

# 農業と科学

1986  
10

CHISSO-ASAHI FERTILIZER CO. LTD

## ハクサイにおける LP肥料の利用

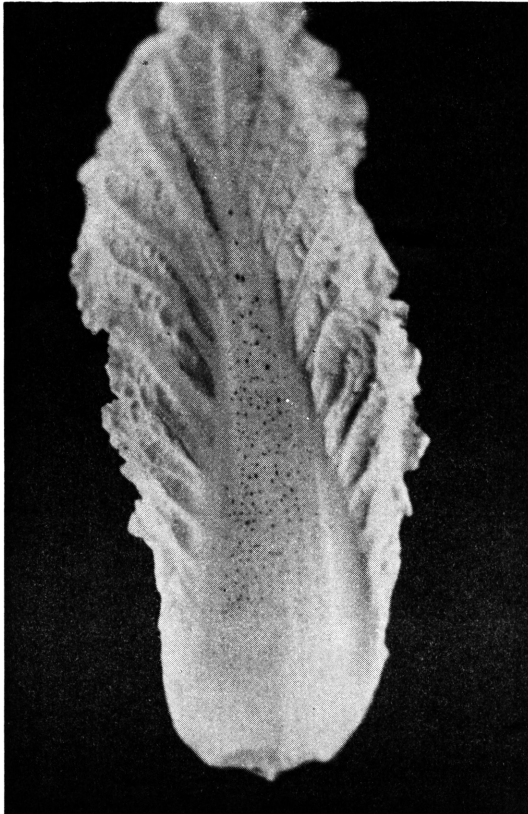
—ハクサイゴマ症発生(生理障害)防止効果—

富山県農業技術センター 松本美枝子  
野菜花き試験場

ハクサイは、近年食生活の変化から、秋冬野菜としての消費量はしだいに減少し、一方周年需要の傾向が高まってきた。各産地において、作期の拡大や作型の多用化が進み、ハクサイにとって、必ずしも適当とは言えない時期に栽培せざるをえない状況になってきた。そのため

病害や生理障害の発生が増加し、生産が不安定になってきている。こうした傾向は、今日の栽培方法がハクサイの生育生理に必ずしも合致していないためと考えた筆者はゴマ症発生防止をハクサイの生育及び栄養生理の面から検討した。その結果、今日の基肥重点的な施肥方法は初期生育を促進するものの、種々の生理障害及び病害の発生を助長し体内栄養生理的にも極めて異常な状態にあり、さらに生育後半の窒素供給不足が外葉の老化を早め品質を低下させていることが明らかとなった。その対策として緩効性肥料(LP肥料など)の利用が有効であることが明らかになった。

写真1 ハクサイゴマ症発生葉



なおハクサイゴマ症とは写真1に示したように、主脈部分に黒色小斑点が多数発生するもので商品性を低下させるため、農家経済に大きな影響を及ぼしている。

### 1. ハクサイの生育及びゴマ症発生に及ぼすLP肥料の効果

#### 試験方法

1983年春、ハクサイ品種“ひばり”を用い、露地において窒素の施用方法の違いによる生育及びゴマ症発生程度へ

## 本号の内容

§ ハクサイにおけるLP肥料の利用……………(1)  
—ハクサイゴマ症発生(生理障害)防止効果—

富山県農業技術センター 松本美枝子  
野菜花き試験場

§ LPコート利用による豆類の施肥合理化……………(7)

鹿児島県三笠町農業協同組合 小坂 秋美

の影響を検討した。窒素施用方法は以下の通りである。

試験区	基 肥	追 肥 (定植後日数)		
		10日	20日	30日
基肥全量施用	(24)	0	0	0
分割施用	(10)	(5)	(5)	(5)
LPコート70	16+(8)	0	0	0

単位 kg N/10a ( ) は尿素で施用した

なお、磷酸及び加里はそれぞれ成分として 30 kg/10 a を基肥全量施用した。

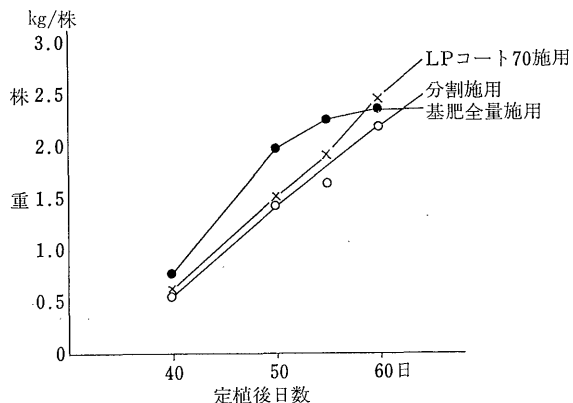
結果及び考察

a. 生育及びゴマ症発生の差異

窒素施用方法の違いによるハクサイの生育については第1図及び第1表に示した。基肥全量施用区(以下基肥全量区と省略)では、初期生育は旺盛で、外葉重は重く、それに続く結球外側の葉重も重かったが株間差が大きかった。定植55日目まで株重は最も重かったが、50日目からの株重増加率は少なく、外葉重の減少(老化・脱落)も著しかった。一方分割施用区(以下分施肥区と省略)では株重は常に基肥全量区よりは軽かったが、定植55~61日目の間でも株重は増加傾向にあった。

LPコート70施用区(以下LP区と省略)では、分施肥区とほぼ同様の傾向を示したが、定植50~61日目にかけての重量増加率は最も大きく定植61日目の重量は基肥全量区よりも重く、株間差が最も少なかった。またゴマ症発生程度は、基肥全量区で最も多く、特に葉重の重い結球外部で顕著であった。分施により発生程度は大巾に減少し、更にLP区は分施肥区のほぼ1/3、基肥全量区のほぼ1/5程度と著しく少なかった。

第1図 ハクサイにおける窒素施用方法の違いが株重増加(生育)に及ぼす影響



生育に伴う葉位別重量変化について第2図に示した。基肥全量区では結球外側の葉は大きかったが、成葉数は少なく、さらに結球内部ほど成葉重は少なかった。分施

第1表 ハクサイにおけるLP肥料の施用が収量及びゴマ症発生に及ぼす影響

試験区	株重 kg/株	外葉重 kg/株	ゴマ症発生程度
基肥全量施用区	2.50±0.52	0.68±0.18	26.6±10.2
分割施用区	2.61±0.43	0.61±0.15	17.8± 7.8
LP70施用区	2.85±0.38	0.59±0.10	5.5± 2.0

区では結球外側の成葉重は前者に比べ小さく結球内部ほど成葉重は少なくなったが、その傾向は前者ほど顕著ではなかった。成葉数は前者よりも多かった。

LP区では分施肥区とほぼ同様の傾向があったが、その傾向は益々顕著となり、成葉重は葉位に関係なくほぼ同程度であった。成葉化に至っていない葉の数は基肥全量区で多くLP区で最も少なかった。

b. 栄養生理的变化

外葉の変化

窒素施用方法の違いによる、外葉のクロロフィル、炭水化物及び窒素化合物含量の違いについて第2表に示した。クロロフィル含量は単位重量及び1株当たりではLP区が常に最も高くなっていった。クロロフィルbに対するaの値は定植40日を除いて基肥全量区で少ない傾向があったが、LP区と分施肥区での差異は認められなかった。一方、全糖含量は基肥全量区が最も多かった。分施肥区とLP区では定植40日目以前者が、61日目では後者が多かった。全窒素は定植40日目では基肥全量区、分施肥区、LP区の順に多かったが、61日目では、その逆となり各区の肥効特続のパターンが窒素含有量に反映された。そしてアンモニア態窒素は基肥全量区で高い傾向がみられた。

第2表 ハクサイにおけるLP肥料の施用が外葉のクロロフィル、炭水化物及び窒素化合物含量に及ぼす影響

試験区	クロロフィル		炭水化物*		窒素化合物 mg/gf.w		
	a+b	a/b	全糖	全炭素	硝酸態	アンモニア態	全窒素
5月10日(定植40日目)							
基肥全量施用	19.6	1.03	6.7	9.0	0.71	0.41	2.96
分割施用	22.9	1.02	6.6	11.6	0.57	0.11	2.59
LP70施用	29.5	1.02	4.3	7.9	0.50	0.09	2.32
5月31日(定植61日目)							
基肥全量施用	27.3	0.95	4.3	6.8	0.59	0.09	1.92
分割施用	29.4	1.03	3.8	5.8	1.05	0.05	2.38
LP70施用	35.7	1.02	4.2	5.8	0.96	0.05	2.95

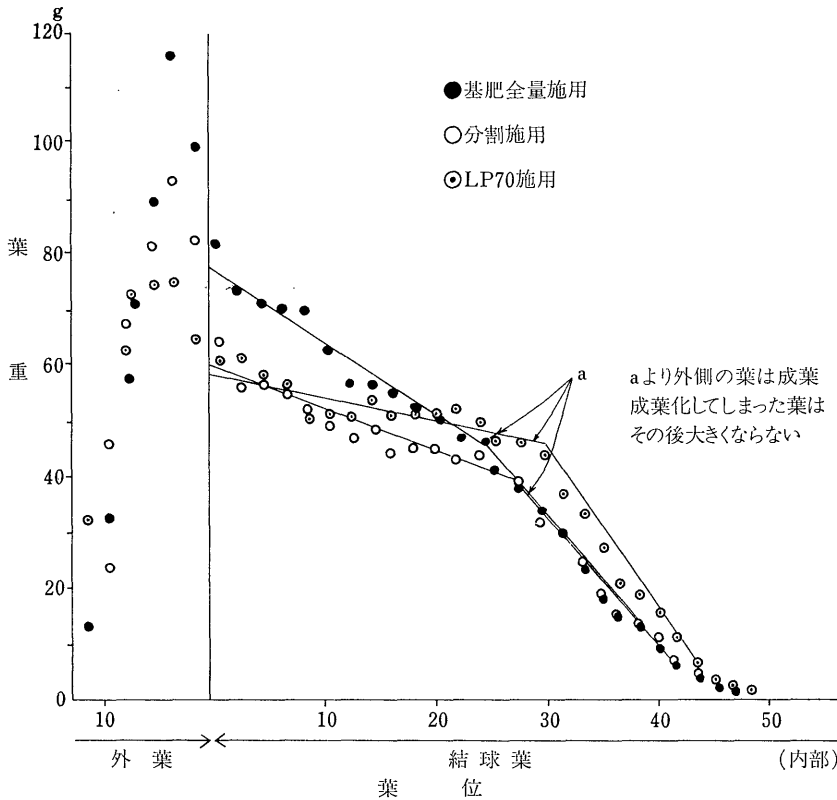
\*グルコースに換算 単位mg/gf.w

結球部分及び株全体での変化

生育に伴う窒素化合物及び炭水化物含量の変化について第3表に示した。定植40日目では、生育の最も旺盛な基肥全量区が生育、養分吸収量及び養分含量の面で最も多かったが、定植61日目では逆に他区よりも全般的に少なくなった。特に硝酸態窒素の供給が少なくなり全糖含

いずれもL P区の無機態窒素含量の割合が少なかった。一方無機態窒素 1g 当たりの全糖の割合は定植40日目で基肥全量区、分施肥区、L P区はそれぞれ 11.9、20.9、24.5定植61日目で29.9、22.6、30.4 でL P区で最も高かった。なお61日目の基肥全量区の値が高いのは、窒素の供給不足によると考えられた。

第2図 ハクサイにおける窒素施用法の違いが株重構成に及ぼす影響



ハクサイゴマ症の発生に直接関係するキノン類の蓄積を防止するアスコルビン酸濃度は定植40及び61日目共に基肥全量区が最も少なく次いで分割施用区で、L P区で最も高かった。

以上のとおり、基肥窒素全量区では全窒素に対する無機態窒素の割合が多く窒素代謝に乱れが生じていると考えられ、さらに無機態窒素に対する全糖の割合が少ないことから無機態窒素の有機化のための炭素源が不足していることが推察された。

2. 関連試験結果

ハクサイのゴマ症とは、結球主脈の表皮上に黒色小斑点が多数発生する現象のことを言う。この黒色斑点は、組織形態学的には細胞内か粒や核が肥大し、やがて細胞壁から褐色になり始める。褐変は細胞壁ぞいに進展し、場合によ

量も少なくなった。L P区では特に結球部分での全糖及び全炭素含量が多く、硝酸態窒素の供給も最も多く、全窒素含量も最も多くなった。しかしアンモニア態窒素含量は最も少なく他の2区との差異が大きかった。その他カリウム及びカルシウム含量も最も多かったが、マグネシウム含量は逆に少なかった。

ハクサイの重量増加は先にも示した通り成葉化直前の葉位で最も旺盛である。したがって種々の養分の濃度は上昇したタンパク合成などの代謝も盛んに行われていると考えられる。そこでこの区分葉位での栄養生理条件について第4表に示した。定植40日目では基肥全量区では全窒素含量に対する硝酸及びアンモニア態窒素含量の割合が33%であったのに対し分施肥区では28%と少なく、さらにL P区では24%であった。定植61日目では基肥全量及び分施肥区で52、50%であったのに対しL P区では38%と

っては褐変細胞が30程度にも及ぶことがある(第3図)。こうした経過を組織化学的観察した結果、斑点発生はフェノール物質との関係が深いことが明らかとなった。か粒の肥大と同時にクロロゲン酸の存在が認められ、クロロゲン酸の反応が認められる細胞の壁部分にポリフェノールオキシダーゼの反応が認められた。またこうした斑点発生部分周辺にも、ポリフェノールの反応が認められることから、クロロゲン酸がポリフェノールオキシダーゼの働きにより褐変物質であるキノン類に変化したものと考えられた。

こうした斑点発生経過は、高温性作物を低温貯蔵することによって生ずる低温障害の発生と類似点が多く、ハクサイにおいても高温時に収穫したものを低温(2℃)で貯蔵することにより、この症状を容易に再現することができる。こうした低温障害の発生は、細胞膜の透過性の

第3表 ハクサイにおけるLP肥料の施用が炭水化物、窒素化合物及びカチオン吸収に及ぼす影響

試 験 区	g/株								
	全 糖	全炭素	NO <sub>3</sub> -N	NH <sub>4</sub> -N	全窒素	K	Ca	Mg	
5月10日(定植40日目)									
基肥全	外 葉	3.5	4.9	0.38	0.23	1.7	2.00	2.33	0.22
量施用	結球葉	3.0	5.6	0.17	0.08	0.6	0.67	0.30	0.04
	合 計	6.5	10.5	0.55	0.31	1.9	2.76	2.63	0.26
分 割	外 葉	2.7	4.8	0.23	0.04	1.0	1.56	1.56	0.17
施用	結球葉	2.4	3.5	0.08	0.03	0.4	1.00	0.15	0.02
	合 計	5.1	8.3	0.31	0.07	1.4	2.56	2.71	0.19
LP70	外 葉	1.8	3.4	0.21	0.04	1.0	1.68	2.14	0.14
施用	結球葉	3.6	5.1	0.12	0.05	0.6	0.60	0.25	0.03
	合 計	5.4	8.5	0.33	0.09	1.6	2.28	2.39	0.17
5月31日(定植61日目)									
基肥全	外 葉	2.9	4.6	0.40	0.06	2.0	2.66	2.94	0.22
量施用	結球葉	22.3	30.9	0.43	0.50	2.1	2.41	1.32	0.16
	合 計	25.2	35.5	0.83	0.56	4.1	5.07	4.26	0.38
分 割	外 葉	2.2	2.3	0.61	0.03	1.4	2.91	2.88	0.17
施用	結球葉	28.0	33.2	1.16	0.53	2.8	2.66	1.27	0.13
	合 計	30.2	35.5	1.77	0.56	4.2	5.57	4.15	0.30
LP70	外 葉	2.5	3.5	0.57	0.03	1.8	2.57	3.40	0.15
施用	結球葉	32.7	43.8	1.32	0.40	3.7	3.09	1.88	0.13
	合 計	35.2	47.3	1.89	0.43	5.5	5.66	5.28	0.28

第4表 ハクサイにおけるLP肥料の施用が成葉化直前葉位の体内栄養生理に及ぼす影響

試 験 区	窒素化合物 mg/gf.w.			炭水化物 mg/gf.w.		アスコルビン酸 $\mu$ g/gf.w.	
	NO <sub>3</sub> -N	NH <sub>4</sub> -N	T-N	$\alpha$ -アミノ酸*	全 糖 全炭素		
5月10日(定植40日目)							
基肥全量施用	0.75	0.36	3.36	17.9	13.2	21.7	26.3
分割施用	0.55	0.24	2.84	17.8	16.5	24.0	27.2
LP70施用	0.50	0.15	2.69	19.5	15.9	22.0	28.4
5月31日(定植61日目)							
基肥全量施用	0.20	0.52	1.56	18.6	21.5	28.9	14.0
分割施用	0.56	0.50	2.11	25.8	24.0	34.1	16.1
LP70施用	0.51	0.32	2.28	22.7	25.2	33.0	18.1

\*ロイシンに換算  $\mu$ M/gf.w.

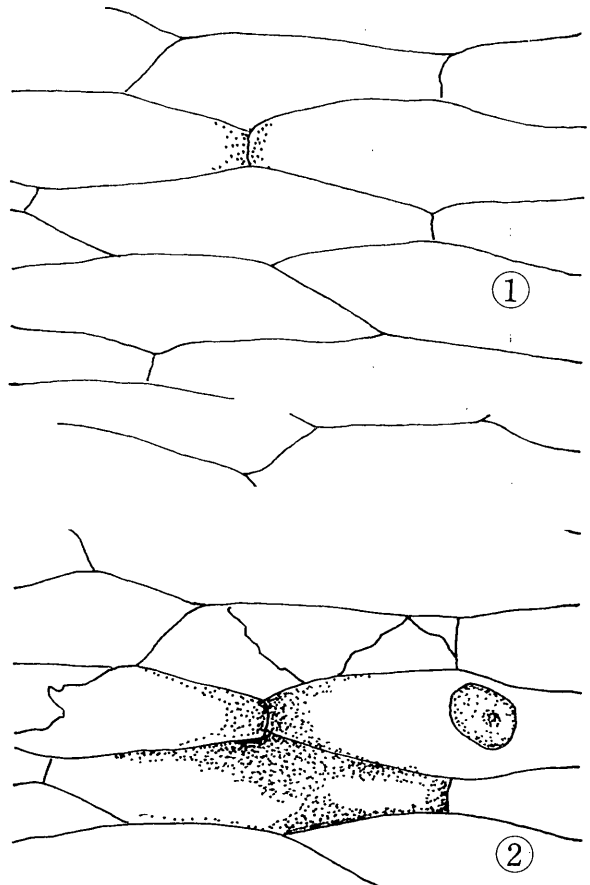
増大、代謝の異常、フェノール物質の集積、アスコルビン酸の減少等を伴う。

ハクサイゴマ症の場合、低温下に貯蔵することにより、発生を容易に再現できるものの、この生理障害が問題になるのは、栽培中に発生程度が著しく増加することがあるからである。

a. 代謝異常

ハクサイの生育は第2図に示した通り外側の葉から順次成葉化していくもので、一旦成葉化した葉はその後ほとんど大きくなることはない。したがってハクサイは成

第3図 ハクサイゴマ症に見られる黒色斑点発生経過



- ①細胞壁ぞい、細胞内顆粒が認められる。
- ②細胞壁の褐変が拡大、細胞内顆粒及び核の肥大も拡大する。褐変細胞周辺に原形質分離が認められる。

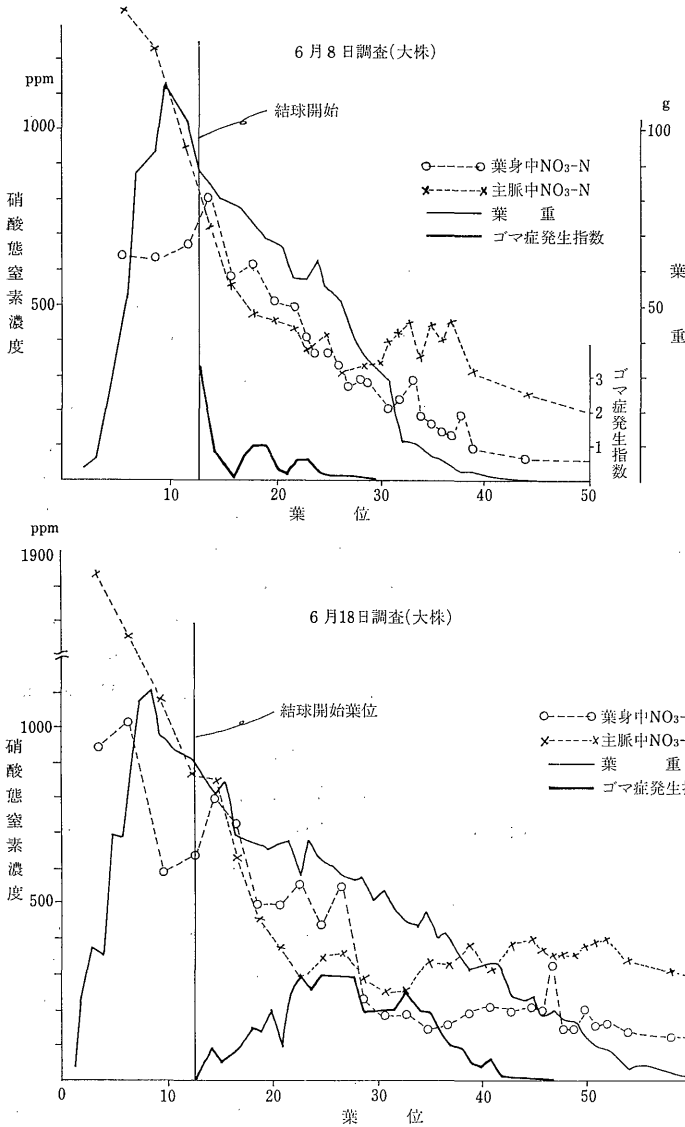
葉化する以前の葉の重量増加が最も盛んである。

こうした重量増加の最も顕著な部分には種々の養分の供給、転流が認められた。ゴマ症の発生は窒素との関係が密接なことから、硝酸態窒素の動向とハクサイの肥大及びゴマ症発生の関係を検討した。その結果を第4図に示した。

硝酸態窒素は、外側の葉位から順に主脈と葉身に分けて定量した。葉身は硝酸態窒素の還元部位であり、主脈は一時的貯蔵部位であると考えられる。

主脈中では外側の葉位で濃度は高く内側ほど低い傾向があった。しかしいずれの調査段階でも成葉化直前の葉位で濃度の上昇が認められた。一方葉身中では外葉の外側では低かったが、結球開始部分で濃度は上昇しその後ふたたび低下したが、成葉化直前葉位で再び濃度の上昇が認められた。

第4図 ハクサイの生育に伴う硝酸態窒素の動向とゴマ症の発生及び生育の関係



主脈、葉身中での硝酸態窒素の動向が異なることからそして結球開始部分では葉身中濃度と主脈濃度が近接し、さらにこうした逆転現象もしくは濃度の著しい接近現象は成葉化直前の硝酸態窒素供給葉位付近まで継続した。濃度の接近あるいは逆転とゴマ症発生葉位はほぼ一致していた。

このような接近あるいは逆転現象は、供給された硝酸態窒素を十分に還元できないために生ずると考えられた。硝酸還元酵素は光の有無に強い影響を受け、光が当たらない場合に活性が低下することが知られている。したがって結球開始部分での還元力の低下はハクサイの結

球現象によるとも言え、硝酸還元力以上の供給があった場合に、還元されない硝酸態窒素が葉身中にあふれ、濃度が高くなるのであろう。一方成葉化直前の葉位では成葉化に先立って供給される硝酸態窒素が、それぞれの葉の還元力を上回った場合に、同じく還元されない硝酸態窒素が葉身中にあふれてくると考えられた。

こうした接近あるいは逆転現象は、ゴマ症の発生程度を増加させるが、発生の多い葉では少ない葉に比べ硝酸態窒素、アンモニア態窒素及びα-アミノ酸含量は高かったが全窒素含量は逆に低くなっていることからタンパク合成は阻害され、窒素代謝に異常が生じていることは明らかであった。

硝酸還元力の決定要因としては、いろいろ考えられるが、硝酸態窒素の吸収量を調整しながら、最終的にはタンパクを合成するため

他の合成系とのバランスをとっていると考えられることから、最も大きな要因になっているのは窒素化合物に対する炭水化物の供給量と考えられる。一方体内のアンモニア態窒素の異常蓄積も硝酸還元力を低下させている。

以上の結果から、硝酸態窒素の供給過剰は窒素代謝の異常をもたらし、そのことがゴマ症発生を助長していることは明らかである。こうした代謝異常を防止するためには

体内にアンモニア態窒素が蓄積しないこと  
過剰の硝酸態窒素を供給し

ないこと

光合成が盛んで炭水化物が不足しないことが考えられる。

**b. 膜の透過性の増大**

均一栽培によって得られた20株の、結球葉位21~30にかけての葉を集め、ゴマ症発生程度別に葉を区分したところ、発生の多い葉は大型でしかも主脈表皮細胞も大きかった。また同一葉上においても部位により細胞の大きさは異なり主脈基部よりは先端部ほど細胞が大きく、葉脈ではさらに大きくなり、ゴマ症も細胞の大きい部位ほど早期に発生した。

またそれぞれの組織のKイオン漏出について調査した結果、結球外側の古い葉を除いて、ゴマ症の発生が多いほどイオン漏出が多く膜の透過性が增大していることを示していた。膜の透過性の増大を防止するためには

細胞の異常肥大の防止

リン酸吸収及びリン酸代謝の正常化

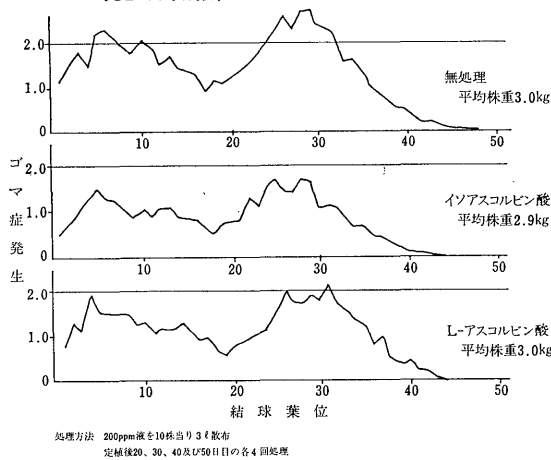
ミトコンドリアの呼吸阻害防止

が挙げられる。

c. アスコルビン酸の影響

低温障害によるフェノール物質の集積は、アスコルビン酸の減少によるとされ、低温貯蔵前のアスコルビン酸処理により、障害発生の軽減化が可能であることが知られている。ハクサイにおいても200ppmのアスコルビン酸ナトリウムを噴霧処理することにより、低温障害によるゴマ症と同様の症状の発生を軽減することができ、さらにハウス内栽培したハクサイにおいてもゴマ症発生程度を軽減できることが明らかになった。

第5図 アスコルビン酸処理によるハクサイゴマ症発生抑制効果



また多発生株と少発生株では、前者のアスコルビン酸含量は少なくなっていた。アスコルビン酸はグルコースが変化したもので、その含量と正の相関があるとの報告もある。

3. まとめ

普通化成肥料を用いた場合、基肥として施用した肥料は、初期生育は促進するものの、外葉は異常肥大し、老化脱落が早く、後半の炭水化物の供給不足を招いた。体内アンモニア態窒素含量が多いことから、土壌中での硝酸化成が抑制されている可能性が高い。さらに結球開始時において、ハクサイの硝酸還元力が低下してくるにもかかわらず、窒素吸収量が極めて多くなる。

一方LP区においては、初期生育はやや劣り、後半での重量増加が顕著であった。外葉は小型化するものの、外葉数は増加し、老化脱落が少ないことから、炭水化物含量が多く、また結球開始時の硝酸態窒素吸収が少なく、主脈と葉身中の硝酸態窒素濃度の逆転の程度は少なかった。こうした傾向には体内アンモニア態窒素濃度が低いことも大きく影響していると考えられた。いずれにせよ、体内の全窒素に対する硝酸及びアンモニア態窒素含量が少なくなることから、窒素代謝は正常であると考えられ、結果的には窒素吸収量は多くなっていた。

またLP区では、結球開始時の生育は緩慢であることから、細胞の異常肥大によるKイオン漏出の増加は認められなかった。また体内のアスコルビン酸含量が多いことからクロゲン酸やその他フェノール類の酸化を防止する能力は高いと考えられた。

ここでは示さなかったが窒素の分割施用によってもハクサイの体内生理条件は改善されるものの、施用量が2kg/10aであっても、条件によっては土壌中の濃度が高くなりすぎ、窒素代謝に異常をきたしていることが明らかとなった。

さらに体内硝酸態窒素の蓄積は、リン酸吸収を阻害し、また体内アンモニア態窒素ミトコンドリアの呼吸を阻害するとの報告もありLP施用の場合はこうした点でも植物にとって良好と思われた。

以上のような体内生理的变化が総合的にゴマ症発生を減少させたものと思われ、こうした体内生理条件は、病害抵抗性にも関係しており、さらに品質も高く評価される。