Ca 剤葉面散布がトマトの尻腐れ果発生に及ぼす影響

和田光生¹・池田英男¹・池田政文²・古川 一¹

¹大阪府立大学農学部 593 大阪府堺市学園町 1-1

²大塚化学(株) 772 徳島県鳴門市里浦町里浦

Effects of Foliar Application of Calcium Solutions on the Incidence of Blossom-end Rot of Tomato Fruit

Teruo Wada¹, Hideo Ikeda¹, Masafumi Ikeda² and Hajime Furukawa¹

¹College of Agriculture, Osaka Prefecture University, Sakai, Osaka 593

²Otsuka Chemical Co., Ltd., Naruto, Tokushima 772

Summary

The reduction on the incidence of blossom-end rot (BER) of tomato fruits by foliar applications of a) plant extract (PE) containing an organic chelating agent; b) PE chemically combined with Ca (PE-Ca); c) PE-Ca mixed with sugar ester (PE-Ca + SE); d) PE-Ca + Fe; e) PE-Ca + Zn; f) PE-Ca + xylose; g) calcium chloride, and h) calcium nitrate was studied. The tomato plants were grown in a rockwool system.

1. The foliar application of PE-Ca + SE and PE-Ca + Zn significantly reduced the incidence of BER as compared with the control. These treatments increased the marketable yield significantly and did not decrease the fruit quality. Thus, the foliar application of Ca solution containing SE or Zn was recommended to reduce the BER incidence of tomato fruits.

2. Ca concentration of young fruits decreased quickly as the fruit grew, attaining the minimum value when the fresh weight became about 20 g, at which time the symptoms of BER began to appear. Compared with the normal fruits, BER fruits had considerably lower Ca concentration. A clear relationship between the BER incidence and the K/Ca ratio of young fruits or foliar Ca concentration was not obtained.

緒 言

トマトの尻腐れ果は Ca 欠乏によって引き起こされ (Raleigh, 1939), 障害部位の組織では Ca 濃度が低いことが知られている (Ward, 1973). この症状は果実肥大が速い高温期や水ストレス条件下で発生しやすく, しばしば問題となる. また, アンモニア態窒素の多用 (池田・大沢, 1988), 夜間における根域部の高温 (堀ら, 1968) や地上部の低湿度 (Bradfield・Guttridge, 1984) などの条件においても尻腐れ果は発生しやすいことが報告されている. これらの条件はいずれも, 根による Ca の吸収や Ca の地上部への移動を抑制する要因となっているか, もしくは果実等の必要な部位へ

の Ca 供給が不十分, あるいは必要量が多く供給が間に合わない条件にあてはまり, 尻腐れ果の発生を引き起こしている (池田, 1993).

尻腐れ果の発生を抑制する方法の一つとして, Ca 剤の葉面散布が挙げられる. Geraldson (1957) は 0.04M の $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ を週 2 回散布することにより尻腐れ果の発生を防止できるとしたが, Shear (1975) は葉面散布された Ca は果実表面を通してはわずかにしか吸収されないため, 根を通しての Ca の供給が必要であるとしている. 現在, Ca 葉面散布剤として, 塩化カルシウム, 硝酸カルシウムあるいは蟻酸カルシウム等を主成分とするものが市販されているが, 必ずしも十分な効果は得られておらず, 尻腐れ果の発生を抑制する効果のより高い葉面散布剤の開発が望まれている.

1995 年 6 月 15 日 受付. 1996 年 3 月 26 日 受理.

本報告の一部は平成 5 年度園芸学会秋季大会にて発表した.

ところで、一般にEDTA等のキレート剤は根からのイオンの吸収や莖葉部への移動を促進することが知られている(松田・奥田, 1960; Weinsteinら, 1954)。また、田中ら(1992)はCa-EDTAをラノリンペーストとして果柄部に塗布することにより、Ca欠乏症であるナシ果実のみつ症の発生を効果的に抑制したと報告している。このようなキレート剤の効果を利用したCa剤の葉面散布を行えば、トマトの尻腐れ果発生を効果的に抑制できる可能性がある。しかし、合成キレートであるEDTAは葉面散布剤として用いた場合、植物体への葉害が強いことおよび食品としての安全性が懸念されること(西岡, 1992)などの問題点がある。

キシロースの酸化により得られるトリオキシグルタル酸(TOG)はキレート効果があると考えられている。キシロースはヘミセルロースとして植物体に含まれるキシランの主要構成糖であり、トウモロコシの穂軸、わら、綿実の外皮等に多量に含まれている(山田ら, 1977)。これらの植物体器官から得られた抽出液を酸化処理することによりTOGを含んだ溶液が得られる。本報では尻腐れ果発生抑制効果の高い薬剤を開発することを目的として、こうして得られるキレート効果のある植物体抽出成分(PE)にCaを添加した薬剤、およびこれにCa剤の効果を高めると考えられる各種の薬剤を添加したものを葉面散布剤として用い、その効果について比較した結果を報告する。また、葉中ならびに果実中無機成分濃度を測定した結果から、主としてCa濃度と尻腐れ果発生の機構について考察した。

材料および方法

供試品種として‘桃太郎’を用いた。栽培はガラス室でロックウール耕により行った。1月20日にバーミキュライトに播種し、2月5日に10×10×5 cmのロックウールキューブに鉢上げした。育苗中は最低気温が18℃となるように加温した。第1花房の花蕾が米粒大となった3月6日に91×30×7.5 cmのロックウールスラブに4株ずつ定植した。定植後は無加温とし、4月10日までは夜間のみビニルトンネルにより被覆した。培養液は大塚ハウス肥料A処方培養液1/2濃度とし、非循環式で施与した。開花した花には着果を促すためトマトーン(4-CPA)を散布した。栽培は7月30日まで行った。植物体は主枝1本仕立てとし、摘心はしなかった。

葉面散布剤として、植物抽出成分(PE)にCa(NO_3)₂·4H₂OをCa濃度として8%となるように添加

したもの(PE-Ca)、PE-Caに1%Fe、0.1%Zn、1%キシロースあるいは3%ショ糖脂肪酸エステル(SE)を添加したもの、植物抽出成分のみのPE、および一般に葉面散布剤として使用されている無機塩のCaCl₂·2H₂OおよびCa(NO₃)₂·4H₂Oを用い、水道水を散布する対照区と合わせて計10区を設けた。なお、PEを除く葉面散布剤はすべてCa濃度が200 ppmとなるよう希釈して使用した。各区とも5株を供試した。葉面散布は株全体の葉が十分濡れる程度とし、第3花房開花時より開始して、2週間毎に計8回行った。

尻腐れ果が発生し始めた第5花房開花期より2週間に一度株毎に尻腐れ果の発生を調査し、尻腐れ果はその場で取り除いた。成熟した果実は収穫し、窓あき果、空洞果、裂果等を除いたものを正常果として収量を集計した。尻腐れ果および収量の調査は第7果房まで行った。各区とも第4果房の果実5果について、屈折糖度計で糖度を、NaOH滴定法により滴定酸度を、直径3 mmのプランジャを用いてレオメータにより果肉部の貫通抵抗を、それぞれ測定した。また、第8果房の基部から2番目の果実について、平均的な生育の株の果実が直径3 cm程度となったときにすべての区から一斉に採取し、無機要素分析に供した。採取する果実に直接処理液がかからないようにするために、次回葉面散布の2日前に採取した。同時に、幼果を採取した果房直下の葉を採取し、無機要素分析に供した。また、8月10日に播種し、上記と同様な方法で栽培した植物体の第3果房の果実について、尻腐れの症状が現れた時点で採取し、無機分析に供する補足実験を行った。

幼果の無機要素は、乾物を試料として、全Nはガニング氏変法で分解したものをセミマイクロケルダール法で蒸留、測定した。N以外の無機要素は乾物試料を550℃で灰化したものを1:1 HCl溶液で溶解、抽出した液を用い、Pはバナドモリブデン酸法、Kは炎光光度法、その他の無機要素は原子吸光光度法により測定した。また、葉の無機要素は、Nはガニング氏変法により分解したものをアンモニア電極法により測定した。その他の無機要素は、果実と同様に抽出した液を用い、ICP法により測定した。

結 果

尻腐れ果発生率および収量

尻腐れ果発生率はCaを含まないPEの400倍は対照区と同様に高い発生率であったが、その他は、すべての処理で対照区より低い発生率であった(第1表)。T検定を用いた片側検定により対照区との有意差検定

Table 1. Effects of foliar application of Ca solutions on the incidence of blossom-end rot and the marketable yield of tomato fruit.

Treatment ^z	No. of fruit set per plant ^y	Blossom-end rot incidence (%)	Marketable yield (g · plant ⁻¹)
Control	29.0	22.8	4156
PE-Ca	27.8	14.2 n.s. ^x	4607 n.s.
PE-Ca + SE	26.8	6.6 *	5148 *
PE-Ca + Fe	28.2	12.0 n.s.	4660 n.s.
PE-Ca + Zn	26.0	8.5 *	5231 *
PE-Ca + xylose	34.3	13.5 n.s.	4803 n.s.
PE 1/1000	30.8	17.6 n.s.	4611 n.s.
PE 1/400	28.6	23.7 n.s.	4673 n.s.
CaCl ₂ · 2H ₂ O	37.3	13.7 n.s.	4611 n.s.
Ca(NO ₃) ₂ · 4H ₂ O	26.8	9.6 n.s.	5058 n.s.

Each value is a mean of 5 plants.

^z PE: plant extract containing an organic chelating agent, PE-Ca: PE chemically combined with Ca, SE: sugar ester.

^y the total number of normal and blossom end-rot fruits.

^x n.s. and * indicate nonsignificance and significance (P<0.05) as compared with control by one-sided T-test, respectively.

を行ったところ、PE-Ca+SE および PE-Ca+Zn での尻腐れ果発生率の低下は有意であった。しかし、PE-Ca の単独施与および Fe あるいはキシロースを PE-Ca に添加した区では有意差は認められなかった。また、尻腐れ果発生率の低かった PE-Ca+SE および PE-Ca+Zn における正常果収量は対照区と比較して有意に高かった (第 1 表)。

無機要素濃度

すべての区から採取した果実を処理に関係なく、新鮮重を横軸にとり、Ca, K 濃度および K/Ca 比をプロットした結果を第 1 図に示した。幼果の Ca 濃度は、発達のごく初期である新鮮重 10 g 未満では比較的高い濃度を示したが、それ以上大きくなっても 200 ppm 前後で大きな変化はみられなかった。また、尻腐れ果でも比較的 Ca 濃度の高い果実が認められたが、新鮮重 20 g 付近の尻腐れ果の Ca 濃度は 150 ppm 以下の特に低い値であった。

果実新鮮重の増加に伴う幼果の K 濃度の変化は、他の無機要素と比較して、Ca と最も類似していた。しかし Ca と異なり、尻腐れ果でも特に正常果と異なった値は示さなかった。K/Ca 比は果実新鮮重の増加に伴う変化は小さかった。また、尻腐れ果では Ca 濃度の低かった新鮮重 20 g 付近で顕著に高い値を示した。次に、果実を尻腐れの症状が現れた時点で採取し

Fig. 1. Relationships between the fresh weight and the concentration of Ca(A), K(B) and K/Ca ratio(C) of normal(○) and blossom-end rot(●) tomato fruits. Data were derived from treated and control fruits.

Fig. 2. Ca concentration of the blossom-end rot (BER) fruits. Fruits were collected immediately after a symptom of BER appeared at the distal end of a fruit.

て Ca 濃度を測定した結果を第 2 図に示した。この場合は、すべての尻腐れ果において Ca 濃度は 150 ppm

以下であった。

尻腐れ果を除く正常果について、K/Ca 比を各処理区で比較したところ、K/Ca 比は PE-Ca および PE-Ca + Zn で比較的低い値を示したが、有意差は認められなかった（データは示さず）。

葉における無機要素濃度は、Ca および Mg がともに PE-Ca + Zn で高く、PE-Ca + キシロースで低くなる傾向がみられたが、尻腐れ果発生率と Ca 濃度との間に一定の関係は認められなかった（第 2 表）。また、PE-Ca + Fe および PE-Ca + Zn において、Fe あるいは Zn 濃度が特に高まることはなかった。

果実品質

収穫果の糖度は、Zn 入り PE-Ca で比較的高い値を示したものの、その他はいずれも Ca 剤葉面散布によ

り若干低くなる傾向がみられた（第 3 表）。滴定酸度は Ca 剤葉面散布により低くなる傾向がみられた。また、果肉の貫通抵抗はばらつきが大きく、処理による一定の傾向はみられなかった。

考 察

本研究に用いた Ca 剤（PE-Ca）は、植物抽出液を酸化処理した液（PE）に濃度が 8% となるように Ca を添加したものである。PE にはトリオキシグルタル酸が含まれており、これがキレート源となって Ca を結合するものと考えられている。PE-Ca と同様の薬剤を使用した例がリング（Neilsen ら, 1985）およびカリフラワー（Rosen, 1990）で報告されている。本研究の目的の一つは PE-Ca の葉面散布がトマトの尻腐れ果発生を抑制する効果について検証することであった。そこで、PE-Ca を葉面散布する区のほか、Ca を含まない PE の単独散布による効果、および植物抽出成分に含まれるキシロースの効果についても調べた。また、Ca 剤の効果を高める目的で、芝の黄化現象の予防と回復に効果が高いことが広く知られており、Ca との相乗効果があると考えられている Fe、およびリングの Ca 欠乏症であるビターピットの発生を抑制する効果が報告されている Zn（古葉ら, 1990）の Ca 剤への添加効果を調べた。さらに、薬剤の展着性と浸透性を高める目的で食品用として使用されている非イオン性界面活性剤であるシロ糖脂肪酸エステル^zの添加効果についても検討した。

PE-Ca の葉面散布では慣行の $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ や $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ と同様に、対照区と比較して尻腐れ果発生率が低かったが、統計的に有意な効果は得られなかった。しかし、PE-Ca に SE あるいは Zn を添加した場合には、尻腐れ果の発生が有意に抑制された。一般に、薬剤散布時に展着剤として界面活性剤が添加されることが多いが、リノーを Ca 剤に添加した場合は逆に尻腐れ果の発生を高める場合があった（未発表）。また、一部の界面活性剤では薬害がでやすいことが問題とされている。SE は Ca 剤への添加により尻腐れ果の発生を抑制する効果が高まり、また、薬害はみられず、展着剤としての有用性が認められた。Zn は本実験の結果から、トマトの尻腐れ果に対しても効果があることが示された。Zn は Ca の果実組織内への取り込みに何らかの役割を果たしたものと考えられる。そのひとつの可能性としては、Ca の移動に関与しているとされる IAA の合成への Zn の関与（Banuelos ら, 1987; Dekock ら, 1980; 大平, 1980）が考えられる。

Table 2. Effects of foliar application of Ca solutions on the elemental composition of tomato leaves.

Treatment	N (%)	P (%)	K (%)	Ca (%)	Mg (%)	Fe (ppm)	Zn (ppm)
Control	4.23	0.45	2.99	2.41	0.49	162	21
PE-Ca	4.68	0.53	3.52	2.26	0.48	203	24
PE-Ca + SE	5.18	0.51	3.60	2.56	0.49	141	21
PE-Ca + Fe	4.65	0.42	3.30	2.34	0.49	150	20
PE-Ca + Zn	4.22	0.46	3.23	3.13	0.60	131	21
PE-Ca + xylose	3.57	0.54	3.83	1.88	0.40	116	19
PE 1/1000	4.16	0.41	3.06	2.64	0.54	125	20
PE 1/400	4.17	0.62	3.60	2.16	0.47	144	21
$\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	4.04	0.54	3.69	2.15	0.46	145	23
$\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$	4.21	0.59	3.67	2.50	0.43	113	20

Each value is a mean of 5 leaves based on dry weight.

Table 3. Effects of foliar application of Ca solutions on the quality of tomato fruits.

Treatment	Brix	Titrateable acidity ^z (mg · 100ml ⁻¹)	Penetrating resistance ^y (kg · cm ⁻²)
Control	5.7 ± 0.21	427 ± 20	8.3 ± 0.71
PE-Ca	5.4 ± 0.07	362 ± 14	8.3 ± 0.51
PE-Ca + SE	5.5 ± 0.16	343 ± 12	6.3 ± 0.58
PE-Ca + Fe	5.6 ± 0.20	355 ± 16	6.5 ± 0.67
PE-Ca + Zn	6.1 ± 0.36	366 ± 11	7.2 ± 0.94
PE-Ca + xylose	5.5 ± 0.18	376 ± 9	8.5 ± 0.34
PE 1/1000	5.7 ± 0.20	370 ± 22	7.9 ± 0.81
PE 1/400	5.6 ± 0.07	344 ± 2	7.5 ± 0.63
$\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	5.4 ± 0.09	336 ± 9	7.3 ± 0.68
$\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$	5.5 ± 0.13	354 ± 6	6.6 ± 0.37

Each value is a mean ± s.e. (n=5).

^z Data are expressed as citric acid equivalent.

^y Used a 3 mm diameter plunger.

Zn あるいはシヨ糖脂脂肪酸エステル添加による特別な果実品質の劣化もみられなかったことから、これらの Ca 剤への添加は尻腐れ果発生を抑制するのに有効であると考えられる。ただし、Zn は散布濃度が高いと薬害が発生しやすいので、使用に際して注意が必要である。また、キシロースおよび Fe の添加については尻腐れ果の発生を抑制する効果は認められなかった。

肥大期にあるトマト果実において、乾物の蓄積速度に対して Ca の蓄積量が非常に少ないことが、尻腐れ果が発生する原因であることが示唆されている (El-Gizawy・Adams, 1986)。本実験においても、幼果の Ca 濃度は果実肥大に伴い急速に低下して新鮮重 20 g 付近で最も低い値を示し、この付近の尻腐れ果では 150 ppm 以下の特に低い Ca 濃度を示した (第 1 図)。ただし、尻腐れ果でも比較的高い Ca 濃度を示すものがあった。そこで、尻腐れの症状が現れた時点で果実を採取したところ、すべての果実において Ca 濃度は 150 ppm 以下の値を示した (第 2 図)。これらのことから、果実発達初期には、急速な肥大により果実中の Ca 濃度が低下し、その際あるレベルの Ca 濃度が維持できなかった果実が尻腐れ果になるものと推察された。尻腐れ果の発生を抑制するためにはこの時期に果実中 Ca 濃度をできるだけ低下させないことが必要であり、そのために有効な散布時期等についても今後検討すべきと考えられる。

第 1 図に示したように尻腐れの症状が現れ始めるころの果実の Ca 濃度は果実の肥大により大きく変化するため、処理間での Ca 濃度を単純に比較することができない。これまでに、尻腐れ果発生率と Ca 濃度との関係を調べるために、Ca の果実への取り込み速度 (Adams・Ho, 1992) や、Ca の化学形態別濃度の比較 (寺林ら, 1986) 等を用いた例が報告されている。一方、Dekock ら (1979, 1980, 1982) は一連の報告で K/Ca 比が尻腐れ果のよい指標になると報告している。本実験における果実新鮮重の増加に伴う K 濃度の変化は Ca 濃度の変化とよく類似していたため、K/Ca 比は新鮮重によりあまり変動しない値となった (第 1 図)。そこで、K/Ca 比を各処理間で比較したが、Ca 剤散布あるいは Zn や SE の Ca 剤への添加による有意差は認められなかった。また、葉中の Ca 濃度を比較した場合も、PE-Ca+Zn で比較的高い値となったものの、尻腐れ果発生率との間に一定の傾向はみられなかった。この時期は果実への Ca 取り込み速度が高く (Ehret・Ho, 1986)、また、葉中の Ca 濃度も葉の急

速な伸長および果実の着果により大きく変化する時期である (陳・上本, 1976)。このことはこの時期における処理間での Ca 濃度の比較を困難にしている。Ca はカルモジュリンとともに生体内の情報伝達に関与している (Poovaiah, 1985) ことから、Ca 欠乏症の抑制において移動性 Ca の重要性を示唆する報告がある (田中ら, 1992)。また、尻腐れ果に対する感受性が高い品種では高塩類条件下で、果実末端部の木部導管組織の発達が抑制されることが知られている (Belda・Ho, 1993; Ho ら, 1993)。本実験の分析結果からは、葉面散布された Ca の植物組織内への移行やその役割、そして尻腐れ果発生を抑制する効果と Ca 濃度との関係は明らかでなかったが、本実験で試料を採取した時期よりもっと早い比較的初期の発達段階における微妙な Ca 濃度の変化が尻腐れ果の発生に関与している可能性も考えられる。トマトの尻腐れ果発生と Ca 剤葉面散布の効果の機構を明らかにするには、今後さらなる検討が必要である。

摘 要

ロックウール栽培したトマト植物体へ各種 Ca 剤を葉面散布し、尻腐れ果の発生を抑制する効果について比較した。葉面散布剤として、キレート効果をもつ植物抽出成分 (PE)、PE に Ca を添加した薬剤 (PE-Ca)、PE-Ca にシヨ糖脂脂肪酸エステル (SE)、Fe、Zn あるいはキシロースを添加したもの、および無機塩の $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ および $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ を用いた。

SE あるいは Zn を PE-Ca に添加して葉面散布した場合に、統計的に有意な尻腐れ果発生率の低下が認められた。また、これらの処理による正常果収量の増加が認められ、果実品質の劣化がないことから、Ca 剤へ Zn あるいは SE を添加して葉面散布することにより、尻腐れ果発生を抑制できる可能性が示唆された。

幼果の Ca 濃度は果実の肥大に伴い急速に低下し、尻腐れの症状が現れ始める新鮮重約 20 g 付近で最も低い値となり、尻腐れ果では特に低い値を示した。幼果の K/Ca 比および葉の Ca 濃度と尻腐れ果発生率との間に一定の関係はみられなかった。

謝 辞 本実験を行うにあたり、終始御支援いただいた大塚化学(株)の鈴村一郎氏、ならびに無機分析にご協力いただいた同宮浦紀史氏に感謝の意を表します。また、栽培、調査に際し、助力を与えられた本学附属農場技師松村義春、林清美の両氏に感謝の意を表します。

引用文献

- Adams, P. and L. C. Ho. 1992. The susceptibility of modern tomato cultivar to blossom-end rot in relation to salinity. *J. Hort. Sci.* 67 : 827-839.
- 青葉幸二・吉岡博人・福元将志. 1990. 栄養管理と生理活性物質処理によるリングの成熟異常の抑制. 農水省研究成果. 236 : 825-839.
- Banuelos, G. S., F. Bangerth and H. Marscher. 1987. Relationship between polar basipetal auxin transport and acropetal Ca^{2+} transport into tomato fruit. *Physiol. Plant.* 71 : 321-327.
- Belda, R. M. and L. C. Ho. 1993. Salinity effects on the network of vascular bundles during tomato fruit development. *J. Hort. Sci.* 68 : 557-564.
- Bradfield, E. G. and C. G. Guttridge. 1984. Effects of night time humidity and nutrient solution concentration on the calcium content of tomato fruit. *Sci. Hort.* 22 : 207-217.
- 陳 文孝・上本俊平. 1976. そ菜のカルシウム吸収に関する研究 (第1報). そ菜の異なった生長相におけるカルシウム吸収とその生理的意義. 園学雑. 45 : 33-42.
- Dekock, P. C., A. Hall, R. H. E. Inkson and R. A. Robertson. 1979. Blossom-end rot in tomatoes. *J. Sci. Food Agr.* 30 : 508-514.
- Dekock, P. C., D. Vaughan, A. Hall and B. G. Ord. 1980. Biochemical studies on blossom-end rot of tomatoes. *Physiol. Plant.* 48 : 312-316.
- Dekock, P. C., A. Hall, B. Robert and R. H. E. Inkson. 1982. The effect of water stress and form of nitrogen on the incidence of blossom-end rot in tomatoes. *J. Sci. Food Agr.* 33 : 509-515.
- Ehret, D. L. and L. C. Ho. 1986. Translocation of calcium in relation to tomato fruit growth. *Ann. Bot.* 58 : 679-688.
- El-Gizawy, A. M. and P. Adams. 1986. Effect of temporary calcium stress on the calcium status of tomato fruit and leaves. *Acta Hort.* 178 : 37-43.
- Geraldson, C. M. 1957. Control of blossom-end rot of tomatoes. *Proc. Amer. Soc. Hort. Sci.* 69 : 305-317.
- Ho, L. C., R. Belda, M. Brown, J. Andrews and P. Adams. 1993. Uptake and transport of calcium and the possible causes of blossom-end rot in tomato. *J. Exp. Bot.* 44 : 509-518.
- 堀 裕・新井和夫・細谷 毅・小山田光男. 1968. 培地温と気温の組合せがそ菜の生育ならびに養分吸収に及ぼす影響. I. キュウリ, トマト, カブ, インゲンに関する実験. 園試報. A 7 : 187-214.
- 池田英男・大沢孝也. 1988. 培養液の NO_3/NH_4 比と液温がトマトの生育, 収量ならびに尻腐れ果発生に及ぼす影響. 園学雑. 57 : 62-69.
- 池田英男. 1993. 施設園芸作物の栽培管理. p. 102-129. 古在豊樹ほか共著. 新施設園芸学. 朝倉書店. 東京.
- 松田敬一郎・奥田 東. 1960. 作物に対する EDTA の効果について. (第2報). 作物に吸収された Fe 及び Ca の移動におよぼす EDTA の影響. 土肥誌. 31 : 335-338.
- Neilsen, G. H., M. Meheriuk and A. L. Moyls. 1985. Calcium concentration of 'Golden Delicious' apples as influenced by foliar spray and trunk injection. *HortSci.* 20 : 232-233.
- 西岡 一. 1992. すぐわかる食品添加物ガイド. p. 101-102. 社団法人家の光協会. 東京.
- 大平幸次. 1980. 必須元素. p. 66-91. 高橋英一ほか著. 新版作物栄養学. 朝倉書店. 東京.
- Poovaiah, B. W. 1985. Role of calcium and calmodulin in plant growth and development. *HortSci.* 20 : 347-351.
- Raleigh, G. J. 1939. Fruit abnormalities of tomatoes grown in various culture solutions. *Proc. Amer. Soc. Hort. Sci.* 37 : 895-900.
- Rosen, C. J. 1990. Leaf tipburn in cauliflower as affected by cultivar, calcium spray, and nitrogen nutrition. *HortSci.* 25 : 660-663.
- Shear, C. B. 1975. Calcium-related disorders of fruit and vegetables. *HortSci.* 10 : 361-365.
- 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.
- 寺林 敏・高島俊郎・並木隆和. 1986. 水耕トマトの尻腐れ果発生と果実内の化学形態別 Ca 含量との関係. 園学要旨. 昭 61 秋 : 246-247.
- Ward, G. M. 1973. Causes of blossom-end rot of tomatoes based on tissue analysis. *Can. J. Plant Sci.* 53 : 169-174.
- Weinstein, L. H., W. R. Robbins and H. F. Perkins. 1954. Chelating agent and plant nutrition. *Science* 120 : 41-43.
- 山田常雄・前川文夫・江上不二夫・八杉竜一・小関治男・古谷雅樹・日高敏隆編. 1977. 岩波生物学辞典第2版. p. 241-242. 岩波書店. 東京.