

ブドウ‘シャインマスカット’における カスリ症の発生と果皮中無機成分含有率との関係

持田 圭介¹⁾・牧 慎也²⁾・大西 彩貴²⁾・中原 望²⁾
三谷 宣仁³⁾・内田 吉紀¹⁾・倉橋 孝夫⁴⁾

Relationship between Skin-Browning Symptom (called “Kasuri-sho”) and
Mineral Nutrient Contents in the Skin of ‘Shine Muscat’ Grapes

Keisuke Mochida¹⁾, Shinya Maki²⁾, Aki Ohnishi²⁾, Nozomi Nakahara
Nobuhito Mitani³⁾, Yoshinori Uchida¹⁾ and Takao Kurahashi⁴⁾

I 緒 言

ブドウ‘シャインマスカット’ (*V. labruscana* Bailey × *V. vinifera* L.) は、独立行政法人農業・食品産業技術総合研究機構（以下、「農研機構」という）果樹研究所がブドウ安芸津21号に‘白南’を交雑して育成し、2003年に命名、2006年に品種登録された黄緑色品種である。本品種は、ストレプトマイシン（以下、「SM」という）およびジベレリン（以下、「GA₃」という）により無核化が可能であり、マスカット香を有する（山田ら、2008）。さらに果肉が崩壊性で硬く、果粒の皮（以下、「果皮」という）が薄いことから、果皮ごと食べることができる高品質品種として、ブドウ主産県で栽培されている（農林水産省生産局生産流通振興課、2011）。

しかし、‘シャインマスカット’の欠点は、成熟期に果皮が褐変する障害、通称「カスリ症」が発生することである。島根県内の産地では、年次によって差異があるものの、園によってはほぼ全果房にカスリ症が発生し、出荷等級を下

げる主要因となっている。このカスリ症は、‘翠峰’（尾頃ら、2003、2007）、‘瀬戸ジャイアンツ’（尾頃ら、2003）などでも発生がみられ、いくつかの黄緑色品種に共通した障害であると考えられる。カスリ症として扱われている果皮褐変障害のなかには、‘ロザリオピアンコ’のように、アザミウマ類の加害により発生するとの報告（山梨県果樹試験場、2011）もあるが、‘シャインマスカット’におけるカスリ症は、アザミウマ類の発生がほとんどみられない園においても多発していることから、発生要因は‘ロザリオピアンコ’の場合と異なるものと考えられる。

これまで、‘シャインマスカット’におけるカスリ症の発生について、果実糖度が18度を超える時期から発生が目立ち始めることが報告されているが（香川県農業試験場、2008；長野県果樹試験場、2009）、その原因と対策について詳細に検討した報告はみあたらない。そこで本研究では、‘シャインマスカット’のカスリ症の発生様相を明らかにするとともに、毎年発生が少ない園と多い園における果皮中無機成分含有率な

本研究の一部は、平成22年度農林水産省新たな農林水産政策を推進する実用技術開発事業で実施した。

1) 栽培研究部 果樹グループ

2) 新居浜工業高等専門学校 愛媛県新居浜市八雲町

3) 独立行政法人農業・食品産業技術総合研究機構果樹研究所ブドウ・カキ研究拠点 広島県東広島市安芸津町

4) 栽培研究部 果樹グループ（現在、東部農林振興センター出雲事務所）

どについて調査を行ったところ、発生防止対策の一助となりうる知見が得られたので報告する。

II 材料および方法

1. カスリ症発生部位の組織学的観察(試験1)

果皮のカスリ症発生部位の症状を組織学的に明らかにするため、2010年に毎年カスリ症の発生が多い島根県農業技術センター果樹園(以下、「島根農技セ園」という)の5年生一文字整枝長梢せんだの‘シャインマスカット’(テレキ5BB台)1樹を供試した。作型は3月上旬ビニル被覆の無加温栽培で、無核化処理は満開約10日前に200ppmSM溶液を花穂に散布し、満開期に25ppmGA₃と3ppmホルクロルフェニユロンとの混合溶液に、満開約15日後に25ppmGA₃溶液にそれぞれ花(果)房を浸漬することにより行った。また、着果管理は新梢の着房率を約70%とし、1果房当たりの着粒数が40~45粒になるように整房・摘粒して、目標果房重を600~650gに設定した。これら無核果房において、成熟期にカスリ症が発生した果房を収穫した後、速やかに組織学的観察を行った。すなわち、果皮のカスリ症発生部位の表皮および垂表皮細胞層における放射線方向(果粒表面に対して垂直)と、垂表皮細胞層の接線方向(果粒表面に対して平行)の組織切片(厚さ50μm)を卓上型ハンドミクロトーム(THK, ケニス)を用いて作製し、光学顕微鏡下で観察した。対照として健全な果皮の観察も同様に行った。

2. カスリ症の発生時期(試験2)

カスリ症の発生と果実糖度との関係を明らか

にするため、2008年から2010年に島根農技セ園の3年生(2008年)一文字整枝長梢せんだの‘シャインマスカット’(テレキ5BB台)4樹を供試した。作型は3月上旬ビニル被覆の無加温栽培で、いずれの年においても無核化処理および着果管理は試験1と同様に行った。各年ともに樹当たりで平均的な果粒肥大を示した6果房を選び、各供試樹が概ねベレゾーン期となる満開後50日以降10~15日間隔でカスリ症の発生程度を目視により判定した。カスリ症発生程度の判定基準値(図1)は、カスリ症発生程度を0:無, 0.5:果房当たり全果粒数の10~15%が褐変, 1:30~35%が褐変, 1.5:約50%が褐変, 2:60~70%が褐変, 2.5:約85%が褐変, 3:ほぼ100%が褐変した果房とし、さらに隣り合う基準値間を0.25単位で区分して合計13段階の基準値とした。カスリ症の発生程度の判定を行った後、果房の肩部、中間部および頂部から、カスリ症の発生程度および果粒肥大が果房内で平均的な1粒をそれぞれ採取し、6果房分の果粒をまとめて搾汁後、果実糖度をデジタル糖度計(PR-101, アタゴ)を用いて測定した。カスリ症の発生程度および果実糖度の調査は、果実糖度が18度を超える時期の10~15日後まで行った。また、ベレゾーン期から概ね収穫期となるベレゾーン期後40日までの積算日照時間と果実糖度の推移との関連を探るため、各年のアメダスデータ(観測地点:出雲)から積算日照時間を求めた。なお、アメダスの出雲観測地点は島根農技セ敷地内にあり、調査ほ場との直線距離は約200m程度であった。



図1 ‘シャインマスカット’のカスリ症発生程度の判定基準

注) 図中の基準値は、果房当たりのカスリ症発生果粒率により0:無, 0.5:果房当たり全果粒数の10%~15%が褐変, 1:30~35%が褐変, 1.5:約50%が褐変, 2:60%~70%が褐変, 2.5:約85%が褐変, 3:ほぼ100%が褐変した果房とし、さらに隣り合う基準値間を0.25単位で区分して合計13段階の基準値とし、目視で判定した。

3. カスリ症多発生園と少発生園における土壤中無機成分含量と果皮中無機成分含有率の比較 (試験3)

カスリ症の発生と果皮中無機成分含有率との関係を明らかにするため、島根農技セ園を多発生園、例年カスリ症の発生が少ない農研機構果樹研究所ブドウ・カキ研究拠点（広島県東広島市、以下、「果樹研」という）園を少発生園とした。試験は、2008～2009年に行った。多発生園では3年生（2008年）一文字整枝長梢せん定の‘シャインマスカット’（テレキ5BB台）8樹を、少発生園では14年生（2008年）X字型長梢せん定の‘シャインマスカット’（テレキ5BB台）を2008年は1樹、2009年は2樹を供試した。多発生園の作型は3月上旬ビニル被覆の無加温栽培で、無核化处理および着果管理は試験1と同様に行った。少発生園の作型は露地栽培で、無核化处理は満開約7日前に200ppm SM 溶液を花穂に散布し、満開期および満開約10日後に25ppm GA₃に花（果）房を浸漬することにより行った。着果管理は、新梢の着房率を約70%とし、1果房当たりの着粒数が42粒になるように摘粒して、目標果房重を500gに設定した。無機成分の年間施用量（10a当り）は、2008年が窒素（N）9.8kg、リン（P₂O₅）3.2kg、カリウム（K₂O）6.3kgおよびマグネシウム（MgO）1.5kg、2009年が窒素18.9kg、リン2.2kg、カリウム4.5kg、マグネシウム0.6kgであり、少発生園では両年ともに窒素3.3kg、リン8.9kg、カリウム3.0kg、マグネシウム4.1kgであった。カルシウム資材施用量（10a当り）は、多発生園では2008年が養液土耕1号（大塚アグリテクノ株）39.4kg、塩化カルシウム9.7kg、2009年が養液土耕1号28.0kg、硝酸カルシウム37.9kgであり、少発生園では両年ともにBMようりん30kg、牛ふんたい肥（商品名；元気くん）300kgであった。施肥について、多発生園は3月上旬～10月下旬に養液土耕栽培により液肥として毎日行い、少発生園は11月中旬に元肥として全量施用した。両年ともに、両供試園の各供試樹から、収穫後の9月に土壌を採取し分析を行った。土壌分析は、各供試樹の主幹から約1m離れた位置について、多発生園では2カ所、少発生園では3カ所の、深さ約10cmの部位から土壌100g程度を

採取し、樹単位で混合して風乾させ、粉碎後2mm目の篩を通過させた風乾細土を試料として行った。土壌pHは、風乾細土20gを純水50mLとともに100mLポリビンに入れ、30分間振とうした後pHメーター（HM-25R, TOA）で測定した。アンモニア態窒素および硝酸態窒素含量は、風乾細土10gに10% KCl 100mLを加えて30分間振とうし、上澄み液をろ過して得た試料液について、水蒸気蒸留法で定量した。交換性塩基は、土壌浸出装置を用い、風乾細土6gについて1N酢酸アンモニウム液100mLで抽出し、カリウム（K₂O）は炎光光度法、カルシウム（CaO）およびマグネシウム（MgO）は原子吸光分光光度法（Z6000, 日立製作所）で定量した。両年とも収穫期（満開後約90日）に、多発生園では1樹当り3果房を、少発生園では1樹当り5果房を採取した。カスリ症発生程度の調査は、多発生園では全果房について、少発生園では採取した5果房について試験2と同様の方法で行った。果皮中の無機成分分析は、はく皮した果皮を多発生園では樹単位で、少発生園では果房単位でそれぞれ生体重で20g以上を90に設定した通風乾燥機（DN63, Yamato）で恒量になるまで乾燥し、ブレンダー（WB-1, 大阪ケミカル）により粉碎したものを試料として用いた。窒素はケルダール分解および水蒸気蒸留法（スーパーケル142, ACTAC）で、リン（P）はバナドモリブデン法で、カリウム（K）、カルシウム（Ca）およびマグネシウム（Mg）は灰化後1N塩酸で溶解し、カリウムは炎光光度法、カルシウムおよびマグネシウムは原子吸光分光光度法（Z6000, 日立製作所）で定量した。なお、各無機成分の分析値は、少発生園では果房単位で2008年が5反復、2009年が10反復で、多発生園では両年ともに樹単位で8反復の平均で表した。

4. 窒素およびカルシウム施用量の違いがカスリ症の発生、果皮中窒素およびカルシウム含有率ならびに果実品質に及ぼす影響 (試験4)

窒素およびカルシウムの施用量の違いとカスリ症発生との関係を明らかにするため、2009年および2010年に島根農技セにおいて40Lポット栽植の4年生（2009年）片側一文字整枝短梢せん定の‘シャインマスカット’（主枝長1.5m、樹間1m、培土；マサ土/牛ふんたい肥 = 1/1、

自根) 18樹を供試した。作型は無加温栽培で、供試樹を9樹ずつに分け、2009年は処理区として窒素およびカルシウムを島根県の‘シャインマスカット’栽培指針(2008年)に準じ、それぞれ樹冠占有面積当たりで標準量を施用した標N標Ca区、窒素施用量を標準より多くしカルシウムを無施用とした多N無Ca区、2010年は標N標Ca区に対して窒素施用量を標準量よりやや少なくしカルシウム施用量を標準量より多くした少N多Ca区、多N無Ca区に対して窒素施用量を2009年よりさらに多くしカルシウムを無施用とした極多N無Ca区を設定した。標N標Ca区、多N無Ca区、少N多Ca区、極多N無Ca区の年間施用成分量(10a当り)は、それぞれN:CaOで10.7kg:23.7kg, 15.7kg:0kg, 8.0kg:75.6kg, 27.7kg:0kgとした。カルシウム資材施用量(10a当り)は、2009年の標N標Ca区が炭酸カルシウム20kg, 硝酸カルシウム36.7kg, 2010年の少N多Ca区が炭酸カルシウム60kg, スイカル(蟻酸カルシウム)100kgであった。

また、すべての処理区におけるカリウム(K_2O)、リン(P_2O_5)およびマグネシウム(MgO)の年間施用成分量(10a当り)は、前述の栽培指針に準じ、標準量とした。無核化処理は試験1と同様に行い、着果管理は1樹当たり着房数を約5果房とし、1果房当たり着粒数を40~45粒とした。満開後約70日以降、各樹の主枝中間部付近の2果房について、肩部の2粒を採取して試験2と同様の方法で果実糖度を4~5日間隔で測定し、18度以上に達した時期にカスリ症発症程度の調査を試験2と同様の方法で行った後、全果房を収穫して果実品質調査を行った。果皮色は、2009年は色調が‘シャインマスカット’と近似している農林水産省果樹試験場作成のナシ地色用カラーチャート、2010年は香川県農業試験場作成の‘シャインマスカット’専用カラーチャートを用いて、果房中央部付近で着色が果房内で平均的な果粒5粒について測定した。各調査果房の果房重を測定後、1果房当たりの着粒数および果穂軸重を調査し、(果房重 -

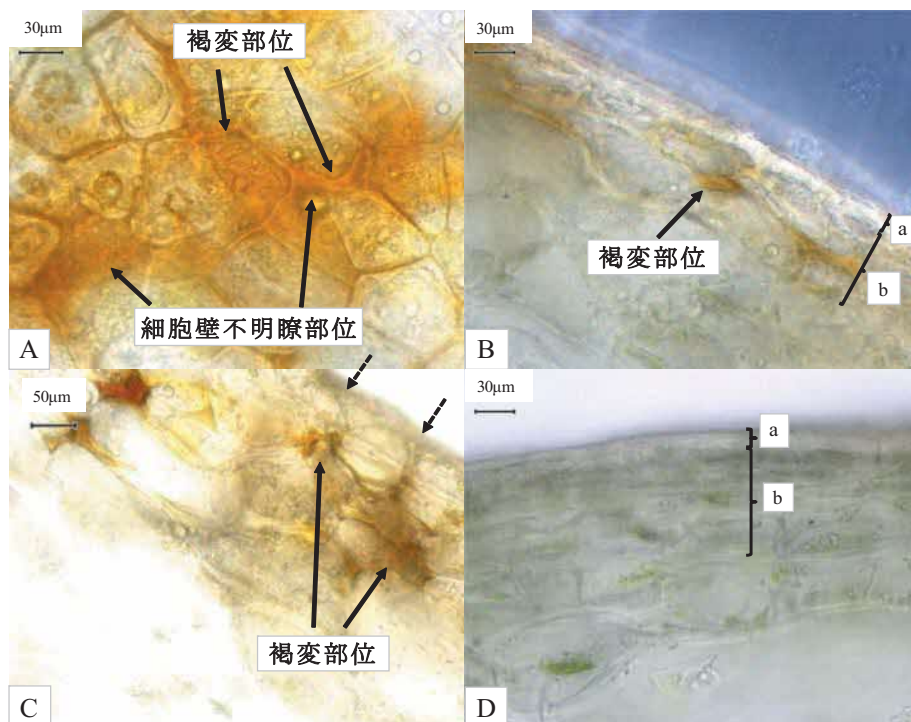


図2 ‘シャインマスカット’果皮におけるカスリ症発症部位(A, B, C)および健全部位(D)の光学顕微鏡像

- 注) A: 亜表皮細胞層の接線方向(果粒表面に対して平行)の組織切片($\times 400$)
 B: 放射線方向(果粒表面に対して垂直)の組織切片($\times 400$)
 C: 放射線方向の組織切片($\times 200$, 破線矢印は褐変部位直上の表皮細胞層が薄い部分を指す)
 D: 放射線方向の組織切片($\times 400$)
 a: 表皮細胞層
 b: 亜表皮細胞層

果穂軸重) / 果粒数により果粒重を求めた。各果房について、肩部から先端部まで5粒を筋状に採取し、その反対側の面についても同様に採取して計10粒をまとめて搾汁し、果実糖度を試験2と同様の方法で測定した。果皮中窒素およびカルシウム含有率の測定は、果実糖度の調査と同様の方法で各果房から10~20粒を抽出し、はく皮した果皮を生体重で20g以上採取して試験3と同様の方法で行った。

III 結 果

1. カスリ症発生部位の組織学的観察 (試験1)

カスリ症発生部位を組織学的に観察した結果、褐変部位は細胞間隙を中心に (図2A), また亜表皮細胞層でのみ観察され (図2B), 果皮表面に病害虫による被害あるいは微細な亀裂等の物理的な傷害は認められなかった。さらに、褐変部位直上の表皮細胞層は薄くなっており、果皮表面は凹凸のある状態であった (図2C)。一方、健全な果皮では、亜表皮細胞層での褐変部位は観察されなかった (図2D)。

2. カスリ症の発生時期 (試験2)

2008年から2010年における果実糖度およびカスリ症発生程度の推移を図3に、満開後約50日 (ベレゾーン期) から90日までの積算日照時間を表1に示した。カスリ症の発生開始期には年次変動があり、2008年および2010年では、それぞれ満開後77日および78日で果実糖度が約17.3度および16.9度の時期から発生がみられ、その後およそ20日間に果実糖度の上昇に伴って増加した。両年のベレゾーン期以降40日間の積算日照時間は317時間および286時間で、それぞれ平年値の約126%および114%と多かった。これに対し、2009年は満開後87日で果実糖度が約15.4%の時期から発生がみられ、その後糖度の上昇に伴い満開後115日頃まで漸増した。この年のベレゾーン期以降40日間の積算日照時間は87時間で、平年値の約35%であった。

3. カスリ症の多発生園と少発生園における土壌中無機成分含量および果皮中無機成分含有率 (試験3)

カスリ症の多発生園と少発生園における収穫後 (9月) の土壌pHおよび土壌中無機成分含量を表2に示した。土壌pHは両園に差はみられな

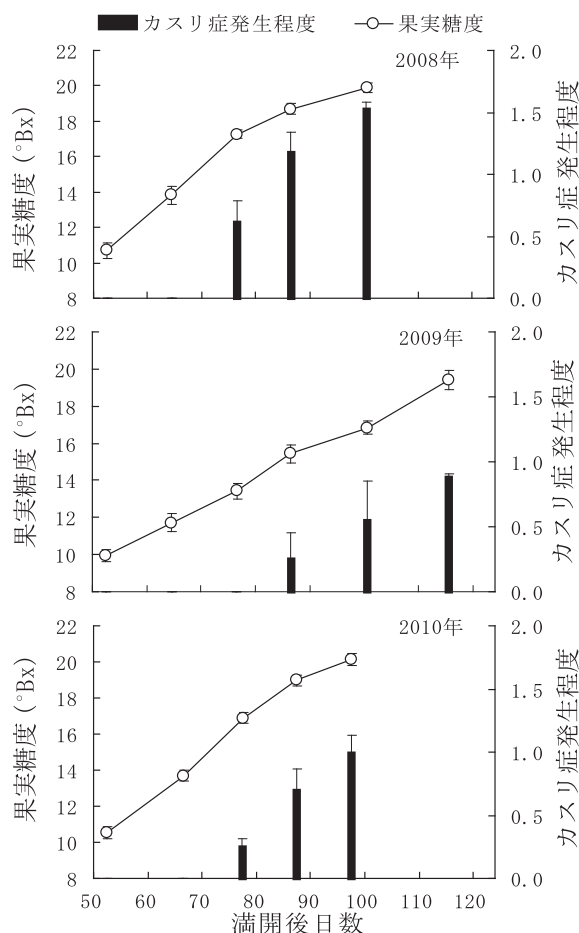


図3 ‘シャインマスカット’におけるベレゾーン期 (満開後約50日) 以降の果実糖度およびカスリ症発生程度の年次別推移

注) カスリ症発生程度の判定は、図1に準じて実施。図中の縦棒は、標準誤差を示す。

表1 ‘シャインマスカット’の満開後約50日から90日までの積算日照時間 (アメダス：出雲)

年次	積算日照時間 (時間)
2008	317
2009	87
2010	286
平年 ²⁾	252

注) ²⁾1987年から2010年までの同期間の平均値

かった。無機態窒素含量は、両年とも多発生園が多く、特に硝酸態窒素含量が有意に多かった。交換性塩基含量は、両年ともに全成分で多発生園が有意に多かった。カスリ症の多発生園と少発生園における収穫期 (満開後約90日) のカスリ症発生程度および果皮中無機成分含有率を表3に示した。カスリ症発生程度は、2008年および2009年に多発生園ではそれぞれ1.06, 0.78となり、少発生園での0.06, 0.27に比べて有意

に高かった。果皮中無機成分含有率について、窒素含有率は多発生園では兩年とも少発生園に比べて有意に高く、逆にカルシウム含有率は有意に低かった。リンおよびカリウム含有率は、2008年は多発生園で有意に高かったものの、2009年は両園地間で有意差がみられず、マグネシウム含有率は兩年ともに両園地間で有意差がみられなかった。

4. 窒素およびカルシウム施用量の違いによるカスリ症の発生、果皮中窒素およびカルシウム含有率ならびに果実品質（試験4）

窒素およびカルシウムの施用量の違いがカスリ症の発生、果皮中窒素およびカルシウム含有率ならびに果実品質に及ぼす影響を表4に示した。多N無Ca区および極多N無Ca区のカスリ症発生程度は、1.72および2.22と兩年とも著しく高く、島根県の出荷基準では規格外品（カスリ症発生程度1以上）になる程度であった。そ

れに対し、標N標Ca区および少N多Ca区の発生程度はそれぞれ0.64および0.57と優品（カスリ症発生程度1未満）の等級であり、多N無Ca区と標N標Ca区との間および極多N無Ca区と少N多Caの間にそれぞれ有意差が認められた。果皮中無機成分含有率について、2009年は標N標Ca区の果皮中カルシウム含有率が849 $\mu\text{g/g}$ であり、多N無Ca区の659 $\mu\text{g/g}$ との間に有意差が認められた。果皮中窒素含有率に処理間差はみられなかった。2010年は、少N多Ca区の果皮中カルシウム含有率が829 $\mu\text{g/g}$ であり、極多N無Ca区の452 $\mu\text{g/g}$ との間に有意差が認められた。果皮中窒素含有率は、少N多Ca区の9.4 mg/g に対し極多N無Ca区が11.6 mg/g と有意に高かった。その他の果実品質については、兩年ともに処理区間差は認められなかった。

表2 ‘シャインマスカット’ のカスリ症多発生園および少発生園における土壤中無機成分含量

年次	園地	土壌pH (H ₂ O)	土壤中無機成分含量 (対乾物)					
			無機体N (mg/100g)			K ₂ O (mg/100g)	CaO (mg/100g)	MgO (mg/100g)
			アンモニア態	硝酸態	計			
2008	多発生 ^{z)}	6.68	1.29	2.21	3.50	65.2	221.0	59.7
	少発生 ^{y)}	6.11	1.23	0.56	1.79	31.7	77.9	33.2
	有意性 ^{x)}	ns	ns	**	**	**	**	**
2009	多発生 ^{z)}	6.21	0.25	2.91	3.16	86.6	227.5	57.6
	少発生 ^{y)}	6.27	0.51	0.86	1.37	37.7	65.1	34.2
	有意性 ^{x)}	ns	*	**	**	**	**	**

注) ^{z)} 島根県農業技術センター園

^{y)} 農研機構果樹研究所ブドウ・カキ研究拠点園

^{x)} t検定により、園地間に**は1%レベルで、*は5%レベルで有意差があることを、nsは有意差がないことを示す。

表3 ‘シャインマスカット’ のカスリ症多発生園および少発生園における収穫期のカスリ症発生程度と果皮中無機成分含有率

年次	園地	カスリ症 発生程度 ^{z)}	果皮中無機成分含有率 (対乾物)				
			N (mg/g)	P (mg/g)	K (mg/g)	Ca ($\mu\text{g/g}$)	Mg ($\mu\text{g/g}$)
2008	多発生 ^{y)}	1.06	13.0	2.7	41.9	510	393
	少発生 ^{x)}	0.06	5.4	1.9	34.9	737	470
	有意性 ^{w)}	**	**	*	**	*	ns
2009	多発生 ^{y)}	0.78	16.0	2.3	40.0	518	600
	少発生 ^{x)}	0.27	8.9	2.4	38.8	695	579
	有意性 ^{w)}	**	**	ns	ns	*	ns

注) ^{z)} カスリ症発生程度の判定は、図1に準じて実施。

^{y)} 島根県農業技術センター園

^{x)} 農研機構果樹研究所ブドウ・カキ研究拠点園

^{w)} t検定により、園地間に**は1%レベルで、*は5%レベルで有意差があることを、nsは有意差がないことを示す。

表4 ‘シャインマスカット’における窒素およびカルシウム施用量の違いがカスリ症の発生、果皮中窒素およびカルシウム含有率ならびに果実品質に及ぼす影響

年次	処理区	年間施肥成分量 (kg/10a)		カスリ症 発生程度 ^{y)}	果皮中N含量	果皮中Ca含量	果皮色 ^{x)}	果房重 (g)	果粒重 (g)	果実糖度 (°Bx)
		N	CaO ^{z)}		(対乾物) (mg/g)	(対乾物) (μg/g)				
2009	標N標Ca	10.7	23.7	0.64	8.7	849	3.9	331	7.0	20.1
	多N無Ca	15.7	0.0	1.72	9.4	659	3.9	284	6.8	19.4
	有意性 ^{w)}	-	-	**	ns	**	ns	ns	ns	ns
2010	少N多Ca	8.0	75.6	0.57	9.4	829	4.5	429	10.0	21.4
	極多N無Ca	27.7	0.0	2.22	11.6	452	4.6	391	9.3	19.8
	有意性 ^{w)}	-	-	**	**	**	ns	ns	ns	ns

注) ^{z)} カルシウム資材施用量 (10a当り) は、2009年の標N標Ca区が炭酸カルシウム20kg、硝酸カルシウム36.7kg、2010年の少N多Ca区が炭酸カルシウム60kg、スイカル (蟻酸カルシウム) 100kgとした。

^{y)} カスリ症発生程度の判定は、図1に準じて実施。

^{x)} 2009年は農林水産省果樹試験場作成ナシ地色用カラーチャート値、2010年は香川県農業試験場作成‘シャインマスカット’カラーチャート値

^{w)} t検定により、処理区間に**は1%レベルで有意差があることを、nsは有意差がないことを示す。

IV 考 察

1. カスリ症の発生様相

ブドウ黄緑色品種のカスリ症発生部位を観察したこれまでの報告をみると、‘マスカット・オブ・アレキサンドリア’無核果粒では、ベレゾーン2週間後の果粒表面に微細な亀裂が発生し、その周辺部分が褐変するとしている。(岡山県農業総合センター農業試験場, 2006)。これに対し、本研究における‘シャインマスカット’無核果粒のカスリ症発生部位における組織学的観察の結果では、表皮のクチクラ層および表皮細胞層は健全であり、褐変は垂表皮細胞層で発生しており、細胞壁が明瞭でない部分が確認できたことから、一部の細胞が崩壊している可能性が示唆された。また、‘シャインマスカット’無核果粒の表皮を組織学的に観察した他の結果では、カスリ症は果皮表面に近い細胞が壊死し、壊死した細胞上の果粒表面が陥没することによって発生することが示唆されている(香川県農業試験場, 2008)。本研究においても、カスリ症発生部位の果皮表面に凹凸を確認したが、これは褐変部位直上の表皮細胞層が薄くなり、わずかに陥没していることによるものであった(図2)。これらのことから、‘シャインマスカット’におけるカスリ症は病害虫や裂皮などによる物理的傷害ではなく、生理的障害であると考えられた。また、褐変部位では垂表皮細胞が崩壊し、褐変が細胞間隙に発生しているように観

察された。褐変の原因物質としてはポリフェノールが考えられるが(村田, 2007)、今後の検討が必要である。

一方、これまでカスリ症の発生様相を果房部位別に観察してきたところ、とくに若齢樹では成熟の進行が早い小果粒が混入する場合があり、それらの果粒から発生が始まっていた。このことは、山下(2011)が‘シャインマスカット’では早期に肥大を停止した果粒からカスリ症が発生するとしている報告と一致する。しかし、果粒肥大が概ね揃った果房では果房部位に関係なく発生がみられ、また果粒単位でみると、成熟の早い果頂部の柱頭痕周辺部から発生する機会が多いことも観察してきた(データ未発表)。このことは、カスリ症が果粒の成熟の進行に伴って発生する生理障害であることを示唆している。

‘シャインマスカット’におけるカスリ症の発生は、2008年および2010年の結果から、概ね満開75~80日頃で果実糖度が17度に達する前後の時点から発生が認められ、その後果実糖度が18度を超える時期以降まで症状が進行した。この結果は、尾頃ら(2007)が‘翠峰’におけるカスリ症の発生様相について調査した結果、障害の発生は果実糖度17度以下では発生せず、18度以上の果粒で発生したとする報告と一致しており、‘シャインマスカット’でも同様な報告がみられることから(香川県農業試験場, 2008; 長野県果樹試験場, 2009)、ブドウ黄緑色品種の生理障害であるカスリ症発生の特徴と

考えられる。しかし、ベレゾーン期以降の成熟期の日照時間が平年値の約35%と少なく、果実の糖度上昇が遅延した2009年は、果実糖度16度に満たない果房において、満開後87日の時点でカスリ症の発生が認められ、その後糖度の上昇に伴い満開後115日頃まで進行した。したがって、'シャインマスカット'におけるカスリ症は、ベレゾーン期以降の成熟期に日照時間が比較的多い場合、満開後75~80日頃で、果実糖度が17度に達する時期前後から発生するものと考えられる。しかし、この時期の日照時間が少なく、糖度上昇が緩慢な場合、果実糖度が17度未満であっても、満開後90日頃には発生する可能性があると考えられた。

一方、カスリ症の発生程度は果実糖度17度程度の時点では0.25~0.61で、島根県の出荷基準(2011年)では青秀品(カスリ症発生程度0.5未満)~優品として扱われる程度であったものの、その後18度を超える時期には0.70~1.17と優品~規格外品として扱われる程度まで増加したことから、果実糖度17度の時点で収穫することにより発生を軽度に抑えることが可能と考えられる。実際、島根県ではカスリ症対策として2011年から収穫果の糖度基準を、肩部果粒で18度から17度に引き下げた。しかし、'シャインマスカット'本来の香りや食味は18度以上に達した時点で発現してくると考えられることから、果実糖度が18度以上に達してもカスリ症が発生しない対策技術を確立することが重要と思われる。

2. カスリ症の発生と無機成分との関係

本研究では、カスリ症の少発生園である果樹研園における果房と多発生園である島根農技セ園における果房を用いて果皮中無機成分含有率を比較した結果、少発生園の方がカルシウム含有率が高く、窒素含有率が低かった(表3)。これは、両園地間で樹齢や栽培条件が異なることにより、少発生園では多発生園に比べて施肥量を少なくして栽培していたことに起因していると考えられた。すなわち、土壌中無機成分含量は、全成分ともに多発生園で多かったにも関わらず、果皮中窒素含量は多発生園で多く、果皮中カルシウム含量は少発生園で多かったことから、土壌中カルシウム含量が多い場合であっ

ても、土壌中窒素あるいはカリウムといったカルシウム吸収に拮抗する成分の含量が多い場合、カルシウムの吸収ならびに果実への移行が抑制されるものと考えられ、このことがカスリ症の発生を助長しているものと推察された。カスリ症の発生と果皮中窒素およびカルシウム含有率との関連が示唆されたことから、窒素施用量を少なく、カルシウム施用量を多くして栽培したところ、カスリ症の発生が著しく抑制された(表4)。

果樹において、カルシウム欠乏が原因と考えられている果実の生理障害としては、リンゴのビターピットがあげられ(Forsheyら, 1992; 壽松木, 1998)、果肉中カルシウム含有率が概ね110ppm以下の条件下で多発し、窒素およびカリウム多施用条件下で発生が助長されることが明らかにされている(福田, 1991; Fukumotoら, 1987)。リンゴのビターピットの症状は、果肉組織および果皮でみられるのに対し、'シャインマスカット'のカスリ症は果皮のみでみられるものの、両障害はともに収穫期直前から発生し、例えばビターピットの発生部位のカルシウム蓄積が陥没部ではなく健全部と陥没部の境界層で認められ(Fukumotoら, 1987)、ビターピット発生原因は果実中カルシウムの局所的欠乏と考えられている(壽松木, 1998)ように、生理障害としてのカスリ症も垂表皮細胞層においてカルシウムの局所的欠乏により発生している可能性が考えられる。また、果実がカルシウム欠乏になりやすい原因の一つは、植物体内でのカルシウムの移動性が低く、しかもその吸収・輸送が窒素、カリウム、マグネシウムなどの養分により大きく影響を受けやすいことがある(壽松木, 1998)と述べられている。このことは、本研究の試験4において、果皮中カルシウム含量が2009年の多N無Ca区では659 $\mu\text{g/g}$ であったのに対し、窒素施用量を約76%増加した2010年の極多N無Ca区では452 $\mu\text{g/g}$ と著しく低下したことから明らかである。したがって、'シャインマスカット'のカスリ症の発生は、成熟期の果皮中カルシウム含有率を高めるよう、カルシウム資材を適正に施用したうえで、窒素を多施用しない施肥管理により軽減できる可能性がある。実際の現地圃場では、かん水の多少や樹勢の

強弱、夏季せんだの実施程度、作型、あるいはハウス内温湿度環境によってカスリ症の発生が異なるように観察される。これらは、カルシウムの吸収および樹体内での果房への移行にも関連していると考えられ、今後は栽培面からもカスリ症の発生防止対策について検討する必要がある。

V 摘 要

ブドウ「シャインマスカット」における果皮褐変障害、通称「カスリ症」の発生様相を明らかにするとともに、果皮中無機成分含有率との関連を検討した。果皮のカスリ症発生部位の組織学的観察から、褐変部位は亜表皮細胞層においてのみ認められた。カスリ症の発生は、満開後75～80日頃で果実糖度が17度に達する前後の時点から認められ、その後は果実糖度の増加に伴って症状が進行した。しかし、ベレゾーン期以降の日照時間が平年値の約35%と少ない年次には、満開後約90日頃で果実糖度が16度に満たない時点から発生が認められた。カスリ症の発生が毎年少ない園（少発生園）と多い園（多発生園）における果皮中無機成分含有率を比較すると、少発生園の方が窒素含有率は低く、カルシウム含有率は高かった。また、窒素施用量を少なくしたうえで、カルシウムの施用量を多くして栽培することにより、カスリ症の発生が著しく抑制された。以上のことから、「シャインマスカット」におけるカスリ症は果実の成熟に伴って発生する生理障害であり、果皮中の窒素含有率を比較的 low、カルシウム含有率を高い状態に誘導する施肥管理により抑制できる可能性が示唆された。

引用文献

Forshey, C. G., D. C. Elfving and R. L. Stebbins (1992) Summer Pruning. Training and Pruning Apple and Pear Trees. Amer. Soc. Hort. Sci., 58-65.

福田博之 (1991) リンゴ, 生理障害・災害. 新編果樹園芸ハンドブック (杉浦明編著). 養賢堂, 254-265.

Fukumoto, M., and K. Aoba (1987) Mechanism

of the Development of a Calcium-Related Disorder (Bitter Pit) in Apple. Japan. Agri. Res. Qua. 20, 248-252.

香川県農業試験場 (2008) ブドウ「シャインマスカット」における果皮褐変障害の特徴. 農試ニュース92, 3.

村田容常 (2007) 酵素的褐変とその制御. 化学と生物45, 403-410.

長野県果樹試験場 (2009) ブドウ「シャインマスカット」は、無核栽培ができる黄緑色の大粒品種として有望である. 平成21年度普及に移す農業技術 (第2回), 1-11.

農林水産省生産局生産流通振興課 (2011) 平成21年産特産果樹生産動態等調査. 特産果樹生産動態等調査報告書, 1.

尾頃敦郎・檀上尚美・小野俊朗・各務裕史 (2003) ブドウ「翠峰」及び「瀬戸ジャイアンツ」果皮の褐変に及ぼすジベレリンとホルクロルフェニユロンによる果粒肥大処理の影響. 園学雑72 (別2), 579.

尾頃敦郎・小野俊朗・各務裕史・檀上尚美 (2007) ブドウ「翠峰」に発生した果皮褐変症状. 岡山農試研報25, 5-10.

岡山県農業総合センター農業試験場 (2006) 種なしアレキにおける果皮褐変障害 (情報). 岡山県農業総合センター農業試験場平成18年度試験研究主要成果, 41-42.

壽松木 章 (1998) ビターピット. 生理障害, ビターピット. 農業技術大系果樹編1(2) リンゴ (農文協編) 農文協, 技218の4-5.

山田昌彦・山根弘康・佐藤明彦・平川信之・岩波 宏・吉永勝一・小澤俊治・三谷宣仁・白石美樹夫・吉岡美加乃・中島育子・中野正明・中畝良二 (2008) ブドウ新品種「シャインマスカット」. 果樹研報7, 21-38.

山梨県果樹試験場 (2011) チャノキイロアザミウマによる「ロザリオピアンコ」の「かすり症」類似被害の識別と抑制. 平成22年度研究成果情報, 1-2.

山下泰生 (2011) ブドウ「シャインマスカット」の商品性向上対策. 平成23年度近畿・中国・四国地域果樹研究会資料, 22-24.

Summary

We investigated to clarify the symptoms of skin-browning in 'Shine Muscat' (*Vitis labruscana* Bailey × *V. vinifera* L.) grapes and the relationship between the occurrence of skin-browning and mineral nutrient content in the grape skin.

Histological observation showed that skin-browning symptom occurred only in the sub-epidermal cell layers, and not in the epidermal cell layers. Skin-browning developed at around 75 to 80 days after the full bloom and soluble solids content (SSC) of the grapes reached 17%. Then, skin-browning progressed as the SSC increased. However, skin-browning developed at around 90 days after the full bloom and the SSC of the grapes reached 15~16%, in the year that the durations of sunshine on veraison to maturation period were 35% of common year. Analyses of mineral nutrient content in the skin showed that nitrogen (N) content was lower and calcium (Ca) content was higher in grapes harvested in orchards where skin-browning rarely occurred compared to orchards where severe skin-browning occurred every year. The incidence of skin-browning was significantly lower on the grape vines grown under soil conditions where small amounts of N and large amounts of Ca were applied as compared to those grown in soil where no Ca and large amounts of N were applied.

These results suggest skin-browning in 'Shine Muscat' grapes is a physiological disorder and occurs as grapes ripen. A fertilizer management program is recommended to suppress skin-browning while grapes gradually mature, using relatively low amounts of N and high amounts of Ca in the soil.