

## 국내 발생 *Phytophthora* 속균의 형태 및 검색

지 형 진

농업과학기술원 식물병리과

지난 호(식물병과 농업 4권 1호: 79-89 페이지) 기초강좌에서 '*Phytophthora* 속균의 특성 및 분류'에 관하여 자세히 기술한 바 있으나, 아쉽게도 분류 검색표가 누락되어 금번 호에서 그 내용을 보완하게 되었다. 지난 호에서 언급한 바와 같이 *Phytophthora* 속균의 분류에는 유주자낭과 유두돌기의 형태(papillation), 유성생식 방법(sexuality), 난포자 및 장정기의 부착형태 등이 기본이 되는데 Stamps 등은 이런 특성들을 기초로 하여 역병균을 6개 group으로 구분하였다. 일부 역병균은 몇 가지 특성만으로도 쉽게 동정 할 수 있지만, 대부분의 경우 역병균은 종간에 형태적인 특성 차이가 크지 않고 여러 종이 비슷한 형태를 가지고 있으며 배양 조건이나 균주에 따라 균의 형태가 매우 다양하게 나타나기 때문에 역병균의 동정은 매우 까다롭다. 그 뿐만 아니라 여러 종들은 기존의 다른 종들과의 사소한 형태적 특성 차이에도 불구하고 새로운 종으로 명명됨으로서 역병균 분류 연구에 많은 문제점을 야기하고 있다.

경험이 많지 않은 연구자들에게는 유두 돌기의 돌출(papillate)과 반돌출(semi-papillate)을 구분하기가 쉽지 않고, 자웅이주균 (heterothallic species)이라도 균주에 따라서 혹은 오래 저장한 균주에서는 교배(mating)없이도 난포자를 형성하는 경우가 종종 있으므로 위의 세 가지 특성만으로 역병균을 구분하는 것이 용이하지 않을 수도 있다. *Phytophthora* 속균의 동정에는 유성 및 무성 생식 기관들의 형태적 특성뿐만 아니라 유주자낭의 형성방법, 이탈성, 후막포자의 특성, 균사 형태, 생육 온도, 콜로니 모양 등등을 조사하여야 하는데 종 분류에 필수적인 사항들을 지난 호에 자세히 설명하였다. 현재까지 국내에서 발생이 확인된 16종과 발생 가능성이 높은 역병균의 배양적·형태적 특성을 사진으로 Plate 1-3에 나타내었으며 이들의 분류 검색은 아래 표 1에 요약되어 있다.

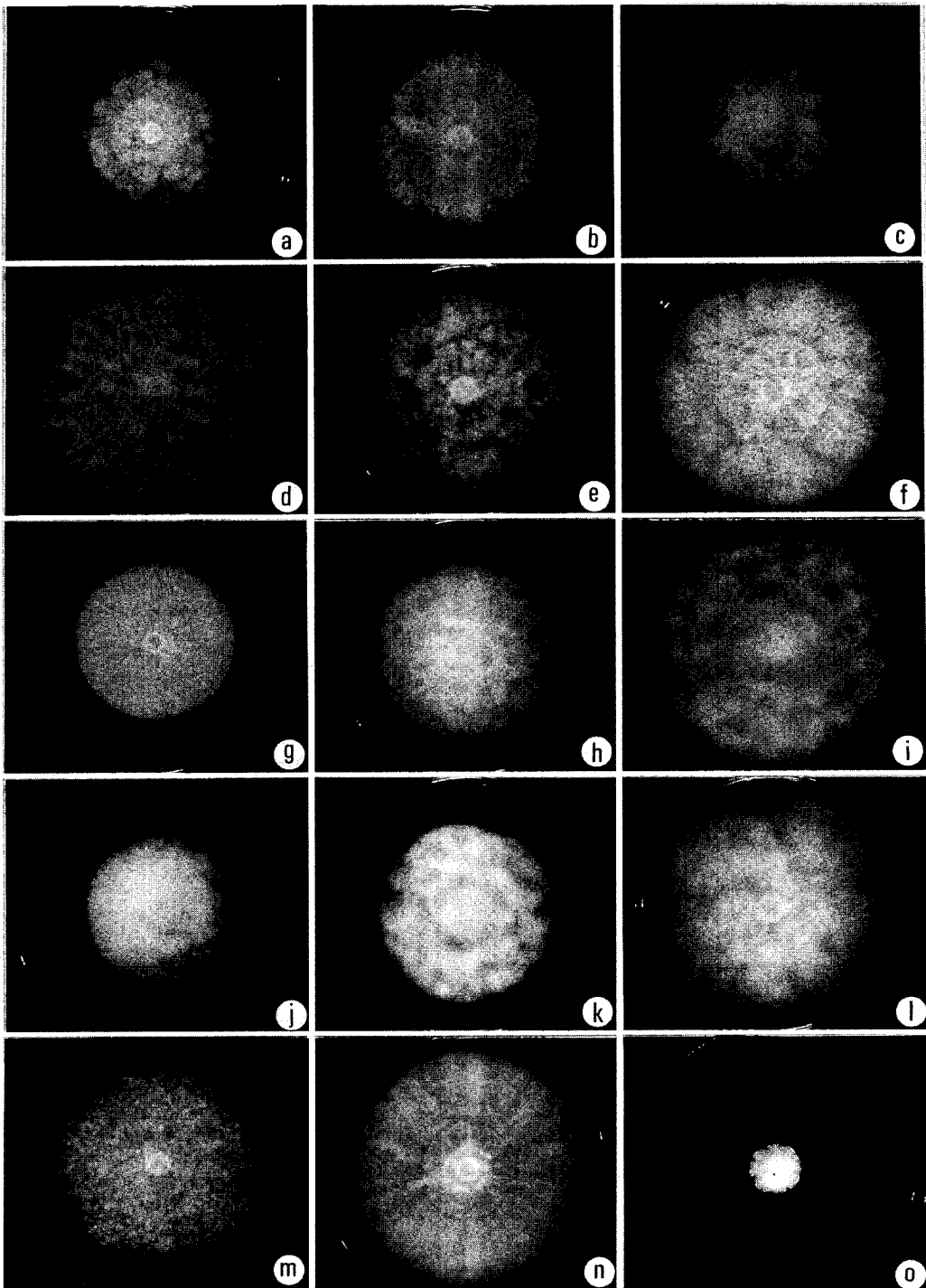


Plate 1. Colony pattern of *Phytophthora* spp. on potato dextrose agar; ① *P. boehmeriae*, ② *P. cactorum*, ③ *P. cambivora*, ④ *P. capsici*, ⑤ *P. cinnamomi*, ⑥ *P. citricola*, ⑦ *P. citrophthora*, ⑧ *P. cryptogea*, ⑨ *P. drechsleri*, ⑩ *P. erythroseptica*, ⑪ *P. megasperma*, ⑫ *P. melonis*, ⑬ *P. nicotianae*, ⑭ *P. palmivora*, ⑮ *P. sojae*.



Plate 2. Asexual and sexual structures of *Phytophthora*; (a) Common shape of hyphae, (b) Coralloid hyphae, (c) Hyphal swellings, (d) Terminal chlamyospore, (e) Intercalary chlamyospore, (f) Clustered chlamydo-spores, (g) Plerotic oospore with paragynous antheridium, (h) Aplerotic oospore with amphigynous antheridium, (i) Plerotic oospore with amphigynous antheridium, (j) Internally proliferated sporangium, (k) Externally proliferated sporangium.

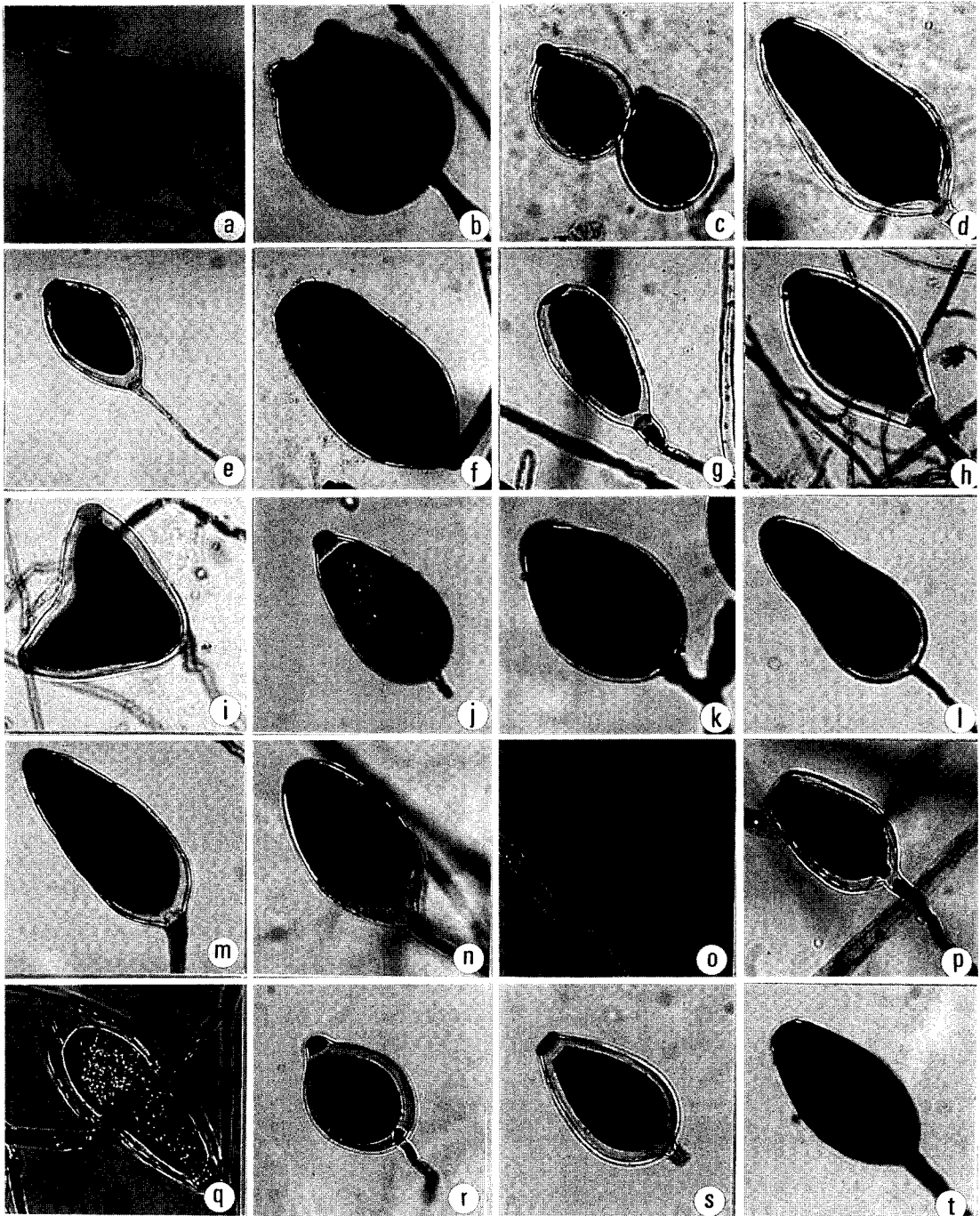


Plate 3. Sporangial features of *Phytophthora*; (a) & (b) *P. boehmeriae*, (c) *P. cactorum*, (d) *P. cambivora*, (e) *P. capsici*, (f) & (g) *P. cinnamomi*, (h) & (i) *P. citricola*, (j) *P. citrophthora*, (k) *P. cryptogea*, (l) & (m) *P. drechsleri*, (n) *P. erythroseptica*, (o) *P. infestans*, (p) & (q) *P. melonis*, (r) *P. nicotianae*, (s) *P. palmivora*, (t) *P. sojae*.

표 1. 국내 발생 *Phytophthora* 속 균의 검색

| 그룹 I   | 유주자낭 돌출형 (돌기 높이 4 µm 이상, 폭 5-7 µm); 탈락형: 자용동주, 장정기 추출, 유주자낭 형성 용이                        |  |   |  |   |
|--|--|--|---|--|---|
| 종별   | 유주자낭의 형태, 크기, 특성   | 유성생식 기관의 특성  | 후막포자, 균사, 배양특성  | 다른 종과의 구별성                                   | 기주범위  |
| <i>P. cactorum</i>                             | 계관형, 구형, 타원형, 탈락성이 높음, 짧은 자루 부속 (약 4 µm), 좌우대칭으로 형성, 밀생, 크기: 32-52×24-34 µm              | 자용동주, 난포자 다량 형성, 장정기 대부분 추출, 충만형, 장난기: 23-36 µm, 난포자: 23-27 µm | 후막포자, 균사, 배양특성<br>후막포자 드물게 형성, 기중균사 미약, 약간 방사상으로 자람, 생육: 5, 25-28, 33°C | 탈락성인 계관형의 유주자낭, 짧은 자루, 자용동주, 장정기 추출          | 외국: 200종 이상<br>국내: 사과, 배, 복숭아, 딸기, 인삼           |
| 그룹 II  | 유주자낭 돌출형 (돌기 높이 4 µm 이상, 폭 5-7 µm); 장정기 추출, 자용이주 (예외: <i>P. boehmeriae</i> ); 유주자낭 형성 용이 |  |   |  |   |
| <i>P. boehmeriae</i>                           | 구형, 계관형, 타원형, 이탈형, 짧은 자루 부속 (약 4 µm), 크기: 28-69×20-51 µm                                 | 자용동주, 난포자 다량형성, 장정기 대부분 추출, 충만형, 장난기: 22-32 µm, 난포자: 21-28 µm  | 후막포자 형성 미약, 출출하고 일정한 형태, 기중균사 밀생, 꽃잎형, 생육: 5-6, 25, 32.5°C              | 유주자낭 형태, 다량의 난포자, 장정기 추출                     | 외국: 모시, 무화, 감귤, 침엽수 등<br>국내: 가축나무               |
| <i>P. capsici</i>                              | 형태 다양한, 장타원형, 위아래가 편측한 부모양, 탈락성 보통, 긴자루 부속 (약 35-138 µm), 크기: 33-66×18-39 µm             | 자용이주, 장정기 추출, 충만형, 장난기: 23-50 µm, 난포자: 24-35 µm                | 후막포자 없음, 기중균사 미약, 방사선 혹은 별모양으로 자람, 생육: 10, 28, 35°C                     | 반추형(복모양)의 유주자낭과 긴 자루, 우산(부채) 형태로 형성, 35°C 생육 | 외국: 수 백종<br>국내: 고추, 토마토, 수박, 참외, 오이, 가지 등       |
| <i>P. citrophthora</i>                         | 형태 매우 다양, 구형, 계관형, 서양배 등, 비탈락성, 크기: 23-90×18-60 µm                                       | 거의 형성하지 않음, A1으로 알려짐, 장난기: 26-36 µm, 난포자: 28 µm, 장정기 추출형       | 후막포자 드물게 형성, 기중균사 없음, 백색히 자람, 생육: 5, 24-28, 32.3°C                      | 다양한 형태의 유주자낭, 비탈락형, 우성세대 불명                  | 외국: 100 여종<br>국내: 수입오렌지, 사과, 오미자, 유채토양          |
| <i>P. nicotianae</i> (= <i>P. parasitica</i> ) | 계관형, 구형, 다양, 탈락성 낮음, 크기: 11-60×20-45 µm  | 자용이주, 장정기 추출, 비충만형, 장난기: 15-32, 난포자: 13-2 µm                   | 후막포자 다량형성, 크기: 13-60 µm, 거미집 모양의 균총 형태, 생육: 10, 27-30, 37°C             | 콜로니형태, 35°C에서 잘 자람, 작은 난포자 (24 µm 이하)        | 외국: 1,000 여종<br>국내: 화훼류, 유자, 가지, 참깨, 약초류 등 15 종 |
| <i>P. palmivora</i>                            | 약간 긴 계관형, 장타원형, 탈락성 높음, 짧은 자루 부속(4 µm), 좌우대칭으로 형성, 밀생, 크기: 40-60×25-35 µm                | 자용이주, 장정기 추출, 장난기: 22-35, 난포자: 18-31 µm                        | 후막포자 다량 형성, 크기: 32-42 µm, 생육: 11, 27-30, 35°C                           | 유주자낭 형태, 짧은 유 주자낭 자루, 다량의 후 막포자              | 외국: 수 백종<br>국내: 관상용 야자, 심비 디올, 무화과              |
| 그룹 III   | 유주자낭 반돌출형, 자용동주, 장정기 추출  |  |   |  |   |
| <i>P. citricola</i>                            | 한쪽으로 굽거나 갈라진 형태 등 매우 다양, 비탈락성, 크기: 30-75×21-44 µm  | 자용동주, 장정기 추출, 충만형, 장난기: 18-35 µm, 난포자: 16-30 µm                | 후막포자 형성 미약, 기중균사 미약, 방사선 형태 콜로니, 생육: 5, 25-28, 31°C                     | 유주자낭 형태 및 난포자 형태                             | 외국: 100 여종<br>국내: 대추                            |
| <i>P. porri</i>                                | 서양배형, 계관형, 장타원형 등, 비탈락성, 크기: 28-46×20-37 µm  | 자용동주, 장정기 추출 및 추출, 장난기: 34 µm, 난포자: 30 µm                      | 후막포자형성, 크기: 20-36 µm, 짧은 균사 및 포일 형태의 균사 형성, 생육: 3, 21, 27-30°C          | 균사형태   | 외국: 주로 Allium 속<br>국내: 발생 미확인                   |
| <i>P. syringae</i>                             | 계관형, 서양배형, 비이탈형, 연쇄상으로 형성, 크기: 24-50×20-46 µm  | 자용동주, 장정기 추출, 간혹 저축, 충만형, 장난기: 22-38 µm, 난포자: 24-34 µm         | 후막포자 형성 많음, 팽윤균사형성, 오래된 균사에 매듭형성, 생육: <5, 15-20, 23-25°C                | 균사형태, 생육온도                                   | 외국: 주로과수 100 여종<br>국내: 발생 미확인                   |

표 1(계속). 국내발생 *Phytophthora* 속 균의 검색

| 종 별                    | 유주자낭의 형태, 크기, 특성   | 유성생식 기관의 특성  | 후막포자, 균사, 배양특성   | 다른 종과의 구별성  | 기주범위                                    |
|------------------------|--|--|--|---|---|
| <i>P. colocasiae</i>   | 계란형, 타원형, 방추형, 타원형, 크기: 40-70×17-28 μm                             | 자웅동주, 장난기 지락, 비총관형, 장난기: 20-35 μm, 난포자: 18-30 μm                   | 후막포자 대량 혹은 소량형성 생육: >10, 27-30, >35°C                      | 탈락성인 유주자낭, 자웅동주, 후막포자                                   | 외국: 10 종 이상<br>국내: 토란 (발생 미확인)          |
| <i>P. infestans</i>    | 좁은 계란형, 배면형, 위아래가 뾰족함, 탈락성이 매우 높음, 나무가지 저면 형성, 크기: 28-40×18-24 μm, | 자웅이주, 장경기 지락, 비총관형, 장난기: 31-51 μm, 난포자: 24-35 μm                   | 후막포자의 팽윤균사 없음, 생육: 4, 20, 26°C                             | 유주자낭 및 유주자낭병의 마디, 일반 배양기에서 배양이 잘 안됨                     | 외국: 10종 이상<br>국내: 토마토, 감자               |
| <i>P. fragariae</i>    | 서양배형, 계란형, 비탈락형, 주로 단생, 내생, 선단 대칭형, 크기: 32-90×22-52 μm             | 자웅동주, 대부분 장난기 지락, 구형 혹은 비구형, 장난기: 28-44 μm                         | 후막포자 없음, 팽윤균사 드물게 형성, 생육: 2, 18-22, 30°C                   | 생육온도 및 속도 (2-4 mm/24시간), 다량의 기증균사, 장난기 형태               | 외국: 딸기 및 수 십종<br>국내: 발생 미확인             |
| <i>P. megasperma</i>   | 계란형, 서양배형, 비탈락형, 주로 단생, 내생, 외생, 크기: 35-60×25-45 μm                 | 자웅동주, 장경기 측삭 및 지락, 중만형, 장난기: 42-52, 난포자: 26-52 μm                  | 후막포자 없음, 팽윤균사 형성, 생육: 5, 25, 35°C                          | 대형난포자, 측삭 및 지락형 장경기, 기주에 따라 다양한 그룹                      | 외국: 100 여종<br>국내: 토마토                   |
| <i>P. sojae</i>        | 계란형, 서양배형, 비탈락형, 주로 단생, 내생, 외생, 크기: 24-88×18-52 μm                 | 자웅동주, 장경기 측삭 및 지락, 장난기: 30-46 μm, 난포자: 19-38 μm                    | 후막포자 없음, 팽윤 균사형성, 생육: 5, 25, 35°C                          | 기주 특이성, PDA에서 거의 생장 못함                                  | 외국: 콩<br>국내: 콩                          |
| <i>P. cambivora</i>    | 둥근 계란형 서양배형, 타원형, 비탈락형, 단생, 내생, 외생, 크기: 40-54×60-75 μm             | 자웅이주, 장경기 지락: 1-2개 세포, 중만형, 장난기에 작은 돌기 형성, 30-58 μm, 난포자: 35-40 μm | 후막포자 없음, 다량의 기증균사, 생육: 2, 22-24, 32°C                      | 난포자의 크기 및 형태  | 외국: 수 십종, 주로 과수<br>국내: 사과, 배, 밤나무 (미확인) |
| <i>P. cinnamomi</i>    | 서양배형, 계란형, 장타원형, 비탈락형, 유주자낭 형성이 잘 안됨,                              | 자웅이주, 장경기 지락, 장난기: 21-58 μm, 난포자: 20-54 μm                         | 대형후막포자 다량형성, 크기: 31-50 μm, 상호형태의 균사, 생육: 5, 24-28, 32-34°C | 균사형태 및 다량의 대형 후막포자                                      | 외국: 100여종, 주로 수 목 및 과수<br>국내: 낙엽송       |
| <i>P. cryptogea</i>    | 계란형, 서양배형, 밀이 둥근형, 비탈락형, 내생, 외생, 기증 대칭형, 크기: 20-90×15-51 μm        | 자웅이주, 장경기 지락, 총만형, 장난기: 28-40 μm, 난포자: 20-32 μm                    | 후막포자 형성없음, 팽윤균사 다량 형성, 생육: 5, 22-25, 31-33°C               | <i>P. drechsleri</i> 와 유사, 35°C에서 생육 못함 (?), 불규칙한 균사 폭  | 외국: 100 여종<br>국내: 거베라, 배추               |
| <i>P. drechsleri</i>   | 서양배형, 장타원형, 계란형 등 다양; 비탈락형, 주로 단생, 내생, 외생, 크기: 36-70×26-40 μm      | 자웅이주, 장경기 지락, 총만형, 장경기: 22-53 μm, 난포자: 17-54 μm                    | 후막포자 형성 없음, 팽윤균사 다량 형성, 생육: 5, 28-30, 35-37°C              | <i>P. cryptogea</i> 와 유사, 35°C에서 생육, 유전적으로 다른 여러 그룹이 존재 | 외국: 수 백종<br>국내: 박과류, 토마토, 약 초류, 낙엽송, 장수 |
| <i>P. erythrospica</i> | 타원형, 계란형, 서양배형 등 다양, 비탈락형, 대칭형, 내생, 크기: 43-69×2-47 μm              | 자웅동주, 비총관형, 장경기 지락, 장난기가 길고 클, 장난기: 30-46 μm, 난포자: 28-35 μm        | 후막포자 없음, 팽윤균사 형성, 생육: 3, 27, 34°C                          | 유주자낭 및 난포자 형태   | 외국: 수 십종<br>국내: 참, 황기                   |