

ウメ ‘南高’ 生果における黒点症（通称）および塩漬け果における油揚げ症（通称）の発生要因と軽減対策

城村徳明・古屋挙幸¹・行森 啓²

和歌山県果樹試験場うめ研究所

Mechanism and Control of Peel Potted Injury (Tentative Name) in Raw Fruits and Fried Like Injury (Tentative Name) in Pickled Fruit of Japanese Apricot 'Nanko'

Noriaki Jomura, Takayuki Furuya¹ and Akira Yukimori²

Laboratory of Japanese Apricot, Fruit Tree Experiment Station, Wakayama Prefecture

緒 言

和歌山県においてウメは産出額がミカンに次ぐ基幹品目であり、2017年の生産量は53,500tで、全国生産量の62%を占める（農林水産統計）。主産地のみなべ町および田辺市ではその大半が完熟落果収穫され、梅干しの原料として塩漬けされている。

近年、当県のウメ主力品種である‘南高’において、果皮の主に果梗部に褐色等の小斑点が多数生じる黒点症（通称）が多発し商品価値を落とすことがあり、その発生要因の解明と対策が求められている。黒点症発生部位からは、特定の菌が検出されなかった（私信）ため、黒点症は何らかの環境要因により生じる生理障害である可能性がある。塩漬け後の白干し梅で果皮の一部が硬化する油揚げ症（通称）は、黒点症果実等の果皮に障害のある果実で発生する一方で、収穫時は正常果実であっても塩漬け後に発生する可能性がある。

果実の果梗部が褐変する果皮障害にナツダイダイの水腐れ症があり、春先に湿潤な条件にある樹で発生しやすいことや袋かけにより防止できることが報告されている（井上, 1967）。ウメの果実や塩漬け果実に発生する果皮障害に関する報告はないが、黒点症は、4月と5月の降雨量が多い年に発生する傾向があり、春先の気候条件との関係が推察される。

そこで本試験では、‘南高’果実に発生する黒点症と塩漬け後の白干し梅に発生する油揚げ症の発生メカニズムの解明を目指して降水量との関連性を調査した。さらに果皮の保護資材による黒点症と油揚げ症の軽減対策についても検討した。

材料および方法

1. 黒点症の発生メカニズムの解明

1) 水濡れ処理の影響と黒点症の形態観察

¹ 現在: 和歌山県西牟婁振興局農林水産振興部農業水産振興課

² 現在: 和歌山県日高振興局農林水産振興部農業水産振興課

(1) 水濡れ処理による果皮障害の再現

2010年にうめ研究所内に植栽されている‘南高’から採取された正常果実を用い、追熟0日、2日および3日後の果実を供試した。なお、追熟条件は常温とした。果実を約40mlの蒸留水を含ませたキムタオルで1果ずつ包み、ポリ袋に10果入れ恒温暗黒条件(28℃)で48時間静置し(以下、水濡れ処理)、追熟日数別の果皮障害果発生率を調査し、果皮障害発生部位の形態を光学顕微鏡で観察した。

(2) 黒点症の発生部位の形態観察

2011年に和歌山県うめ研究所内に植栽されている‘南高’から採取された黒点症果実を用い、果皮表面と果皮断面を光学顕微鏡(Nikon, ECLIPSE 50i)および走査型電子顕微鏡(日立ハイテク, S-3400N)を用いて低真空低温観察法で観察した。

2) 樹上散水による黒点症再現試験

(1) 樹上散水が果皮ワックス量に及ぼす影響

2011年にうめ研究所内の降雨(有および無)と樹上散水(有および無)を組み合わせた4区において、5月9日から完熟落果盛期の6月21日まで約2週間毎に各樹4果を採取し、表皮ワックス量を調査した。また、7月5日に別の自然条件の樹から、黒点症果実および正常果実を各3果採取し、表皮ワックス量を調査した。なお、黒点症果実は果面の1~2割で黒点症が発生した果実を供試した。果皮ワックス量は、広岡ら(1981)および内山ら(1989)の報告を参考に以下の手順で定量した。果実をクロロホルム90mlに30秒間浸漬し、抽出液をNo.2のろ紙でろ過してナス型フラスコに移した。ナス型フラスコは事前に重さを測定し、ロータリーエバポレーター(ヤマト科学, RE400)でクロロホルムを留去した後、3~4時間、自然乾固して再度重さを測定した。この重量からナス型フラスコの重さを差し引いた値を1果あたりのワックス量($\mu\text{g}\cdot\text{cm}^{-2}$)とした。クロロホルムに浸漬した後の果実の大きさ(縦径、横径、側径)をノギスで測定し、表皮の表面積を回転楕円形として求め、単位面積あたりのワックス量($\mu\text{g}\cdot\text{cm}^{-2}$)を算出した。

(2) 樹上散水による黒点症の再現および走査型電子顕微鏡による果皮の経時的観察

2013年に和歌山県うめ研究所内に植栽されている‘南高’を供試し、試験区として降雨(有および無)と樹上散水(有および無)を組み合わせた4区を設けた。無降雨区は雨除けハウス内で実施し、樹上散水有区は地上約2mの樹冠上部に設置した小型スプリンクラーにより8:00~18:00に15分間隔で毎日約25mm散水した。樹上散水は、無降雨区で4月5日から、降雨区で4月11日から開始し、それぞれ完熟落果が終了した日(無降雨区:7月3日、降雨区:7月5日)まで慣行防除薬剤散布の前日、当日および翌日を除き毎日行った。主枝または側枝の3枝を1処理区とし、完熟落下果実の黒点症の程度を1果実の小斑点数100以上が重症、30以上100未満が中症、30未満が軽症としてそれらの発生率を調査した。また、5月15日、6月4日および6月23日に各区より果実を採取し、黒点症の発生が多い部位である果実果梗部の果皮を経時的に走査型電子顕微鏡で観察した。

(3) 樹上散水が果皮水分吸収率に及ぼす影響

1-2)-(2)の降雨(有および無)と樹上散水(有および無)を組み合わせた4区において、2013年5月23日~7月2日まで約1週間毎に各樹5果を採取し、1-1)-(1)と同様に水濡れ処理(恒温暗黒)

黒条件は 20℃）を行った。果皮水分吸収率は水濡れ処理前の果実重量を 100 とした時の処理後の増加率とした。また、果実への熟度の指標として果実硬度を直径 5mm の円柱形プランジャーを装着したレオメーター（サン科学、COMPACT100）を用い、60 mm/min の速度で 1mm 貫入する時の最大負荷として測定し、果実赤道部付近の果皮色 b*値を色差計（日本電色、NR-11）により測定した。

2. 油揚げ症の発生メカニズムの解明

1) 黒点症果実と油揚げ症との関係

2010 年にうめ研究所内の‘南高’樹上散水樹を供試し、6 月 21 日～7 月 6 日に採取した黒点症果実 947 果および正常果実 1,069 果を果実重量の 20%の食塩で約 50 日塩漬けした。なお、黒点症果実は発生部位をマークして塩漬けした。その後 3 日間天日干しし、油揚げ症の発生率を調査した。また、同期間において完熟落果の日別の油揚げ症の発生率も調査した。

2) 黒点症果実および正常果実におけるカロース蓄積観察

2013 年にうめ研究所雨除けハウス内の‘南高’を供試し、樹上散水有区の黒点症果実と正常果実、樹上散水無区の正常果実を 6 月 23 日に採取し、黒点症果実は黒点部を、正常果実は果梗部付近の果皮表面と果皮断面を 0.05%アニリンブルー溶液に 2 分間浸漬し、水洗後にシステム生物顕微鏡（オリンパス光学工業、BX41）を用いて蛍光観察法で観察した。

3. 黒点症および油揚げ症の軽減対策

1) 果皮被覆資材による黒点症および油揚げ症発生への影響

2013 年にうめ研究所雨除けハウス内の樹上散水した 12 年生の‘南高’を 6 樹供試した。果皮被覆資材としてマシン油乳剤 95%（200 倍）とパラフィンワックス系展着剤（1000 倍）をそれぞれ用いた。また、果皮の細胞強化を目的としてカルシウム剤（1000 倍）を処理した。無処理区は無散布とした。なお、各資材あたり 3 主枝を選定して主枝単位で処理を行った。マシン油乳剤 95%は 5 月 15 日～6 月 11 日まで 2 週間毎に 3 回、その他の資材は 4 月 4 日～6 月 11 日まで 2 週間毎に 6 回散布した。黒点症発生率は 6 月 13 日～7 月 3 日に完熟落下した果実で調査した。油揚げ症発生率は黒点症発生率を調査した黒点症果実および正常果実を果実重量の 20%の食塩で 30 日以上塩漬けし、3 日間天日干しを行い、果皮表面の 20%以上硬化した果実を重症、5%以上 20%未満を中症、5%未満を軽症としてそれらの割合を調査した。

2) 果皮被覆資材の散布時期および回数が黒点症および油揚げ症の発生に及ぼす影響

2015 年にうめ研究所露地ほ場植栽の 17 年生の‘南高’15 樹を用いた。試験樹について、地上約 2m の樹冠上部に設置した小型スプリンクラーにより 8:00～18:00 に 15 分間隔で毎日約 25mm 散水した。樹上散水は、4 月 2 日から完熟落果が終了した 7 月 8 日まで慣行防除薬剤散布の前日、当日および翌日を除き毎日行った。果皮被覆資材はパラフィンワックス系展着剤（1000 倍）を用いた。各区 5 主枝ずつとし、4 月 2 日～6 月 15 日まで 2 週間毎に 6 回散布する区と、4 月 2 日～5 月 13 日まで 2 週間毎に 4 回散布する区を設けた。対照として無散布区を設けた。1-2)-(2)および 3-1)と同様の基準で黒点症発生率および油揚げ症発生率を調査した。

結 果

1 黒点症の発生メカニズムの解明

1) 水濡れ処理の影響と黒点症の形態観察

(1) 水濡れ処理による果皮障害の再現

水濡れ処理により黒点症と類似した果皮障害が再現され、果皮障害の発生率は追熟日数が長い果実ほど高く（図1）、障害発生部位では気孔周辺部の褐変が観察された（図2）。

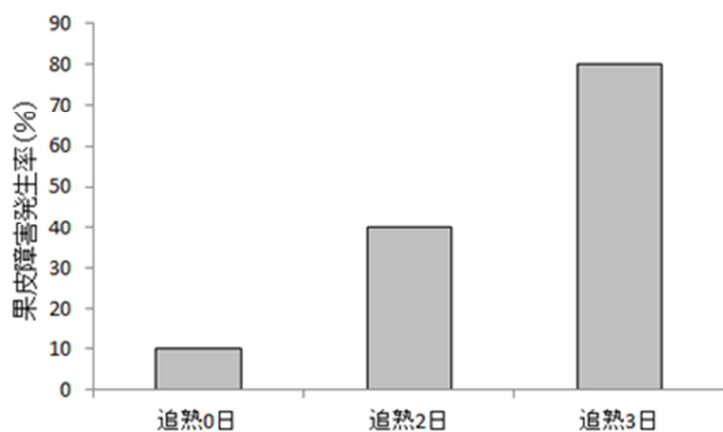


図1 水濡れ処理による追熟日数別の果皮障害の発生

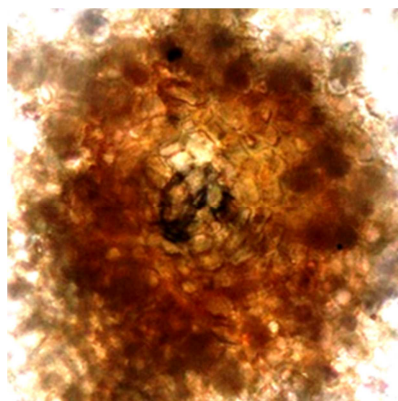


図2 障害発生部における気孔周辺部の褐変の様子(×200)

(2) 黒点症の発生部位の形態観察

黒点症果実（図3A）の発生部位を光学顕微鏡で観察すると、果皮では気孔周辺部の褐変または緑変がみられた（図3B）。

走査型電子顕微鏡では、正常な気孔は孔辺細胞が滑らかで閉じているが（図3C）、黒点症部の気孔は孔辺細胞がしわになり開いたままになっていることが観察された（図3D）。正常果実の果皮断面は細胞が規則正しく並んでいるのに対し（図3E）、黒点症部の果皮断面は細胞が崩壊しており、菌類の進入に反応して形成される乳頭状の構造物であり、組織が障害を受けた時に多糖類が蓄積して形成するパピラ様の構造が確認された（図3F）。

2) 樹上散水による黒点症再現試験

(1) 樹上散水が果皮ワックス量に及ぼす影響

黒点症果実の表皮ワックス量は、正常果と比べ少ない傾向であった（図4）。処理区別の表皮ワックス量は、降雨の有無にかかわらず、樹上散水有区が散水無区に比べ少なく推移した（図5）。

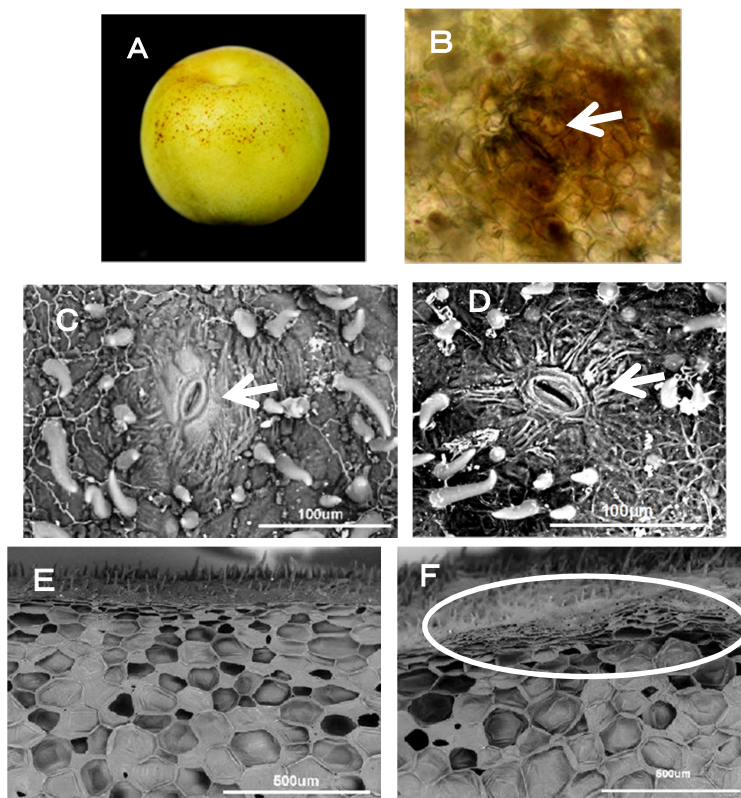


図3 黒点症果実および黒点症発生部位の形態観察

- A：黒点症果実の外観
- B：黒点症発生部位（果皮表面）の形態的特徴（×200）
- C：果実表皮の気孔（正常部）
- D：果実表皮の気孔（黒点症部）
- E：果実の果皮断面（正常部）
- F：果実の果皮断面（黒点症部；○部がパピラ様の構造）

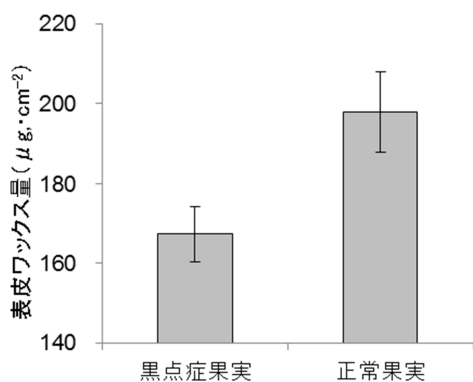


図4 黒点症果実, 正常果実の表皮ワックス量
縦棒は標準誤差を示す (n=3)

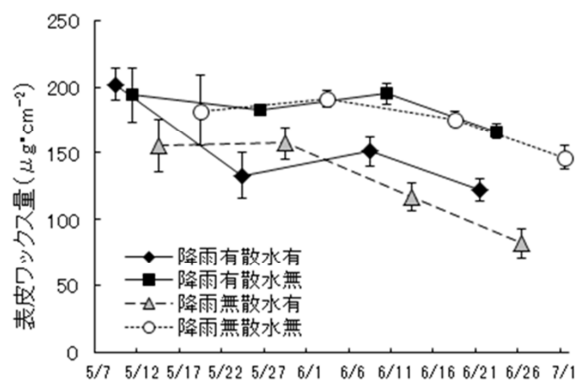


図5 降雨, 樹上散水の有無と表皮ワックス量
縦棒は標準誤差を示す (n=3)

(2) 樹上散水による黒点症の再現および走査型電子顕微鏡による果皮の経時的観察

黒点症の発生率は、重症、中症、軽症および合計ともに樹上散水有区で高く、降雨有+樹上散水有区の合計では39.1%で最も高くなり、降雨無+樹上散水無区では発生が見られなかった（表1）。

表1 降雨および樹上散水の有無と黒点症の発生率

降雨	樹上散水	降雨+樹上 散水量 (mm)	黒点症発生程度 (%) ^z			合計
			重症	中症	軽症	
有 (露地)	有	2,669	10.1 a	13.5 a	15.5 a	39.1 a
	無	2,025	0.0 b	0.0 c	2.7 b	2.7 b
無 (ハウス)	有	744	6.8 a	7.1 b	14.0 a	27.9 a
	無	0	0.0 b	0.0 c	0.0 c	0.0 c
有意性 ^y			**	**	**	*

^z黒点症発生程度：重症（小斑点数100以上）、中症（30以上100未満）、軽症（30未満）、

合計：黒点症発生程度重症～軽症の合計

^yアークサイン変換後Tukeyの多重検定により、異符号間に**は1%水準、*は5%水準で有意差があることを示す

走査型電子顕微鏡で果皮を経時的に観察すると、5月15日の気孔においてはいずれの処理区でも孔辺周辺細胞が滑らかで閉じていた（図6A）。毛じについては長いものと短いものが観察され、いずれの処理区においても長いものが抜けて穴となった痕が観察された（図6B）。6月4日と6月23日の果皮は、いずれの処理区においても裂開した気孔や（図6C）、長い毛じの抜け痕が観察された（図6D）。

樹上散水すると、降雨の有無にかかわらず、6月23日の時点で毛じの量が少なくなった（図7A, C）。果皮に水が最も多くさらされる降雨有+樹上散水有区（図7A）で毛じが最も少なく、水にさらされない降雨無+樹上散水無区（図7D）で毛じが最も多かった。

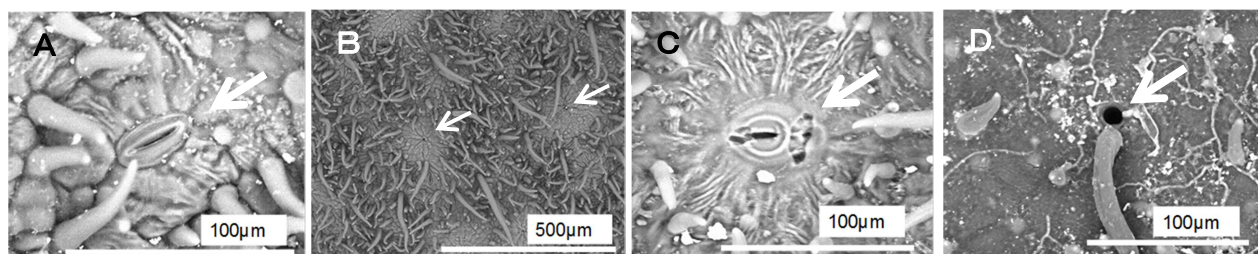


図6 果皮の気孔および毛じの様子 A：5/15の気孔，B：5/15の果皮，C：6/4の気孔，D：6/4の毛じ

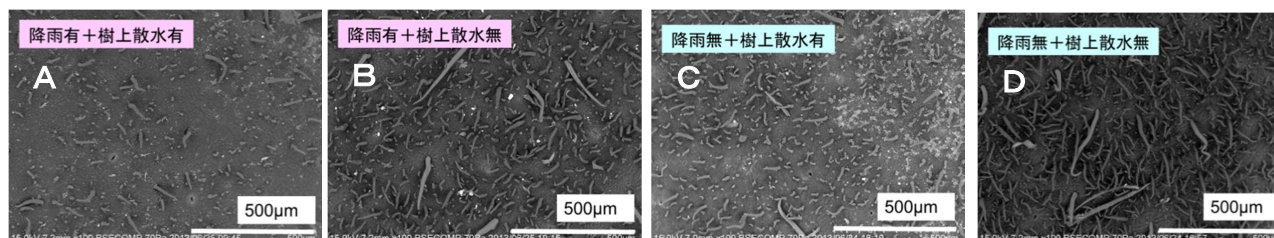


図7 降雨および樹上散水の有無と果実の果皮の様子（6/23）

（3）樹上散水が果皮水分吸収率に及ぼす影響

果皮水分吸収率は、いずれの区においても6月19日までは上昇しなかったが、その後、樹上散水有区で高くなった（図8）。果実硬度は、いずれの区においても6月19日にかけて低下した（図9）。果皮色b*値は、いずれの区においても6月19日にかけて高くなり（図10）、処理区別の熟度進行の差は見られなかった。

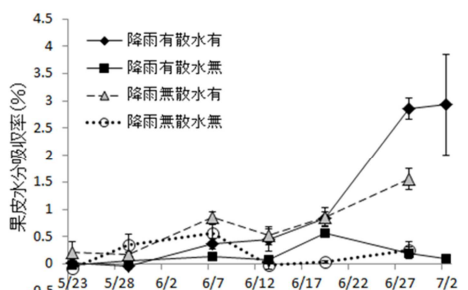


図8 各処理区における果皮水分吸収率
縦棒は標準誤差を示す (n=5)

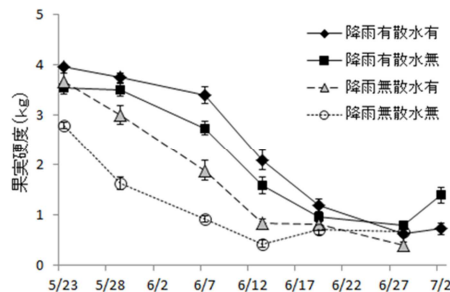
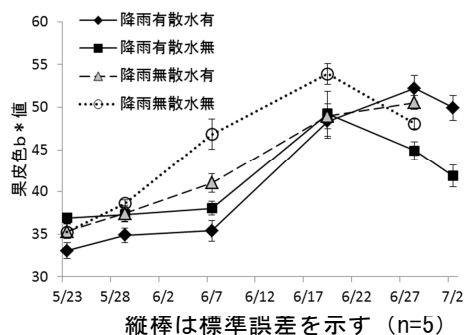


図9 各処理区における果実硬度
縦棒は標準誤差を示す (n=5)



縦棒は標準誤差を示す (n=5)

2. 油揚げ症の発生メカニズムの解明

1) 黒点症果実と油揚げ症との関係

樹上散水樹で発生した黒点症果実を塩漬けし白干し梅にすると、77.1%の果実で発生部位が油揚げ症（図11）となった。また、収穫時に正常果実であっても47.3%の果実で油揚げ症が発生し（図12）、その発生部位のほとんどが果梗部付近であった。

油揚げ症の落果収穫日別の発生率は、収穫日が遅いほど高くなり、落果盛期である6月30日以降では黒点症果での発生率が約80~90%であり、正常果でも約60%の発生率で推移した（図13）。

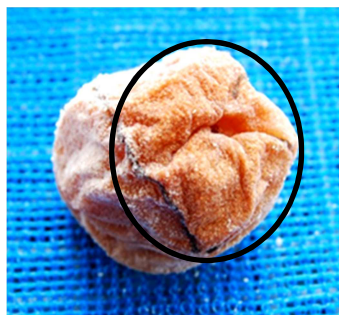


図11 油揚げ症果実

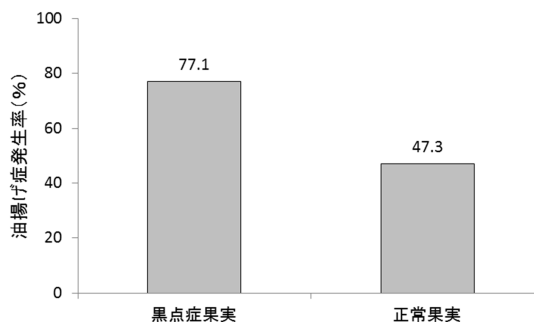


図12 黒点症果の油揚げ症発生率

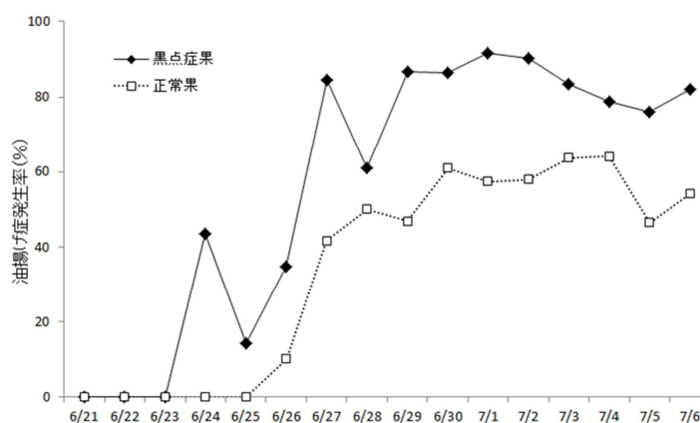


図13 落果収穫日別の油揚げ症発生率の推移

2) 黒点症果実および正常果実におけるカロース蓄積観察

雨除けハウス内の樹上散水有区の黒点症果実の黒点部は、果皮表面の気孔周辺部 (図14A) および果皮断面 (図14B) の表皮から内部に向かってアニリンブルー溶液により染色され、システム生物顕微鏡により黄色く発光したことにより、カロースの蓄積が観察された。

樹上散水無区では、正常果実の気孔部にカロースの蓄積は認められなかったが (図14C)、樹上散水有区においては正常果であっても、黒点部と比較して小規模であるが、気孔にカロースの蓄積が観察された (図14D)。

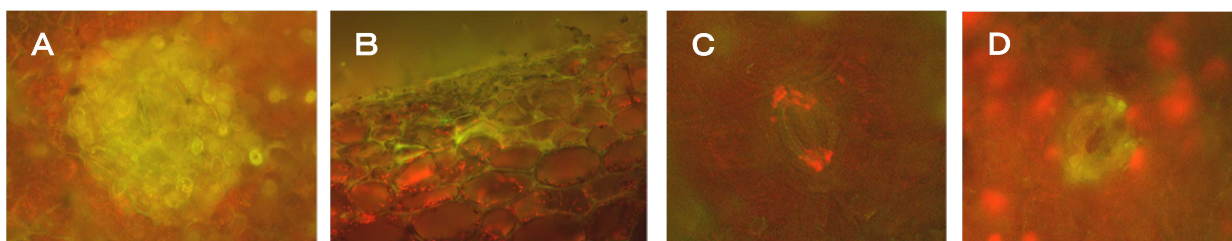


図14 黒点症発生部位および正常果果皮の染色による発光の様子

- A : 黒点症発生部位 (果皮表面) の染色による発光 (×200)
- B : 黒点症発生部位 (果皮断面) の染色による発光 (×100)
- C : 樹上散水無区の正常果における果皮表面 (×200)
- D : 樹上散水有区の正常果における果皮表面 (×200)

3. 黒点症および油揚げ症の軽減対策

1) 果皮被覆資材による黒点症および油揚げ症発生への影響

樹上散水下での黒点症の発生率は、果皮被覆資材として散布したマシン油乳剤 95%区とパラフィンワックス系展着剤区で、重症、中症および軽症でカルシウム剤区と対照区より低い値となり、重症から軽症の合計ではそれぞれ 4.3%と 5.5%と低かった (表2)。油揚げ症の発生率も同様に、マシン油乳剤 95%区で、パラフィンワックス系展着剤区で、重症、中症および軽症でカルシウム剤区と対照区より低い値となり、重症から軽症の合計ではそれぞれ 5.8%と 6.7%と低かった (表3)。しか

し、マシン油乳剤 95%区では薬害の発生が確認された（図 15）。

表2 散布資材別の黒点症の発生率

試験区	黒点症発生程度(%) ²			合計
	重症	中症	軽症	
マシン油乳剤95%	0.7 b	0.7 c	2.8 b	4.3 b
パラフィンワックス系展着剤	0.7 ab	1.4 bc	3.4 b	5.5 b
カルシウム剤	8.1 a	8.3 a	16.7 a	33.0 a
対照	6.8 a	7.1 ab	14.0 a	27.9 a
有意性 ^y	*	*	**	**

²黒点症発生程度：重症（小斑点数100以上）、中症（30以上100未満）、軽症（30未満）、
合計：黒点症発生程度重症～軽症の合計

^yアークサイン変換後Tukeyの多重検定により、異符号間に**は1%水準、*は5%水準で有意差があることを示す

表3 散布資材別の油揚げ症の発生率

試験区	油揚げ症発生程度(%) ²			合計
	重症	中症	軽症	
マシン油乳剤95%	2.4	1.7	1.7 b	5.8 c
パラフィンワックス系展着剤	2.5	1.2	3.0 ab	6.7 bc
カルシウム剤	8.3	6.3	10.9 a	25.4 a
対照	5.1	4.0	9.9 ab	19.0 ab
有意性 ^y	ns	ns	*	*

²油揚げ症発生程度：重症（果皮2割以上）、中症（0.5以上2割未満）、軽症（0.5割未満）、

合計：油揚げ症発生程度重症～軽症の合計

^yアークサイン変換後Tukeyの多重検定により、異符号間に*は5%水準で有意差があること、
nsは有意差がないことを示す



図 15 マシン油乳剤 95%散布により果実に発生した薬害

2) 果皮被覆資材の散布時期および回数が黒点症および油揚げ症の発生に及ぼす影響

黒点症の発生率は、重症と中症は散布回数の違いによる差は見られなかったが、軽症は 6 回散布区で 5.4%と最も低く、重症から軽症の合計では 6 回散布区で 8.4%、4 回散布区で 14.5%と対照区の 28.6%と比べて低い発生率となった（表 4）。油揚げ症の発生率は、重症は 6 回散布区で 0.4%と最も低く、中症は 6 回散布区と 4 回散布区でそれぞれ 0.9%と 1.6%と対照と比べて低く、軽症は 6 回散布区で 1.6%と最も低くなり、重症から軽症の合計では 6 回散布区で 2.9%、4 回散布区で 5.9%と対照区の 16.7%と比べて低くなった（表 5）。

表4 パラフィンワックス系展着剤散布回数別の黒点症発生率

試験区		黒点症発生程度(%) ²			合計
散布回数	散布月	重症	中症	軽症	
6回	4, 5, 6月	0.8	2.2 b	5.4 b	8.4 b
4回	4, 5月	1.9	3.7 ab	8.9 b	14.5 b
対照	-	3.4	7.3 a	17.9 a	28.6 a
有意性 ^y		ns	*	**	*

²黒点症発生程度：重症（小斑点数100以上）、中症（30以上100未満）、
軽症（30未満）、合計：黒点症発生程度重症～軽症の合計

^yアークサイン変換後Tukeyの多重検定により、異符号間に**は1%水準、*は5%水準で有意差があること、nsは有意差がないことを示す

表5 パラフィンワックス系展着剤散布回数別の油揚げ症発生率

試験区		油揚げ症発生程度(%) ^z			合計
散布回数	散布月	重症	中症	軽症	
6回	4, 5, 6月	0.4 b	0.9 b	1.6 c	2.9 b
4回	4, 5月	0.9 ab	1.6 b	3.4 b	5.9 b
対照	-	2.9 a	4.5 a	9.3 a	16.7 a
有意性 ^y		**	*	*	**

^z油揚げ症発生程度：重症(果皮2割以上)，中症(0.5以上2割未満)，軽症(0.5割未満)，
合計：油揚げ症発生程度重症～軽症の合計

^yアークサイン変換後Tukeyの多重検定により，異符号間に**は1%水準，*は5%水準で有意差があることを示す

考 察

過去の黒点症発生傾向からは，降雨量が4月に150mm以上かつ5月に200mm以上の年に多発すると推察された(データ略)。そのため，まず何らかの病害を疑い黒点症発生部位から病原菌の分離を試みたが特定の菌が検出されなかった。そこで本試験では，別の可能性を検証するため，水濡れ処理や4月から完熟落果期までの人工的な樹上散水処理による症状の再現を試みた。結果，黒点症の発生率が高まったため，黒点症の発生は降水量の影響を強く受けることが明らかとなった。黒点部では，ほとんどの気孔周辺部が褐変しており，また，表皮組織は重症であるほど細胞が崩壊していた。さらに，黒点部では気孔や毛じ痕周辺部の表皮組織がパピラ様の構造を形成していた。パピラは菌類の進入に反応して形成される乳頭状の構造物で，植物細胞が病原微生物の侵入を感知すると，カロースやフェノール類を生成・蓄積させることで形成される。これは，それ以上感染が進行しないようにする防御機構であると報告されており(Underwood, 2012)，黒点部でも同様の防御反応が起こっていると推測された。カロースは，高温あるいは低温(Majumder and Leopold, 1967; McNairn and Currier, 1968; Smith and McCully, 1977)，物理的障害(Currier and Strugger, 1956; Currier and Webster, 1964)，病原菌感染(Shimomura, 1979; Shimomura and Dijkstra, 1975)，細胞膜の変調(Kauss and Jeblick, 1986)など様々なストレスに対する防御反応により細胞壁に蓄積し，患部を包み込むようにして細胞壁を強化する(Currier, 1957)物質である。城村ら(2009)は，ウメ‘南高’塩漬け果実に発生する果肉硬化障害(シコリ果)について，塩漬け前に核付近に空洞が確認された果実に多く発生すること，また，空洞に隣接した組織の細胞壁がアニリンブルーで青く染まることから，障害果実は果肉が核から引きはがされた裂傷部に傷害カロースが蓄積することによって硬化することを明らかにしている。

走査型電子顕微鏡によりウメ果皮の経時的観察を行うと，降雨を遮断した正常果実でも2013年は5月15日～6月4日の間に気孔が裂開していた。このことから，気孔の裂開は多降雨等により助長されるものではなく，果皮の成熟に伴い進行するものであることが明らかとなった。よって，黒点症の発生は気孔の裂開によるものだけではないことが示唆された。しかし，果皮の毛じについては，多量の水にさらされることにより抜けが助長されることが確認された。樹上散水を行わなかった処理区では毛じ量が多く，黒点症の発生はほとんど見られなかったが，樹上散水を行った処理区では毛じ量が減少し黒点症の発生が多かった。また，ウメの表皮ワックス量は，樹上散水を行うと減少

した。木村（1990）は、雨水の付着量と葉面ワックス量との間には負の相関があり、3日間以上の降雨で葉面ワックス量は30～40%減少すると報告しており、本試験でも同様に表皮ワックスが雨や散水により流れ落ちたと考えられた。表皮ワックス量は、正常果実よりも黒点症果実で少ない傾向であったため、果実の撥水機能が低下することで黒点症が発生しやすくなったと考えられた。これらのことから、多量の水にさらされることにより毛じの離脱やワックス量の減少が起こり、果皮の保護機能が損なわれて黒点症が発生すると考えられた。

ウメ果皮に水が浸入しやすくなる時期は、2013年においては果実の黄化が進んだ完熟落果収穫盛期の6月19日頃からであった。ナツダイダイに発生する水腐れ病の第1原因となる果皮の亀裂は、越冬後の春季の降雨により果実に付着した雨滴が外部から気孔を通じて浸入し、表皮組織を裂開することで生じると報告されている（井上，1967）。本試験でも同様に収穫後期の果実において、生育ステージの進行の過程で裂開した気孔や毛じの抜けた穴を通じて水が表皮組織に浸入したことにより黒点症が発生したと考えられた。このことは、果実への水濡れ処理において追熟日数が長いほど気孔周辺部が褐変する果皮障害の発生率が高くなることから推察できる。

以上のことから、黒点症の発生メカニズムは次のとおりと考えられる。①4～5月に降雨量が多いと毛じの抜けが助長されるとともに表皮ワックス量が低下し、果実表皮の保護機能や撥水機能が失われ果実表皮に水が付着しやすくなる。②完熟落果期になると果皮の老化により裂開した気孔や抜けた毛じ痕の穴から水が表皮組織に浸入し、防御反応として気孔や毛じ痕周辺部の表皮組織でカロース等が徐々に蓄積する。これらのことから、黒点症は生理障害であることが示唆された。

油揚げ症は、黒点症果実を塩漬けし白干し梅に加工すると高い率で発生することが明らかとなり、黒点症果実の黒点部が硬化し油揚げ症になった。このことから、黒点症と油揚げ症は密接に関係していると考えられた。一方で、多量の水にさらされている果実で肉眼では正常果実であると判断されても、塩漬け後の白干し梅で油揚げ症になる果実が確認されている。この果実の果皮をアニリンブルーで染色し気孔周辺部をシステム生物顕微鏡で観察すると小規模なカロースの蓄積が観察された。よって、大量の降雨により果皮に水が浸入することで肉眼では確認できない障害も起こっており、白干し梅に加工することでその障害が顕在化すると考えられた。

上記のことから、黒点症を軽減する対策を講じることで油揚げ症も軽減すると考えられた。黒点症を軽減するためには、発生メカニズムから判断して裂開した気孔や毛じ痕に水を浸入させないことが重要である。藤川ら（1999）の報告では、パッションフルーツ萎凋果実の果皮表面では、気孔部の崩壊が著しい場合でもパラフィンワックス系水和剤・蒸散抑制剤の樹上散布により障害果の抑制効果が認められている。本試験でも同様に、果皮を被覆する効果のあるマシン油乳剤95%やパラフィンワックス系展着剤を樹上散布することにより、黒点症が軽減でき、併せて油揚げ症も軽減することができた。この理由は、毛じの抜けを抑制し果皮を保護するとともに皮膜により裂開した気孔等への水の浸入を阻止しているためであると考えられた。しかし、マシン油乳剤95%を散布すると葉害の発生が見られたことから、パラフィンワックス系展着剤が最も有望な剤であると考えられる。一方で、一般に果実の生理障害防止に効果があるとされているカルシウム剤（瀧下ら，1991；持田ら，1964）は、本試験では効果が確認されなかった。

パラフィンワックス系展着剤の効率的な散布時期および散布回数は、4月上旬から2週間毎に6回散布が最も効果的であったが、4回散布でも同様の効果が確認されたことから、コスト等を総合的に検討した結果、パラフィンワックス系展着剤1000倍を4月上旬から2週間毎に4回散布が効率的であると判断された。なお、パラフィンワックス系展着剤は、容器のラベル等に記載された事項によ

り、単用施用はできず農薬（特定農薬）に添加して使用する必要がある。

摘 要

本試験では、‘南高’に発生する黒点症の発生メカニズムと塩漬け後の白干し梅に発生する油揚げ症の発生メカニズムおよび黒点症と油揚げ症の軽減対策について検討した。

- 1) 黒点症は、4～5月に降雨量が多い場合に毛じの抜けや果皮ワックス量が減少により果皮の保護機能や撥水機能が低下し、裂開した気孔や抜けた毛じ痕から水が浸入して、一種の防御反応が起こり発生する生理障害であることが示唆された。
- 2) 黒点症果実または大量の水にさらされた正常果実を塩漬けし、白干し梅に加工すると油揚げ症果実が高い率で発生することから、油揚げ症および黒点症の発生は密接に関係していると考えられた。
- 3) 黒点症および油揚げ症の軽減にはパラフィンワックス系展着剤 1000 倍の樹上散布が有効で、4月上旬から2週間毎に4回散布が効率的であると判断された。

走査型電子顕微鏡を使用させていただいた国立研究開発法人農業・食品産業技術総合研究機構西日本農業研究センターに深く感謝の意を表す。

引用文献

- Currier, H. B. 1957. Callose substance in plant cells. *Amer. J. Bot.* 44: 478-488.
- Currier, H. B. and S. Strugger. 1956. Aniline blue and fluorescence. *Microscopy of callose in bulb scales of Allium cepa L.* *Protopla.* 45: 552-559.
- Currier, H. B. and D. H. Webster. 1964. Callose formation and subsequent disappearance: Studies in ultrasound stimulation. *Plant Physiol.* 39: 843-847.
- 藤川和博・松島健一・大倉野寿. 1999. パッションフルーツ萎凋果実の果皮微細構造観察と萎凋防止対策. *九州農業研究.* 61: 249.
- 広岡芳年・佐藤仁彦・諏訪内正名. 1981. 植物種における葉面ろう物質中炭化水素の炭素数の変化. *生環調.* 19: 1-7.
- 井上 宏. 1967. ナツダイダイの果実発育に関する研究, とくに水腐れ病の発生機構を中心として. *香川大学農学部紀要.* 23: 1-59.
- 城村徳明・桜井直樹・土田靖久・三宅英伸・東 卓弥・竹中正好. 2009. ウメ‘南高’塩漬け果実に発生する果肉硬化障害の発生原因. *園学研.* 8(2): 181-186.
- Kauss, H. and W. Jeblick. 1986. Influence of free fatty acids, lysophosphatidylcholine, platelet-activating factor, acylcarnitine and echinocandin B on 1,3- β -D-glucan synthase and callose synthesis. *Plant Physiol.* 80: 7-13.
- 木村和義. 1990. 葉の雨濡れ機構に関する研究. *文部省科学研究費補助金研究成果報告書.*
- Majumder, S. K. and A. C. Leopold. 1967. Callose formation in response to low temperature. *Plant Cell Physiol.* 8: 775-778.
- McNairn, R. B. and H. B. Currier. 1968. Translocation blockage by sieve plate callose. *Planta.*

82: 369-380.

持田圭介・牧 慎也・大西彩貴・中原 望・三谷宣仁・内田吉紀・倉橋孝夫. 2013. 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. 島根県農技セ研報. 41: 41-50.

Shimomura, T. 1979. Stimulation of callose synthesis in the leaves of samsun NN tobacco showing systemic acquired resistance to tobacco mosaic virus. Ann. Phytopath. Soc. Japan. 45: 299-304.

Shimomura, T. and J. Dijkstra. 1975. The occurrence of callose during the process of local lesion formation. Neth. J. Plant Pathol. 81: 107-121.

Smith, M. M. and M. E. McCully. 1977. Mild temperature "stress" and callose synthesis. Planta. 136: 65-70.

滝下文孝・山田省吾・福田博之. 1991. りんご‘さんさ’の生理障害と無機成分の関係. 東北農業研究. 44: 183-184.

Underwood, W. 2012. The plant cell wall: a dynamic barrier against pathogen invasion. Front. Plant Sci. 3: 85.

内山武夫・田中穂積・小笠原長広・天野幸治. 1989. オオムギ葉上うどんこ病菌 (*Erysiphe graminis* f. sp. *Hordei*) の電顕観察と感染による葉ワックス構成成分の変化. 農化. 63: 1771-1774.

