

## ハクサイのゴマ症発生要因について\*

谷本 俊明・上本 哲

### 要 約

谷本俊明・上本 哲(1982)：ハクサイのゴマ症発生要因について。広島農試報告45：69～78。

広島県のハクサイ産地の江田島町で、主に結球葉の葉柄部にゴマ状の小斑点を生ずる「ゴマ症」と呼ばれている生理障害が発生し、品質の低下が問題になっている。この原因を明らかにするため現地実態調査、現地試験ならびに場内でポット試験を行った。

現地では多量の窒素が施用されており、窒素施用量の増加に伴い葉柄部窒素含有率ならびにゴマ症の発生が増加した。葉柄部の窒素を分別すると、窒素施用量の増加に伴い、可溶性窒素、硝酸態窒素含有率は増加したが、タンパク態窒素は増加せず、体内窒素代謝に異常が生じているものと推察され、これがゴマ症発生要因の一つであると考えられた。

また現地のゴマ症の発生が多い圃場は土壌中の銅、亜鉛含量が多く、銅ならびに亜鉛を施用したところ、銅の施用によりゴマ症の発生は増加し、銅とゴマ症との間に関係がみられた。しかし亜鉛の施用によりゴマ症の発生は増加せず、亜鉛との間に関係は認められなかった。

以上、ゴマ症発生の要因は窒素の多量施用と考えられ、さらに銅も影響を及ぼしているものと考えられた。

## I 結 言

広島県の江田島町では、温暖な気象条件と消費地に近いという立地条件を生かしてハクサイなどの野菜栽培がさかんに行われている。

ハクサイは昭和初期にダイコンに代わるものとして導入され、昭和35年頃より交配品種の導入、栽培技術、作型の確立などにより作付は急速に伸び、秋冬作の主力野菜となった。ところが10数年前より、結球始め頃から主に結球葉の葉柄部(中央脈を含む)にゴマ状の黒褐色～淡褐色の小斑点を生ずる、いわゆる「ゴマ症」と呼ばれている生理障害が発生し、商品価値が低下して問題になっている。

現地ではゴマ症の回避対策として大量の客土(山土)が行われており、かなり効果をあげている。しかし客土だけでは不十分であり、また客土ができない傾斜畑が多いことから、根本的な解決策とはなっていない。

また、この障害は徳島県\*\*、富山県<sup>3)</sup>においても発生

がみられ、全国的な問題になっている。

そこで1977年に現地実態調査、1978～1981年に現地試験、1981年に場内でポット試験を行い土壌肥料的に要因解析を試みた。その結果、若干の知見が得られたので報告する。

## II 調査ならびに分析方法

### 1. 現地実態調査(1977年)

現地ではゴマ症の回避対策として60～100cmのマサ土(山土)の客土が行われている。そこで客土が行われゴマ症の発生が少ない平坦な圃場2カ所、無客土でゴマ症の発生が多い緩傾斜の圃場5カ所、計7カ所を選び、結球始め頃(11月1日)の土壌を採取し、あわせて肥培管理の聴取り調査を行った。

### 2. 現地試験(1978～'81年)ならびにポット試験(1981年)

ゴマ症の発生が少ない平坦なA圃場(1975年にマサ土を60cm客土)と無客土でゴマ症の発生が多い緩傾斜(主

\* 本報告の一部は1981年、日本土壌肥科学会関西支部講演会で発表された。

\*\* 徳島農試：1978～'80。ハクサイのゴマ症対策試験。中国四国地域土壌保全調査事業成績抄録。

傾斜3°)のB圃場の2カ所で試験を行った。また1980年には江田島町と気象、立地、土壌条件が類似している本県の東部瀬戸内海に位置する島である因島市において試験を行った。なお因島圃場はハクサイの連作が行われておらず、これまでゴマ症の発生がみられない圃場である。

また、1981年にはB圃場の土壌を用いて場内でポット試験を行った。

各圃場の土壌統名ならびに土壌の理化学性は第1表に示した。

### 3. ゴマ症発生程度調査法

1葉に発生しているゴマ状斑点数が1~5個の場合を階級1とし、以下6~20個を2、21~40個を3、41個以上を4として、1株全葉の階級値を合計して株当りのゴマ症発生程度と表現した。また外葉から一定の葉数間を調査し、結球葉の部分当り発生程度を求めた。

### 4. 分析方法

#### 1) 土壌の分析方法

地力保全基本調査における方法を用いた。なお有効態リン酸はトルオグ法を用いた。

無機態窒素は生土に1N塩化カリウムを加え振盪、ろ過した液についてコンウェイ微量拡散法によって定量した。

有効態マンガ、銅、亜鉛は0.1N塩酸可溶のものを原子吸光法で定量した。

#### 2) 植物体の分析方法

植物体は外葉と結球葉に分け、外葉は外側に向って、結球葉は内側に向って、それぞれ10枚(1978・79年)、あるいは5枚(1980・81年)単位でまとめて区別し、さらに葉身と葉柄に分け、葉柄部のみを分析した。

窒素はケルダール分解法、他の成分は湿式分解(硝酸、過塩素酸)後、リンはバナドモリブデン酸法、カリウムは炎光法、カルシウム、マグネシウム、鉄、マンガ、

銅、亜鉛は原子吸光法によって定量した。

#### 窒素の分別定量法

不溶性窒素：試料(乾物)を0.5%酢酸で5分間煮沸し、ろ過した残渣についてケルダール分解法により定量<sup>4)</sup>。

可溶性窒素：ガンニング変法により定量した全窒素より不溶性窒素を差し引いた<sup>4)</sup>。

亜硝酸態窒素：新鮮植物体の葉柄部を切り取り、直ちにリン酸カリウム緩衝液(0.05M, pH7.5)を加え、石英砂とともに乳鉢で磨砕し、ろ過した液についてジアゾカップリング法により定量<sup>6)</sup>。

硝酸態窒素：亜硝酸態窒素と同様な操作を行って得られた抽出液についてフェノールジスルホン酸法によって定量。

アンモニア態窒素：新鮮植物体の葉柄部を切り取り、直ちに熱アルコール処理した後、75%アルコール抽出液を調製し、コンウェイ微量拡散法によって定量。

## III 現地の実態

### 1. 気象、立地、土壌条件

江田島町の年平均気温は15.5℃(1977年)と比較的温暖な気象条件に恵まれているが、年降水量は1351mm(1977年)と比較的少なく、梅雨期及び9月に年降水量の約2/3が集中しており、他の時期は乾燥気みである。

江田島町は本県の西南部瀬戸内海に位置する島で、広島市の南方約20kmの広島湾にあり、地形は急峻で平地はほとんどなく、普通畑は緩傾斜地から急傾斜地にかけてテラス状に分布している。水利の便は悪く、灌漑は多くの圃場で地下水にたよっている。土壌は花崗岩が風化した粗粒質な、いわゆる「マサ土」が広く分布している。

### 2. ハクサイの慣行栽培法ならびにゴマ症発生時期と症状

第1表 各圃場の土壌統名ならびに土壌の理化学性

圃場	土 壌 統 名	土性	pH (H <sub>2</sub> O)	腐植 %	全窒素 %	有効態 磷 mg/100g	C E C me	置換性塩基 mg/100g			石 灰 飽 和 度 %
								CaO	MgO	K <sub>2</sub> O	
A	中粗粒黄色土造成相	SL	7.8	0.82	0.042	102.2	7.2	267.6	22.0	50.4	132
B	裏 谷 統	〃	7.5	1.80	0.071	100.1	8.0	263.2	17.8	15.9	118
因島	〃	〃	5.4	1.27	0.105	18.5	6.1	52.0	27.0	18.0	30

注). 0~15cmの値。

ハクサイは昭和35年頃より秋冬作として作付が急速に伸び、連作が行われている。前作（春夏作）にはキュウリ、パレイン<sub>ョ</sub>等の栽培が行われている。

ハクサイの品種は千勝が主体で、作型は9月上・中旬に播種し12月下旬から翌年の1～3月にかけて収穫する。

施肥の特徴は聴取り調査によれば、多くの圃場で毎年極端な多窒素栽培が行われており、尿素などの化学肥料が窒素成分としてa当り6～10kg、ならびに窒素を現物当り約3%含む乾燥鶏ふんがa当り40～100kg施用されている。

施肥法は乾燥鶏ふんは播種前に全面施用し、窒素ならびに加里は10月中・下旬頃までに追肥のみで施用されている（追肥回数は2～3回）。

ゴマ症の発生は結球が始まる11月上・中旬頃始まり、結球が進むにつれて症状は激しくなる。また症状は結球葉のうちでも外葉に近い10枚ぐらいの葉に最も発生が多く、内部に行くに従って発生は少なくなり、中心部分には発生がみられない。また外葉には少ない。そして症状は葉柄部に発生し、葉身の部分には発生しない。

### 3. ハクサイ栽培土壌の理化学性

客土を行いゴマ症の発生が少ない圃場2カ所と無客土のゴマ症の発生が多い圃場5カ所を選び、結球始め頃の土壌を採取し分析を行った。

結果は第2表に示すようにゴマ症の発生が多い無客土の圃場は、発生が少ない客土した圃場に比べて銅、亜鉛含量が多かった。各圃場ともに土性は砂壤土で、塩基置換容量は10以下と小さい。このため置換性石灰含量はそれほど多くはないが、石灰飽和度が100%を越えているところがみられた。有効態リン酸含量は各圃場とも高く100mg/100g前後の値を示し、200mg/100gに近い圃場もあった。

## IV 試験結果

### 1. 現地試験

#### 1) 生育とゴマ症

ハクサイの全重はゴマ症が発生し始める結球始め頃から急激に重くなるが、第1図に示すように全重の増加率が大きなものほどゴマ症の増加割合が大きくなる傾向がみられた。また第2図に示すように全重あるいは球重の重いものほどゴマ症の発生が多い傾向がみられた。

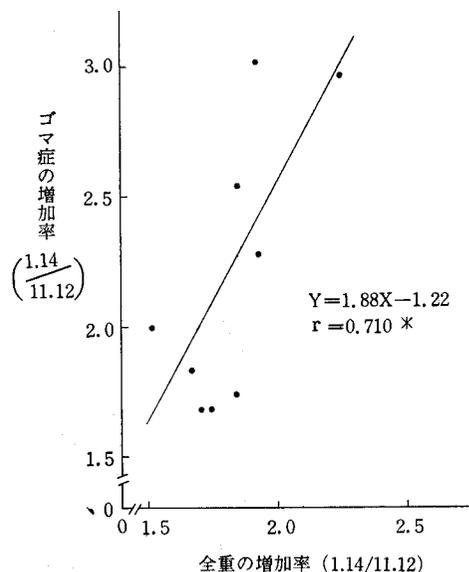
#### 2) 窒素とゴマ症

肥培管理の実態調査から現地では多量の窒素肥料が施

第2表 土壌の理化学性（平均値，1977年11月1日）

項 目	ゴマ症発生程度		
	多	少	
pH(H <sub>2</sub> O)	6.7	7.9	
EC m $\Omega$	0.24	0.47	
CEC me	9.8	8.0	
置換性塩基 mg/100g	CaO	242.0	222.7
	MgO	24.6	38.0
	K <sub>2</sub> O	37.1	63.9
石灰飽和度 %	92	101	
有効態リン酸 mg/100g	151.6	86.0	
有効態マンガン mg/100g	0.69	0.56	
無機態窒素 mg/100g	NH <sub>4</sub> -N	2.8	16.4
	NO <sub>3</sub> -N	6.4	6.7
Cu ppm	25.6	1.1	
Zn ppm	82.4	7.9	

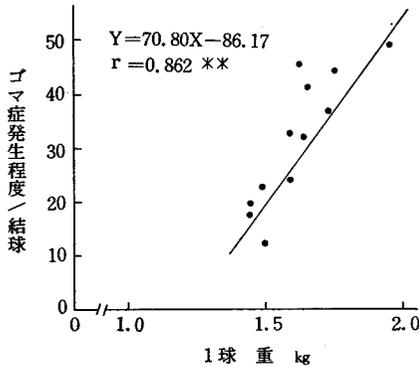
注). 0～10cmの値。



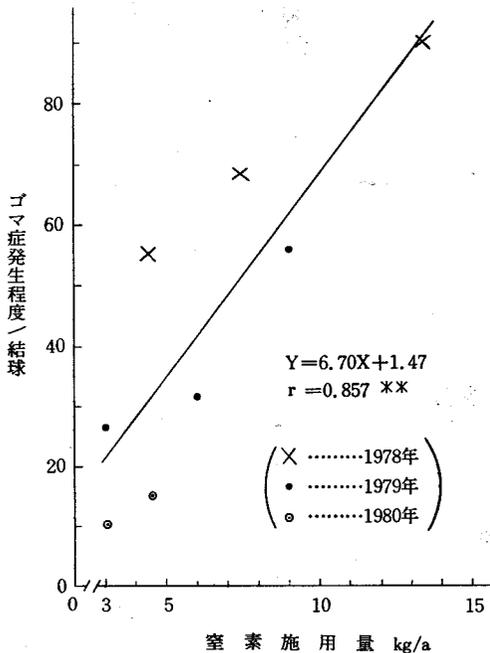
注) ゴマ症の増加率は1980年1月14日のゴマ症発生程度を1979年11月12日のゴマ症発生程度で割ったもの、全重の増加率は同様に1月14日の全重を11月12日の全重で割ったもの。

第1図 ハクサイの全重の増加率とゴマ症の増加率 (1979年)

用され、しかも基肥には施用されず2~3回の追肥で窒素が多量施用されていることが明らかになった。そこでB圃場において窒素の分施肥ならびに施用量を変え、さらに因島圃場においても窒素の施用量を変えて試験を行った。



第2図 ハクサイの球重とゴマ症発生程度 (B圃場, 1980年1月14日)



第3図 窒素施用量とゴマ症発生程度 (B圃場)

(1) 窒素の分施肥とゴマ症

試験区名は第3表のとおりである。各区の窒素の施肥法は以下のように行った。

標準区は追肥のみで、9月下旬に全量の1/2、残りを10月中旬と下旬に等量に分施肥した。

追肥Ⅰ区、追肥Ⅱ区は基肥に1/5施用し、残りを5回等量に分施肥した。後期N重点区は追肥のみで、施肥配分を1/4、1/4、1/2とし、最後の施用量を増やした。

第3表 窒素分施肥と生育ならびにゴマ症発生程度 (B圃場)

年	試験区	施用 N kg/a	全重 kg	球重 kg	ゴマ症		葉柄 N%
					程度	対比	
1978	標準	6.0	2.37	1.65	67.2	100	2.6
	追肥Ⅰ	6.0	2.58	1.77	98.8	147	2.9
	追肥Ⅱ	3.0	2.57	1.79	89.5	133	2.7
1979	標準	3.0	1.95	1.56	22.8	100	2.7
	後期N重点	3.0	1.89	1.52	19.7	86	2.6
1980	標準	3.0	2.52	1.81	10.4	100	2.0
	基肥	3.0	2.05	1.46	1.8	17	1.8
	CDU	3.0	1.97	1.41	3.8	37	1.7
1981	標準	4.5	3.22	2.28	10.5	100	2.3
	N後期施用	4.5	2.97	2.19	18.7	178	2.1

注) 1. ゴマ症発生程度は結球当りの値。

2. 葉柄部窒素含有率は、1978、79年は結球葉のうち、外側から10枚の値、1980、81年は外側から5枚の値(乾物当り)。

第4表 土壌中無機態窒素含量 (B圃場)

年	試験区	NH <sub>4</sub> -N		NO <sub>3</sub> -N	
		mg/100	mg/100	mg/100	mg/100
1978		10月26日		11月6日	
	標準	0.6	1.8	0.9	1.8
	追肥Ⅰ	0.8	2.9	7.0	7.0
	追肥Ⅱ	0.6	2.5	2.2	2.9
1980		11月4日		11月10日	
	標準	0	1.0	0.1	1.2
1981		11月9日		11月24日	
	標準			0.2	0.6
	N後期施用			0.2	1.9

注) 0~10cmの値、単位はmg/100である。

基肥区は基肥に1/2施用し、残りを3回等量に分施した。CDU区は基肥に緩効性窒素肥料（CDU化成肥料）のみを施用し追肥は施用しなかった。

1981年度のN後期施用区は施肥配分は標準区と同じであるが、最後の施肥時期を標準区より2週間遅らせ、結球始め頃の11月上旬に施肥した。なお、各区ともに磷酸は3kg/a、加里は4kg/a施用し、CDU区を除き窒素は、尿素、磷酸は過磷酸石灰、加里は塩化加里を使用した。

結果は第3表に示すように後期N重点区、基肥区、CDU区のゴマ症の発生は標準区よりも少なくなった。しかしこれらの区は全重、球重ともに軽く、特に基肥区、CDU区は軽かった。他の区はいずれも標準区よりゴマ症の発生は多くなった。特に結球始め頃に窒素を施用したN後期施用区は標準区に比べて全重、球重が軽いにもかかわらず、ゴマ症の発生が標準区に比べて78%の増加となり、増加の割合が最も高かった。

結球始め前後の土壤中の無機態窒素含量は第4表に示すようにゴマ症の発生が多い区は、ゴマ症の発生が少ない標準区に比べて多く推移している。また年次間を比較してもゴマ症の発生が多い1978年度の標準区の土壤中の無機態窒素含量は1980年、1981年度の標準区に比べて多く推移した。

葉柄部の養分含有率は各養分ともにゴマ症との間に明らかな関係はみられなかったが、第3表に示すようにゴマ症の発生が特に少ない基肥区、CDU区は他の区に比べて窒素含有率が低かった。

(2) 窒素の施用量とゴマ症

A、Bおよび因島圃場において、窒素の施用量を変えて、ゴマ症発生との関係を試験した。試験はA、B圃場では1978から1981年の4年間、因島圃場では1980年に行

第5表 土壤中無機態窒素含量 (B圃場, 1979年)

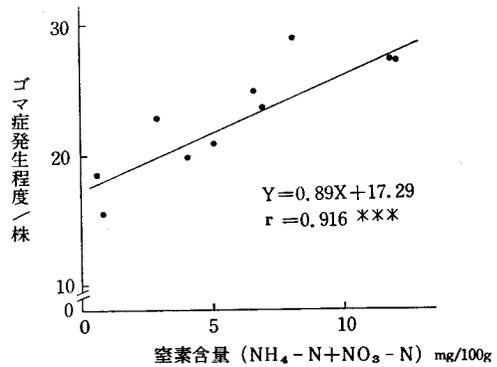
試験区	深さ cm	NH <sub>4</sub> -N			NO <sub>3</sub> -N		
		10.11	10.26	11.12	10.11	10.26	11.12
N3.0	0~10	0	0.2	0.9	6.1	3.1	2.6
	10~20	0	0	0.6	10.1	2.1	1.1
N6.0	0~10	0.2	0.2	3.7	9.1	6.2	5.1
	10~20	0.2	0.2	0.2	11.2	6.0	3.1
N9.0	0~10	1.3	3.7	3.5	10.1	12.9	7.2
	10~20	6.0	3.3	0.6	17.3	12.7	8.6

注) 単位はmg/100gである。

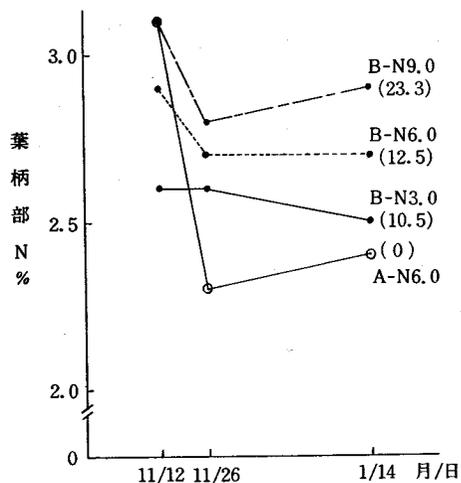
った。肥料の施用方法は前述した窒素の分施法の試験の標準区と同様である。

B圃場では第3図に示すように窒素施用量の増加に伴ってゴマ症の発生が増加する傾向がみられた。また因島圃場においても同様で、N3.0区（a当り窒素3kg施用、以下も同様である）のゴマ症の値が5.0、N4.5区の値が10.8となり、窒素の施用量を1.5倍にふやすことによりゴマ症の発生が2倍に増加した。

結球始め前後の土壤中の無機態窒素含量はB圃場では



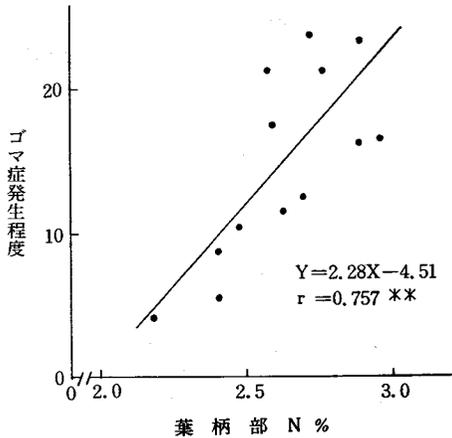
第4図 土壤中の無機態窒素含量とゴマ症発生程度 (B圃場, 1979年11月26日)



注) 結球葉のうち、外側から10枚の葉柄部窒素含有率、ならびに( )内はゴマ症発生程度。

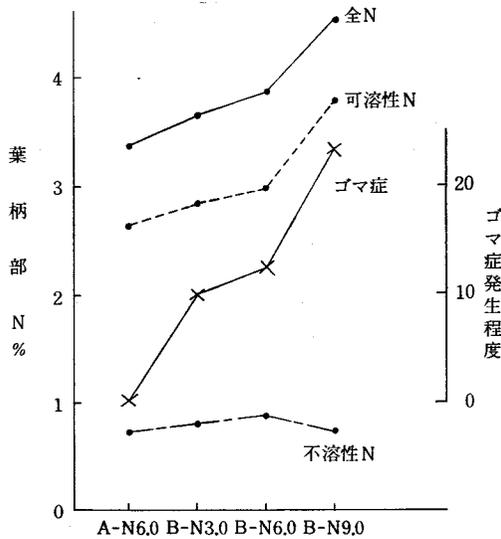
第5図 ハクサイ葉柄部窒素含有率の推移 (1979年)

第5表に示すように窒素施用量の増加に伴い増加した。窒素の形態は硝酸態が多かった。またB圃場では第4図に示すように、結球始め頃の土壌中の無機態窒素含量が増加すればゴマ症の発生が増加する傾向がみられた。



注) 結球葉のうち、外側から10枚の葉柄部窒素含有率、ならびにゴマ症発生程度。

第6図 ハクサイ葉柄部窒素含有率とゴマ症発生程度 (1980年1月14日)



注) 結球葉のうち、外側から10枚の葉柄部窒素含有率、ならびにゴマ症発生程度。

第7図 ハクサイ葉柄部形態別窒素含有率とゴマ症発生程度 (1980年1月14日)

葉柄部窒素含有率はB圃場では第5図に示すように窒素施用量の増加に伴って増加し、また高く推移した。

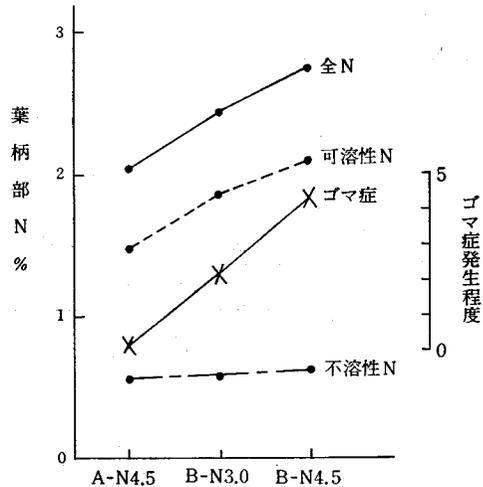
因島圃場においても同様に窒素施用量の増加により葉柄部窒素含有率は増加した。

A圃場の葉柄部窒素含有率は第5図に示すように結球始め(11月12日)には高く、B圃場のN9.0区と同じであったが、結球肥大期(11月26日)、収穫期(1月14日)には低下し、B圃場の各区よりも低くなり、ゴマ症もほとんど発生しなかった。B圃場では第6図に示すように葉柄部窒素含有率の増加によりゴマ症の発生が増加する傾向がみられた。

また現地試験初年目より4年目の終りまで毎年窒素の施用量をa当り3kgにした区は葉柄部窒素含有率の低下とともにゴマ症の発生も年々低下し、4年目には初年目の1/5に低下した。

葉柄部の窒素を可溶性窒素と不溶性窒素に分別したところ、B圃場では第7図及び第8図に示すように窒素施用量の増加により全窒素ならびに可溶性窒素含有率は増加しており、ゴマ症の発生増加と同様な傾向を示した。しかし不溶性窒素含有率は窒素施用量の増加に伴ってほとんど増加しておらず、かえってN9.0区では若干の低下がみられた。ゴマ症の発生の少ないA圃場のN6.0区、N4.5区はB圃場の各区に比べて全窒素ならびに可溶性窒素含有率は低かったが、不溶性窒素含有率はほとんど差がみられなかった(第7図、第8図)。

また無機態窒素については第6表に示すようにB圃場



注) 結球葉のうち、外側から5枚の葉柄部窒素含有率、ならびにゴマ症発生程度。

第8図 ハクサイ葉柄部形態別窒素含有率とゴマ症発生程度 (1980年12月2日)

では窒素施用量の増加により葉柄部の硝酸態窒素含有率は増加した。しかし亜硝酸態窒素ならびにアンモニア態窒素含有率は区間に差がみられなかった。そしてA圃場のN4.5区は第6表に示すようにB圃場のN3.0区と同様な値を示した。

3) 銅, 亜鉛とゴマ症

(1) 土壌中の銅, 亜鉛含量ならびに葉柄部銅, 亜鉛含有率

現地のハクサイ栽培土壌の実態調査によりゴマ症の発生が多い圃場は、発生が少ない圃場に比べて土壌中の銅, 亜鉛含量が多いことが明らかとなった(第2表)。

またA圃場, B圃場, 因島圃場の土壌中の銅, 亜鉛含量は第7表に示すようにB圃場が最も多く、次いで因島圃場, A圃場の順となり、ゴマ症の発生程度と同じ順序となった。

第8表に示すように葉柄部の銅, 亜鉛含有率も土壌の場合と同様に、A圃場, B圃場, 因島圃場を比較すると、B圃場が最も高く、次いで因島圃場, A圃場の順となり、ゴマ症の発生程度と同じ順序となった。

(2) 亜鉛の施用とゴマ症

1980年度にB圃場で亜鉛を50ppmと100ppm施用し、Zn50ppm区とZn100ppm区を設けた。亜鉛は硫酸亜鉛として、0~10cmの深さが所定の濃度になるように施用した。肥料の施用量ならびに施用方法は前述した窒素の分施肥法の試験の標準区と同様である。結果は第9表に示すように亜鉛の施用によってゴマ症の発生は増加せず、かえってZn100ppm区は標準区に比べゴマ症の発生は低下した。また亜鉛の施用によって土壌中の亜鉛含量ならびに葉柄部亜鉛含有率は増加した。しかし葉柄部亜鉛含有率はZn50ppm区の方がZn100ppm区よりも高く施用量との関係はみられなかった。

2. ポット試験

1981年度にB圃場の土壌を用いて場内でポット試験を行った。1/2000aのワグネルポットを使用し、銅を30ppm, 60ppm, 90ppm施用し、Cu30ppm区, Cu60ppm区, Cu90ppm区を設けた。銅は硫酸銅として0~15cmの深さが所定の濃度になるように施用した。窒素は尿素、リン酸は過リン酸石灰、加里は塩化加里を使用し、それぞれポット当たり16g, 5g, 10g施用した。施肥方法は現地試験に準じた。

結果は第10表に示すようにCu30ppm区のゴマ症の発生は標準区と差はなかった。しかしCu60ppm区, Cu90ppm区はゴマ症の発生が増加した。ただし株当りのゴマ症の発生はCu60ppm区とCu90ppm区との間に差はみら

第6表 葉柄部各態窒素含有率 (1980年)

試験区	NO <sub>3</sub> -N		NO <sub>2</sub> -N		NH <sub>4</sub> -N	
	①mg	②g	①μg	②mg	①mg	②g
A圃場 N4.5	23.4	0.84	2.9	0.11	5.1	0.19
B圃場 N3.0	24.0	0.80	3.1	0.10	5.2	0.17
〃 N4.5	31.2	1.05	3.5	0.12	4.6	0.16

注) ①は新鮮物100g当り, ②は乾物100g当り。

第7表 各圃場の土壌中銅, 亜鉛含量

1981年1月20日

圃場	深さ cm	Cu ppm	Zn ppm	ゴマ症
A	0~10	1.2	9.8	
	10~20	1.2	8.7	2.5
	20~30	1.1	4.2	
B 平均	0~10	17.4	58.0	
	10~20	19.0	61.9	9.2
	20~30	22.3	48.6	
因島平均	0~10	5.9	12.1	
	10~20	6.1	11.2	4.8
	20~30	5.9	8.5	

第8表 各圃場のハクサイ葉柄部銅, 亜鉛含有率

1980年12月1日

圃場	Cu ppm	Zn ppm
A 圃場	1.0	32.7
B 圃場 平均	4.0	70.4
因島圃場 平均	2.3	37.8

注) 結球葉のうち、外側から5枚の値(乾物当り)。

第9表 ゴマ症発生程度と土壌中亜鉛含量, 葉柄部亜鉛含有率

1981年1月20日

試験区	全重 kg	球重 kg	ゴマ症		Zn ppm	
			株	結球	土壌	葉柄
標準	2.44	1.84	14.3	14.3	54.8	62.3
Zn 50ppm	2.41	1.78	14.5	13.6	71.9	92.6
Zn 100ppm	2.39	1.69	12.6	12.3	82.0	77.5

注) 1. 土壌中亜鉛含量は0~10cmの値。

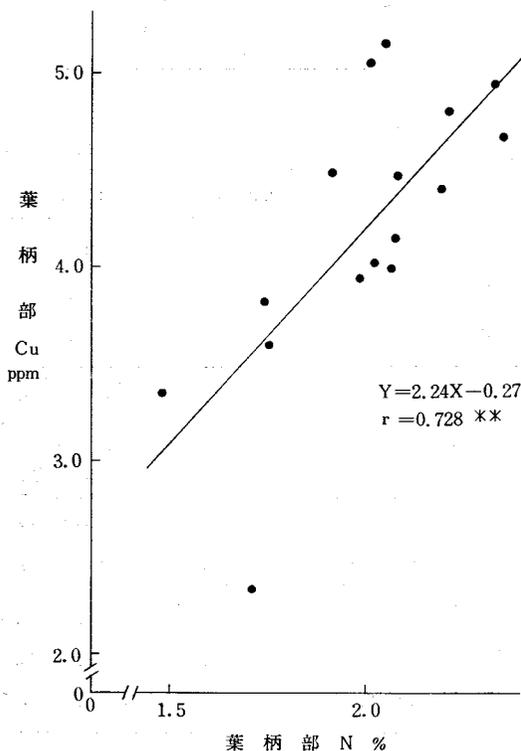
2. 葉柄部亜鉛含有率は、結球葉の外側から5枚の値(乾物当り)。

れなかった。また土壌中の銅含量は第10表に示すように標準区とCu30ppm区との間に差はみられなかった。しかしCu60ppm区、Cu90ppm区の土壌中の銅含量は標準区の2~3倍に増加した。現地B圃場の土壌と比べると3~4倍の値である。葉柄部銅含有率は第10表に示すようにCu60ppm区が最も高く、次いでCu90ppm区であった。Cu30ppm区と標準区との間に差はみられなかった。

第10表 ゴマ症発生程度と土壌中銅含量、葉柄部銅含有率  
1982年1月25日

試験区	全重 kg	球重 kg	ゴマ症		Cu ppm	
			株	結球	土壌	葉柄
標準	4.04	2.95	8.0	3.6	33.0	1.10
Cu30ppm	4.26	3.36	5.4	3.1	37.0	1.10
Cu60ppm	4.32	3.34	17.6	10.5	66.0	1.80
Cu90ppm	4.40	3.29	16.0	14.0	83.0	1.30

- 注) 1. 土壌中銅含量は0~15cmの値。  
2. 葉柄部銅含有率は、結球葉のうち、外側から5枚の値(乾物当り)。



第9図 ハクサイ葉柄部窒素含有率と銅含有率  
(B圃場, 1981年1月20日)

ポット試験の各区の葉柄部銅含有率は、ゴマ症の発生が少ない現地A圃場の葉柄部銅含有率と同じくらいであり、B圃場の葉柄部銅含有率の平均値に比べて1/3~1/4程度と低かった。

## V 考 察

聴取り調査によればハクサイの収量はa当り0.7~1.0tと比較的多収であり、施肥量は窒素がa当り6~10kg施用されており、さらに乾燥鶏ふんがa当り40~100kg(窒素成分を現物当り約3%含む)施用されており、現地では収量を上げるために多量の窒素が施用されていることが明らかとなった。現地では播種前に多量の乾燥鶏ふんを施用するために、窒素肥料は追肥のみで施用し、しかも追肥回数は2~3回で多量の施用が行われていた。

窒素の施肥法を変えて現地試験を行ったところ、窒素施用量が多くなるに伴ってゴマ症の発生が増加し、土壌中の無機態窒素含量も増加した。窒素の形態はアンモニウム態窒素(NH<sub>4</sub>-N)よりも硝酸態窒素(NO<sub>3</sub>-N)が多かった。また窒素の分施肥を変えて検討したところ、結球始め頃に土壌中の無機態窒素含量が多いとゴマ症の発生が多くなり、窒素の形態は同様にNO<sub>3</sub>-Nが多かった。

窒素施用量の増加に伴って葉柄部窒素含有率は増加し、窒素含有率の高いものほどゴマ症の発生が多かった。

一般に畑作物はNH<sub>4</sub>-NよりもNO<sub>3</sub>-Nを好み<sup>9)</sup>、ハクサイもNH<sub>4</sub>-NとNO<sub>3</sub>-Nが同時に存在すればNO<sub>3</sub>-Nの方を選択的に多く吸収する<sup>9)</sup>。根から吸収されたNO<sub>3</sub>-Nは、一部は根において還元されるが、他の部分はNO<sub>3</sub>-Nのまま地上部へ移行する<sup>1)</sup>。そこで葉柄部の窒素を不溶性窒素(タンパク態窒素が主体と考えられる)と可溶性窒素(NO<sub>3</sub>-N, 亜硝酸態窒素(NO<sub>2</sub>-N), NH<sub>4</sub>-N, 遊離のアミノ酸, アミドと考えられる)に分別したところ、窒素施用量の増加に伴って可溶性窒素含有率は増加しているが、不溶性窒素含有率はほとんど増加しておらず、窒素をa当り9kg施用した区では不溶性窒素含有率は若干低下しており、窒素代謝すなわちタンパク質への合成過程に異常が生じていると推察された。

さらに可溶性窒素分画のうちの無機成分のNO<sub>3</sub>-N, NO<sub>2</sub>-N, NH<sub>4</sub>-Nをみたところ、NO<sub>3</sub>-N含有率は窒素施用量の増加に伴って増加したが、NO<sub>2</sub>-N, NH<sub>4</sub>-N含有率は増加しなかった。

杉山ら<sup>7)</sup>は慣行の施肥法によって栽培した各種野菜をNO<sub>3</sub>-N含有率の多少によって4段階に分け、ハクサイを最も多量に含まれるものに分類した。また但野ら<sup>8)</sup>は窒素源としてNO<sub>3</sub>-Nのみを与えて各種作物を水耕

栽培したところ、ハクサイは $\text{NO}_3\text{-N}$ 含有率が乾物当り1.98%と特に高くなったと報告している。永井<sup>5)</sup>は一般に販売されているハクサイの基部(葉柄部)の $\text{NO}_3\text{-N}$ 含有率は新鮮物当り510ppmであったと報告している。このようにハクサイは一般に $\text{NO}_3\text{-N}$ 含有率が高く、本試験においても葉柄部の $\text{NO}_3\text{-N}$ 含有率は窒素施用量の増加に伴い高くなったが、問題になるほどの含有率ではないと考えられる。すなわち葉柄部の $\text{NO}_3\text{-N}$ 含有率の増加自体はゴマ症発生の要因ではなく、窒素のタンパク質への合成過程における異常がゴマ症発生の一要因と考えられる。

現地実態調査ならびに現地試験を行った圃場では、ゴマ症の発生が多い圃場の土壌中の銅、亜鉛含量がゴマ症の発生が少ない圃場に比べて多かった。

現地実態調査でゴマ症の発生が多い圃場の土壌中の銅、亜鉛含量の平均値はそれぞれ25.6ppm, 82.4ppmとなり、ゴマ症の発生が少ない圃場の銅、亜鉛含量に比べてそれぞれ約23倍, 約10倍となった。土壌汚染防止対策概況調査<sup>\*\*\*</sup>によれば広島県(1971~'73年平均)の普通畑の土壌中の銅含量は9.2ppm, 亜鉛含量は23.3ppm, 同じく全国平均(1972年)は銅含量は2.6ppm, 亜鉛含量は10.3ppmであった。江田島町のゴマ症の発生が多い圃場は広島県ならびに全国平均に比べて土壌中の銅、亜鉛含量が多かった。この原因は都市ゴミの施用,あるいは長年にわたる薬剤散布によるものと思われる。

またハクサイの葉柄部の銅ならびに亜鉛含有率も土壌の場合と同様にゴマ症の発生が多い圃場は、発生が少ない圃場に比べて高かった。そこで現地で亜鉛を施用し検討したところ、亜鉛の施用により、土壌中の亜鉛含量ならびに葉柄部亜鉛含有率は増加したが、ゴマ症の発生は増加しなかった。

土壌汚染防止対策概況調査<sup>\*\*\*</sup>によれば広島県(1971~'73年平均)の畑作物の亜鉛含有率は6.5ppm, 同じく全国平均(1972年)は14.4ppmで江田島, 因島の各圃場の方が高い値を示した。しかし前野ら<sup>2)</sup>が神奈川県で行った調査では、ハクサイの葉の亜鉛含有率の平均は70.3ppmで、調査した15種類の畑作物の中でも亜鉛含有率が高い傾向がみられたという報告もあり、本試験においても亜鉛施用によって葉柄部亜鉛含有率は増加し90ppmを越えたが、ゴマ症の発生は増加しておらず、亜鉛についてはゴマ症発生の原因ではないと考えられる。

次に銅について、ポット試験で検討したところ、銅の施用量増加によりゴマ症の発生が増加する傾向がみられ、

土壌中の銅含量も増加した。しかし葉柄部銅含有率は銅の施用量増加によってかならずしも増加せず、また試験区間の銅含有率の差は小さく、ゴマ症の発生が少ないA圃場の葉柄部銅含有率と同程度の値を示した。

土壌汚染防止対策概況調査<sup>\*\*\*</sup>によれば広島県(1971~'73年平均)の畑作物の銅含有率は1.7ppm, 同じく全国平均(1972年)は3.2ppmであった。また前野ら<sup>2)</sup>が神奈川県で行った調査では、ハクサイの葉の銅含有率の平均は6.7ppmであったと報告しており、本試験の葉柄部銅含有率の方が低い値を示した。しかし本試験において銅の施用によりゴマ症の発生が増加する傾向がみられており、また第9図に示すように葉柄部窒素含有率と銅含有率との間には正の相関がみられ、また銅は植物体内で窒素代謝と関係がある<sup>10)</sup>ことから、窒素との関連でゴマ症の発生に影響を及ぼしていることも考えられる。

以上のことから、ゴマ症発生の要因は、窒素の多量施用による体内窒素代謝の異常であると考えられ、さらに銅もかかわっているものと考えられた。

ゴマ症の発生をまったく抑える方法についてはまだ不明であるが、前述のように、窒素肥料の施用をa当り3kgに抑えることにより次第にゴマ症の発生は低下した。このようなことから窒素の施用量を制限することによってゴマ症の発生は少なくなると考えられる。

## VI 摘 要

瀬戸内の花崗岩風化土壌(マサ土)で栽培されているハクサイに発生するゴマ症の発生要因について実態調査、現地試験ならびにポット試験を行って検討したところ、次の点が明らかとなった。

1 ゴマ症は生理障害であり、結球始めより発生し、生育が進むにつれて増加し、球重の重いものほどゴマ症の発生が多い。症状は葉柄部にのみ発生し、外葉に近い結球葉の部分に最も多く、結球葉の中心部にはまったく発生しない。

2 現地では非常に多量の窒素が施用されていた。窒素施用量の増加に伴って葉柄部窒素含有率ならびにゴマ症の発生が増加した。さらに窒素施用量の増加により葉柄部の全可溶性窒素、 $\text{NO}_3\text{-N}$ 含有率は増加したが、タンパク態窒素は増加しなかった。

3 ゴマ症の発生が多い圃場は、発生が少ない圃場に比べて土壌及び葉柄部に銅、亜鉛が多かった。そこで別途、銅ならびに亜鉛を施用したところ、銅の施用によってゴマ症の発生は増加し、銅はゴマ症の発生に影響を及ぼしているものと考えられた。しかし亜鉛の施用により

<sup>\*\*\*</sup> 農水省・広島県：1973-75. 土壌汚染防止対策概況調査とりまとめ。

ゴマ症の発生増加は認められなかった。

4 以上のことから、ゴマ症の発生要因は、窒素の多量施用による体内窒素代謝の異常によると推察し、さらに銅も影響を及ぼしていると考えられる。

## 謝 辞

本調査研究に当り、多大の御協力を戴いた呉農業改良普及所、生産農家の方々、ならびに現地試験圃場を提供して戴いた山田正人氏、大松齊氏、当场島しょ部試験地総括研究員船越建明氏に謹んで感謝の意を表す。また本調査研究を遂行するに当り、有益な御助言を戴いた前東京農工大学教授村山登博士、東京農工大学助手松村昭治氏、ならびに校閲の勞をとられた当场土壤肥料部部长河本泰氏に謹んで感謝の意を表す。

## 引用文献

- 1) 有馬泰紘：1978. 窒素の生理作用 吸収と移行. 高井康雄・早瀬達郎・熊沢喜久雄編. 植物栄養土壤肥料大事典. 養賢堂. 48—49.
- 2) 前野道雄・和地 清・岩村紅美子・渋谷修造：

1977. 農耕地における土壌、農作物の重金属含量. 神奈川農総研報117：11—21.

3) 松本美枝子：1981. ハクサイのゴマ症発生要因に関する研究. 園芸学会研究発表要旨：276—277.

4) 諸岡 稔・葛西善三郎：1972. 幼穂形成期に与えた  $\text{NO}_3\text{-}^{15}\text{N}$  と  $\text{NH}_4\text{-}^{15}\text{N}$  の水稻による吸収と移動. 土肥誌43：377—382.

5) 永井恭三：1977. 生葉根菜類の貯蔵による硝酸・亜硝酸含量と pH 値の変化について. 茨大農学術報告 25：27—33.

6) 王子善清：1974. 植物の無機態窒素同化に関する比較栄養生理的研究(学位論文). 49—62.

7) 杉山直儀・高橋和彦：1949. 蔬菜の窒素栄養の診断法としての硝酸態窒素の検定について. 園学雑27：161—170.

8) 但野利秋・田中 明：1976. アンモニア態および硝酸態窒素適応性の作物種間差. 土肥誌47：321—328.

9) 谷田沢道彦：1969. 作物栄養学. 朝倉書店. 40—41.

10) 矢崎仁也：1978. 銅の生理作用. 高井康雄・早瀬達郎・熊沢喜久雄編. 植物栄養土壤肥料大事典. 養賢堂. 115—117.

## The Primary Factor of the Occurrence of Sesamoid Disease in Chinese Cabbage

Toshiaki TANIMOTO, Satoshi UEMOTO

### Summary

We have inquired into the actual condition of sesamoid disease, which occurs to the chinese cabbages planted on the weathering soil of granite (Masa) around the coast of the Inland Sea, to get the cause of disease since 1977. According to the experiment on the spot (1978-1981) and on pot (1981), we could make the matter clear as follows.

1. Sesamoid disease is physiological disorder. It occurs at the beginning of head formation and increases as it grows. The more the weight, the more the sesamoid disease. It can be seen only on each petiole (including midrib); the most on outer head leaves but none on inner of them.

2. On the spot a great deal of nitrogen had been applied. In proportion to the amount of applied nitrogen, the content of nitrogen in petiole and sesamoid disease increased. By this treatment, furthermore, content of soluble nitrogen and  $\text{NO}_3\text{-N}$  in the petiole increased, but not the protein-N.

3. Compared with the field where we could see less disease, more copper and zinc was contained in the soil or the petiole on the field where much sesamoid disease occurred. Then we had planned to experiment with copper and zinc to find that the disease will occur under the influence of copper, as it occurred more by the application of copper. But the disease didn't occur by zinc at all.

4. According to the results mentioned above, we would infer sesamoid disease occurs in the situation of abnormal nitrogen metabolism caused by much application of nitrogen. Furthermore, we couldn't neglect the influence of copper.