

# I 식물병원세균의 분류 및 동정

서울대 농업생명과학대학

조 용 섭

## 1. 식물병원세균의 역사적 배경

화란의 상인이었던 Antony van Leeuwenhoek가 1676년에 자신이 만든 확대경으로 세균을 처음으로 관찰한 이래 수많은 연구자들이 세균의 근원, 형태, 생태, 생리, 유전 등의 연구로 오늘에 이르게 됐다.

세균의 근원이 자연발생설에 근거한다고 오랫동안(약 2,000년) 믿어 왔던 당시의 사고방식에서 Louis Pasteur는 세균의 발견 약 2세기 후에 이르러 Pasteur 특유의 창의적인 실험방법으로 자연발생설을 전도(顛倒) 하는데 성공하였고, 이어서 Robert Koch의 순수 배양법의 확립은 당시의 세균다형태설(Pleomorphism)을 단형태설(Monomorphism)로 수정하는데 성공함으로써 세균학이 근대과학으로써 자리 매김을 하게됐다고 하겠다. L. Pasteur의 업적과 R. Koch의 업적들은 불후의 것으로써 오늘날에도 그 방법들이 그대로 또는 약간 수정상태에서 적용되고 있으며, 특히 R. Koch의 가설(Koch's Postulates)은 병원균을 확인하는데 있어 절대적인 역할을 하고 있다.

식물병원세균이 처음으로 확인된 것은 1878년의 일로서 미국 Illinois 대학의 은화식물학자 T. J. Burrill이 사과나무의 화상병을 관찰하는 과정에서 이 병이 세균에 의한다는 사실을 실험적으로 증명함으로써 이루어지게 되었다. 그 후 Wakker(1883)에 의한 히아신스 물렁썩이병의 발견에 이어 E. F. Smith(1899)의 각종 식물세균병에 관한 일련의 연구에 의해 식물세균병학은 그 동안 진균을 중심으로 발달되어 오던 식물병학에서 독립된 학문으로 인정을 받기에 이르렀다.

## 2. 식물병원세균의 종류

지금까지 기재된 세균의 총 수는 1,600 여종에 이르고 있으나 식물에 대해 병을 유발한다고 알려진 종(Pathovar 포함)의 수는 180 여종에 불과 하다. 일반적으로 식물병원세균이라고 하면 오랫동안 알려져온 6속 <*Pseudomonas*, *Xanthomonas*, *Erwinia*, *Clavibacter* (*Corynebacterium*), *Agrobacterium*, *Streptomyces*> 을 지명하게 되는데 최근에는 생화학적 및 분자생물학적 기법의 활용으로 보다 근접된 계통발생학적 유연관계를 따져 15속으로 분류하고 있다 (표 1 참조).

표 1. Reclassification of plant pathogenic bacteria(genus level)

Old genus	New genus	Example
<i>Xanthomonas</i>	<i>Xanthomonas</i>	
	<i>Stenotrophomonas</i>	<i>S. maltophilia</i>
<i>Pseudomonas</i>	<i>Pseudomonas</i>	<i>P. syringae</i> pvs.
	<i>Burkholderia</i>	<i>B. cepacia</i>
	<i>Ralstonia</i>	<i>R. solanacearum</i>
	<i>Acidovorax</i>	<i>A. avenae</i> subsp. <i>avenae</i>
<i>Corynebacterium</i>	<i>Clavibacter</i>	<i>C. michiganense</i> subsp. <i>michiganense</i>
	<i>Arthrobacter</i>	<i>A. ilicis</i>
	<i>Curtobacterium</i>	<i>C. flaccumfaciens</i> pv. <i>betae</i>
	<i>Rhodococcus</i>	<i>R. fascians</i>
	<i>Rhathayibacter</i>	<i>R. rathyi</i>
<i>Erwinia</i>	<i>Erwinia</i>	
<i>Streptomyces</i>	<i>Streptomyces</i>	
<i>Agrobacterium</i>	<i>Agrobacterium</i>	
<i>Xylella</i>	<i>Xylella</i>	<i>X. fastidiosa</i>

### 3. 식물병원세균의 분류

#### (1) 세균의 분류학

세균분류학의 개념에 크게 개혁이 일어난 것은 1970년대의 일로써 지금까지 식물계의 한개 문(Protohyta)으로 소속되어 있던 세균이 원핵생물계(Procaryotae)로 독립 승격됐다는 점이다. 그리고 1976년에는 국제세균명명규약(國際細菌命名規約)을 대폭 개정하여 지금까지의 기재중심주의(記載中心主義)에서 배양표본의 직접비교에 의한 실증주의로 바꾸는 것과 동시에 국제식물명명규약을 지켜야 한다는 우선권을 파기하고 새로운 우선권을 확립, 1980년 1월 1일을 기해 식물병원세균 학명의 대폭 정리를 단행하게 되었다.

#### (2) 세균분류학의 내용

세균분류학(Bacterial taxonomy)은 협의의 분류, 동정 및 명명을 내용으로 하는 학문이다.

### 1) 분류 (Classification)

세균을 자연유연관계에 따른 분류단위(taxon, taxa)로 정리하여 체계화 하려는, 즉 계통분류 (Phylogenetic systematics)를 내용으로 하고 있다. 따라서 다수의 균종(Species), 균주(Isolates)를 사용하여 각각의 세균학적 성상, 균체구성성분, 항원구조, 핵산의 성상, 또는 유전자전달성 등 분류의 기준이 될 수 있는 한 개 또는 복수의 성상에 관해 상세히 조사하여 이들의 data를 기본으로 하여 공시균의 계통발생학적 유연관계를 가장 잘 표현하는 군에 분류하고자 하는 연구이다.

### 2) 동정(Identification)

분류 소속이 불명하거나 미 확정의 세균을 이미 알려진 세균과 비교 검토하여 그 소속을 결정하는 것을 내용으로 하는 학문이다. 식물에 지금까지 기록된 적이 없는 새로운 세균병이 발생할 경우 그 병원세균을 분리하여 그 성상을 조사하여 이미 알려진 세균과 동일하다고 판정하기도 하고 그렇지 않고 지금까지 알려져 있지 않은 신종이라고 판정하는 연구가 이것이다.

### 3) 명명(Nomenclature)

세균의 분류군(taxa)에 대해 학명을 정하고자 할 때는 국제적 동의하에 정해진 규약(국제세균명명규약; International code of nomenclature of bacteria)을 따라야 한다는 것이 의무화되어 있는데 위반 시에는 그 학명은 무효가 된다. 새로운 분류군에 규약에 의한 적절한 학명을 부여한다거나, 우선권에 기초한 기존 학명의 정당성을 검토한다거나, 학명을 수정한다거나 하는 등의 연구가 명명의 내용이다.

## 4. 세균의 종의 개념

고등생물에 있어 종이라고 하는 개체군은 기본형질이 같고 교잡의 결과에도 변화가 없고 임성(稔性)이나 생식력에도 변화를 초래하지 않는 것으로 되어 있다. 그러나 세균은 형태적으로 극히 단순하다는 점과 유성생식이 극히 일부 세균 이외에서는 아직 알려져 있지 않고 그 내용도 고등생물과는 판이하게 다르기 때문에 세균에 있어 종의 개념은 필연적으로 그 명확성을 결여하고 있다 하겠다. 따라서 세균의 분류학상 종을 논할 때는 다음과 같은 3개의 개념을 구별해서 생각할 필요가 있다.

#### 1) Taxospecies

유사한 성질을 다수 갖는 개체군으로써 일정한 표현형질에 의해 특징 지워진 군을 지칭한다. 세균분류학에서 종(Species)이라는 것도 대부분 이런 뜻을 가지며 현재 *E. amylovora*, *Ps. solanacearum* 등으로 불려지고 있는 종은 모두 이 범주에 속한다.

#### 2) Genospecies

유전자를 어떤 방법에 의해 교환할 수 있는 개체군을 뜻하는데 유전자의 移行은 種間은 물론 가끔 屬間 또는 科間에서도 일어남으로 Genospecies는 현행의 속(Genus)에 가까운 내용을 갖는다고 하겠다.

### 3) Nomenclature

분류학상 종으로써의 존립에 문제가 있어도 규약에 따라 합법적으로 학명이 붙여져 있는 많은 개체군을 지칭한다.

## 5. 세균의 분류법

### 1) 전통적인 分類; Conventional taxonomy

계통발생학적 유연관계는 진화의 과정을 나타내는 것인데 세균은 화석에 의한 계통발생의 실증이 어렵기 때문에 고등생물에 있어서처럼 자연분류는 아직 확립되어 있지 못하다. 지금까지의 세균분류는 표현형질의 유연관계(Phenetic relationship)에 기초를 두고 이루어지고 있기 때문에 반드시 계통발생학적 유연관계를 직접 표현하는 것이라고 할 수는 없다. 1957년까지의 세균분류는 비교적 소수의 성질에 무게를 두어 분류해 왔기 때문에 인위적인 분류라는 지적을 받아왔다. 세균학적 성질은 구별이 어려울 정도로 서로 닮아 있는데도 병원성의 차이를 중시하여 種을 정한 *Xanthomonas* 속 세균들은 그 대표적인 예라고 하겠다.

세균분류에서 검사하는 세균학적 성상은 특별히 종류가 정해져 있는 것은 아니다. 국제세균명명규약은 分類群의 記載에 있어 적어도 각 세균학 영역에서 정한 必要最小限의 성상(Minimal Standards of Descriptions)을 충족할 수 있도록 권장하고 있지만 식물병원세균에 대해서는 아직 최소표준성상이 정해진 바가 없다. 따라서 지금까지 식물병원세균의 기재에 있어 관행적으로 적용된 성상들은 가능한 한 많이 기재하는 것이 바람직하겠다.

### 2) 計數分類; Numerical taxonomy

가능한 한 많은 성상을 조사하고 각각의 성상을 동등한 主要度로 하여 평가하는 것으로, 공통성상의 수로써 相似性(相似性; Similarity)을 나타내고, 일정 수준 이상의 相似性을 가진 개체군을 독립된 分類群(Taxa)으로 인정하는 방법이다. 실제적으로는 형태적성질, 배양적성질, 생리적성질, 생화학적 성질 등 적어도 50개 이상의 표현형질에 대해 2進法으로 記號化하고(예;Glucose 분해능력 여부를 1 또는 0으로 표현) 이들을 전산기에 입력하여 相似性을 구한다. 세균분류에 있어 일반적으로 쓰여지는 相似性의 표시법에는 다음 두 가지가 있다.

$$\text{相似係數(Similarity index): } S = N_s / (N_s + N_d)$$

$$\text{適合係數(Matching index): } S = (N_s + N_o) / (N_s + N_d + N_o)$$

$N_s$  : 두개의 균주가 다같이 양성(+) 반응을 보인 항목수

$N_o$  : 두개의 균주가 다같이 음성(-) 반응을 보인 항목수

$N_d$  : 한쪽 균주는 양성(+) 이나 타균주는 음성(-)을 나타낸 항목수

\* 相似性도는 일반적으로 陰影(Matrix) 또는 樹狀圖(Dendrogram)로서 표시하게 된다.

### 3) 분자생물학적 분류 (Molecular taxonomy)

세균 Genome DNA의 분자량은  $0.5 - 4.0 \times 10^9$  dalton의 범위 내에 있다. 이 세균 DNA의 염기組成(GC ratio) 이나 상동성(Homology), 유전자전달 등의 정보에 기초하여 분류군을 확립하고자 하는 분류법이다. 이 분류는 DNA를 직접 비교하기 때문에, 표현형질에 의해 극히 일부의 Genome 밖에 비교할 수 없었던 전통적 분류 또는 계수분류법에 비해 계통발생학적 유연관계를 보다 많이 반영시킬 수 있는 방법이라고 하겠다.

### 4) 화학적 분류 (Chemotaxonomy)

세포벽 등의 菌體構成成分, 유기산 등의 代謝産物, 또는 색소의 성질 등을 비교하여 세균의 유연관계를 구하는 방법이다. Coryneforms의 분류에 있어 Peptidoglycan의 구조가 중요한 성질이 되는 것처럼 세균분류에서 화학적 분류가 차지하는 비중은 점차 커지고 있다.

### 5) 혈정학적 분류(Serological taxonomy)

세균의 균체항원구조 및 편모항원구조의 조합에 의해서 분류하는 것으로 고도의 특이성을 나타냄으로 주로 亞種이하의 분류군을 취급할 때 많이 활용되고 있으며 이렇게 분류된 분류군을 Serovar라고 부르고 있다.