

## *Alternaria alternata* に起因するトマト 果腐敗と貯蔵条件

谷 利一, 山本弘幸, 森本敏文, 川田和秀, 北川博敏

### FRUIT ROT OF TOMATO CAUSED BY *ALTERNARIA ALTERNATA* DURING VARIOUS STORAGE CONDITIONS

Toshikazu TANI, Hiroyuki YAMAMOTO, Toshifumi MORIMOTO  
Kazuhide KAWADA and Hirotohi KITAGAWA

Tomato fruits were stored at low temperatures or packed in a polyethylene film before and after the wound inoculation with *Alternaria alternata*. Data indicated that the ripening of fruits at the time of inoculation is closely related to the development of rotted lesions, i.e. on fruits suppressed the ripening upto turning stage following several days of inoculation, the rotting ceased regardless the ripening afterward; while the fruits were matured to half ripe or more under any condition at the time of inoculation, the rotted area expanded rapidly. The failure of rotting on green to turning stage fruits was presumed to be caused by the induced resistance of fruits, because the sugar and organic acid contents and pH range of any ripening fruit seemed to be enough to support the good growth of the fungus. In addition, abnormal physiological conditions of fruits caused by the package in which all air was exhausted allowed to expand the rotting area even on green fruits.

It is recommended that for the protection of tomato fruits from *Alternaria* rot, the fruits harvested at green to turning stage are stored at 5°C or packed in a 0.04 mm-thick polyethylene film with air to maintain at 20°C. Both methods provide normal ripening of fruits when placed at room temperature or opened the package.

トマト果を低温またはポリエチレン包装し, *Alternaria alternata* を有傷接種して, 同菌による果実腐敗と貯蔵条件との関係を検討した。種々の実験結果から, 腐敗が進行しない共通的条件として, 接種時に果実熟度が green~turning stage であって, かつ熟度が接種後数日間進行しないことが重要であると思われた。その後の熟度進行は無関係のようである。一方, 接種時に熟度が half ripe 以上の果実では腐敗の進行は抑制できない。green~turning stage 果で腐敗が進行しないのは, 病原菌の栄養要給と関係するものではなく, 果実の誘導抵抗に基づくと推定される。

トマト果で *Alternaria* 病の腐敗を防ぐためには, green~turning stage 果を採取して, 5°C に保存するか, 常温では 0.04mm のポリエチレンで含気包装することが好ましく, 貯蔵後に正常下にもどすと, 追熟は正常に進行する。

#### 緒 言

青果物の流通過程における品質劣化の防止については, 近年, 種々の角度からの検討がなされ, 低温輸送やプラスチックフィルムによる包装などが実用化されているが, なお問題は少なくない。とくに, 貯蔵病害発生に関しては, 例

えば、低温によって耐病性が低下し、常温にもどしたときに極度に腐敗が進行するといわれ<sup>(4,6)</sup>、また、フィルム包装では包装による蒸散防止が内部の湿度を高め、呼吸による熱の放出とあいまって、微生物の急速な繁殖をまねき腐敗の原因となることが指摘されている<sup>(2)</sup>。

筆者らは、このような貯蔵中の病害発生に関する諸問題に対処する目的で、トマト果を対象として、貯蔵条件と腐敗の関係とを調査した。本論文では、低温ならびにフィルム包装条件と *Alternaria alternata* に起因する腐敗果発生との関係について行った結果を報告する。

本研究は文部省特定研究(1) No. 911409, 011309によった。

### 実験材料および方法

1. 供試トマト果および病原菌：1974～1976年に香川県木田郡三木町および同三豊郡大野原町で露地栽培の強力五光ならびにビニールハウス栽培の強力段ヒヨーズ、秀光の果実を供試した。採取にあたっては、とくにウイルス症状皆無であることを留意した。供試菌は1974年2月に大野原町のビニールハウスから大畑貫一博士(現農林省農技研)が分離した *Alternaria alternata* (FRIES) KESSLER の一菌株である。

2. 接種と病斑測定：2%ショ糖加ジャガイモ寒天培地に生育した菌叢切片の先端を約2×2mmに切りとって接種源とした。トマト果実を60%エタノールで表面消毒し、その側面はほぼ中央部に深さ2mm、巾2mmの穴をあけて菌体切片を挿入した。その上から滅菌脱脂綿(1×5×5mm)を置いて滅菌水を滴下した。

無包装果の場合には、接種後2日間湿室に置いた。病斑の大きさは、黒褐色部分の長径と短径を測定し、その平均値であらわした。

3. 果実の熟度判定：肉眼的に Green (以下G), Mature green (MG), Turning stage (TS), Half ripe (HR), Firm ripe (FR), Complete ripe (CR), Over ripe (OR) の7段階に区分するほか、大久保ら<sup>(5)</sup>に準じて、熟度指数 (ripening score) 0～10で表示した。0はMG以下、1～3はTS, 4, 5はHR, 6, 7はFR, 8はCR, 9, 10はORに相当する。

4. 包装：前報<sup>(3)</sup>の結果にしたがって、最良の包装条件を適用した。厚さ0.04mmのポリエチレンフィルム(15×26cm)に中型果実1コを入れ、含気(空気量100ml)および密着包装をした。密着包装の場合には、真空包装器で10～15秒間脱気後密封した。

5. 果実内ガス組成の測定：飽和食塩水の中で果実を150mmHgの減圧下に2分間保ち、果実内部から出る空気を採集し、ガスクロマトグラフィーでガス組成を測定した。

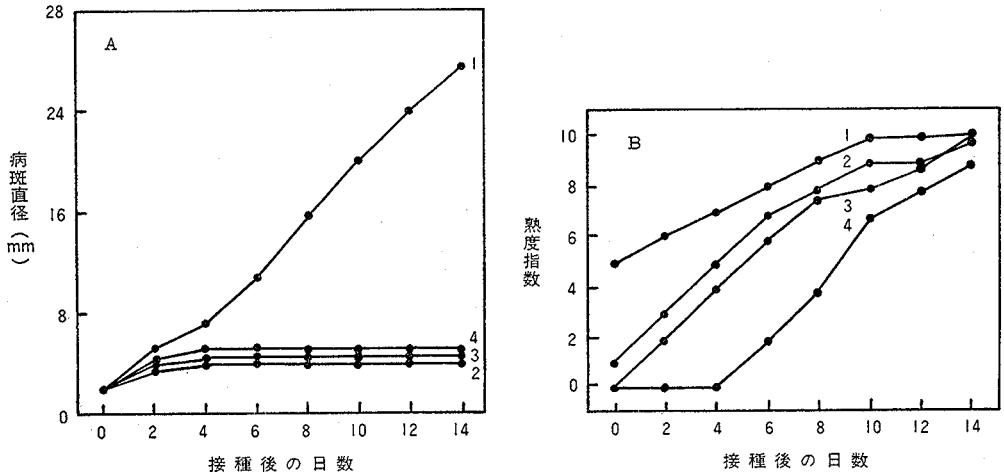
6. 培養試験：RICHARDS 寒天培地を基本培地とし、トマト果の成分<sup>(5)</sup>に近づけるために、炭素源をブドウ糖1.7%、果糖1.5%、クエン酸0.45%、リンゴ酸0.1%とした。また、全糖を0.25～4.0%、全酸を0.25～2.5%にそれぞれ調整し、発育におよぼす糖および酸濃度の影響を調べた。pHはNaOHまたはHClで特記以外は4.5に調節した。培養は25°C、暗黒下で行い7日後の菌叢直径を測定した。

### 実験結果

実験は2品種以上、5～10コの果実を用いて繰返したが、品種間に大差がなかったため、図表中には代表例を記載した。

#### 1. 果実熟度と病斑拡大

熟度の異なる果実を採取して菌を接種し、20°Cで病斑の拡大と熟度進行状態を調べた。HR果では接種14日後までほぼ一定の速度で病斑が拡大したが、TS, MG, Gの各果実では接種4日後までわずかに拡大し、それ以後は停止した(第1図A)。なお、供試果の完熟(CR)に要する日数はHR果で6日、TS, MG果で8日、G果で12日で、接種の影響はとくに認められなかった(第1図B)。

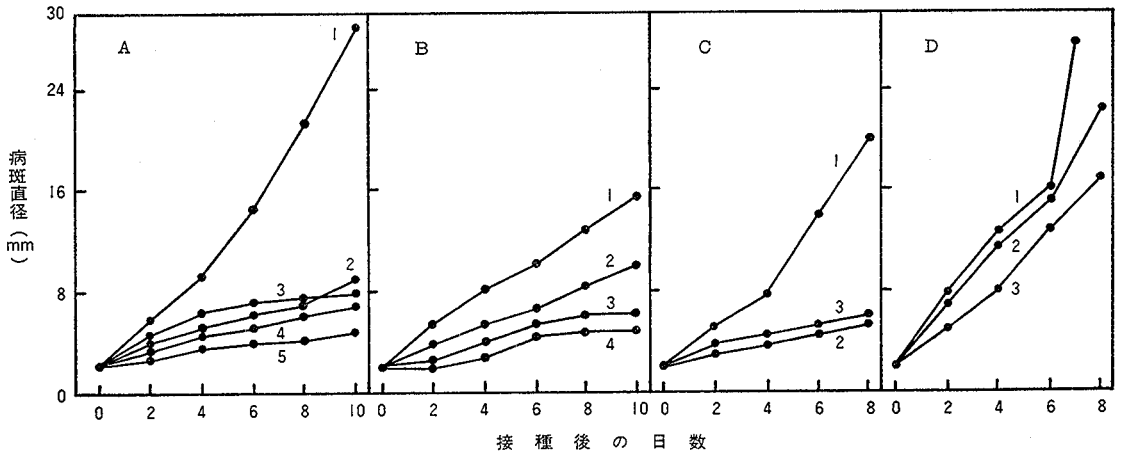


第1図 熟度の異なる果実上における病斑の拡大  
1:HR果, 2:TS果, 3:MG果, 4:G果

2. 低温保存と病斑拡大, 熟度進行

GまたはMG果を採取し, 0, 5, 10, 20°Cに7日間置いてから菌を接種, その後に20°C下で病斑の拡大を測定した(第2図A). 20°C区では接種までに熟度が顕著に進行し, CR~ORとなったが, 病斑拡大も同区においてだけ著しい. 低温区, とくに5°C区では接種時に熟度が進行しておらず, 接種後20°Cに置いたにもかかわらず病斑はほとんど拡大しなかった. 0°C区では病斑拡大が10°C区について良好であったが, 同区の果実には低温障害らしい徴候がわずかにみとめられた. 採取後14日間同様に貯蔵した場合にも, 同じ傾向であった. なお, 0~10°C区の果実は接種後20°Cに移してからは正常に追熟が進行し, 8日後には熟度係数が6以上になった.

つぎに, 採取直後のMG果に菌を接種して0~20°Cに置き, それぞれの温度下での病斑拡大を測定した. 比較的病斑拡大が良好な事例を第2図Bに示すが, 拡大は20°C区がそれについだが, 5°C, 0°Cの両区ではわずかであった.

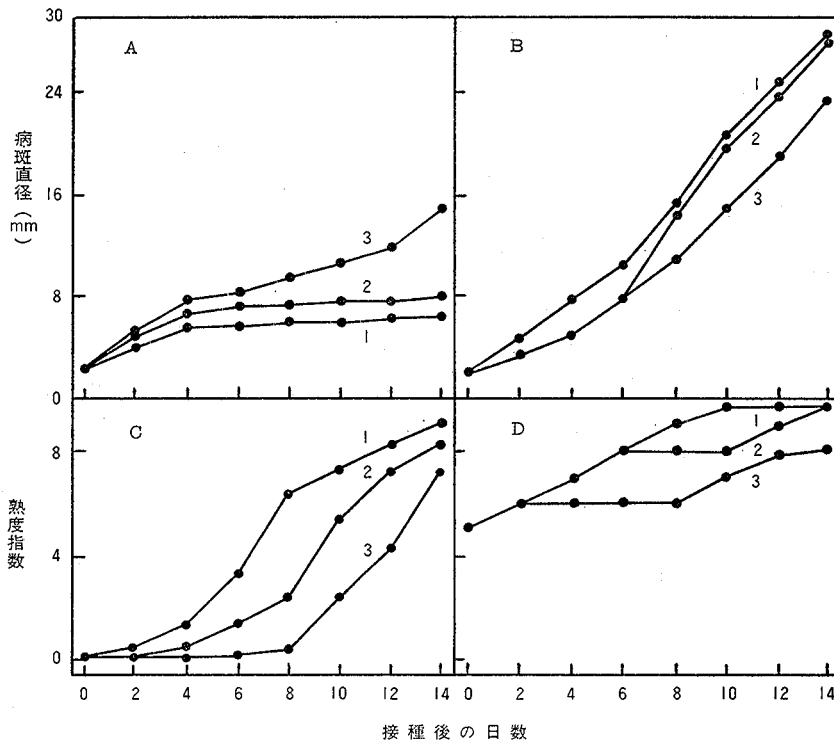


第2図 各種貯蔵条件の果実における病斑拡大  
A: G果を接種前低温貯蔵 (1:20°C, 2:10°C, 3:5°C, 4:0°C, 5:採取直後に接種), 接種後は20°C.  
B: 接種後のG果を低温貯蔵 (1:20°C, 2:10°C, 3:5°C, 4:0°C).  
C, D: それぞれG果およびHR果を接種前フィルム包装し, 開封後に接種 (1:無包装, 2:含気包装, 3:密着包装).

3. 包装と病斑拡大

G果またはHR果を含気または密着包装し, 20°C, 7日後に開封して菌を接種, ひきつづき20°C下に置いて病斑拡大を測定した(第2図C, D). G果では両包装区とも拡大が著るしく遅かったが, HR果では無包装区と大差なく速やかであった. 熟度はG果の密着区では開封後2日まで全く進行せず, 含気区では包装4日後からわずかに, 開封後は急速に進行した. 一方HR果の熟度は密着区で開封まで進行しなかったが, 含気区では包装後から無包装区とはほぼ同様に進行した.

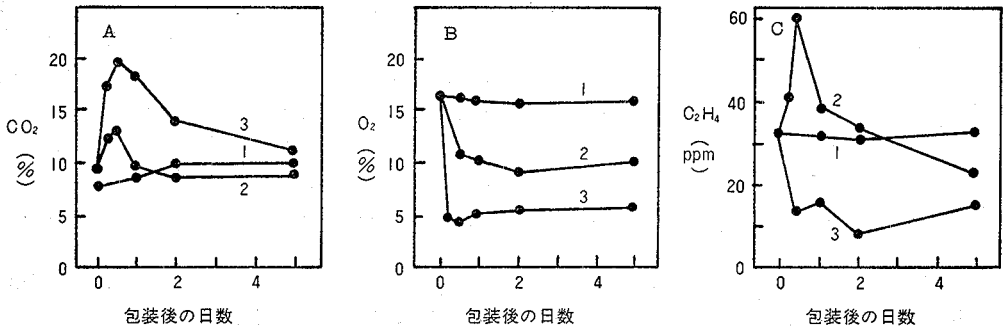
採取直後に菌を接種したG果およびHR果を前述同様に包装し, 20°Cに置くと, G果の含気包装区では, 無包装区と同じく病斑拡大は遅かったが, 密着包装区ではやや速やかであった(第3図A), 一方, HR果では両包装区とも無包装区同様に病斑が速やかに拡大した(第3図B). 熟度進行はG果では無包装, 含気包装, 密着包装の順に速やかであったが, HR果はいずれも急速に進行した.(第3図C, D).



第3図 接種後包装と病斑拡大および熟度進行  
A, C: G果, B, D: HR果  
1: 無包装, 2: 含気包装, 3: 密着包装

4. 含気, 密着包装果の果実内ガス組成

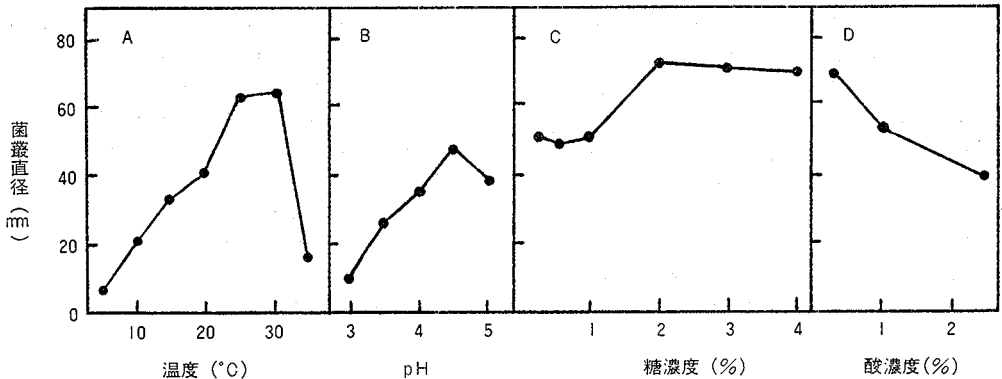
前項において, 密着包装のG果では追熟が進行しないにもかかわらず病斑拡大が速やかであったので, その原因を明らかにする一助として, 果実内のガス組成変化のを調べた. CO<sub>2</sub>濃度は両包装区とも包装5時間後にすでに上昇し, 12時間後に最大になるが, とくに密着区では包装開始時の約3倍に近い濃度にまで異常上昇した(第4図A). O<sub>2</sub>濃度は密着包装3時間後に包装前の17%から3%に低下した(第4図B), 含気区でもO<sub>2</sub>濃度は低下するが, 10%にとどまった. 一方, C<sub>2</sub>H<sub>4</sub>濃度は含気区で包装12時間後に顕著に増加し, 以後低下するが, 密着区では5時間後にすでに包装前の1/2以下になり, 上昇はみられなかった(第4図C). 無包装果内のCO<sub>2</sub>, O<sub>2</sub>, C<sub>2</sub>H<sub>4</sub>濃度には顕著な変化がなかった.



第4図 ポリエチレンフィルム包装による果実内ガス組成の変化  
1: 無包装, 2: 含気包装, 3: 密着包装

5. 供試菌の培地上の発育

RICHARDS および同改良寒天培地における菌叢直径は第5図のとおりである。発育の最適温度は28~30°Cにあり、20°Cでもなお発育良好であるが、10°Cの1/2の発育に低下し、5°Cではほとんど発育しなかった。また、発育の最適pHは4.5付近にあり、pHの低下とともに急速に発育不良となった。ただし、トマト果のpH 3.7~3.9の範囲ではなお比較的良好な発育がみられた。糖濃度は2~4%酸濃度は0.25%区で最も発育が良かった。トマト果の糖濃度は2.5~2.9%、酸濃度は0.4~0.5%であるが<sup>(5)</sup>、この濃度範囲内では菌体発育に差異はみられない。



第5図 各種培養条件の *A. alternata* の発育  
基本培地: RICHARDS 寒天, A, C, Dは pH4.5, B, C, Dは 20°Cで7日間培養

考 察

筆者らの香川県地方における調査によれば、収穫後のトマト果実の腐敗は *Botrytis cinerea*, *Sclerotinia sclerotiorum*, *Phytophthora* sp., *Fusarium* sp. などの病原菌のほか、いわゆる不定性病害を起因する *Alternaria alternata* が極めて多い。*A. alternata* は病原性が弱く、無傷果には侵入し難いようであるが、本実験に供試した菌株も有傷時にだけ病斑を形成した。このほか、*Cladosporium fulvum*, *Rhizopus* sp., *Mucor* sp., *Penicillium* spp., *Aspergillus* spp. などが腐敗果から検出された。本研究では、とくに問題と考えられる *A. alternata* を選んで、貯蔵条件と病斑拡大との関係を明らかにした。なお、JOHES および MCCARTER<sup>(1)</sup>によると、米国南部ではとくに *Rhizoctonia solani*, *Sclerotinia rolfisii*, *Phytophthora parasitica* によるトマト果の腐敗が多いが、本邦との栽培様式の相違のため、同地方では土壌病原菌の寄生が多いのであろう。

果実熟度と病斑拡大との関係は極めて明確で、G~T果ではほとんど拡大しないが、HR果になると急速に拡大す

る。低温下貯蔵後、あるいはフィルム包装後の果実に接種した場合にも、病斑拡大の有無は接種時の果実熟度と第一義的に関係があって、HR以上になった果実でだけ病斑は急速に広がる。この現象は、果実の成熟による pH 変化や炭素源の増加のために菌体への栄養供給が良好になったためとは考え難い。すなわち、第5図に示すように果実の成熟による pH、糖含量、有機酸含量の変化は極めて幅が狭く、その範囲内での菌体発育はほとんど変わらない。このことから、トマト果では一定の熟度以上になると抵抗力が急速に失われていくことが強く示唆される。事実、菌を接種後に密着包装すると、G果の熟度は進行しないにもかかわらず病斑は無包装または含気包装区よりも大きくなる。また、そのときの果実内には短時間のうちに CO<sub>2</sub> 濃度の異常な上昇と O<sub>2</sub> 濃度の極度の低下が起り、生理的に正常でありえなくなっている。

以上のことから、未熟果では正常状態において、病原菌の侵入に対して誘導抵抗が発現するが、HR以上の熟果ではその機能が消失するものと推察される。ただし、菌が侵入後の果実で、低温ほど病斑拡大が遅いのは、温度条件が直接的に菌体発育に影響するためと思われる。

本実験結果から、未熟果では、侵入菌の果肉内伸展を抑制するためには、侵入後の2~3日間だけ追熟を抑制すれば十分で、それ以後には熟度が進行しても病斑は拡大しないといえる。したがって、収穫時の付傷による果実汚染があっても、収穫後に短期間の追熟抑制を行うことによって腐敗は防げるものと考えられる。その具体的方法としては、5°Cの貯蔵または0.04mm ポリエチレンフィルムの含気包装が有望であるが、前報<sup>(3)</sup>の結果ともあわせ考えると、CO<sub>2</sub> 濃度3~4%、O<sub>2</sub> 濃度10~11%のガス組成下の貯蔵も有効であろう。

#### 引用文献

- (1) JONES, C. W., McCARTER, S. M.: Etiology of tomato fruit rots and evaluation of cultural and chemical treatments for their control, *Phytopathology*, 64, 1204—1208 (1974).
- (2) 北川博敏: 低温流通における包装, 園芸学会昭44年度秋季大会シンポジウム要旨集, 148—154 (1964).
- (3) 北川博敏, 川田和秀, 谷 利一, 樽谷隆之: トマトの追熟におよぼすポリエチレンフィルム包装の影響, 香川大農学報, 62, 269—275.
- (4) McCOLLOCH, L. P., WORTHINGTON, J. T.: Low temperature as a factor in the susceptibility of mature-green tomatoes to *Alternaria* rot, *Phytopathology*, 42, 425—427 (1952).
- (5) 大久保増太郎, 前沢辰雄: 青果物の鮮度保持に関する研究 (第2報), 千葉農試報, 6, 181—190 (1965).
- (6) 邨田卓夫: 低温と生理障害, 園芸学会昭44年度秋季シンポジウム要旨集, 169—177, (1964).

(1977年10月15日 受理)