

チューリップの細菌性ポストハーベスト病害の発生生態と防除

富山県農業技術センター農業試験場 もり かわ とし ゆき
守 川 俊 幸

はじめに

チューリップ球根の生産地は日本海側を中心に形成され、なかでも富山、新潟の2県において、全国生産量(約1.1億球)の9割が生産されている。ところが、昭和63年にオランダ産チューリップ球根の隔離検疫制度が緩和されたのを契機に球根輸入量は急増し、今やその数量は国内生産量の約2倍にもなっている。国内産地ではこの事態に対処するために、これまで以上に低コストで高品質な球根生産が求められている。

チューリップ球根の品質を大きく左右するのは、開花能力に影響が大きいといわれる球根の充実度とともに病害の有無とされている。なかでもポストハーベスト病害は、店頭や消費者の手に渡った段階で問題になる場合が多く、高度な防除対策が必要である。チューリップ球根の糸状菌によるポストハーベスト病害として、*Fusarium oxysporum* f. sp. *tulipae*による球根腐敗病や、*Penicillium* spp.による緑かび病、青かび病などがあり、これらは国内外を問わずどの地域でも問題になっている。ところが、細菌性病害である *Pseudomonas andropogonis*による黒腐病(西山ら, 1979)や、*P. gladioli*による褐色腐敗病(守川ら, 1993a)については、富山県産の球根でのみ問題になっている。

富山県におけるチューリップ球根の収穫から貯蔵までの一般的な調整作業の過程は以下のとおりである。まず、掘り取った球根を流水中で洗浄する。次にチューリップサビダニ(*Aceria tulipae*)防除を目的とした殺虫剤単剤あるいは球根腐敗病との同時防除を目的とした殺菌剤と殺虫剤の混合液に浸漬した後、乾燥する。そして、根や種球根の消耗鱗片を除去した後、貯蔵・出荷される。これら一連の作業の中から、両細菌性病害の発生要因を洗い直すことで、効率的な防除対策が確立されるものと考えられた。

そこで本稿では、両細菌性病害の伝染方法と収穫後の調整過程における発生要因を解析した結果を紹介する。また、球根腐敗病を含めたこれら病害間の相互作用と生

物防除の可能性についても触れたい。なお、褐色腐敗病については、先に本誌で紹介した内容(守川, 1993)と一部重複することをご容赦いただきたい。

I 発生生態

1 伝染方法

健全球根を種球とした場合、黒腐病および褐色腐敗病の発生はほとんど認められなかった。これに対し、黒腐病感染球根を種球とした場合は黒腐病が、褐色腐敗病感染球根を種球とした場合は褐色腐敗病が発生したことから、両者とも球根伝染すると考えられた(守川, 1993)。なお、両病害の土壌伝染の有無については十分に調査していないが、黒腐病細菌はソルゴー、ネギ、インゲン、スイセン、ヒアシンスなどに、褐色腐敗病細菌は、イネ、トウモロコシ、ソルゴー、カボチャ、トマト、ピーマン、ツルナ、エンドウ、ダイズ、インゲン、ハウレンソウ、ネギ、ジネンジョ、スイセン、ヒアシンスなどに病原性が認められた(いずれも付傷接種)ことから、両病害とも他の作物からの伝染も否定できない。

2 水洗および薬液浸漬処理が発病に及ぼす影響

収穫後の水洗および薬液浸漬処理の有無が黒腐病および褐色腐敗病の発病に及ぼす影響を調査したところ、両病害とも水洗と薬剤浸漬(以下、チューリップサビダニ対象のピリミホスメチル乳剤への浸漬のことを言う)を行った区(水洗+薬剤浸漬)の発病球率が最も高かった。次いで水洗のみの区(水洗)、薬剤浸漬のみの区(薬剤浸漬)の順で発病球率が低下した。そして、水洗や薬剤浸漬を行わない区(無処理)では発病がほとんど認められなかった(図-1)。さらに、水洗・薬剤浸漬後直ちに送風乾燥しなかった場合、すなわち、濡れ時間が長いほど両病害の発生が多い傾向が認められた(守川ら, 1996a)。以上のことから、両病害の病原細菌は水洗から乾燥の段階までの鱗片表面が濡れている間に、侵入門戸に到達し感染するものと推察された。

3 接種時期と発病

収穫した健全球根を以下の三つの手順によって調整や両病原細菌の接種(各 10^8 cfu/ml, 10分間浸漬)を行い、貯蔵中の発病球率を調査した。

手順1: 収穫→水洗→浸漬接種→薬剤浸漬→古皮(種球根の消耗鱗片)・根除去→通風乾燥→貯蔵

手順2: 収穫→水洗→浸漬接種→薬剤浸漬→通風乾燥→古皮・根除去→貯蔵

手順3: 収穫→古皮・根除去→水洗→浸漬接種→薬剤浸漬→通風乾燥→貯蔵

その結果、両病害とも手順3で発病球率が最も高かった(図-2)。すなわち、外皮や古皮を除去した後、接種したほうが発病が多いものと考えられた。その理由については次の薬液使用回数の試験で論じる。

4 薬液の使用回数と発病

チューリップサビダニ防除を目的とする殺虫剤浸漬が発病に及ぼす影響を明らかにするため、以下のような試験を行った。球根を古皮や根を除去した区と除去しない区を設けて水洗し、薬剤浸漬を行った。薬液は本県の慣行どおり10回反復使用し、さらに、薬液の一部を採集し、褐色腐敗病細菌の選択培地(守川・野村, 1994)を用いた希釈平板法により、液中の菌濃度を測定した。薬剤浸漬後の球根は通風乾燥後貯蔵し、薬液の反復使用回数ごとに発病を調査した。その結果、両病害とも薬液の反復使用回数が増すにしたがい、発病球率が増加する傾

向が認められた。また、古皮や根を除去してから水洗した場合よりも、除去せずに水洗した場合のほうが発病球率が高い傾向が認められた(図-3)。さらに、薬液中の褐色腐敗病細菌の濃度は反復使用にともなって増加し、古皮や根を除去してから水洗した場合よりも除去せずに水洗した場合のほうが高かった(図-4)。このような病原細菌濃度の上昇は、黒腐病においても同様に推移したと推定されることから、薬液の反復使用にともなう両病害の発病増加は、薬液中での接種圧の増大によるものと考えられた。

両病害に対する品種の抵抗性には、感受性の有無や病斑の拡大抵抗性のほかに、侵入門戸である傷口発生 の難易による機械的な抵抗性が強く関与していることが明らかになっており(守川ら, 1993b)、収穫・水洗作業によって生じる傷の数が発病球率に密接に関与していると推定される。先の接種時期の試験においては、古皮や根を除去した後水洗して浸漬接種した場合は、除去せずに接種した場合に比べて発病が多かった(図-2)のは、水洗前に古皮や根を除去することにより球根表面が露出

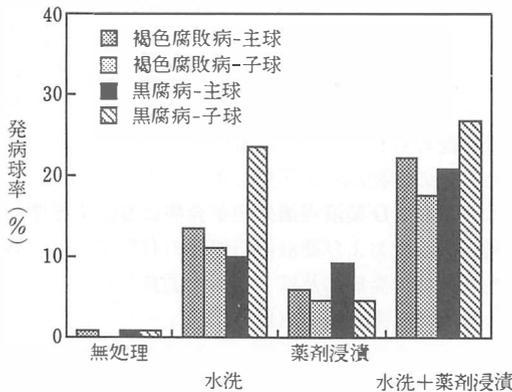


図-1 水洗と薬剤浸漬が黒腐病と褐色腐敗病の発生に及ぼす影響

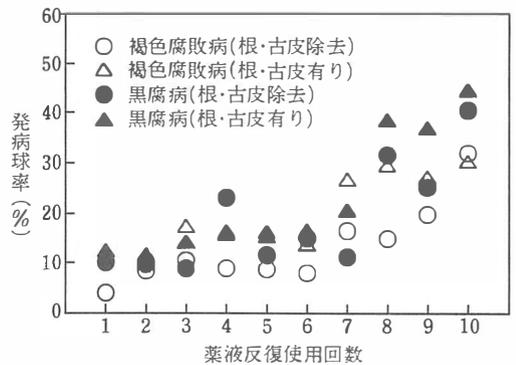


図-3 薬液の使用回数が黒腐病と褐色腐敗病の発生に及ぼす影響

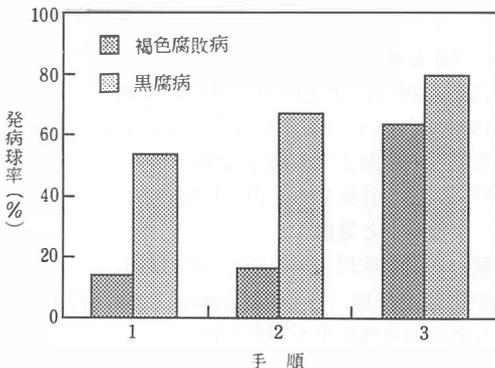


図-2 収穫後の調整手順と接種が黒腐病と褐色腐敗病の発生に及ぼす影響

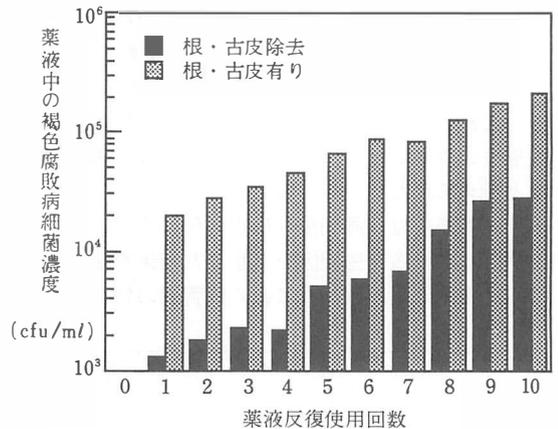


図-4 薬液の使用回数と褐色腐敗病細菌の濃度の推移

し、水洗時に球根に傷が付きやすくなったためと考えられる。現に、本試験においても、古皮や根を除去してから水洗した場合は、より低い病原細菌の濃度で除去せずに水洗した場合と同等の発病球率となった(図-5)ことから支持されよう。

一方、本試験では古皮や根を除去しないで水洗・薬剤浸漬を行ったほうが発病は多かった(図-3)。この原因は、水洗前に古皮や根を除去しない場合は、除去した場合に比べ、生じる侵入門戸である傷は少ないが、薬液中の病原細菌の濃度が除去した場合よりも高いために、発病が多くなったものと推察された。このように、侵入門戸である傷の数と接種濃度のバランスによって発病程度が左右されることが明らかになった。なお、水洗後に浸漬接種するまでの放置時間が長いほど、両病害の感染率は低下する(未発表)ことから、新鮮な傷口が感染には好適であると推察された。

5 貯蔵温度と発病

浸漬接種した球根を乾燥してから10~35°Cの温度条件下で貯蔵し、貯蔵中の黒腐病および褐色腐敗病の発病を調査した結果、黒腐病では球根当たりの病斑数は25°Cで最も多かったが、発病度は30°Cで最も高かった。褐色腐敗病では球根当たりの病斑数は20°Cで最も多かったが、発病度は25°Cで最も高く、両病害とも発病度からみた発病適温は病斑形成の適温よりも5°Cほど高かった(守川ら, 1996 a)。これは、感染と病斑拡大の適温が異なるためと考えられた。なお、両病害とも10°C前後の温度では発病が認められなかったことから、低温で貯蔵することによって、発病を抑えることが可能であると考えられた。ただし、貯蔵中には花芽などの重要な器官形成が行われ、これらは貯蔵温度によって強く制御されることが知られており、翌春に正常に開花させるた

めには、病害防除を目的に貯蔵温度を安易に低くすることは危険であると考えられる。なお、超促成栽培では、促成感度を向上させるために、収穫直後に30°C以上の高温処理が行われる場合があるが、これは黒腐病の発生に好適な温度条件であることから、使用する球根は本病に対する対策が十分に行われているものを用いることが肝要であると考えられる。

6 施肥量と発病

元肥量は一定にし、追肥量を無追肥区、慣行量追肥区、倍量追肥区を設けて施用した。その結果、追肥量が増加するに従い、黒腐病および褐色腐敗病の発病が増加する傾向が認められた(表-1)。また、同時に裂皮球率(圃場裂皮)や球根腐敗病発病球率も増加した。追肥量の増加に伴い、感受性が高まった可能性が高いが、裂皮球率が高まることによって、侵入門戸である傷が付きやすくなったことも重要な発病増加要因と考えられた。

II 病害間の相互作用

貯蔵中の球根の選別を行っている時、黒腐病の病斑から二次的に球根腐敗病、青かび病や黒かび病などが発生しているのがしばしば観察された。それに対して、褐色腐敗病病斑に球根腐敗病が発生していることはほとんどなく、まれに青かび病が散見されるだけであった。そこで、黒腐病細菌または褐色腐敗病細菌の接種が貯蔵中の両病害と球根腐敗病の発生に及ぼす影響について調査した。その結果、黒腐病細菌を接種すると、球根腐敗病の自然発病は助長された。これに対し、褐色腐敗病細菌の接種では、黒腐病と球根腐敗病の自然発病は抑制されるものの、球根腐敗病に対する抑制効果は変動がみられた。また、各菌を混合して接種したモデル試験では、黒腐病細菌が存在すれば、褐色腐敗病と球根腐敗病の発病率が高まる傾向が認められ、褐色腐敗病細菌の存在下では黒腐病と球根腐敗病の発生は抑制された(MORIKAWA et al., 1996)。これらの作用機作として、前者は黒腐病病斑からの球根腐敗病と褐色腐敗病の二次的感染あるい

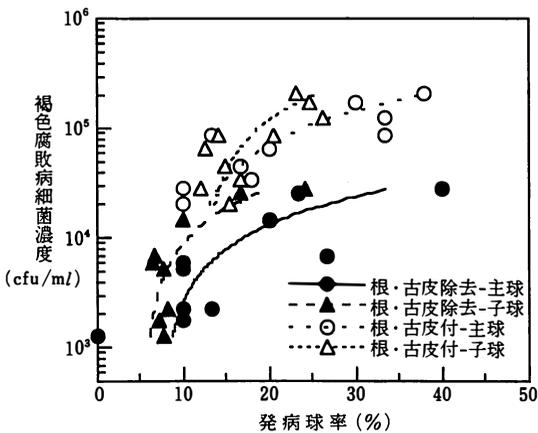


図-5 薬液中の褐色腐敗病細菌の濃度と褐色腐敗病発病球率の関係

表-1 追肥量が黒腐病と褐色腐敗病の発生に及ぼす影響

追肥量(kg/10 a)	黒腐病			褐色腐敗病		
	0	30	60	0	30	60
発病球率(%)	54.7 a	61.4 a	72.7 a	19.4 a	40.1 b	55.7 b
病斑数/球	1.2 a	1.7 a	2.5 a	0.3 a	0.4 a	1.0 b
発病度	21.0 a	26.7 a	35.0 a	5.8 a	11.1 b	17.7 c
裂皮球率	17.3	30.3	56.0	19.3	31.6	56.9
球根腐敗病(%)	7.2	10.3	24.1	6.1	3.0	18.6

肥料は球根用肥料(N:P:K, 9:12:18)を用いた。表中の同一英文字を伴う値の間には DUNCAN'S multiple-range test ($p=0.05$) による有意差がないことを示す。

は病斑の交代現象、後者は褐色腐敗病細菌の拮抗作用による黒腐病と球根腐敗病の発病抑制によるものと考えた。以上のような病害間の相互作用が、球根上で展開されることは、ポストハーベスト病害を総合的に管理していくうえで、きわめて興味深い。

III 生物防除

先の病害間相互作用の試験では、褐色腐敗病細菌の接種によって黒腐病の発病が著しく抑制され、褐色腐敗病細菌による黒腐病防除の可能性が示唆された。そこで、褐色腐敗病細菌とその変異株および根面土壌などから分離した *P. gladioli* やその近縁細菌を用いた黒腐病および褐色腐敗病の生物防除の可能性を試験した。

1 拮抗細菌の収集と防除試験

チューリップやネギの根面土壌から SMG-4 培地 (褐色腐敗病細菌選択培地 SMG-5 培地の栄養源を、キング B 培地に置き換えたもの) を用いて細菌を分離し、さらに培地上で球根腐敗病菌および黒腐病細菌の発育を阻害する細菌を選抜して拮抗細菌とした。そのほとんどは *Pseudomonas cepacia* や *P. gladioli* と同定された。次に、これら拮抗細菌を用いて、黒腐病や褐色腐敗病に対する防除試験を行ったところ、対照の薬剤と同等あるいはそれ以上の効果を示すものが認められた。ただし、興味深いことに、黒腐病に対する発病抑制効果が最も高かったのは褐色腐敗病細菌 *P. gladioli* BRA 4 株であった (守川ら, 1996 b)。

2 褐色腐敗病細菌 BRA 4 株の変異原処理株を用いた黒腐病の防除

褐色腐敗病細菌 *P. gladioli* BRA 4 株を変異源 (ニトロソグアニジン) 処理し、その処理株の中から非(弱)病原性菌株で、黒腐病に対する防除効果を有する N 74 株を選抜した。また、N 74 株を選抜する過程で、変異源処理によって、病原性と防除効果の低下を同時にもたらす可能性があること、病原性の低下をタマネギ鱗茎の腐敗能の程度で推定できることが明らかになった (守川ら, 1996 b)。今後は、黒腐病ばかりでなく球根腐敗病に対する生物防除の可能性を追求する必要があると考えられた。

おわりに

以上のように、黒腐病と褐色腐敗病の発生要因として球根伝染、球根が濡れること、および球根の付傷程度が重要であることが明らかになった。すなわち、両病害は球根伝染し、水洗～乾燥されるまでの球根が濡れている間に水を介して感染発病する。その際、収穫や水洗作業時の付傷程度が感染率に影響する。また、薬液の再利用

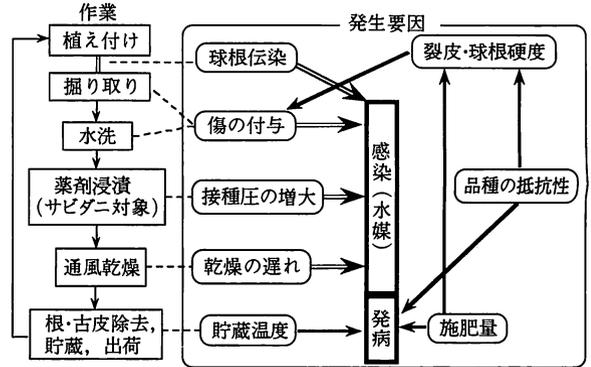


図-6 黒腐病と褐色腐敗病の発生要因

➡: 発病を促進する作用, ⇨: 条件によっては発病を促進する作用

回数が増加するに従い、接種圧が高まって発病が増加する。なお、両病害の伝染機構と発生要因を図-6に示した。

これらの結果をもとに、両病害の防除方法を以下のようにまとめた。まず、両病害とも球根伝染することから、種球根の調整時には感染球根を徹底除去し、圃場には健全な種球根を植え付ける。次に、抵抗性の品種 (守川ら, 1993 b) を採用し、圃場裂皮が生じないように施肥や灌排水を勧奨する。また、球根は傷が付かないように取り扱い、問題となりがちな品種は薬液 (チューリップサビダニ対象) の反復使用回数を減らすか、薬液に両病害に対して効果のある薬剤 (守川, 1993) を添加する。さらに、球根の乾燥は速やかに行い、涼しい場所で貯蔵する。以上のようなことを総合的に取り入れて防除対策を講ずることが重要であろう。なお、球根の水洗や薬剤浸漬 (チューリップサビダニ対象) を行わないことが、最も効果的であると考えられるが、本県のような水田転換畑栽培では、水洗を行わないと球根表面から土壌を取り除くことができず、さらに、チューリップサビダニ対策は不可欠であることから、直ちに現場で適用することは難しい。したがって、今後は水を使わない球根のクリーニング技術や浸漬消毒以外のチューリップサビダニ防除技術 (野村ら, 1994) の確立が望まれる。

引用文献

- 1) 守川俊幸ら (1993 a): 日植病報 59: 10~17.
- 2) ————ら (1993 b): 北陸病虫研報 41: 57~61.
- 3) ———— (1993): 植物防疫 47: 76~78.
- 4) ————・野村良邦 (1994): 北陸病虫研報 42: 57~61.
- 5) ————ら (1996 a): 日植病報 62: 429~432.
- 6) ————ら (1996 b): 北陸病虫研報 44: 51~60.
- 7) MORIKAWA, T. et al. (1996): Ann. Phytopathol. Soc. Jpn. 62: 505~507.
- 8) 西山幸司ら (1979): 日植病報 45: 688~694.
- 9) 野村良邦ら (1994): 北陸病虫研報 42: 72~76.