

# 水耕栽培で再現したイチゴ‘あまおとめ’の カルシウムとホウ素の欠乏症状

大森誉紀 横田仁子

## Deficiency Disease of Calcium and Boron of Strawberry 'AMAOTOME' Reproduced by Water Culture

OOMORI Takanori, YOKOTA Satoko

### 要 旨

イチゴ‘あまおとめ’のカルシウムとホウ素の欠乏症状を水耕栽培で再現した。カルシウム欠乏の症状は、根の黒変や腐敗、新葉やガクの先端の褐変、果梗の途中が茶褐色にくぼむ等であった。ホウ素欠乏の症状は、側根が著しく短い「櫛根」状となり、花の不稔、未受精果、花房の褐変・壊死であった。

キーワード：イチゴ，カルシウム欠乏，ホウ素欠乏

### 1. 緒言

イチゴ‘あまおとめ’は、果形が整った円錐形をしており、大玉で食味が良いこと（伊藤ら，2008）から、消費者や市場関係者から高評価を得ている。また、収穫開始が極めて早く、大玉で、多収となることから、生産者にも評価は高い。しかし、冬季は着色が薄いことや、第一えき花房の一番果で中心空洞が大きく、硬い空洞果が発生すること、また、チップバーンが発生しやすいこと等の課題も指摘されている。

チップバーンはカルシウム欠乏で発生することが知られている（森ら，2001）。「あまおとめ’の交配親である‘とちおとめ’はランナーの先端、新葉、がくにチップバーンが発生しやすく、特に第一えき花房出蕾時に出やすい傾向がある（石原ら，1996）。このため、‘あまおとめ’でもカルシウム欠乏症が出やすいものと考えられ、症状の特徴を明らかにすることで、生産現場における迅速な診断および対応が可能になるものと思われる。

また、ホウ素は植物体内ではカルシウムと同様、細胞の構造や維持にかかる機能を持ち（森ら，2001）、成長点が障害を受け、生育抑制を受ける点でカルシウム欠乏症状とホウ素欠乏症状は非常に

類似している（渡辺，1992）。そこで、ホウ素欠乏症についても、生産現場における迅速な診断および対応が可能となるよう、その症状の特徴を明らかにすることとした。

### 2. 材料および方法

試験は農林水産研究所土壌肥料温室で行った。

2008年10月4日に、20L容のプランターに培養液をいれ、イチゴを3株植えるために穴を開けた発泡スチロールでふたをし、「あまおとめ’のポット苗の根を水洗して、用土を十分落とした後、発泡スチロールにあけた植穴に差し込んだ。根が培養液につかるよう高さを調整し、湛液栽培した。また、プランター内に藻が発生しないよう、黒ビニル（厚さ0.2mm）でプランターを包み、遮光した。

培養液は表1の組成で調製した。希釈は水道水で行った。10月4日から、基本培養液（培養液濃度をEC=0.8dS/mに希釈した大塚A処方）で栽培した。培養液は1週間に1回、全量交換した。培養液の溶存酸素不足を補うため、日中は1時間おきに15分ずつエアコンプレッサーで培養液に送気した。

カルシウムまたはホウ素の欠除試験区は、①早期欠除区（10月30日からカルシウムまたはホウ素

表1 培養液の組成

	基本培養液		カルシウム欠除		ホウ素欠除	
	g/1000L	me/L	g/1000L	me/L	g/1000L	me/L
TN	260	5.0	260.1	6.0	249	4.9
AN	22.5	1.3	48.3	2.7	22	1.2
NN	233	3.8	207.3	3.3	227	3.7
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	120	1.7	120	1.7	120	1.7
K <sub>2</sub> O	405	8.6	612	13.0	414	8.8
CaO	230	8.2	0	0.0	230	8.2
MgO	60	3.0	60		3.0	3.2
MnO	1.5		1.5		1.5	
B <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1.5		1.5		0	
Fe	2.7		2.7		2.7	
Cu	0.03		0.03		0.03	
Zn	0.09		0.09		0.09	
Mo	0.03		0.03		0.03	
配合量 (/1000mL)	大塚1号	1.5kg	大塚1号	1.5 kg	大塚2号	1.0kg
	大塚2号	1.0kg	大塚3号	0.45kg	大塚3号	0.9kg
			硝酸アンモニウム	0.15 kg	大塚6号	0.4kg
					大塚7号	0.2kg
					塩化マンガン	2.7kg
					塩化鉄	7.8kg
					硫酸銅	0.1kg
					硫酸亜鉛	0.2kg
					Mo1000ppm液	30mL

を欠除した培養液で湛液栽培), ②中期欠除区(12月14日から同様の欠除培養液で湛液栽培), ③欠除復帰区(①区で栽培した株を12月14日から基本培養液で湛液栽培)とした。培養液の組成や調製, 交換, エアレーションおよび培養液のEC管理は上記と同様におこなった。なお, カルシウムやホウ素の欠除培養液はpHが低いので, 調製の都度, 薄いNaOH溶液でpHを7にあわせた。

カルシウム早期欠除区と基本培養液区における器官別のカルシウム濃度を測定するため, 12月14日に各区3株を抜き取り, 器官別に解体した。各器官は3株を混合し, 80℃で通風乾燥した後, 粉碎試料とし, 定法(作物分析法委員会編, 1975)により測定した。

### 3 結果

#### 3.1 カルシウム欠除試験

カルシウムの欠除培養液で栽培すると, 新葉の先端やガクの先端が枯れ始めた(写真1)。果梗の途

中が茶褐色にくぼむこともあった(写真1)。生育初期から不足した場合は, 処理開始2週間後から根が腐り始め(写真2), 約1か月後に写真1や2の症状が出た。

中期欠除区では初期欠除区に比べカルシウム欠乏の症状が出るのが遅く, 処理開始2か月後では根や葉は健全(写真3上・中)で, 処理開始3か月後頃から葉等に症状が現れた(写真3下)。欠除復帰区では, 約1か月後には健全な株に回復した。

初期欠除区のカルシウム含有率は, 古葉や根では基本培養液での濃度の63~68%であったが, 花や実, 新葉では同様に7~11%しかなく, 新生器官で濃度が著しく低下した(図1)。

#### 3.2 ホウ素欠除試験

ホウ素の早期欠除区では, 処理開始6週間後頃から根の根毛が伸びなくなり, 側根が著しく短い櫛状の根(以下, 櫛根という)となった(写真4)。

また, 花や果実には, 花が咲いても受粉しない不稔や, 実が付いても凸凹となった奇形果, 花房の褐

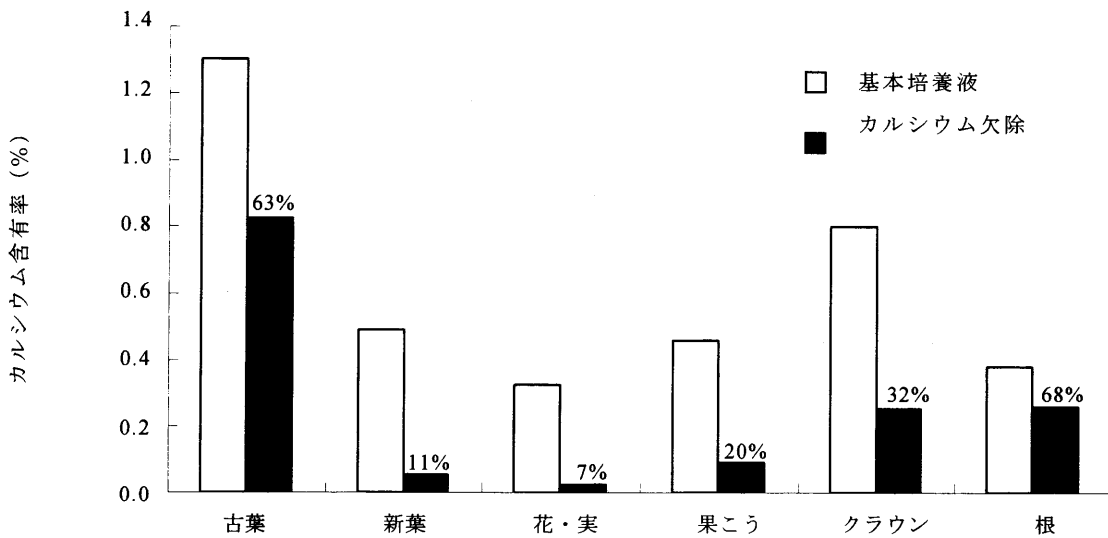


図1 基本培養液区とカルシウム早期欠除区の器官別カルシウム含有率

注：図中の数値は基本培養液区に対するカルシウム欠除区の含有率の割合  
試料採取日（12月14日）

変・壊死（写真5）が見られた。

ホウ素の中期欠除区では、カルシウム欠除の場合と同様、早期欠除区に比べ欠乏症状の発生開始が遅く、また欠除復帰区では新たに展開した葉は健全であることがその後の観察で確認できた。

#### 4. 考察

カルシウムは、根による水の吸収とともに植物体内に吸収され、植物体内では維管束内を水の流れに従って各器官に移行分配されている（森ら、2001）ため、土壌の一時的な乾燥によってカルシウム欠乏が発生しやすい。外葉では気孔からの蒸散によって根から吸収された水を吸収できるが、内葉の成長点や果実では蒸散が少なく根圧による水の分配の割合が高いことから、これら部位ではチップバーンや果実の尻腐れ等が発生しやすいとされている（渡辺、1992）。本試験で、基本培養液からカルシウム欠除培養液にした場合の器官別のカルシウム含有率は、新生器官で濃度が著しく低く（図1）、それぞれの区において、器官別に含有量を見ると、カルシウム欠除により、基本培養液に比べ古葉や根のカルシウム存在割合が高く、古い器官から新しい器官への再転流も見られなかった（図2）。今回の試験の中で予備的に‘紅ほっぺ’も試験したところ、‘紅ほっぺ’に比べ‘あまおとめ’でカルシウム欠乏症が顕著であり（データ省略）、‘あまおとめ’はカルシウム要求量の多い品種の一

つであることが推察された。

植物は培養液の溶存酸素が少ないと無機養分の吸収が抑制され、郭ら（1997）はトマトとキュウリ幼植物で無機栄養に及ぼす培養液の溶存酸素濃度の影響について調査し、1～2ppm程度の溶存酸素が必要であるとしている。イチゴは根の酸素要求量が多い植物である（位田、1953）ことから、本試験で培養液中の溶存酸素濃度の低下の影響も考えられた。本試験では培養液の溶存酸素を測定していないが、定期的にエアレーションをしており、かつ基本培養液で栽培中の根は健全に生育したことから、培養液の溶存酸素の低下による根の腐敗や変質はなかったものと考えられた。一方、カルシウム欠除によって、根が褐変し、根の組織が崩れ、培養液が変色した。このことから、カルシウム欠乏の初期症状は根から発生し、欠乏により細胞壁の構造が破壊され、根の給水力の低下が地上部の症状を発生しているものと推察された。

毛利ら（2004）は、バラ‘リトルマーベル’のロックウール栽培において要素欠乏・過剰症を再現し、多量要素およびホウ素の欠乏症は症状が特異的で診断が容易であるとしている。本調査ではカルシウムとホウ素以外の要素については調査していないが、これら要素欠乏の症状は大変特異的で、欠乏症の診断の有益であると思われる。毛利らはさらに、実際の現場における障害発生は、複数要素の欠乏であったり過剰であったり、あるいは要素間の拮抗作用や相助作用の総合結果として発現

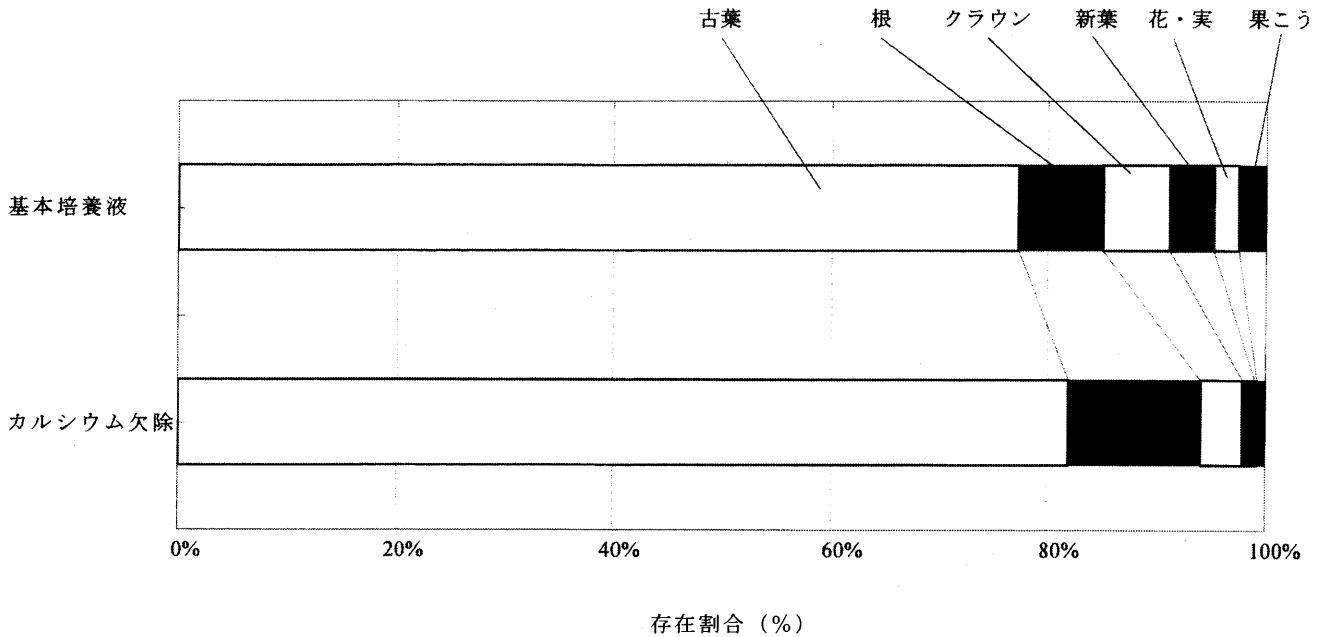


図2 基本培養液区とカルシウム早期欠除区の器官別カルシウム存在割合  
試料採取日 (12月14日)

するとしている。県内の一般的な土壌中にはカルシウムは145～200mg/100g程度あり(大森, 2008), カルシウム肥料を比較的多く施用する野菜栽培ほ場では, より多くのカルシウムが土壌中に残存していることから, カルシウムが欠乏している土壌は想定できない。牛ふん堆肥の多量施用はカリウムの蓄積を招くことがあり, カリウムやマグネシウムなど他の塩基類との拮抗の関係を考慮して施肥設計や土壌改良材の施用が必要であると考えられる。

ホウ素欠乏については, 北海道で四季成り性のイチゴ品種を用いた場合にも櫛根となっており(後藤ら, 2005), またパンジーなどでもホウ素欠乏では櫛根になり, 特有の症状である(渡辺, 1992)。ホウ素は細胞壁の機能と構造保持に不可欠の成分であることから, 今回のイチゴの櫛根症状もホウ素欠乏に特有な症状であると思われる。また, ホウ素は花粉の成熟と花粉管の伸長に必須であるため, ホウ素欠乏では受精が起こらず種子ができない(森ら, 2001)ことから, 今回イチゴで見られた不稔, 奇形果もホウ素欠乏の症状の一つと考えられる。

ホウ素欠乏は, 土壌pHが低い場合は溶脱による欠乏が, 土壌pHが高い場合はホウ素の不溶化によ

る欠乏が発生しやすくなる(渡辺, 1992)。しかし, 土壌中の好適範囲が狭く, ホウ素欠乏の予防には, ホウ素を含有した微量元素肥料の適正施用や土壌pH等の適正な管理が必要である。

以上のように, イチゴにおけるカルシウムやホウ素の欠乏症は典型的な症状であるので, 診断が容易である。しかし, 基本的な土壌管理を徹底し, 発生を未然に防ぐことがより重要であると思われる。

#### 引用文献

- 位田藤久太郎(1953): 蔬菜の根の生理に関する研究(第1報) 蔬菜の酸素要求に就いて, 園学雑, 21, 202-208.
- 石原良行・高野邦治・植木正明・栃木博美(1996): イチゴ新品種「とちおとめ」の育成, 栃木農試研報, 44, 109-123.
- 伊藤博章・松澤 光(2008): イチゴ新品種「あまおとめ」の育成, 愛媛農試研報, 41, 16-20.
- 大森誉紀(2008): 愛媛県における農耕地土壌調査のあゆみと今後の課題, 愛媛農試研報, 41, 51-55
- 郭 世栄・橋 昌司(1997): トマトおよびキュウリ幼植物の生長と無機栄養に及ぼす培養液の溶存酸素濃度の影響, 園学雑 66(2), 331-337.

作物分析法委員会編（1975）：栄養診断のための栽培植物分析測定法，79-81.

後藤英次・小宮山誠一（2005）：目で見えるイチゴの栄養障害，北海道原子力環境センター試験研究報告書，12

毛利幸喜・藤堂 太（2004）：バラ'リトルマーベル'の養液栽培における過剰症・欠乏症，愛媛農試研報，38，50-67.

森 敏・前 忠彦・米山忠克（2001）：植物栄養学，文永堂出版株式会社

渡辺和彦監修（1992）：野菜の要素欠乏と過剰症，タキイ種苗株式会社



写真1 カルシウム欠乏によるチップバーンや  
果梗の茶褐色のくぼみ  
(11月30日撮影)



写真2 カルシウム欠乏による根の黒変腐敗  
(11月17日撮影)



写真3 カルシウム中期欠除区の様子  
(下図にチップバーン)  
(上・中; 2月13日, 下; 3月13日撮影)



写真4 ホウ素欠除による櫛根症状（左）と  
基本培養液（右）の根  
（12月14日撮影）



写真5 ホウ素欠除による未受精果（上）と  
基本培養液（下）の着果状況  
（12月14日撮影）