

## チンゲンサイの生理障害の 特徴と発生原因

静岡県農業試験場 土壤肥料部

主任研究員 高橋和彦

### はじめに

静岡県におけるチンゲンサイの栽培は、県西部の水田土壌地帯に昭和50年に試作導入されたのが始まりである。簡易なパイプハウスで周年栽培ができ、収穫物も軽量なため、主婦や高齢者を主体とした営農の中で注目された。昭和54年には本格的な生産・出荷が始まり、間もなく全県下に普及している。現在の栽培面積は、県内の施設野菜の中ではメロン、イチゴに次いで第3位であり、静岡県の主要野菜の一つとして定着している。

### 写真 1 チンゲンサイの栽培状況



チンゲンサイは定植後の栽培日数が約20~40日と短いため、年間に8~10作の連作栽培が行なわれている。また、育苗も従来の地床育苗にかわってペーパーポット育苗やプラグ育苗が導入されているため、本ほでは収穫後も休むまもなく次の作が定植されている。

チンゲンサイ導入後10年以上を経過している主要な産地では、のべで100作以上もの超連作栽培がされていることになる。しかも、ハウスの回転率を上げるために除塩処理はほとんど実施されていない。ビニールの張り替え時に、降雨にあてる程度である。クリーニング・クロープの栽培などは労力がかかるため、婦人や高齢者を中心とした

### 写真 2 石灰欠乏症状



営農の中では取り入りにくい事情もある。

このため、産地では土壌中の養分集積傾向が明らかであり、夏期を中心に様々な生理障害が多発している。それらは養分の欠乏や過剰が原因と考えられるが、様々な症状と原因との関係が整理されておらず、対策を考える上で混乱を生じているのが実情である。

ここでは、水耕栽培によって再現した養分欠乏症状や過剰症状を中心に、チンゲンサイの生理障害の特徴と産地での発生原因について述べる。

### 欠乏症状の特徴

第1表に再現された主な欠乏症状の特徴と発症時の養分含有率を示した。これらの症状は圃試処方1単位の水耕液を対照として、それぞれの養分を欠除させた水耕液で栽培して再現させたものである。

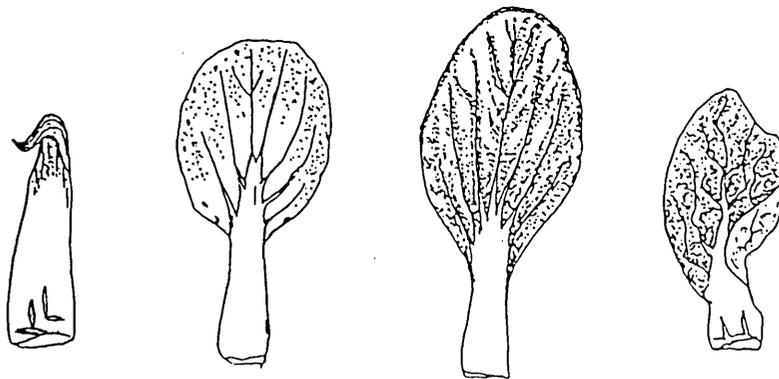
石灰欠乏症状の特徴は、まず心葉から内葉にかけての葉色が濃くなるという前兆症状から始まる。次に心葉の生育が阻害され始め、内葉には微小な白色の斑点が葉脈間に生じる。最後には心葉が先端部より壊死し始め、心葉はほとんど葉柄だけになる。内葉の斑点は次第に大きくなり、葉縁に近い斑点は褐色に変化する。また、根の伸長も

第1表 欠乏症状の特徴と養分含有率

区	葉 位	発 現 症 状	養 分 含 有 率			
			Ca %	Mg %	B ppm	Mn ppm
対 照	心葉(0~3)	正 常	1.12	0.34	20.3	60
	内葉(4~9)	正 常	2.31	0.40	19.0	191
	外葉(10~13)	正 常	4.46	0.63	19.4	327
石 灰 欠 除	心葉(0~3)	伸長阻害、先端部壊死 (葉柄内側に亀裂褐変)	0.44	0.59	34.2	—
	内葉(4~8)	葉色が濃く、葉脈間に 白色~褐色小斑点	0.41	0.69	44.9	—
	外葉(9~12)	正 常	2.23	0.98	27.7	—
苦 土 欠 除	心葉(0~4)	葉脈間黄化	2.07	0.09	16.3	—
	内葉(5~10)	葉脈間黄化~褐変	2.53	0.05	29.0	—
	外葉(11~13)	正 常	5.38	0.21	21.2	—
ほ う 素 欠 除	心葉(0~2)	葉色が濃く、萎縮矮化 未展開葉壊死 (葉柄内側に亀裂褐変)	1.27	0.38	11.3	—
	内葉(3~6)	正 常	2.30	0.41	9.4	—
	外葉(7~11)	(葉柄外側に亀裂褐変)	4.84	0.69	13.0	—
マ ン ガ ン 欠 除	心葉(0~3)	正 常	—	—	—	12
	内葉(4~9)	正 常	—	—	—	18
	外葉(10~13)	正 常	—	—	—	83

※葉位は低葉位が内側、高葉位が外側とし、未展開葉を0とした。

※( )内の症状は発現しないこともある。



石灰欠心葉

石灰欠内葉

苦土欠内葉

ほう素欠心葉

阻害され、心葉の葉柄の内側に亀裂褐変が生じることもある。亀裂褐変はホウ素欠乏症状でも生じることがあり、注意を要する。

これらの症状が発生した時の葉中の石灰含有率は、心葉から内葉では約0.4%であった。

苦土欠乏症状の特徴は、まず心葉から内葉にかけての光沢がやや強く感じる程度の前兆症状から始まる。次に心葉の光沢が強くなり、内葉の葉脈

間には薄い白斑が生じる。この白斑は次第に黄斑に変化し、最後には葉脈間全体が黄化、褐変する。内葉の症状は心葉にも広がり、心葉も葉脈間全体の黄化にまで至る。

これらの症状が発生した時の葉中の苦土含有率は、心葉から内葉では約0.1%であった。

ホウ素欠乏症状の特徴は、石灰欠乏症状と同様に、心葉の葉色が濃くなる前兆症状より始まる。その後の症状の進行もほとんど心葉で生じ、生育にも変化が少ないため重症になるまで気がつかないことが多い。症状が進行すると、心葉の葉脈の伸長が阻害されるため、萎縮矮化が生じ葉が奇形化する。実は、後で述べるホウ素過剰症状でも萎縮矮化が生じる。ただ、ホウ素欠乏症状の場合は、外見ではわからないが株を分解してみると、未展開葉の生長点部分に壊死が生じている点で区別できる。また、心葉の葉柄の内側や外葉の葉柄の外側に亀裂褐変が生じることもある。

これらの症状が発生した時の葉中のホウ素含有率は、心葉では約10ppmであった。

マンガン欠乏症状は、マンガンを欠除した水耕液によって栽培しても再現できなかった。ただ、産地では心葉から内葉にかけての葉脈間が弱く黄化する症状が発生したことがあり、マンガン欠乏症状と推定されている。

過剰症状の特徴

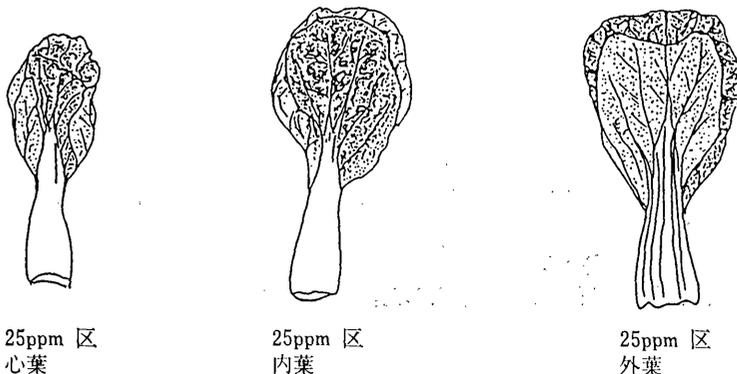
第2表と第3表に再現された主な過剰症状の特徴と発症時の養分含有率を示した。これらの症状は園試処方1単位の水耕液を対照として、それぞれの養分を過剰にさせた水耕液で栽培して再現させたものである。

ホウ素過剰症状の特徴は、心葉から外葉にかけての葉縁のうち葉脈の先端に相当する部分に、ごく小さい褐色小斑点が生じる前兆症状より始まる。この小斑点は次第に葉縁の淡い黄化から褐変へと進行するが、葉縁の変化は葉脈の先端に相当する部分を中心とした狭い範囲に限定される。従って、葉縁の褐変自体にはなかなか気づかない。しかし、葉縁の組織が損傷するため葉は上向きが下向きに巻き、いわゆるカップング症状を示す。また、心葉から内葉にかけて、ホウ素欠乏症状と同様に葉脈の伸長が阻害され萎縮矮化が生じる。

第2表 ホウ素過剰症状の特徴とホウ素含有率

区	葉位	発現症状	ホウ素含有率 B ppm
対 照	心葉(0~2)	正 常	15.7
	内葉(3~7)	正 常	29.5
	外葉(8~16)	正 常	19.6
ホウ素10ppm	心葉(0~2)	葉縁の淡い黄化、葉の萎縮矮化 葉は上向きに巻く	52.9
	内葉(3~7)	葉縁の淡い褐変 葉は下向きに弱く巻く	101.6
	外葉(8~16)	葉縁の淡い褐変 葉は下向きに弱く巻く	85.1
ホウ素25ppm	心葉(0~2)	葉縁の淡い褐変、葉の萎縮矮化 葉は上向きに巻く	69.3
	内葉(3~8)	葉縁の褐変、葉の萎縮矮化 葉は上向きに巻く	100.3
	外葉(8~16)	葉縁の褐変 葉は下向きに巻く	140.1

※葉位は低葉位が内側、高葉位が外側とし、未展開葉を0とした。  
※区の10ppm、25ppmは水耕液中の濃度



ただし、ホウ素欠乏症状と異なり、未展開葉の生長点部分は正常である。

これらの症状が発生した時の葉中のホウ素含有率は、心葉で約50ppm、内葉から外葉にかけては約90~140ppmであった。

マンガン過剰症状の特徴は、ホウ素過剰症状の場合と同様に、内葉から外葉にかけての葉縁のうち葉脈の先端に相当する部分に、ごく小さい褐色小斑点が生じる前兆症状より始まる。しかし、ホウ素過剰症状の場合と異なり、心葉は正常である。次に、鉄欠乏症状に類似した葉縁の黄白化が明確に生じる。黄白化は次第に褐変へと進行し、これらの葉縁の組織の損傷にともなって葉は上向きか下向きに巻き、カップング症状を示す。重症の場合は、外葉の葉脈間にも褐色小斑点を生じる。

これらの症状が発生した時の葉中のマンガン含有率は、前兆症状の生じた内葉で約1,000ppm、葉縁の黄白化および褐変の生じた内葉から外葉で約2,000ppm、葉脈間の褐色小斑点の生じた外葉で約3,000ppmに達していた。

産地での発生原因

石灰欠乏症状は産地で最も発生が多い症状であり、「しんなし症」、「しん腐れ症」、「チップバーン症」などと呼ばれている。

チンゲンサイは周年栽培されているが、6~8月の高温乾燥時に最も発生が多い。また、静岡県内の産地の土壌は中粗粒褐色低地土や中粗粒灰色低地土が多く、保水力が小さく乾燥しやすい傾向がある。土壌の乾燥が発生を助長していると考えられる。

チンゲンサイの一作当たりの窒素施肥量は10a当た

り10kg程度であるが、年間では80 kg~100 kgとなる。有機物は牛ふんオガクズ堆肥や豚ふんオガクズ堆肥などが主に施用されている。一作当たりの施用量は少ないが毎作施用される傾向があり、年間の施用量は10 a当たり10~30 tにも達することが多い。このように、チンゲンサイの栽培土壌の窒素投入量はかなり多く、連作の進行にともなって硝酸態窒素は蓄積傾向にある。

第4表に園試処方1単位を基本とした水耕栽培で、窒素濃度16me/lを硝酸態窒素あるいはアンモニア態窒素で32me/lに上乗せした場合の石灰欠乏症状の発現経過を示した。

石灰濃度0.2me/lではほとんど影響はみられないが、0.4me/lでは窒素の過剰が石灰欠乏症状の発現を促進している。

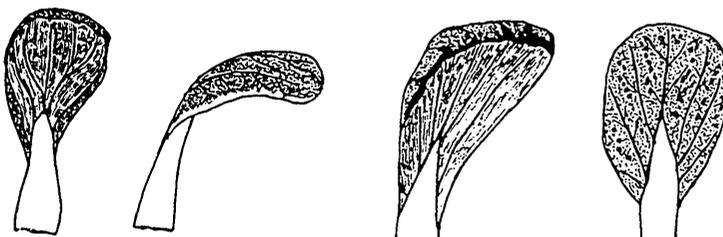
これらのことから、土壌中の硝酸態窒素の過剰蓄積も発生を助長していると考えられる。

また、石灰欠乏症状の発生には品種間差が認められている。従来からの主要品種である「青帝」

第3表 マンガン過剰症状の特徴とマンガン含有率

区	葉 位	発 現 症 状	マンガン含有率
			Mn ppm
対 照	心葉(0~2)	正 常	100
	内葉(3~7)	正 常	166
	外葉(8~15)	正 常	176
マンガン50ppm	心葉(0~2)	正 常	509
	内葉(3~5)	葉緑の葉脈先端部に褐色小斑点 葉は上向きに巻く	1148
	外葉(6~14)	葉緑の黄白化及び褐変 葉は下向きに巻く	2045
マンガン100ppm	心葉(0~2)	正 常	919
	内葉(3~5)	葉緑の黄白化及び褐変 葉は上向きに巻く	1787
	外葉(8~15)	葉緑の激しい褐変、葉脈間の褐色小斑点、葉は下向きに巻く	3062

※葉位は低葉位が内側、高葉位が外側とし、未展開葉を0とした。  
※区の50ppm、100ppmは水耕液中の濃度



葉緑の褐色小斑点      葉緑の黄白化      葉緑の褐変      葉脈間の褐色小斑点

は発生が多く、「夏あおい」などの夏用品種は発生が少ない傾向がある。第5表に、夏期の収穫時期に2日間ハウスを密閉して灌水も行わず高温乾燥状態にした場合の、石灰欠乏症状の発生状況を示した。明らかに品種間差が認められ、夏用品

第4表 窒素過剰が石灰欠乏に与える影響

区	石灰濃度-窒素濃度	心 葉				内 葉			
		6/ 8	6/10	6/12	6/15	6/ 8	6/10	6/12	6/15
0.2	- 16	-	A	A	A	B、C	B、C	B、C	B、C
0.2	-32(NO <sub>3</sub> )	-	(A)	A	A	B、C	B、C	B、C	B、C
0.2	-32(NH <sub>4</sub> )	-	(A)	A	A	B、(C)	B、C	B、C	B、C
0.4	- 16	-	-	-	A	-	-	(B)	(B)
0.4	-32(NO <sub>3</sub> )	-	-	-	A	(B)	(B)	B	B、(C)
0.4	-32(NH <sub>4</sub> )	-	-	-	A	(B)	(B)	B、(C)	B、(C)

※症状が発現した場合に次の記号で表示した。

先端の壊死→A、白色小斑点→B、褐色小斑点→C

※記号のみの場合は2連ともに発現、( )付きは1連のみで発現とした。

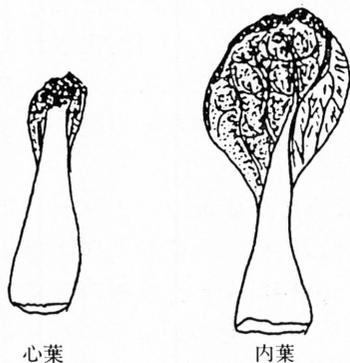
※処理開始は6/4

※区の濃度はme/l

第5表 品種別の石灰欠乏症状の発生状況

品 種	施肥量	発症株率(%)	症状の軽重
青帝	慣行	36.8	重症
	多肥	23.2	重症
夏あおい	慣行	6.3	軽症
	多肥	5.3	軽症

※95株調査



心葉・内葉に発現した症状

種では発生が少ない。

「青帝」は葉数が少なめで、生育の旺盛な夏期には節間が伸び徒長しやすい傾向がある。夏用品種は、この節間が伸び株のしまりが悪くなるという主に品質面のマイナスを防ぐ目的で育種されている。従って、葉数が多く夏期でも徒長しない。

これらの特徴から、「青帝」は夏期に収穫適期をわずかでも過ぎると徒長が著しくなり、外葉が肥大し心葉を覆ってしまう傾向がある。このため、心葉の蒸散が少なくなり、蒸散流によって移動する石灰は大半が蒸散の激しい外葉へ分配され

写真3 マンガン過剰症状



てしまい、心葉では石灰が不足するものと考えられる。逆に、夏用品種では徒長しにくく草姿も開き気味のため、心葉が外葉に覆われることもない。また、外葉もあまり大きくならず、心葉に分配される石灰の量も比較的多いのではないかと考えられる。

ホウ素欠乏症状は、海岸線に近い砂丘未熟土地帯で発生が時々みられる。これらの地帯では土壌中のホウ素が流亡しやすい上に、乾燥によって更に吸収されにくくなる。また、連作の進行にともなって石灰が蓄積傾向にあることも発生を助長していると考えられる。

最近、発生が多くみられるのがマンガン過剰症状である。しかも、マンガン資材の施用や、可溶性マンガンを富加させる蒸気消毒の経過のないハウスにおいて発生している。

第6表 マンガン過剰症状発生土壌の化学性

土 壤	pH	EC mS/cm	交換性塩基(mg/100g)			NO <sub>3</sub> -N mg/100g	Mn O(mg/100g)			
			K <sub>2</sub> O	CaO	MgO		水溶性	交換性	易還元性	
ハウス内	0~5cm	4.5	1.1	28.5	157.7	33.3	24.6	8.2	9.3	21.0
	5~10	4.7	1.2	38.9	209.8	35.7	24.6	7.7	8.4	20.5
	10~15	4.2	1.0	37.8	203.9	32.9	24.0	6.8	8.1	19.6
	15~20	4.2	0.7	44.2	140.0	27.4	19.6	5.3	6.9	20.9
	20~25	4.1	0.6	34.9	98.7	26.6	17.7	5.0	6.5	24.2
ハウス外	0~5cm	4.7	0.1	28.9	55.3	7.5	1.6	0.5	0.8	12.1
	5~10	4.3	0.1	36.1	48.5	8.4	1.0	0.1	0.9	11.9
	10~15	5.0	0.1>	35.0	44.8	8.1	0.6	0.1	0.8	10.7
	15~20	5.2	0.1>	33.9	53.3	10.4	0.3	0.1	0.7	11.2
	20~25	5.5	0.1>	44.2	67.9	14.8	0.4	0.1	0.4	12.8
県基準(施設内)		6.0	0.3>	15	250	55			4>	
		~6.5		~50	~320	~75				

第6表に、産地において、マンガン過剰症状の発生した土壤の、深さ別の化学性を示した。このほ場は、平成元年までは小麦、キャベツ、シロネギ栽培の露地畑であった。ところが、平成2年に施設（ハウス）化してチンゲンサイ栽培を始めたところ、次第にマンガン過剰症状が発生するようになった。土壤は中粗粒灰色低地土で、過去にマンガン資材の施用や蒸気消毒の実施の経過はない。なお、表中のハウス外土壤とはハウス化以前は同一ほ場であった土壤である。

ハウス内土壤のpHは著しく低く、硝酸態窒素は全体に多かったが特に表層ほど多くなっている。マンガン含量はいずれの形態のものも著しく多く、しかも交換性のほとんどは水溶性であった。

ハウス外土壤もpHはかなり低く、マンガンも

易還元性のものはかなり多かった。しかし、硝酸態窒素含量は著しく少なく、交換性や水溶性のマンガン含量も著しく少なかった。

これらのことから、マンガン過剰症状の発生したほ場は、母材などからマンガン酸化物含量の多い土壤であったのが、施設化とチンゲンサイの連作にともないマンガンが可溶化され吸収されやすくなったものと考えられる。可溶化の原因としては低pHや硝酸態窒素などの肥料成分の表層への集積が推定される。

以上のように、産地でのチンゲンサイの生理障害の発生原因には、土壤および作物体の水分条件が関与し、連作による土壤中の窒素や石灰などの過剰集積がこれらを助長していると考えられる。従って、土作りとチンゲンサイの吸収に見合った肥料や有機物の施用が重要である。