

# 園芸作物における栄養障害診断手法の開発と 防止対策に関する研究

藤本 順子\*

## Development of Diagnosis and Protection Methods of Nutritional Disorders on Horticultural Crops

Junko Fujimoto

### I 緒 言

野菜、果樹などの園芸作物は品種や作型が多く、種々の栄養障害と思われる生理障害が多発している。栄養障害の原因解明に関する報告は数多くあり、それらは成書にもまとめられている (Bergmann, 1991, 1992; Roorda van Eysinga・Smilde, 1981; 清水, 1990; 高橋ら, 1980; 渡辺, 1983, 1986)。また、各種栄養障害を水耕法などにより人為的に発生させ、その症状を示した報告 (古屋ら, 1996; Hagler・Scott, 1949; 清水, 1986, 1987; 玉田, 1997b, c, d; 山中・山崎, 1990) や、現地で発生した障害事例をまとめた報告 (Takebe, 1994) もある。さらに、これらのデータを元にエキスパートシステムが開発され (山崎, 1992; 山崎ら, 1993; Yialourisら, 1997)、栄養障害診断に有効活用されている。しかし、これらは障害発生後の診断が主であり、対策を講じてもその効果が小さい場合が多い。したがって、それらの診断結果は、次作以降に活用される場合が多い。しかし、障害発生をできるだけ早い時期に予測できれば、当該期の作付けにおける被害を最小限に食い止めることが可能と考えられる。本研究では、ハウスメロン、ブドウ‘デラウェア’、ブルーベリーについて、

いくつかの栄養障害の原因を明らかにした上で、肉眼的観察、化学分析、葉柄汁液診断などの手法を用いて障害の早期発見法、または発生を前もって予測し、未然に防止できる方法を確立しようとした。

メロンについては、従来高級温室メロン (マスクメロン) が中心となっていたが、プリンスメロンに続き、1970年代からアムス、アンデス、ボーナスなどのネット型ハウスメロンが普及し始めた (瀬古, 1985) が、それに伴い、栄養障害と思われる様々な生理的障害が発現するようになった。島根県でも、葉枯れ症 (マグネシウム欠乏症) をはじめとする障害が多発し、問題となっている (伊藤ら, 1991)。そこで、第1章ではハウスメロンの養分吸収特性を明らかにした上で、葉枯れ症、カルシウム欠乏症、その他の養分欠乏症および過剰症についての診断方法を明らかにした。

ブドウについては、島根県における果樹栽培の中心品目であり、中でも‘デラウェア’の栽培面積が最も多い。‘デラウェア’は、超早期加温栽培から露地栽培までの7つの作型で構成されており (小豆沢ら, 2003)、栽培面積の約80%が加温栽培されている。また、加温面積の約50%が12月中旬~1月下旬に加温を開始する

超早期～早期加温栽培である。これらの作型では他の作型に比較し、各種の生育及び生理障害が多発することが報告されており(小豆沢, 1988, 1995; 小豆沢ら, 2003), 中でも果粒肥大期以降にカリウム欠乏症と考えられる症状が多発している。カリウム欠乏症の対策として、加里肥料の追肥や葉面散布が考えられるが、症状が発生した後に対策を講じてもその効果はほとんどない。第2章では、近年普及している小型反射式光度計を用いて、ブドウ‘デラウェア’の葉柄汁液診断法のための試料採取法を検討した。さらに、この診断法がカリウム欠乏症の発生予測に有効であるかどうかを確認するとともに、欠乏症発生の防止法を検討した。

一方、ブルーベリーは米国産のツツジ科スノキ属の落葉性低木果樹で(Vander Kloet, 1988), 樹高が低く、病害虫の発生も少ないため、他の果樹に比較し栽培が容易で、女性や高齢者に適した果樹と考えられる(石川・小池, 1985; 伊藤, 1997)。また、機能性食品としても注目されており(伊藤, 1997), 島根県でもブルーベリーの作付面積が中山間地域を中心に増加している。しかし、新梢の先端葉にクロロシスが発生する園も見受けられ、問題となっている。第3章では、新梢先端葉クロロシスの原因を究明し、効果的な対策について検討を行った。

## 第1章 ハウスメロンにおける 栄養障害診断と対策

従来、メロン栽培は高級温室メロン(マスクメロン)が中心となっていたが、プリンスメロンに続き、1970年代からアムス、アンデス、ポーナなどのネット型ハウスメロンが普及し始めた(瀬古, 1985)。しかし、それに伴い栄養障害と思われる様々な生理的障害が発現するようになり、島根県でも葉枯れ症(マグネシウム欠乏症)をはじめとする障害が多発し、問題となっている(伊藤ら, 1991)。そこで、ハウスメロンにおける栄養障害診断法を確立し、それを用いて障害の原因解明とその対策、発生予測と未然防止法を明らかにしようとした。

## 第1節 ハウスメロンの養分吸収特性

ハウスメロンにおいて、発生する障害の原因および対策を解明するためには、まず養分吸収特性を明らかにする必要があると考えられる。

温室メロンの養分吸収に関する報告は多い(本多・天野, 1972; 近藤, 1967; 増井ら, 1960, 1961; 鈴木ら, 1983)が、これらはいずれも通常1果着果のものであり、ネット型ハウスメロンの半促成(春作)栽培のように2果着果させる場合の報告は見られない。ほぼ同じ植物体の大きさでの2果着果は1果どり栽培に比較し、着果負担の大きいことが予想される。したがって、ハウスメロンの2果どり栽培では、1果どりの温室メロンと異なる吸収養分の器官別配分割合を示すものと考えられる。

そこで、アムスメロンを供試して春作2果どり栽培を実施し、養分の吸収経過と器官別配分割合の時期別変化について検討した。

### 1. 材料および方法

試験ほ場は、島根県農業試験場内のハウスで、土壌は細粒灰色低地土灰色系(鴨島統)である。作型は半促成栽培(春作、親づる1本仕立て2果どり栽培)とした。着果節位は、第13～16節の間に2果着果させ、着果後56日目に収穫を行った。肥料は、A801を用い、成分量でN、P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>、K<sub>2</sub>Oとも1.0kg/a施用し、さらに牛ふん入りたい肥(水分:54%, N:0.8%, P<sub>2</sub>O:1.5%, K<sub>2</sub>O:1.6%)を100kg/a施用した。

作物体のサンプリングは、定植期、定植後14日、着果節位の開花期、着果後7, 14, 21, 28, 42, 56日(収穫期)の計9回、8株ずつ採取し、上位葉(17葉以上、遊びづるを含む)、中位葉(10～16葉、子づるを含む)、下位葉(9葉以下)、茎、果肉、種子に分けてN、P、K、Ca、Mgを分析した。Nはケルダール蒸留法(木内, 1975)、Pはバナドモリブデン酸法(岡部, 1975a)、Kは炎光法(伊藤, 1975a)、CaおよびMgは原子吸光法(伊藤, 1975b, c)により分析を行った。

### 2. 結果および考察

無機成分含有率の時期別変化を表1-1に示した。

N含有率は、いずれの時期においても上位葉

で高く、下位葉になるほど低くなった。また、どの葉位でも生育初期に高く、その後徐々に低下し、収穫に最も低い値を示した。P含有率は、着果後21日まではNと同様の傾向を示したが、28日以降は上位葉での低下が著しく、収穫期である着果後56日には下位葉との差がなくなった。これに対し、中位葉では着果後21日までは減少したが、その後再び上昇し、28日以降収穫期まで他の葉位より高い値を示した。K含有率は中位葉、下位葉で生育に伴い減少傾向がみられたが、上位葉では収穫期にやや低くなる他は大きな変化はみられなかった。Ca含有率は、Nと全く逆の傾向を示した。すなわち、葉位別ではいずれの時期においても下位葉が最も高く、上位葉ほど低くなった。また、時期別変化についてみると生育初期ではどの葉位でも低く、生育が進むにつれて高くなり、収穫期に最高値を示した。葉位別のMg含有率はCaと同じ傾向を示し、どの時期においても下位葉で最も高く、ついで中位葉となり、上位葉で最低値を示した。また、着果後はどの葉位においても生育ステージによる変化は小さかった。

本試験における収穫期のCa含有率は、上位葉で5.89% (CaO:8.25%)、中位葉で7.77% (CaO:10.9%)、下位葉で11.4% (CaO:16.0%)であり、Mg含有率は、上位葉で1.30% (MgO:2.17%)、中位葉で1.68% (MgO:2.81%)、下位葉で2.27% (MgO:3.79%)であった。増井ら(1961)は、慣行栽培の温室メロンにおいて、葉中CaO含有率は9.27%、MgO含有率は2.17%であったとしている。また、本多・天野(1972)は水耕栽培の温室メロンにおいて葉中Ca含有率は6.62% (CaO:9.27%)、Mg含有率は1.17% (MgO:1.95%)であったと報告している。一方、徳永・安田(1982)は、トマト、キュウリの茎葉のCaO含有率は、4%程度から生育後期には7%程度に増加し、ナス、キャベツ、レタス、タマネギ、ダイコン、ハウレンソウ、ミツバでは4%以下であるとしている。また、これらの野菜のMgO含有率は、キュウリ、ハウレンソウで高く2%程度で、他の野菜では1%前後であると述べている。これらの値と本試験の結果より、メロンは品種や作型に関係なく好石灰作物の野菜の中でも特にCa含有率が高く、またMg含有

率も高い作物であるといえよう。

図1-1～5に各成分の部位別吸収量の推移を示した。

収穫期における吸収量は、Kが最も多く、ついでN、Caが同程度であり、Mg、Pは少なかった。

各成分の養分吸収経過をみると、N、K、Ca、Mgは定植後14日から着果後14日にかけて急速に増加し、特にKは着果後7日から14日の間に急激に吸収された。しかし、これらの成分の吸収量は、着果後14日から28日の間にいったん停滞もしくは減少した。これはこの時期に病害回避のために下位葉を適除したり、整枝などにより子づるの先端を除去したので、表1-2に示したように、葉や茎の乾物重が減少したためである。その後、どの成分も生育が進むにつれて増加し、特にKの増加は著しかった。一方、P吸収量は、葉中含量が他の成分と比較し低いため、摘葉の影響が少なく、定植期から収穫期まで緩やかに増加した。

吸収量を部位別にみると、N、P、K、Mgの4成分とCaでは、増加の部位が異なった。すなわち、N、P、K、Mgでは果実における吸収量の増加が著しかったが、Caではいずれの時期においても果実の吸収量はほぼ同量でほとんど増加が認められず、1株当たりの吸収量の増加は、茎葉における吸収量の増加によるものであった。増井ら(1961)、本多・天野(1972)、鈴木ら(1983)も、この点については本試験と同様の結果を得ている。本多・天野(1972)は、果実中にCaが少ししか含まれないのに最後まで増加しつづけるのは、Caの動きが遅いことと、果皮の細胞膜を硬化させたり果実への炭水化物を円滑に転流させる役割をしているためであると推論している。

また、K、Mgではいずれの時期でも果実における吸収量のうち約70%が果肉に存在していた。これに対し、N、Pでは、種子に存在する割合がK、Mgに比較し高く、多い時には果実における吸収量の50%以上が種子に存在した。鈴木ら(1983)は、温室メロンについて同様のことを調査し、N、P、K、Ca、Mgの吸収量のそれぞれ55、44、39、4、15%が果実に存在したと報告している。本試験の結果は、Caを除きど

の成分も鈴木らの報告よりも高く、特にP, K, Mgは1.5～2倍の値を示した。温室メロンは通常1果着果させるのに対し、本試験で供試したアムスの半促成（春作）栽培では2果着果させるので、これらの成分の果実に存在する割合が高くなったものと思われる。

以上の結果より、ハウスメロンの2果どり栽培では、1果どりの場合より着果負担が大きく

なり、株全体の養分吸収量のうち果実に存在する割合が高くなる。したがって、着果以降急速に果実へ移行する成分では、根からの吸収が十分でない場合や、葉における蓄積量が少ない場合などには、葉の成分含有率が低下し、養分欠乏に起因する栄養障害が発生しやすくなると考えられる。

表1-1 ハウスメロンにおける無機成分含有率(% , dw)の時期別変化

		定植後	開花期	着 果 後 日 数					
				7日	14日	21日	28日	42日	56日
N%	上位葉			6.51	6.65	6.09	5.17	4.42	4.01
	中位葉		6.23	5.78	5.15	4.53	4.15	3.55	3.07
	下位葉	5.18	4.46	3.68	3.35	3.07	2.92	2.37	2.27
P%	上位葉			0.74	0.59	0.51	0.42	0.34	0.28
	中位葉		0.81	0.51	0.40	0.39	0.44	0.42	0.53
	下位葉	0.75	0.66	0.40	0.31	0.30	0.34	0.27	0.26
K%	上位葉			3.64	3.93	3.71	3.77	3.80	3.17
	中位葉		4.57	4.00	4.10	3.95	3.71	3.43	3.01
	下位葉	3.82	4.44	3.75	3.63	3.76	3.66	3.43	3.28
Ca%	上位葉			2.93	3.66	3.68	4.84	5.22	5.89
	中位葉		2.90	5.77	6.77	6.99	7.46	7.32	7.77
	下位葉	5.86	8.36	9.73	11.0	10.9	11.1	11.2	11.4
Mg%	上位葉			0.98	1.21	1.12	1.19	1.17	1.30
	中位葉		0.96	1.42	1.62	1.52	1.51	1.47	1.68
	下位葉	1.67	1.85	2.16	2.35	2.24	2.21	2.20	2.27

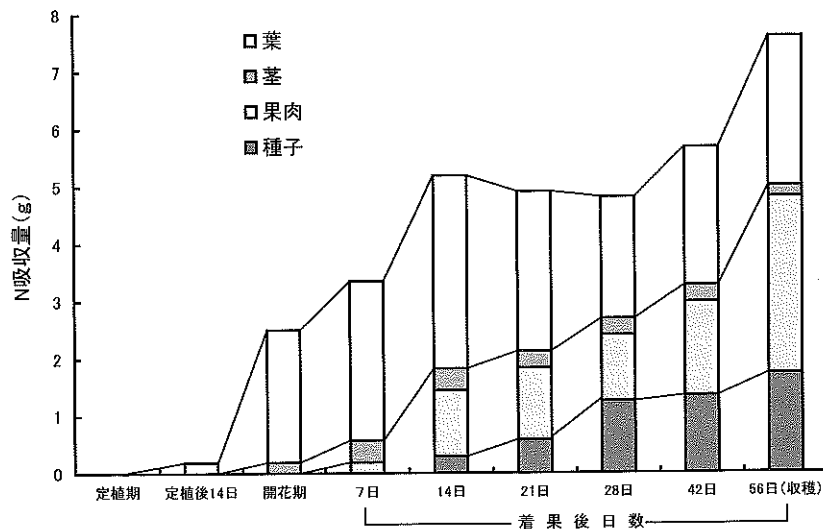


図1-1 ハウスメロンにおける1株当たりの器官別N吸収量

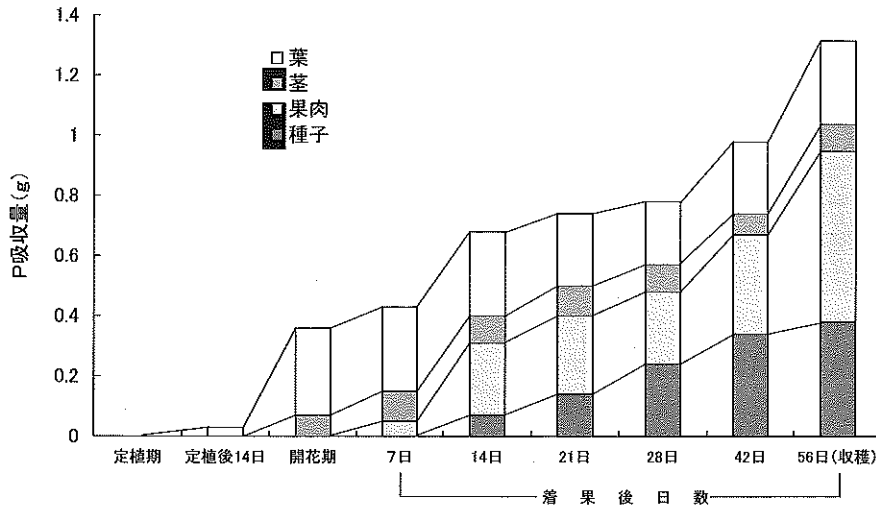


図1-2 ハウスメロンにおける1株当たりの器官別P吸収量

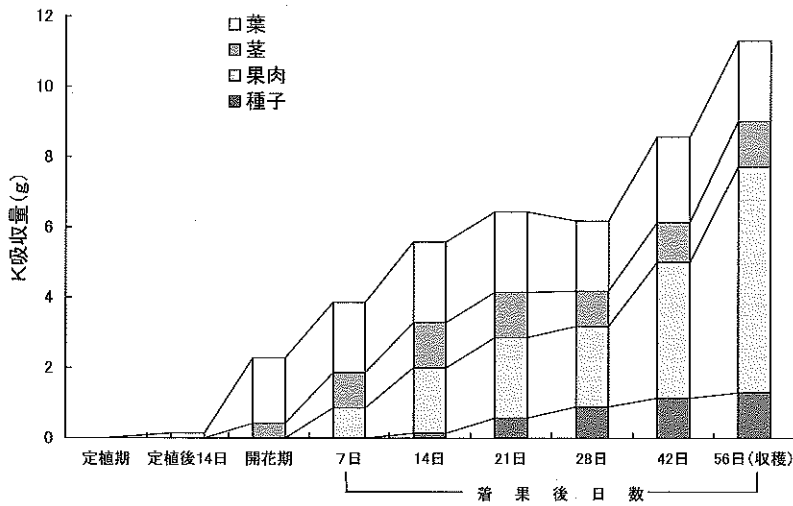


図1-3 ハウスメロンにおける1株当たりの器官別K吸収量の推移

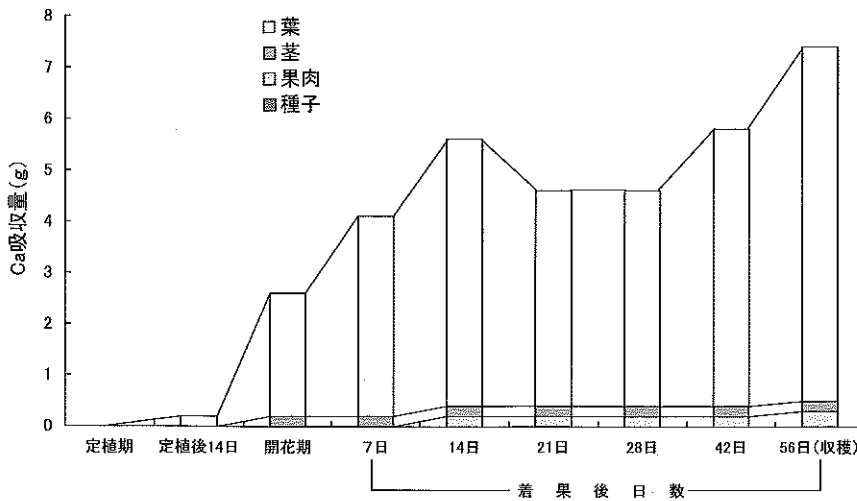


図1-4 ハウスメロンにおける1株当たりの器官別Ca吸収量

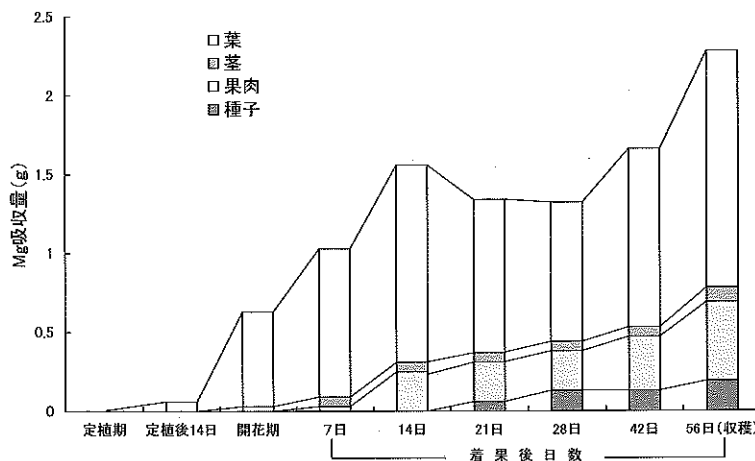


図1-5 ハウスメロンにおける1株当たりの器官別Mg吸収量の推移

表1-2 ハウスメロンにおける着果後の部位別乾物重(g)の推移

	開花期	着 果 後 日 数					
		7日	14日	21日	28日	42日	56日
上位葉		10.5	18.9	19.4	13.8	22.4	22.7
中位葉	19.8	19.6	24.0	22.9	20.3	26.6	37.4
下位葉	21.6	24.0	24.9	15.9	17.0	18.9	21.8
茎	10.5	15.2	19.5	18.3	14.8	18.9	21.8
果 肉		6.7	38.4	53.4	59.7	102.8	165.1
種 子			7.9	18.4	31.8	40.0	45.1

## 要 約

ハウスメロンは他作物に比較し、葉中カルシウム含有率およびマグネシウム含有率が高かった。また、ハウスメロンの2果どり栽培では、1果どりの場合より着果負担が大きくなり、株全体の養分吸収量のうち果実中存在する割合が高くなることが明らかとなった。したがって、着果以降急速に果実へ移行する成分では、根からの吸収が十分でない場合や、葉における蓄積量が少ない場合などには、葉の成分含有率が低下し、養分欠乏に起因する栄養障害が発生しやすくなると考えられる。

## 第2節 葉枯れ症の診断と対策

葉枯れ症は、ハウスメロンの半促成1本仕立て2果どり栽培に特に多く多発し、収穫間近になって上位葉から急速に枯れるため、果実の肥大や品質に悪影響を及ぼし、激しい場合には収穫皆

無となることもある(図1-6)。伊藤ら(1991)は、本症が着果以降に発生するマグネシウム欠乏症であることを明らかにした。

マグネシウム欠乏症の診断には、化学分析は有効な方法の一つであるが、その試料採取に際してメロンは作物体が大きく、試料調整に時間がかかる。また、1株に1果または2果しか着果させないため、株全体の採取は生産者の経済的損失が大きいため、現場での採取は困難な場合が多い。そこで、できるだけ少ない量で、適確に葉枯れ症の診断が可能な葉位を決定するとともに、葉枯れ症が発現する葉中マグネシウム含有率のレベルを検討した。また、診断によって葉枯れ症の発生を予測し、未然に防止する実用的な方法についても検討した。

### 1. 診断葉位の検討

#### 1) 材料および方法

供試品種は‘アムス’を用い、1/5000 a深型ワグネルポットで水耕栽培を行った。仕立て





図1-6 ハウスメロンの葉枯れ症

表1-3 基本培養液組成

$\text{Na}_2\text{HPO}_4 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$	1mM
$\text{K}_2\text{SO}_4$	3mM
$\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	2mM
$\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$	4mM
$\text{Fe}(\text{Fe-EDTA})^z$	1 ppm
$\text{Zn}(\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O})^z$	0.05ppm
$\text{Cu}(\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O})^z$	0.02ppm
$\text{B}(\text{H}_3\text{BO}_3)^z$	0.5 ppm
$\text{Mo}(\text{Na}_2\text{MoO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O})^z$	0.05ppm
$\text{Mn}(\text{MnSO}_4)^z$	0.5 ppm

z:( )内の試薬で培養液を作成した

法は1本仕立て2果どりとし、摘心は第21～24葉の間で行った。定植から着果節位開花期まで表1-3に示した基本培養液(Nukaya et al., 1983)で栽培し、その後マグネシウム( $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ )を欠除させた培養液で栽培する区とそのまま基本培養液で栽培を続ける区を設けた。試験は3連で行った。定植は1987年4月24日、着果節位開花期(処理開始)は5月26～28日であった。なお、着果節位は第13～16節の間に2果着果させた。6月4日にマグネシウム欠除区で葉枯れ症の初期症状が認められたので、6月5日に両区の株から葉位別に試料を採取し、

葉中マグネシウム含有率を測定した。

葉中マグネシウム含有率は、乾燥粉末試料の一定量を乾式灰化後1モル塩酸に溶解し、原子吸光法で定量した(伊藤, 1975c)。

## 2) 結果および考察

図1-7に、正常株(基本培養液区)と葉枯れ症発生株(マグネシウム欠除区)における葉位別マグネシウム含有率を示した。葉中マグネシウム含有率は、正常株、葉枯れ症発生株ともに下位葉で高く、上位葉になるほど低下した。また、同じ葉位のマグネシウム含有率を比較すると、正常葉に対する葉枯れ症葉の割合は第1葉では89.9%、第10葉では52.6%、第20葉では35.1%で、上位葉ほど小さく、したがって、葉中マグネシウム含有率の低下は上位葉ほど大きくなった。このことは、葉枯れ症が上位葉から発生する(伊藤ら, 1991)現象と一致した。伊東(1982)は、キクの窒素欠乏症を診断するには、窒素を欠除させた場合に、葉中窒素含有率の低下が著しく大きい下位葉をサンプリングするのが適当であると報告している。メロンのマグネシウム欠乏症を診断する場合でも、マグネシウムの欠除に最も敏感に反応する葉位を最適診断葉位と考えると、先端部の若い葉ほどよいことになる。しかし、着果節位開花期において先端に近い葉はまだ未展開のことが多く、1枚の乾物重が少なく分析が困難である。第16～18葉は着果節位開花期にすでに成葉となっており、分析するのに十分な量が確保できる。また、予備実験によると、これらの葉位のうち1枚を採取しても、果実の大きさ、糖度とも採取しなかった場合とほとんど差がなかった。これらのことから、葉枯れ症の診断には第16～18葉のうち1枚を採取し、分析すればよいと判断される。

## 2. 葉枯れ症の発現する葉中マグネシウム含有率

### 1) 材料および方法

供試品種、栽培方法、基本培養液組成は第2節1-1)と同様であった。定植から着果を確認するまでの間、基本培養液(マグネシウム濃度48.0ppm)で栽培し、その後培養液のマグネシウム濃度を0, 2.4, 4.8, 9.6, 48ppmの5段階

に変更した。試験は3連で行った。定植は1988年5月2日、着果節位開花期は6月1～5日、処理開始は6月3～7日であった。葉枯れ症は0 ppm区と2.4ppm区の一部で6月15日から発生し始めたので、6月15日と6月21日にそれぞれの区から第16～18葉を採取し、葉中マグネシウム含有率と葉枯れ症発生との関係を調査した。

2) 結果および考察

図1-8に、葉中マグネシウム含有率と葉枯れ

症発生との関係を示した。葉中マグネシウム含有率は培養液のマグネシウム濃度が低いほど低下した。外観的にみて葉枯れ症が発生した葉のマグネシウム含有率は0.08～0.19%であったのに対し、葉枯れ症が発生していない葉のマグネシウム含有率はすべて0.2%以上であった。このことから、葉枯れ症の発現レベルは、葉中マグネシウム含有率で0.2%付近にあると考えられた。

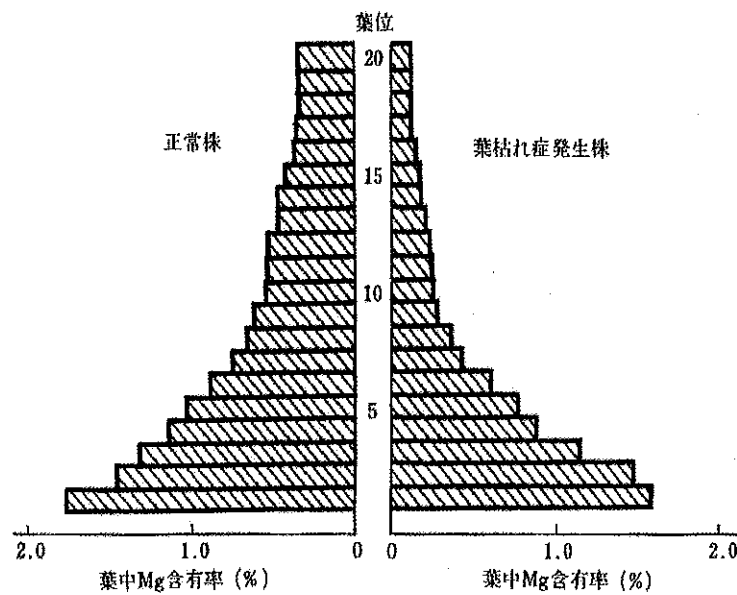


図1-7 ハウスメロンにおける正常株と葉枯れ症発生株における葉位別マグネシウム含有率

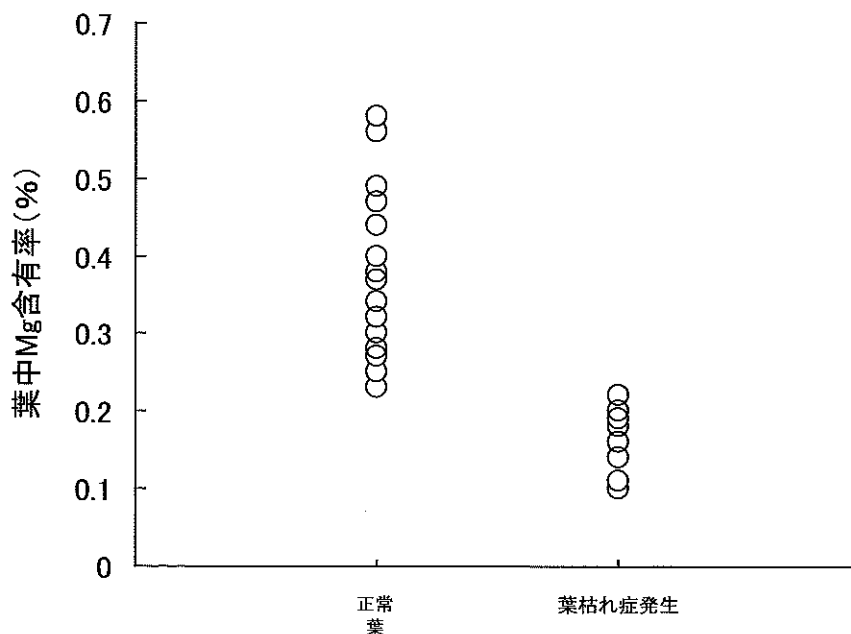


図1-8 ハウスメロンにおける葉枯れ症の発生と葉中Mg含有率との関係



### 3. 葉枯れ症の予防法

#### 1) 材料および方法

供試品種，栽培方法，基本培養液組成は第2節1-1)と同様である。定植から着果を確認するまでの間，基本培養液組成（マグネシウム濃度48ppm）で栽培し，その後培養液のマグネシウム濃度を0，9.6，24，48ppmの4段階に変更した。試験は3連で行った。定植は1989年5月2日，着果節位開花期は6月2～5日，処理開始は6月8日であった。0 ppm区でもまだ肉眼的には葉枯れ症の発生が認められない6月17日に各区から第18葉を採取し，葉中マグネシウム含有率を測定した（伊藤，1975c）。また，6月17日および6月22日に，48ppm区を除き2%硫酸マグネシウム水溶液を葉面散布し，葉枯れ症の発生状況，収穫果実の1果重，糖度を調査した。

#### 2) 結果および考察

要素欠乏法の発生予測に関する報告は少ないが，福元ら（1987）はリンゴについて，収穫期に果実に必要なカルシウムの量と幼果期に果実に存在するカルシウム量から計算し，ピターピットの発生予測を行っている。本報告においても，着果期以降マグネシウムの供給がなくても葉枯れ症の発生しない葉中含有率を計算により推定しようとした。図1-7が示すように葉枯れ症発生株では，どの葉位においてもマグネシウム含有率が正常株よりほぼ0.2%程度低い。葉の乾物重は，第1葉や第2葉でやや小さい以外はどの葉位もほぼ同程度であったので，果実にはすべての葉から同量のマグネシウムが移行していると仮定できた。そこで，収穫期にメロンの果実2果に存在するマグネシウム含有量を図1-5のデータから600mg，葉数を20枚とし，着果以降に根からのマグネシウムの吸収がないとすれば，葉1枚当たり30mgが果実に移行することになる。葉の乾物重がおのおの2.5 g程度なので，果実への移行により葉中マグネシウム含有率は1.2%下がることになる。2. の試験より葉中マグネシウム含有率が0.2%以下で葉枯れ症が発生すると考えると，開花期の葉中マグネシウム含有率が1.4%程度であっても，着果以降にマグネシウムの供給がない場合には葉枯れ症が発生することになる。したがって，着果期にどの葉において

も少なくとも1.5～1.6%以上の葉中マグネシウム含有率であることが望ましいと思われる。ところが，上位葉のマグネシウム含有率は，0.5～1%の範囲にあることが多く，通常の施肥では1.5%まで上昇させることは現実には困難である。葉枯れ症が発生しなかった株では，図1-5に示すように，着果後でも葉のマグネシウム含有量が減少していなかったことから，果実に必要なマグネシウム量は，葉からの転流だけでなく根からの吸収で補われていると考えられる。しかし，葉枯れ症が発生する場合は，根によるマグネシウムの吸収は果実の成熟に伴う必要量を満たすものではない。このような場合，マグネシウムの葉面散布が効果的な手段であると考えられる。しかし，予備実験を行ったところ，葉枯れ症は進行が速く，肉眼で初期症状を認めた時にはすでに葉中マグネシウム含有率が0.2%程度に低下してしまっており，葉面散布を行っても症状を軽減することはできなかった。高橋ら（1980）もプリンスメロンに発生した葉枯れ症に対し，マグネシウムの葉面散布を行ったが，その効果は明らかでなかったと報告している。これらのことから，症状が肉眼で認められる前に葉枯れ症の発生を予知し，葉面散布を行えば，葉枯れ症が防止できるのではないかと考えた。

表1-4に，マグネシウム葉面散布時における第18葉のマグネシウム含有率および収穫期の葉枯れ症の発生程度と葉中マグネシウム含有率を示した。葉面散布時は培養液のマグネシウム濃度処理開始後12～15日に行ったが，この時の第18葉のマグネシウム含有率は，培養液のマグネシウム濃度が低下するほど低かった。対照である48ppm区で0.49～0.56%に対し，0 ppm区で0.37～0.45%であったが，この時点ではどの区にも葉枯れ症の症状は認められなかった。しかし，これらの株をそのまま栽培すると葉枯れ症が発生し，収穫期には0 ppm区で枯死，9.6ppm区では枯死に至らないものの果実より上の葉がほとんど枯れた。また，24ppm区では果実より上位葉の葉脈間に褐色斑点が認められた。一方，マグネシウムの葉面散布を行った場合，どの区でも葉枯れ症の発生は全く認められず，収穫期における葉中マグネシウム含有率は無散布区より高かった。

さらに、表1-5に示したように、果実肥大初期から葉枯れ症が発生し症状の激しかった0 ppmおよび9.6ppm区では、1果重、糖度とも著しく低かった。また、果実肥大期以降に葉枯れ症の発生した24ppm区では、1果重は対照と差がなかったが、糖度はやや低下した。それに対し、マグネシウムの葉面散布を行うことにより、すべての区で1果重1 kg程度、糖度約14%の良果実を収穫することができた。

このように、0 ppm区でも、症状が認められる前の第18葉のマグネシウム含有率が0.37～0.45%の時期に、マグネシウムの葉面散布を行うと葉枯れ症の発生は完全に防止できた。したがって、着果後1～2週間目に第16～18葉のうち1枚を分析し、マグネシウム含有率が0.4%程度であれば、葉に症状が認められなくても2%硫酸マグネシウムを1～2回散布することにより、葉枯れ症の発生とそれによる品質低下が防止できると考えられる。

### 要 約

ハウスメロンにおける葉枯れ症の化学分析による診断法および防止法を検討した。

1) 第16～18葉は、下位葉に比較し、マグネシウム欠乏症が発生した場合、葉中マグネシウム

含有率の低下が大きく、かつ葉を採取しても果実の生育に悪影響を及ぼさないので、葉枯れ症の診断に適切と考えられる。

2) 葉枯れ症は、葉中マグネシウム含有率が0.2%付近で発現するものと思われる。

3) 着果後1～2週間目に第16～18葉のマグネシウム含有率が0.4%程度にまで低下している場合には、後で葉枯れ症発生の危険性が高いと考えられる。この時、2%硫酸マグネシウム液の葉面散布をすることにより、葉枯れ症を未然に防止することができる。

### 第3節 カルシウム欠乏症の診断法

メロンは、第1節に示したように、他の作物に比較し、葉中カルシウム含有率が著しく高く、1株当たりのカルシウム吸収量も多い。したがって、メロンにはカルシウム欠乏症が発生しやすと考えられ、現場でも葉、茎にカルシウム欠乏症と思われる症状が多発している。

栄養障害の診断法には、化学分析法、要素施用法、肉眼観察法などがある(清水, 1986, 1987)が、カルシウム欠乏症の診断法は明らかにされていない。そこで、本節では、カルシウム欠乏症の肉眼観察法による診断の資料とするため、水耕法によりカルシウム欠乏症を発現させ、

表1-4 ハウスメロンの葉枯れ症発生に対するMg葉面散布の効果

培養液の Mg濃度 (ppm)	葉面散布時の 葉中Mg含有率 (第18葉, %)	葉枯れ症の発生程度 (収穫期)		収穫期の葉中Mg含有率 (第17葉, %)	
		葉面散布	無散布	葉面散布	無散布
0.0	0.37～0.45	なし	枯死	0.81～0.93	0.16～0.23
9.6	0.38～0.49	なし	甚 <sup>y</sup>	0.95～1.17	0.24～0.34
24.0	0.48～0.55	なし	軽微 <sup>x</sup>	1.01～1.04	0.48～0.68
48.0 (対照)	0.49～0.56	— <sup>z</sup>	なし	—	0.66～0.84

z: 対照区のため葉面散布を行っていない

y: 果実より上の葉は枯死

x: 葉脈間に褐色斑点が認められる

表1-5 ハウスメロンの1果重及び糖度に対するMg葉面散布の効果

培養液の Mg濃度 (ppm)	1果重 (g)		糖度 (Brix, %)	
	葉面散布	無散布	葉面散布	無散布
0.0	1,170	864	13.8	10.4
9.6	1,068	884	13.7	11.8
24.0	980	1,022	13.7	12.2
48.0 (対照)	—	1,035	—	12.8

その進行過程を明らかにした。また、化学分析による診断を行う場合、メロンは作物体が大きく、試料調整に時間や労力がかかる。さらに、メロンは1株の着果量が少ないため、株全体の採取は経済的損失が大きいため農家が嫌うなど、試料採取に困難な点が多い。そこで、できるだけ少ない試料で適確に診断できる葉位を決定するとともに、カルシウム欠乏症が発生する葉中カルシウム含有率のレベルを明らかにした。

## 1. カルシウム欠乏症の発生経過

### 1) 材料および方法

供試品種は‘アムス’を用い、1/5000 a 深型ワグネルポットにより水耕栽培を行った。作型、仕立て法は、半促成栽培1本仕立て2果どりとし、摘心は第21～24葉の間で行った。着果節位は第13～16節で、その間に2果着果させた。定植から着果節位開花期までは表1-3に示した基本培養液 (Nukaya et al., 1983) で栽培し、その後カルシウム源である硝酸カルシウムを欠除させた。硝酸カルシウムの窒素源の代替えとして、硝酸ナトリウムおよび硝酸カ



1. 茎の水浸状褐変



2. 側枝先端葉の黄化



3. 側枝先端葉の葉脈間枯死

図1-9 ハウスメロンにおけるカルシウム欠乏症の発生過程



図1-10 ハウスメロンの正常株とカルシウム欠乏株における根の状態

表 1-5 ハウスメロンの正常株とカルシウム欠乏株における吸収量の変化

	Ca 欠 乏 処 理 後 日 数 (日)			
	0~4	4~8	9~12	13~15
	(L)	(L)	(L)	(L)
Ca 欠 乏 株	3.24 ± 0.06	0.63 ± 0.25	0.34 ± 0.11	0.20 ± 0.03
正 常 株	3.98 ± 0.05 <sup>z</sup>	3.68 ± 0.12	4.16 ± 0.11	2.54 ± 0.21

z: 平均値 ± 標準誤差

表 1-6 ハウスメロンの正常株とカルシウム欠乏株における根の酸素消費量

	酸素消費量 (mg/ g · dw/ h)
Ca 欠 乏 株	3.13
正 常 株	5.10

リウムを用いた。pHは6.0に調整した。試験は3連で行った。定植は1987年4月24日、着果節位開花期(処理開始期)は5月26~28日であった。

カルシウムを欠除させた区で発生した症状を発生時から観察し、写真に記録した。さらに、カルシウム欠除区の株には根の異常が認められたので、O<sub>2</sub>アップテスター(大洋科学工業製)を用いて根の酸素消費量を測定した。

## 2) 結果および考察

まず、カルシウム欠除処理後8日に茎の先端から5 cm程度下の部分が褐変し、水浸状を示して折れ曲がった(図1-9-1)。ついで、側枝の先端葉から黄化し始め(図1-9-2)、その後葉脈間が褐変枯死した(図1-9-3)。続いてこの症状は、親づるの先端葉に発生した。また、この頃より株全体が萎れ始めた。根を観察すると、カルシウム欠除させた場合には根の組織が崩壊しているのが認められた(図1-10)。また、吸水量も減少した(表1-6)。この時の根の活性を示す指標として根の酸素消費量を測定したところ、カルシウム欠乏症発生株では明らかに酸素消費量が少なかった(表1-7)。

一般に、カルシウムは植物体内での易動性が低いため、欠乏症は新しい組織から発生する(渡辺, 1983, 1986; 高橋ら, 1980)。メロンでも上位葉から発生することが多い(清水, 1990; JA全農肥料農薬部, 1992)。しかし、本試験では葉よりも先に茎で症状が発生した。メロンのマグネシウム欠乏症を水耕法で発現させた場合、生育初期からマグネシウムを欠除させると

下位葉から発生するが、着果節位開花期以降に欠除させると上位葉から発生した(伊藤ら, 1991)。本試験では摘心後にカルシウム欠除処理を開始しており、これがカルシウム欠乏症の発生部位が通常と異なった一因と考えられた。

## 2. 診断葉位の検討

### 1) 材料および方法

供試品種、栽培方法、基本培養液組成、定植日、着果節位開花期(処理開始期)は第3節1-1)と同様であった。

処理区は、定植から着果節位開花期まで基本培養液で栽培し、その後カルシウムを欠除した培養液で栽培する区とそのまま基本培養液で栽培を続ける区を設けた。試験は3連で行った。

カルシウム欠乏症は6月2日にカルシウム欠除区で認められ、6月5日に両区の株から葉位別に試料を採取し、葉中カルシウム含有率を測定した。葉中カルシウム含有率は、試料の一定量を灰化後、1モル塩酸に溶解し、原子吸光法で測定した(伊藤, 1975b)。

### 2) 結果および考察

図1-11に正常株とカルシウム欠乏株の葉位別カルシウム含有率を示した。カルシウム含有率は、正常株、カルシウム欠乏株とも下位葉ほど高く、上位葉になるほど低下した。また、正常株、カルシウム欠乏株におけるカルシウム含有率を同じ葉位で比較した場合、正常葉に対するカルシウム欠乏葉の割合は、上位葉になるほど小さく、したがって葉中カルシウム含有率の低下は上位葉ほど大きくなった。伊東(1982)は、

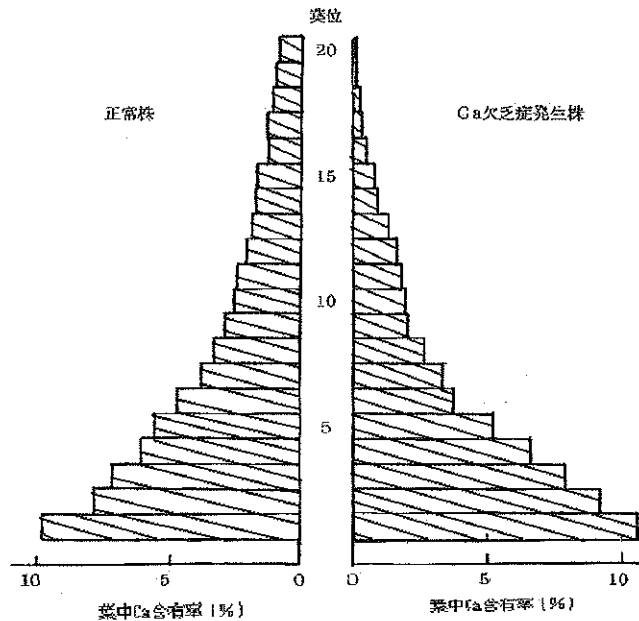


図1-11 正常株とカルシウム欠乏株における葉位別カルシウム含有率

キクの窒素欠乏を診断するのに、窒素を欠除した場合に葉中窒素含有率の低下割合が大きい部位を最適診断葉位としている。メロンのカルシウム含有率を診断するのも葉中カルシウム含有率低下が大きい葉位が最適であると考え、先端の若い葉が適当であることになる。また、カルシウム欠乏症の診断時期は、現場でのカルシウム欠乏類似症状が着果以降に発生していることから、まだ発生のみられない着果節位開花期がよいと考えられる。しかし、この時期の先端葉は未展開で乾物重が小さい。また、上位葉の採取はその後の果実の肥大、品質に悪影響を及ぼすことが懸念される。第16～18葉は、先端に近くカルシウム欠乏に敏感である上に、着果節位開花期にはすでに成葉になっている。また、予備試験の結果から第16～18葉のうち1枚を採取しても果実肥大や品質が低下しなかったことから、カルシウム欠乏症の診断には第16～18葉のうち1枚を採取すればよいと考えられた。これは、第2節で述べたように、メロンの葉枯れ症を診断する場合に最適と考えられる診断葉位と同じであった。

### 3. カルシウム欠乏症の発現する葉中カルシウム含有率

#### 1) 材料および方法

供試品種、栽培方法、基本培養液組成は第3

節1-1)と同様である。定植から着果を確認するまでの間、基本培養液組成（カルシウム濃度160ppm）で栽培し、その後培養液のカルシウム濃度を0、16、32、160ppmの4段階に変更した。試験は3連で行った。定植は1988年5月2日、着果節位開花期は6月1～5日で、処理開始は6月3日とした。カルシウム欠乏症状は、培養液のカルシウム濃度0、16ppm区で処理後8日より茎に、12日には葉に発生し始めたので、処理後8日および12日にそれぞれの区から第16～18葉を採取し、葉中カルシウム含有率とカルシウム欠乏症発生との関係を調査した。

#### 2) 結果および考察

図1-12に葉中カルシウム含有率とカルシウム欠乏症発生との関係を示した。外観的に見て茎に欠乏症が発生し始めた処理後8日では、カルシウム欠乏発生株の第16～18葉におけるカルシウム含有率は0.56～1.26%であったのに対し、正常株では1.09～2.68%の範囲にあった。さらに症状が進行し、処理後12日には葉に欠乏症が発生し始めた。症状が認められた葉のカルシウム含有率は0.85%以下で、0.91%以上では症状が認められなかった。このことから、第16～18葉のカルシウム含有率が1.3%以下では葉に症状が認められても茎にカルシウム欠乏症が発生するものと考えられた。また、葉中カルシウム含有率が0.9%以下でカルシウム欠乏症の発生

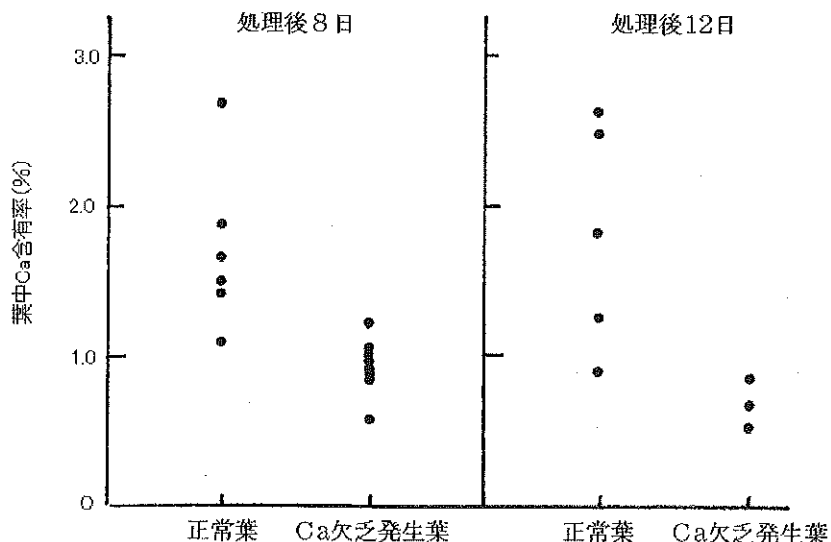


図1-12 ハウスメロンにおけるカルシウム欠乏症発生と葉中カルシウム含有率との関係

経過の項で示したような症状が認められた場合はカルシウム欠乏症と判断できると考えられた。

カルシウムは作物体内で動きにくいいため、欠乏症発生後における葉面散布の効果は小さい(渡辺, 1983; 清水, 1990)。現状では、作付け前の土壌診断により、石灰質資材の施用や塩基のアンバランスの是正などを行うのが最良の方法と考えられる。しかし、適正施肥を行ってもハクサイやキャベツの心腐れ症のように、作物体の生育速度や気象条件によって発生するカルシウム欠乏症もあるので(渡辺, 1983)、今後は発生後の対策に関する検討が必要であると思われる。

## 要 約

メロンの着果以降に発生するカルシウム欠乏症の発生経過と化学分析による診断法を検討した。

1) メロンを水耕栽培し、着果以降に培養液のカルシウムを欠除させた。欠乏症は、まず茎に現れ、その症状は摘心位置から5~10cm程度下の部分が水浸状に褐変し、折れ曲がった。ついで、側枝の先端葉が全体に黄化し、その後葉脈間が褐変枯死した。さらに、この症状は親づるの先端葉にも発生した。また、株全体が萎れ、最終的に枯死した。

2) カルシウム欠乏症の診断には、開花期に第16~18葉のうち1葉を採取し、葉中カルシウ

ム含有率を測定すればよいと考えられた。

3) 第16~18葉のカルシウム含有率が1.3%以下になると葉に症状が認められなくても茎にカルシウム欠乏症が発生すると考えられた。また、葉中カルシウム含有率が0.9%以下になると葉に欠乏症が発生し始めると考えられた。

## 第4節 他の要素欠乏・過剰症の肉眼的観察による診断法

栄養障害の診断法には、化学分析法、要素施用法、肉眼観察法などがあり(清水, 1990)、この中で、現場で最も容易に活用できるのは肉眼観察による診断法である。この方法は、栄養障害の写真と対比しながら、肉眼観察により診断をするものであり、これまでも栄養障害の写真を掲載した書籍など(Bergmann, 1991, 1992; JA全農肥料農薬部, 1992; 農林水産省農産園芸局農産課, 1983a,b; Roorda van Eysinga et al., 1981; 清水, 1990; 高橋ら, 1980; 渡辺, 1983, 1986)を用いて診断が行われてきた。しかし、メロンの栄養障害に関しての事例は少なく、あっても典型的か最終的な症状を示したものがほとんどである(JA全農肥料農薬部, 1992; 清水, 1990)。したがって、これらの知見によって栄養障害の原因が明らかにされたとしても、防止対策の効果は小さく、診断結果は次作以降に活用されることが多い。しかし、障害を



できるだけ早い時期に発見することができれば、当該期の作付けにおける被害を最小限に食い止めることが可能と考えられる。そこで、肉眼観察による早期診断の資料とするため、主要な要素欠乏症及び過剰症を水耕法により発現させ、その進行過程を明らかにしたので報告する。

## 1. 養分欠乏症の特徴と葉中無機成分含有率

### 1) 材料および方法

供試品‘アムス’を用い、作型、仕立て法は半促成栽培1本仕立て2果どりとし、表1-3に示した基本培養液で水耕栽培を行った。試験規模は15L容ポットを用い、3連で実施した。

カリウム欠乏処理は着果節位開花期以降、ホウ素欠乏症は定植後14日以降に、これらの要素を欠除させた。障害は発生時からその症状を観察し、写真に記録した。また、葉分析を行ってこれらの障害が当該元素の欠乏症であることを確認した。リンはバナドモリブデン酸法(岡部, 1975a)、カリウムは炎光光度法(伊藤, 1975a)、ホウ素はクルクミン比色法(吉田, 1975)、その他の元素は原子吸光法(伊藤, 1975b, c, d; 岡部, 1975b; 串崎・木内, 1975; 越野, 1975)で測定した。

### 2) 結果および考察

#### (1) カリウム欠乏症

最初、葉縁に褐色斑点が発生した(図1-13-1)。その斑点が次第に拡大して葉縁が枯死し、その後葉脈間が黄化した(図1-13-2)。症状は着果節位より上位の葉から発生し、続いて着果節の側枝に現れた。

カリウムは作物体内を移動しやすいので、欠乏症は下位葉から発生することが多い(清水, 1990; 高橋ら, 1980; 渡辺, 1983, 1986)。また、メロンでも‘アムス’以外の品種ではカリウム欠乏症は下位葉から発生しているが、‘アムス’では発生が認められないことが報告されている(JA全農肥料農薬部, 1992)。「アムス」において、第1章第1節で述べたように、着果以降カリウムは急速に果実へ蓄積されるので、本試験のように着果前から移行し、葉にカリウム欠乏症が発生するものと思われる。この場合、「アムス」のカリウム欠乏症は他の作物、品種とは異なり、着果以降上位葉から発生し、このこと

は大きな特徴といえる。

カリウム欠乏症の発生した葉は同じ葉位(第18葉)の正常葉に比較し、カリウム含有率は約1/9と低かったが、リン、カルシウム、マグネシウム含有率は約2倍であった(表1-8)。

#### (2) ホウ素欠乏症

初期には、上位葉の葉色が濃くなり、硬くこわばった症状を示した。その後葉数は増加するが、節間が伸長せず叢状となり(図1-14-1)、先端葉の葉縁が灰色になり生長点が徐々に枯れ込んだ(図1-14-2)。新しく展開した葉は切れ込みがなく、細長くなった(図1-14-3)。すでに展開していた葉は、節間伸長が停止した頃から、モザイク状に黄化し(図1-14-4)、さらに症状が進むと葉全体が黄化した(図1-14-5)。また、茎はもろく、巻きひげには亀裂が入った。

メロンのホウ素欠乏症状については、先端部の生育阻害、茎の硬化、茎における亀裂発生が報告されている(清水, 1990)が、本試験ではこれらの症状が発生する前に上位葉の葉色が濃くなり、硬くこわばることを認めており、このことは早期診断のポイントとなると考えられる。

ホウ素欠乏症発生株の葉中ホウ素含有率は正常株の1/6~1/3で、特に上位葉で低かった(表1-9)。

これまでに現地で調査したメロンの葉中ホウ素含有率は、30~60ppm程度であることが多い。これに比較し、本試験における葉中ホウ素含有率は高く、ホウ素は水耕と土耕で葉中含有率に差がある可能性もあり、今後検討を要する。

## 2. 養分過剰症の特徴と葉中無機成分含有率

### 1) 材料および方法

供試品‘アムス’を用い、作型、仕立て法は半促成栽培1本仕立て2果どりとし、表1-3に示した基本培養液で水耕栽培を行った。試験規模は15L容ポットを用い、3連で実施した。

マグネシウム、マンガン、銅、ホウ素の過剰処理は定植後14日から行い、マグネシウムは基本培養液の10倍(Mg 480ppm)、マンガン、銅、基本培養液の100倍(Mn 50ppm, Cu 2 ppm, Mn 50ppm)液に切り替えた。障害は発生時からその症状を観察し、写真に記録した。また、葉分析を行ってこれらの障害が当該元素の過剰

症であることを確認した。リンはバナドモリブデン酸法 (岡部, 1975a), カリウムは炎光度法 (伊藤, 1975a), ホウ素はクルクミン比色法 (吉田, 1975), その他の元素は原子吸光法 (伊藤, 1975b, c, d; 岡部, 1975b; 串崎・木内, 1975; 越野, 1975) で測定した。

## 2) 結果および考察

### (1) マグネシウム過剰症

最初, 第5~8節の葉全体に細かい白色斑点が発生し, その後斑点は褐変した (図1-15-1). 続いて第5葉以下では葉縁から不定形に黄化が始まり (図1-15-2), その後葉脈周辺を残して黄化した (図1-15-3). さらに中位葉では葉脈間に白色の斑紋が発生した. この症状はカルシウム欠乏症と類似していた (図1-15-4). また, この頃から上位葉では葉脈間の退色が観察された (図1-15-5).

マグネシウム過剰症の発生した葉のマグネシウム及びリン含有率は正常株に比較して高く, マグネシウムは約4倍, リンは2倍程度となった. また, カリウム, カルシウム含有率は約1/2に低下した (表1-10). カルシウム欠乏に類似した症状が発生した葉を分析した結果, カルシウム含有率はいずれも0.9%以下であり (データ省略), この症状はカルシウム欠乏症と考えられた. これはマグネシウムの過剰により, カルシウムの吸収が阻害されたために生じたものと思われる.

### (2) マンガン過剰症

最初, 上位葉がウィルス病に侵されたように萎縮し, 葉脈が褐変した (図1-16-1,2,3). 続いて, これらの葉全体が黄化した (図1-16-4). この頃から下位葉の茎, 葉柄の毛茸の基部に褐色の斑点が観察され (図1-16-5), その後, 茎, 葉柄には褐色の状が入った (図1-16-6). 下位の茎, 葉柄に褐色斑点が認められた頃から, 下位葉は全体に褐色を帯び始め, 細かい褐色斑点が発生し, 輪郭が不明瞭な黄色斑が現れた (図1-16-7).

清水 (1990) は, メロンにおけるマンガン過剰症は下葉の葉脈及び茎や葉柄の毛茸の基部がチョコレート色に変色するとしている. 本試験ではそれ以前に上位葉の萎縮, 黄化を認めており, この点を確認することでマンガン過剰症

の早期診断が可能であると考えられた.

マンガン過剰症発生株の葉中マンガン含有率は, 正常株の6~8倍となり, 上位葉, 下位葉とも1,000ppm以上であった. また, 他の無機成分は正常株に比較し高いものが多かったが, カルシウム及び鉄含有率は低く, 約1/2であった (表1-11).

### (3) 銅過剰症

上位葉の葉全体が黄化し (図1-17-1,2), 続いて下位葉が萎凋した. 葉の黄化は上位葉から下位葉へと進展し, 最後には株全体が黄化した (図1-17-3). 草丈の伸長は緩慢で, 展開葉は小さかった.

清水 (1990) は, メロンの銅過剰症は下位葉から黄化し始めるとしている. 本試験においては, 上位葉から発生し始めており, 今後この点について, 品種, 処理濃度, 処理開始時期の違いなどを考慮した検討が必要と考えられる.

銅過剰症発生株の葉中銅含有率は, 正常株の12~17倍で, 特に上位葉で高かった. 他の無機成分は正常株に比較し高い傾向が認められたが, カルシウム及び鉄含有率は低かった (表1-12).

### (4) ホウ素過剰症

最初, 上位葉が上向きのカップ状になり (図1-18-1,2), 続いて下位葉の葉縁が枯死した (図1-18-3). 下位葉の症状が進むと葉脈間に白色斑点が発生した (図1-18-4). 新しく展開した葉は全体に丸みを帯び, 葉縁の黄化がみられた (図1-18-5). 最終的に草丈は正常なものと差がなかったが, すべての葉は小さく, 葉縁が枯れ, 葉脈間が黄化した (図1-18-6).

メロンのホウ素過剰症状は下葉の葉縁が黄褐変する (清水, 1990) が, 本試験ではそれ以前に上位葉が上向きのカップ状になることを認めており, この点がホウ素過剰症の早期診断に活用できると考えられる.

ホウ素過剰症発生株の葉中ホウ素含有率は, どの葉位においても正常株の20倍前後であった. また, 葉中リン含有率は正常株の3~5倍, 亜鉛含有率は1.5倍程度と高かった (表1-13).



1. 着果節位より上位の葉の葉縁に褐色斑点が発生する。



2. 褐色斑点は次第に拡大して葉縁が枯死し、その後葉脈間が黄化する。

図1-13 メロン‘アムス’のカリウム欠乏症



1. 節間が伸長せず、叢状となる。



2. 先端葉の葉縁が灰色になり、生長点が徐々に枯れ込む。



3. 新しく展開した葉は切れ込みがなく、細長くなる。



4. すでに展開していた葉はモザイク状に黄化する。



5. さらに症状が進むと葉全体が黄化する。

図1-14 メロン‘アムス’のホウ素欠乏症





1. 第5～8節の葉全体に細かい白色斑点が発生し、その後斑点は褐変する。



2. 第5葉以下では葉縁から不定形に黄化が始まる。



3. その後葉脈周辺を残して黄化する。



4. 中位葉では葉脈間に白色の斑紋が発生する。



5. 上位葉では葉脈間の退色が観察される。

図1-15 メロン‘アムス’のマグネシウム過剰症





1. 上位葉がウイルス病に侵されたように萎縮する.



2. 上位葉の葉脈が褐変する.



3. 上位葉の状況.



4. その後, 上位葉の葉全体が黄化する.



5. 下位の茎, 葉柄の毛茸の基部に条が入る.



6. その後, 茎, 葉柄には褐色の斑点が観察される.



7. 下位葉は全体に褐色を帯び始め, 細かい褐色斑点が発生し, 輪郭が不鮮明な黄色斑が現れる.

図1-16 メロン‘アムス’のマンガン過剰症



1. 上位葉の葉全体が黄化する.



2. 上位葉の状況.



3. 葉の黄化は上位葉から下位葉へと進展し、最後株全体が黄化する.

図1-17 メロン‘アムス’の銅過剰症





1. 上位葉が上向きのカップ状になる。



2. さらに進むとカップ化が顕著になる。



3. 続いて下位葉の葉縁が枯死する。



4. 下位葉の症状が進むと葉縁が枯死する。



5. 新しく展開した葉は全体に丸みを帯び、葉縁が黄化する。



6. 最終的にはすべての葉が小さく、葉縁が枯れ、葉脈間が黄化する。

図1-18 メロン‘アムス’のホウ素過剰症

表1-8 メロン‘アムス’のカリウム欠乏葉における葉中無機成分含有率

	P (%)	K (%)	Ca (%)	Mg (%)
K欠乏葉 <sup>z</sup>	0.75	0.40	2.89	0.72
正常葉 <sup>z</sup>	0.43	3.43	1.72	0.44

z: 第18葉

表1-9 メロン‘アムス’のホウ素欠乏発生株における葉中無機成分含有率

	P (%)	K (%)	Ca (%)	Mg (%)	Mn (ppm)	Cu (ppm)	Zn (ppm)	Fe (ppm)	B (ppm)	
B欠乏株	上位葉 <sup>z</sup>	0.51	2.61	3.16	0.64	93	7.8	93	113	27
	中位葉 <sup>y</sup>	0.67	3.07	3.47	0.68	130	6.6	74	85	32
	下位葉 <sup>x</sup>	0.45	2.82	7.41	1.13	267	6.9	88	93	56
正常葉	上位葉 <sup>z</sup>	0.36	1.96	4.50	0.57	85	7.3	75	127	165
	中位葉 <sup>y</sup>	0.34	2.37	6.78	0.84	184	6.1	83	139	158
	下位葉 <sup>x</sup>	0.28	3.20	8.89	1.16	269	4.3	79	122	174

z: 第17葉以上 y: 第10~16葉 x: 第9葉以下

表1-10 メロン‘アムス’のマグネシウム過剰葉における葉中無機成分含有率

	P (%)	K (%)	Ca (%)	Mg (%)
Mg過剰葉 <sup>z</sup>	0.84	2.75	1.78	2.43
正常葉 <sup>z</sup>	0.37	4.11	3.21	0.61

z: 第9葉

表1-11 メロン‘アムス’のマンガン過剰症発生株における葉中無機成分含有率

	P (%)	K (%)	Ca (%)	Mg (%)	Mn (ppm)	Cu (ppm)	Zn (ppm)	Fe (ppm)	
Mn過剰株	上位葉 <sup>z</sup>	1.03	2.98	2.22	0.65	1051	10.6	162	69
	下位葉 <sup>y</sup>	0.69	3.27	5.15	1.05	1477	7.4	87	74
正常株	上位葉 <sup>z</sup>	0.35	2.17	5.64	0.71	135	6.7	79	133
	下位葉 <sup>y</sup>	0.31	2.79	7.84	1.00	227	5.2	81	131

z: 第10葉以上 y: 第9葉以下

表1-12 メロン‘アムス’の銅過剰症発生株における葉中無機成分含有率

	P (%)	K (%)	Ca (%)	Mg (%)	Mn (ppm)	Cu (ppm)	Zn (ppm)	Fe (ppm)	
Cu過剰株	上位葉 <sup>z</sup>	1.17	4.96	1.70	0.84	192	117	165	58
	下位葉 <sup>y</sup>	0.63	3.66	6.45	1.44	414	63	73	61
正常株	上位葉 <sup>z</sup>	0.35	2.17	5.64	0.71	135	6.7	79	133
	下位葉 <sup>y</sup>	0.31	2.79	7.84	1.00	227	5.2	81	131

z: 第10葉以上 y: 第9葉以下

表1-13 メロン‘アムス’のホウ素過剰症発生株における葉中無機成分含有率

	P (%)	K (%)	Ca (%)	Mg (%)	Mn (ppm)	Cu (ppm)	Zn (ppm)	Fe (ppm)	B (ppm)	
B過剰株	上位葉 <sup>z</sup>	0.90	2.66	2.83	0.73	84	8.1	127	105	3278
	中位葉 <sup>y</sup>	1.21	2.94	3.50	0.73	201	7.9	130	101	2720
	下位葉 <sup>x</sup>	1.13	2.96	7.42	1.20	277	5.9	112	81	4083
正常葉	上位葉 <sup>z</sup>	0.36	1.96	4.50	0.57	85	7.3	75	127	165
	中位葉 <sup>y</sup>	0.34	2.37	6.78	0.84	184	6.1	83	139	158
	下位葉 <sup>x</sup>	0.28	3.20	8.89	1.16	269	4.3	79	122	174

z: 第17葉以上 y: 第10~16葉 x: 第9葉以下

## 要 約

メロン‘アムス’の肉眼観察による早期診断に資するため、主要な要素の欠乏症、過剰症を水耕法により発現させ、それらの初期症状を明らかにした。

1) カリウム欠乏症は、着果節位より上位の葉の葉縁に褐色斑点が発生した。

2) ホウ素欠乏症は、上位葉の葉色が濃くなり、硬くこわばった症状を示した。

3) マグネシウム過剰症は、第5～8節の葉全体に細かい白色斑点が発生し、その後斑点は褐変した。

4) マンガン過剰症は、上位葉がウィルス病に侵されたように萎縮し、葉脈が褐変した。続いて、これらの葉全体が黄化した。

5) 銅過剰症は、上位葉の葉全体が黄化し、続いて下位葉が萎凋した。

6) ホウ素過剰症は、上位葉が上向きのカップ状になり、続いて下位葉の葉縁が枯死した。

## 第2章 ブドウ‘デラウェア’におけるカリウム欠乏症の診断と対策

島根県で栽培されているブドウ品種は‘デラウェア’が中心で、その栽培面積の約80%が加温栽培されている。また、加温面積の約50%が12月中旬～1月中旬に加温を開始する超早期～早期加温栽培であり、これらの作型では他の作型に比較し生育が劣ったり、様々な生理障害が多発している(小豆沢, 1988, 1995; 小豆沢ら, 2003; 高橋・倉橋, 1987)。中でも果粒肥大期以降、元葉の葉縁黄化や枯死、落葉などの症状が見られ、果実品質が低下する障害が多発し、問題となっている。この生理障害は、症状、葉分析結果および再現試験からカリウム欠乏症と判断されている(藤本未発表)。藤本ら(2002)は、早期加温栽培は普通加温栽培に比較し、開花期の葉中窒素、カリウムおよびカルシウム含有率が明らかに低いと報告している。また、小豆沢ら(2003)は、超早期加温栽培では生育初期に葉身の窒素含有率が低く、成熟期には加里、石灰およびマグネシウム含有率が低いことを明らかにし、この理由とし

て超早期加温栽培では地温が低いので新根の密度が低くなり、無機成分の吸収量が少なくなるためとしている。

カリウム欠乏症の対策としては、加里肥料の施用や葉面散布などが考えられるが、その後の症状の進行や発生を防止することはできても、すでに症状が発生した葉やカリウム欠乏症に由来する果実の品質低下に対してはあまり効果がない。また、カリウム欠乏症が発生した葉は落葉が早い。元葉の早期落葉は次年度の生育にも悪影響を及ぼすため(高橋, 1993)、症状発生を回避することが重要と考えられる。

近年、野菜(六本木, 1991, 1992, 1998; 建部ら, 2001; 山田ら, 1995, 1996)や花き類(古口ら, 2000; 伊藤ら, 2000)において葉柄汁液や葉柄汁液を用いた栄養診断が行われるようになった。また、果樹でもイチジク(瀧, 2000, 2001, 2003)、ウンシュウミカン(杉本ら, 2005)で窒素栄養診断が試みられている。これらは、小型反射式光度計やコンパクトイオンメーターなどの簡易な分析機器を用い、葉柄汁液や葉柄汁液中の成分濃度を迅速に測定し、作物体の栄養状態を把握して、追肥量の決定などに活用されている。同様に、加温栽培‘デラウェア’においても、葉柄汁液または葉柄汁液診断により樹体内のカリウム栄養を把握することができれば、カリウム欠乏症の発生予測や防止に活用できると考えられる。そこで、葉柄汁液中カリウム濃度が樹体内のカリウム栄養状態を反映しているかどうかを検討した。

また、カリウム欠乏症は、果粒肥大期以降に発生するケースが多く、開花期にはまだ症状が肉眼的に観察されないことが多い。そこで、まだ症状が認められない開花期の葉柄汁液中カリウム濃度を測定し、その値からカリウム欠乏症の発生を予測を試みた。さらに、島根県では開花盛期～ジベレリン後期、処理期に追肥を行うが、開花期にカリウム欠乏症の発生を予測することができれば、追肥で不足分を補えるのではないかと考え、その可能性について検討した。

## 第1節 葉柄汁液診断のための 試料調製法と最適採取葉位

### 1. 葉柄汁液診断のための試料調製法

#### 1) 材料および方法

##### (1) 浸出方法

供試樹は雨よけ栽培8年生‘デラウェア’1樹で、1999年5月24日に中庸な生育を示す新梢100本から第5葉を採取し、その葉柄を2～5mmにスライスした。この葉柄切片を材料として、ニンニク絞り器で搾汁した液を5倍に希釈した区、葉柄切片に4倍量の純水を加え磨砕した区、葉柄切片に4倍量の純水を加え磨砕後ろ過した区、および葉柄切片に4倍量の純水を加え一昼夜浸漬した区の4区を設けた。

それぞれの方法により得られた液のカリウム濃度は、小型反射式光度計(RQフレックス, Merck社製)を用いて測定し、得られた値を5倍して、葉柄汁液中カリウム濃度とした。

##### (2) 浸出時間の検討

10年生雨よけ栽培‘デラウェア’1樹を供試し、2005年4月9日に、中庸な生育を示す新梢を100本選び、その第5葉の葉柄を2～5mmにスライスし、生重2.5gに対し10mlの純水を加えた。これを手で時々振とうし、30分、1時間、3時間、6時間、12時間、18時間および24時間後に小型反射式光度計を用いて上澄み液のカリウム濃度を測定した。対照として、葉柄切片2.5gに純水を10ml加え、磨砕後ろ過した液のカリウム濃度を測定した。葉柄汁液中カリウム濃度は、測定値を5倍したものとした。

#### 2) 結果および考察

##### (1) 浸出方法

浸出方法の違いによる試料液中カリウム濃度を表2-1に示した。

試料液中カリウム濃度は、どの方法でも搾汁液と同等の濃度を得ることができた。しかし、磨砕後ろ過する方法は作業が繁雑である上、ろ

過の時間も必要である。また、葉柄に純水を加え磨砕する方法は採取当日に測定値を得ることができるが、磨砕後ろ過する方法と同様作業が繁雑である。一方、葉柄切片に純水を加え一昼夜浸漬する方法は、測定値を得ることができるのは採取の翌日になるが、乳鉢で1点ずつすりつぶす必要がない。したがって、葉柄汁液中カリウム濃度を測定するための実用的な浸出方法は、葉柄切片に純水を加え、一昼夜浸漬する方法が適当と考えられた。

##### (2) 浸出時間の検討

葉柄切片に純水を加えた後の浸漬時間を短縮するために、浸漬時間を変え、得られた試料液のカリウム濃度を測定した。その結果を図2-1に示す。

試料液中カリウム濃度は、浸漬時間が長くなるほど高くなったが、磨砕後ろ過した液と同等の値が得られたのは24時間のみであった。

瀧(2003)は、イチジクのリアルタイム窒素栄養診断において、1gの葉柄を5片にスライスし、5mlの蒸留水に2時間浸漬した検液の硝酸濃度は、葉柄磨砕液の濃度の約1/10であることを明らかにし、簡便な試料採取法として有効であるとしている。本試験でも、予備試験として、濃度の異なる葉柄サンプルで30分、1時間、3時間浸漬を試みたが、サンプルによっては3時間後でも小型反射式光度計の測定範囲以下となり、値を得ることができない場合もあった。このことから、‘デラウェア’においては、3時間以内の短時間では小型反射式光度計を用いて測定できないことがあるため、磨砕液と同等の濃度となる24時間浸漬が適していると考えられた。

以上のことから、‘デラウェア’の葉柄汁液中カリウム濃度を測定するための試料調製法は、2～5mmにスライスした葉柄切片に生重の4倍量の純水を加え、24時間浸漬した後、その上澄み液を用いるのが適当と考えられた。

表2-1 浸出方法の違いによるブドウ‘デラウェア’の葉柄汁液中カリウム濃度

処 理 方 法	カリウム濃度 (ppm)
ニンニク絞り器による搾汁	2,650
磨 砕	2,430
磨 砕 後 ろ 過	2,250
一 昼 夜 放 置	2,600

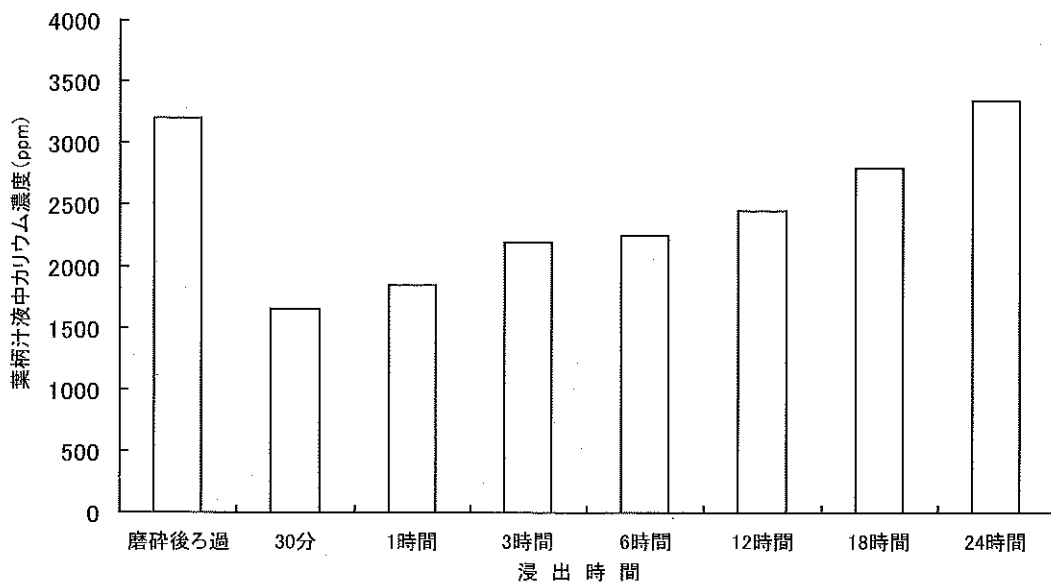


図2-1 浸出時間の違いによるブドウ‘デラウェア’の葉柄汁液中カリウム濃度

## 2. 葉柄汁液診断のための最適採取葉位

### 1) 材料および方法

25 L ポットにパーライトを充填し、1999年3月29日に‘デラウェア’の1年生苗を植え付け、養液栽培を行った。植え付け後、培養液のカリウム濃度を50ppmおよび5 ppmとする区を設けた。カリウムを除いた培養液組成は表2-2のとおりであった。試験は1区6連とした。

1999年11月25日に5芽を残してせん定し、12月8日にシアナミド1%液の散布による休眠打破を行い、2000年1月10日に加温を開始した。開花期である3月6～21日に、両区から第3～8葉を葉位別に採取し、その葉柄を葉位別に2～5 mmにスライスした。これに生重の4倍量の純水を加え、24時間浸漬した後、上澄み液のカリウム濃度を小型反射式光度計で測定し、値を5倍して葉柄汁液中カリウム濃度とした。

なお、島根県では、ジベレリン前期処理時に着粒促進のため、第8葉で摘心を行うので、開花期における本梢の全葉数は8葉である。

### 2) 結果および考察

開花期における葉位別の葉柄汁液中カリウム濃度を図2-2に示した。

開花期における葉柄汁液中カリウム濃度は、5 ppm区、50ppm区とも葉位が上がるにしたがって高くなり、第3葉ではそれぞれ1,079, 2,294 ppm、第6葉では1,465, 3,163ppm、第8葉では

表2-2 カリウムを除いた培養液組成 (ppm)

NO <sub>3</sub> -N (Ca(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> ·4H <sub>2</sub> O) <sup>z</sup>	28
NH <sub>4</sub> -N ((NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> )	12
P (Na <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub> ·12H <sub>2</sub> O)	20
Ca (Ca(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> ·4H <sub>2</sub> O)	40
Mg (MgSO <sub>4</sub> ·7H <sub>2</sub> O)	40
Fe (Fe-EDTA)	1
Zn (ZnSO <sub>4</sub> ·7H <sub>2</sub> O)	0.05
Cu (CuSO <sub>4</sub> ·5H <sub>2</sub> O)	0.02
B (H <sub>3</sub> BO <sub>3</sub> )	0.5
Mo (Na <sub>2</sub> MoO <sub>4</sub> ·2H <sub>2</sub> O)	0.05
Mn (MnSO <sub>4</sub> )	0.5

z: ( ) 内の試薬で調製した

2,625, 3,639ppmとなった。同じ葉位の葉柄汁液中カリウム濃度を比較すると、第3～6葉において、50ppm区に対する5ppm区の割合は40～50%の範囲でほぼ一定であったが、第7および8葉では50%以上であり、先端葉に比べ基部葉におけるカリウム含有率の低下が大きかった。

伊東(1982)はキクの窒素欠乏症について最適診断葉位を検討しており、当該元素を欠除させた場合に、含有率の低下が大きい葉位をサンプリングするのが適当であると報告している。ブドウ‘デラウェア’のカリウム欠乏症を診断する場合でも、カリウム欠除に敏感に反応する葉位を最適診断葉位と考えると、第3～6

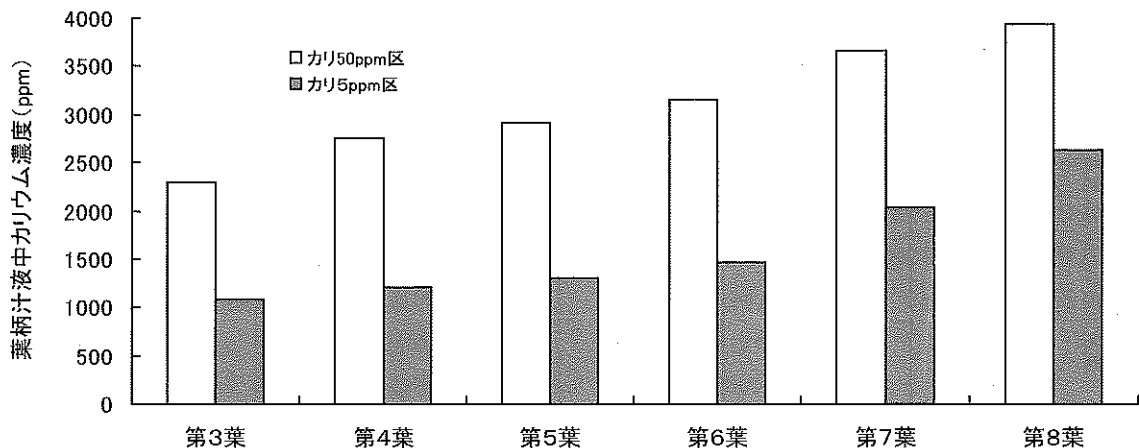


図2-2 開花期におけるブドウ‘デラウェア’の葉位別葉柄汁液中カリウム濃度

葉がよいと考えられるが、第3葉は葉柄が細く、一定量を採取するのに多量の葉を必要とする。したがって、‘デラウェア’のカリウム欠乏症の診断には第4～6葉が適していると判断した。

## 要 約

ブドウ‘デラウェア’において、カリウムの葉柄汁液診断を行うための試料調製法と最適診断葉位を検討した。

1) 葉柄汁液中カリウム濃度は、2～5 mmにスライスした葉柄切片に、4倍量の純水を加え、24時間浸漬した後、その上澄み液を小型反射式光度計で測定するのがよいと考えられた。

2) カリウムの葉柄汁液診断を行うための最適診断葉位は、第4～6葉が適当と判断した。

## 第2節 カリウム欠乏症の発生予測と防止法

### 1. 葉柄汁液中カリウム濃度と葉中カリウム含有率との関係

#### 1) 材料および方法

2001年に、島根県出雲市および大社町の超早期加温栽培‘デラウェア’園から18園を調査対象園として抽出した。

開花期に当たる1月31日～2月16日に、各園から3樹を選び、中庸の生育を示す新梢10

本の基部から第5葉を採取し、葉身と葉柄に分けた。葉柄については2～5 mmにスライスし、生重2.5 gに10 mlの純水を加え、24時間浸漬後小型反射式光度計(RQフレックス, Merck社製)を用いてカリウム濃度を測定した。得られた値を5倍して葉柄汁液中カリウム濃度とした。なお、RQフレックスにおけるカリウム濃度の検出範囲は0.25～1.2 g/L(250～1,200 ppm)であるので、葉柄汁液中カリウム濃度に換算すると1,250～6,000 ppmの範囲となる。また、葉身のカリウム含有率については、乾燥粉末試料を乾式灰化後1 M塩酸に溶解し、原子吸光光度計(Z-6000, 島津製作所製)による炎光光度法で測定した(伊藤, 1975a)。

#### 2) 結果および考察

図2-3に葉柄汁液中カリウム濃度と葉中カリウム含有率の関係を示した。両者の間には高い正の相関関係があり、葉柄汁液中カリウム濃度は樹体内におけるカリウムの栄養状態を反映しているものと考えられた。したがって、葉柄汁液中カリウム濃度はカリウム欠乏症の診断に活用できると判断した。

### 2. 葉柄汁液診断によるカリウム欠乏症の発生予測

#### 1) 材料および方法

##### (1) 現地実態調査

調査対象園、葉柄汁液中カリウム濃度の測定



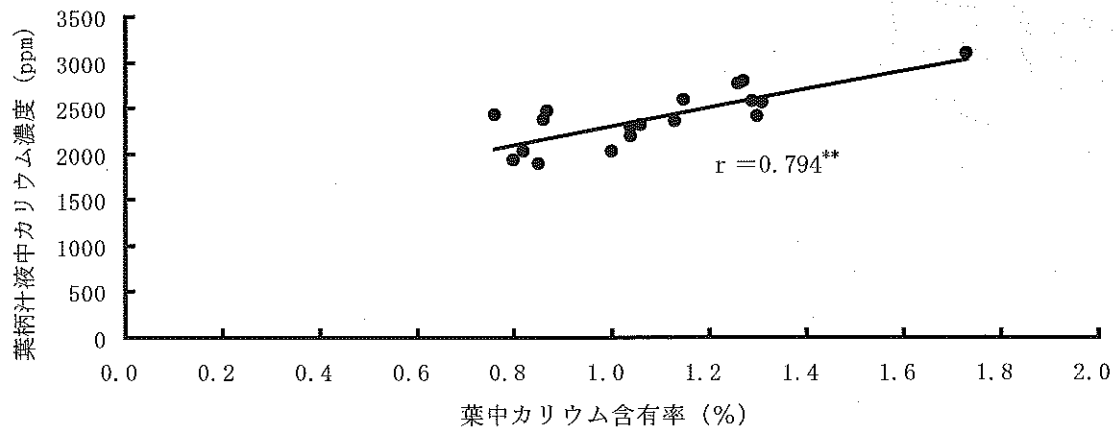


図2-3 ブドウ‘デラウェア’の葉柄汁液中カリウム濃度と葉中カリウム含有率との関係

方法は1.と同様である。3月11日に調査樹におけるカリウム欠乏症発生の有無を調査し、開花期である1月31日～2月16日における葉柄汁液中カリウム濃度との関係を検討した。なお、開花期にはどの調査樹にも肉眼的なカリウム欠乏症状は認められなかった。

## (2) ポット試験

60 Lポットに植え付けた‘デラウェア’を用い、パーライトを培地として養液栽培を行った。1年生苗植え付け時である2000年4月3日から翌年のジベレリン後期処理期である2001年4月15日まで、培養液中カリウム濃度を5, 10, 50ppmの3段階で栽培した。カリウム以外の培養液濃度組成は表2-2のとおりであった。この培養液組成は、安田らの報告(1998)をもとに作成した。

2001年1月25日に加温を開始し、開花期に当たる3月19～29日に全新梢の基部から第5葉を採取し、1.と同様の方法で得られた上澄み液のカリウム濃度を測定した。

2001年4月16日以降、それぞれの濃度区で培養液のカリウムを欠除し、カリウム欠乏症の発生日と成熟期における症状を肉眼で観察した。試験の反復数は1区当たり6ポットとした。1樹当たりの新梢数は8本、着果数は12房にそろえた。また、適度な着粒密度であったため、摘粒は行わなかった。

## 2) 結果および考察

現地における開花期の葉柄汁液中カリウム濃

度とカリウム欠乏症発生との関係を図2-4に示した。カリウム欠乏症が発生した樹の開花期における葉柄汁液中カリウム濃度は1,500～2,200ppm、欠乏症が見られなかった樹では2,000～3,350ppmであった。

表2-3にポット試験による結果を示した。植え付け2年目の開花期における葉柄汁液中カリウム濃度は、培養液のカリウム濃度が5 ppm区で1,700ppm以下、10ppm区で1,400～2,350ppm(平均1,813±86ppm)、50ppm区で2,700～3,350ppm(平均3,149±61ppm)であった。植え付け2年目のジベレリン後期処理期以降、培養液のカリウムを欠除した場合、5 ppm区ではカリウム欠除7日後の4月23日、10ppm区では21日後の5月7日にカリウム欠乏症が発生し始め、成熟期には両区とも葉縁褐変や葉の枯死、果軸の枯死などの激しい症状が認められた。一方、50ppm区では欠乏症の発生は認められなかった。

現地調査およびポット試験の結果から、開花期における葉柄汁液中カリウム濃度が2,400ppm以下の場合、開花期に肉眼的に症状が認められなくてもカリウム欠乏症が発生する可能性が高いと考えられた。なお、予備試験として小型反射式光度計の精度を確認するため、0.50 g/L(500ppm)カリウム標準液を測定した。異なる2ロットの試験紙を用い、1ロットにつき3反復測定したところ、0.498±0.005 g/Lを示した。したがって、小型反射

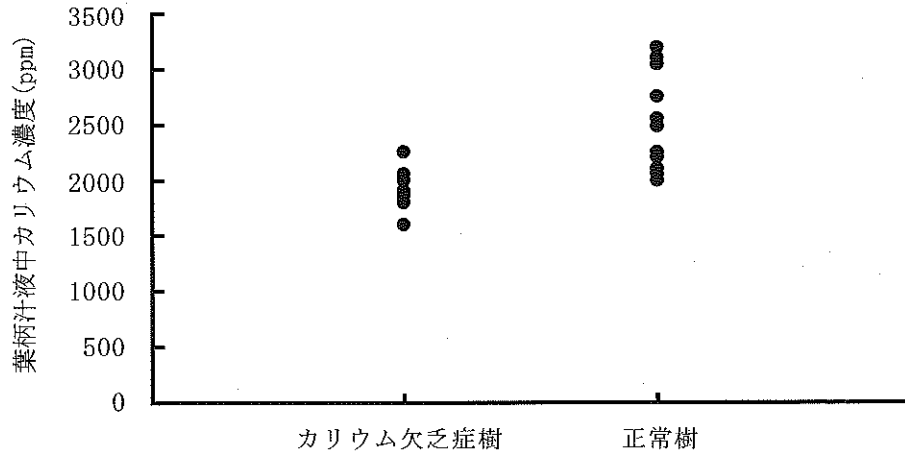


図2-4 ブドウ‘デラウェア’の開花期における葉柄汁液中カリウム濃度とカリウム欠乏症発生との関係

表2-3 ブドウ‘デラウェア’の開花期における葉柄抽出液中カリウム濃度とカリウム欠乏症状発生との関係

培養液のカリウム濃度 (ppm)		葉柄抽出液中 カリウム濃度 <sup>x</sup> (ppm)	症状発生日	成熟期における症状 (発生率 <sup>u</sup> , %)		
植え付け～翌年ジベレリン後期処理期 <sup>z</sup>	ジベレリン後期処理期～成熟期 <sup>y</sup>			葉縁褐変	葉の枯死	果軸の枯死
5	0	ND. <sup>w</sup> ~1,700	処理後7日(4/23)	100	67	50
10	0	1,813±86 <sup>v</sup> (1,400~2,350)	処理後21日(5/7)	100	17	0
50	0	3,149±61 (2,700~3,350)	—	0	0	0

z: 2000年4月3日～2001年4月15日

y: 2001年4月16日～6月4日

x: 開花期の測定値

w: RQフレックスの測定レンジ以下 (1,250ppm以下)

v: 平均値±標準誤差

u: 発生樹数/調査樹数×100

光度計の精度は高いと考えられる。

### 3. カリウム供給の効果

#### 1) 材料および方法

2001年4月15日までの栽培方法、葉柄汁液中カリウム濃度の測定法は2-1)-(2)と同じである。4月16日以降、各濃度区で培養液のカリウムを欠除する区と50ppmで供給する区を設け、カリウム欠乏症発生の有無を観察した。1区当たりの反復数は3ポットとした。果実品質調査は6月4日に行い、各区ともすべての果房について行った。

#### 2) 結果および考察

開花期における葉柄汁液中カリウム濃度とジベレリン後期処理以降のカリウム供給の有無が

カリウム欠乏症状発生に及ぼす影響を表2-3および2-4に、果実品質に及ぼす影響を表2-5に示した。また、カリウム施用の効果を図2-5に示した。

植え付け時から翌年のジベレリン後期処理まで10ppm、それ以降50ppmを供給した区では、軽度の欠乏症が発生したものの、果実品質については植え付け時から常にカリウムが供給されていた区との間に差は認められなかった。一方、植え付け時から翌年のジベレリン後期処理まで5ppm、それ以降50ppmを供給した区における果粒重、果皮色、糖度は、植え付け時からカリウムが供給されていた区と差がなかったが、果房重は明らかに軽かった。これは、5ppm区では初年目から軽いカリウム欠乏症が発生し、

花穂重が減少した（データ省略）ことによると考えられる。また、開花期の葉柄汁液中カリウム濃度が2,700ppm以上であった50ppm区では、ジベレリン後期処理以降にカリウムが供給されなくても、カリウム欠乏症は発生せず、果実品質もカリウム供給された場合と同等であった。

以上のことから、開花期の葉柄汁液中カリウム濃度が2,400ppm以下では、カリウム欠乏症発生の可能性があると考えられるが、ジベレリン後期処理以降にカリウムを吸収させることにより、欠乏症が発生しても症状は軽く、果実への悪影響もほとんど認められないことが明らかとなった。今後、効率的なカリウムの施用方法、施用量を検討する必要がある。

要 約

葉柄汁液を利用した加温栽培‘デラウェア’におけるカリウム欠乏症の診断法を検討した。

葉柄汁液中カリウム濃度と葉中カリウム含有率との間には正の高い相関があり、カリウム欠乏症診断に活用できると考えられた。

また、開花期に小型反射式光度計により測定した葉柄汁液中カリウム濃度が2,400ppm以下では、この時に肉眼的な症状が認められなくても、カリウム欠乏症が発生する可能性が高いと考えられた。しかし、この時にカリウムを供給することにより欠乏症の発生を回避できることが示唆された。

表2-4 開花期における葉柄汁液カリウム濃度とジベレリン後期処理以降のカリウム供給が欠乏症状発生に及ぼす影響

培養液のカリウム濃度 (ppm)		葉柄汁液中 カリウム濃度 <sup>x</sup> (ppm)	症状発生日	成熟期の症状
植え付け～翌年ジベレリン後期処理期 <sup>z</sup>	ジベレリン後期処理期～成熟期 <sup>y</sup>			葉縁黄化 (発生率 <sup>u</sup> , %)
5	50	N.D. <sup>w</sup> ~1,700	処理後21日 (5/7)	100
10	50	1,813±86 <sup>v</sup>	処理後28日 (5/14)	17
50	50	3,149±61	—	0

z: 2000年4月3日～2001年4月15日

y: 2001年4月16日～6月4日

x: 開花期の測定値

w: RQフレックスの測定レンジ以下 (1,250ppm以下)

v: 平均値±標準偏差

u: 発生樹数/調査樹数×100

表2-5 ブドウ‘デラウェア’の開花期における葉柄汁液カリウム濃度とジベレリン後期処理以降のカリウム供給が果実品質に及ぼす影響

培養液のカリウム濃度 (ppm)		葉柄汁液中 カリウム濃度 <sup>x</sup> (ppm)	果房重 (g)	果粒重 (g)	果皮色 (c.c.)	糖度 (Brix%)	酸含量 (g/100g)
植え付け～翌年ジベレリン後期処理期 <sup>z</sup>	ジベレリン後期処理期～成熟期 <sup>y</sup>						
5	0	N.D. <sup>w</sup> ~1,700	60.2 a <sup>u</sup>	1.16 a	4.9 a	19.3 a	0.48 a
5	50	N.D.~1,700	88.1 b	1.38 b	5.9 b	23.5 b	0.51 a
10	0	1,813±86 <sup>v</sup>	86.7 b	1.45 b	3.6 c	17.2 c	0.41 b
10	50	1,813±86	111.0 c	1.50 b	6.0 b	24.1 b	0.50 a
50	0	3,149±61	112.0 c	1.52 b	5.5 b	23.9 b	0.45 a
50	50	3,149±61	103.9 c	1.43 b	5.6 b	24.7 b	0.43 ab

z: 2000年4月3日～2001年4月15日

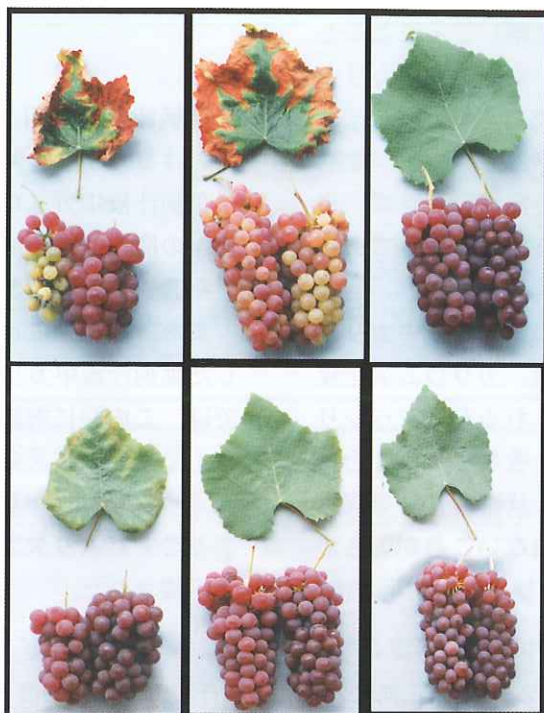
y: 2001年4月16日～6月4日

x: 開花期の測定値

w: RQフレックスの測定レンジ以下 (1,250ppm以下)

v: 平均値±標準誤差

u: 異符号間に5%レベルで有意差あり (最小有意差法)



1700ppm以下 1400~2350ppm 2700~3450ppm

開花期における葉柄汁液中カリウム濃度

注) 写真上段:K無施用 下段:K施用

図2-5 ブドウ‘デラウェア’の開花期における葉柄汁液中カリウム濃度とカリウム施用との関係



図3-1 ブルーベリー‘ノースランド’における新梢先端クロロシス



図3-2 ブルーベリー‘ランコーカス’における新梢先端葉クロロシス

### 第3章 ブルーベリーにおける先端葉クロロシスの発生原因と対策

ブルーベリーにおける新梢先端葉クロロシスの症状は品種によって若干異なり、ノースランド、

ティフブルー、ホームベルは新梢先端葉の葉脈を残して黄化し、さらに症状が進むと葉全体が黄白化する(図3-1)。一方、ランコーカスでは葉脈間の黄化に加え、葉縁が赤みを帯び、症状の激しいものでは葉全体が赤変する(図3-2)。

これを放置すると樹勢が衰弱し、枯死する株も見られる。そこで、この原因と対策を明らかにするために調査を行った。

## 第1節 発生原因の解明

### 1. クロロシスの発生と葉および土壌の無機成分濃度

#### 1) 材料および方法

1997年に島根県多伎町で栽培されているティフブルー、ホームベルの新梢先端葉にクロロシスが発生した。そこで、この園の成熟期に当たる7月31日に新梢の基部から3～5葉目を採取した。なお、同一園内で正常樹が見受けられなかったため、赤来町で栽培されている同一品種を対照として、同じ葉位の葉を成熟期に当たる同年8月18日に採取した。

一方、島根県農業試験場（以下農試と略記）でも1998年5月中旬に黒ボク土で栽培したウッダード、ティフブルー、ノースランド、ランコーカスに、現地と同様のクロロシスが発生したので、1998年5月20日に10樹から新梢の上位1～5葉と株元土壌を採取した。また、粘質鉍質土で栽培した樹では、黒ボク土で栽培していた樹と肥培管理は同じであったにもかかわらず、全く症状が認められなかったため、これを正常とし、同一葉位の葉と株元土壌を採取した。

採取した葉は60℃で通風乾燥後粉碎し、窒素はケルダール分解後水蒸気蒸留法で測定した（木内, 1975）。その他の無機成分は、粉碎した試料を乾式灰化後1モル塩酸に溶解し、リンはバナドモリブデン酸法（岡部, 1975a）、カリは炎

光法（伊藤, 1975a）それ以外の成分は原子吸光法で測定した（伊藤, 1975b,c,d；串崎・木内, 1975, 岡部, 1975b）。また、風乾した土壌は粉碎後篩別し、pHは電極法（天野, 1979）、交換性カルシウム、マグネシウム、マンガンおよび水溶性マンガンは原子吸光法（古畑, 1979a；関谷・青葉, 1970）交換性カリは炎光法（古畑, 1979b）、可給態リン酸はトルオーグ法で測定した（渡辺, 1979）。

#### 2) 結果

表3-1に現地における葉中無機成分含有率を示した。クロロシスが発生した多伎町における葉中無機成分含有率は、赤来町に比較し窒素を除き全般に低い傾向を示したが、特にマンガン含有率は著しく低かった。

農試における正常葉およびクロロシス葉の無機成分含有率を表3-2に、土壌の化学性を表3-3に示した。ウッダードでは、正常葉に比較し、クロロシス葉のマンガン含有率が著しく低く、鉄含有率は高かった。ティフブルー、ノースランドでは、クロロシス葉の窒素、リン含有率が正常葉よりやや高く、マンガン含有率が著しく低かった。また、ランコーカスでは、クロロシス葉のマンガン含有率が正常葉に比較し著しく低かった以外は差が認められなかった。

土壌pHは、正常であった粘質鉍質土、クロロシスが発生した黒ボク土とも6.0付近で、ブルーベリーの好適pHとされる4.0～5.2よりも高かった。また、黒ボク土では交換性マンガン含量が粘質鉍質土の1/3程度と低かったが、他の成分には差が認められなかった。

表3-1 現地ほ場におけるブルーベリーの葉中無機成分含有率（収穫期）

地区	品種	N (%)	P (%)	K (%)	Ca (%)	Mg (%)	Mn (ppm)	Cu (ppm)	Zn (ppm)	Fe (ppm)
多伎	ティフブルー	1.30	0.05	0.28	0.30	0.09	26	6.0	10	32
(クロロシス発生園)	ホームベル	1.14	0.04	0.27	0.29	0.06	39	2.8	7	26
赤来	ティフブルー	1.02	0.07	0.53	0.58	0.19	133	3.5	19	30
(正常園)	ホームベル	1.01	0.05	0.38	0.58	0.12	160	3.6	18	50

表 3-2 ブルーベリーの正常樹およびクロロシス発生樹の葉中無機成分含有率

品 種	症 状	N (%)	P (%)	K (%)	Ca (%)	Mg (%)	Mn (ppm)	Cu (ppm)	Zn (ppm)	Fe (ppm)
ウッダード	正常	1.31	0.11	0.58	0.36	0.12	123	4.2	28	35
	クロシス	1.54	0.15	0.57	0.33	0.15	31	4.1	24	73
ティフブルー	正常	1.19	0.14	0.78	0.38	0.16	103	5.7	30	59
	クロシス	1.09	0.19	0.63	0.32	0.16	27	3.9	29	72
ノースランド	正常	1.54	0.12	0.57	0.49	0.16	203	5.8	48	66
	クロシス	2.30	0.25	0.79	0.37	0.17	35	5.4	39	53
ランコーカス	正常	1.63	0.16	0.62	0.50	0.15	205	3.2	29	45
	クロシス	1.55	0.18	0.57	0.43	0.19	46	3.3	26	50

表 3-3 ブルーベリーの正常樹とクロロシス発生樹における株元土壌の化学性

症 状	pH (H <sub>2</sub> O)	交換性塩基 (mg/100g)			交換性 Mn (ppm)	水溶性 Mn (ppm)
		CaO	MgO	K <sub>2</sub> O		
正 常 (粘質鉍質土)	5.9	175	119	56	21.6	0.32
クロロシス (黒ボク土)	6.0	266	162	62	7.4	0.34

## 2. 再現試験

### 1) 材料および方法

黒ボク土、粘質鉍質土を25L容ポットに充填し、1998年3月30日にブルーベリーを植えつけた。供試品種はティフブルーで、供試土壌の化学性は表3-4のとおりであった。

試験区は、両土壌とも低pH区と高pH区を設け、低pH区はブルーベリーに適しているといわれている4.0～5.2、高pH区は5.5以上を目標に、イオウ華および炭酸カルシウムを用いて調整した。試験は3連で行った。新梢先端葉クロロシスの発生状況は、植え付け時から肉眼で観察した。症状が明瞭となった6月14日に、各区から新梢の先端1～5葉と株元土壌を採取し、分析に供した。分析方法は1-1)と同様である。

### 2) 結果

図3-3に土壌pHの推移を示した。両土壌とも低pH区、高pH区とも、ほぼ目標どおりに推移した。

新梢先端葉のクロロシスは、いずれの土壌にお

いても高pH区で6月5日頃から発生し始め、現地や試験1で発生したものと同様の症状を示した。一方、低pH区ではクロロシスの発生は認められなかった。

症状発生後約10日を経過した6月14日の葉中無機成分含有率を表3-5に示した。低pH区における葉中マンガン含有率は黒ボク土で88ppm、粘質鉍質土で96ppmであったのに対し、症状が認められた高pH区ではそれぞれ18ppm、26ppmであった。他の成分には差が認められなかった。

表3-6に症状発生時における土壌の化学性を示した。pHは、低pH区で3.5～3.7、高pH区で6.6～7.1であった。高pH区では低pH区に比較し交換性カルシウム含量が高かったが、交換性マグネシウムおよびカリ含量には差が認められなかった。また、交換性マンガン含量は、低pH区で60～96ppmであったのに対し、高pH区では2～9ppmで、低pH区より著しく低かった。

表 3-4 供試土壌の化学性

土 壌 の 種 類	pH (H <sub>2</sub> O)	T-C (%)	T-N (%)	りん酸 吸収係数	CEC (me/100g)	交換性塩基 (mg/100g)			可給態りん酸 (mg/100g)
						CaO	MgO	K <sub>2</sub> O	
粘質鉍質土	4.1	0.35	0.03	640	16.1	144	65	16	0.0
黒ボク土	4.7	6.97	0.28	2420	25.3	14	3	6	0.0



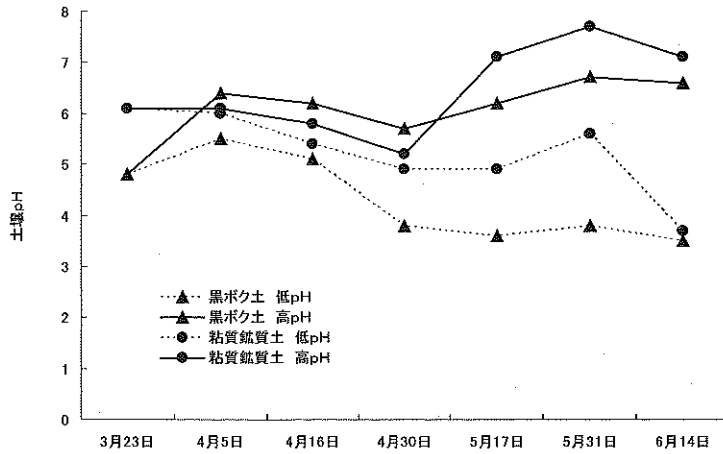


図3-3 土壌 pH の推移

表3-5 土壌 pH の違いがブルーベリーのクロロシス発生時における葉中無機成分含有率に及ぼす影響

土 壤	処理区	P (%)	K (%)	Ca (%)	Mg (%)	Mn (ppm)	Cu (ppm)	Zn (ppm)	Fe (ppm)
黒ボク土	低 pH	0.13	0.45	0.21	0.14	88	1.0	14	32
	高 pH	0.12	0.52	0.25	0.15	18	1.0	15	32
粘質鈳質土	低 pH	0.14	0.41	0.19	0.13	96	2.8	16	24
	高 pH	0.13	0.56	0.34	0.18	26	1.9	17	21

表3-6 土壌 pH の違いがブルーベリーのクロロシス発生時における土壌の化学性に及ぼす影響

土 壤	処理区	pH (H <sub>2</sub> O)	交換性塩基 (mg/100g)			交換性 Mn (ppm)
			CaO	MgO	K <sub>2</sub> O	
黒ボク土	低 pH	3.5	190	14	25	60
	高 pH	6.6	445	22	25	2
粘質鈳質土	低 pH	3.7	187	73	73	96
	高 pH	7.1	709	71	78	9

考 察

ブルーベリーは、他の果樹と異なり、好適土壌 pH が 4.0 ~ 5.2 で、酸性土壌を好むといわれている (Austin, M. E et al., 1986 ; Gough, R. E. 1992, 1994 ; Himelrick・Galletta, 1990 ; 石川・小池, 1985 ; 玉田, 1997a)。ブルーベリーでは、土壌 pH がこれより高い場合に新葉クロロシスが発生しやすく、その多くは鉄欠乏症であると推察されている (石川・小池, 1985 ; 横田・柴田, 1990 ; 玉田, 1997a, b)。Eck (1988) は様々な文献をもとに作物体における各成分の欠乏レベル、症状、改善策をまとめており、その中でハイブッシュブルーベリーにおける鉄欠乏症の発現レベルは 60ppm 以下であるとしてい

る。本試験では、多伎町のティフブルー、ホームベルにおけるクロロシス発生葉の鉄含有率は 30ppm 前後、農試のノースランド、ランコーカスでは 50ppm 程度で、Eck の示した値より低く、鉄欠乏症ということになる。しかし、正常であった赤来町および農試の同一品種における正常葉の鉄含有率は 30 ~ 60ppm で、クロロシス発生葉との間に大きな差は認められなかった。逆に、農試のウッダード、ティフブルーでは、クロロシス葉の鉄含有率は、正常葉より高かった。

杉山ら (1989) は、ブルーベリーにおいて葉中 P / Fe 比がクロロフィル含量と高い相関があり、クロロシスを起こした個体の葉中 P / Fe 比がいずれも 60 を越え、健全な個体よりも高かったことを明らかにしている。本試験における葉

中P /Fe比を算出したところ、クロロシスが発生した多伎町では、ティフブルー、ホームベルとも15、正常であった赤来町では、ティフブルーで23、ホームベルで10となった。また、農試では、ノースランドで正常葉のP /Fe比がクロロシス葉より低かったが、ティフブルー、ランコーカスでは正常葉とクロロシス葉との間に差がなく、ウグードでは逆に正常葉で高くなり、葉中P /Fe比とクロロシス症状との間に一定の傾向が認められなかった。また、現地、農試とも葉中P /Fe比は10～47の範囲で、60を越えるものはなかった。

以上のことから、本試験で発生した新葉クロロシスは鉄欠乏症である可能性は低いと考えられた。

一方、ブルーベリーにおけるマンガン欠乏の症状は鉄欠乏と類似しており、多くの場合鉄欠乏に隠されてしまうといわれている(玉田, 1997c; Eck, 1988)。Eck (1988) のまとめでは、ブルーベリーのマンガン含有率は通常50～350ppmの範囲であり、23ppm以下になると欠乏症が認められるとしている。本試験で発生した異常葉のマンガン含有率は、現地、農試とも、Eck (1988) の示す欠乏症発現レベルよりも高かったが、正常範囲の下限としている50ppmより低く、欠乏範囲内に入ると考えられた。

また、土壌pHが高くなるとマンガンが不溶化し、欠乏症が発生しやすいことはよく知られている(高橋ら, 1980; 渡辺, 1986; 清水; 1990)。本試験でも土壌pHを上昇させたところ、現地と同様の新葉クロロシスが発生し、葉中マンガン含有率が低く、土壌中の交換性マンガン含量も少なかった。したがって、本試験で発生した新葉クロロシスはマンガン欠乏によるもので、土壌pHが高くなったため土壌中のマンガンを不溶化した結果発生したものと推察された。

また、本試験では正常であった粘質鉍質土、クロロシス葉が認められた黒ボク土とも土壌pHは6程度で、ブルーベリーの適正域より高かった。しかし、クロロシス葉が認められた黒ボク土の交換性マンガン含量は正常であった粘質鉍質土の1/3程度であった。黒ボク土では土壌有機物とマンガンを結合するため、マンガン欠乏症が発生しやすい(Eck, 1988)ことから、同

程度の土壌pHでも黒ボク土で交換性マンガン含量が低くなり、新葉クロロシスが発生したものと考えられた。

## 要 約

ブルーベリーの新梢先端葉クロロシスの発生原因を明らかにする目的で試験を行い、以下の結果を得た。

クロロシスが発生した葉のマンガン含有率は、正常葉に比較し著しく低かった。また、株元土壌のpHはブルーベリーの好適pHより高く、交換性マンガン含量は低かった。再現試験により土壌pHを上昇させると、確実に新梢先端葉のクロロシスが発生し、葉中マンガン含有率、土壌中交換性マンガン含量が低かった。

以上のことから、新梢先端葉のクロロシスは、土壌pHが高くなったために交換性マンガン含量が低くなり、ブルーベリーのマンガン吸収が抑制されたために発生したマンガン欠乏症であると考えられた。

## 第2節 対策の検討

### 1. 材料および方法

供試土壌、供試品種、植え付け年月日、試験規模は2-1)と同様である。

試験区は低pH区、高pH区の2区とし、高pH区においてクロロシスが認められた時点で、高pHを維持する区、イオウ華を施用する区および硫酸マンガンを葉面散布する区を設けた。

2週間おきに土壌pHを測定し、高pH区では5.5以上、低pH区では4.0を目標に炭酸カルシウムまたはイオウ華を用いて調整した。

6月14日にクロロシスが認められたので、イオウ華施用区では、pH4.0を目標として、黒ボク土でポット当たり70g、粘質鉍質土で25gのイオウ華を施用した。また、硫酸マンガン葉面散布区は6月14日から収穫期まで1週間おきに計5回0.25%硫酸マンガン水溶液を葉面散布した。クロロシスの発生状況は肉眼で観察した。

収穫期である7月26日に各区から新梢の先端1～5葉と株元土壌を採取し、分析に供した。

分析方法は1-1)と同様である。

## 2. 結果および考察

土壌pHを低く維持した区は、土壌の種類にかかわらず新梢先端葉のクロロシスは認められなかった。一方、高pH区は、開花後2週間頃からクロロシス症状が激しくなり、収穫期には樹全体が黄化した。イオウ華施用区は、イオウ華施用約1か月後の7月5日頃からクロロシスが目立たなくなったが、収穫時でも軽い症状が若干認められた。葉面散布区では、肉眼的なクロロシスの改善は認められなかった。

表3-7に収穫期における葉中無機成分含有率を示した。正常であった低pH区の葉中マンガ含有率は、両土壌とも100ppm以上と高く、クロロシスが発生した高pH区は20ppm程度と低かった。また、クロロシスが改善されたイオウ華施用区の葉中マンガ含有率は、高pH区より高い値を示した。一方、葉面散布区における葉中マンガ含有率は、低pH区と同程度の値を示した。その他の成分には処理による差は認められなかった。

表3-8に収穫期における土壌の化学性を示した。土壌pHは低pH区で3~4の範囲であったが、高pH区および葉面散布区では7前後であった。一方、イオウ華施用区では高pH区より低下しており、低下の程度は黒ボク土より粘質鉍質土で顕著であった。交換性マンガ含有率は、イオウ華を施用することにより明らかに高くなった。また、交換性塩基含量については低pH区以外

の区では炭酸カルシウムでpHを調整したため、交換性カルシウム含量が高かった。

以上のように、土壌pHを上昇させ、新葉クロロシスが発生した樹を用いて対策試験を行ったところ、イオウ華を用いて土壌pHを下げた場合に、土壌中のマンガ含有率は上昇し、収穫期のマンガ含有率も高くなり、クロロシスの改善効果が明らかとなった。一方、硫酸マンガンの葉面散布は葉中マンガ含有率を上昇させたものの、クロロシスの改善効果は判然としなかった。葉面散布を行う場合は作物により好適散布濃度が異なり、果樹は野菜等に比較し高濃度で散布することが多い(高橋ら, 1980)。本試験では硫酸マンガ0.25%を散布したが、この濃度ではブルーベリーには薄かった可能性も考えられる。また、微量要素の葉面散布は数回行うのが一般的である(高橋ら, 1980)が、本試験で行った1週間おきに計5回の散布は、間隔、回数ともブルーベリーには適当でなかったとも考えられる。したがって、今後は散布濃度、散布間隔、散布回数などの検討も必要と思われる。

以上のことから、本試験で発生した新梢先端葉のクロロシスは、マンガ欠乏症である可能性があり、土壌pHが上昇し、土壌中の交換性マンガ含有率が低下した結果発生したものと推察された。これを改善するには土壌pHを5.2以下になるようイオウ華を施用することが有効であると考えられた。

表3-7 イオウ華施用とマンガ葉面散布が収穫期の葉中無機成分含有率に及ぼす影響

土 壌	処理区	P (%)	K (%)	Ca (%)	Mg (%)	Mn (ppm)	Cu (ppm)	Zn (ppm)	Fe (ppm)
黒ボク土	低pH	0.10	0.38	0.24	0.13	122	0.7	11	28
	高pH	0.10	0.76	0.31	0.15	25	1.9	11	39
	イオウ華施用	0.11	0.63	0.35	0.15	65	0.7	12	27
	Mn葉面散布	0.09	0.54	0.35	0.17	156	1.9	11	20
粘質鉍質土	低pH	0.11	0.36	0.24	0.13	137	0.6	12	32
	高pH	0.08	0.57	0.27	0.14	23	0.7	9	25
	イオウ華施用	0.09	0.64	0.30	0.14	52	0.7	10	30
	Mn葉面散布	0.07	0.46	0.25	0.12	116	1.9	11	36

表3-8 イオウ華施用とマンガン葉面散布が収穫期における  
土壌の化学性に及ぼす影響

土 壤	処理区	pH (H <sub>2</sub> O)	交換性塩基 (mg/100g)			交換性 Mn (ppm)
			CaO	MgO	K <sub>2</sub> O	
黒ボク土	低 pH	3.8	76	9	10	24
	高 pH	6.8	907	47	30	1
	イオウ華施用	6.1	1345	47	21	34
	葉面散布	6.8	865	75	35	3
粘質鈳質土	低 pH	3.3	90	43	24	76
	高 pH	7.1	643	67	32	8
	イオウ華施用	5.2	659	63	35	62
	葉面散布	7.2	754	50	26	6

## 要 約

ブルーベリーにおける新梢先端葉クロロシスは、土壌 pH 上昇によるマンガン欠乏症であるが、その症状改善には、イオウ華を用いて土壌 pH を下げることが効果的であることが明らかとなった。

## 総 合 考 察

### 1. ハウスメロンの栄養障害診断

#### 1) 肉眼観察による早期診断

肉眼観察による診断は、症状や発生部位、ほ場内での発生状況などを観察することにより、総合的な判断で原因を明らかにするもので、かなりの経験を必要とするが、最も迅速な診断方法の一つである。

肉眼観察のための資料は数多くあり(高橋ら, 1980; 農林水産省, 1983a, b; 渡辺, 1983, 1986; 清水, 1990; J A 全農肥料農業部, 1992), これらの資料には典型的な症状が示されている。本研究では、現場で見受けられたメロンのカリウム, カルシウム, ホウ素欠乏症, マグネシウム, マンガン, 銅, ホウ素過剰症について、典型的な症状だけでなく、できるだけ早い時期から症状を観察し、その進行状況を明らかにした。

カリウム欠乏症は、通常下位葉から発生する場合が多い(渡辺, 1986; 清水, 1990) が、本試験では上位葉から発現し、その症状は葉縁褐変が認められる前に葉縁に細かい褐色斑点が現れた。また、マグネシウム過剰症は通常生育が悪くなるだけで、外観的には異常症状をほとん

ど示さない(渡辺, 1986) が、本試験では下位葉に細かい黄色斑点が発生した。さらに、メロンのマンガン過剰症については、下位葉の葉脈および茎や葉柄の毛じの基部がチョコレート色に変色する(清水, 1990) が、この症状が認められる前に上位葉の萎縮や黄化が認められた。このように、典型的な症状に至るまでに何らかの予兆がある場合が多く、これらの予兆を適確に捉えることができれば早期に症状の発生を発見でき、障害の程度を最小限に抑えられると考えられた。また、早期発見には日頃からの観察が重要であると思われた。

#### 2) 化学分析による診断

化学分析は、栄養障害の診断に非常に有効な方法である。渡辺(1986)は、栄養障害であることを証明するには、1) 作物体の当該元素濃度が低い、または高い、2) 問題元素を欠乏あるいは過剰の状態におき、同じ症状が再現できる、3) 再現させた症状を示す作物体の当該元素濃度が初めと同じく欠乏濃度や過剰域の濃度を示すことの3点がすべて満足しなければいけないとしている。しかし、1) が明らかになることによりおおその見当がつくので、当該元素濃度が欠乏域または過剰域であるかを判断することが重要となる。植物体内無機成分濃度は、作物によって大きく異なり(徳永ら, 1982), 本試験でもメロンは他作物に比較し、カルシウムおよびマグネシウム含有率が高いことが明らかになった。したがって、欠乏症や過剰症が発生する時の含有率も作物によって変わると考えられる。そこで、ハウスメロンの葉枯れ症(マグネ

シウム欠乏症)とカルシウム欠乏症について、欠乏症が発現する葉中レベルを明らかにした。葉枯れ症については、一般的なマグネシウム欠乏症とは異なり、上位葉から発生し、症状も葉の枯死として現れる。また、カルシウム欠乏症は茎や葉に症状が発生すると同時にしおれが認められ、他の障害と診断されてしまう可能性がある。しかし、欠乏症が発現する葉中レベルを明らかにしたことにより、症状と葉中含有率の両面から検討することができるため、誤った診断をすることが少なくなると考えられた。

また、葉枯れ症およびカルシウム欠乏症を診断するために、できるだけ少ない量で適確に、しかも採取してもその後の生育や収量、品質に悪影響を与えない部位を検討し、第16～18葉を用いるとよいと判断した。このことにより、試料採取の煩雑さが緩和され、また株全体の採取による経済的損失を少なくできるものと考えられた。

さらに、葉枯れ症については、開花期に葉中マグネシウム含有率を測定し、0.4%以下であれば葉枯れ症が発生する可能性があるが、2%硫酸マグネシウム液を葉面散布することにより発生が回避できることを明らかにした。硫酸マグネシウムの葉面散布により作物体に吸収されるマグネシウム量はわずかであると考えられるが、葉枯れ症の発現レベルである0.2%まで低下させないのに十分な量であるのかもしれない。今後は、葉面散布の濃度や散布量を検討し、効率的な散布方法を検討する必要があると考えられた。

## 2. ブドウ‘デラウェア’におけるカリウム欠乏症の早期診断

近年、野菜や花き類で行われているリアルタイム栄養診断では、主に窒素栄養について簡易な分析機器や試験紙を用い、経時的に作物の栄養状態をモニタリングしながら過不足を判定し、効率的な施肥を行うことを目的としている。果樹でもイチジク(瀧, 2000, 2001)やウンシュウミカン(杉本ら, 2005)について窒素栄養のリアルタイム診断法が開発され、基準値の設定も試みられている。この手法を用いれば測定値が迅速に得られるため、早期に栄養障害の発生が予測できるのではないかと考え、超早期～早期加温栽培‘デラウェア’で多発しているカ

リウム欠乏症について、リアルタイム栄養診断を試みた。

‘デラウェア’は、葉柄が細いため葉柄汁液の採取が困難であるが、2～5 mmに細断した葉柄に4倍量の純水を加え、24時間浸漬することにより、搾汁液のカリウム濃度と同程度の値を得ることができた。この方法を用いて測定した値と、従来の葉分析値との間には密接な関係があり、カリウム欠乏症の診断に葉柄汁液が利用できると判断した。

また、開花期における第4～6葉の葉柄汁液中カリウム濃度が2,400ppm以下であれば、その時に肉眼的な症状が見られなくてもカリウム欠乏症発生の可能性があるが、診断後にカリウムを吸収させることにより、欠乏症を防止できると考えられた。今後は、加里肥料の施用量や効率的に吸収させる方法を明らかにする必要があると考えられた。

さらに、‘デラウェア’にはカリウム欠乏症以外にもマグネシウム欠乏症、マンガン欠乏症などが発生しやすいが、これらについても同様にリアルタイム栄養診断を用いて、障害の発生予測および防止法を確立できる可能性があると考えられる。

## 3. ブルーベリーにおける先端葉クロロシスの診断

ブルーベリーの先端葉クロロシスは、土壌pHがブルーベリーの適正域である4.0～5.2を越えると発生しやすい。これは鉄欠乏症であると推察されているが(石川・小池, 1985; 日本ブルーベリー協会, 1997; 横田・柴田, 1990; 玉田, 1997a), 葉中铁含有率を測定した報告はない。

本試験では、クロロシス発生葉の鉄含有率は正常葉と差がなかったが、マンガン含有率は著しく低く、また土壌中の交換性マンガン含量も低かった。この症状は土壌pHを上昇させることで容易に再現でき、この時の葉中マンガン含有率および土壌中交換性マンガン含量が低かった。したがって、先端葉クロロシスはマンガン欠乏症の可能性があり、土壌pHが上昇することにより土壌中の交換性マンガン含量が低下した結果発生したと考えられた。以上のことから、ブルーベリーではマンガン欠乏症も鉄欠乏症と

同様、症状としては先端葉クロロシスとして現れることが明らかとなった。したがって、誤った診断をしないためには、症状だけでなく化学分析を行って原因を明らかにすることが重要であると考えられた。

また、本試験において、硫酸マンガンの葉面散布による先端葉クロロシス症状の改善効果は判然としなかったが、イオウ華の施用は効果的であった。これは、土壌pHを下げることでより土壌中交換性マンガン含量が上昇し、その結果作物体のマンガン吸収量が増加したためと考えられる。しかし、イオウ華はそれ自体が酸性でなく、イオウ酸化菌によって硫酸に変わってはじめて土壌pHが低下するので、地温や土壌の水分状態によっては効果が安定しない可能性がある。したがって、今後は確実にマンガンを吸収させるための方法を検討する必要があると考えられた。

また、本試験ではマンガン欠乏症の早期診断について検討することはできなかったが、土壌pHを測定することにより発生を予測することは可能であると思われる。今後は栄養診断と土壌診断を組み合わせることで、より適確な診断が行うことが重要であると考えられる。

#### 4. 栄養障害診断の今後の課題

従来、栄養障害は発生した後に作物体の無機成分分析や土壌養分分析を行い、次作以降の作付けに利用する場合が多かった。本研究では、できるだけ早い時期に栄養障害の発生を予測し、対策を講ずることによって当該作の被害を軽減しようとした。

ハウスメロンについては、肉眼観察または化学分析による早期診断法についていくつかの知見を得た。肉眼観察による診断法は、迅速に診断ができるが、かなりの熟練を要し、誰にでも簡単にできるものではない。また、診断後に必ず葉分析などにより確認をしないと誤った判断をしてしまう。しかし、初期症状と発生経過を観察することにより、診断の精度が高くなり、早期診断も可能になると考えられる。一方、化学分析による診断はかなりの精度で原因を明らかにすることができるが、サンプルを採取後、乾燥や粉碎などの前処理および化学分析に時間がかかる。本研究では、サンプルとして葉1枚

を用いることにより、乾燥や粉碎に要する時間を短縮できるので、分析結果を得るのが従来よりかなり早くなった。今後も栄養障害診断には肉眼観察や化学分析の活用が主流であると考えられる。したがって、これからも作物別に肉眼観察のための資料の作成や化学分析のためのサンプリング法、早期診断法を確立する必要がある。

ブドウでは近年普及しつつある小型反射式光度計を用いた葉柄汁液診断を試みた。小型反射式光度計は、作物体の汁液さえ採取できればすぐに結果を知ることができるため、汁液中濃度が作物体の栄養状態を示す指標になるのであれば、早期診断に大きな力を発揮すると思われる。これまでも野菜、花き類、果樹などで、数種の成分について簡易栄養診断やリアルタイム栄養診断技術が開発されてきた(古口ら, 2000; 伊藤ら, 2000; 六本木, 1991, 1992; 建部ら, 2001; 瀧, 2000, 2001, 2003; 杉本ら, 2005; 山田ら, 1995, 1996)が、今後は作物別、成分別データのさらなる蓄積が急がれる。

本研究では、栄養障害診断を中心に検討してきたが、本来は栄養障害が発生しないような肥培管理を行うことが最も重要である。それには栄養診断だけでなく、土壌診断を活用した施肥設計や土づくり技術との組み合わせによる総合的な診断技術を確立する必要があると考えている。

#### 摘 要

園芸作物における栄養障害の原因を明らかにし、できるだけ早い時期に診断を行うことにより、障害発生防止または症状軽減技術を確立する目的で試験を行った。その概要は以下のとおりである。

##### 1. ハウスメロンの栄養障害診断と対策

親づる1本仕立て2果どり栽培のハウスメロンにおける養分吸収特性を明らかにした上で、種々の栄養障害について早期診断法、防止法を検討した。

1) ハウスメロンは他作物に比較し、カルシウム及びマグネシウム含有率が高い作物であることが明らかになった。また、リン、カリウム、



マグネシウムは着果以降急速に果実に移行するが、根からの吸収が十分でない場合や、葉における蓄積量が少ない場合には、これらの欠乏症が発生しやすくなると考えられた。

2) ハウスメロンにおける葉枯れ症の診断には、第16～18葉を用いるのが適当と判断した。また、葉枯れ症は葉中マグネシウム含有率が0.2%付近で発現した。着果後1～2週間目に第16～18葉のマグネシウム含有率が0.4%程度であれば、この時に症状が認められなくても、あとで葉枯れ症が発生するおそれがあるが、2%硫酸マグネシウム水溶液を葉面散布することにより、未然に防止することができた。

3) ハウスメロンのカルシウム欠乏症は、まず茎に現れ、症状は摘心位置から5～10cm程度下の部分の水浸状に褐変し、折れ曲がった。ついで側枝の先端葉が全体に黄化し、その後葉脈間が褐変枯死した。また、株全体が萎れ、最終的には枯死した。カルシウム欠乏症の診断には、葉枯れ症と同様、第16～18葉を用いるのが適当であった。この葉位のカルシウム含有率が1.3%以下になると茎に症状が発生し、0.9%以下になると葉に欠乏症が発生し始めると考えられた。

4) メロン‘アムス’のカリウム及びホウ素欠乏症、マグネシウム、マンガン、銅及びホウ素過剰症を水耕法により発現させ、それらの初期症状と進行過程を明らかにした。

## 2. ブドウ‘デラウェア’の葉柄汁液を用いたカリウム欠乏症診断と対策

ブドウ‘デラウェア’において、葉柄汁液を利用したカリウム欠乏症の診断を試みた。

1) 葉柄汁液中カリウム濃度は、2～5mmにスライスした葉柄切片に、4倍量の純水を加え、24時間浸漬した後、その上澄み液を小型反射式光度計で測定するのがよいと考えられた。また、採取葉位は第4～6葉が適当であると判断した。

2) 葉柄汁液中カリウム濃度と葉中カリウム含有率の間には高い正の相関が認められ、葉柄汁液中カリウム濃度は作物体のカリウム栄養の状態を現しているものと考えられた。

3) 開花期における第4～6葉の葉柄汁液中カリウム濃度が2,400ppm以下であれば、この時

に肉眼的な症状が認められなくても、あとでカリウム欠乏症が発生する可能性がある。しかし、診断後にカリウムを吸収させることにより、カリウム欠乏症の発生を回避することができると考えられた。

## 3. ブルーベリーにおける新梢先端葉クロロシスの診断と対策

ブルーベリーの新梢先端葉クロロシスの発生原因とその対策を検討した。

1) クロロシスが発生した葉のマンガン含有率は、正常葉に比較し著しく低かった。また、株元土壌のpHはブルーベリーの好適pHより高く、交換性マンガン含量が低かった。新梢先端葉クロロシスは、土壌pHを上昇させることにより容易に再現することができた。この時の葉中マンガン含有率及び土壌中交換性マンガン含量は、正常のものに比較し低かった。以上のことから、新梢先端葉クロロシスは、土壌pHが高くなった場合に交換性マンガン含量が低下し、その結果発生したマンガン欠乏症であると考えられた。

2) 新梢先端葉クロロシスは、イオウ華を用いて土壌pHを低下させることにより改善された。

## 引用文献

- 天野洋司. 1979. 土壌環境基礎調査における土壌、水質および作物体分析法. 44. 土壌保全調査事業全国協議会. 東京.
- Austin, M. E., T. P. Gaines and R. E. Moss. 1986. Influence of soil pH on soil nutrients, leaf elements and yield of young rabbiteye blueberries. Hort Science. 21:443-445.
- 小豆沢斉. 1988. 砂丘地‘デラウェア’ブドウの樹勢低下と対策. 砂丘研究. 35:81-85.
- 小豆沢斉. 1995. 施設栽培ブドウにおける土壌肥料学的研究. 島根農試研報. 29:1-107
- 小豆沢斉・安田雄治・山本孝司. 2003. 超早期加温栽培ブドウ‘デラウェア’の生育特性と樹体栄養. 島根農試研報. 34:71-82.
- Bergmann, W. 1991. Nutritional disorders of plants: Development, visual and analytical diagnosis. p. 1-741. Gustav Fischer Verlag.

- Bergmann, W. 1992. Nutritional disorders of plants : Colour atlas . p. 1 - 386. Gustav Fischer Verlag.
- ECK, P. 1988. Blueberry Science. p. 93 - 99. Rutgers Univ. Press. New Brunswick. N. J.
- 福元將志・青葉幸二・武藤和夫・檜村芳記. 吉岡博人. 藤本国男. 1987. リンゴのはん点性生理障害 (ビターピット) 発生における果肉内カルシウムの限界濃度と発生予測. 土肥誌. 58 : 691 - 695.
- 古口光夫・船山卓也・鈴木智久. 2001. 花き類の養液土耕栽培. 33 - 42. 誠文堂新光社. 東京.
- 古屋 栄・窪川 茂・上野俊人. 1996. 水耕法によるブドウ '巨峰' の要素欠乏症の発現と診断基準の検討. 山梨果試研報. 9 : 43 - 56.
- 藤本順子・内田芳朋・山本孝司. 2002. 砂地栽培 'デラウェア' における作型別葉中無機成分含有率. 園学雑. 71 (別2) : 557
- 古畑 哲. 1979 a. 土壌環境基礎調査における土壌, 水質および作物体分析法. 75 - 79. 土壌保全調査事業全国協議会. 東京.
- 古畑 哲. 1979 b. 土壌環境基礎調査における土壌, 水質および作物体分析法. 79 - 80. 土壌保全調査事業全国協議会. 東京.
- Gough, R. E. 1992. Diagnosis disorders of the highbush blueberry. Journal of Small Fruit & Viticulture. 1 : 63 - 84.
- Gough, R. E. 1994. Soil management. p. 119 - 136. In : The highbush blueberry and its management. Food Products Press. N. Y.
- Hagler, T. B. and L. E. Scott. 1949. Nutrient-Element Deficiency Symptoms of Muscadine Grapes in Sand Culture. Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. 53 : 247-252.
- Himelrick, D. G. and G. J. Galletta. 1990. Factors that influence small fruit production. p. 14 - 66. In : Galletta, G. J. and D. G. Himelrick(eds.). Small fruit crop management. Prentice Hall, Englewood Cliffs, N. J.
- 本多藤雄・天野智文. 1972. そ菜の品質向上に関する栄養生理学的研究 I. 温室メロンの品質に及ぼす肥料ならびに光制限の影響. 園試報D. 7 : 59 - 94.
- 石川駿二・小池洋男. 1985. ブルーベリーのつくり方. 1 - 197. 農文協. 東京.
- 伊藤秀文. 1975 a. 栄養診断のための栽培植物分析測定法. 73 - 75. 養賢堂. 東京.
- 伊藤秀文. 1975 b. 栄養診断のための栽培植物分析測定法. 79 - 81. 養賢堂. 東京.
- 伊藤秀文. 1975 c. 栄養診断のための栽培植物分析測定法. 83 - 86. 養賢堂. 東京.
- 伊藤秀文. 1975 d. 栄養診断のための栽培植物分析測定法. 98 - 99. 養賢堂. 東京.
- 伊藤淳次・藤本順子・山根忠昭. 1991. メロン 'アムス' の葉枯れ症とその原因. 島根農試研報. 25 : 101 - 107.
- 伊藤淳次・奥野かおり・道上伸宏. 2000. 小型反射式光度計を用いたシクラメンの植物体及び土壌溶液の簡易栄養診断. 島根農試研報. 33 : 105 - 113.
- 伊藤三郎. 1997. ブルーベリーインダストリーへの道. p. 16 - 20. 日本ブルーベリー協会編. ブルーベリー栽培から利用加工まで. 創森社. 東京.
- 伊東嘉明. 1982. キクの栄養診断 (第1報) 窒素栄養について. 福岡農総試研報B. 1 : 62 - 66
- J A全農肥料農薬部. 1992. 営農指導員のためのメロンの栽培と栄養・生理障害. p. 1 - 127.
- 木内知美. 1975. 栄養診断のための栽培植物分析測定法. 64 - 67. 養賢堂. 東京.
- 近藤隆彦. 1967. そ菜における生育段階別養分吸収について. 園試報B. 7 : 57 - 71.
- 越野正義. 1975. 栄養診断のための栽培植物分析測定法. 110 - 111. 養賢堂. 東京.
- 串崎光男・木内知美. 1975. 栄養診断のための栽培植物分析測定法. 106 - 107. 養賢堂. 東京.
- 増井正夫・福島与平・野中民雄・小泉 満・中沢一郎. 1960. メロンの養分吸収に関する研究 (第1報) 窒素及び燐酸について. 園学雑. 29 : 12 - 20.
- 増井正夫・福島与平・久保島正威・板垣光彦・林 昌徳. 1961. メロンの養分吸収に関する研究 (第4報) 養分吸収過程について. 園学雑. 30 : 29 - 38.
- 農林水産省農産園芸局農産課. 1983 a. 作物栄養診断カード I.

- 農林水産省農産園芸局農産課. 1983 b. 作物栄養診断カードⅡ.
- Nukaya, A., M. Masui and A. Ishida. 1983. Salt tolerance of muskmelons as affected by various salinities in sand culture. *J. Jpn. Soc. Hort. Sci.* 51:427-434.
- 岡部達雄. 1975 a. 栄養診断のための栽培植物分析測定法. 69-70. 養賢堂. 東京.
- 岡部達雄. 1975 b. 栄養診断のための栽培植物分析測定法. 101-103. 養賢堂. 東京.
- Roorda van Eysinga, J. P. N. L. and Smilde, K. W. 1981. *Nutritional Disorders in Glasshouse Tomatoes, Cucumbers and Lettuce*. Pudoc, Wageningen, The Netherlands. p. 1-130.
- 六本木和夫. 1991. 果菜類の栄養診断に関する研究(第1報) 葉柄汁液の硝酸態窒素に基づくキュウリの窒素栄養診断. 埼玉園試研報. 18:1-15.
- 六本木和夫. 1992. 果菜類の栄養診断に関する研究(第2報) 葉柄汁液の硝酸態窒素濃度に基づくイチゴの窒素栄養診断. 埼玉園試研報. 19:19-29.
- 六本木和夫. 1998. リアルタイム診断による施設果菜類の効率的施肥管理技術に関する研究. 土肥誌. 69:235-238.
- 瀬古龍雄. 1985. 作型を生かすメロンのつくり方. p.14-15. 農文協. 東京.
- 清水 武. 1986. 肉眼観察による作物栄養診断技術-ナスの栄養障害特徴-. 土肥誌. 57:400-403.
- 清水 武. 1987. 肉眼観察による作物栄養診断技術-キュウリの栄養障害特徴-. 土肥誌. 58:82-85.
- 清水 武. 1990. 原色要素障害診断事典. p. 1-257. 農文協. 東京.
- 杉本泰之・江本勇治・鈴木晴夫. 2005. ウンシュウミカンの葉柄汁液中の硝酸イオン濃度による栄養診断. 土肥誌. 76:897-900.
- 杉山信男・田中勲・高溝正. 1989. ブルーベリーのクロロシス発生に及ぼす培養液pH並びに窒素形態の影響. 園学雑. 58(1):63-67.
- 鈴木則夫・山田金一・高橋和彦. 戸田幹彦・中村新市・水口長八. 1983. 温室メロンの養分吸収特性とりん酸過剰害に関する研究. 静岡農試研報. 28:43-50.
- 高橋英一・吉野 実・前田正男. 1980. 原色作物の要素欠乏・過剰症. p.1-124.
- 高橋英生・白木巳歳・福川利玄・鈴木喜代志・富山一男・岡迫義孝・原口春盛. 1980. プリンスメロンの葉枯症対策に関する研究. 宮崎農試研報. 14:9-29.
- 高橋国昭・倉橋孝夫. 1987. 作型の相違が‘デラウェア’の光合成と物質生産に関する研究. 近畿中国農研. 73:41-47.
- 高橋国昭. 1993. ハウスブドウの作業便利帳. p.148-152. 農文協. 東京.
- Takebe, M. 1994. *Current Plant Nutrition Diagnosis*. *Farming Japan*. 28(6):22-27.
- 建部雅子・細田洋一・笠原賢明・唐澤敏彦. 2001. バレイショの葉柄汁液を用いた栄養診断. 土肥誌. 72:33-40.
- 関谷宏三・青葉幸二. 1970. 土壌養分分析法. 342-351. 養賢堂. 東京.
- 瀧 勝俊. 2000. 葉柄汁液によるイチジクのリアルタイム栄養診断. 愛知農総試研報. 32:105-113.
- 瀧 勝俊. 2001. イチジクのリアルタイム栄養診断(第1報) 主に生育前半の樹体窒素栄養と着果との関係から. 愛知農総試研報. 33:181-186.
- 瀧 勝俊. 2003. イチジクのリアルタイム窒素栄養診断. 土肥誌. 74:343-347.
- 玉田孝人. 1997 a. ブルーベリーの栽培技術と経営. p. 46-48. 日本ブルーベリー協会編. ブルーベリー-栽培から利用加工-まで. 創森社. 東京.
- 玉田孝人. 1997 b. ブルーベリー生産の基礎 [14]. 農業及び園芸. 72(8):928-934.
- 玉田孝人. 1997 c. ブルーベリー生産の基礎 [15]. 農業及び園芸. 72(9):1031-1034.
- 玉田孝人. 1997 d. ブルーベリー生産の基礎 [16]. 農業及び園芸. 72(10):1141-1146.
- 徳永美治・安田 環. 1982. 作物比較栄養生理. p.198-200. 学会出版センター. 東京.
- Vander Kloet, S. P. 1988. *The genus Vaccinium in North America*. p. 57-156. Canadian government publishing centre supply and services, Ottawa.
- 山田良三・加藤俊博・井戸豊・関稔・早川岩

- 夫. 1995. リアルタイム土壌・栄養診断に基づくトマトの効率的肥培管理 (第1報) 葉柄汁液の硝酸濃度に基づく診断基準の作成. 愛知農総試研報. 27:205-211.
- 山田良三・加藤俊博・関稔・早川岩夫. 1996. リアルタイム土壌・栄養診断に基づくトマトの効率的肥培管理 (第2報) 持続的生産のための施肥管理技術. 愛知農総試研報. 28:133-140.
- 山中 律・山崎幸重. 1990. オクラの生理障害無機養分の欠乏症. 土肥誌. 61:506-511.
- 山崎浩司. 1992. フルカラー画像による生理障害の事例検索システム. 土肥誌. 63:533-540.
- 山崎浩司・藤本順子・米山忠克. 1993. 作物栄養診断におけるデータベースの活用—キュウリのMn欠乏・過剰症診断への応用例—. 土肥誌. 64:676-677.
- Yialouris, C. P., H. C. Passam, A. B. Sideridis and C. Metin. 1997. VEGES — A multilingual expert system for the diagnosis of pests, diseases and nutritional disorders of six greenhouse vegetables. Computers and Electronics in Agriculture. 19(1):55-67.
- 吉田昌一. 1975. 栄養診断のための栽培植物分析測定法. 120-123. 養賢堂. 東京.
- 渡辺和彦. 1983. 野菜の要素欠乏と過剰症. p. 1-124. タキイ種苗株式会社. 京都.
- 渡辺和彦. 1986. 生理障害の診断法. p. 1-243. 農文協. 東京.
- 渡辺 裕. 1979. 土壌環境基礎調査における土壌, 水質および作物体分析法. 86-87. 土壌保全調査事業全国協議会. 東京.
- 安田雄治・小豆沢斉・石倉一憲. 1998. ブドウ‘巨峰’の水気耕栽培における培養液濃度およびN濃度が生育に及ぼす影響. 植工誌. 10(3):194-202.
- 横田 清・柴田広道. 1990. ブルーベリーの生育に及ぼす土壌管理及び施肥の影響—栽培園の実地調査を基にして—. 岩手大農報. 19:299-306.

## 謝 辞

本論文のとりまとめに際し, ご懇切なるご指導とご校閲を賜った島根大学教授板村裕之博士に厚くお礼申し上げます. 多大なるご助言と激励を賜った鳥取大学教授田邊賢二博士, 山口大学教授山内直樹博士, 島根大学教授太田勝巳博士, 島根大学助教授松本真悟博士に深謝の意を表します.

土壌肥料の基礎から教えていただき, 本研究の計画および遂行に当たって終始適切なご指導をいただいた元島根県農業試験場澤田眞之輔氏, 山根忠昭博士, 古山光夫氏, 農業技術センター伊藤淳次氏に心より感謝申し上げます. また, 終始ご助言と激励をいただいた東京大学教授米山忠克博士, (独) 農業・生物系特定産業技術研究機構北海道農業研究センター建部雅子博士, (独) 農業・生物系特定産業技術研究機構中央農業総合研究センター藤原伸介博士に深く感謝いたします.

本研究の遂行に当たり, 終始激励を賜った島根大学名誉教授内藤隆次博士, 山村宏博士, 島根県農業技術センター松本敏一博士に厚くお礼を申し上げます.

メロンの試験に当たり, メロンの栽培法をご教示いただいた元島根県農林水産部中川義紀氏, 島根県農業技術センター春木和久博士に心より感謝の意を表します.

ブドウの試験に当たり, 終始ご助言をいただいた島根県西部農林振興センター安田雄治氏, 島根県農業技術センター小豆沢斉博士, 山本孝司氏に厚くお礼申し上げます. また, 島根県農業技術センター森脇永高氏のご協力, ご支援により試験を遂行できました. ここに感謝の意を表します.

ブルーベリーの試験に当たり, 適切なご指導をいただいた島根大学名誉教授伊藤憲弘博士, 植田尚文博士, ご協力とご助言をいただいた島根県西部農林振興センター梅野康行氏に厚くお礼申し上げます.

最後に, 研究にご協力いただいた島根県農業試験場土壌肥料科 (現島根県農業技術センター資源環境研究部土壌環境グループ) および園芸部果樹科 (現島根県農業技術センター栽培研究

部果樹グループ)の皆様に感謝申し上げます。

### 本論文の基礎となった学会誌公表論文リスト

#### 第1章

藤本順子・山根忠昭. 1990. ハウスメロンの養分吸収経過. 土肥誌. 61:298-301

藤本順子・古山光夫・山根忠昭. 1993. ハウスメロンにおける葉枯れ症の診断と防止法. 土肥誌. 64:630-633

藤本順子. 2000. ハウスメロンにおけるカルシウム欠乏症の診断法. 農業生産技術管理学会. 7(2):3-7

#### 第3章

藤本順子・梶野康行・伊藤憲弘. 2004. ブルーベリーにおける新梢先端葉クロロシスの発生原因と対策. 農業生産技術管理学会. 11(1):27-31

## Summary

The purpose of this study was to achieve an improvement in the protection methods or alleviation of nutritional disorders in some horticultural crops by clarifying the causes and diagnosing as early as possible.

### 1. Diagnosis and countermeasures of nutritional disorders in melon

In this study, we investigated nutrient absorption and translocation in a melon plant bearing two fruits on a single stem. In addition, early diagnosis and protection methods against some nutritional disorders were examined.

- 1) Calcium and magnesium contents in the leaves of melon were higher than those in the leaves of other crops. Phosphorus, potassium and magnesium were rapidly transferred to fruits from leaves after fruit setting and it was considered that mineral deficiencies occurred when these elements were not absorbed smoothly from roots or their accumulation was insufficient in leaves.
- 2) Leaves on the 16th to 18th nodes appear to be suitable for use as samples in the diagnosis of foliar necrosis since they are sensitive to magnesium deficiency and their removal is not detrimental for fruit growth. Foliar necrosis appeared when the magnesium content in leaves decreased to a level of about 0.2%. For the diagnosis of magnesium deficiency, the sampling of a leaf from the 16th to 18th nodes is recommended 1 to 2 weeks after the anthesis at the fruiting position. When the magnesium content in the leaf is found to be lower than 0.4%, it is certain that necrosis will surely appear, although no deficiency symptom is evident at that time. However, if a foliar spray of the magnesium solution (2 %  $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ ) is applied at the time of diagnosis, the necrosis injury due to magnesium deficiency will be avoided.
- 3) The first symptom of calcium deficiency in melon appeared at the stem. The water-soaked symptom appeared 5~10 cm below the stems in the pinched position, later, the stem turned brown, and was bent over. Following this, the upper leaves of the lateral shoot appeared completely yellowed with a brownish intervein, subsequently, these leaves died. These symptoms also appeared on the upper leaves of the primary vine. Eventually, the entire plant began to wilt and finally died. As in the case of magnesium deficiency, for the diagnosis of calcium deficiency, sampling of a leaf from the 16th to 18th nodes is recommended. When calcium content in the leaf was found to be lower than 1.3%, calcium deficiency symptoms appeared at the upper part of the stem, although no symptoms were not observed on the leaf when the calcium content in the leaf decreased to a level of 0.9%.
- 4) Potassium and boron deficiency symptoms, magnesium, manganese, copper and boron excess symptoms were made appeared by water-culture. The earlier symptoms and the development of these disorders were observed.

### 2. Diagnosis and countermeasures of potassium deficiency using petiole juice on 'Delaware' grape

This experiment aimed to establish a method for diagnosing potassium deficiency in 'Delaware' grape by using petiole extract.

- 1) Sample preparation method and optimum leaf position for the diagnosis of potassium deficiency in the 'Delaware' grape were discussed. We concluded that it was appropriate to add four times the weight in pure water to petioles that were sliced into lengths of 2 to 5 mm, and kept for 24 h, and to measure the potassium concentration in the supernatant by using a simple reflection photometer system. The optimum leaf positions for estimating potassium concentration in petiole juice were considered to be the 4th through 6th.
- 2) It is considered that potassium concentration in petiole juice could be used for the diagnosis of potassium deficiency in 'Delaware' grapes, because there was a significant positive correlation between potassium concentration in the petiole juice and potassium content in leaves.
- 3) When potassium concentration in the petiole extract that is measured by a simple reflection photometer system at



the flowering stage is found to be lower than 2,400 ppm, potassium deficiency will definitely occur at a later stage, even if no symptoms are evident at that time. However, it is suggested that potassium deficiency could be avoided by the application of potassium after diagnosis.

### **3. Causes and countermeasures of chlorosis in younger leaves on shoots in blueberry**

The purpose of this experiment was to clarify the causes and countermeasures of chlorosis in younger leaves on shoots in blueberry.

- 1) Manganese content in chlorotic leaves was much lower than that in normal leaves. With regard to the occurrence of chlorosis, soil pH was higher than the optimum soil pH for blueberry, and the exchangeable manganese content in soil was low. It was considered that the chlorosis was due to manganese deficiency and might result from the very low solubility of manganese in soil at high pH.
- 2) To improve this symptom, the application of sulfur powder was effective, because it effected the lowering of soil pH .