

식물병원세균의 새로운 분류

최 재 을

충남대학교 농과대학

최근에 식물병원세균의 새로운 학명이 계속 발표되고 있으며, 집필자에 따라 사용하는 학명이 달라 혼동되는 경우가 많다. 새로운 학명 및 새로운 분류를 제안하게 된 것은 새로운 종과 속이 발견되었고, 분류수단의 발달로 분류의 기준에 대한 견해가 변화되었기 때문이다.

지금까지 사용되고 있는 학명은 1980년에 정리되었으며, 그 당시에는 DNA-DNA 상동성과 rRNA-DNA 상동성 등의 연구가 시작단계였으므로 유전자가 세균의 분류 기준이 되지 않았다. 그러나 최근에 분자생물학의 발달과 함께 분자생물학적인 기법이 세균의 분류에 이용되고 있고, 지방산, 단백질, 세포벽 성분 등도 세균의 분류 및 동정의 주요 기준으로 사용되게 되어 새로운 분류법이 시도되었다.

1. 식물병원세균의 상위분류

원핵생물의 상위분류는 여러 사람에 의해 시도되었으며, 1984년 Bergey's Manual of Systemic Bacteriology에서는 균체외피의 구조에 의해 Gracilicutes, Firmicutes, Tenericutes, Mendosicutes 문으로 분류하였다. Gracilicute 문은 Oxyphotobacteria 강과 Proteobacteria 강으로 분류하고, Firmicutes 문은 Firmibacteria 강과 Thallobacteri 강으로 구분하였다. Tenericutes 문에는 Mollicutes 강만이 설정되어 있다.

Proteobacteria 강은 rRNA의 상동성에 기초를 두어 창설된 최초의 강으로 알파, 베타, 감마, 델타 아강으로 세분되며, 그람음성의 식물병원세균인, *Agrobacterium*, *Burkholder*, *Erwinia*, *Pantoea*, *Pseudomonas*, *Rhizotobacter*, *Xanthomonas* 속 등 주요한 식물병원세균이 포함된다. Firmibacteria 강에는 *Bacillus*, *Clostridium* 등의 내생포자 생성세균이 속하며, Thallobacteri 강에는 *Arthrobacter*, *Clavibacter*, *Curtobacterium*, *Streptomyces* 등의 내생포자를 생성하지 않는 세균이 포함된다. Mollicutes 강에는 *Phytoplasma*와 *Spiroplasma*가 소속되어 있고, Mendosicutes 문에는 아직까지 식물병원세균이 발견되지 않았다.

Kingdom Procaryotae(원핵생물계)

Division : Gracilicutes

균체의 외피는 외막, 세포벽, 세포막이 있고 내생포자를 형성하지 않는다.

Class : Proteobacteria

rRNA의 상동성에 기초를 두어 만들어진 강으로 알파, 베타, 감마, 델타 군으로 나누어지며, 그람 음성의 모든 식물병원세균이 이 강에 속한다.

Alpha subclass

Family : Acetobacteriaceae

Genus : *Acetobacter*

Family : Rhizobiaceae

Genus : *Agrobacterium*

Family : Not classified

Genus : *Rhizomonas*

Beta subclass

Family : Comamonadaceae

Genus : *Acidovorax, Burkholderia, Ralstonia, Xylophilus*

Gamma subclass

Family : Enterobacteriaceae

Genus : *Erwinia, Pantoea*

Family : Pseudomonadaceae

Genus : *Pseudomonas, Xanthomonas*

Division : Firmicutes

외막이 없고 세포벽은 두꺼운 펩티드구리칸으로 되어 있으며, 그람양성이고 내생포자를 형성하는 것과 형성하지 않는 것이 있다.

Class : Firmibacteria

내생포자를 형성하는 식물병원세균이 여기에 속한다.

Family : 미정

Genus : *Bacillus, Clostridium*

Class : Thallobacteria

내생포자를 형성하지 않는 식물병원세균 및 방선균이 속한다.

Family : 미정

Genus : *Arthrobacter, Clavibacter, Curtobacterium, Rathayibacter, Rhodococcus, Streptomyces*

Division : Tenericutes

외막과 세포벽이 없고 세포막은 外界와 접하고 있는 원핵생물이 포함된다. 모양과 크기에 변화가 많다.

Class Mollicutes

Family : Spiroplasmataceae

Genus : *Spiroplasma*

Family : 미정

Phytoplasma : 속명 미정

Division : Mendosicutes

펩티드글리칸 대신에 다당, 당단백질 등으로 구성된 특수한 세포벽을 갖은 세균이다.

2. 세균의 종의 개념

고등생물의 종(species)의 개념은 기본 형태가 같고, 교잡시켜도 변하지 않으며, 입성이나 생식력에 변화가 일어나지 않는 개체군을 말한다. 그러나 세균은 형태가 간단하고 이분법으로 증식하기 때문에 세균의 종의 개념은 고등생물처럼 명확하지 않다. 따라서 세균에서의 종은 표현형 및 유전형이 같은 많은 균주의 집단이라고 말할 수 있으나, 실제로는 명명 규약에 따라 1개 균주를 표준균주(type strain)로 지정하고, 이것을 학명 균주로 정하기 때문에 세균의 종의 특성은 표준 균주를 중심으로 번이 폭을 갖는 경우가 많다.

3. 식물병원세균의 분류 및 동정의 기준

세균은 형태적 특성이나 교잡에 의한 생식력 등으로 종을 검정하기 곤란하므로 식물병원세균의 속, 종의 분류 및 동정(identification)에는 형태적 특성, 생리적 성질, 생화학적 성질, 분자생물학적 성질을 기준(criteria)으로 사용되고 있다.

종 이하의 분류는 병원성, 파지 감수성, 혈청학적 성질, 생리 생물학적 특성 따라 subspecies (subsp.) pathovar(pv.), phagovar(phage형), serovar(혈청형), biovar(생리형) 등으로 분류한다.

4. 식물병원세균의 속의 새로운 분류 및 그 특성

1) 그람음성세균

(1) *Agrobacterium* 속의 재분류

Agrobacterium 속은 *tumefaciens*, *rhizogenes*, *radiobacter*, *rubi*로 분류하였으며, 병원성에 따라 몇 종류의 biovar로 세분하였다. 그러나 최근에 병원성과 관계없이 *tumefaciens*, *rhizogenes*, *rubi*, *vitis*로 재분류하였다. 그러나 이러한 분류는 완전한 합의가 이루어진 것은 아니다.

Agrobacterium 속의 특성은 호기성 간균으로 크기는 $0.6-1.0 \times 1.5-3.0 \mu\text{m}$ 이며, 1-6개의 주모를 갖고 있는 호기성 그람음성균이다. 가운데가 볼록하고 원형인 백색-회백색의 콜로니를 형성하며, 당이 많은 배지에서는 다당을 많이 생산한다. 카타라제 및 옥시타제 양성, 젤라틴, 전분, 카제인, 셀룰로스 등을 분해하지 못하며, lactose, glucose, 등으로부터 산을 생성하나 gas는 생산하지 않는다. 생육적온은 25-28°C이며, GC 비율은 57-63 moles %이다. 기준균은 *Agrobacterium tumefaciens*이며, *A. tumefaciens*(뿌리혹병), *A. rhizogenes*(사과 털뿌리병), *A. vitis*(포도나무 줄기혹병) 등이 있다.

(2) *Erwinia* 속의 재분류

Erwinia 속은 황색색소를 합성하는 *herbicola* 군의 대부분이 *Pantoea* 속으로 옮겨졌다. 그러나 *Pantoea* 속의 동정을 황색색소를 생산하는 것 이외는 유력한 판단 방법이 없고 종간의 판별도 용이하지 않아 옛 학명과 같이 사용하고 있다. 다른 *Erwinia* 속은 큰 변화가 없고, *E. dissovens*, *E. carnegiana*가 *Enterobacter* 속으로 옮겨졌으며, 새로운 종과 아종이 계속하여 보고되고 있다.

가. *Erwinia*

주모를 갖고 있는 그람음성의 단간 균으로, 통성혐기성이고, 크기는 0.5-1.0×1.0-3.0 μm이다. 보통의 한천배지에 무색 또는 회백색의 콜로니를 형성하며, 카타라제활성 양성, 옥시타제 활성 음성, 전분분해성은 음성, 초산, 글루콘산 등은 이용하나 인함식산, 수산 등은 이용하지 못한다. 생육적온 27-30°C, 최고온도 32-40°C이며, GC 함량은 50-58 moles %이다. 증식에 유기질소를 필요로 하지 않으며 토양에서 장기간 생존한다. 기준 종은 *E. amylovora*(배나무불마름병)이다. 채소 무름병을 일으키는 *E. carotovora* subsp. *carotovora*(채소무름병)와 *E. chrysantemi*(국화세균성마름병), *E. rhapontici*(양파부패병) 등이 있다.

나. *Pantoea*

주모를 갖고 있는 그람 음성의 통성혐기성 단간균으로, 크기가 0.5-1.0×1.0-3.0 μm이고, 보통의 한천배지에 무색 또는 담황색의 콜로니를 형성한다. 전분을 분해하지 못하며, glucose, galactose, mannose 등으로부터 산을 생성한다. GC 함량은 55.1-60 moles %이고, 기준 종은 *Pantoea agglomerans*이다. *Erwinia* 속에서 새로이 독립된 속으로 *P. agglomerans* pv. *millettiae*, *P. stewartii*, *P. ananas* 등이 있다.

(3) *Pseudomonas* 속의 재분류

최근에 분류의 변화가 가장 심한 것이 *Pseudomonas* 속이다. 이 속은 형광색소 생성유무와 poly-β-hydroxybutylate inclusion의 생성 등 생화학적 방법에 의하여 종을 구분하였으나 최근에는 지방산 조성, rRNA의 상동성, 염기배열 등에 의하여 몇 개의 속으로 재분류되었다. 새로 제안된 속의 분류는 Palleroni 등과 Steady에 의하여 보고된 subgroup과 유사하다. 재분류된 속들도 종은 거의 변경되지 않았기 때문에 종만 동정되면 속의 결정은 자동적으로 구분할 수 있다(표 1, 2).

Table 1. Carbohydrate assimilation tests to differentiate *Ralstonia* sp. from *Burkholderia* sp. (Yabuuchi et al., 1995)

Species	Type strain	Substrates			
		Galactose	Mannitol	Mannose	Sorbitol
<i>Ralstonia pickettii</i>	EY3254	-	-	-	-
<i>R. solanacearum</i>	EY2181	-	-	-	-
<i>R. eutropha</i>	EY3798	-	-	-	-
<i>Burkholderia cepacia</i>	EY645	+	+	+	+
<i>B. mallei</i>	EY2233	+	+	+	-
<i>B. caryophylli</i>	EY3257	+	+	+	+
<i>B. gladioli</i>	EY3258	+	+	+	+
<i>B. glumae</i>	NIAES1169	+	+	+	+

Table 2. Utilization of carbon compounds by plant-associated bacteria(Urakami *et al*, 1994)

Species	Type strain	Substrates				
		L-arabinose	D-glucose	Sucrose	D-sorbitol	Adonitol
<i>Burkholderia cepacia</i>	ATCC25416	+	+	+	+	+
<i>B. cepacia</i>	ALQ8281	+	+	+	+	+
<i>B. gladioli</i>	ATCC10248	+	+	-	+	+
<i>B. gladioli</i>	ATCC19302	+	+	-	+	+
<i>B. caryophylli</i>	ATCC25418	+	+	+	+	-
<i>B. glumae</i>	NIAES1169	+	+	-	+	+
<i>B. pickettii</i>	JCM5969	+	+	-	-	-
<i>R. solanacearum</i>	ATCC11696	-	+	+	-	-
<i>Acidovorax avenae</i> subsp. <i>avenae</i>	ATCC19860	+	-	-	+	-
<i>A. avenae</i> subsp.	ATCC33619	+	-	-	+	-

가. *Pseudomonas*

새로운 *Pseudomonas* 속의 식물병원세균에는 형광색을 생산하는 *syringae*, *viridiflava*, *cichorii*, *marginalis* 등이 있다. 형광색소를 생산하지 않지만 세균학적 성장, 화학적 특성, rRNA의 상동성이 형광색소 생성균과 유사한 *corrugata*, *meliae*, *ficuserectae*, *amygdali* 등도 이 속에 남겨두었다. *P. syringae*는 40이상의 pathovar로 나누워졌으나 DNA의 상동성에 따라 몇 개의 종으로 재분류하려는 움직임이 있다.

속의 일반적인 특성은 1-수개의 극모를 갖고 있는 그람 음성의 간균으로 호기성균이고, 크기는 $0.5-1.0 \times 1.5-5.0 \mu\text{m}$ 이다. 백색-담갈색의 콜로니를 형성하며, 배지 중에 수용성의 녹색, 또는 형광색소를 생산하는 것이 많다. GC 함량은 58-70 moles %이다. 식물에 위조, 조직부괴, 반점, 암종을 형성하며, 기준균은 *Pseudomonas aeruginosa*이다. 주요식물병원세균으로는 *P. cichorii*(상치부패병), *P. marginalis* pv. *marginalis*(양과부패병), *P. syringae* pv. *lachrymans*(오이반점세균병), *P. viridiflava*(배추부패병) 등이 있다.

나. *Acidovorax*

형광색소를 생산하지 않는 *P. avenae*와 *konjaci*가 이 속으로 옮겨졌으며, *Burkholderia*와의 관계도 명확치 않았으나 최근에 화학분류와 rRNA의 특성에 따라 *Burkholderia*와 구별이 확실해 졌다.

속의 일반적 특성은 호기성 간균으로 크기는 $0.2-0.7 \times 1.0-5.0 \mu\text{m}$ 이며, 1개의 극모를 갖고 있는 호기성 그람음성균이다. 색소를 생산하지 않으며 탄수화물을 산화적으로 대사한다. 3-hydroxyoctanoic acid와 3-hydroxydecanoic acid를 포함하고 있으나 2-hydroxylated fatty acid는 존재하지 않는다. GC비율은 62-66 moles %이고 기준균은 *Acidovorax facilis*이고, 식물병원세균으로는 *A. avenae*(벼갈색줄무늬병) 등이 있다.

다. *Burkholderia*

형광색소를 생산하지 않는 대부분의 *Pseudomonas*가 이 속으로 옮겨졌다. 이 group은 poly- β -hydroxy butyrate 과립의 축적이 양성이고 40°C 에서 생육할 수 있는 것이 특징이며, 세균학적 성장만으로 속의 구분이 용이하지 않다. 그러나 좋은 세균학적 특성만으로도 동정이 가능하며, 종이 동정

되면 속은 자동적으로 결정할 수 있다. 지방산 조성, rRNA의 상동성, 염기배열 등에 의해 속의 분류가 명료하다.

속의 특성은 호기성인 그람음성의 간균으로 운동성이 있는 것은 1개 또는 수개의 편모를 갖고 있다. 균체 지질은 수산화 지방산을 포함하고 있는 phosphatidylglycerol이며, 지방산은 C16:0, 16:1, 18:1, 19CPA의 2-OH산, C14:0 및 C16:0의 3-OH산으로 구성되어 있다. 사람, 동물, 식물에 병원성을 갖고 있고 GC비율은 64.0-68.3 moles %이다. 기준 종은 *Burkholderia cepacia*이며, 본 속에는 *Pseudomonas* 속으로부터 새로이 독립된 *B. glumae*(세균성 벼알마름병), *B. gladioli*(글라디올러스 세균성부패병), *B. cepacia*(양파 구썩음병) 등이 이 속에 포함된다.

라. *Ralstonia*

토마토 풋마름병균인 *P. solanacearum*은 다른 *Pseudomonas*와 많은 차이가 있다는 것은 잘 알려진 사실이며, 화학분류와 rRNA 연구결과에 따라 *Burkholderia* 속에 포함시켰으나 그 후에 *Ralstonia* 속으로 옮겼다.

속의 특성은 그람음성의 호기성 간균으로 운동성이 있는 것은 1-수개의 극모를 갖고 있다. *Ralstonia* 속은 갈락토스, 만니톨, 만노스, 솔비톨의 이용성, 두 종류의 오니틴(ornithine) 지질이 없는 것과 균체 지방산에 C19 cyclopropanoic acid(cyclopropionic)를 갖고 있는 것이 *Burkholderia* 속과 다르며, *R. solanacearum*(토마토풋마름병) 등이 있다.

(4) *Xanthomonas* 속의 재분류

이 속은 대부분이 *campestris*의 pathovar로 분류되었으나 최근에 *campestris*, *hortorum*, *axonopodis*, *oryzae* 이외에 DNA의 상동성에 따라 새로이 20여개의 종이 추가되었다. 그러나 새롭게 제안된 분류는 ① 세균학적 성질만으로 판별이 곤란한 것이 있고, ② 150개 이상의 병원형 가운데 아직 조사되지 않은 병원형이 많을 뿐만 아니라 조사된 균주가 pathovar를 대표하는 것이 가에 대한 의문이 있고, ③ 한 종류의 pathovar가 여러 종에 속해 있기 때문에 pathovar를 알아도 자동적으로 종을 알 수 없으며, ④ 다른 특성은 고려 않고 DNA만으로 종을 결정했으며 ⑤ 세균학적 특성으로 *X. axonopodis* 종이 구분되었으나 여기에 많은 병원형이 옮겨져 종래의 동정법이 전혀 통용할 수 없다는 등의 문제점이 있다. 이러한 이유 때문에 종래의 학명을 그대로 사용하고 genomic group을 명시하자는 제안이 있다.

가. *Xanthomonas*

그람음성의 간균으로 1개의 극모를 갖고 있고, 크기는 $0.4-0.7 \times 0.7-1.8 \mu\text{m}$ 이며, 편성 호기성이다. 콜로니는 원형, 점질성이고, 황색 콜로니를 형성한다. 메치오닌, 글루타민산, 니코틴산 등을 단독 또는 조합으로 요구 또는 생육을 조장하기도 한다. Rhamnose, sorbitol, inositol 등에서 산을 생산하지 않으며, 많은 유기산을 이용한다. GC비율은 63-71 mole %이고, 표준균은 *X. campestris* pv. *campestris*(양배추검은빛썩음병)이다.

*X. campestris*는 많은 pathovars를 포함하고 있으나 최근에 pathovars내에서 DNA의 상동에 따라 재분류하고 있다. 즉 *X. arboricola*, *axonopodis citri*, *pisi*, *translucens vesicatoria* 등의 독립을 제안하였다. 그러나 이들은 세균학적 특성만으로는 종의 구분이 불가능하며, 조사하지 않은 병원형이

많으며, 동일한 병원형이 복수의 종으로 분류된 점등이 있어 사용에 어려움이 예상된다. 중요한 식물병원세균으로는 *X. campestris* pv. *citri*(감귤괴양병), *X. campestris* pv. *vesicatoria*(고추반점병), *X. oryzae* pv. *oryzae*(벼흰잎마름병) 등이 있다.

나. *Xylophilus*

그람음성의 간균으로 1개의 극모를 갖고 있고, 편성호기성이다. 옥시타제 음성, 증식은 매우 늦다. 굴루타민을 이용하나 유산칼슘을 이용하지 못하며, *Xanthomonas*는 유산칼슘을 이용하나 굴루타민 산은 이용하지 못한다. *Xanthomonas*속에서 독립되었으며, AC비율은 68-69 mole %이며, 기준 종은 *Xylophilus ampelinus*이고 이 속에는 한 종밖에 없다. 포도에 궤양병을 일으키며, 국내에는 발견되지 않았다.

(5) 새로운 속

가. *Rhizobacter*

그람음성의 호기성 간균으로 극모 또는 주모를 갖고 있고, 크기는 0.9-1.3×2.1-2.5 μm이다. 액체 배양하면 균이 과립 상으로 되어 침전한다. 전분, 글리코젠, 덱스트린을 탄소원으로 이용하며, GC 비율은 66.9-70.6%이다. 기준종은 *Rhizobacter dauci*이고 당근흑병을 일으키는 병원세균 1종이 여기에 속하나 국내에서는 발견되지 않았다.

나. *Rhizomonas*

그람음성의 간균으로 1개의 극모 또는 측모를 갖고 있고, 편성 호기성이다. 콜로니는 백색 또는 황색이고, 카타라제와 옥시타제 양성이며, GC비율은 58-65%이다. 표준균은 *Rhizomonas suberifaciens*이며, 국내에서는 발견되지 않았다.

Table 3. Reclassification of *Xanthomonas* genus

Present species	Previous species
<i>X. hortorum</i> pv. <i>pelargonii</i>	<i>X. campestris</i> pv. <i>pelargonii</i>
<i>X. hortorum</i> pv. <i>vitians</i> *	<i>X. campestris</i> pv. <i>vitians</i> type B
<i>X. arboricola</i> pv. <i>pruni</i>	<i>X. campestris</i> pv. <i>pruni</i>
<i>X. cucurbitae</i>	<i>X. cucurbitae</i>
<i>X. axonopodis</i> pv. <i>alfalfae</i>	<i>X. campestris</i> pv. <i>alfalfae</i>
<i>X. axonopodis</i> pv. <i>begoniae</i>	<i>X. campestris</i> pv. <i>begoniae</i>
<i>X. axonopodis</i> pv. <i>citri</i>	<i>X. campestris</i> pv. <i>citri</i>
<i>X. axonopodis</i> pv. <i>glycins</i>	<i>X. campestris</i> pv. <i>glycins</i>
<i>X. axonopodis</i> pv. <i>malvacearum</i>	<i>X. campestris</i> pv. <i>malvacearum</i>
<i>X. axonopodis</i> pv. <i>phaseoli</i>	<i>X. campestris</i> pv. <i>phaseoli</i>
<i>X. axonopodis</i> pv. <i>vitians</i>	<i>X. campestris</i> pv. <i>vitians</i>
<i>X. axonopodis</i> pv. <i>vesicatoria</i> *	<i>X. campestris</i> pv. <i>vesicatoria</i> type A
<i>X. oryzae</i> pv. <i>oryzae</i>	<i>X. campestris</i> pv. <i>oryzae</i>
<i>X. oryzae</i> pv. <i>oryzae</i> <i>oryzicola</i>	<i>X. campestris</i> pv. <i>oryzicola</i>
<i>X. campestris</i> pv. <i>campestris</i>	<i>X. campestris</i> pv. <i>campestris</i>
<i>X. translucens</i> pv. <i>translucens</i>	<i>X. campestris</i> pv. <i>translucens</i>
<i>X. hyacinthi</i>	<i>X. campestris</i> pv. <i>hyacinthi</i>
<i>X. pisi</i>	<i>X. campestris</i> pv. <i>pisi</i>
<i>X. vesicatoria</i> *	<i>X. campestris</i> pv. <i>vesicatoria</i> type B

*복수의 종으로 나누워진 것.

다. *Xylella*

간균 또는 실 모양의 그람음성 세균으로 비운동성이고, 편성호기성이다. 영양요구성으로 활성탄을 포함한 시스테인-이스트추출한천배지 또는 혈청알부민을 포함한 글루타민-펩톤 한천배지에서 10일째 직경 0.6 mm, 30일째 1.5 mm의 콜로니를 형성하나 보통의 한천배지에서는 증식하지 못한다. GC비율은 51-53 mole %이고 식물의 도관에 기생하며 접목 매미충에 의해 전염된다. 기본 종은 *Xylella fastidiosa*로 포도 등의 과수 및 활엽수에 leaf scorch를 일으키나 국내에서는 발견되지 않았다.

(6) 그 밖의 세균

그람음성세균에는 *Acetobacter*, *Serratia*, *Gluconobacter* 속 등이 있으며, 이들 세균은 파인에폴, 사과, 배 등의 과실의 변질, 부패를 일으키며, 다른 병원세균과 복합 감염하여 병의 피해를 증가시킨다. 국내에서는 아직 발견되지 않았다.

2) 그람양성세균

(1) *Corynebacterium* 속의 재분류

Corynebacterium 속은 5개 속으로 세분되었다. 현재 이러한 분류는 널리 사용되고 있으나 *Clavibacter* 속은 subspecies, *Curtobacterium* 속은 pathovar를 사용되고 있다. 또한 최근에 *Curtobacterium* 속으로부터 *Rathayibacter* 속이 분리되었으나 이 속은 세분해야된다는 의견이 있어 속의 정의는 유동적이다. 속의 동정은 세균학적 성질만으로는 어려운 경우도 있다.

가. *Arthrobacter*

그람양성으로 세포벽 펩티드그리칸에 리진을 포함하고 있으며, 편모가 없고, 편성호기성이다. 생활환 중에 막대모양과 구형의 형태를 갖으며, 크기는 1.8-1.2×1.0-8.0 μm 또는 0.6-1.0 μm이며, 분열 후에 직각 또는 V형의 배열을 한다. 최적생육온도는 25-30°C이며, GC비율은 59-66 mole %이며, 기준종은 *Arthrobacter globiformis*이고, 식물병원세균으로는 *A. ilicis*가 있으나 국내에는 발견되지 않았다.

나. *Clavibacter*

그람 양성의 多形性 간균으로 크기가 0.4-0.75×0.8-2.5 μm이며, 편모가 없고, 직각, V자형에 가까운 것도 있다. 편성호기성으로 생장소를 요구하며, 초산염 환원 및 카제인 분해 음성, 호기적 조건하에서는 글루코스과 글리세린으로부터 산을 형성하나 늦고 약하다. 생육적온도 20-29°C, 최고온도 29-35°C이며 GC 비율은 65-75 mole %이다. 기준종은 *C. michiganensis*이고, *C. michiganensis* subsp. *sepedonicus*(감자둘레썩음병)와 *C. michiganensis* subsp. *michiganensis*(토마토 괴양병)가 있다.

다. *Curtobacterium*

작은 간균으로 편성호기성이고, 측모를 갖고 있는 그람양성균이다. 세포벽 펩티드글리칸에 D-올리친을 포함하고 있다. 젤라틴을 분해하고, DNA 분해효소를 생산한다. GC비율은 66-73 mole %이고 기준 종은 *Curtobacterium citreum*이다. 식물세균균은 튜립썩음병을 일으키는 *C. flaccumfaciens* pv. *oortii*가 있으나 국내에서는 발견되지 않았다.

라. *Rhodococcus*

간상 및 분지상으로 호기성인 그람양성균이다. 세포벽의 펩티드글리칸에 다량의 메소지아민피페

린산, arabinose, galactose를 포함하고 있다. 극성리피드에 diphosphatidylglycerol, phosphatidylethanoamine, phosphatidyl inositol을 갖고 있다. GC비율은 63~73 mole %이고, 기준균은 *Rhodococcus rhodochrus*이며, 식물병원세균은 완두에 대화병을 일으키는 *R. fascians*가 있으나 국내에서 발견되지 않았다.

(2) *Streptomyces*

그람양성의 호기성균으로 폭은 0.5~2.0 μm 이고, 분지를 갖는 다핵의 균사를 형성하며, 공중 균사의 끝에 원형, 난형, 원통형의 포자를 형성한다. 모든 종이 글루코스를 이용하고, 대부분의 종은 초산염 환원, 카제인 및 전분 분해 양성이다. 콜로니 생성이 늦고, 기생균사, 공중균사, 포자, 색소 생성은 종에 따라 다르다. 사상균과 다른 것은 균사가 소형이고 세균에 대한 항생물질에 감수성이며, 사상균에 대한 항생물질에 저항성인 점이다. GC 비율은 69~73 mole %이다. 기준 종은 *Streptomyces albus*이다. 부생성인 토양세균이 대부분이고 식물병원균으로는 감자괴경에 더뎡이병을 일으키는 *S. scabies*가 있다.

(3) 그 밖의 그람양성 세균

*Bacillus*는 아포를 형성하는 통성호기성균으로 외국에서는 저장중의 감자, 담배의 저장병해, 토마토 묘 등에 발병하는 것으로 알려졌다. *Clostridium*도 아포를 형성하나 혐기성 균으로 저장중의 감자나 당근 등에 병을 일으키는 것으로 알려졌다.

3) *Phytoplasma*와 *Spiroplasma*

마이코플라즈마 유사미생물(mycoplasma like organism)에 의한 식물병은 전신감염을 하고, 매미충류에 의해 매개되는 특성 때문에 바이러스에 의한 병으로 오인되었다. 1967년 Doi 등이 뽕나무 오갈병, 감자빛자루병 등에 감염된 식물체의篩部에 원핵미생물 형태의 입자를 발견하고 병원체를 mycoplasma like organism(MLO)이라고 하였다. 이 입자는 형태적 특징과 테트라사이클린제에 대한 감수성을 갖는 성질이 mycoplasma와 유사하기 때문에 MLO이라고 명명하였다. 그러나 1994년 국제마이코플라스마학회에서 속명을 *Phytoplasma*로 명명하였다. 마이코플라즈마는 분류상으로는 1967년에 세균으로부터 독립하여 신설된 Mollicutes 강에 소속시켰다.

*Spiroplasma*는 옥수수 stunt와 밀감류 stubbon의 병원은 규축적인 나선상의 입자의 형태를 하고 있어 MLO와 다르다. 나선상을 나타내는 미생물에는 스피로헤타(spirokhete)가 있으나 스피로헤타는 세포벽을 갖고 있으나, 옥수수 stunn 등의 병원은 세포벽이 없는 새로운 미생물이므로 스피로프라즈마(*Spiroplasma*)라 명명하였다. 스피로프라즈마는 비교적 용이하게 배양되며 고체배지에서는 마이코플라즈마와 유사한 작은 콜로니를 형성한다. 스피로프라즈마는 Fenericutes 문의 Mollicutes 강에 속한다.

4) 그 밖의 식물병원

그 밖의 식물병원으로는 리켓차유사생물(rickettsia-like organism, RLO) 또는 리켓치아유사세균(rickettsia-like bacterium, RLB)으로 불리는 병원이 보고되었다. 이들에 의한 식물병은 (Windsor 등(1972)에 의하여 클로버 club leaf 병의 병원균으로 처음 보고되었고, 그 후에 목부국재성(xylem-limited)인 포도 Pierce 병, 사부국재성(phloem-limited)인 밀감류 greening, 알팔파

오갈병, 사탕무 ratoon stunting, 봉숭아나무 phony 병, 자두나무 plum leaf scald 등도 리켓차유사 미생물에 의한 병으로 보고되었다. 그러나 국내에서는 아직까지 발견되지 않았다.

참고문헌

1. Alcorn, S. M., Orum, T. V., Steigerwalt, A. G., Foster, J. L. M., Fogleman, J. C. and Brenner, D. J. (1991). Taxonomy and pathogenicity of *Erwinia cacticida* sp. nov. *Int. J. Syst. Bacteriol.* 41 : 197-212.
2. Dye, D. W., Bradbury, J. F., Goto, M., Hayward, A. C., Lelliott, R. A. and Schroth, M. N. (1980). International standards for naming pathovars of phytopathogenic bacteria and a list of pathovar names and pathotype strains. *Rev. Plant Pathol.* 59 : 153-168.
- Gallosis, A., Samson, R., Ageron, E. and Grimont, P. A. D. (1992). *Erwinia cartovora* subsp. *odorifera* subsp. nov., associated with odorous soft rot of chicory (*Cichorium intybus* L.). *Int. J. Syst. Bacteriol.* 42 : 582-588.
3. Gardan, L., Bollet, C., Abu Ghorrah, M., Grimont, F. and Grimont P. A. D. (1992). DNA relatedness among the pathovar strains of *Pseudomonas syringae* subsp. *savastanoi* Janse (1982) and proposal of *Pseudomonas savastanoi* sp. nov. *Int. J. Syst. Bacteriol.* 42 : 606-612.
4. Gillis, M., Van Van, T., Bardin, R., Goor, M., Hebbbar, P., Willems, A., Segers, P., Kersters, K., Heulin, T. and Fernandez, M. P. (1995). Polyphasic taxonomy in the genus *Burkholderia* leading to an emended description of the genus and proposition of *Burkholderia vietnamiensis* sp. nov. for N₂-fixing isolates from rice in Vietnam. *Int. J. Syst. Bacteriol.* 45 : 274-289.
5. Goto, M. and Kuwata, H. (1988). *Rhizobacter daucus* gen. nov., sp. nov., the causal agent of carrot bacterial gall. *Int. J. Syst. Bacteriol.* 38 : 233-239.
- Hao, M. V., Brenner, D. J., Steigerwalt, A. G., Kosako, Y. and Komagata, K. (1990). *Erwinia persicinus*, a new species isolated from plants. *Int. J. Syst. Bacteriol.* 40 : 379-383.
6. Hauben, L., Vauterin, L., Swings, J. and Moore, E. R. B. (1997). Comparison of 16S ribosomal DNA sequences of all *Xanthomonas* species. *Int. J. Syst. Bacteriol.* 47 : 328-335.
7. Hildebrand, D. C., Palleoni, N. J. and Schroth, M. N. (1990). Deoxyribonucleic acid relatedness of 24 xanthomonad strains representing 23 *Xanthomonas campestris* pathovars and *Xanthomonas fragariae*. *J. Appl. Bacteriol.* 68 : 263-269.
8. Hu, F. P., Young J. M. and Triggs, C. M. (1991). Numerical analysis and determinative tests for non-fluorescent plant-pathogenic *Pseudomonas* spp. and genomic analysis and reclassification of species related to *Pseudomonas avenae* Manns 1909. *Int. J. Syst.*

Bacteriol. 41 : 516-525.

9. Kwon, S. W., Go, S. J., Kang, H. W., Ryu, J. C. and Jo, J. K. (1997) Phylogenetic analysis of *Erwinia* species based on 16s rRNA gene sequences. *Int. J. Syst. Bacteriol.* 47 : 1061-1067.
10. Lee, I. M., Bartoszyk, I. M., Gundersen-Rindal, D. E. and Davis, R. E. (1997). Phylogeny and classification of bacteria in the genera *Clavibacter* and *Rathayibacter* on the basis of 16s rRNA gene sequence analysis. *Appl. Env. Microbiol.* 63 : 2631-2636.
11. Mergaert, J., Verdonck, L. and Kersters, K. (1993). Transfer of *Erwinia ananas* (synonym, *Erwinia uredovora*) and *Erwinia stewartii* to the genus *Pantoea* emend. as *Pantoea ananas* (Serrano 1928) comb. nov. and *Pantoea stewartii* (Smith 1898) comb. nov., respectively, and description of *Pantoea stewartii* subsp. *indologenes* subsp. nov. *Int. J. Syst. Bacteriol.* 43 : 162-173.
12. Skerman, V. B. D., McGowan, V. and Sneath, P. H. A. eds. (1980). Approved lists of bacterial names. *Int. J. Syst. Bacteriol.* 30 : 225-420.
13. Swings, J., Van den Mooter, M., Vauterin, L. Hoste, B., Gillis, M., Mew, T. W. and Kersters, K. (1990). Reclassification of the causal agents of bacterial leaf blight (*Xanthomonas campestris* pv. *oryzae*) and bacterial leaf streak (*Xanthomonas campestris* pv. *oryzicola*) of rice as pathovars of *Xanthomonas oryzae* (ex Ishiyama 1922) sp. nov., nom. rev. *Int. J. Syst. Bacteriol.* 40 : 309-311.
14. Truper, H. G. and De'Clari, L. (1997). Taxonomic note : necessary correction of specific epithets formed as substantives (nouns) "in apposition". *Int. J. Syst. Bacteriol.* 47 : 908-909.
15. Urakami, T., Ito-Yoshida, C., Araki, H., Kijima, T., Suzuki, K. I. and Komagata, K. (1994). Transfer of *Pseudomonas plantarii* and *Pseudomonas glumae* to *Burkholderia* as *Burkholderia* spp. and description of *Burkholderia vandii* sp. nov. *Int. J. Syst. Bacteriol.* 44 : 235-245.
16. Vauterin, L., Hoste, B., Kersters, K. and Swings, J. (1995). Reclassification of *Xanthomonas*. *Int. J. Syst. Bacteriol.* 45 : 472-489.
17. Willems, A., Goor, M., Thielemans, S., Gillis, M., Kersters, K. and DeLey, J. (1992). Transfer of several phytopathogenic *Pseudomonas* species to *Acidovorax* as *Acidovorax avenae* subsp. *avenae* subsp. nov., comb. nov., *Acidovorax avenae* subsp. *citrulli*, *Acidovorax avenae* subsp. *cattleyae*, and *Acidovorax konjaci*. *Int. J. Syst. Bacteriol.* 42 : 107-119.
18. Yabuuchi, E., Kosako, Y., Oyaizu, H., Yano, I., Hotta, H., Hashimoto, Y., Ezaki, T. and Arakawa, M. (1992). Proposal of *Burkholderia* gen. nov. and transfer of seven species of the genus *Pseudomonas* homology group II to the new genus, with the type species *Burkholderia cepacia* (Palleoni & Holmes 1981) comb. npv. *Microbiol Immunol.* 36 : 1251-1275.

19. Yabuuchi, E., Kosako, Y., Yano, I, Hotta, H. and Nishiuchi, Y. (1995). Transfer of two *Burkholderia* and an *Alcaligenes* species to *Ralstonia* gen. nov.: proposal of *Ralstonia pickettii* (Ralston, Palleloni and Doudoroff 1973) comb. nov., *Ralstonia solanacearum* (Smith 1896) comb. nov. and *Ralstonia eutropha* (Davis 1969) comb. nov. *Microbiol. Immunol.* 39 : 897-904.
 20. Young, J. M., Saddler, G. S., Takikawa, Y., DeBoer, S. H., Vauterin, L., Gardan, L., Gvozdyak, R. I. and Stead, D. E. (1996). Names of plant pathogenic bacteria 1854-1995. *Rev. Plant Pathos.* 75 : 721-763.
 21. Young, J. M., Takikawa, Y., Gardan, L. and Stead, D. E. (1992). Changing concepts in the taxonomy of plant pathogenic bacteria. *Ann. Rev. Phytopathol.* 30 : 67-105.
- Zgurskaya, H. I., Evtushenko, L. I., Akimov, V. N. and Kalakoutskaa, L. V. (1993). *Rathayibacter* gen. nov., including the species *Rathayibacter rathayi* comb. nov., *Rathayibacter iranica* comb. nov., and six strains from annual grasses. *Int. J. Syst. Bacteriol.* 43 : 143-149.