

ポンカン(Citrus reiculata Blanco)果皮表面の観察とジベレリンによる水腐れ発生抑制

| | |
|-------|--------------|
| 誌名 | 静岡県柑橘試験場研究報告 |
| ISSN | 04886828 |
| 巻/号 | 27 |
| 掲載ページ | p. 11-16 |
| 発行年月 | 1998年3月 |

農林水産省 農林水産技術会議事務局筑波産学連携支援センター
Tsukuba Business-Academia Cooperation Support Center, Agriculture, Forestry and Fisheries Research Council
Secretariat



ポンカン (*Citrus reticulata* Blanco)果皮表面の 観察とジベレリンによる水腐れ発生抑制

牧田好高

Observation of peel surface and gibberellin application to
protect ponkan (*Citrus reticulata* Blanco) fruits from water spot.

Yoshitaka MAKITA

I. 緒 言

ポンカン栽培では収穫期間際の降雨により、果皮に障害が発生して大きな問題となっている。発生する果皮障害の症状は、果皮の部分的な軟化やしおれ、褐変などであり、ネーブルオレンジで報告されている water spot あるいは water rot と同一のものと考えられる(6)。そこでここではポンカンの水腐れについて、発生防止策と発生の機作を明らかにする一環として、ジベレリンによる発生防止効果の検討と果皮表面の観察を行った。

II. 材料及び方法

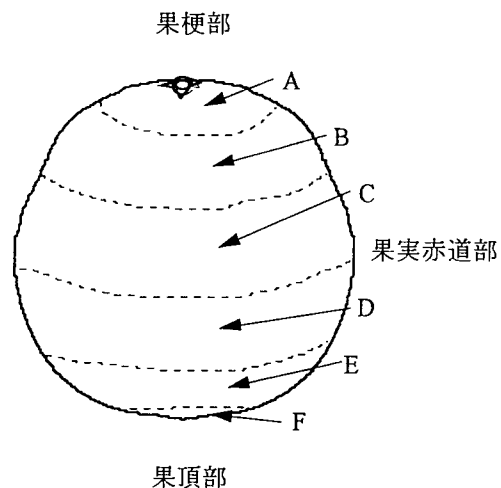
1. 果皮表面の観察

静岡県蒲原町、清水市および静岡県柑橘試験場内(場内)の‘太田ポンカン’成木園3園地を供試した。試験区は、①5 ppm 処理区、②1 ppm 処理区、③無処理区の3処理区を設けた。蒲原町と清水市の園地は、1 ppm 処理区と無処理区のみを設け、場内の園地はすべての処理区を設けた。各園地とも1994年11月11日にジベレリン処理を行った。処理時における果実の平均着色程度は、蒲原町が6.2分、清水市が5.5分、場内が5.8分であった。ジベレリン処理は、ハンドスプレーを用い、果実の表面全体に処理をした。ジベレリン水溶液は市販の製剤(主成分GA₃、協和発酵製)を用いて所定の濃度に希釈し、展着剤としてアプローチ®BI(花王製)を1,000倍で添加した。水腐れの調査は、蒲原町は1994年12月7日、清水市が同年12月21日、場内が1995年1月10日に行った。水腐れは無・軽・中・甚

の4段階で判定し、水腐れ発生度は $100 \times \{\Sigma(\text{軽の果実数}) + 2 \times \Sigma(\text{中の果実数}) + 3 \times \Sigma(\text{甚の果実数})\} \div \{3 \times \Sigma(\text{調査果実数})\}$ で算出した。各園地とも4樹を供試し、各樹一処理区当たり15~20果を供試した。

場内の園地の無処理区果実について、水腐れの発生が認められない果実の気孔分布密度および果皮表面の亀裂の発生を観察した。気孔の分布密度と気孔の観察は、第1図に示した6部位に分けて行った。

さらに、場内の園地のジベレリン5 ppm 区、ジベレリン1 ppm 区、無処理区の果実について、第1図のE部分における気孔の亀裂発生を調査した。果皮表面の観察は光学顕微鏡と走査型電子顕微鏡(SEM)で行った。光学顕微鏡観察に用いた試料は、厚さ0.08mmのアセチルセルロースフィルムと酢酸メチルを用い、SUMP法で作成した。SEM観察用の



第1図 果皮の調査部位

第 1 表 ‘太田ポンカン’ 果実に対するジベレリン水溶液散布が水腐れ発生に与える影響

| 処 理 | 発 生 率 (%) | | | 発 生 度 ^z | | |
|-----------|-----------|------|-------------------|--------------------|------|------|
| | 蒲原町 | 清水市 | 場 内 | 蒲原町 | 清水市 | 場 内 |
| ジベレリン5ppm | — | — | 7.5* ^y | — | — | 2.5* |
| ジベレリン1ppm | 0 | 5.6* | 2.5** | 0 | 1.9* | 0.8* |
| 無 処 理 | 0 | 22.5 | 38.8 | 0 | 7.5 | 15.6 |

^z : 水腐れは無・軽・中・甚の4段階で判定し、水腐れ発生度は $100 \times \{ \Sigma (\text{軽の果実数}) + 2 \times \Sigma (\text{中の果実数}) + 3 \times \Sigma (\text{甚の果実数}) \} \div \{ 3 \times \Sigma (\text{調査果実数}) \}$ で算出した。

^y : 数字右側の*, **は t 検定によりそれぞれ $p = 0.05$, $p = 0.01$ で無処理との間に有意な差があることを示す。

試料は Albrigo(1)の方法に準じて作成した。

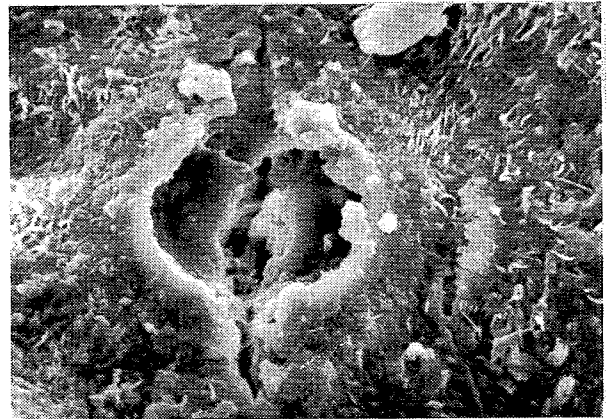
Ⅲ. 結 果

調査時期が早い蒲原町の園地では水腐れの発生は皆無であったが、調査時期が遅い清水市の園地と場内の園地では水腐れが発生した。水腐れの発生率は調査時期が遅い園地ほど高くなる傾向があり、発生した水腐れの症状のすべてが果頂部側の果皮が円形に陥没してしおれる症状であった。

清水市の園地では無処理区の水腐れ発生率が22.5%であったのに対し、ジベレリン1ppm区の発生率は5.6%であった。同様に、場内の園地における発生率は、ジベレリン5ppm区が7.5%、ジベレリン1ppm区が2.5%、無処理区が38.8%であった。供試園地のうち水腐れの発生がみられた園地ではいずれも、1ppmもしくは5ppm濃度のジベレリン処理によって、水腐れの発生率が低くなった。また、ジベレリン処理区において発生した水腐れはいずれ

も軽微なものであった(第1表)。

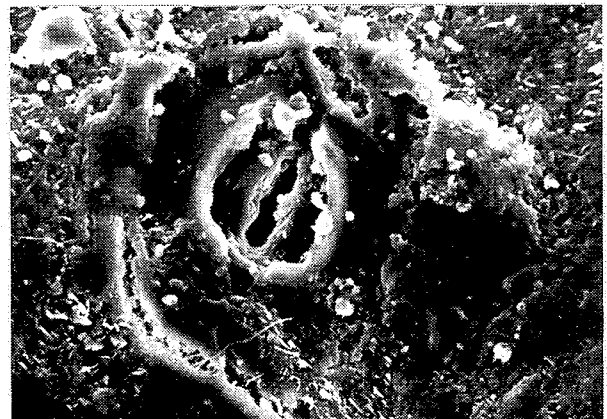
肉眼では果皮障害の発生が認められない果実でも、顕微鏡下では果皮表面に微細な亀裂が発生しているのが観察された(図2~4)。亀裂の発生部位は、気孔もしくは気孔の周囲の組織がほとんどであった。気孔に亀裂を生じている場合は、孔辺細胞自



第 3 図 亀裂を生じている気孔



第 2 図 亀裂を生じていない気孔



第 4 図 気孔に対して同心円状の亀裂

体に亀裂を生じているものは無く、すべて孔辺細胞間に亀裂を生じていた。気孔の周囲の組織に亀裂を生じている場合は、気孔に対して同心円状の亀裂がほとんどであった。また亀裂の程度も、長さが数 μ m程度の極めて小さなものから、長さが数百 μ mの比較的大きなものまでさまざまな長さのものが観察された。

果皮を果梗部側から果頂部側にかけて分割し、部位別に観察した結果、気孔の分布密度はC部分が17.5個/ mm^2 と最も高く、次いでD部分が17.3個/ mm^2 と高かったが、果梗部周囲では9.5個/ mm^2 、果頂部のF部分では3.9個/ mm^2 と、果頂部側あるいは果梗部側に近づくほど気孔の分布密度が低くなっていた。これに対して、亀裂を生じている気孔の比率は、果頂部

のF部分が62.1%と最も高く、次いでE部分の42.3%が高かった。亀裂を生じている気孔の比率は、果頂部に近い果皮ほど高く、果梗部に近い果皮ほど低くなっていた。その結果、果皮表面1 mm^2 当たりの亀裂を生じている気孔の数は、E部分が6.22個/ mm^2 と最も多く、次いでD部分の3.13個/ mm^2 、F部分の2.42個/ mm^2 が多かったが、A部分では0.15個/ mm^2 、B部分では0.44個/ mm^2 、C部分では1.45個/ mm^2 と少なく、果皮の部位による差がきわめて大きかった。

11月中旬にジベレリンを散布した果実のE部分における亀裂を生じている気孔の比率は、無処理区が46.7%であったのに対し、ジベレリン5 ppm区は33.1%、ジベレリン1 ppm区は29.4%であった。

第2表 ‘太田ポンカン’果皮の単位面積当たりの気孔数と気孔の亀裂発生

| 部位 | 気孔密度 | 亀裂を生じている 気孔の比率 | 果皮表面1 mm^2 当たり の亀裂気孔数 |
|----|------------------|-------------------|-----------------------------------|
| | 個/ mm^2 | % | 個/ mm^2 |
| A | 9.5 | 1.6 | 0.15 |
| B | 15.8 | 2.8 | 0.44 |
| C | 17.5 | 8.3 | 1.45 |
| D | 17.3 | 18.1 | 3.13 |
| E | 14.7 | 42.3 | 6.22 |
| F | 3.9 | 62.1 | 2.42 |
| 全体 | 13.2 | 19.1 | 2.52 |

第3表 11月中旬のジベレリン散布と‘太田ポンカン’果皮の気孔の亀裂発生

| 処 理 | 調査気孔数 | 気孔の亀裂発生 | |
|-----------|-------|---------|--------------------|
| | | 気孔数 | 発生率 |
| | 個 | 個 | % |
| ジベレリン5ppm | 870 | 288 | 33.1* ² |
| ジベレリン1ppm | 940 | 276 | 29.4* |
| 無 処 理 | 823 | 384 | 46.7 |

² : 数字右側の*はt検定により無処理との間に $p=0.05$ で有意な差があることを示す。

Ⅳ. 考 察

水腐れはこれまでにネーブルオレンジ (3, 5, 8, 9)、ナツダイダイ (4)、ポンカン (12)、イヨ (11) などで発生が報告されている。米国では 1920 年代に殺虫剤としてのマシン油乳剤の夏季散布が普及するに伴い、ネーブルオレンジに水腐れが大発生して問題となった (3, 5, 10)。マシン油乳剤の夏季散布によって、冬季の水腐れが発生しやすくなる機作についてはあまり明らかではない。しかし、夏季にマシン油乳剤を散布したネーブルオレンジでは、果実の完全着色直後にジベレリン水溶液を果実に散布すると水腐れの発生が抑制されるといった多くの報告がある (2, 8, 9) が、ジベレリンがどのようにして水腐れを抑制しているのかは必ずしも明らかでない。当試験では早生系ポンカンである '太田ポンカン' について果実の着色程度が 5~6 分の時に 5 ppm もしくは 1 ppm のジベレリンを果実に散布した。その結果、いずれの濃度においても明らかに水腐れの発生が抑制された。ジベレリンは植物ホルモンの一種で、植物体に対してさまざまな作用を及ぼすことが知られているが、成熟が進んだ柑橘果実に対しては、ジベレリン (GA_3) 処理によって、果皮の軟化、浮皮の進行、果皮障害、果皮の腐敗菌に対する抵抗性の低下などが遅れることから、このような視点で果皮の老化をとらえれば、ジベレリンは果皮組織の老化 (aging) を遅らせると報告している (2)。水腐れは、成熟の程度が進んだ果皮が、冬季における雨や霧などの湿潤な気象条件により果皮表面が濡れた場合、果皮の傷口や構造的に弱い部位から水が直接果皮に浸入するために発生すると報告されている (3, 5, 8, 9)。ポンカン果実において 5~6 分着色時に低濃度のジベレリン処理により水腐れ発生が抑制されるのは、ネーブルオレンジの場合と同様に果皮の老化が抑制されるためと推察される。ネーブルオレンジでは 10 分着色直後の 10 ppm のジベレリンが水腐れ防止に有効であるが、ポンカンでは 5~6 分着色時の 1 ppm もしくは 5 ppm のジベレリンが有効であった。5~6 分の着色程度の果皮は 10 分着色の果皮に比べ、果皮の軟化などにみられる果皮老化の程度は弱いと

考えられ、老化の進行程度があまり進んでいない果皮では、低濃度のジベレリンでも水腐れに対し有効と考えられるが、詳細については今後さらに検討する必要がある。

水腐れの発生が肉眼では確認できない果実においても、顕微鏡下では果皮に微細な亀裂を生じているのが観察された。亀裂の程度は極めて小さなものから比較的大きなものまでさまざまであったが、水濡れ処理をしたポンカンでこれらの亀裂の発生が多く観察される (牧田、未発表) ことから、気孔に生じる微細な亀裂が水腐れの初期症状であることは間違いない。井上はナツダイダイにおいて、果皮表面に小さな傷を付けると、果皮の吸水量が顕著に増加し、亀裂の発生がより顕著になったと報告している (4)。このことを考えあわせると、水腐れはなんらかの原因により最初に極めて微細な亀裂が気孔部に生じ、生じた亀裂により果皮の吸水速度が増加して亀裂が広がり、その後加速度的に亀裂が拡大して水腐れとなると考えられる。

ポンカンに発生する水腐れのほとんどが果頂部側の果皮に発生する。その原因を明らかにするために、果皮の気孔の分布密度と気孔の亀裂を観察・調査した結果、気孔の分布密度は果実赤道部が最も高く、果頂部や果梗部側に近づくほど密度が低く、亀裂を生じている気孔の比率は果頂部側に近いほど高かった。これらから、果皮一定面積当たりの亀裂を生じている気孔の数は、果頂部に近い部分 (第 1 図の E 部位) が最も多いことが判明し、水腐れが実際に発生する部位と完全に一致した。亀裂を生じている気孔の比率に果皮の部位による差がある原因については、気孔の強度に差があるためなのか、果頂部に近い部位ほど雨などによる水滴が残りやすいためであるのか、あるいは他の要因によるためであるかは明らかでない。ネーブルオレンジの水腐れ発生では、発生部位と果皮の気孔分布密度あるいは油胞分布密度との関係が認められないといった報告があり (5)、当試験結果とは一致しなかった。この原因として、ネーブルオレンジでは果皮部位による気孔分布密度の差がポンカンに比べて極めて小さいためであると考えられる。さらに水腐れ発生の前段階として発生する気孔の亀裂がどのようにして生じるの

か、今後さらに検討を加える必要がある。

またポンカンにおいては、水腐れ発生の前段階として、果頂部に近い果皮部分(第1図のE部位)の気孔に微細な亀裂が発生することから、同部位の気孔の亀裂を調査することにより、水腐れ発生の多寡が予測できる可能性がある。

当試験の結果、ジベレリン処理を行った果実では、水腐れの発生していない果実でも亀裂を生じている気孔の比率が低くなった。これは、水腐れ発生の引き金となる微細な気孔の亀裂発生をジベレリンが抑制することを示している。ジベレリン処理果実でもいったん亀裂が発生すれば、亀裂を生じていない果皮に比べて吸水速度が高くなり、亀裂が拡大するのではないかと考えられる。このことから、ジベレリンによる水腐れ発生の抑制効果は、水腐れの極めて初期段階ともいえる気孔部の微細な亀裂発生を抑制するために、結果として水腐れの発生が抑制されると考えられる。

V. 摘 要

低濃度のジベレリン処理がポンカン果実の水腐れ発生に与える影響について検討した。

1. 果実の着色程度が約6分の時に1ppmもしくは5ppm濃度のジベレリン水溶液を散布すると、水腐れの発生が抑制された。
2. 水腐れの発生が認められない果実でも、顕微鏡下では気孔の微細な亀裂の発生が認められた。亀裂を生じた気孔の比率は、無散布区の果実では高かったのに対し、ジベレリンを処理した果実では非常に低くなった。
3. これらのことから、気孔部における微細な亀裂の発生は水腐れの初期症状と考えられた。

引用文献

1. Albrigo, L.G. (1972). Ultrastructure of cuticular surfaces and stomata of developing leaves and fruit of the 'Valencia' orange. J. Amer. Soc. Hort.

- Sci. 97: 761-765.
2. Coggins, C.W., Jr. (1969). Gibberellin research on citrus rind aging problem. 1st. Intl. Citrus Symp., 3:1177-1185.
3. Fawcett, H.S. (1936). Citrus diseases and their control:461-464. McGraw-Hill (New York and London).
4. 井上宏 (1967) .ナツダイダイの果実発育に関する研究、とくに水腐病の発生機構を中心として. 香川大農紀要. No.23:1-59.
5. Klotz, L.J. and F.M. Turrell (1939). Rind structure and composition in water spot of navel orange. Calif. Citrograph. 12:45, 56-57.
6. 牧田好高 (1997) .果皮吸水によるポンカンの水腐れ発生. 静岡柑試研報. No.27: 7-10.
7. Mohamed El-Otmani, C.W. Coggins, Jr. and I.L. Eaks (1986). Fruit age and gibberellic acid effect on epicuticular wax accumulation, respiration, and internal atmosphere of navel orange fruit. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 111:228-232.
8. Riehl, L.A., C.W. Coggins, Jr. and G.E. Carman (1965). Gibberellin to protect navel oranges from water spot. Calif. Citrograph. 11:2, 12-17.
9. Riehl, L.A., C.W. Coggins, Jr. and G.E. Carman (1966). Navel orange water spot protection by gibberellin. J. Econo. Entmol. 59:615-618.
10. Smith, R.H. (1932). Observation of the reaction of citrus trees in California to oil sprays. Citrus leaves, Jan.:6-8, 25.
11. 高木信雄・芳野茂樹・池内温・別府英治・向井武・稲積政治 (1992). 採取期のイヨカンの果皮障害発生に対する蒸散の関与. 園学雑61別2:92-93.
12. 時任俊広・大倉野寿・藤崎満・徳留秀昭・長浜正照 (1987) .施設栽培ポンカンの果皮障害に関する研究(第1報)果皮障害の症状と発生の実態. 園学要旨. 昭62秋:64-65.

Observation of peel surface and gibberellin application to
protect ponkan (*Citrus reticulata* Blanco) fruits from water spot.

Yoshitaka MAKITA

summary

The experiments were carried out to clarify the effects of low levels gibberellin application on the incidence of water spot in ponkan fruit. The results obtained were as follows.

1. The incidence of water spot in ponkan fruit reduced by application of 1ppm or 5ppm gibberellic acid in water spray was made in late autumn at approximately 60% of rind surface turned orange.
2. The microscopic cracks of stomata were observed in matured fruit that has no visible symptoms of water spot. The ratio of stomata developed cracks in gibberellin treated fruit was very low whereas the ratio of the stomata developed cracks in non treated fruit was high.
3. The development of microscopic cracks in stomata is considered to be beginning of water spot.