

〔徳島農技セ研報 No.4〕  
11～17 2017

## スダチ葉の黄化症状の発生原因と対策

新居美香, 梯 美仁

A cause and measures of yellowish symptom in sudachi (*Citrus sudachi* hort. ex. Shirai) leaves

Mika NII, Yoshihito KAKEHASHI

### 要 約

徳島県名西郡神山町で2013年頃から発生が増加していたスダチ葉の黄化症状の発生原因とその対策を検討した。現地ほ場の土壌分析と葉面散布試験の結果から、スダチ葉黄化症状の原因は、石灰質資材の過剰施用による土壌 pH の中性化とそれに伴う土壌中マンガンの不溶化によるマンガン欠乏症状であることが明らかになった。

マンガン欠乏対策として0.1%硫酸マンガン水溶液の3回葉面散布の効果が高かった。マンガン欠乏症状は、収量に大きな影響を与えることが明らかになり、葉面散布による欠乏症状の改善で、最大168%の収量回復がみられた。石灰質資材の施用中断により土壌 pH 値は7.2から6.8程度に低下し、葉中マンガン濃度は6 mg/kg から10mg/kg に増加し、黄化症状の発生程度も甚からずに改善した。マンガン欠乏対策には土壌診断を活用した土壌管理の適正化が求められる。

キーワード：マンガン欠乏, スダチ, 葉面散布, 収量, 石灰質資材

keyword: manganese deficiency, Citrus sudachi, foliar spray, yield, liming materials

### 緒 言

スダチは徳島県が全国生産量の95%を占める香酸カンキツであり、中山間地域農業を支える重要な品目である。中でも、神山町は栽培面積、生産量ともに県内の主要産地である。

このような中、2013年9月にJA名西郡神山支所管内の2ほ場からスダチ黄化葉が持ち込まれた。症状は葉脈を残し、葉肉が黄化する要素欠乏特有の症状を呈していた(第1図)。

カンキツ類の要素欠乏は、戦中および戦後の肥料不足の1940年代に各地の温州ミカン等で発生し、研究されてきた。特に、温州ミカンのマグネシウム、マンガン、亜鉛欠乏症は、1960年に田中によるカンキツの黄化症とし



第1図 スダチ葉の黄化症状  
(撮影および採取日：2014年6月13日 Aほ場)

注) 白い斑点は、銅水和剤散布による葉斑

て詳細な報告があり<sup>7)</sup>、持ち込まれた黄化葉はこれらの症状と類似するものであった。

スダチは温州ミカンとは異なり、幼果を収穫するため、収量の年次差の少ない品目であるが、近年は、年次変動が大きく、生産量が漸減する傾向がみられる。また、黄化による果実の貯蔵性の低下が懸念され、さらに、神山町内で葉の黄化症状が増加している。このため、その発生原因と対策について検討した。

## 材料および方法

### 1 黄化症状の実態調査

各産地での黄化症状の発生状況を把握するため、神山町および神山町に隣接する徳島市、佐那河内村、勝浦町、上勝町を所管する農協、農業支援センターに聞き取りで調査した。

神山町では、JA 名西郡神山支所が定期生育調査を実施している14ほ場において生産者への栽培状況の聞き取りおよび発生状況の達観による調査を実施した。

#### (1) 試料の採取方法

2014年6月13、14日に神山町内14ほ場について、黄化症状を無、少、中、甚の4段階に達観で分類し、生産者への栽培状況聞き取り調査と試料採取を実施した。

葉は、ほ場内の平均的な3樹を選び、地表から120cm近傍の樹冠周囲で当年度春に発芽し、着花がない枝の先から4枚目の葉を1樹から15枚程度採取した。

土壌は、葉を採取した樹の樹冠下、樹幹から1m程度の位置で、表土2cm程度を取り除き、深さ15cm程度までを採取した。

#### (2) 試料調製方法

葉は2%酢酸溶液で表面の汚れを洗浄し、水道水、蒸留水の順で洗浄後、通風乾燥機を用いて60℃で72時間以上乾燥し、これをミルサーでパウダー状に粉碎して分析試料とした。

土壌は、風乾後乳鉢で粉碎し、2mmの網ふるいを通し、分析試料とした。

#### (3) 分析方法

作物および土壌のpH、ECおよび各成分は、常法<sup>9)</sup>により分析した。窒素は乾式燃焼法で、リンおよびホウ素は比色法で、カリウム、カルシウム、マグネシウムおよびその他の金属元素は、原子吸光法で測定した。土壌に含まれる成分は乾土1kg当たりのgで表示した。葉に含

まれる窒素、リン、カリウム、カルシウム、マグネシウムは乾物1kg当たりのgで表示し、鉄、銅、亜鉛、マンガン、ホウ素は乾物1kg当たりのmgで表示した。

### 2 葉面散布試験

(1) 試験場所：徳島県名西郡神山町鬼籠野  
現地ほ場（2カ所）

(2) 試験規模：1処理区1樹6.25m<sup>2</sup> (2.5m×2.5m)

(3) 供試品種：スダチ 本田系

(4) 試験方法：黄化症状が発生している2ほ場（2014年A、Bほ場、2015年A、Oほ場）内で、症状の甚だしい4樹を選定した。1回8L/樹の葉面散布処理を3回実施した。

(5) 処理日：2014年7月24日、8月6日、8月12日  
2015年6月22日、6月30日、7月13日

(6) 処理区の概要：以下の①～④の処理区を設けた。

①マンガン散布区 (0.1%硫酸マンガン水溶液を葉面散布)

②亜鉛散布区 (0.1%硫酸亜鉛水溶液を葉面散布)

③混合散布区 (0.1%硫酸マンガンおよび0.1%硫酸亜鉛水溶液を葉面散布)

④無散布区 (葉面散布なし)

(7) 葉色調査および分析試料の採取

葉面散布処理3回目終了から2014年は16日後、2015年は29日後に達観による葉色の調査を実施した。また、地表から120cm近傍の樹冠周囲で当年度春に発芽し、着花がみられない枝の先から4枚目の葉を1樹から15枚程度採取し、分析試料とした。

(8) 収量調査

葉面散布試験を実施した各樹を樹別に2014年9月8日および2015年9月4日に収穫し、重量および個数を調査した。

### 3 石灰質資材施用中断と経過観察

2014年の調査時に黄化症状の甚だしかったAおよびBほ場は、2014年冬期より石灰質資材および鶏糞堆肥の施用を中止し、2015、2016年の経過を観察した。

## 調査および試験結果

### 1 黄化症状の実態調査

聞き取り調査の結果、黄化症状は神山町のみで発生しており、神山町に隣接する徳島市、佐那河内村、勝浦町、上勝町では発生していなかった。

神山町内14ほ場の黄化症状発生状況は、甚が2ほ場、中程度が2ほ場、少が6ほ場、4ほ場では症状がみられなかった（第1表）。調査した14ほ場より採取したスダチ葉を分析した結果、窒素、リン、カリウム、カルシウム、鉄、銅、ホウ素の葉中含量は、不足しているほ場も散見されたが、一定の傾向はみられなかった。葉中マグネシウム含量は、最も少ないBほ場で2.0g/kgであり、

診断基準の下限値（3.0g/kg）を下回るほ場が9ほ場あったが、黄化症状の見られないNほ場も葉中マグネシウム含有量が低く、症状と含有量に一定の傾向がみられなかった。

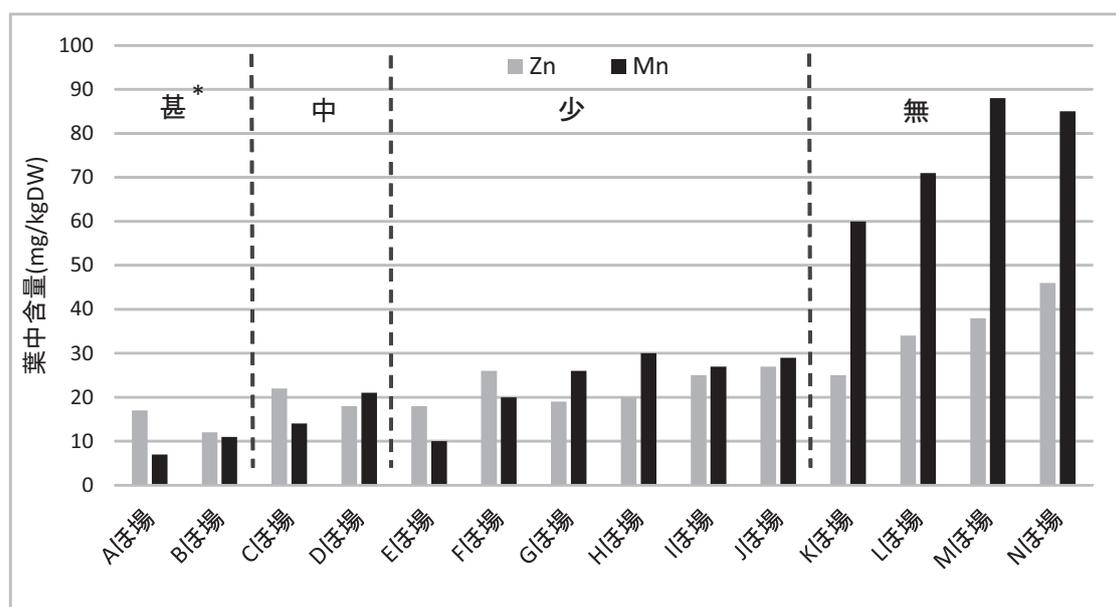
葉中マンガン含有量は、最も少ないAほ場（症状甚）で7mg/kg、最も多いMほ場（症状無）で88mg/kgであった。葉中亜鉛含量については最も少ないBほ場（症状甚）で12mg/kg、最も多いNほ場（症状無）で46mg/kgであった（第2図）。

### 2 土壌分析結果

土壌のpH値をみると、最も高いBほ場（症状甚）で7.2、最も低いKほ場（症状無）で4.4であった。Kほ場

第1表 スダチ葉黄化症状の発症程度と葉中成分分析結果

2014年 症状	ほ場	N (g/kg)	P (g/kg)	K (g/kg)	Ca (g/kg)	Mg (g/kg)	Fe (mg/kg)	Cu (mg/kg)	Zn (mg/kg) 平均値	Mn (mg/kg) 平均値	B (mg/kg)
甚	A	26.4	1.9	21.4	16.3	2.4	60	26	17	7	40
	B	21.3	1.7	17.1	14.9	2.0	60	11	12	11	33
中	C	29.4	3.0	23.6	18.5	3.1	105	25	22	14	18
	D	20.8	1.6	17.4	14.8	2.4	71	13	18	21	31
少	E	19.3	1.7	17.2	17.7	2.4	62	18	31	24	53
	F	31.1	2.8	23.7	16.4	2.8	143	41	26	20	24
	G	27.2	2.4	23.3	15.7	3.6	89	16	19	26	29
	H	22.8	1.6	18.1	12.6	2.2	64	11	20	30	40
	I	25.1	1.9	21.6	20.2	2.6	96	22	25	27	57
	J	19.5	1.9	22.5	17.3	3.4	87	12	27	29	39
無	K	21.5	1.6	16.6	7.8	2.8	70	15	25	60	49
	L	23.6	2.5	23.9	14.2	4.2	168	18	34	71	18
	M	22.5	2.0	16.3	15.9	3.3	72	22	38	88	42
	N	28.5	2.8	24.1	19.2	2.4	77	19	46	85	39
診断基準値		26~ 30	1.2~ 2.0	10~ 20	20~ 35	4.0~ 6.0	50~ 100	4~ 10	20~80	30~100	50~ 100

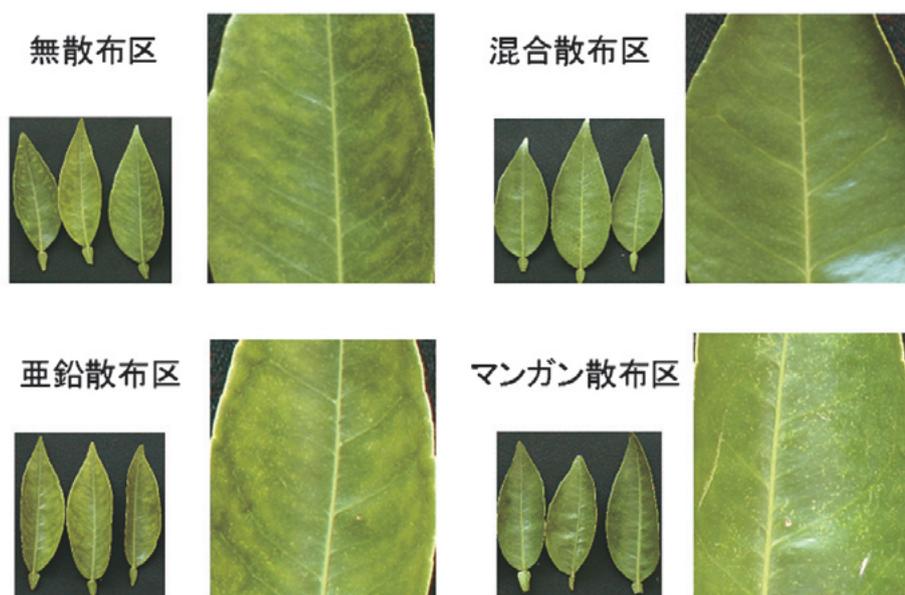


第2図 スダチ葉中の亜鉛およびマンガン含有量

\*黄化症状の発生程度により4段階に分類した

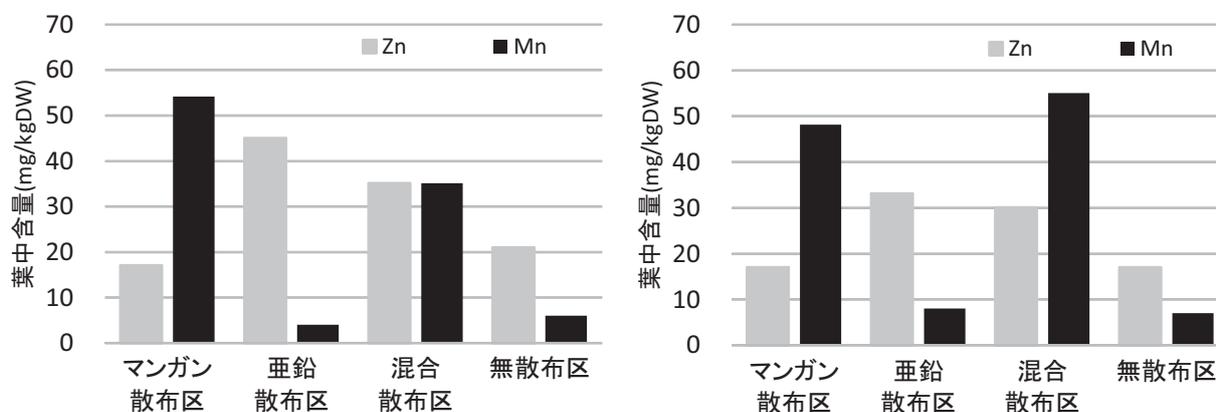
第2表 スダチ葉の黄化症状発生程度と土壌分析結果 (採取日: 2014年6月13~14日)

2014年 発生 程度	ほ場	pH(H <sub>2</sub> O)	EC (mS/cm)	可給態 リン酸 (g/kg)	交換性塩基			全窒素 (g/kg)	全炭素 (g/kg)	0.1M塩酸抽出	
					K <sub>2</sub> O (g/kg)	CaO (g/kg)	MgO (g/kg)			Mn(g/kg)	Zn(g/kg)
甚	A	7.1	0.14	1.44	0.64	7.36	0.75	8.9	98	0.019	0.024
	B	7.2	0.07	1.11	0.51	3.89	0.67	4.1	39	0.132	0.037
中	C	6.8	0.05	0.21	0.54	2.74	0.81	3.3	38	0.195	0.016
	D	6.7	0.16	2.48	0.88	5.64	0.90	8.5	77	0.078	0.022
少	E	6.4	0.24	1.04	1.34	3.38	0.82	5.6	47	0.092	0.116
	F	5.8	0.12	0.52	1.10	3.54	0.78	4.5	49	0.171	0.054
	G	6.7	0.24	0.55	1.33	3.33	1.14	3.8	38	0.184	0.023
	H	5.6	0.06	0.44	1.00	1.76	0.41	4.5	43	0.121	0.028
	I	6.5	0.25	1.00	0.78	5.50	0.80	4.0	54	0.155	0.050
	J	6.7	0.05	0.50	0.91	3.07	0.84	5.0	49	0.170	0.054
無	K	4.4	0.11	0.21	0.40	0.19	0.22	3.6	36	0.032	0.007
	L	4.6	0.22	0.46	0.72	1.24	0.49	4.0	41	0.098	0.031
	M	4.9	0.16	0.30	0.38	1.58	0.52	3.6	40	0.165	0.032
	N	5.7	0.24	0.74	0.68	5.04	0.43	5.3	63	0.160	0.260



第3図 葉面散布による葉の緑色回復効果 (A ほ場)

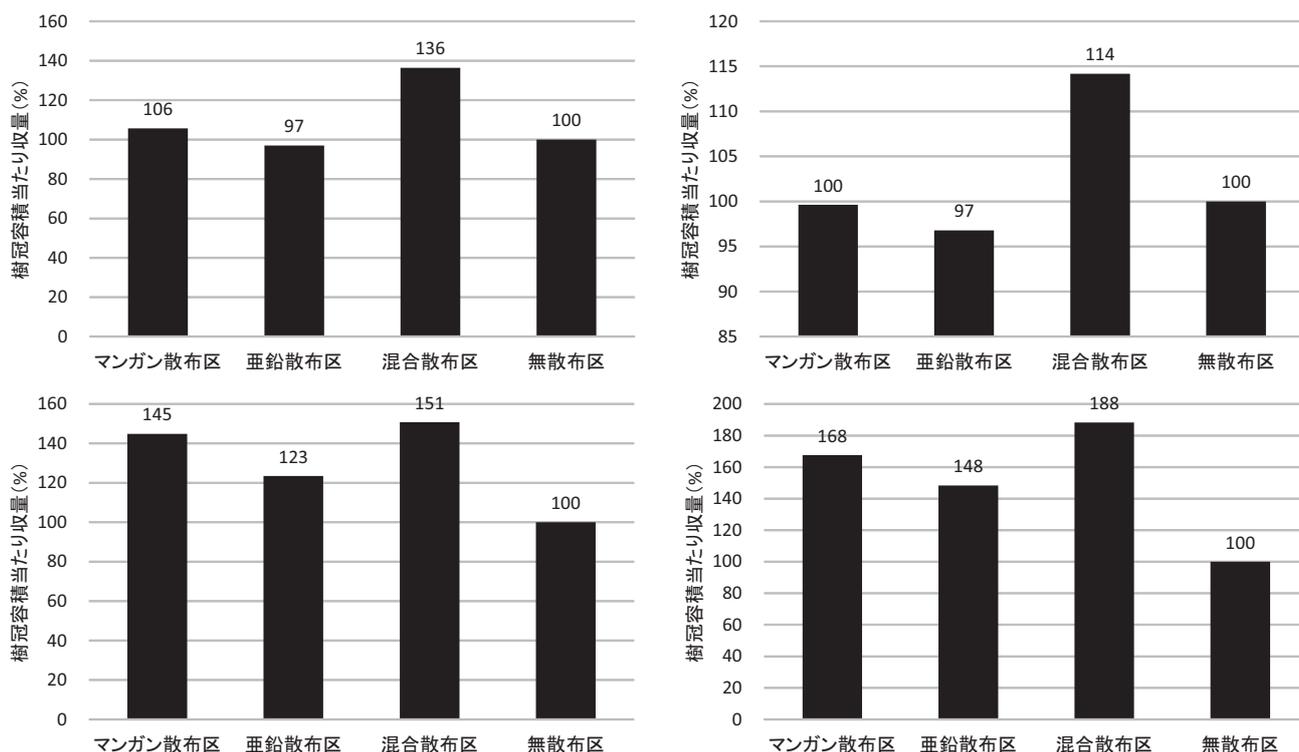
採取日: 2014年8月28日



第4図 葉面散布試験後の葉中亜鉛およびマンガン含有量

採取日: 2014年8月28日

左: A ほ場 右: B ほ場



第5図 葉面散布が収量回復に与える影響（2014年，2015年）

左上 2014年 Aほ場      右上 2014年 Bほ場  
 左下 2015年 Aほ場      右下 2015年 Oほ場  
 無散布区の収量を100として相対指数で表示

は、カルシウム、マグネシウム等の土壌中の含有量も低かった。0.1mol/L塩酸抽出による土壌中のマンガン濃度は、症状の甚だしかったAほ場で0.019g/kg、Bほ場では0.132g/kgであった。症状のみられなかったほ場でも0.032g/kgから0.165g/kgであり、ほ場間差が大きかった。

また、0.1mol/L塩酸抽出で得られた土壌中亜鉛含量は最も少ないKほ場（症状無）で0.007g/kg、最も多いEほ場（症状少）で0.116g/kgであった。これらの結果はいずれも黄化症状の発生状況と一致しなかった（第2表）。

### 3 葉面散布試験

葉面散布試験の結果、マンガン散布区およびマンガンと亜鉛の混用散布区で緑色の回復がみられた（第3図）。

葉面散布試験後の葉中亜鉛濃度は、亜鉛散布区、混合散布区の順で高く、マンガン散布区、無散布区は同程度で低かった。葉中マンガン濃度はAほ場とBほ場で差がみられたが、いずれもマンガン散布区、混合散布区が高く、亜鉛散布区、無散布区で低くなり、亜鉛、マンガンともに葉面散布により葉中濃度が上昇した（第4図）。

葉面散布が収量に与える影響を検討するため、2014年

は症状が甚だしかったA、Bほ場で調査を実施した。2015年はAほ場および定植15年程度で新たに黄化症状の発生がみられたOほ場で調査を実施した。

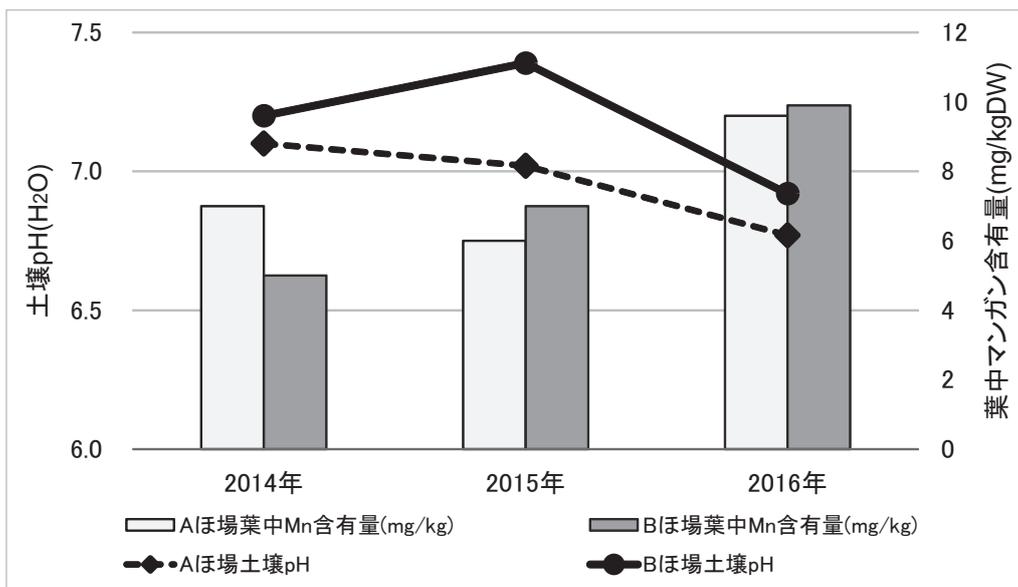
その結果、無散布区の収量を100として、他の処理区での回復程度を比較すると、2014年は、処理を実施したAほ場の混合散布区が136、Bほ場の混合散布区が114となり、両ほ場とも収量の回復程度が大きかったが、その他の処理区では判然としなかった。

2015年は、処理を実施したA、O両ほ場でともに混合散布区、マンガン散布区、亜鉛散布区の順に収量の回復程度が大きくなった（第5図）。

### 4 経過調査

2014年調査開始時から、黄化症状の甚だしかった、A、Bほ場で、2014年から土壌への石灰質資材施用を中断し、土壌pH値、葉中マンガン含有量、黄化症状の発生状況を調査した。

調査開始時の2014年のAほ場の土壌pH値は7.1、葉中マンガン含有量は7mg/kgであり、発生状況は甚であったが、2016年には土壌pH値は6.8、葉中マンガン含有量は10mg/kg、症状も樹によってバラツキがみられたものの、中～少程度に改善した。



第6図 石灰質資材施用中断後の土壌 pH および葉中マンガン含有量の推移

採取日：2014年 6月14日  
 2015年 5月22日  
 2016年 6月10日

また、同様に2014年に黄化症状が甚だしかったBほ場では、土壌 pH は7.2、葉中マンガン含有量が5 mg/kgであったが、2016年には土壌 pH 値は6.9、葉中マンガン含有量は10mg/kgに改善し、症状も少程度に改善した(第6図)。

## 考 察

神山町内 A~N の14ほ場の植物体分析結果をみると、症状の甚だしいほ場では亜鉛、マンガンの植物体中濃度が低かったことから、黄化症状の原因は、亜鉛もしくはマンガン、または両要素の欠乏症である可能性が示唆された(第2図)。

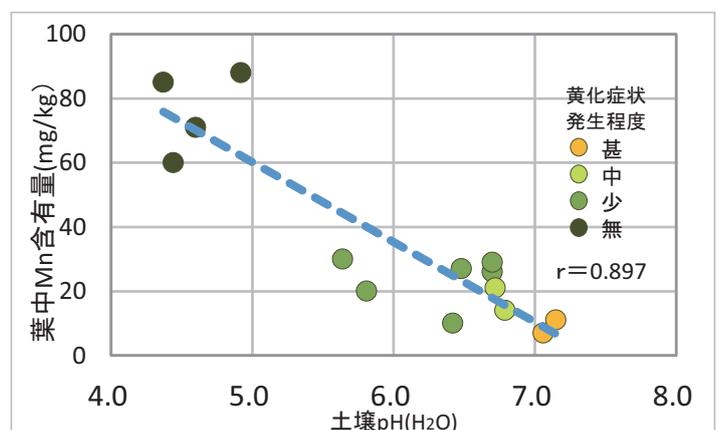
土壌および植物体分析を行った14ほ場では、土壌 pH 値と葉中マンガン濃度は負の相関関係にあり、土壌 pH 値が高くなるほど葉中マンガン濃度が低くなる傾向があり、その相関係数は0.897であった(第7図)。畑作物では土壌 pH 値が6.5以上になると土壌からのマンガン吸収が抑えられる<sup>1)</sup>ことから、スダチ葉のマンガン欠乏症状についても、主原因は土壌 pH 値の中性化であることが明らかになった。

葉面散布試験の葉色調査では、マンガン散布区および混合散布区で緑色回復がみられ、亜鉛散布区および無処理区では緑色回復がみられなかったことから、神山町で多く発生している黄化症状

は、マンガン欠乏症であることが明らかになった。

田中はマンガン欠乏症状と亜鉛欠乏症状は併発する場合がありますが、マンガン欠乏症状は葉の成熟に伴い症状が明らかになるが、亜鉛欠乏症状は葉の成熟に伴い回復する傾向があると述べている<sup>7)</sup>。今回の葉面散布試験の結果においては、葉の緑色回復効果はみられなかったものの、マンガン散布区、混合散布区と比較すると効果は少ないながらも収量の増加がみられた。

葉中亜鉛含有量については、植物体診断基準<sup>8)</sup>の下限值15mg/kgを超えてはいるものの、黄化症状が甚だしいほ場では少ない傾向がみられた。これらのことから、初期症状はマンガン、亜鉛の両成分の欠乏症状による黄化症状の発生であったが、葉面散布試験後の8月頃には



第7図 土壌 pH と葉中マンガン含有量

亜鉛欠乏症状は回復していたため、マンガンの欠乏による黄化症状が観察されたことが考えられる。葉面散布後の収量調査の結果でも、マンガン散布区、混合散布区だけではなく、亜鉛散布区でも収量増加がみられたこともこのことを支持するものである。

現地生産ほ場のカンキツ類のマンガンおよび亜鉛欠乏症状の対策としては、葉面散布の効果が高く、速効性であることが報告されている<sup>2), 4), 5), 6)</sup>。

今回の葉面散布試験の結果は、葉の緑色回復には硫酸マンガンの葉面散布が効果的であった。一方、収量の回復には、硫酸マンガンと硫酸亜鉛の混合散布が最も効果が高かったこと、葉中亜鉛含有量は硫酸亜鉛を葉面散布しなかった区でも植物体診断基準<sup>8)</sup>の下限値(20mg/kg)以下の葉中亜鉛濃度であったことから、マンガン欠乏とともに潜在的な亜鉛欠乏状態にあったものと考えられた。

これらの症状が神山町内で限定的に発生した原因としては、石灰質資材の過剰施用による土壌 pH 値の中性化が挙げられる。徳島県のスダチ栽培層では冬期に土壌改良資材として苦土石灰等の石灰質資材を連年100kg/10a程度施用すること、土づくり資材として堆肥を3t/10a程度施用することを推奨している。しかし堆肥の畜種に関する記載はなく、神山町では地域内資源循環の観点から、慣行としてスダチ搾りかす混合鶏糞堆肥が1t/10a程度連年施用されてきた。このスダチ搾りかす混合鶏糞堆肥の成分を2015年に分析したところ、1t当たり30kg程度の石灰分を含んでいた(データは省略)。

果樹園の土壌は、中耕することがなく、特に降雨等により溶脱しにくいカルシウム等の成分は地表面に集積すると考えられる。黄化症状が甚だしかったAほ場では施用したカルシウムが土壌中に多く含まれており(第2表)、これが土壌のpH値を上昇させている原因であると考えられた。

今回の調査や試験は、収穫終了後には土壌改良資材の施用前に土壌診断を実施し、その結果に基づいた土壌・施肥管理を実施することの重要性を再認識させる事例であると考えられる。

## 摘 要

徳島県のスダチ主産地である名西郡神山町で2013年頃から発生が増加したスダチ葉の黄化症状の発生原因とその対策について検討し、以下の結果を得た。

1. 神山町内の14ほ場では、黄化症状の甚だしいほ場が2ほ場、中発生2ほ場、少発生6ほ場、発生無4ほ場で

あった。

2. 葉中マンガン含有量は最も少ないAほ場(症状甚)では7mg/kg、最も多いMほ場(症状無)で88mg/kgであった。葉中亜鉛含有量は最も少ないBほ場(症状甚)で12mg/kg、最も多いNほ場(症状無)で46mg/kgであった。

3. 0.1%硫酸マンガン水溶液を葉面散布した結果、葉の緑色が回復したことから、スダチ葉の黄化症状はマンガン欠乏に起因することが明らかになった。

4. 調査したほ場では、土壌pH値と葉中マンガン含有量は負の相関関係にあり、相関係数は0.897であったことから、マンガン欠乏症状の主な原因は土壌pH値の中性化であることが明らかになった。

5. 硫酸マンガン水溶液の葉面散布により、収量は最大168%に増加した。また、硫酸マンガン、硫酸亜鉛の混合散布により最大188%に増加した。

6. 2014年から黄化症状発生ほ場において土壌への石灰質資材施用を中断した結果、土壌pH値は7.2から6.9, 7.1から6.8へ低下し、葉中マンガン含有量は7mg/kgから10mg/kg、5mg/kgから10mg/kgに増加し、黄化症状は甚から少程度に改善した。

以上の結果から、スダチ葉の黄化症状の対策には土壌診断を活用した土壌管理の適正化が必要である。

## 引用文献

- 1) 小林茂久平(1969)：畑作物のマンガンおよび鉄欠乏に関する研究. 農及園, 44(7)：1061~1065.
- 2) 中島芳和(1961)：温州みかんのマンガン欠乏対策. 農及園, 36(8)：1313~1316.
- 3) 財団法人日本土壌協会編(2001)：土壌機能モニタリング調査のための土壌、水質及び植物体分析法. 1~282.
- 4) 尾形亮輔(1962)：カンキツにおけるマンガン欠乏に関する研究. (第1報). 園芸学雑, 31(4)：45~54.
- 5) 清水武・吉村修一・平野隆生(1981)：ミカンのマンガン欠乏について. 大阪農技セ研報, (18)：47~60.
- 6) 清水武・森井正弘(1985)：土壌環境が温州ミカンの養分欠乏に及ぼす影響. 生物環境調節, 23(4)：77~87.
- 7) 田中彰一(1960)：柑橘の黄化症に関する研究. 東海近畿農業試験場園芸部特別報告, (1)：4~28.
- 8) 徳島県(1997)：土壌及び作物栄養の診断基準. 95.