この仮定は否定された。

‘おさ二十世紀’に黒斑病抵抗性品種の‘幸水’を交雑して得たF₁について、自家和合性と黒斑病感受性の分離比を調査した結果は第3表のようである。‘おさ二十世紀’をCcAa、‘幸水’をccaaと仮定した場合の期待値は1：1：1：1となり、 χ^2 検定の結果仮定は否定されなかった。この組合せにより自家和合性で黒斑病抵抗性を有する系統(C-aa)を最も効率よく作出できることがわかった。

‘おさ二十世紀’に黒斑病抵抗性の‘豊水’を交雑した場合のF₁の表現型を調査した結果は、第4表のとおりであった。この組合せも幸水の場合と同様に期待値は1：1：1：1となる。観察結果について χ^2 検定を行った結果、仮定は否定されなかった。

第3表 ‘おさ二十世紀’X‘幸水’のF₁における自家和合性と黒斑病感受性の分離比

表現型	自家和合性		自家不和合性		合計
	黒斑病感受性 (CA)	黒斑病抵抗性 (Ca)	黒斑病感受性 (cA)	黒斑病抵抗性 (ca)	
観察数	15	17	10	11	53
期待値	13.25	13.25	13.25	13.25	53.00
理論値	1	1	1	1	

$$X^2 = 2.47^{ns} \text{ (d.f. = 3)}$$

第4表 ‘おさ二十世紀’X‘幸水’のF₁における自家和合性と黒斑病感受性の分離比

表現型	自家和合性		自家不和合性		合計
	黒斑病感受性 (CA)	黒斑病抵抗性 (Ca)	黒斑病感受性 (cA)	黒斑病抵抗性 (ca)	
観察数	14	7	12	17	50
期待値	12.5	12.5	12.5	12.5	50.0
理論値	1	1	1	1	

$$X^2 = 4.42^{ns} \text{ (d.f. = 3)}$$

次に‘おさ二十世紀’を父本とし、黒斑病感受性の早生品種‘新水’を母本として得られたF₁について、自家和合性と黒斑病感受性の調査を行ったところ、第5表の結果を得た。自家和合性を示す系統数がきわめて少なく、大半が自家不和合性であった。新水をccAa、‘おさ二十世紀’をCcAaとした場合、期待値は3：1：3：1となる。しかし観察結果は著しく異っており、 χ^2 検定でも仮定は否定された。

黒斑病抵抗性品種‘幸水’を母本とし、‘おさ二十世紀’を父本として得たF₁について表現型を観察した結果、第6表のとおりであった。自家和合性系統の数が少ないことが認められた。‘おさ二十世紀’の遺伝子型をCcAa、‘幸水’をccaaと仮定すると、F₁は第6表に示すような1：1：1：

第5表 '新水'X'おさ二十世紀'のF₁における自家和合性と黒斑病感受性の分離比

表現型	自家和合性		自家不和合性		合 計
	黒斑病感受性 (CA)	黒斑病抵抗性 (Ca)	黒斑病感受性 (cA)	黒斑病抵抗性 (ca)	
観察数	8	3	23	18	52
期待値	19.5	6.5	19.5	6.5	52.0
理論値	3	1	3	1	

$$X^2=29.64^{**} \text{ (d.f. = 3)}$$

1の分離比を示すはずである。しかし観察結果について χ^2 検定を行ったところ、この仮定は否定された。

一方'豊水'を母本とし、'おさ二十世紀'を父本として得たF₁について表現型を調査した結果は第7表のとおりであった。自家和合性：不和合性の分離比もほぼ1：1を示し、また黒斑病感受性：同抵抗性の分離比についても1：1に近い値となっていた。'豊水'の遺伝子型をccaa、'おさ二十世紀'のそれをCcAaと仮定すると、分離比の期待値は1：1：1となる。観察結果について

第6表 '幸水'X'おさ二十世紀'のF₁における自家和合性と黒斑病感受性の分離比

表現型	自家和合性		自家不和合性		合 計
	黒斑病感受性 (CA)	黒斑病抵抗性 (Ca)	黒斑病感受性 (cA)	黒斑病抵抗性 (ca)	
観察数	9	5	8	20	42
期待値	10.5	10.5	10.5	10.5	42.0
理論値	1	1	1	1	

$$X^2=12.29^{**} \text{ (d.f. = 3)}$$

第7表 '豊水'X'おさ二十世紀'のF₁における自家和合性と黒斑病感受性の分離比

表現型	自家和合性		自家不和合性		合 計
	黒斑病感受性 (CA)	黒斑病抵抗性 (Ca)	黒斑病感受性 (cA)	黒斑病抵抗性 (ca)	
観察数	17	22	22	19	80
期待値	20	20	20	20	80
理論値	1	1	1	1	

$$X^2=0.9^{ns} \text{ (d.f. = 3)}$$

χ^2 検定を行ったところ、仮定は否定されなかった。

以上のように、'おさ二十世紀'を母本として自殖や交雑を行って得たF₁については、新水を父本としたときにやや問題があるものの、おさ二十世紀の遺伝子型をCcAaとする仮定が否定されない。これに対し、'おさ二十世紀'を父本とした場合には、'豊水'と交雑したときに仮定が成立するものの、他の'新水'や'幸水'を母本に使用した場合には仮定は否定される。

したがって、‘おさ二十世紀’の自家和合性を制御する遺伝子型をCcとする仮定は普偏性をもたないことになり、別の遺伝子型あるいは和合性制御の機構を考える必要がある。

2. 自家不和合性関連S遺伝子の突然変異 (Stylar part mutation) を想定した場合の‘おさ二十世紀’の遺伝子型

a. ‘おさ二十世紀’の自殖の場合

‘おさ二十世紀’の自家不和合性関連複対立遺伝子は、おさ二十世紀と同じ S_2S_4 とみなされ、このいずれかの遺伝子が突然変異をおこして自家不和合花粉の識別能力を失った結果、自家和合性をもつようになったと仮定すると、第3図のようになる。これらの組合せからみる限り、‘おさ二十世紀’自殖第一代の系統はすべて自家和合性を示す個体となる。第2章の第1表より31系統中29系統が自家和合性を示すことから、この S_2S_4 のいずれかが突然変異をおこし、花柱の自家花粉または同型花粉の識別能力が失われたとみなすこともできる。

♂		おさ二十世紀		♀		♂		おさ二十世紀	
♀	S_2^{SM}	S_4	♀	S_2	S_4^{SM}	♀	S_2	S_4^{SM}	♂
おさ二十世紀	S_2^{SM}	S_4	おさ二十世紀	S_2	S_4^{SM}	おさ二十世紀	S_2	S_4^{SM}	$S_2S_4^{SM}$
世	S_4	S_2^{SM}	世	S_4^{SM}	S_2	紀	S_4^{SM}	S_2	$S_4^{SM}S_4^{SM}$

第1代はすべて自家和合性 第1代はすべて自家和合性

第3図 ‘おさ二十世紀’の複対立遺伝子が突然変異した場合の遺伝様式

b. ‘新水’と‘おさ二十世紀’の相互交雑の場合

S_4S_5 の遺伝子をもつ‘新水’を父本とした‘おさ二十世紀’との交雑では、第4図のような遺伝様式となる。おさ二十世紀が母本の場合には、 S_2 、 S_4 のいずれが突然変異をおこしていても、 F_1 はすべて自家和合性となる。また‘おさ二十世紀’を父本として新水と交雑を行った場合には、第5図に示すようである。すなわち S_2 遺伝子が突然変異した場合には、 F_1 はすべて自家和合性を示す個体となるのに対し、 S_4 遺伝子が突然変異した場合には、 F_1 はすべて自家不和合性の個体となる。

新水と同型のS遺伝子をもつ幸水とおさ二十世紀の相互交雑の場合も、結果は同じはずである。

♂		新水		♂		新水		♂		おさ二十世紀		♂		おさ二十世紀	
♀	S_4	S_5	♀	S_4	S_5	♀	S_4	S_5	♀	S_2^{SM}	S_4	♀	S_2	S_4^{SM}	
おさ二十世紀	S_4	S_5	おさ二十世紀	S_4	S_5	新水	S_4	S_5	新水	S_2^{SM}	S_4	新水	S_2	S_4^{SM}	
世	S_4	S_5	世	S_4^{SM}	S_5	水	S_4	S_5	水	S_2^{SM}	S_4	水	S_2	S_4^{SM}	
紀			紀												

すべて自家和合性となる すべて自家不和合性となる

S_2^{SM} でも S_4^{SM} でも‘おさ二十世紀’を母本とした場合は和合：不和合=1：1となる

第4図 ‘おさ二十世紀’の複対立遺伝子が突然変異した場合の‘新水’との F_1 の遺伝様式

第5図 ‘おさ二十世紀’二十世紀の複対立遺伝子が突然変異した場合の‘新水’との F_1 の遺伝様式

一方、S遺伝子の型が不明な‘豊水’と‘おさ二十世紀’を相互交雑した場合には、第4および7表に示されるように、自家和合性：自家不和合性=1：1となっている。したがって豊水は S_2 、 S_4 以外のS遺伝子をもつ品種とみなされ、おさ二十世紀の S_2 、 S_4 のいずれの遺伝子が突然変異していても、 F_1 から必ず50%の自家和合性系統が作出される。

以上のように‘おき二十世紀’の自家和合性をS遺伝子の突然変異にもとずくと仮定した場合でも、‘新水’×‘おき二十世紀’、‘幸水’×‘おき二十世紀’で認められるF₁の分離比の説明は不可能である。

したがっておき二十世紀の自家不和合性を支配する要因は、S遺伝子作用抑制因子、およびS遺伝子突然変異以外の何らかの要因と考えざるを得ない。生化学的な面より詳細な調査研究が待たれるところである。

第3章 優良系統の選抜

新品種育成にあたっての目標は、まず人工受粉作業を必要としない自家和合性であること、およびナシ果実・樹体の致命的病害である黒斑病に抵抗性であること、の両要因が共に満されていることである。さらにこれらに加えて現在の主要品種である二十世紀や幸水、豊水と同等かそれ以上の品質や生産力を有することが望まれる。

本章では1979年から1983年にかけて‘おさ二十世紀’の自殖，交雑を行って得た第一代の系統について，上記の基準に従って優良系統を選抜した結果について述べる。

1. おさ二十世紀自殖第一代の果実品質と早晩性

‘おさ二十世紀’の自殖第一代の系統について，1983年から1990年にかけて，自家和合性で黒斑病抵抗性を有する系統の果実品質と収穫時期の調査を行ったところ，第8表のとおりであった。

養成した自殖第一代の系統108系統のうち，自家和合性で黒斑病抵抗性を示す系統は14系統であった。これらの系統の果皮色はすべて‘おさ二十世紀’と同じ緑色（青ナシ）であった。しかし品質の重要な要素である糖度についてみると，低い値のものが多く，さらに肉質の硬く粗いものがかなり多くみられた。成熟期についてみると，大半が‘おさ二十世紀’と同じ8月下旬～9月上旬に収穫適期となる中生種であった。14系統のうち，糖度が高く肉質のすぐれる系統は，わずかに4系統にすぎなかった。

第8表 ‘おさ二十世紀’自殖第一代の選抜系統の品質と早晩性

自家和合性で黒 斑病抵抗性の系 統数	糖 度			肉 質			成 熟 期			果 色	
	低 (10%以下)	中 (10～11%)	高 (11%以上)	不良	中	良	早生	中生	晩生	青	赤
14	6	3	5	5	4	5	3	11	0	14	0

調査数108系統（昭54～58年播種）

2. ‘おさ二十世紀’ と ‘新水’ の相互交雑F₁における果実品質と早晩性

‘おさ二十世紀’を母本とした場合のF₁について自家和合性で黒斑病抵抗性を示す系統は，第9表に示すように117系統中15系統であった。この15系統について外観・品質を調査したところ，果皮色は緑色（青ナシ）5，サビ褐色（赤ナシ）10系統であった。糖度は11度以上の高い値を示すものが多く，肉質も良好なものが多かった。成熟期は父本の新水の性質を受継いだものが多くあり，8月上旬に収穫適期を迎える早生のものが多かった。

一方‘新水’を母本として‘おさ二十世紀’を交雑して得たF₁について調査すると，自家和合性で黒斑病抵抗性を示す系統は52系統中わずかに3系統のみであった。さらに3系統中には糖度と肉質ともに優れる系統は認められなかった。

第9表 'おさ二十世紀' (♀) X '新水' (♂) F₁の選抜系統の品質と早晩性

自家和合性で黒 斑病抵抗性の系 統数	糖 度			肉 質			成 熟 期			果 色	
	低 (10%以下)	中 (10~11%)	高 (11%以上)	不良	中	良	早生	中生	晩生	青	赤
15	3	4	8	4	4	7	8	7	0	5	10

調査数117系統

'新水'x'おさ二十世紀'のF₁には優良系統なし

3. 'おさ二十世紀' と '幸水' の相互交雑F₁の果実品質と早晩性

'おさ二十世紀' を母本として '幸水' を交雑した場合のF₁について調査した結果は第10表のとおりであった。

自家和合性で黒斑病抵抗性を示す系統は53系統中17であった。これらについて糖度を調べたところ、ほとんどが11度以上の高い値を示し、父本の影響を強く受けついでいた。肉質はきわめて粗く不良のものと、父本に近い優良な肉質をもつものがそれぞれ同数であった。果皮色は父本と同じサビ褐色(赤ナシ)のものが大半であった。選抜の要素を満した優良系統は、新水のF₁に比べて多く出現することが認められた。

次に '幸水' を母本として 'おさ二十世紀' を父本としたF₁では、第11表に示すように自家和合性と黒斑病抵抗性を共に有する系統は、63系統中わずかに5系統であった。ここで注目すべきことは、'おさ二十世紀' を母本として '幸水' と交雑した場合には、F₁の果皮色がほとんどサビ褐色(赤ナシ)となるのに対し、'おさ二十世紀' を父本とした場合には、緑色(青ナシ)の果皮色をもつ系統の出現率がきわめて高くなることである。この組合せでは糖度、肉質ともに優れたものが多く出る傾向にあった。また早生のものが多かった。

第10表 'おさ二十世紀' (♀) X '幸水' (♂) F₁の選抜系統の品質と早晩性

自家和合性で黒 斑病抵抗性の系 統数	糖 度			肉 質			成 熟 期			果 色	
	低 (10%以下)	中 (10~11%)	高 (11%以上)	不良	中	良	早生	中生	晩生	青	赤
17	2	6	9	6	4	7	6	10	0	4	13

第11表 '幸水' (♀) X 'おさ二十世紀' (♂) F₁の選抜系統の品質と早晩性

自家和合性で黒 斑病抵抗性の系 統数	糖 度			肉 質			成 熟 期			果 色	
	低 (10%以下)	中 (10~11%)	高 (11%以上)	不良	中	良	早生	中生	晩生	青	赤
5	0	2	3	1	1	3	3	2	0	4	1

調査数63系数

4. 'おさ二十世紀' と '豊水' のF₁における品質と早晩性

'おさ二十世紀' を母本として '豊水' を交雑したF₁について調査した結果は第12表のとおりである。自家和合性で黒斑病抵抗性の系統は、77系統中6系統であり、これらはすべて父本と同じ赤ナシの果皮色であった。また糖度、肉質ともに不良のものはなく、すべて中～上位のものであった。早晩性は8月中～9月上旬に収穫期を迎える中生のものが多かった。

次に '豊水' を母本として得たF₁では、80系統中13系統が自家和合性で黒斑病抵抗性を示した(第13表)。果皮色は青ナシと赤ナシがそれぞれ50%ずつであった。糖度は高い値を示すものが多く、大半が11%以上を示した。また肉質は優良なものの出現する割合よりもやや硬く不良なものの出現率が高い傾向にあった。

成熟期はほとんどが中生で8月下旬～9月上旬に収穫期を迎えるものであった。

第12表 'おさ二十世紀' (♀) X '豊水' (♂) F₁の選抜系統の品質と早晩性

自家和合性で黒斑病抵抗性の系統数	糖 度			肉 質			成 熟 期			果 色	
	低 (10%以下)	中 (10~11%)	高 (11%以上)	不良	中	良	早生	中生	晩生	青	赤
6	0	3	3	0	2	4	2	4	0	0	6

調査数77系統

第13表 '豊水' (♀) X 'おさ二十世紀' (♂) F₁の選抜系統の品質と早晩性

自家和合性で黒斑病抵抗性の系統数	糖 度			肉 質			成 熟 期			果 色	
	低 (10%以下)	中 (10~11%)	高 (11%以上)	不良	中	良	早生	中生	晩生	青	赤
13	1	5	7	2	6	5	2	11	0	6	7

5. 優良系統の特性

仮称「二十一世紀」を育成するにあたっての第一の条件は、自家和合性を有し、かつ黒斑病抵抗性を有することである。これらの条件を満たした上で果実の品質が'二十世紀'と同等か、より優れることが第二の条件である。これらの諸条件を満たす優良系統の出現率を各交雑組合せ毎に示すと、第14表のとおりである。'豊水' × 'おさ二十世紀' の組合せで最も高い出現率が得られ、次いで幸水と'おさ二十世紀' の相互交雑で高い値が得られた。

各組合せのF₁より選抜した特に有望な系統とその特性を示すと第15表のようである。

第14表 ‘おさ二十世紀’の自殖及び交雑第一代における優良個体数

交雑系統	SN	SC・AR	SC・AR/SN(%)	NE	NE/SN(%)
おさ二十世紀self	31	8	25.8	2	6.5
おさ二十世紀×新水	117	15	12.8	6	5.1
おさ二十世紀×幸水	53	17	32.1	5	9.4
おさ二十世紀×豊水	50	7	14.0	3	6.0
新水×おさ二十世紀	52	3	5.8	0	0.0
幸水×おさ二十世紀	52	5	11.9	4	9.5
豊水×おさ二十世紀	80	22	27.5	9	11.3
合計	425	77	18.1	29	6.8

SN：調査個体数

SC・AR：自家和合性と黒斑病抵抗を合わせもつ個体数

SC・AR/SN：自家和合性と黒斑病抵抗性を合わせもつ個体の出現頻度(%)

NE：優良個体数

NE/SN：優良個体の出現頻度(%)

第15表 ‘おさ二十世紀’自殖および交雑第一代より選抜した有望系統

系統番号	果色	糖度(%) (Brix)	酸度(%) (リンゴ酸)	果肉硬度 (kg/cm ²)	熟期	外観・食味
54 Oself-85	青	12.0	0.13	0.8	9月上旬	肌良, 肉質・食味良
54 Oself-135	青	12.9	0.07	1.1	9月上旬	肌良, 肉質・食味良
54 Oself-168	青	12.3	0.14	0.8	9月上旬	肌きわめて良, 肉質・食味良
56 Oself-47	青	15.9	0.13	1.0	8月下旬	肉質やや良, 味濃厚
55 O×S-29	赤	11.5	0.09	0.9	9月上旬	肉質良, 食味やや淡白
55 O×S-42	青	12.7	0.17	2.0	8月下旬	肉質やや良, 食味やや良
55 O×S-43	赤	13.5	0.16	1.1	8月下旬	果形良, 肉質良, 酸少
56 O×S-35	赤	15.1	0.22	1.0	8月下旬	形状良好, 肉質良, 食味濃厚
56 O×S-36	赤	12.9	0.16	0.8	8月下旬	肉質良, 食味良
56 O×K-12	赤	14.3	0.12	1.0	9月中旬	肉質良, 食味良, 酸多
58 O×K-21	赤	12.1	0.16	0.6	8月中旬	肉質良好, 食味きわめて良好
58 O×K-19	赤	14.0	0.18	1.85	8月中~下旬	肉質良, 食味良
55 K×O-6	青	11.7	0.14	1.2	8月下旬	肉質良, 食味良
55 K×O-24	青	12.1	0.13	1.2	8月下旬	肌きわめて良, 肉質良, 食味良
56 H×O-61	青	12.8	0.8	1.7	8月下旬	肉質良, 食味やや良
56 H×O-65	青	12.8	0.7	1.8	8月下旬	肉質緻密, 食味良, 黒斑病抵抗性
56 H×O-1112	青	11.9	1.4	1.6	8月下旬	肉質やや良, 食味やや淡白
56 H×O-109	青	12.2	0.7	1.7	8月上旬	肌良好, 肉質やや良
56 O×H-16	赤	13.3	0.16	1.24	8月中旬	肉質良, 食味良
56 O×H-35	赤	12.8	0.19	1.30	8月中旬	肉質良, 食味良

摘 要

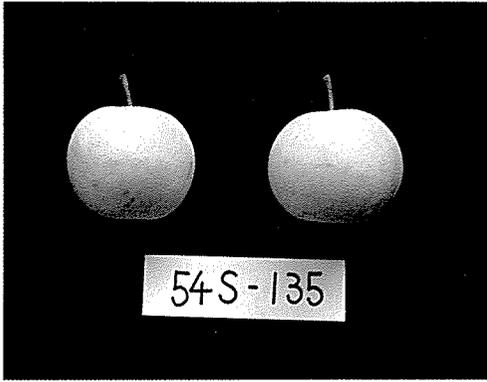
鳥取県下で発見され、昭和54年（1979年）に命名・品種登録された自家和合性を有する日本ナシ‘おさ二十世紀’を母本あるいは父本に利用し、自家和合性で黒斑病抵抗性を有する新品種、仮称「二十一世紀」を育成するための研究を行った。

1. ‘おさ二十世紀’自殖および交雑第一代より自家和合性で黒斑病抵抗性を有し、さらに果実品質の優れた系統を選抜したところ、20系統の優良系統が得られた。

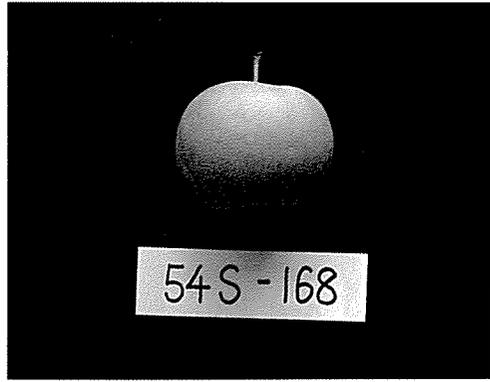
2. ‘おさ二十世紀’の自家和合性の性質を花柱における自家不和合反応を阻害する遺伝子が作用することによると仮定した場合、‘おさ二十世紀’自殖、‘おさ二十世紀’×‘幸水’、‘おさ二十世紀’×‘豊水’、‘豊水’×‘おさ二十世紀’の組合せで得られた第一代の遺伝分析では、自家和合性関連遺伝子は優性に遺伝し、その遺伝子組成はヘテロでCcとなる。黒斑病感受性もあわせると、‘おさ二十世紀’の遺伝子型はCcAaとあらわすことができる。

2. しかし‘おさ二十世紀’を父本として‘新水’、‘幸水’と交雑した場合には、Ccで説明できない分離比となった。

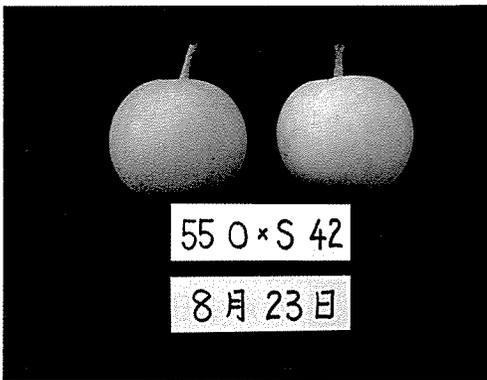
3. ‘おさ二十世紀’の自家和合性を複対立遺伝子 S_2S_4 のいずれかが突然変異（Stylar part mutation）をおこしたことによると仮定した場合にも、‘幸水’×‘おさ二十世紀’、‘新水’×‘おさ二十世紀’の組合せでは、説明のできない自家和合性と不和合性の分離比となった。したがって‘おさ二十世紀’の自家和合性に関しては、さらに詳細な追求が必要である。



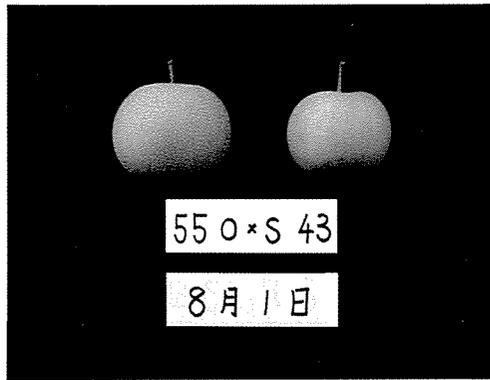
(1)



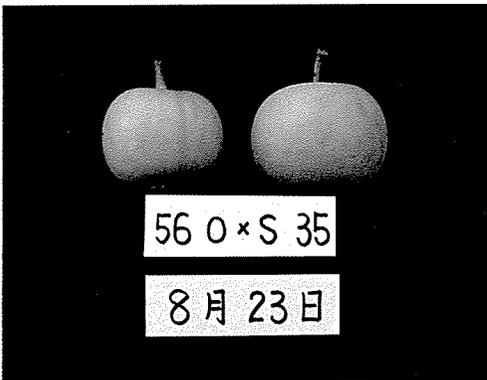
(2)



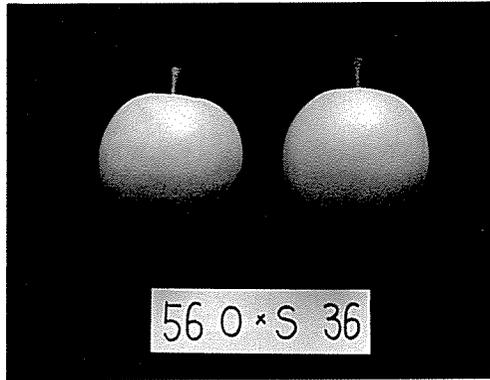
(3)



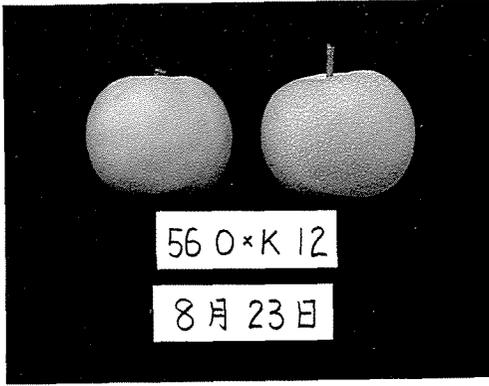
(4)



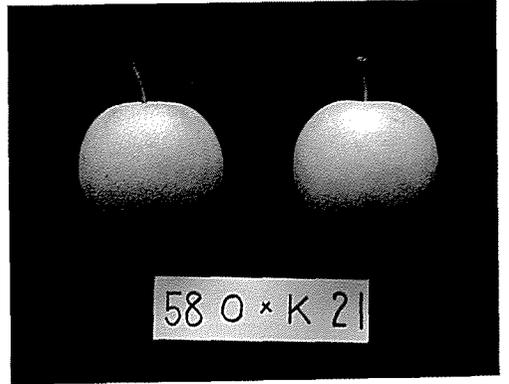
(5)



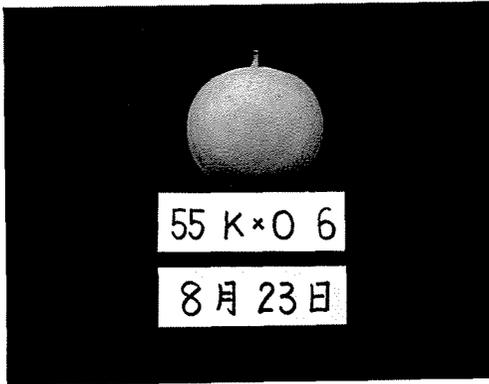
(6)



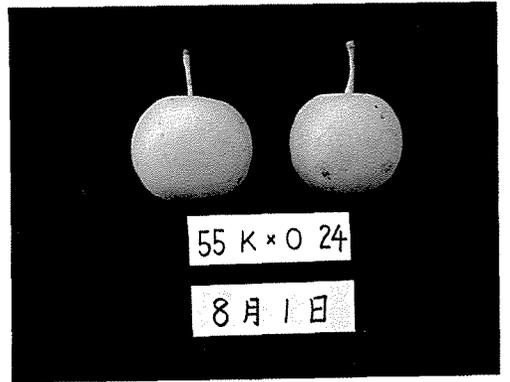
(7)



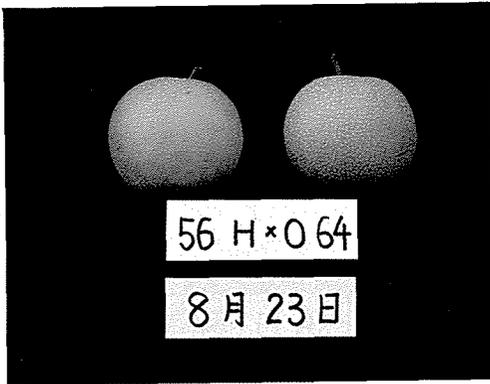
(8)



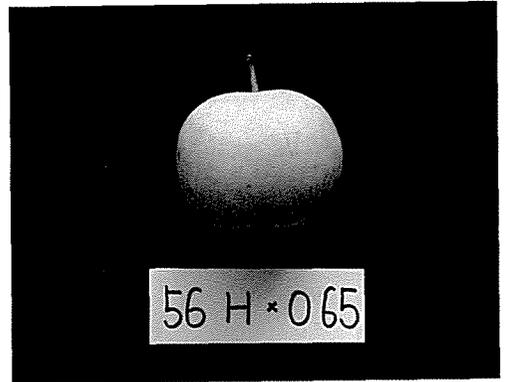
(9)



(10)



(11)



(12)