

## チューリップ球根腐敗病

築尾 嘉章\*

Yoshiaki CHIKUO:

Studies of bulbrot of tulip in Hokuriku District

### 病原菌

我が国におけるチューリップの栽培は戦前にさかのぼるが、球根腐敗病の発生は戦後になってからである。すなわち、1954年オランダから輸入された球根に従来知られなかった病徴の病害が大発生し問題となった。その病原菌が *Fusarium oxysporum* と同定された。その前にも *Fusarium* 性の病害が発見されたが、現在の球根腐敗病と同一かどうかは不明である。その後の研究により本菌はチューリップのみに病原性を示すことからチューリップ分化型 f. sp. *tulipae* とされた(松尾ら1963)。歴史的には本病の病原には他の菌類の関与も示唆されたが、これらは否定され現在に至っている。なお本病はオランダ本国でも重要病害となっているが、発病の様相が日本とはかなり異なる。すなわち、オランダでは圃場で発病することは少なく、掘り取り後の貯蔵及び流通時に発病することが多い。これには栽培環境、特に地温が大きく影響していると考えられる。

### 本病の特徴

本病はチューリップ栽培のほぼ全期間発病する。立毛中は開花後の葉が先端から赤(黄)変し、やがて全体に

及び株が枯死する(第1図)。このような球根を掘り取ると、根盤付近を中心に球根及び花茎や葉柄に腐敗が進行している。また掘り取り後の貯蔵期間中も始め水浸状、のち、乾腐状態の腐敗が起こる(第2図)。腐敗が進行すると外皮を残して球根の内部は乾固しカラカラになる。腐敗球根は特有のアルコール臭がする。貯蔵状態が悪いと発病球根から健全球根へと二次伝染も起こる。また促成栽培時には株が赤(黄)変し、未開花のまま枯死するため全く出荷が望めなくなるなど被害は甚大である。本病が多発した圃場から掘り取られた外観健全球根を親球根とすると、次年度以降も発病球率が高くなることも経験的に知られているなど被害は数年尾を引くことが多い。

### 研究史

我が国のチューリップの球根生産地は北陸から山陰地域にあるため、チューリップ病害研究も新潟、富山、島根などの各県を中心として行われた。特に富山県には1951年から我が国で唯一のチューリップ育種指定試験地がチューリップ栽培の中心地にある砺波市(現富山農技七野菜花き試)に設けられ、また、1971年から球根類病



第1図 チューリップ球根腐敗病の地上部病徴



第2図 球根腐敗病菌による貯蔵病徴

害指定試験地が設けられ研究が継続して行われた。球根類病害指定試験地ではTBV等ウイルス病対策と平行して球根腐敗病研究が行われた。なお1971年以前は栽培試験の一部として本病対策試験が同地で行われた。

一般に北陸地域のチューリップ栽培様式は水田転換畑（富山と新潟県）と砂丘地栽培（新潟県のみ）の全く異なった土質で行われる。水田転換畑は田畑輪換栽培になるので理論的には多くの土壤病害が排除されうるが、湿害対策が不可欠である。このため、高畦栽培で過湿をさけるが、排水不良地や畝間灌水の不備などで本病の多発を招く。一方、砂丘地では上記の心配は少ないにもかかわらず本病が多発するようになった。これらの原因を明らかにすべく各県農試および北陸地域所在大学等が研究を開始した。

### 病原菌の侵入経路の組織学的研究

この項は北陸地域ではなく鳥根県で行われた。すなわち病原菌は根に侵入後、根盤部へ移行するのではなく、植え付け当初に発根に伴って生じる破壊溝から直接、球根根盤部に侵入する。この観察から病原菌の侵入時期が植え付け当初と推察された（山田，1981）。

### 薬剤防除

球根腐敗病は発病部位が地下部の球根であるため、莖葉散布はほぼ無効である。従って球根消毒（浸漬、粉衣）を中心に防除が行われた。種々の薬剤が検討され、1960年代まで有機水銀剤が、また1970年代にはベノミル剤が主流となった。これら薬剤は球根内部への浸透性があるため、かなりの効果が認められ、その発生は比較的少なくなった。処理時期としては、植え付け前の処理が植え付け前+掘取り後の二回処理や掘取り後の処理より効果が高かった。しかし、1980年代後半くらいから新潟県の砂丘畑や富山県で本病の発生が再び増加するようになった。その原因として薬剤耐性菌の出現が疑われたため、両県で耐性菌検定が実施された。その結果、1980年代に各地から分離された菌株はすべてベノミル感受性菌であったのに対し、1989年に分離された株は感受性が低下していることが明らかになった（野村，1990，横山，1990）。なお本菌の場合、通常見られるチオファネートメチルとの交差耐性が見られないのが特徴と云える。この時期からベノミル代替薬剤の探索が行われ、トリフルミゾール剤およびプロクロラズ剤等が登録され、現在に至っている。その後1990年代に行われた調査でも富山県内では依然ベノミル耐性菌が高頻度で存在している。このため使用薬剤は現在でも上記EBI剤が主体となっている。ただし、トリフルミゾール剤に関しては効力低下

が見られる場合があり、一部地域では感受性低下菌が出現している。

### 耕種的防除

上記のように本病は多発する時期と小発生の時期を大きな波のように繰り返してきた。各時期の多発生の要因は単純ではないが、いずれにせよ油断をすれば多発するといえる。この間様々な耕種的防除法が試みられた。球根の熱処理による病原菌の不活化：病原菌を死滅させるには55℃，6時間以上が必要だが、球根自身が熱に耐えられず、乾熱処理による物理的防除はチューリップでは適用できなかった（横山，1990）。

窒素質肥料と発病：多投すると本病が多発することが経験的に知られていたが、実験的な証明はなかなか出来なかった。しかし広く流布しており施肥量の制限が一般的に行われている。輪作と発病の関係も明確な資料はない。

掘取り時期と発病の関係：チューリップの掘取りの適期幅は非常に狭く、これより遅れると本病が発病しやすくなる。また早いと青かび病の原因となる（以上筒井ら，1963）。

### ネダニと球根腐敗病の関係

他作物では *Fusarium* による根部病害とネダニとの関連が知られている。チューリップでも砂丘畑栽培では被害球根にネダニの発生が見られるのでこの関係が検討された。その結果、ネダニは病原体を体表につけて運搬する可能性があるものの、立毛中に運搬する可能性は低く、二次的に着生することのほうが多いと結論された（山田，1974）。

生物防除：弱病原性 *Fusarium* の前接種による発病抑制

国内各地から分離した球根腐敗病菌の病原性を調べると病原性の弱い菌株がいくつか得られた。この弱病原菌株を球根に前接種して発病畑に植えたところ接種区は無接種区よりも発病球率が低下した。弱病原菌株はチューリップ以外の他作物には病原性を示さなかった。

しかし弱いながらもチューリップに病原性を持つことや、接種球根は通常の薬剤処理が行えないことなどから残念ながら実用化には至らなかった（横山，1990，野村，1990）。その他細菌による生物防除の試みもあるが実用には至っていない。

### 硝酸塩利用能欠損突然変異株利用による病原菌の伝染環の解明

*Fusarium oxysporum* には病原性菌と非病原性の菌があるが、形態的には区別が出来ない。1960年代に本菌の土

壤中の消長が調べられたが上記理由で確証が得られなかった(西村ら, 1963)。しかし近年, 硝酸塩利用能欠損突然変異株(以下 *nit* 菌)とその選択培地を利用することで特定の病原菌株のみの菌量を定量的に追跡することが可能となった。本方法によって一連の発生生態解明の研究が行われた(築尾ら, 1996a, 1996b, 1997)。

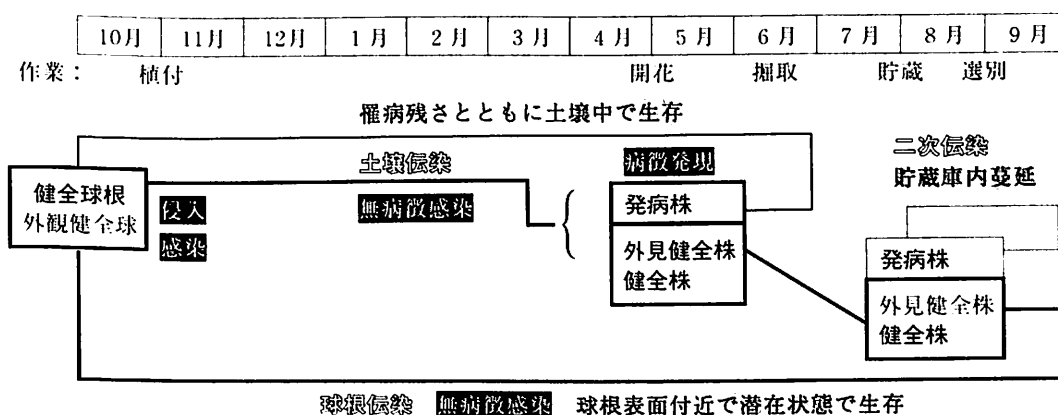
まず, 病原菌が球根のどの部位にどのくらいの菌量がいつの時期に存在するのかが検討された。本菌の孢子懸濁液に球根を浸漬接種し, 圃場に植付け, 翌春の本病発病初期から枯れ上がり期まで約1週間間隔で球根各部や根周辺土壌から菌量を測定すると, 開花終了後の5月13日に本菌は外皮, 根盤及び根から  $10^3 \sim 10^4$  CFU/g 生体重(以下同じ)検出された。前年の接種部位である古皮から当初, 菌は検出されなかったが, 6月3日以降は急激に増加し,  $10^4$  CFU以上となった。外皮には増減はあるが, 枯れ上がり前の6月3日以降は  $10^4$  CFU以上と同時期の他の部位の菌量よりも多かった。根盤には常に  $10^3$  CFU以上の菌量があり, 後半に特に増加し  $10^5$  CFUを越えた。根の菌量は  $10^3$  CFU程度で終始した。また根付近土壌は  $10^3 \sim 10^4$  CFUで推移した。以上の結果から球根表面に接種した病原菌は越年後, 球根各部に移行増殖していることが明らかになった。その際, 外皮や根盤でよく増殖し, 立毛中の発病に關与するものと考えられた。一方, 根付近土壌の菌量は少なく, 病原菌の汚染球根から土壌への移行はこの時期には進んでいないと思われた。

つぎに掘り取り後の貯蔵中の外観健全な球根表面の菌量を同方法で①水洗後通風乾燥区, ②水洗後自然乾燥区, ③無水洗通風乾燥区に分け測定した。その結果, 本菌は外観健全球根の外皮から検出されたが, 内部のりん片からは検出されなかった。その菌量は乾燥処理直後ではいずれの区も  $10^4$  CFU/g 生体重であったが, 貯蔵腐敗多発時の7月中旬に①では  $10^3$  CFUに減少し, その後

徐々に増加し  $10^4$  CFUになった。②では同時期に  $10^5$  CFU 近くまで増加し, その後も  $10^4$  CFUで推移した。③では①と同傾向であったが菌量は①より多く  $10^4$  CFUまで増加した。以上の結果から外観健全球根も本菌に汚染されており, 不良乾燥・貯蔵条件が発病に影響すると考えられた。以上から本菌が球根表面の各部に付着または潜在感染し, 球根を経由して伝染することが明らかになった。

つぎに, チューリップ掘り取り後に土壌中に残された球根腐敗病菌が夏作物の栽培や湛水処理によってどう影響されるかについて検討した。殺菌土を詰めたポットに水稻, ソルゴー, ネギ苗を移植, ブロccoliを播種した。他に無栽植湛水と無栽植裸地の計6区を設けた。ここに本菌の *nit* 菌の孢子懸濁液を灌注接種(7月31日)し, 接種10日, 32日および54日目に土壌中の病原菌菌量を同様に測定した。10日目の菌量はbroccoli, ソルゴー, 裸地, ネギの順に多く,  $10^4$  CFU/g 乾土(以下同じ)以上であった。一方, 水稻及び湛水区は  $10^3$  CFUであった。32日目ではいずれの区も減少したが, とくに水稻, 湛水及び裸地で  $10^2$  CFUに減少した。54日目では湛水区ではほとんど検出されなかった。他区は  $10^3$  CFUで推移し, 水稻区のみ  $10^2$  CFUであった。以上から, 夏期に60日程度湛水処理を行うことが本菌菌量減少のために最良で水稻栽培がこれに続くと考えられた。これに対し, チューリップ以外の作物の菌量減少効果は低かった。これは本菌はチューリップのみに病原性を持つ菌ではあるが, 一方では腐生能力も高くチューリップの存在しない土壌中でも他作物の根の分泌する栄養物である程度生存が可能であることを示す。

以上の結果から以下のように結論された。本病の伝染環には球根伝染と土壌伝染の二つのルートがある。水田転換畑でのチューリップ栽培では球根伝染の比重が大きく, 土壌伝染の比重は相対的に軽い。また砂丘地栽培で



第3図 チューリップ球根腐敗病菌の伝染環

は球根伝染と土壌伝染の両者が関与し当該圃場の栽培歴などが大きく関与する。以上の本病の伝染環を第3図に示した。

### チューリップ球根腐敗病の抵抗性早期・簡易検定法の開発

チューリップは花色や花型また開花時期が異なる2,000以上の品種があるとされ、また主要な品種だけでもかなりの種類がある。これら品種間で発病に著しい差が見られることが経験的に知られた。そこで球根への有傷接種法によって主要品種(当時)の抵抗性の評価がされた(山田, 1981)。しかし、その後の品種の変遷は著しく、また有傷接種法では自然発病と相関しない品種があるなどの現象が見られた。そのため、1980年頃と1992年から検定病原菌の選定及び検定法の簡易化・高精度化をめざして研究が再開された(向畑ら, 1991, 築尾, 1999a)。その結果、球根への浸漬接種法と汚染土壌への植え付け法の二つが圃場での自然発病と相関関係が高いことが明らかになった。このうち土壌接種法は汚染土壌を必要とする点で、浸漬接種法より取り扱いが難しいため、浸漬接種法の諸条件が検討されることになった。品種間差異を検定するに当たり問題となる病原菌のレースの有無も再度検討されたが、存在するとは考えにくかった。その結果、最終的に以下の方法が妥当と考えられた。それは球根生産で主球とともに形成される球周6~7cmの小球根を用いて、温室レベルで抵抗性を検定するものである。すなわちPS液体培地で振盪培養し、遠心分離で集菌した孢子懸濁液を接種源とし、これに球根を15分間浸漬する。風乾後の球根は自然土(山土, バーク堆肥, 化成肥料混合)をつめたポット(27×32×14cm, 1区35球)に植え付け、無加温の温室で管理し。(半促成栽培), 翌春枯れあがった後に掘り取り、腐敗球数や貯蔵中の発病調査を行う。接種源濃度は $5 \times 10^5$ cfu/gが適当である。試験開始時期と発病の関係は年内植え付けであればあまり結果に影響しない。本法によると各品種の発病球率は激発から無発病まで連続的に推移し、かつ圃場試験の結果と良く一致する(築尾, 1999a)。

### 発病と地温の関係

富山県内の近年の特徴として植え付け時期の前倒しが見られるようになった。すなわち本来10月中下旬が植え付け適期であるのにこれより早く植える傾向が見られるようになった。これは球根の隔離検疫制度の制限緩和によって安価なオランダ産球根が大量に流入するようになったため、規模拡大でコストの低減を図る

うとしたためである。単位面積当たりの作業時間の制約と北陸地域の秋以降の天候の悪化の二点の理由で、植え付け時期を後ろにはずらせなかった。それで前倒しが行われるようになった。これと相前後して本病の発病が再び顕著になった。発病と地温の関係はかつて行われたが(柴田, 1964), *nit* 菌を使って再度探ったところ、植え付け時期の地温及びその持続期間と発病に相関が見られた。また本病の感染時期が植え付け直後の発根期であることも再確認された。すなわち10℃では発病しなかったが15℃, 20℃及び25℃では発病し、発病程度は温度に比例して高くなった。根盤部の菌量は25℃に4週間保持すると当初 $10^1$ cfu/g生体重から $10^7$ cfuに増加した。同様の別品種による試験の腐敗球数は15℃以上の地温が長く維持される区で多発した。次に接種球根を9月14, 26, 10月9, 21, 11月7, 20日の6時期に大型バットに植付け翌年の発病を調査した。その結果、植付け時期が早い区ほど発病が多かった。以上から本病の球根への感染時期は植付け直後であるが、地温の低下のため潜在状態になり、翌春の地温上昇期に初めて病徴が現れると考えられた。感染は温度に依存するので、砺波地方の10月中旬以前(地下15cmの平均地温: 20℃)の植え付けは本病の多発要因の一つになると考えられた(築尾, 1999b)。しかし当時これを解決する手段がなかった。ところが富山県砺波市の篤農家の発明により「整畦植え込み機」が考案され、これを使うことでこの課題がクリアできることになった。すなわち、畦立て時期と植え付け時期とを分け、整畦だけを9月中旬に済ませ、「整畦植え込み機」による植え付けを11月に行うものである。この植え付け時期と発病の関係はもう一つの重要病害である微斑モザイク病の発病も抑制出来ることが明らかとなったので、富山県では栽培体系を一から見直す方向で検討がなされている。今後、栽培面のフォローアップが必要だが実現可能な技術として注目される。

### おわりに

本来、チューリップは地中海、小アジア半島~中央アジアの原産で、夏は冷涼で雨が少なく冬は雨量の多い気候条件で適応した植物である。我が国の気象条件に適する品種の育種がなされているとはいえ、本来の性質を大きく変えることは出来ず、高温多湿は最も苦手と云える。梅雨期が掘り取り時期に重なる我が国でチューリップを栽培する限りに置いて球根腐敗病はさけて通れない重要病害である。今後も、本病の発生生態を精査する事で、本病の被害を最小限に抑さえ、安定生産が実現できることが期待される。

引用文献

- 築尾嘉章ら (1996a) 日植病報 62 : 273. (講要)  
築尾嘉章ら (1996b) 日植病報 62 : 636. (講要)  
築尾嘉章ら (1997) 日植病報 63 : 210. (講要)  
築尾嘉章 (1999a) 平成10年野菜・茶業成果情報 59-60.  
築尾嘉章 (1999b) 今月の農業 (4)102-105.  
松尾卓見・桜井善雄(1960) 日植病報 25 : 217-218.  
向島博行ら (1991) 富山県農技セ研報 9 : 1-116.  
西村正暘ら (1963) 植物防疫 17 : 13-16.  
野村良邦 (1990) 平成元年度北陸地域技術研究会資料 9-12.  
柴田喜久雄(1964) 新潟農林研究 16 : 15-19.  
筒井 澄ら (1963) 富山県農試砺波園芸分場研報 3 : 20-27.  
浦島 修 (1999) 研究ジャーナル 22(12)46-48.  
山田員人 (1981) 島根県農試研報 17 : 1-83.  
横山泰裕 (1990) 平成元年度北陸地域技術研究会資料 4-8.
-