

# ニホンナシ‘豊水’果実のエチレン発生とみつ症発生 に及ぼす1-アミノ・シクロプロパン・カルボン酸 (ACC) の影響

梅谷 隆・佐久間文雄・桧山博也\*

キーワード; ニホンナシ, 豊水, みつ症, エチレン, ACC

## Effects of 1- Aminocyclopropane- 1- Carboxylic Acid (ACC) on the Ethylene Production and the Occurrence of Watercore in Japanese Pear (*Pyrus pyrifolia* Nakai) ‘Hosui’ Fruit.

Takashi UMEYA, Fumio SAKUMA and Hironari HIYAMA\*

### Summary

Effects of 1- aminocyclopropane- 1- carboxylic acid(ACC) on the ethylene production and the occurrence of watercore in Japanese pears (*Pyrus pyrifolia* Nakai) ‘Hosui’ were examined.

1.Ethylene was produced within 4 hours after ACC- spraying.

After 2days, ethylene production increased significantly at 500ppm and 1000ppm with treatment. After 4 days, ethylene production at 100ppm with treatment decreased to the same amount as with no - treatment, whereas it continued at 500ppm and 1000ppm with treatment.

2.Ethylene production increased proportionately with the watercore index. Ethylene production of healthy fruits which were yielded from a tree which produced watercore fruits every year was similar to that of healthy fruits which were yielded from a tree which did not product watercore fruits every year.

These results suggest that ethylene was not a trigger of watercore occurrence.

### I. 緒言

ニホンナシ‘豊水’のみつ症発生は、夏季の低温(6, 20)やカルシウム欠乏・エチレン生成と密接な関係があるとされている。中でもエチレンは成熟ホルモンとして、リンゴやナシなどクライマクテリック型果実の成熟を誘導する。また、傷害エチレンとして傷害によっても生成される(5)。エチレンとみつ症発生の関係は、ニホンナシ‘豊水’では原田ら(4)や猪俣ら(6)、長柄(13)らが報告している。リンゴでは加藤・佐藤(9)やGreeneら(3)、Wang・Faust(21)らが報告している。いず

れもみつ症とエチレンの関係は深く、カルシウム欠乏(11, 12, 14, 19)とともにみつ症発生の大きな要因と考えられている。

しかし、これらの報告はみつ症果と健全果のエチレン生成量を比較測定した結果であり、エチレンがみつ症発生の直接誘因なのか、またはみつ症発生によって二次的に発生したものか明らかではない。元来ニホンナシ‘豊水’はエチレン生成量が極めて少ない品種である(18)。また、原田ら(4)や猪俣ら(6)は、果実へ直接エチレン発生剤を処理しており、それも自然では見られないような高濃度のエチレン量を処理している。さら

\* 現在 茨城県フラワーパーク

に、エチレンを果実へ直接処理することによって誘導されたニホンナシ‘豊水’のみつ症が、自然に発生したみつ症と同じものかどうかは明らかでない。

そこで本報告では、エチレン前駆物質である1-アミノ・シクロプロパン・カルボン酸 (ACC) をニホンナシ‘豊水’果実に処理し、エチレン発生とみつ症発生に及ぼす影響を検討した。

## II. 材料および方法

### 実験1. 果実へのACC散布処理がエチレン発生に及ぼす影響

旧茨城県園芸試験場(茨城県阿見町)に栽植された‘豊水’17年生樹を供試し、1989年8月7日(満開後116日)にACC100ppm, 500ppm, 1000ppm液を果実全面に噴霧器で十分に散布した。処理1時間後、4時間後、5時間後、2日後、4日後各3果ずつ果実を採取し、減圧抽出法(1)により果実内気体を捕集して、ガスクロマトグラフで果肉組織中のエチレン濃度を測定した。また8月26日果実を各処理区10果採取し、果実品質、みつ症発生程度を調査した。

さらに同年別の‘豊水’17年生樹を供試し、8月11日にエセホン50ppmを果実に散布し、8月26日みつ症発生程度を調査した。

### 実験2. みつ症発生程度とエチレン発生量の関係

1989年8月10日(満開後119日)に現地(茨城県石岡市)20年生‘豊水’の例年みつ症が多発する樹を供試し、実験1と同じ手法で果実エチレン発生量を測定して、みつ症発生程度とエチレン発生量の関係を検討した。また、例年みつ症が発生しない樹の果実について、同様にエチレン発生量を測定し対照とした。

### 品質評価

果実品質は果実重、比重、地色、硬度、糖度(Brix)、酸度について調査した。比重は空気中および水中での果実重を測定し、水中での浮力から算出した。地色は農林水産省果樹試験場作製のカラーチャートを基準にして表示した。硬度はマグネステラー型果実硬度計により、糖度(Brix)は手持屈折計、酸度はpH計によってそれぞれ測定した。

### みつ症評価

みつ症発生程度については、果実を梗あ部、赤道部、蒂あ部の3ヵ所で横断し、各切断面のみつ症発生程度を次のようなみつ指数調査基準にしたがって調査した。

**みつ指数0**：健全なもの及び果芯部から放射線状に

出ているうっすらとしたみつ症状様なもの。

**みつ指数1**：果皮直下にうっすらとしたみつ症状が認められるか、または1cm<sup>2</sup>未満の境界明瞭なみつ症状が認められる。

**みつ指数2**：1cm<sup>2</sup>以上の透明で境界明瞭なみつ症状が認められるか、またはみつ症状の小斑点が切断面のかなりの面積を占める。

**みつ指数3**：2の症状がさらに拡大して、梗あ部・認められる。

いずれかの切断面にみつ指数3の発生がみられる場合は3、すべての切断面でみつ指数2以下の場合には平均した値(小数点以下は切り上げ)とし、みつ指数2・3をみつ症重症果とした。

平均みつ指数は

$$\Sigma (\text{各みつ指数} \times \text{発生果数}) \div \text{調査総果数}$$

重症果発生率は

$$\text{重症果数} \div \text{調査総果数} \times 100$$

式から算出した。

## III. 結果

### 実験1. 果実へのACC散布処理がエチレン発生に及ぼす影響

ACC処理1時間後の果肉組織中のエチレン濃度は、各処理濃度とも無処理と差がみられず0.3ppm程度であった。4時間後には発生が認められたが、各処理濃度間では0.4ppm程度で差はみられなかった。この傾向は5時間後においても同じで、各濃度とも果肉組織中のエチレン濃度は0.4ppm程度であった。2日後には100ppm散布区ではほとんど4、5時間後と差がみられず、500ppm、1000ppm散布区ではそれぞれ1.7ppm、7.3ppmと著しくエチレンが多く発生した。4日後には100ppm散布区では0.3ppmで1時間後とほぼ同じまで減少したが、500ppm、1000ppmでは各0.5ppm、1.6ppmとまだかなり高いエチレン濃度で推移した(第1表)。

ACC散布によって地色値が大きくなり、比重や硬度がやや低下したことから成熟が促進された。

ACC散布がみつ症発生に及ぼす影響は、500ppmまではみつ症発生は無処理区と差がみられなかった。しかし、1000ppmではみつ指数が1.3、重症果発生率が50%と多発した。また、エセホン50ppm散布では平均みつ指数0.2、

重症果発生率 10% と発生が認められた (第 2 表)。

Table 1. Effect of ACC spraying on fruits on ethylene production.

Concentration of ACC(ppm)	Ethylene production(ppm)				
	1hr	4hrs	5hrs	2days	4days
0	0.32	0.22	0.34	0.24	0.17
100	0.26	0.40	0.47	0.42	0.30
500	0.33	0.43	0.41	1.76	0.56
1000	0.33	0.45	0.45	7.32	1.65

Table 2. Effect of ACC and Ethphon spraying on fruits on quality and occurrence of watercore fruit.

Concentration of ACC and Ethphon (ppm)	Fruit weight(g)	Specific gravity	Ground color	Flesh firmness(kg)	Brix (%)	pH	Watercore index	Fruit with severe watercore(%)
ACC 0	366	1.047	2.8	1.63	11.4	4.65	0	0
100	395	1.042	3.4	1.54	12.4	4.69	0.1	0
500	398	1.040	3.4	1.54	11.9	4.65	0	0
1000	401	1.042	4.2	1.81	12.4	4.75	1.3	50
Ethphon 50	418	1.030	3.1	1.58	10.6	4.62	0.2	10

実験 2. みつ症発生程度とエチレン発生量の関係  
みつ症多発樹のみつ症無発生果実の果肉組織中のエチレン濃度と、みつ症未発生樹の無発生果実のそれは 0.3ppm 程度でほぼ同じであった。また、みつ症発生程

度が大きくなるほど果肉組織中のエチレン濃度が高く、みつ症発生指数と比例的に果肉組織中のエチレン濃度が増加した。しかし、みつ症指数 3 の重症果でも果肉組織中のエチレン濃度は 0.6ppm 程度であった (第 3 表)。

Table 3. Relation between watercore and ethylene production.

Degree of watercore of tree	Degree of watercore of fruit	Watercore index of fruit	Fruit weight(g)	Ground color	Flesh firmness(kg)	Brix (%)	Ethylene production(ppm)
Severe	healthy	0	238	3.0	1.81	9.6	0.38
	1c m <sup>2</sup> <sup>z</sup>	1	225	3.3	1.13	9.5	0.43
	1/4 over <sup>z</sup>	3	218	3.0	1.58	9.7	0.62
Healthy	healthy	0	225	3.0	1.95	9.2	0.36

<sup>z</sup> The ratio of watercore area in equatorial flesh area of Japanese pear cv. Hosui.

#### IV. 考 察

##### 1. ニホンナシ '豊水' 果実への ACC 散布処理がエチレン発生に及ぼす影響

ACC 散布処理後 4 時間経過すると果肉組織中のエチレン濃度の増加が認められた。2 時間、3 時間後のエチレン濃度をみていないが、果実内に ACC が取り込まれてから数時間でエチレン生成が起こると考えられた。エチレン発生量は 100ppm 濃度では無処理と大きな差はみられなかった。しかし 500ppm、1000ppm の高濃度区では、処理 2 日後には各 1.76ppm、7.32ppm と多量にエチレン発生がみられた。その前後のエチレン濃度をみていないが、ピークに達したと考えられた。処理

4 日後においても、高濃度区ではまだかなりのエチレン発生がみられた。

寿松木ら (16) はカキ '松本早生富有' で満開後 3~4 週間後に果実に ACC を散布した結果、100ppm までは無処理とエチレン発生に差がなく、500ppm 以上で散布後 3 時間後にエチレン発生がピークに達したと報告している。本実験結果とは、エチレン発生時のピーク時間に差がみられたが、樹種や生育ステージの差によるものと考えられる。また、田辺ら (18) によると、'豊水' はエチレン生成酵素 (EFE) 活性が高いにもかかわらず、エチレン生成量が極めて少ない。これは 1-マロニル/3-オキソパ-1-カルボキ酸 (MACC) 生成回路が発達していて、ACC の大半が MACC に変換されて、エチレン発生が少ない

ためではないかとしている。本実験では多量のエチレンが発生したが、組織内の ACC や MACC 量をみていないので、散布した ACC 濃度と発生したエチレン量が妥当なものかどうか明らかではない。

## 2. エチレンがみつ症発生に及ぼす影響

ACC500ppm 散布によってエチレンが1.7ppm、無処理の7倍と多量に生成されながら、みつ症は発生しなかった。一方、佐久間ら(15)は、満開16、18週間後の成熟期前における ACC500ppm の散布処理によってみつ症が発生したと報告している。これら異なった結果となったが、みつ症発生は樹の個体間差や着果部位の差が認められているので(多比良ら, 未発表), さらに検討が必要である。しかし、かなり高濃度のエチレンによってもみつ症が発生しない場合があることは、エチレンが必ずしもみつ症発生の直接要因とは考えにくい。

また、エセホン処理によりみつ症発生がみられた。同じ結果がニホンナシ‘豊水’で原田ら(4)や猪俣ら(6)、長柄(13)らによって報告されている。リングでは、加藤・佐藤(9)やGreeneら(3)、Wang・Faust(21)らがみつ症果にエチレン生成が多く、エチレン処理によってみつ症発生が多くなると報告している。Bradford・Yang(2)やKawase(10)によると、湛水処理によって根にACCが蓄積し、地上部でエチレンが発生する。また、田辺(17)は根の湿害による障害がみつ症発生要因の一つではないかとしている。これらのことから、みつ症はエチレンが引き金になって発生すると考えられている。

しかし、エセホンの果実への直接処理やACCの500ppm、1000ppm処理は、エチレン生成量が自然界では考えられないほどの高濃度であることや、実験2の結果から例年みつ症が多発する‘豊水’樹のみつ症無発生果実のエチレン生成量と、例年みつ症が発生しない樹の果実のエチレン生成量は同じレベルであり、みつ症発生程度とエチレン生成量が比例することから、エチレンはみつ症発生にともなって二次的に発生した可能性が考えられる。猪俣ら(1992)もまたニホンナシ‘豊水’のみつ症発生とエチレンとの関係は、みつ症が発生することによって果実が過熟となりエチレン量は高まるが、エチレンとみつ症の関係は直接的な関係は低く、二次的なものと考えている。さらに、田辺(18)はエチレン生成特性と成熟特性からニホンナシ品種を5群のタイプに類別しているが、エチレン生成量やEFE活性とみつ症の発生しやすい品種とは関係が低いと報告している。

以上のことから、エチレンがニホンナシ‘豊水’のみつ症発生の直接の引き金かどうかは明らかではなく、みつ症とエチレンの関係をさらに検討する必要がある。

## V. 摘要

ニホンナシ‘豊水’果実のエチレン発生とみつ症発生に及ぼす1-アミノ・シクロプロパン・カルボン酸(ACC)の果実散布処理の影響を検討した。

1. ACCの果実散布処理4時間後に果肉組織中のエチレン濃度が増加し、エチレン発生が認められたが、エチレン濃度は0.4ppm程度で多くはなかった。2日後には、500ppm、1000ppm散布区では著しくエチレンが多く発生した。4日後には100ppm散布区では無処理とほぼ同じまで減少したが、500ppm、1000ppmではまだかなりエチレン発生が続いた。

2. みつ症発生程度が大きくなるほど果肉組織中のエチレン濃度が高く、みつ症発生指数と比例的にエチレン発生量が増加した。みつ症多発樹のみつ症無発生果実の果肉組織中のエチレン濃度と、みつ症未発生樹の無発生果実のそれはほぼ同じであった。

以上の結果、高濃度のACCを処理しないとみつ症が発生しないことや、みつ症発生指数と比例的にエチレン発生量が増加したことから、エチレンはみつ症発生の直接の引き金かどうかは明らかでなく、さらに検討が必要である。

謝辞 本試験の推進に際し、特に、エチレンの測定には農林水産省果樹試験場栽培部栽培第一研究室(現在形質発現研究室)間苧谷徹室長(現在果樹試験場長)や栽培第二研究室(現在栽培生理研究室)鈴木邦彦室長および猪俣雄司研究官をはじめ皆様に大変ご指導・ご協力を頂いた。心より深く感謝いたします。

## 引用文献

1. Beyer, E. M., and P.W. Morgan(1970) A Method for Determining the Concentration of Ethylene in the Gas Phase of Vegetative Plant Tissues *Plant Physiol.* 46 : 352-354.
2. Bradford, K. J. and S. F. Yang(1981) Physiological responses of plants to waterlogging *Hort. Sci.* 16 : 25-30.
3. Greene, D.W., W. J. Lord and W. J. Bramlage (1977)

- Mid-summer applications of ethephon and daminozide on apples II. Effect on 'Delicious' J. Amer. Soc. Hort. Sci. 102(4): 494-497.
4. 原田久男・弦間洋・福島正幸・大垣智昭(1989)土壌の差異及び果実に対する遮光,水かん注,エセフオン処理がニホンナシ'豊水'のみつ症発現に及ぼす影響 筑波大農林研報 1:13-31.
  5. 兵藤宏・楊祥発(1994)エチレン 高橋信孝・増田芳雄共編 植物ホルモンハンドブック [下] P.161-201. 培風館 東京.
  6. 猪俣雄司・村瀬昭治・長柄稔・篠川俣雄・及川悟・鈴木邦彦(1993a)ニホンナシ'豊水'のみつ症の発生条件の解明に関する研究 園学雑 62:257-266.
  7. 猪俣雄司・村瀬昭治・長柄稔・篠川俣雄・鈴木邦彦(1993b)ニホンナシ'豊水'のみつ症の発生と膜の透過性との関係 園学雑 62:267-275.
  8. 猪俣雄司・佐々木俊之・福元将志・村瀬昭治・鈴木邦彦.(1992)ニホンナシのみつ症に関する研究(第6報)みつ症の発生と果肉組織の植物ホルモン含量との関係 園学雑 61(別1):6-7.
  9. 加藤公道・佐藤良二.1978.リンゴ果実の成熟(第2報)成熟期の呼吸量,エチレン排出量および内部ガス濃度の相互関係並びに比重または蜜入りとの関係.園学雑 46(4):530-540.
  10. Kawase,M(1972)Effect of flooding on ethylene concentration in horticultural plant J.Amer. Soc.Hort.Sci.97:584-588.
  11. 川瀬信三・関本美知(1991)ニホンナシ豊水のみつ症の発生に及ぼすキレートカルシウム及びカルシウム拮抗剤の効果と深耕の影響 園学雑 60(別1):98-99.
  12. Marlow,G.C. and Loescher,W. H :(1984) Watercore. Hort. Rev. 6: 189-251.
  13. 長柄稔(1989)水ナシ.農業技術体系.果樹編.3.ナシ・西洋ナシ p枝323-枝328の4.農文協 東京.
  14. Perring, M. A. 1984. Lenticel blotch pit water-core splitting and cracking in relation to calcium concentration in the apple fruit. J. Sci. Food Agric.35:1165-1173.
  15. 佐久間文雄・梅谷隆・松山博也(1999)ニホンナシ'豊水'の果実発育,品質,みつ症発生に及ぼす1-アミノ・シクロプロパン・カルボン酸(ACC)の散布時期の影響 茨城農総研園研報告 7:1-5.
  16. 寿松木章・岩永秀人・村上ゆり子・間苧谷徹(1988)カキ果実の生理落果とエチレン発生量との因果関係園学雑 57(2):167-172.
  17. 田辺賢二(1992)ニホンナシ栽培の問題点と展望平成4秋園芸学会シンポジウム要旨:p4.
  18. 田辺賢二(1994)エチレン生成要因と液胞膜活性からみたニホンナシ果実の成熟特性と品種類別平成5年度科研費補助金研究成果報告書:1-46.
  19. 田中敬一・猪俣雄司・川瀬信三・関本美知・永村幸平・川上千里(1992)ニホンナシ(Pyrus pyrifolia Nakai var.culta Nakai)みつ症の発生機構とCa-EDTAによる防止効果 園学雑 61:183-190.
  20. 千葉県農試(主査)・埼玉県園試・栃木県農試・茨城県園試・神奈川県園試・富山県農試(1983)総合助成試験研究報告書,日本ナシ新品種の安定供給法の確立に関する試験 p90-107.
  21. Wang,S.Y., and M.Faust. 1992. Ethylene Biosynthesis and Polyamine Accumulation in Apples with Watercore J.Amer.Soc.Hort.Sci.117(1):133-138.