

## エダマメ黄化症の発生要因と対策

誌名	岐阜県農業総合研究センター研究報告 = Bulletin of the Gifu Agricultural Research Center
ISSN	09138757
巻/号	10
掲載ページ	p. 36-42
発行年月	1997年3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



## エダマメ黄化症の発生要因と対策

矢野秀治・渡辺京子

Occurrence Factors and Possible Countermeasures on Growth Disorder  
"Yellowing Symptom" of Soybeans

Hideji YANO, Kyouko WATANABE

要約: 近年、エダマメで葉の黄化・萎縮などの生育障害が発生し、収量低下を招いているため、その発生原因と対策について検討した。

その結果、生育障害は黄化症、萎縮症の2種類に大別され、その発生原因は黄化症が土壤中石灰の不足からくるカルシウム欠乏、萎縮症がpHの低下に起因する置換性マンガンの増加からくるマンガン過剰と推定された。

石灰飽和度の改善または被覆硝酸石灰の施用により、土壤中水溶性石灰濃度が増加し、葉中カルシウム濃度が高まった結果、黄化症が軽減でき生育・収量の向上が認められた。特に、被覆硝酸石灰は開花期前後のカルシウム供給が著しく、黄化症防止効果が最も期待できると考えられた。

キーワード: 生育障害、カルシウム欠乏症、マンガン過剰症、石灰飽和症、被覆硝酸石灰

## 緒言

岐阜県のエダマメ栽培面積は約270haで、平坦地における露地野菜の主力品目であるが、その殆んどは岐阜市内の砂質土壌地帯で栽培され、春ダイコン、秋ダイコンまたは冬春ハウレンソウとの輪作体系をとっている。しかし、近年春ダイコン跡のエダマメ栽培において開花期からさや伸長期にかけて葉の黄化・萎縮などの生育障害が発生し、収量・品質の低下を招いている。

当作型では過去に土壌のアルカリ化に起因すると思われるダイコンの根部障害(こぶ症<sup>1)</sup>)が発生したため、その対策として石灰質肥料の施用を控えてきた経緯がある。一方、石灰質肥料を慣行的に施用している冬春ハウレンソウとの輪作体系では発生が極めて少ないため、この生育障害は土壌条件に起因して発生すると考えられた。

そこで、この生育障害の原因と対策について検討したので、ここに報告する。

## 材料及び方法

## 1 生育障害の発生要因(現地実態調査)

1) 対象地域: 岐阜市則武、鷺山、島地区

2) 土壌条件: 中粗粒褐色低地土

3) 調査点数: 45点

(開花期22点、さや伸長期13点、さや肥大期10点)

4) 調査時期: 1993年6月8日~8月13日

5) 調査方法

(1) 障害発生時: 障害発生程度、土壌理化学性(作土)  
葉中養分濃度

(2) 収穫時: 土壌化学性(深さ20cm毎に3層まで採取)  
栽培管理実態(聞き取り調査)

## 2 現地改善試験

1) 試験場所: 岐阜市則武

2) 土壌条件: 中粗粒褐色低地土、芝統

3) 供試品種: 富貴

4) 栽植密度: 畦幅115cm(2条植)、株間22cm  
7,910株/10a

5) 作型: 春ダイコン-エダマメ(同一マルチで連作)

6) 耕種概要: 石灰資材施用: 1995年2月3日

施肥: 5月18日 播種: 5月23日

収穫: 8月4日

7) 試験区の構成 試験区の構成は表1のとおりである。

表1 試験区の構成(1995)

区	石灰飽和度 %	炭カル施用量 kg/10a	窒素施用量 kg/10a	使用肥料
①対照区	44	0	7	①~③区共通
②炭カル区	60	180	7	別りん化成(N5kg/10a: マルチ上に散布)
③炭カル倍量区	80	360	7	I B化成(N2kg/10a: 播種穴施用)
④被覆硝酸石灰区	44	0	5	ロングショウカル70日タイプ(播種穴施用)

注1) ②③区は設定飽和度相当量の炭カルを前作(ダイコン)作付時に施用

2) 開花期: 7月3日

## 8) 被覆肥料の溶出特性の測定

試験で使用した被覆硝酸石灰肥料について、5 gずつ不織布の袋に入れ、施肥と同時に畝頂上から10cmの深さに埋め込み、収穫終了時まで経時的に取り出し、溶出量を測定した。

## 結果及び考察

## 1 生育障害の発生要因

## 1) 生育障害の発生実態

生育障害の症状は大別すると黄化症、萎縮症の2種類に分けられた。黄化症は開花期を中心に上位展開葉及び側枝に発生し、葉全体が黄化した株から葉脈間または葉緑の黄化にとどまるものまで発生程度に差がみられた。また、障害発生株では花芽の枯死がみられた。

萎縮症はさや伸長期を中心に全葉に発生し、葉の萎縮及び葉脈に沿っての褐色斑点といった症状を示し、多発ほ場ではさやにも褐変がみられた(写真1~3)。

## 2) 栽培管理実態

現地の栽培管理実態を表2に示した。調査した45地点のうち、29地点で障害が認められたが、作付体系別では、春ダイコン-エダマメが大部分(24地点)で、秋ダイコン-エダマメ(4地点)、冬春ハウレンソウ-エダマメ(1地点)での発生は少なかった。障害の発生時期は、3年以上前から発生ほ場の17%に対し、2年前からが35%、1年前からが48%となっており、障害は近年発生し始め年々増加していると考えられた。また、発生ほ場の76%で減収傾向がみられた。

障害発生ほ場では、石灰質肥料の施用率が31%、平均施用量が76kg/10aと、未発生ほ場(施用率100%、施用量107kg)に比べて低くなっており、石灰質肥料の施用と障害発生との相関が伺われた。また、石灰質肥料は2/3のは場で前作(ダイコン)作付時に施用されており、ダイコン作付中での石灰流亡が懸念された。



写真1 黄化症 (カルシウム欠乏)



写真2 萎縮性 (マンガン過剰)



写真3 黄化症株での花芽枯死

表2 栽培管理実態

項目	農 家 戸 数
石灰施用の有無	(正常ほ場) 有: 16 無: 0 (障害発生ほ場) 有: 9 無: 20
石灰平均施用量	(正常ほ場) 107kg/10a (障害発生ほ場) 76kg/10a
石灰施用時期	エダマメ前: 9 前作前: 16 (ダイコン: 14 ハウレンソウ: 2)
黄化症発生時期	1年前: 14 2年前: 10 3年前: 4 4年以上前: 1
減収の有無	有: 22 無: 7
こぶ症の発生	無: 35 少: 5 大: 0

表 3 発生症状別の土壌の理化学性

発生症状	pH	pH	CEC (m·e)	av-	ex-	塩基飽和度 (%)				易還元	ex-	粗孔隙 (pF1.5%)	易有効 性水分 (%)
	(H2O)	(KCl)		P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (mg/100 g)	CaO	Ca	Mg	K	計	性Mn (ppm)	Mn (ppm)		
正 常 (n=12)	6.3	5.2	10.4	140	149	49.1	15.8	5.3	70.2	95	5.3	27.3	10.0
黄化症 (n=15)	5.8	4.5	9.4	75	81	30.6	15.7	2.6	48.9	93	10.2	29.0	11.3
萎縮症 (n=9)	5.7	4.2	9.2	68	76	29.4	17.2	4.3	50.9	83	18.9	28.8	10.5

3) 土壌の理化学性

発生症状別の土壌の理化学性を表 3 に示した。CEC は9.2~10.4me/100 g と低く、塩基保持力が小さいことが認められた。また、易有効性水分は10%程度であり、保水力が極めて小さいと考えられた。

黄化症、萎縮症とも発生ほ場では置換性石灰が76~81 mg/100 g (正常ほ場は149mg/100 g)、石灰飽和度が30%前後 (正常ほ場は49%) と低く、これに起因してpH (KCl) がそれぞれ4.5、4.2と正常ほ場 (5.2) より低い傾向にあった。易還元性マンガンは正常ほ場と差はないが、pHが低いことにより置換性マンガンが増加し、特に萎縮症発生ほ場では18.9ppmと正常ほ場 (5.3ppm) の3倍以上の数値を示した。

pH (KCl) と置換性マンガンの相互関係を図 1 に示した。両者には負の相関関係 (r = -0.840\*\*\*) がみられ、pHの低下に伴い置換性マンガンの増加し、これに伴って萎縮症の発生が多くなった。また、pH (KCl) と石灰飽和度の関係を図 2 に示したが、両者には正の相関 (r = 0.695\*\*\*) がみられた。黄化症、萎縮症ともpH及び石灰飽和度の低下に伴って発生が多い傾向が認められるため、pH (KCl) 5.0または石灰飽和度 50%以上が安全ラインと考えられた。

収穫時における層別別の土壌化学性を表 4 に示した。pH、石灰飽和度は、各層とも正常 > 黄化症 > 萎縮症の順に高かったが、正常ほ場が下層ほど低下するのに対して、障害発生ほ場では逆に下層ほど高くなる傾向がみられた。従って障害発生ほ場では作土のCECが9.2~9.4 me/100 g と正常ほ場 (10.4me) より低いため石灰がより溶脱しやすいと考えられた。

4) 葉中養分濃度

葉中カルシウム濃度の推移を表 5 に示した。上位葉のカルシウム濃度は、開花期では黄化症発生株が0.85%と正常株 (1.11%) より低かったが、生育に応じて増加し、さや肥大期には差がなかった。下位葉のカルシウム濃度は、上位葉より高く推移し、開花期においても障害の有無による差は小さかった。このことから、エダマメの生育が旺盛になる開花期頃 (6月下旬~7月上旬) に葉中のカルシウム欠乏が生じた結果、上位葉に黄化症が発生

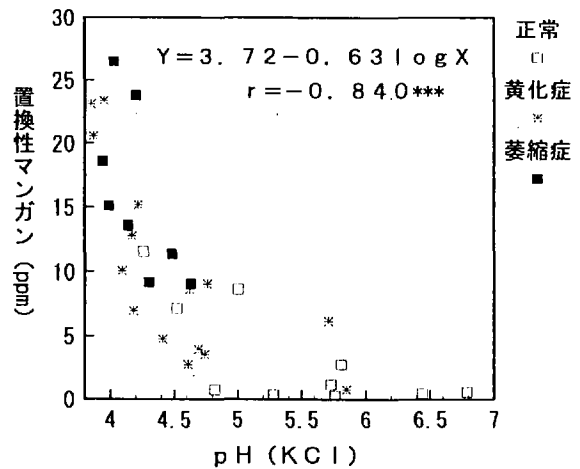


図 1 pH と置換性マンガンの関係

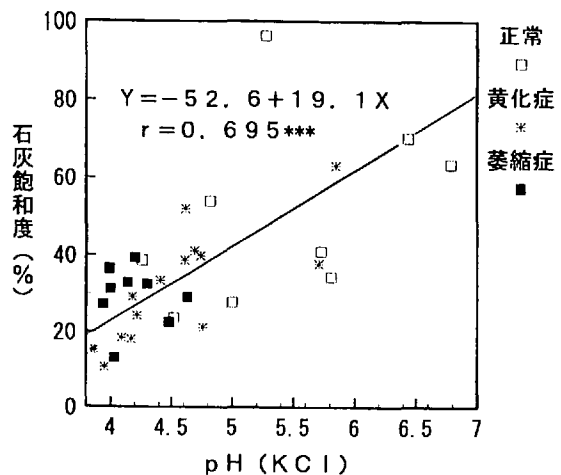


図 2 pH と石灰飽和度の関係

表 4 収穫時土壌の化学性

発生症状	pH (KCl)			石灰飽和度 (%)		
	1層	2層	3層	1層	2層	3層
正 常 (n=10)	5.3	5.3	5.1	53.7	51.8	44.5
黄化症 (n=8)	4.4	4.6	4.7	34.9	35.9	40.4
萎縮症 (n=5)	4.1	4.3	4.4	27.6	31.8	32.8

注) 1層: 0~20cm 2層: 20~40cm 3層: 40~60cm

すると考えられた。

葉中マンガン濃度の推移を表6に示した。正常株の葉中マンガン濃度は、時期別の変動が少なく開花期、さや伸長期では300ppm以下であった。一方、萎縮症発生株の葉中マンガン濃度は、開花期が687~1136ppm、さや伸長期が469~642ppmであり、全葉にわたってマンガンの蓄積が認められた。図3に葉中マンガン濃度と土壌中の置換性マンガンの関係を示したが、両者間には高い正の相関 ( $r=0.883^{***}$ ) があることから、pHの低下により置換性マンガンが増加し、マンガンの過剰吸収が生じた結果、萎縮症が発生すると考えられた。

葉中カルシウム濃度とマンガン濃度の関係を図4に示したが、黄化症は葉中カルシウム濃度が1.0%以下、萎縮症はマンガン濃度が400ppm以上で症状が発生する傾向が認められた。

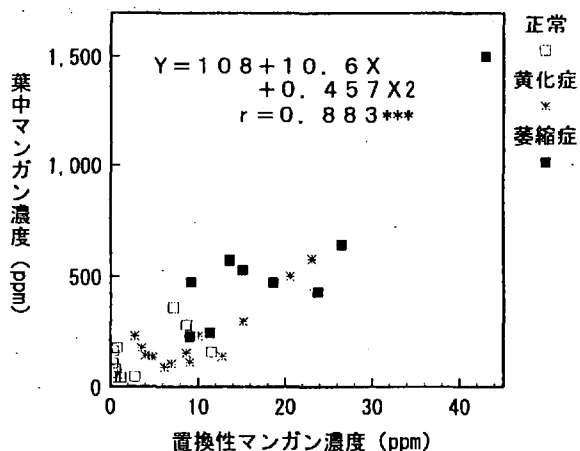


図3 置換性マンガと葉中マンガンの関係

## 5) 発生要因

2) ~ 4) の結果から、生育障害の発生原因は黄化症が置換性石灰の不足からくるカルシウム欠乏、萎縮症がpHの低下に起因する置換性マンガンの増加からくるマンガンの過剰と推定された。pH低下の原因としては、石灰質肥料施用率及び施用量が低いこと、CECが低く石灰の溶脱が多いことが考えられた。また、過乾・過湿になりやすい砂質土壌の特性及びマルチ栽培で根域が浅いことが発生を助長していると考えられた。

## 2 現地改善試験

黄化症を軽減するため、炭カル施用による石灰飽和度の改善効果及び被覆硝酸石灰の施用効果について検討した。その結果は以下のとおりである。

### 1) pHと葉中マンガン濃度

炭カル施用区の石灰質肥料は前作(ダイコン)作付時

表5 葉中カルシウム濃度の推移 (%)

症状	上位葉			下位葉		
	開花期	さや伸長期	肥大型	開花期	さや伸長期	肥大型
正常	1.11	1.22	1.42	1.45	1.54	1.63
黄化症	0.85	1.08	1.42	1.31	1.73	1.76

表6 葉中マンガン濃度の推移 (ppm)

症状	上位葉			下位葉		
	開花期	さや伸長期	肥大型	開花期	さや伸長期	肥大型
正常	202	262	368	281	244	311
黄化症	687	469	205	1136	642	256

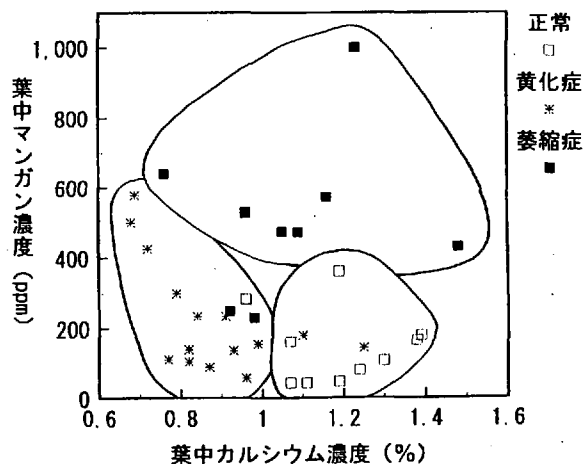


図4 葉中カルシウムと葉中マンガンの関係

に施用したが、表7に示すように両区ともエダマメ作付時には石灰飽和度が設定値を大きく下回り、ダイコン作中での石灰の流亡が考えられた。

表7 石灰飽和度の推移 (%)

区	石灰施用時	播種時	収穫時
①対照区	44	36	38
②炭カル区	60	52	48
③炭カル倍量区	80	66	56

開花期におけるpHと葉中マンガン濃度の関係を図5に示した。炭カル施用区では石灰飽和度の増加に応じてpHが上昇し、葉中マンガン濃度が低下したのに対して、被覆硝酸石灰区はpH、葉中マンガン濃度ともに対照区と同程度であった。

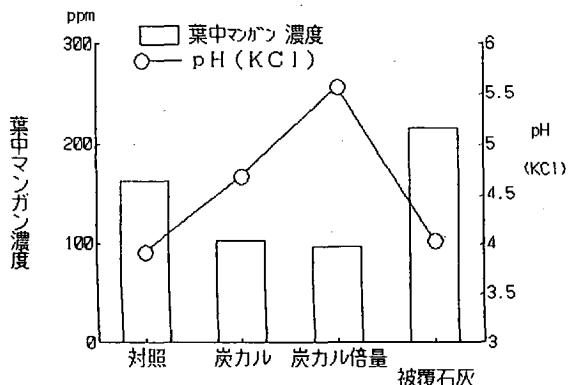


図5 pH (KCl) と葉中マンガンの濃度

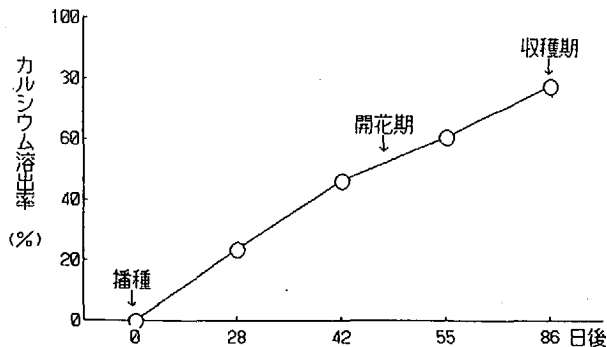


図6 被覆硝酸石灰の溶出

2) 被覆硝酸石灰の溶出パターンと土壤中水溶性石灰濃度

被覆硝酸石灰 (ロングショウカル70日タイプ) の溶出パターンを圃場埋設法により定期的に取り出し調査した結果を図6に示した。カルシウム成分の溶出は施用直後からほぼ直線的となり、エダマメの生育中徐々に溶出し、開花期までに全体の1/2が、収穫期には約80%が溶出した。

開花期における土壤中水溶性石灰濃度を表8に示した。対照区の土壤中水溶性石灰濃度は0.2mg/100gと極めて少なかったのに対して、炭カル施用区は1.4~3.4mg/100gと石灰飽和度が高くなるほど増加しており、石灰飽和度の改善による土壤中水溶性石灰濃度の増加が認められた。一方、被覆硝酸石灰区の土壤中水溶性石灰濃度は19.5mg/100gと炭カル施用区を大きく上回り、同肥料のカルシウム供給効果が認められた。

3) 葉中カルシウム濃度と黄化症の発生

展開第2葉のカルシウム濃度の推移を図7に示した。葉中カルシウム濃度は、本葉5枚時から開花始期にかけて一時的に減少し、以後上昇した。このことから、開花

期前後の生体重の急激な増加及び花芽の充実に伴い上位葉へのカルシウム供給が減少し黄化症が発生しやすくなると考えられた。

開花期前後の葉中カルシウム濃度と黄化症発生率を表8に示した。炭カル施用区では石灰飽和度が高いほど葉中カルシウム濃度が高く推移し、黄化症発生率も18~31%と対照区 (58%) に比べて大きく減少した。一方、被覆硝酸石灰区の葉中カルシウム濃度は炭カル施用区を上回って推移し、黄化症発生率も3%と極めて少なかった。

4) 生育・収量

生育・収量を表9に示した。炭カル施用区は分枝数、さや数ともに対照区を上回り、可販収量で11~22%、L品収量で31~36%増加した。被覆硝酸石灰区は全区中最も生育が良好で、さや数の増加が著しく、対照区に比べ可販収量で41%、L品収量で68%増加した。なお、各炭カル施用区とも前作のダイコンでの「こぶ症」の発生は認められなかった。

以上の結果から、黄化症発生対策として、石灰飽和度の改善 (飽和度60%以上) または被覆硝酸石灰肥料の施用によるカルシウム供給が有効と考えられた。

表8 開花期における土壤中水溶性石灰濃度  
葉中カルシウム濃度及び黄化症発生率

区	土 壌 中* 水溶性石灰 (mg/100g)	葉中カルシウム(%)**		黄化症* 発生率 (%)
		6/30	7/6	
①対照区	0.2	0.67	0.79	58.2
②炭カル区	1.4	0.71	0.89	31.4
③炭カル倍量区	3.4	0.76	0.94	18.1
④被覆硝酸石灰区	19.5	0.79	0.96	3.2

\* 7月6日調査 \*\* 展開第2葉

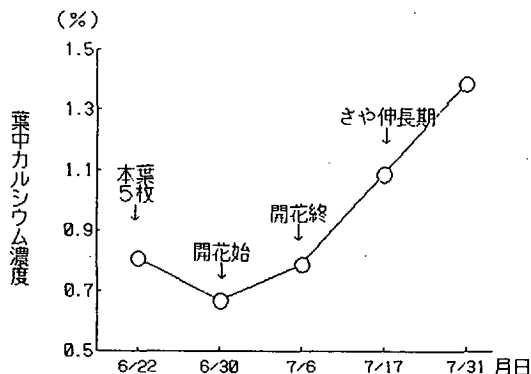


図7 葉中カルシウム濃度の推移 (①対照区)

表9 生育・収量

区	草 丈	分 枝 数	さ や 数	可販収量	L品収量
	cm	本/株	個/株	kg/10 a	kg/10 a
①対照区	39.0	5.1	53.4	661 (100)	478 (100)
②炭カル区	39.1	5.5	60.9	802 (122)	625 (131)
③炭カル倍量区	39.0	5.4	58.6	733 (111)	648 (136)
④被覆硝酸石灰区	45.7	5.6	68.6	929 (141)	806 (168)

## 総合考察

野菜類のカルシウム欠乏症としては、トマトの「尻腐れ果」、ハクサイの「心腐れ病」、サトイモの「芽つぶれ症」などが知られている<sup>2)3)</sup>が、エダマメでの報告は少ない。清水ら<sup>4)</sup>、は水耕法でエダマメのカルシウム欠乏を再現させ、先端葉の葉脈間の黄化及び子実形成の阻害を認めているが、黄化症でも新葉の黄化及び花芽の枯死が認められた。野菜でカルシウム欠乏を生じる限界葉中養分濃度は高橋ら<sup>5)</sup>によると、トマト(葉)が1.5%、ハクサイ(外葉)が1.5%、キュウリ(茎葉)が2.0%としている。黄化症株の葉中カルシウム濃度は症状が発生する開花期前後に最も低下し、障害葉中カルシウム濃度は0.85%と低いことからカルシウム欠乏と推定された。

カルシウム欠乏が出やすい土壌条件として、置換性石灰が100mg/100g以下とされている<sup>5)</sup>が、当地域は砂質土壌で塩基保持力が小さいため、障害発生ほ場の置換性石灰は76~81mg/100gと極めて少なかった。症状が発生する生育後半は梅雨期にかかるため、高温乾燥または過湿条件になりやすいが、当地域の易有効性水分は10%程度であり土壌水分の緩衝能力が低いため、過乾・過湿の影響を受けやすいと考えられた。また、マルチ栽培で根域が浅いうえ、低pH下で根の活性が低下することでカルシウムの吸収がより抑制されると考えられた。

カルシウムの吸収は土壌の低水分条件下で抑制されることが知られているが、本試験結果でも、エダマメの開花期が7月上旬の高温乾燥期に当たるため、石灰飽和度を60~80%に設定したにもかかわらず、土壌中水溶性石灰濃度の上昇は少なく、黄化症の発生を完全に抑制することはできなかった。一方、被覆硝酸石灰区では、石灰飽和度は低かったものの、水溶性石灰濃度の増加が著しく、黄化症の発生も極めて低かった。北嶋<sup>6)</sup>は、低水分管理下のトマト栽培で被覆硝酸石灰の施用により尻腐れ果の発生が抑えられることを認めているが、本研究でも低水分条件下では生育ステージに合わせてカルシウム成分が溶出する被覆硝酸石灰の施用効果が大きいことが認められた。カルシウムは体内中では移動が遅いため、欠乏症が出てから葉面散布を行っても効果が現れないことが多く、発生した場合には立毛中での対応が困難である。

従って、被覆硝酸石灰の利用はカルシウム欠乏の予防策として有効であると考えられる。

マンガン過剰症はナス、キュウリ、メロンなどで発生することが知られているが、褐色斑点の現れ方は作物によって異なる<sup>2)7)</sup>。萎縮症は葉脈に沿っての褐色斑点や葉の縮れを示したが、この症状は清水ら<sup>4)</sup>が水耕栽培で発現させたマンガン過剰の症状と一致していた。この場合の葉中マンガン濃度は4300ppmと極めて高かったが、他の報告<sup>8)</sup>によれば、ピーマン、ニンジン、キャベツでは438~603ppmで過剰症状を示しており、本研究のように400ppm程度でマンガン過剰が発生することも十分考えられた。

マンガン過剰障害が出やすい土壌条件としては置換性マンガンが10ppm以上、易還元性マンガンが300ppm以上とされている<sup>5)</sup>。当地域でも萎縮症発生ほ場のpHは4.2と著しく低く、置換性マンガンは19ppmと極めて高かった。一方、易還元性マンガンは100ppm以下であり、正常ほ場と障害発生ほ場での差がないことから、当地域のマンガン過剰はpHの低下に伴う置換性マンガンの増加によるものと推定され、pHを上げてマンガンの可溶化を抑えることで障害を回避できると考えられた。本試験結果からも炭カル施用区ではpHの上昇により葉中マンガンを低下した。一方、被覆硝酸石灰を使用した場合には、10a当たり40kg程度の施用量では石灰の補給量は9kg/10a程度しかなく、pHの改善までは期待できない。従って、萎縮症発生圃場では石灰質肥料の施用によるpH改善が不可欠と考えられた。

なお、当地域は砂質土壌でCECが低く、石灰が流亡しやすい。本試験結果でも、前作のダイコン播種時に石灰質肥料を施用して石灰飽和度を60%または80%となるように調整したが、エダマメ作付時の石灰飽和度は52~66%にとどまり、4か月間に施用した石灰成分が流亡したと考えられた。従って、pH改善のための石灰質肥料はエダマメ作付け前に施用することが望ましいと考えられた。

また、現地の施肥体系は基肥、追肥ともにマルチ上に施用されることが多いため、施肥効率が低いうえに、窒素の流亡も懸念される。本研究によれば、被覆硝酸石灰

を播種穴に同時施用しても濃度障害は認められず約30%の減肥が可能であった。今後、被覆硝酸石灰を局所施用することで施肥効率が向上し、環境保全面からも効果が期待できると考えられた。

謝辞：本研究に当たり多大な御協力を頂いた伊奈波農業改良普及センター、岐阜市役所、JA岐阜並びに試験研究に御協力頂いた関係各位に深く感謝致します。

### 引用文献

- 1) 川城英夫 (1990)：農業技術体系、土壤施肥編4 追録1号、土壤診断・生育診断、生理障害の診断、実際 419~422、農文協、東京
- 2) 土屋一成 (1990)：野菜および畑作物の要素過剰の実態、土肥誌、61、98~103
- 3) 宮路龍典・白沢禾雄・中甫木一夫 (1976)：サトイモ芽つぶれ症の解明と対策に関する研究、第4報、鹿兒島農試報、4、55~58
- 4) 清水 武・木村良仁 (1987)：エダマメの栄養障害特徴、土肥誌、58、226~229
- 5) 高橋英一・吉野 実・前田正男 (1970)：原色作物の要素欠乏・過剰症、1~288、農文協、東京
- 6) 北嶋敏和 (1993)：被覆硝酸石灰肥料によるトマト「尻腐れ果」対策、関東東海農業の新技术、9、49~54
- 7) 中路清和 (1989)：ナス苗のマンガン過剰症に係る診断と対策、土肥誌、60、233~235
- 8) 清水 武 (1990)：要素過剰の診断技術、土肥誌、61、531~537

### ✽ Title ✽

Occurrence Factors and Possible Countermeasures on Growth Disorder "Yellowing Symptom" of Soybeans

### ✽ Name of authors ✽

Hideji YANO and Kyouko WATANABE

### ✽ Name of institutions ✽

Gifu Agricultural Research Center

### ✽ Abstract ✽

Recently, the yellowing or the stunting symptoms on leaves of soybeans are problems for yield. However, the preventions of these growth disorders still don't clear. So, the objective of this study is to investigate occurrence factors and possible countermeasures of these growth disorders.

The results were summarized as follows:

These growth disorders were classified to "yellowing symptom" and "stunting symptom". It was concluded that "yellowing symptom" was induced by the deficiency of calcium (Ca) in leaves which was caused by low EX-Ca in soil and "stunting symptom" was induced by the excess of manganese (Mn) in leaves which was caused high EX-Mn in soil.

And water soluble Ca concentration in soil and Ca concentration in leaves increased by improving Ca saturation percentage or using coated calcium nitrate. As a result, "yellowing symptom" were reduced by these treatments, so the growth and the yield of soybeans were increased. Specially, it was most effective for preventing from "yellowing symptom" to use coated calcium nitrate which could supply Ca while before and behind blossom stages.

### ✽ Keyword ✽

growth disorder, calcium deficiency, manganese excess, calcium saturation percentage, coated calcium nitrate