

有珠地方における小豆の生育障害に関する研究(第五報)

誌名	日本土壌肥料学雑誌 = Journal of the science of soil and manure, Japan
ISSN	00290610
著者	水野, 直治 鈴木, 智 高尾, 欽弥
巻/号	42巻4号
掲載ページ	p. 163-169
発行年月	1971年4月

有珠地方における小豆の生育障害に関する研究(第1報)*

エレクトロンマイクロプローブX線アナライザーによる無機元素組成の解析

水野直治**・鈴木 智***・高尾欽弥**

1. 緒 言

北海道胆振支庁管内の有珠地方にみられる小豆の生育障害症状の特徴と発生分布地域についてはすでに報告したが¹⁾、この原因についてはいまだ明らかでない。このため著者らはこの小豆の各組織を微小分析機器である。Electron Microprobe X-Ray Analyzer (以下「EMX」という)によって分析し、その原因を明らかにしようと試みた。

EMX は鉱工学やその他微小分析を必要とする分野ですでに使用され、すぐれた性能を発揮しているが、農学方面への応用はまだきわめて少なく^{2,3)}、得られた結果の解釈についても今後の研究によらなければならない点が多い。

EMX の原理は 1μ 以下に絞られた電子線を目的とする試料に直接照射して、ほぼ $1\mu^3$ 程度の部分から発生する特性X線を分光し、その波長と強度を計測して微小部分を構成する元素の定性定量分析をおこなう装置である。その特長は試料を非破壊的に分析できること、軽元素のホウ素から重元素のウラニウムまで分析が可能な点にある。本実験にもちいた島津製作所製 EMX-2 型は3チャンネルの分光系、計測系を有するためこれら元素の連続的分析が可能であり、試料の任意方向にライン分析とステップ走査ができる。

本報告は小豆の生育障害の原因究明のための一方法として小豆の各組織の EMX による分析結果をとりまとめたものである。

2. 実験法

同一は場内で健全な様相を呈する小豆の健全な葉身と障害をうけた小豆の褐変化した斑点のある葉身の一部(以下「障害褐変部」という)を、それぞれ第1本葉より採取した。また根部試料は小豆の地上部が見かけ上健全であっても地下部は生育障害により変形してタコ足状を呈していたため、この支根発生の基部(以下「支根基

部」という)で地下5~6cmの部位から採取した。なお対照試料はこの種の生育障害が発生していない道立中央農業試験場は場の小豆で当該部位からそれぞれ適当量の大きさの切片を切り取り、これをシリカゲル使用のデシケーターで20日以上乾燥した。これに導電性をあたえるために真空蒸着装置に入れ、おおよそ 2×10^{-4} mmHgの真空中で数百オングストローム(Å)の厚さにカーボンをコーティングした。またこの処理後、試料と試料ホルダーの導電性を良くするためにアクアダグを両者の一部に塗付した。

分析には Shimadzu-ARL Electron Microprobe X-Ray Analyzer EMX-2 型(島津製)を用いた。分析条件は第1表のとおりである。

第1表 EMX 分析の条件

項 目	条 件
加速電圧 (Acc. volt.)	20 kV
試料電流* (Sample curr.)	0.03 μ A
分光結晶 (Crystal)	{LiF {ADP
検出器 (Detector)	{Kr Exatron {Ar Exatron
X線径(X-Ray Spot Size)	{約 1.6 μ (定性分析)
	{約 150 μ (半定量分析)
時定数 (Time Const.)	1 sec

* 試料電流は標準試料(アルミナ)上で0.03 μ Aになるよう設定した

3. 実験結果

3.1 小豆葉身の分析

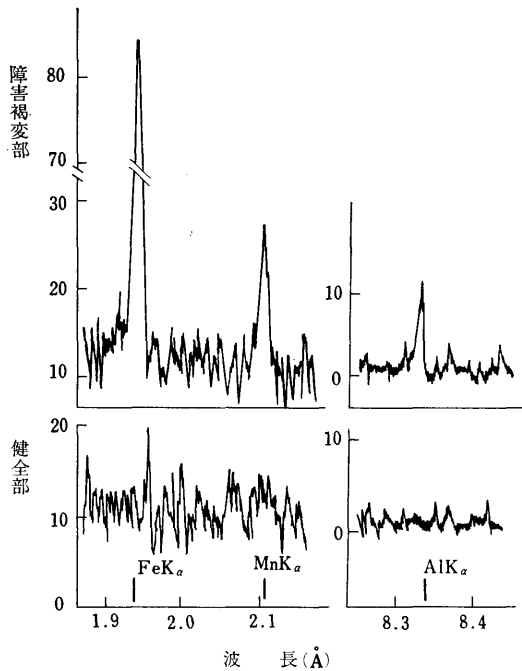
前述の健全な葉身と障害褐変部葉身を所定の処理後定性分析し、その得られた結果を第1図に示した。この図から明らかなように健全な葉身からは鉄、マンガンおよびアルミニウムはほとんど検出できなかったが、障害褐変部の1部からは多量の鉄と明らかに感知できる量のマンガンとアルミニウムを検出した。この植物体内における分布状態を知るためその電子線走査像(以下「EBS像」という)を撮影した。その結果を写真1に示した。この写真からわかるように鉄は障害褐変部において局部的に偏在している。またアルミニウムもこの傾向にあったが、その量は明らかに低く、マンガンは比較的均一に分布していることが明らかになった。

つぎに上記元素のおおよその含量の相違を推定するためにX線の強度を比較する半定量分析を行なった。この数値は写真1のそれぞれの写真のほぼ中央の150 $\mu\phi$ について、X線強度を計測器によって測定したものであ

* 本報は昭和45年4月日本土壤肥科学会講演会において発表した。

** 北海道立中央農業試験場(北海道夕張郡長沼町東6線北15号)

*** 工業技術院北海道工業開発試験所
昭和45年6月25日受理
日本土壤肥科学雑誌 第42巻 第4号 p. 163~166 (1971)



第 1 図 小豆葉身部の Fe, Mn および Al の X 線強度図

第 2 表 小豆葉身部の X 線強度比較 (*cps)

分析項目	元素	Mn		Fe		Al	
		P	B	P	B	P	B
健全部	N	983	734	1,263	772	55	42
	√N	31.4	27.1	35.5	27.8	7.4	6.5
	R*	19.7	14.7	25.3	15.4	1.1	0.8
	eR	0.63	0.54	0.71	0.56	0.15	0.13
	正味計数率*	5.0 ± 0.8		9.9 ± 0.9		0.3 ± 0.2	
障害褐変部	N	962	665	1,592	708	114	39
	√N	31.0	25.8	39.9	26.6	10.7	6.2
	R*	19.2	13.3	31.8	14.2	2.3	0.8
	eR	0.62	0.52	0.80	0.53	0.21	0.12
	正味計数率*	5.9 ± 0.8		17.6 ± 1.0		1.5 ± 0.2	

注 P: peak intensity, B: back ground, N: 総計数, √N: 標準誤差, R: 計数率, *R: 計数率の標準誤差

る。この結果を第 2 表に示した。この結果から障害褐変部は健全部に比べて鉄はほぼ 2 倍、アルミニウムはほぼ 5 倍に達し、マンガンは同程度であることがわかった。なお健全部のアルミニウムは検出限界ギリギリの値であった。

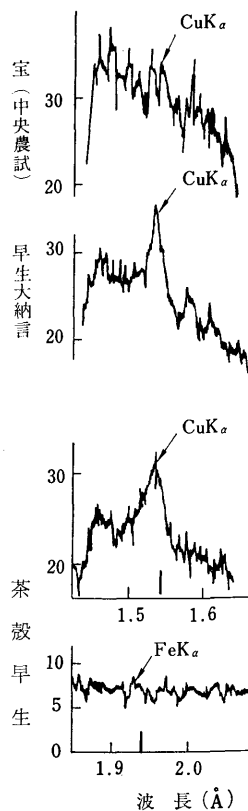
小豆の葉身部は鉄、マンガン、アルミニウムのほかにヒ素、亜鉛、鉛および銅の分析をおこなったが、いずれも検出されるに至らなかった。

3.2 小豆根部の分析

早生大納言や早生大粒 1 号などの品種は地上部の観察

では、見かけ上健全であって、生育障害に対し強い抵抗性をもつと考えられたり、根部は地下 5~6cm のところで一時生長が停止した痕跡が認められ、そこから再び支根がタコ足状に発生しており、いずれも直根は認められず、また支根も生育障害未発生土壤のものに比較して曲がりが多く太くて短かった。そのため対照としてこれら障害の発生していない道立中央農業試験場で栽培した小豆をもちいた。

分析箇所は地下 5~6cm の支根部から切片を採取した。



第 2 図 支根基部 (木部) の Cu, Fe, Mn の含量
宝(中央農試): 障害なし,
早生大納言: 障害小,
茶殻早生: 障害大

道立中央農業試験場の小豆は直根性であったが、地下 5~6cm の部位を分析に供した。これらの定性分析の結果を第 2 図に示した。この図が示すように現地 (壮瞥町) から採取してきた小豆の根の木部からは明らかに銅が検出されたが、道立中央農業試験場の小豆からは検出できなかった。また、髓部の銅はどの試料からも検出できなかった。鉄、マンガン、アルミニウムは髓部および木部のいずれからも検出できなかった。

写真 2 の EBS は髓部と木部に存在する銅分布の比較写真である。EMX による銅の分析は鉄や

マンガンなどと異なって、バックグラウンドの高い波長に当たるため、この写真にもその影響が当然出てくる。しかしそのバックグラウンドの値は分析条件が一定であるから同一と考えてよい。したがって髓部に比較して木部は明らかに銅含量が高く、また濃淡に偏在していることがわかった。

つぎにこの銅のおおよその含量の差異を推定するために X 線強度の比較をおこなった。この結果を第 3 表に示した。この表から壮瞥町の小豆の銅含量は中央農試の小

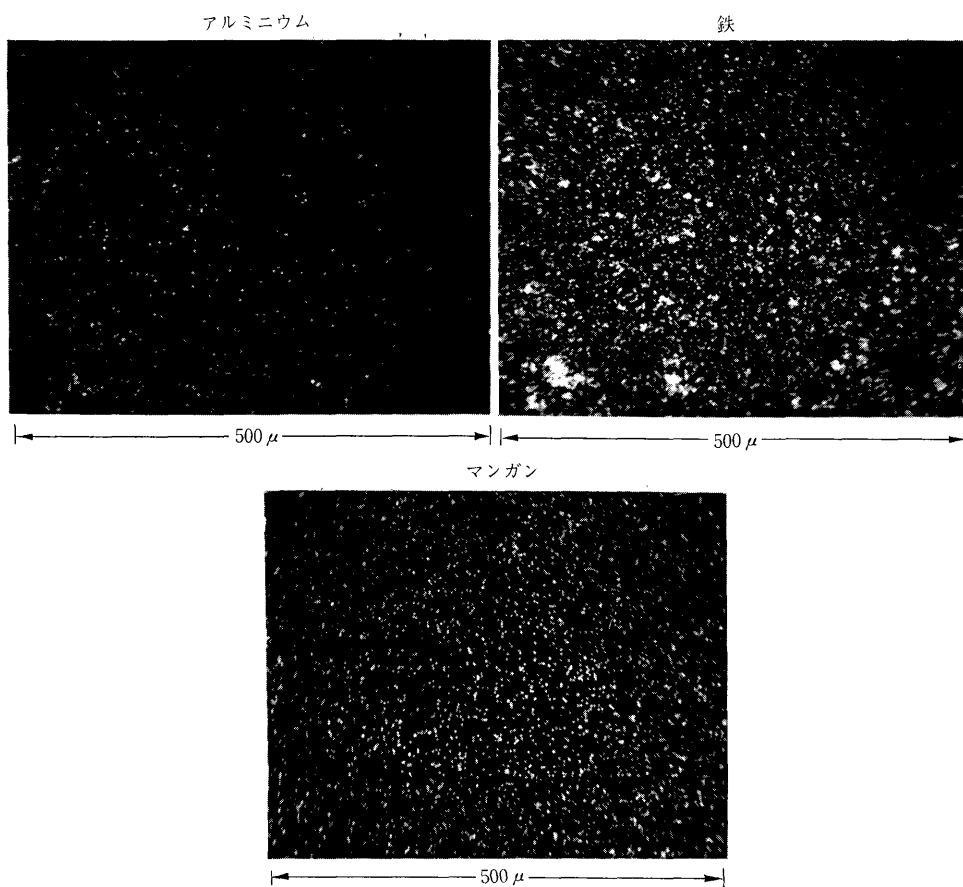


写真1. 小豆障害褐変部(葉身部)におけるEBS像 露出時間 5分

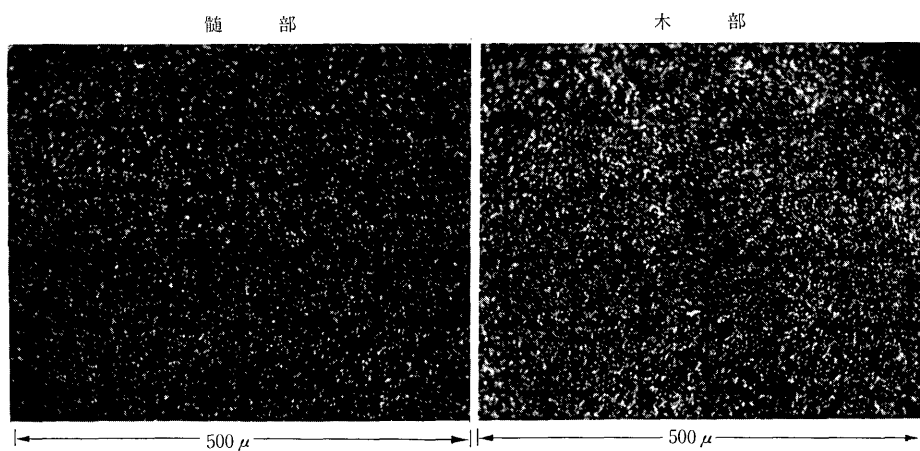


写真2. 小豆生育障害根部の銅のEBS像 (茶殻早生)露出時間 2分

第3表 小豆支根基部（木部）における銅のX線強度比較(*cps)

項目	茶殻早生		早生大納言		宝小豆**	
	P	B	P	B	P	B
N	6,238	4,168	8,549	5,361	5,986	4,625
\sqrt{N}	79.0	64.6	92.5	73.2	77.4	68.0
R*	124.8	83.4	171.0	107.2	119.7	92.5
σR	1.58	1.29	1.85	1.46	1.55	1.36
正味計数率*	41.4±2.0		63.8±2.4		27.2±2.1	

** 道立中央農試は場，生育障害未発生

豆に比較して1.5倍から2.4倍に達していることが明らかになった。

4. 考 察

予報¹⁾で報告したとおり，有珠地方で観察されている小豆の生育障害は，発芽後4～5日頃から現われ，その特徴は葉面に黒褐色の小さな斑点が現われて，さらに進展すると斑点以外は葉面全体が黄化して落葉し，著しい場合は枯死する。根部は太さの割に伸長がなく，この障害の発生する土壤では葉面に症状のない品種でもほとんどの根にこのような異常が認められる。障害の発生は地域性が強く，狭い範囲においても極端に差が生じ，また品種によって著しく程度に差が生じる。小豆の形態的な相異と抵抗力の関係は成熟した時のさやの色でおおむね分類できる。すなわち，さやの色が白または淡褐のものは強く，褐または黒褐の品種は弱い。それゆえに原因の明らかでない現段階においても，当面の対策としてある程度まではこの品種間差異を利用することによって被害を最少限に食い止めることが可能である。例えば，十勝地方で多く栽培されている宝小豆（さや色：褐）は場所によって全滅状態まで障害を受けるが，同じ土壤でも早生大粒1号（さや色：白），早生大納言，壮瞥在来種（さや色：淡褐）などはかなり強い抵抗力を示し，ほぼ無障害に近い程度の収穫を得ることが可能である。このような品種の相異による障害程度の差異がなぜ生じるか今までの試験では明らかにならなかったし，今回の分析結果からもその特徴は見いだせなかった。

EMXによって葉身の褐変部を分析した結果，鉄とアルミニウムの集積していることが見いだされたが，これは生育障害の原因というより結果であろうと考えられる。植物は壊死症の部位に鉄やアルミニウムを集積する³⁾傾向にあるが，なぜこのような現象がおこるのか現在のところ不明である。

培地に過剰の銅が存在する場合，植物に吸収された銅は根部に集積することが知られているが⁴⁾，EMX分析による結果では，小豆の根の銅集積は髓部よりも木部に

多く存在していて興味深い。土壤から吸収されたものがそのまま沈着するとすれば木部よりむしろ髓部の方になるはずである。また栄養として吸収したものであるならば葉身などのように代謝の盛んな部位の方に集積するはずである。これが髓部でなく，また葉身でもなく生理的に最も不活発な木部に集積しているのはそれなりの意味が存在していると思われるのである。すなわち，有害な物質を生理的に不活発な場所に蓄積することによってその有害作用を排除し，それによって正常な生理作用を回復しようとする働きが植物に存在していると考えられる。それゆえ，根部の木部に銅が集積していたことはこの小豆の生育障害が銅過剰に起因することの根拠になりうるであろう。

当初からこの生育障害が銅の過剰によるものであらうと考えられてきた¹⁾理由は，この地帯の有珠系火山灰土壤が高い銅含量を示し⁵⁾，また生育障害の発生する土壤は特に全含量が高く，古い果樹園の跡地で顕著であった¹⁾ことがあげられる。したがってEMXによる分析結果はこれを裏付けたと考える。

銅以外に果樹園で多量に使用されたことが考えられるヒ素や鉛，亜鉛などもEMXによって分析を試みたがいずれも検出することができなかった。またイオウは定性分析で明瞭なピークとして現われたが，健全な部位からも同様に検出されたので原因とは考えられない。

なお，参考までに根部全体を化学分析したところ，障害を強く受けた茶殻早生（さや色：褐）や円葉1号（さや色：黒褐）などの銅含量は早生大納言や壮瞥在来種などより高く，また道立中央農業試験場は場の宝小豆は最も低かった。しかし，道立中央農試の宝小豆と最も含量の高かった茶殻早生との差は1.5倍以下であって，EMX分析結果にみられるような大きな差はなかった。またEMX分析で根部銅含量の高かったのは早生大納言の方であったことから，茶殻早生などの障害を強く受けた品種は化学分析の結果からみても他の部分にさらに高濃度の銅の蓄積が存在していると考えられ，今後さらに追究したい。

5. 要 約

有珠地方の小豆に発生する生育障害の原因を解明する目的で，島津製のEMXを使用して分析を行なった結果つぎのことが明らかとなった。

生育障害によって褐変化した葉身の斑点からは鉄，アルミニウム，マンガンが検出され，特に鉄とアルミニウムの含量が高かった。またEBS像の写真結果から，この2つの要素は部分的に偏在していることが明らかとなった。

この土壤で生育した小豆は障害の程度が軽微であっても、地下5~6cmの部位で一時的に生育が停止した状態になり、そこから支根が分かれてタコ足状となるため直根は認められない。この支根発生基部の木部には銅が集積していた。しかし髓部の銅含量は木部に比較して明らかに低かった。この含量はX線強度の計測器による測定では未発生土壤で栽培した小豆に比較して1.5倍から2.4倍の含量に達した。根部ではどの部位からも鉄、アルミニウムの集積は見いだせなかった。

なお、ヒ素、鉛および亜鉛はどの部位にも集積が認められなかった。

謝 辞 本研究にあたって御指導を贈わった道立中央農業試験場森哲郎化学部長、北海道工業開発試験所三井茂夫第3部長に厚く御礼申し上げます。

文 献

- 1) 水野直治：道農試集，22，73 (1970)
- 2) 渋谷政夫・結田康一：農技研化学部土壤化学第3研究室，特別研究中間成績 (1969)
- 3) 高尾欽弥・鈴木智・水野直治：土肥誌，42，29 (1971)
- 4) 石塚喜明：土肥誌，14，248(1940)，16，43(1942)
- 5) 水野直治・平井義孝：道農試集，18，86(1968)