

---

# *Agrobacterium tumefaciens*와 Tumor-inducing 플라스미드에 의한 virulence 유전자의 발현

음진성\*

Effects of *Agrobacterium tumefaciens* and Tumor-inducing plasmid on the virulence gene expression

Jin-seong Eum\*

## 요 약

본 연구에서는 vir 유전자의 발현에 있어서 페놀화합물, Ti 플라스미드들의 종류(octopine, nopaline), *A. tumefaciens*들의 영향에 대해서 조사하였다. 9종류의 페놀화합물들을 3종류의 *A. tumefaciens*들과 3종류의 Ti 플라스미드들을 대상으로 조사하였다. Nopaline Ti 플라스미드를 포함하는 *A. tumefaciens* MW107에 존재하는 vir 유전자는 4-hydroxyacetophenone, phenol, catechol, resorcinol, acetosyringone과 vanillin 등 6종류의 페놀화합물들에 의해서 상대적으로 높게 발현되었다. Octopine Ti 플라스미드들을 포함하는 *A. tumefaciens* MW105와 MW108의 vir 유전자들은 acetosyringone에서만 발현되었다. 따라서 vir 유전자의 발현을 유도시키는 요인들은 Ti 플라스미드 종류, *A. tumefaciens*와 페놀화합물들의 종류에 따라서 서로 다르다는 결과를 얻었다.

## ABSTRACT

We examined the effects of various phenolic compounds, Ti plasmids(octopine, nopaline) and *A. tumefaciens* on the vir gene expression. Nine phenolic compounds were tested using 3 types of Ti plasmid and 3 strains of *A. tumefaciens* on the vir gene expression. It was also investigated how the levels of vir gene expression could be related to specific phenolic compounds. Six phenolic compounds as 4-hydroxyacetophenone, phenol, catechol, resorcinol, acetosyringone and vanillin had exhibited a strong effect on the vir gene expression of *A. tumefaciens* MW107 containing nopaline Ti plasmid. The vir genes of *A. tumefaciens* MW105 and MW108 containing octopine Ti plasmids were remarkably stimulated only by acetosyringone. Thus, it appeared that the vir gene inducing abilities were differed by the kinds of phenolic compounds, *A. tumefaciens* and Ti plasmids.

## 키워드

*Agrobacterium tumefaciens*, 옥토파인, 노팔라인, 페놀화합물

## Key words

*Agrobacterium tumefaciens*, octopine, nopaline, phenolic compounds.

---

\* 정희원 : 목원대학교 (jseum@mokwon.ac.kr)

접수일자 : 2010. 08. 09

심사완료일자 : 2010. 11. 05

## I. 서 론

*Agrobacterium tumefaciens*는 Rhizobiaceae과에 속하는 토양 미생물로서 많은 종류의 쌍자엽 식물과 일부 단자엽 식물의 상처난 부위에 감염하여 crown gall을 유발하는 병원성 세균이다. *A. tumefaciens*는 식물의 상처부위를 인식하여 종양을 형성하는 Tumor-inducing(Ti) 플라스미드를 갖고 있으며, 이 Ti 플라스미드는 약 200-250kb 정도의 큰 플라스미드이고, 여기에는 oncogene인 Transfer-DNA(T-DNA), virulence(vir) 부위, 숙주세포에 특이성을 나타내는 부위 등 크게 3가지 영역으로 구분된다[1].

Crown gall은 Ti 플라스미드 내 T-DNA가 식물세포의 nuclear genome으로 안정하게 삽입됨으로써 T-DNA에 존재하는 유전자들에서 auxin과 cytokine같은 식물성장호르몬을 과도하게 생산하여 비정상적인 세포 증식으로 형성된다[2]. T-DNA에는 이들 유전자 이외에도 염기성 아미노산 유도체인 opine합성효소 유전자가 존재하여 정상세포에는 없는 특정 opine의 합성이 유도되며, 합성된 opine은 Ti 플라스미드에 존재하는 opine분해 유전자에 의해서 분해되므로 Ti 플라스미드를 갖고 있는 *A. tumefaciens*에 의해서만 영양원으로 이용된다. Opine종류로는 octopine, nopaline, agropine, mannopine, succinamopine등이 알려져 있으며, 이들 opine type은 플라스미드를 분류하는 기준으로 이용된다[3].

한편 Ti plasmid에는 약 40 kb를 차지하고 있는 virulence(vir) region이 존재하며 crown gall 세포내부에는 존재하지 않으면서 T-DNA transfer에 관여하는 부위로서 virulence에 매우 중요한 기능을 나타내고 있다[4]. *A. tumefaciens*와 식물세포간의 상호작용과 T-DNA processing에 관여하는 vir region에는 약 8개의 뚜렷한 vir유전자들(virA, virG, virB, virC, virD, virE, virF, virH)이 존재하고 있다[5]. 이들 vir유전자들은 특정 페놀화합물에 의해서 발현이 유도되며, 각 vir유전자들은 T-DNA를 식물세포의 염색체로 안정하게 전달되도록 다양한 기능들을 나타내고 있다. *A. tumefaciens*에 존재하는 Ti plasmid의 vir유전자들에 의해서 T-DNA가 식물세포로 전달되어 crown gall을 형성하는 과정은 다음과 같이 알려져 있다.

식물세포에 상처가 나면 acetosyringone(AS) 또는 hydroxy-acetosyringone(OH-AS)등과 같은 페놀성 화합물이 분비되며 운동능력을 가지고 있는 *A. tumefaciens*들은 이들 물질에 따라서 이동하게 된다. 이렇게 이동하여 온 *A. tumefaciens*들은 염색체내에 존재하는 *chvA*, *chvB*와 *exoC*유전자들의 작용에 의해 상처난 식물세포에 부착하게 되고 vir유전자들의 활성이 유도되기 시작한다.

Vir유전자들의 활성에는 Ti 플라스미드로부터 생성되는 *virA* 및 *virG*단백질이 필요하며 glucose, galactose같은 특정단당류들도 vir유전자의 활성에 중요한 역할을 하고, *A. tumefaciens*의 염색체에 존재하는 *chvE*로부터 생성되는 *chvE*단백질도 필요하다. *VirA*단백질은 페놀성화합물에 대한 초기 환경의 sensor 단백질로서 단당류와 결합한 *chvE* 단백질 및 페놀화합물에 의해서 스스로 인산화되어 활성화되며, 활성화된 *virA*단백질은 인산기를 *virG*단백질에 전달하여 활성화시킨다. 활성화된 *virG*단백질은 다른 vir유전자들의 발현을 유도시킨다[1, 6].

이와 같이 원핵생물인 *A. tumefaciens*에 존재하는 Ti 플라스미드의 일부분인 T-DNA가 진핵생물인 식물세포의 염색체에 삽입되어 crown gall을 일으키는 현상은 원핵생물과 진핵생물간의 특이한 유전자 교환과정으로 생명공학분야에서 오래 전부터 관심의 대상이 되어 왔으며, vir유전자들에 의하여 T-DNA가 식물세포 염색체에 안정하게 삽입되어 발현되는 기작에 대한 연구는 활발히 진행되고 있다[7, 8]. 따라서 본 연구에서는 고등식물의 생명공학에 이용되고 있는 Ti 플라스미드의 T-DNA transfer에 영향을 미치는 여러 가지 환경요인들에 대해서 조사하였다. *A. tumefaciens* MW105, MW 107, MW108등을 대상으로 vir유전자의 발현에 영향을 미치는 페놀화합물들의 종류, 동일한 *A. tumefaciens*에서 octopine과 nopaline Ti 플라스미드들의 종류에 따른 유전자 발현의 차이, 서로 다른 *A. tumefaciens*에서 Ti플라스미드에 의한 유전자 발현의 상호관계에 대해서 조사하였다.

## II. 재료 및 방법

### 2.1. 균주, 플라스미드 및 phenolic compounds

본 연구에 사용된 균주와 플라스미드의 종류 및 특징은 표 1에 표시하였으며, *A. tumefaciens*는 LB배지에서 28°C로 배양하였다[9].

본 실험에 사용된 phenolic compound들의 종류는 acetosyringone, catechol, resorcinol, 4-hydroxyacetophenone, phenol, vanillin, gallic acid, benzoic acid, salicylic acid 등 총 9종류이며 모두 dimethyl sulfoxide(DMSO)에 용해시켜서 사용하였다. acetosyringone은 Aldrich 제품을 사용하였고, 나머지 phenolic compounds, 항생제 및 모든 시약들은 Sigma 회사로부터 구입하였다.

### 2.2. Direct Transformation and Triparental mating

pSM358cd는 *virE* 유전자에 promoterless *lac Z* 유전자가 삽입되어 있는 재조합 플라스미드로서 Ti 플라스미드내 *vir* 유전자의 발현여부를 알아보기 위하여 사용되었다. pSM358cd를 각각의 *A. tumefaciens*에 direct transformation시키는 방법은 다음과 같다. *A. tumefaciens*를 rifampicin 10 ug/ml이 포함된 LB배지 3 ml에 접종하여 전 배양한 후, 50 ml LB배지에 접종하여 600nm에서 흡광도가 0.5될 때까지 활발하게 진탕 배양하였다. 4000 x g 에서 5분간 원심분리하여 침전된 숙주세포는 0.15 M NaCl 10 ml로 조심스럽게 현탁시키고, 다시 동일한 방법으로 원심분리 하여 침전물을 20 mM CaCl<sub>2</sub> 1 ml에 재현탁 시켜서 competent cell로 이용하였다. 이와 같이 준비된 competent cell 200 ul에 pSM358cd를 0.1 ug - 0.2 ug 첨가하여 0°C에서 30분간 보관하였다. 이것을 액체질소에 1분간 급속 냉각시키고 37°C 항온수조에서 5분간 열처리한 후 LB 1 ml을 첨가하고 28°C에서 4시간 배양하였다. 배양 후 10,000 x g 에서 1분 동안 원심분리 하여 침전된 세포를 0.2 ml LB배지에 조심스럽게 현탁하고 kanamycin 50 ug/ml과 carbenicillin 50 ug/ml이 포함된 LB한천배지에 도말하여 28°C에서 48시간 배양함으로써 형질전환체를 선별하였다.

또한 triparental mating 방법은 다음과 같이 이행하였다. pSM358cd가 존재하는 *E. coli* DH5α를 kanamycin

50 ug/ml 과 ampicillin 100 ug/ml이 함유된 LB에서 37°C로 배양하였고, helper strain인 HB101(pRK2073)은 spectinomycin 50 ug/ml이 함유된 LB에서 37°C로 배양하였으며, 수용세균인 *A. tumefaciens*는 rifampicin 10 ug/ml이 함유된 LB배지에서 28°C로 진탕 배양하였다. 다음날 3가지 세균을 모두 섞어서 항생제가 없는 LB 한천배지에 도말하여 28°C에서 하룻밤 배양시킨 후, 배양된 세균을 kanamycin 100 ug/ml, carbenicillin 100 ug/ml, rifampicin 10 ug/ml이 함유된 AB 최소배지에 접종하여 28°C에서 48시간 배양하여 항생제 배지에서 성장하는 transconjugant colony를 선별하였다.

### 2.3. Keto-Lactose test

pSM358cd에 의해서 형질전환된 *A. tumefaciens*들의 진위를 확인하기 위한 Keto-Lactose test를 하였다. Lactose 한천배지(yeast extract 1 g, lactose 1 g, agar 15 g/l)에 형질전환된 *A. tumefaciens*를 접종하여 28°C에서 하룻밤 배양한 후 Benedict용액(Sodium citrate 173 g, Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>·5H<sub>2</sub>O 17.4 g/l) 2 ml을 한천배지 위에 첨가하고 30분 후에 균의 색깔이 노랗게 변하는지의 여부로 *A. tumefaciens*를 확인하였다.

### 2.4. vir 유전자의 발현 유도

kanamycin 100 ug/ml, carbenicillin 100 ug/ml, rifampicin 10 ug/ml이 포함된 LB배지에서 전 배양된 *A. tumefaciens*를 다시 LB배지에 접종하여 600 nm에서 흡광도가 0.4 될 때까지 28°C에서 진탕 배양하였다. 배양 후 원심분리하여 균체를 수확하고 *vir* 유전자 유도배지(20 x AB salt 5 ml, 400 mM MES, pH 5.45, 5 ml, 25% glucose 2 ml, D.W 88 ml, 20 x AB buffer 100 ul/100 ml)에 600 nm에서 흡광도가 0.1이 되도록 집중하고 28°C에서 18시간 진탕 배양하였다. 유도배지에는 각 종류의 페놀화합물 최종농도가 100 uM 되도록 첨가하였다.

### 2.5. β-galactosidase 활성 측정

pSM358cd에서 발현되는 β-galactosidase activity 측정 방법은 o-nitrophenyl-β-D-galactoside (ONPG)를 기질로 이용하였다. 각 종류의 페놀화합물이 포함된 *vir* 유전자 유도배지에서 18시간 진탕 배양된 *A. tumefaciens*들은 600 nm에서 흡수치를 측정한 후, 배양액 1 ml과 Z 완충용액(0.06 M Na<sub>2</sub>HPO<sub>4</sub> · 12H<sub>2</sub>O, 0.04 M NaH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub> ·

2H<sub>2</sub>O, 0.01 M KCl, 0.001 M MgSO<sub>4</sub> · 7H<sub>2</sub>O, 0.05 M β-mercaptoethanol) 1 ml을 혼합하고 chloroform 80 ul과 0.1% SDS 40 ul를 첨가하여 28 °C에서 10분간 보관하였다. o-Nitrophenyl-β-D-galactoside(4 mg/ml in 0.1 M phosphate buffer, pH 7.0) 400 ul를 첨가하여 30분간 반응시킨 후, 1 M sodium carbonate 1ml을 첨가하여 반응을 중단시키고 420 nm와 550 nm에서 흡수치를 측정하여 다음 방식으로 β-galactosidase의 활성을 계산하였다 [10, 11].

$$\beta\text{-gal, units} = 1000 \times \frac{A_{420} - 1.75 \times A_{550}}{T \times V \times A_{600}}$$

T: 반응시간(분)

V: 반응에 사용된 배양액

### III. 결과 및 고찰

본 연구에서는 외국에서 분리, 동정된 3종류의 *A. tumefaciens* 및 Ti 플라스미드들을 이용하여 vir 유전자의 발현을 유도시키는 페놀화합물들의 종류와 유전자의 활성을 조사하기 위하여 pSM358cd를 octopine Ti plasmid와 nopaline Ti plasmid를 포함하는 각각의 *A. tumefaciens*에 형질전환 시켜서 MW105, MW107, MW108등 새로운 형질전환체를 만들었다(Table 1).

Vir 유전자의 발현여부는 *A. tumefaciens*에 형질전환시킨 pSM358cd에 의해서 나타나며 유전자의 활성정도는 reporter gene으로 이용된 lac Z 유전자의 산물인 β-galactosidase 활성을 측정함으로써 조사할 수 있다. 따라서 pSM358cd에 형질전환된 *A. tumefaciens* MW107, MW105, MW108등 3종류의 *A. tumefaciens*들은 9종류의 페놀화합물들에 의해서 18시간동안 배양하여 vir 유전자의 발현이 유도된 후, β-galactosidase 활성을 측정하여 vir 유전자의 발현 정도와 페놀화합물들의 상관관계를 조사하였다.

*A. tumefaciens* MW107은 nopaline type 플라스미드인 pTiC58이 존재하는 *A. tumefaciens* C58에 pSM358cd를 형질전환시킨 균주이다.

Table 1. 본 연구에 사용된 *Agrobacterium tumefaciens*과 plasmids  
Table 1. Bacterial strain of *Agrobacterium tumefaciens* and plasmids used in this study.

Strains & Plasmid	Characteristics
<i>A. tumefaciens</i> C58	Nopaline pTiC58
<i>A. tumefaciens</i> Ach5	Octopine pTiAch5
<i>A. tumefaciens</i> A348	Octopine pTiA6
<i>A. tumefaciens</i> A136	without Ti plasmid
<i>A. tumefaciens</i> MW105	pTiAch5+pSM358cd / <i>A. tumefaciens</i> A136
<i>A. tumefaciens</i> MW107	pTiC58+pSM358cd / <i>A. tumefaciens</i> C58
<i>A. tumefaciens</i> MW108	pTiA6+pSM358cd / <i>A. tumefaciens</i> A136
pSM358cd	virE::lacZ(Km <sup>r</sup> , Cb <sup>r</sup> )

*A. tumefaciens* MW107에서 9종류의 페놀화합물에 의한 β-galactosidase 활성 측정 결과는 다음과 같다 (Figure 1). Fig. 1.에서 보는 바와 같이 *A. tumefaciens* MW107에서 4-hydroxyacetophenone에 의한 β-galactosidase 활성은 272 units, catechol에 의해서는 221 units, phenol에 의해서는 248 units 등 이들 3종류의 페놀화합물들에 의해서는 200 units 이상 높게 발현되었으며, aceto-syringone, resorcinol, vanillin 등에 의해서는 각각 110 units, 175 units, 109 units 등 100 units 이상의 중간정도 활성을 나타냈다. 한편 benzoic acid, gallic acid, salicylic acid 등에 의한 활성은 각각 71 units, 50 units, 27 unit 등 낮은 활성을 나타냈다. 이와 같이 *A. tumefaciens* MW107에서 vir 유전자는 4-hydroxyacetophenone, catechol, phenol 등에 의해서는 강하게 발현되고, acetosyringone, resorcinol, vanillin 등에 의해서는 중간정도 발현능력을 나타내는 결과 다양한 페놀화합물들에 의해서 발현이 유도됨을 알 수 있었다.

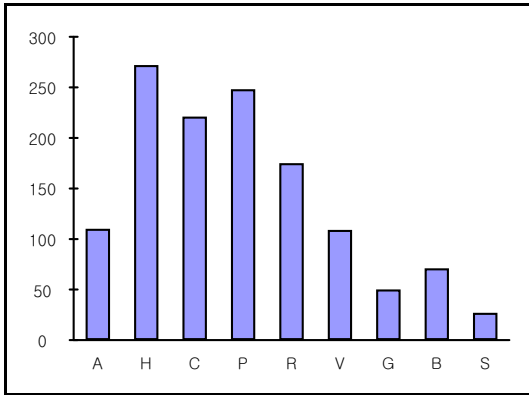


Fig. 1. *A. tumefaciens* MW107의 *vir* 유전자의 발현에 있어서 9종류의 페놀화합물들의 영향.  
 Fig. 1. Effects of 9 phenolic compounds on *vir* gene expression of *A. tumefaciens* MW107.  
 A;acetosyringone, H;4-hydroxyacetophenone, C;catechol, P;phenol, R;resorcinol, V;vanillin, G;gallic acid, B;benzoic acid, and S:salicylic acid

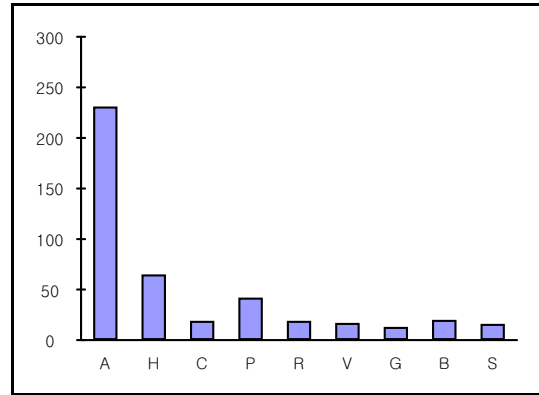


Fig. 2. *A. tumefaciens* MW108의 *vir* 유전자의 발현에 있어서 9종류의 페놀화합물들의 영향.  
 Fig. 2. Effects of 9 phenolic compounds on *vir* gene expression of *A. tumefaciens* MW108.  
 A;acetosyringone, H;4-hydroxyacetophenone, C;catechol, P;phenol, R;resorcinol, V;vanillin, G;gallic acid, B;benzoic acid, and S:salicylic acid

*A. tumefaciens* MW108은 octopine type 플라스미드인 pTiA6가 존재하는 *A. tumefaciens* A136에 pSM358cd를 형질전환시킨 균주로서 acetosyringone에 의한  $\beta$ -galactosidase활성은 231 units로서 높은 활성을 나타냈다(Fig. 2). 그러나 *A. tumefaciens* MW107에서 *vir*유전자의 발현을 유도시킨 catechol, resorcinol, phenol, 4-hydroxyacetophenone, vanillin 등의 페놀화합물들에 의한  $\beta$ -galactosidase활성은 각각 19 units, 19 units, 42 units, 65 units, 17 units 등 매우 낮은 활성을 나타냈다. 즉 *A. tumefaciens* MW108의 *vir*유전자는 acetosyringone에 의해서만 발현이 유도됨을 알 수 있다.

*A. tumefaciens* MW105는 octopine type 플라스미드인 pTiAch5가 존재하는 *A. tumefaciens* A136에 pSM358cd를 형질전환시킨 균주로서 acetosyringone에 의한  $\beta$ -galactosidase활성은 205 units로서 높은 활성을 나타냈으나, 다른 8종류의 페놀화합물들에 의한  $\beta$ -galactosidase활성은 매우 낮은 활성을 나타냈다(Fig. 3).

이는 *A. tumefaciens* MW108에서와 유사한 결과를 나타냈으며 *A. tumefaciens* MW105의 *vir*유전자는 acetosyringone에 의해서만 발현이 유도됨을 알 수 있었다.

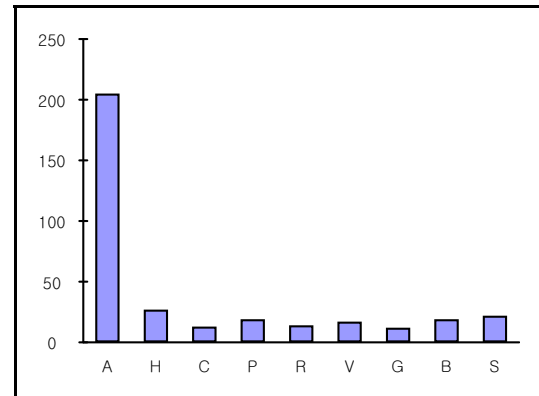


Fig. 3. *A. tumefaciens* MW105의 *vir* 유전자의 발현에 있어서 9종류의 페놀화합물들의 영향.  
 Fig. 3. Effects of 9 phenolic compounds on *vir* gene expression of *A. tumefaciens* MW105.  
 A;acetosyringone, H;4-hydroxyacetophenone, C;catechol, P;phenol, R;resorcinol, V;vanillin, G;gallic acid, B;benzoic acid, and S:salicylic acid

*A. tumefaciens* MW108과 MW105에서 숙주세포는 *A. tumefaciens* A136으로 동일하며, 이 숙주세포에 octopine type Ti플라스미드인 pTiA6와 pTiAch5가 각각 형질전환된 세균들이다[[10]. *A. tumefaciens* MW108과 MW105에서 9종류의 페놀화합물들에 의한  $\beta$ -galactosidase활성결과는 Fig. 2와 Fig. 3에서 보는 바와 유사한 결과를 나타냈다. 즉 *vir*유전자는 acetosyringone에 의해서만 강하게 발현되었으며 나머지 8종류의 페놀화합물들에 의해서는 낮은 발현능력을 나타냈다. 이와 같이 유사한 결과를 나타내는 이유는 동일한 숙주인 *A. tumefaciens* A136에 같은 octopine type Ti플라스미드인 pTiA6와 pTiAch5가 존재하기 때문일 것이라 사료된다.

한편 *A. tumefaciens* MW107의 *vir*유전자는 4-hydroxyacetophenone, catechol, phenol 등 3종류의 페놀화합물들에 의해서는 강하게 발현되었으며, acetosyringone, resorcinol, vanillin 등 3종류의 페놀화합물들에 의해서는 중간정도의 발현능력을 나타냈다. 이와 같이 *A. tumefaciens* MW107는 *A. tumefaciens* MW105와 MW108에서 *vir*유전자의 발현을 유도시키지 못하는 페놀화합물들에 의해서도 다양하게 발현되었으며 그 발현능력도 상대적으로 매우 높았다.

또한 *A. tumefaciens* MW105와 MW108에서 *vir*유전자를 매우 높게 발현시킨 acetosyringone은 *A. tumefaciens* MW107에서는 상대적으로 낮게 발현되는 특징을 나타냈다. 이 결과는 *A. tumefaciens* MW107은 *A. tumefaciens* MW105와 MW108과는 다른 숙주인 *A. tumefaciens* C58이며, Ti플라스미드도 nopaline type인 pTiC58이 존재하는 매우 다른 균주이기 때문이라고 사료된다. 이와 같이 숙주인 *A. tumefaciens*의 종류와 Ti 플라스미드 종류인 octopine과 nopaline에 따라서 페놀화합물에 의한 *vir*유전자들의 발현수준은 서로 다른 결과를 나타냈다. 즉 *vir*유전자의 발현을 유도시키는 능력은 *A. tumefaciens*와 페놀화합물들의 종류, Ti 플라스미드내 *vir*유전자에서 발현되는 단백질들에 의해서 서로 다르다는 사실을 알 수 있었다.

## 참고문헌

- [ 1 ] S. B. Gelvin, "Agrobacterium-Mediated Plant Transformation", *Mic. Mol. Bio. Rev.* vol. 67(1), pp. 16-17, 2003.
- [ 2 ] L. Valentine, "Agrobacterium tumefaciens and the Plant; the David and Goliath Modern Genetics", *Plant Physiology*, vol. 133, pp. 948-955, 2003.
- [ 3 ] B. Schrammeijer, A. den Dulk-Ras, A. Vergunst, E. J. Jacome, and P. J. Hooykaas, "Analysis of Vir protein translocation from *Agrobacterium tumefaciens* using *Saccharomyces cerevisiae* as a model", *Nucleic Acids Res* vol 31, pp 860-868, 2003.
- [ 4 ] F. Dumas, M. Duckley, P. Pelczar, P. Van Gelder, and B. Hohn, "An *Agrobacterium* VirE2 channel for transferred-DNA transport into plant cells", *Proc Natl Acad Sci USA*, vol 16, pp 485-490, 2001.
- [ 5 ] H. Van Attikum, P. Bundock, and P. J. Hooykaas, "Non-homologous end-joining proteins are required *Agrobacterium* T-DNA integration", *EMBO J.* vol 20, pp 6550-6558, 2001.
- [ 6 ] A. Ziemienowicz, F. Merkle, B. Schoumacher, B. Hohn, and L. Ross., "Import of *Agrobacterium* T-DNA into plant nuclei", *Plant Cell*, vol 13, pp 369-384, 2001.
- [ 7 ] C. R. Francisca, S. Beimeng, G. Hena, G. Darren, and M. S. Otegui, "Agrobacterium tumefaciens -Mediated Transformation of Maize Endosperm as a Tool to study Endosperm cell Biology", *Plant Physiology*, vol 153, pp 624-631, 2010.
- [ 8 ] V. Pandey, P. Misra, P. Chaturvedi, M. K. Mishra, P. K. Trivedi, and R. Tuli, "Agrobacterium tumefaciens-mediated transformation of *Withania somnifera* Dunal", *Plant Cell Rep.* vol. 29, pp 133-141, 2010.
- [ 9 ] L. Lee, "Integration of genes into the chromosome of *Agrobacterium tumefaciens* C58", *Met. Mol. Biol.* vol. 343, pp. 55-66, 2006.
- [10] J. S. Eum and Y. D. Park, Influence of phenolic compounds on *vir* gene expression in various

*Agrobacterium tumefaciens*. *Kor. J. Soil Sci. Fert.* vol. 33, pp. 253-260, 2000.

- [11] S. Stachel, G. An, C. Flores and E. W. Nester, "A Tn3 *lacZ* transposon for random generation of  $\beta$ -galactosidase gene fusion: application to the analysis of gene expression in *Agrobacterium*.", *EMBO J.* vol 4, pp. 891-898. 1985.

### 저자소개



**음진성 (Jin-Seong Eum)**

1983: 고려대학교 생물학과 학사  
1985: 고려대학교 대학원 생물학과 석사  
1991: 고려대학교 대학원 생물학과 박사

1992-현재: 목원대학교 바이오건강학부 교수  
2001-2002: 미국 플로리다 의과대학 초빙교수