

# 着色開始期前後の天然型アブシシン酸含有肥料の果実散布 がカキ‘富有’果実の果皮色に及ぼす影響

誌名	園芸学研究
ISSN	13472658
著者名	新川,猛 加藤,雅也 鈴木,哲也 生駒,吉識
発行元	園芸学会
巻/号	13巻3号
掲載ページ	p. 267-274
発行年月	2014年7月

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



## 着色開始期前後の天然型アブシシン酸含有肥料の果実散布が カキ ‘富有’ 果実の果皮色に及ぼす影響

新川 猛<sup>1\*</sup>・加藤雅也<sup>2</sup>・鈴木哲也<sup>1</sup>・生駒吉識<sup>3a</sup>

<sup>1</sup>岐阜県農業技術センター 501-1152 岐阜市又丸

<sup>2</sup>静岡大学農学部 422-8529 静岡市駿河区大谷

<sup>3</sup>農業・食品産業技術総合研究機構 果樹研究所カンキツ研究興津拠点 424-0292 静岡市清水区興津中町

### Effects of Fertilizer Containing (S)-(+)-Abscisic Acid (S-ABA) on Skin Color of ‘Fuyu’ Persimmon Fruits Before and After the Onset of Coloring

Takeshi Niikawa<sup>1\*</sup>, Masaya Kato<sup>2</sup>, Tetsuya Suzuki<sup>1</sup> and Yoshinori Ikoma<sup>3a</sup>

<sup>1</sup>Gifu Prefectural Agricultural Technology Center, Gifu 501-1152

<sup>2</sup>Faculty of Agriculture, Shizuoka University, Suruga-ku, Shizuoka 422-8529

<sup>3</sup>Citrus Research Division, NARO Institute of Fruit Tree Science, Shimizu-ku, Shizuoka 424-0292

#### Abstract

The delay and inferiority of Japanese persimmon ‘Fuyu’ coloration have become very problematic years. To identify solutions to this problem, this study investigated the effects of treatment with fertilizer containing a natural type of abscisic acid (S-ABA) on fruit skin coloration. Treatment with fertilizer containing S-ABA led to a significant increase in coloration of the fruit apex, reaching a 1.0 higher color chart value, and necessitating a 7–10 day earlier harvesting time compared to controls. Significant effects on treatment with fertilizer containing S-ABA were observed before coloring onset in this study, which corresponds to the period from September to the beginning of October. However, treatment after the onset of coloring was ineffective. Coloration improvement was observed approximately 10 days after the treatment. Significant differences were found in color chart values compared to control fruits until harvesting. These results suggest that coloration improvement on using fertilizer containing S-ABA was due to accelerating the transition to the coloring period.

**Key Words** : coloring, global warming, maturation

キーワード : 着色, 温暖化, 成熟

#### 緒言

カキは、成熟期になると果皮に多量のカロテノイドを蓄積し、黄色からオレンジ色、赤色と徐々に色調を変化させ、古来より深まりゆく秋の情景を感じさせる果実として親しまれている。カキの果皮色は優良産地においては卸売価格に大きく関与しており、消費者が購入時に重視する要因となっている（秋元・黒田，1979）。しかし、近年カキの着色に変化が認められており、温暖化によって開花期が早くなり、発育ステージが前倒しになると、着色期が高温になるとともに、果実発育期間全体が高温になっているため、着色遅延や阻害が頻発するようになっている（杉浦ら，2009）。

カキ ‘富有’ は、9～11月の平均気温が17℃付近の産

地では着色が良好であるが、18℃以上では着色が劣り（中條，1982）、9～10月の平均気温が低く推移すると最終的な着色が良好となる（新川ら，2014）。カキのカロテノイド蓄積は、着色開始初期にはカロテノイド生合成関連酵素遺伝子群の発現レベルの一斉上昇に伴って、ゼアキサンチン、次にβ-クリプトキサンチンが蓄積し、着色期後半には遺伝子発現パターンの変化によってリコペンが蓄積するといったカロテノイド生合成経路の下流に位置する物質から順次蓄積していく傾向が認められる（新川ら，2008）。このことから、カキのカロテノイド蓄積は下流の物質が一定量蓄積することによって順次上流物質が蓄積するという規則性を有しているものと推察される。

植物ホルモンの一種であるアブシシン酸は、カロテノイド生合成経路を經由して合成され、種子の休眠や乾燥ストレス時の葉の気孔開閉などの作用性を持つものと考えられている（川上，2002）。高等植物におけるアブシシン酸の合成は、低温条件で促進される（モーア・ショップパー，1998）ことが知られており、成熟期のブドウ ‘安芸クイー

2014年1月9日 受付。2014年4月16日 受理。  
本報告の一部は、平成22年度園芸学会秋季大会で発表した。  
\* Corresponding author. E-mail: niikawa-takeshi@pref.gifu.lg.jp  
<sup>a</sup> 現在：農研機構果樹研究所企画管理部

ン'を20°Cと30°Cで2週間栽培した場合のアブシシン酸濃度は、20°Cの方が1.6倍高濃度になっており、アブシシン酸レベルによって着色がコントロールされている可能性が示唆されている(Yamaneら, 2006)。そこで、本研究ではブドウなどの果樹で着色促進効果を示すアブシシン酸について、カキに対する効果を明らかにするとともに、実用化のための最適な処理条件について検討を行った。

## 材料および方法

本研究は、着果位置による受光状態の違いを極力排除するために、平棚栽培を行っている樹(2012年現在で23年生'すなみ'ならびに38年生'富有')を用いて試験を行った。アブシシン酸は、実験1では市販試薬である(+)-cis,trans-Abscisic Acid (A. G. Scientific)を用い、実験2では天然型アブシシン酸を10%含有する家庭園芸用肥料(ミヨビ,バル企画)(以下、アブシシン酸含有肥料)を用いて、アブシシン酸として所定の濃度となるように水で希釈し、ハンドスプレーもしくは背負い式動力噴霧器によって散布した。散布については、果実への吸収を促すためへたを中心に果実全体に十分量を処理した。果皮色の調査は、色彩色差計(CR-400, コニカミノルタセンシング)を用いて果頂部の色相角度(H°)を測定した。カキは、カラーアナライザーの果色の測定値とカラーチャートの色票との比較が容易であるため(山崎・鈴木, 1980)、カキ用カラーチャート(農林水産省果樹試験場監修)の色見本を色彩色差計で測定し、H°とカラーチャート値の相関を求めて換算式を作成し、測定したH°をカラーチャート値に換算した。相関式については、色彩色差計のパルスキセノンランプの劣化やカラーチャートの色見本の退色などの影響を除外するために、毎年収穫直前に作成し、当該年の果実はすべて同じ換算式を用いた(2012年度は、カラーチャート値 $= -9.073 \times \text{LN}(H^\circ) + 43.398$ ;  $R^2 = 0.986$ )。なお、ラベリングした果実に落果や障害が認められた場合はその都度同一樹の近隣の同程度の果実に変更し、常に同数の果実となるようにした。

### 1. (+)-cis,trans-Abscisic Acidの果実散布がカキの着色に及ぼす影響(実験1)

2011年に岐阜県農業技術センター植栽の'すなみ'('富有')の大果枝変わり品種)1樹を供試し、2本主枝の内、1本を散布区、もう1本を無散布区とした。散布区は、(+)-cis,trans-Abscisic Acid 400 ppmに相当する希釈水溶液を9月29日に散布した。散布直前ならびに散布後経時的にその時点で試験区内において平均的な着色程度ならびに大きさの果実を5果ずつ採取し、果頂部の果皮色を測定した。

### 2. アブシシン酸含有肥料の果実散布が着色に及ぼす影響(実験2)

#### 1) 繰り返し散布による効果の検討

アブシシン酸含有肥料によるカキの着色向上効果の最大値と年次変動を検討するため、2010～2012年の毎年、ア

ブシシン酸含有肥料の繰り返し散布を行った。'富有'1樹を用いて、同一樹体内に主枝単位で散布区と無散布区を設けた。アブシシン酸含有肥料の250倍希釈水溶液(400 ppmの天然型アブシシン酸を含有)をカキ'富有'の着色開始期前後の9月上旬～10月初旬に散布した。2010年は9月2日, 9月7日, 9月14日および9月22日, 2011年は9月13日, 9月17日, 9月22日および9月29日, 2012年は9月1日, 9月12日, 9月21日および10月2日の概ね1週間から10日間隔で合計4回散布した。樹体内の平均的な果実を各区15果ずつランダムに選び、散布直前ならびに散布後に果頂部果皮色の推移を経時的に調査した。

#### 2) 散布時期の検討

アブシシン酸含有肥料によるカキの着色向上効果をもたらす処理適期を明らかにするため、2009～2011年の毎年、8, 9および10月の各月中旬にアブシシン酸含有肥料の散布を行った。'富有'1樹を用いて、同一樹体内に主枝単位で時期を変えた散布3区と無散布区を設けた。アブシシン酸含有肥料の250倍希釈水溶液を、2009年は8月11日, 9月11日または10月12日, 2010年は8月16日, 9月17日または10月12日, 2011年は8月18日, 9月17日または10月12日にそれぞれ散布した。散布直前に樹体内の平均的な果実を各区15果ずつランダムにラベリングし、果頂部果皮色の推移を経時的に調査した。

#### 3) 濃度の検討

アブシシン酸含有肥料によるカキの着色向上効果をもたらす最適濃度を検討するため、2009年9月11日にアブシシン酸含有肥料の500, 1,000または2,000倍希釈水溶液(それぞれ200, 100および50 ppmの天然型アブシシン酸を含有)を散布した。'富有'1樹を用いて、同一樹体内に主枝単位で濃度を変えた散布3区と無散布区を設けた。散布直前に樹体内の平均的な果実を各区15果ずつランダムにラベリングを行い、果頂部果皮色の推移を経時的に調査した。

#### 4) 実用性の検討

アブシシン酸含有肥料によるカキの着色向上効果を実用レベルにするためには、散布濃度ならびに回数を減らす必要がある。そこで、2010～2012年の毎年9月に、アブシシン酸含有肥料の500倍希釈水溶液を1回または2回散布した。'富有'6樹(2012年現在38年生)のうち、1回散布区, 2回散布区および無散布区を各区2樹設け、散布区は樹全部の果実に散布を行った。散布直前に樹体内の平均的な果実に1樹当たり15果ずつランダムにラベリング(1区当たり30果:15果×2樹)を行い、果頂部果皮色の推移を経時的に調査するとともに、2010年は11月28日, 2011年は11月24日および2012年は11月26日に一斉収穫し果実品質を調査した。またラベリングした果実を除く、試験区内のすべての果実は、収穫基準(果頂部カラーチャート値5.0以上)に到達した果実を週1回の間隔で合計4～5回に分けて順次収穫していき、累積収穫率を求めた。なお、試験は毎年同一の6樹を用いたが、年によって試験区が変

更するように、2 樹ずつをローテーションして調整した。

## 結 果

### 1. (+)-cis,trans-Absciscic Acid の果実散布がカキの着色に及ぼす影響 (実験 1)

(+)-cis,trans-Absciscic Acid のカキ ‘すなみ’ への果実散布後 7 日程度経過すると、散布区では無散布区に比べて果頂部カラーチャート値が高くなる傾向が認められ、15 日後には無散布区より 1.0、30 日後には同じく 1.5 有意に高くなり、着色の進行が早まった (第 1 図)。

### 2. アブシシン酸含有肥料の果実散布が着色に及ぼす影響 (実験 2)

#### 1) 繰り返し散布による効果の検討

9 月上旬～10 月初旬にアブシシン酸含有肥料をカキ ‘富有’ 果実へ 4 回繰り返し散布を行ったところ、2010～2012 年の 3 か年とも 9 月下旬頃より無散布区に比べて、果頂部のカラーチャート値が有意に高くなった (第 2 図)。10 月以降両区のカラーチャート値の差は、散布区が約 1.0 高い状態で進み、差が広がることなく 11 月下旬までそのまま推移し、収穫期となった。

#### 2) 散布時期の検討

2009～2011 年の 3 か年アブシシン酸含有肥料の散布時期がカキ ‘富有’ の着色に及ぼす影響について検討した。2009 年は 9 月散布区で無散布区に比べて有意に果頂部カラーチャート値が高くなり、収穫期を迎えた 11 月 10 日時点でのカラーチャート値の差は 0.7 であった (第 1 表)。2010 年も 2009 年と同様の傾向で、9 月散布区のみが有意に果頂部カラーチャート値が高く、11 月 10 日のカラーチャート値の差は 1.1 であった。2011 年は 9 月散布区については、過去 2 年と同様の傾向であった。また 10 月散布区についても無処理区と比べて 10 月下旬以降有意な差が認められ、11 月 9 日のカラーチャート値は約 0.8 高くなった。

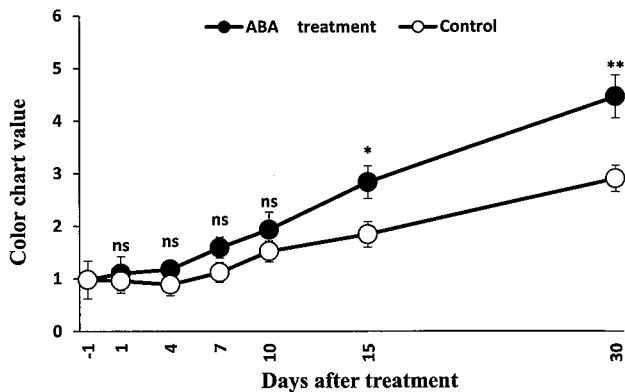


Fig. 1. Change in color chart values of the skin of the fruit apex due to abscisic acid (ABA) treatment. Each point represents the mean of five fruits. The color chart value was converted from the Hue angle ( $H^\circ$ ) measured using a color-difference meter. Vertical bars show  $\pm$ SD of the mean. \*, \*\*, and ns respectively denote significance at  $P < 0.05$ , 0.01 and non-significance by  $t$ -test.

### 3) 濃度の検討

2009 年にアブシシン酸含有肥料の散布濃度がカキ ‘富有’ の着色に及ぼす影響について検討した。散布後 18 日経過した 9 月 29 日時点で、500 倍散布区で無散布区と比べて果頂部カラーチャート値が有意に高くなり効果が認められた (第 2 表)。1,000 倍ならびに 2,000 倍散布区では、一時的に有意な差が認められた時期もあったが、無処理区とはほぼ同等に推移し、11 月上旬の果頂部カラーチャート値に差は認められなかった。

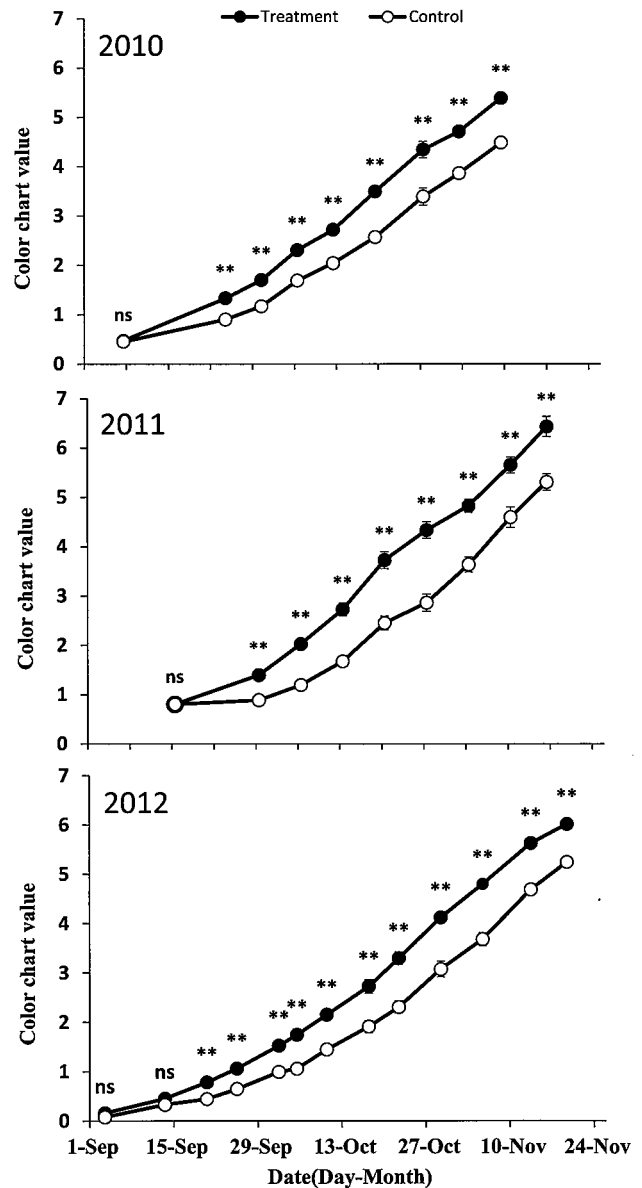


Fig. 2. Effects of repeat treatment with 250-fold fertilizer containing a natural type of abscisic acid on the color chart value of the skin of the fruit apex. Each point represents the mean of 15 fruits. The color chart value was converted from the Hue angle ( $H^\circ$ ) measured using a color-difference meter. Vertical bars show  $\pm$ SE of the mean. ns and \*\* respectively denote non-significant and a significant difference from  $P < 0.01$  by  $t$ -test.

**Table 1.** Effects of treatment times with 250-fold fertilizer containing a natural type of abscisic acid on the color chart value of the skin of the fruit apex.

year	treatment time	investigation date (Month/Day)						
		Sep.30	Oct.06	Oct.13	Oct.20	Oct.27	Nov.02	Nov.10
2009	Aug.11	1.40 a <sup>z</sup>	1.79 a	2.51 a	3.13 a	3.63 a	4.29 ab	4.69 a
	Sep.11	1.69 a	2.20 b	3.17 b	3.55 b	4.40 b	5.08 b	5.70 b
	Oct.12	1.37 a	1.85 ab	2.58 a	3.21 a	4.01 ab	4.78 ab	4.95 ab
	cont.	1.35 a	1.77 a	2.19 a	2.87 a	3.79 a	4.36 a	4.96 a
2010		Sep.29	Oct.06	Oct.12	Oct.19	Oct.27	Nov.02	Nov.10
	Aug.16	1.03 ab	1.33 a	1.71 a	1.95 a	2.75 a	3.31 ab	4.06 a
	Sep.17	1.44 b	2.07 b	2.54 b	2.89 b	3.80 b	4.39 b	4.93 b
	Oct.12	0.99 a	1.29 a	1.51 a	2.24 a	2.79 a	3.46 ab	3.95 ab
cont.	0.93 a	1.33 a	1.71 a	1.91 a	2.65 a	3.39 a	3.79 a	
2011		Sep.29	Oct.07	Oct.13	Oct.20	Oct.27	Nov.02	Nov.09
	Aug.18	0.87 a	1.38 a	1.80 a	2.45 a	3.09 a	4.03 ab	4.89 ab
	Sep.17	1.35 b	1.99 b	2.94 b	3.64 b	4.37 b	4.76 c	5.80 c
	Oct.12	0.86 a	1.33 a	1.98 a	2.91 a	4.04 b	4.66 bc	5.37 bc
cont.	0.89 a	1.25 a	1.69 a	2.48 a	3.05 a	3.88 a	4.61 a	

<sup>z</sup>The color chart value was converted from Hue angle (H°) measured using a color-difference meter. Means in the same column within the same year followed by the same letter are not significantly different at  $P < 0.01$  by Tukey test ( $n = 15$ ).

**Table 2.** Effects of treatment concentrations of fertilizer containing a natural type abscisic acid on the color chart value of the skin of the fruit apex.

Dilution ratio <sup>z</sup>	Sep.14	Sep.22	Sep.29	Oct.05	Oct.12	Oct.19	Oct.26	Nov.02	Nov.09
2,000-fold	0.78 a <sup>y</sup>	1.37 a	1.72 ab	2.14 ab	2.78 ab	3.67 b	4.21 ab	4.86 a	5.40 a
1,000-fold	0.83 a	1.33 a	1.49 ab	2.07 ab	2.65 ab	3.37 ab	3.77 a	4.96 a	5.39 a
500-fold	1.00 a	1.44 a	1.81 b	2.41 b	3.06 b	3.83 b	4.71 b	5.54 b	6.11 b
cont.	0.80 a	1.17 a	1.37 a	1.78 a	2.50 a	3.12 a	3.99 a	4.58 a	5.47 a

<sup>z</sup>Treatment was conducted on September 11, 2009 by hand spraying.

<sup>y</sup>The color chart value was converted from the Hue angle (H°) measured using a color-difference meter. Means in the same column followed by the same letter are not significantly different at  $P < 0.01$  by Tukey test ( $n = 15$ ).

#### 4) 実用性の検討

アブシシン酸含有肥料によるカキの着色向上効果を実用レベルで評価するために、散布濃度を500倍、散布回数を1回もしくは2回とした場合のカキ‘富有’の着色と果実品質に及ぼす影響とラベリングした果実を除いた試験区内のすべての果実の累積収穫率について検討した。

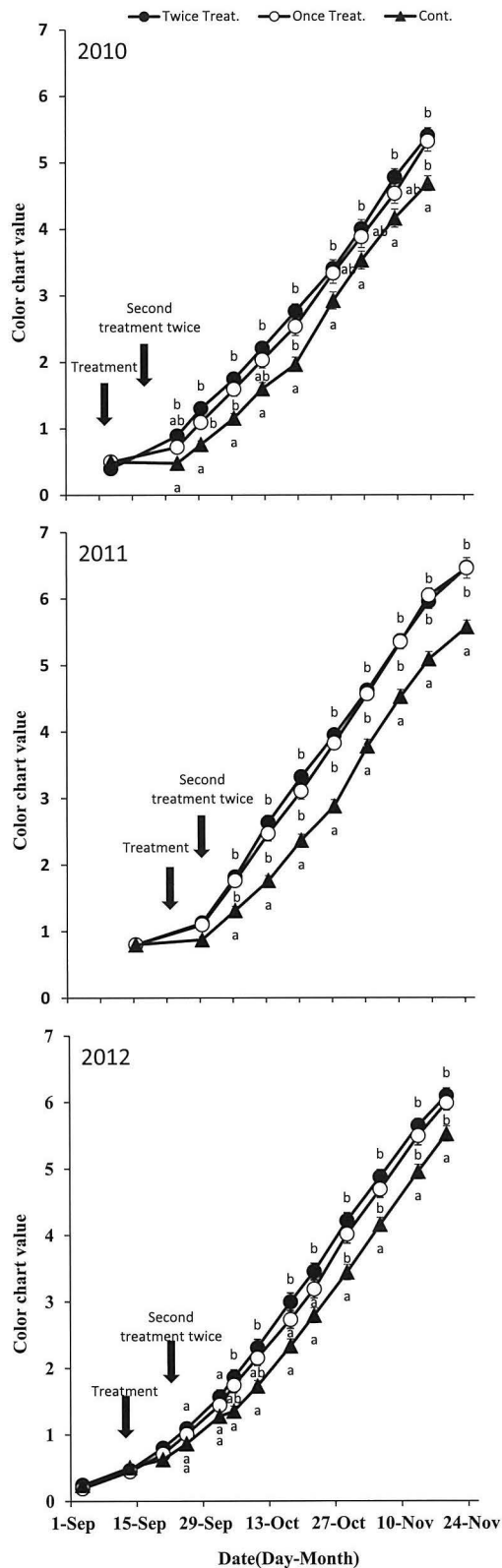
果頂部果皮色のカラーチャート値は試験した3か年とも同様の傾向で、散布区では回数にかかわらず、無散布区と比べて10月上旬には有意に高くなり、11月下旬までそのまま推移した(第3図)。一斉収穫時の果実品質は、果頂部は3か年とも散布回数にかかわらず無散布区と比べて有意に高く、果胴部では2010年の1回散布区および2回散布区、2011年の2回散布区、2012年の1回散布区で有意に高くなった(第3表)。果底部は2012年の1回散布区および2回散布区で有意に高かったが、他の年は差が認められなかった。果実の大きさでは、平均果重において2010年の1回散布区および2回散布区、2012年の1回散布区で有意に大きくなっていったが、年や散布回数により、効果にバラツキが認められた。果実糖度と果肉硬度については、

明確な差は認められなかったが、2010年の2回散布区ならびに2012年の1回散布区といった無散布区より有意に高くなる試験区も認められた。

累積収穫率は、散布区が早く収穫できる傾向が認められたが、年によって効果に差が認められた(第4図)。前半2回の収穫率では、2010年と2011年では無散布区の収穫率が30%前後であるのに対して、散布区では60%以上の収穫率となり、収穫の前進化が顕著であった。2012年も散布区の収穫率は高かったが、無散布区との差は比較的小さく、年による効果の差が認められた。

#### 考 察

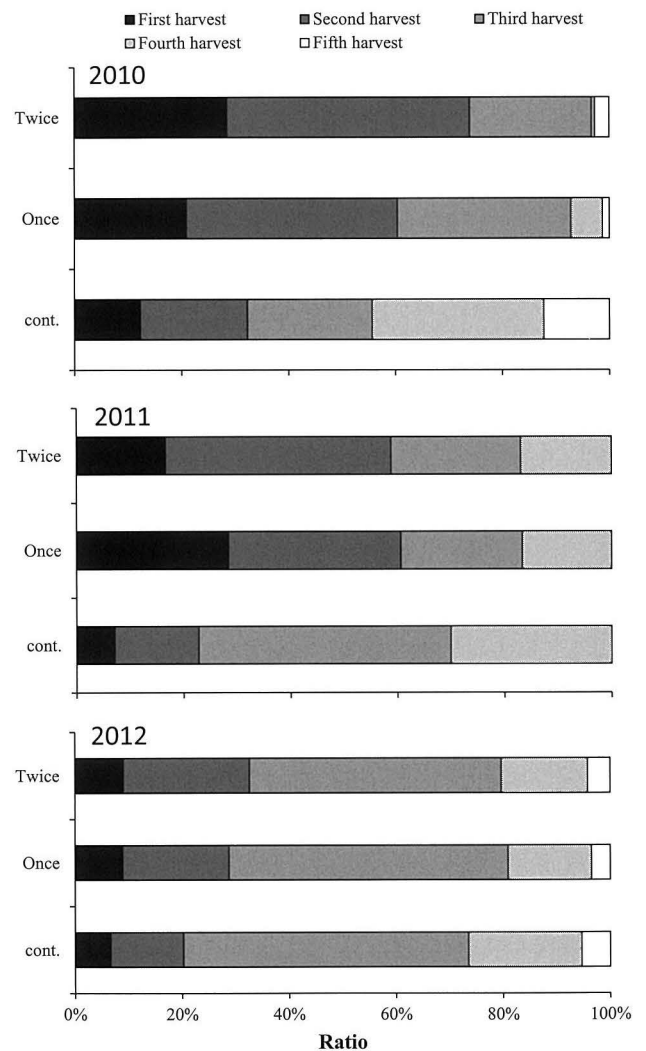
アブシシン酸含有肥料によるカキの着色向上効果は、3か年とも安定的に認められ、概ねカラーチャート値で1.0高く、収穫期では1週間から10日前進させる効果であった(第2図)。この効果については、散布回数に関わらずほぼ一定であり(第3図)、散布区では半月ほど経過した後に着色が始まるが、無散布区に着色が始まるとカラーチャート値の差は広がることなく、そのまま収穫期まで推



**Fig. 3.** Effects of treatment times with 500-fold fertilizer containing a natural type of abscisic acid on the color chart value of the skin of the fruit apex. The color chart value was converted from the Hue angle ( $H^\circ$ ) measured using a color-difference meter. Different letters represent significantly different at  $P < 0.01$  by Tukey test ( $n = 30$ ). Vertical bars show  $\pm$  SE of the mean.

移した. また無散布区の着色が既に始まった10月中旬の散布では効果は安定しなかった(第1表). 試験に用いたアブシシン酸含有肥料には,天然型アブシシン酸に加えて,リン酸,カリ,苦土,マンガンおよびホウ素などが含まれているが,カキの着色向上効果については, (+)-*cis,trans*-Abscisic Acid を用いた実験1の結果と一致しており,実験2における着色向上効果については,天然型アブシシン酸に起因するものと推察される.

カキにおけるアブシシン酸による着色向上に関する報告は少ないが, Nakano ら (1997) は, '平核無' を用いて果実成長第II期の9月13日の散布処理によって果皮色が向上することを報告している. また,松井ら (1992b) は, '富有' に対するアブシシン酸の散布は, 幼果期の時期では効



**Fig. 4.** Effects of treatment times of 500-fold fertilizer containing a natural type of abscisic acid on the harvesting time. Harvest days in 2010: first, Nov.5; second, Nov.13; third, Nov.19; fourth, Nov.26; fifth, Dec.1. Harvest days in 2011: first, Nov.8; second, Nov.16; third, Nov.22; fourth, Nov.28. Harvest days in 2012: first, Nov.8; second, Nov.13; third, Nov.20; fourth, Nov.27; fifth, Dec.4.

Table 3. Effects of treatment times with 500-fold fertilizer containing a natural type of abscisic acid on fruit quality.

year <sup>z</sup>	experiment plot	color chart value <sup>y</sup>			fruit weight (g)	fruit shape (cm)			°Brix	flesh firmness (kg · cm <sup>-2</sup> )	Number of seeds
		apex	equator	bottom		long diameter	short diameter	height			
2010	twice	5.4 b <sup>x</sup>	5.8 b	6.2 a	295.4 b	8.9 b	8.6 b	6.4 a	18.0 b	1.9 a	3.8 a
	once	5.6 b	5.8 b	6.3 a	302.3 b	9.0 b	8.7 b	6.4 a	17.6 a	2.0 a	3.5 a
	cont.	5.0 a	5.4 a	6.1 a	272.9 a	8.6 a	8.2 a	6.3 a	17.4 a	2.1 a	3.0 a
2011	twice	6.5 b	6.5 b	6.6 a	265.5 a	8.8 a	8.4 a	6.3 a	17.1 a	2.1 a	2.4 a
	once	6.4 b	6.3 ab	6.3 a	278.5 a	8.9 a	8.5 a	6.4 a	17.3 a	2.0 a	2.5 a
	cont.	5.5 a	6.0 a	6.3 a	270.5 a	8.7 a	8.5 a	6.4 a	16.8 a	2.0 a	2.7 a
2012	twice	6.4 b	6.0 ab	6.4 b	262.1 ab	8.8 b	8.5 b	6.1 a	16.1 a	2.0 a	3.9 a
	once	6.4 b	6.1 b	6.5 b	264.4 b	8.8 b	8.4 b	6.2 a	16.8 b	2.1 a	4.5 a
	cont.	6.0 a	5.6 a	5.9 a	246.2 a	8.5 a	8.2 a	6.1 a	16.2 ab	2.1 a	4.7 a

<sup>z</sup> Harvest dates of respective year: 2010-Nov.24; 2011-Nov.24; 2012-Nov.26.

<sup>y</sup> The color chart value was converted from the Hue angle (H°) measured using a color-difference meter.

<sup>x</sup> Means in the same column within the same year followed by the same letter are not significantly different at  $P < 0.01$  by Tukey test ( $n = 30$ ).

果がなく、9月9日および10月8日の散布で成熟促進効果があることを報告している。これらの報告は、アブシシン酸によるカキの着色向上効果を示すものであり、本研究の結果と一致している。松井ら (1992b) は天然型アブシシン酸の 100 および 300 ppm とも着色向上効果を示したとしているが、本研究ではアブシシン酸含有肥料の 1,000 倍以下 (天然型アブシシン酸 100 ppm 相当) では着色向上効果は認められなかった (第 2 表)。これは肥料成分の有無や処理範囲に枝葉を含むか否かの違いに起因するものと考えられる。本研究の結果では、アブシシン酸含有肥料の 500 倍液を 1 回散布することで実用的な着色向上効果が認められている (第 3 図) が、散布濃度の低減や効果的な散布方法についてさらに検討する余地があるものと考えられた。

カキで着色向上効果を示す時期は限定的であり、本研究およびこれまでの報告では、果実成長第 II 期から果実成長第 III 期へ移行する時期である 9~10 月初めの散布に集中している。この時期は、停滞していた果実肥大が急激な肥大を再開し、着色、糖集積および果肉の軟化など成熟が進行する (岡本, 1996) ことから、カキの着色開始の起点となる重要な時期で、その移行時期の早晚が着色の良否に関与していると考えられる。また、カキと同様に果実にカロテノイドを集積するトマトでは、緑熟期で着色促進効果が認められ、幼果期の効果は小さいこと (禿ら, 1992)、緑熟期の収穫果においても着色が促進するとともにエチレン生合成を誘導することが報じられている (Zhang ら, 2009)。さらに、果皮中にアントシアニンを集積するブドウでは、'巨峰' (Kataoka ら, 1982)、'デラウェア' (松井ら, 1992a)、'オリンピック' (平ら, 1988; 松島ら, 1989) などの主力品種を始め、多くの黒色系および赤色系品種 (片岡, 1986) でアブシシン酸の散布による着色向上効果が認められており、最も効果の高い時期はベレーゾン後 2~3 週間、それ以外の時期は効果が劣るとしており (北村ら, 2007; 松島ら, 1989)、カキと同様に着色向上効果を示す時期は限定的である。これらの結果は、アブシシン酸はカロ

テノイドやアントシアニンなどの色素の含有量を直接的に高める効果を持つものではなく、着色期に移行する時期を早める効果を持つ可能性を示唆するものと考えられる。

平田ら (1978) は、カキ果実のアブシシン酸の活性は '富有' および '平核無' とも生理落果の時期、胚の発育完了期 (果実成長第 II 期) および果実の成熟期に高く、果実の着色・成熟と密接に関係しているとしている。また Sun ら (2012) は、'平核無' の果肉において開花 125 日後にアブシシン酸含量とカロテノイドを分解してアブシシン酸の生合成に関与する酵素遺伝子の一つである *DkNCED1* (9-cis-epoxycarotenoid dioxygenase) の遺伝子発現がピークとなる結果を示している。'平核無' の開花 125 日後は、我が国では着色開始期直前に相当する時期である。ワイン用ブドウでは、高温 (35°C) 下のアントシアニン量は適温 (25°C) の半分に留まるが (Mori ら, 2007)、高夜温下で栽培したブドウにアブシシン酸を散布すると低夜温下で栽培したブドウと同レベルのアントシアニン量となることが示されている (Mori ら, 2005)。また、ブドウ '安芸クイーン' の果房を低夜温処理すると、アブシシン酸含量の増加に対応して、着色開始期の着色が促進され (Koshita ら, 2007)、ABA 処理によって、アントシアニン生合成系遺伝子の発現が誘導されたことから ABA はブドウ果皮の成熟を促進させていることが示唆されている (Koyama ら, 2010)。さらに、果実温を制御したウンシュウミカンにおいて低温がカロテノイド生成を促進し、ABA 含量も同様の推移を示すことが報じられている (宇都宮ら, 1982)。

これらのことから、カキの着色遅延や着色不良は成熟前的高温条件によって内生のアブシシン酸の生合成が抑制されるもしくは高温条件によって消費されることによって引き起こされ、外生処理によってアブシシン酸を補うことで着色開始期が早まり、着色が向上するものと推察された。しかし、本研究では実際のアブシシン酸量の推移や外気温とアブシシン酸との関係については調査していないことか

ら、今後これらの調査を行っていく必要がある。

## 摘 要

近年頻発するカキ‘富有’の着色遅延や着色不良に対応するため、天然型アブシジン酸含有肥料の果実散布による着色向上効果について検討した。250～500倍のアブシジン酸含有肥料をへた中心に果実全体に散布すると、無散布に比べてカラーチャート値で1.0高く、収穫期では1週間から10日前進化した。効果を示す散布時期は、9月～10月初旬の着色開始期直前であり、着色開始期以降の効果は認められなかった。また、着色の向上は果実散布後10日ほど経過した後に認められるが、無散布の着色が始まる時期になるとカラーチャート値の差は一定のまま収穫期まで推移した。これらのことから、アブシジン酸含有肥料の散布による着色向上は、着色開始期に移行する時期を早めることによってもたらされているものと推察した。

## 引用文献

- 秋元浩一・黒田佐俊. 1979. カキ(富有)の価格形成に及ぼす果皮色の影響. 農機誌. 41: 309-312.
- 中條利明. 1982. 富有カキ果実の発育ならびに品質に及ぼす温度条件に関する研究. 香川大農紀要. 37: 1-63.
- 平田尚美・林 真二・田辺賢二. 1978. カキ果実の発育ならびに成熟に関する生理学的研究 V. 果実の発育と内生のオーキシン, ジベレリン, サイトカイニン, アブシジン酸およびエチレン含量との関係. 鳥取大農研報. 30: 26-37.
- 禿 泰雄・白井 真・松井鑄一郎. 1992. 天然型アブシジン酸がトマトおよびメロンの果実肥大と成熟におよぼす影響. 園学雑. 61(別1): 292-293.
- 片岡郁夫. 1986. ブドウ果実の着色に関する研究—とくにアブシジン酸による着色の制御について. 香川大農紀要. 45: 1-48.
- Kataoka, I., A. Sugiura, N. Utsunomiya and T. Tomana. 1982. Effect of abscisic acid and defoliation on anthocyanin accumulation in Kyoho grapes (*Vitis vinifera* L. × *v. labruscana* Bailey). *Vitis* 21: 325-332.
- 川上直人. 2002. アブシジン酸. p. 74-96. 小柴共一・神谷勇治編. 新しい植物ホルモンの科学. 講談社サイエンスフィク. 東京.
- 北村八祥・中山真義・近藤宏哉・西川 豊・腰岡政二・平塚 伸. 2007. ブドウ‘安芸クイーン’果皮の着色促進および深色化に及ぼすアブシジン酸の時期別処理の影響. 園学研. 6: 271-275.
- Koshita, Y., T. Asakura, H. Fukuda and Y. Tsuchida. 2007. Nighttime temperature treatment of fruit clusters of ‘Aki Queen’ grapes during maturation and its effect on the skin color and abscisic acid content. *Vitis* 46: 208-209.
- Koyama, K., K. Sadamatsu and N. Goto-Yamamoto. 2010.

Abscisic acid stimulated ripening and gene expression in berry skins of the Cabernet Sauvignon grape. *Funct. Integr. Genomics* 10: 367-381.

- 松井弘之・奥村外与彦・金子真美子・小原 均・平田尚美. 1992a. ブドウ‘デラウェア’果粒の糖蓄積に及ぼすオーキシン, アブシジン酸の影響. 千葉大園学報. 45: 39-44.
- 松井鑄一郎・松村博行・禿 泰雄. 1992b. 天然型アブシジン酸がブドウおよびカキの着果と成熟におよぼす影響. 園学雑. 61(別1): 118-119.
- 松島二良・平塚 伸・谷口典生・輪田竜治・須崎徳高. 1989. ABA処理したブドウ‘オリンピア’の果皮中におけるアントシアニンおよび糖の変動. 園学雑. 58: 551-555.
- ハンス モーア・ペーター ショッパー. 1998. 植物生理学(網野真一・駒嶺 穆監訳). p. 527-553. シュプリンガー・フェアラーク東京. 東京.
- Mori, K., N. Goto-Yamamoto, M. Kitayama and K. Hashizume. 2007. Loss of anthocyanins in red-wine grape under high temperature. *J. Exp. Bot.* 58: 1935-1945.
- Mori, K., H. Saito, N. Goto-Yamamoto, M. Kitayama, S. Sugaya, H. Gemma and K. Hashizume. 2005. Effects of abscisic acid treatment and night temperatures on anthocyanin composition in Pinot noir grapes. *Vitis* 44: 161-165.
- Nakano, R., K. Yonemori, A. Sugiura and I. Kataoka. 1997. Effect of gibberellic acid and abscisic acid on fruit respiration in relation to final swell and maturation in persimmon. *Acta Hort.* 436: 203-214.
- 新川 猛・尾関 健・加藤雅也・生駒吉識. 2008. 収穫後の高温処理によるカキ‘富有’果肉中のカロテノイド含量の増強. 園学研. 7: 123-128.
- 新川 猛・鈴木哲也・尾関 健・西垣 孝. 2014. カキ‘富有’における夏秋季の気温低下と果皮の着色との関係. 園学研. 13: 59-65.
- 岡本五郎. 1996. 果実の発育とその調整. p. 166-220. 養賢堂. 東京.
- 杉浦俊彦・杉浦裕義・阪本大輔・朝倉利員. 2009. 温暖化が果樹生産に及ぼす影響と適応技術. 地球環境. 14: 207-214.
- Sun, L., Y. Sun, M. Zhang, L. Wang, J. Ren, M. Cui, Y. Wang, K. Li, P. Li, Q. Li, P. Chen, S. Dai, C. Duan, Y. Wu and P. Leng. 2012. Suppression of 9-cis-epoxycarotenoid dioxygenase, which encodes a key enzyme in abscisic acid biosynthesis, alters fruit texture in transgenic tomato. *Plant Physiol.* 158: 283-298.
- 平 智・鈴木陽子・風間恵美子・渡部俊三・佐藤康一・佐竹正行. 1988. ブドウ‘オリンピア’果実の着色促進におけるアブシジン(ABA)処理の時期と濃度. 農業および園芸. 63: 883-884.



- 宇都宮直樹・山田 寿・片岡郁夫・苫名 孝. 1982. ウンシュウミカン果実の成熟に及ぼす果実温度の影響. 園学雑. 51: 135-141.
- Yamane, T., S. T. Jeong, N. Goto-Yamamoto, Y. Koshita and S. Kobayashi. 2006. Effects of temperature on anthocyanin biosynthesis in grape berry skins. *Amer. J. Enol. Vitic.* 57: 54-59.
- 山崎利彦・鈴木勝征. 1980. 果実の成熟度判定のためのカラーチャートの作成とその利用に関する研究 (1). 果樹試報 A. 7: 19-44.
- Zhang, M., B. Yuan and P. Leng. 2009. The role of ABA in triggering ethylene biosynthesis and ripening of tomato fruit. *J. Exp. Bot.* 60: 1579-1588.