

최 중  
연구보고서

침의 방제를 위한 bioherbicide 개발  
Development of Bioherbicide for Control of  
Kudzu

연구기관  
전북대학교 농업생명과학대학

농림부

## 제 출 문

농림부 장관 귀하

본 보고서를 **췍의 방제를 위한 bioherbicide 개발**에 관한 연구 과제의 최종 보고서로 제출합니다.

2004년 8월 28일

주관연구기관명 : 전북대학교

총괄연구책임자 : 김 형 무

세부연구책임자 : 김 계 환

세부연구책임자 : 서 병 수

연 구 원 : 송 완 엽

연 구 원 : 오 월 선

연 구 원 : 박 준 모

연 구 원 : 오 현 경

연 구 원 : 박 천 일

연 구 원 : 이 숙 경

연 구 원 : 이 정 숙

연 구 원 : 김 자 문

# 요 약 문

## I. 제목

### 쑥의 방제를 위한 bioherbicide 개발

## II. 연구의개발의 목적 및 중요성

쑥은 주로 생활용품의 원료, 생약재료 또는 사방공사용으로 이용되었으나 현재는 쑥의 왕성한 생장으로 인하여 수목의 성장을 저해하는 잡초로 많은 피해를 주고 있다. 이러한 쑥의 방제를 위하여 인력이나 화학약제에 의존하고 있으나 제초제의 사용은 쑥에 대한 특이성이 없어 쑥 외에 다른 식물도 차별 없어 근연작물에 피해를 주어 경작지를 황폐하게 만드는 결과를 초래하고 있다. 또한 제초제의 무분별한 계속적인 사용은 환경파괴와 생태계에 나쁜 영향을 주고 있다.

본 연구는 쑥에 병원성이 있는 병원균을 이용하여 화학적방제의 단점을 보완한 생물학적 방제를 시도하고자 한다. 쑥의 성장 특성을 조사하여 생물학적 방제에 응용하며, 쑥 우점종지역의 식생조사와 쑥에 대한 수목의 피해 상황을 조사한다. 또한 쑥에 병원성이 있는 병원균을 분리하여 균학적 특징 및 기주 범위를 조사하며, 병원균의 활성을 증가시킬 수 있는 보조제를 개발하여 친환경적으로 쑥을 방제할 수 있는 bioherbicide 개발한데 목적이 있다.

## III. 연구개발 내용 및 범위

본 연구는 제초제의 단점인 작물에 대한 특이성의 부재와 환경파괴의 단점을 해결할 수 있는 쑥에 병원성이 있는 병원균을 이용하여 친환경적으로 쑥의 방제를 위하여 bioherbicide를 개발하여 친환경적으로 타 작물에 피해를 주지 않고 쑥을 선택적으로 방제함을 목표로 하였다.

본 연구의 목적을 달성하기 위한 연구의 내용과 연구범위를 요약하면 다음과 같다.

#### 1. 칩의 유용미생물 선발

Bioherbicide로 이용 가능성이 있는 유용미생물을 선발하기 위하여 지역별, 병징별 이병주를 수집하여 병원균의 분류 동정과 병원성 및 기주범위를 조사하여 우수한 병원균을 선발한다.

#### 2. 칩의 생리, 성장특성 및 임목피해조사

칩의 bioherbicide를 개발하는 기초 연구로서 칩의 형태와 성장 특성 조사, 칩 군락지의 식생 조사 및 칩에 의한 임목의 생리적 피해 상황을 조사하여 방제에 관한 기초자료로서 활용한다.

#### 3. 미생물 제제개발을 위한 formulation 개발

칩의 방제에 유용한 미생물의 보조제 개발을 목적으로 각 유용병원균의 최적 formulation screening, 유용병원미생물의 침투 및 이행촉진을 위한 보조제 선발 및 보조제의 병원성 증감효과를 검증하고, 포장 적용시험에 의한 최적 formulation 분석 선발한다.

### IV. 연구개발 결과 및 활용에 대한 건의

#### 가. 칩의 유용미생물 선발 및 평가

0. 병징별, 시기별, 지역별로 이병주를 수집하여 병원균을 분리한 결과 주요 병징별은 4가지로 구분할 수 있으며, *A. tenuissima*에 의한 점무늬병징, *F. solani*로 잎마름병징, *P. erythroseptica*에 의한 역병 및 *R. solani*에 잎마름병으로 나누어졌다. 시기별로는 *A. tenuissima*에 의한 점무늬병징, *F. solani*로 잎마름병징, *R. solani*에 잎마름병은 8-10월, *P. erythroseptica*에 의한 역병은 6월에 주로 발병되었다.

0. *A. tenuissima*에 의한 점무늬병은 칩의 잎에 점무늬의 병징을 형성하며, 잎에

처음에는 작은 점무늬증상이 나타나고, 이 점무늬 주변에 황색의 halo가 형성되는 것이 전형적인 특징이었다. 병반들이 점차 확대되어 융합되고 잎 전체가 황색으로 변색되며 결국 낙엽이 된다. 병원균의 군사집락은 PDA 배지에서 밝은 회색에서 암갈색이었다. 분생포자는 대부분 단생이며 드물게 3 - 8개 포자가 연쇄상으로 형성되었다. 분생포자는 암갈색이며 긴 난형 또는 곤봉형이고 크기는 20-60 x 10-25 $\mu$ m 이었다. 격막은 4 - 8개의 횡격막과 1-2개의 종격막을 형성하였다.

0. *F. solani*에 의한 잎마름병은 잎의 가장자리부터 황색으로 변하기 시작하였고 변한 부위는 마름현상이 나타났다. 마른 잎은 부서지기 쉬웠으며 또한 신초 부위는 더 이상 자라지 못하고 진한 갈색으로 변하면서 마름현상이 나타나며 고사하였다. 병원균은 PDA 배지에서 크림색의 균총을 형성하였다. 고리모양과 끝이 둥근 모양의 대형분생포자를 형성하였으며 3-4개의 격막을 형성하였으며 콩팥모양의 소형분생포자가 1개에서 2개의 격막을 형성하였다. 그리고 이들의 크기는 45-85 X 5-10  $\mu$ m (56.3 X 7.2  $\mu$ m)로 나타났다.

0. *Phytophthora erythroseptica*에 의한 역병은 어린 칩의 잎에 수침상 병징을 나타냈으며 이 후 마름현상으로 매우 빠른 시간에 고사하였다. 또한 어린 줄기에도 마름증상이 나타나며 결국 고사하여 더 이상의 성장하지 않았다. 잎과 어린 줄기에서 발병한 마름증상의 병반에서 분리한 병원균은 PDA 배지에서 장미형태의 균총을 형성하였다. V8 배지에서 군사는 격막이 없으며 팽윤군사와 달걀모양의 유주자낭을 형성하였다. 장난기는 둥근 구형이며 장정기는 약간 긴 원통형으로 장난기의 아래 부분을 싸며 부착하는 저착형이었다. 난포자는 대부분이 비충만형이며 크기가 30-40  $\mu$ m (35  $\mu$ m)였다.

0. *R. solani*에 잎마름병은 잎이 누런색으로 변하면서 병반부위는 마름현상이 나타났다. 어린 신초는 생장이 정지되면서 진한 갈색으로 변하면서 마름현상이 나타나며 고사하였다. 병원균은 PDA 배지에서 기중군사를 형성하는데 처음에는 하얀색을 띠나 시간 경과됨에 따라 갈색으로 변하였다. 배양 20일 후에는 0.5-3 (평균 1.27)mm의 불규칙한 형태의 균핵을 형성한다.

0. 분리된 병원균의 기주범위를 콩과식물 23종과 비콩과작물 20종을 대상으로 조사한 결과 *A. tenuissima*는 칩, 아카시아, *F. solani*는 칩, 녹두, 감자, *P. erythroseptica*는 칩, 감자, *R. solani*는 칩에서 병원성이 확인되었다. 4개 병원균은 칩에는 강한 병원성을 나타냈으나 기타 기주에는 병원성이 약하였다.

#### 나. 칩의 생리생장특성 및 임목피해조사

##### 0. 칩의 형태 및 생장 특성 조사

전북 지역의 7개 칩군락지 (600m<sup>2</sup> 이상)를 대상으로 칩의 외부형태 및 생장 특성을 조사한 결과, 잎·꽃·열매 형질 크기에 있어서 지역에 따라 형태적 변이가 다양하였으며, 줄기 신장량을 조사한 결과 최소 1.93 m에서 최대 11.07 m까지 지역적으로 차이가 있었으며 6월에 가장 왕성한 생장을 나타냈다. 화분립은 단립으로 극축길이 19.34-25.67  $\mu$ m, 적도면지름 16.00-23.44  $\mu$ m이었으며, 적도면입상은 약장구형, 발아구는 3공구형, 표면무늬는 유공상으로 나타났다.

##### 0. 칩군락지의 식생 조사

7개 지역 칩군락지를 대상으로 조사구를 설정하여 식생구조와 토양을 분석한 결과, Shannon의 종다양도 (H') 지수는 0.69-0.84로서 비교적 높은 종다양성을 유지하고 있었으며 찔레꽃, 산딸기, 사위질빵 등은 칩군락지내에서 출현 빈도와 상대우점치가 높은 수종들이었다. 조사된 칩군락지내의 관속식물상은 60과 123속 133종 19변종의 총 152분류군으로 이중 목본식물이 55분류군, 초본식물이 96분류군을 차지하였으며 귀화식물은 9분류군이 출현하였다. 토양의 이화학적 특성을 분석한 결과, 토성은 사질양토, 미사질양토, 양토, 식양토 및 식토 등의 5가지 유형이 나타나 칩이 특별한 토성을 가리지 않고 우점하고 있었으며, 산도는 4.04-4.67로서 모두 강산성을 나타냈으며, 유기물함량은 0.10-1.38%로서 매우 낮게 검출되어 매우 척박한 곳에서도 생육하고 있음을 알 수 있었다.

##### 0. 칩에 의한 임목의 피해 상황 조사

칩에 의해 피압된 임목의 생리적 피해 상황을 조사하기 위하여, 10수종을 대상으로 광합성 능력을 측정하였다. 칩에 의해 방해받지 않고 정상적으로 자랐을

경우는 피압되어 자랐을 때 보다 광합성율에 있어서 평균 7.4배의 증가율을 나타냈다. 이는 어떤 수종이든 칩에 의하여 피압된 상태에서 생육할 경우 광합성 생리활동에 있어서 수중에 따라 부정적인 영향이 있음을 알 수 있다. 특히, 이러한 광합성능력의 차이는 결국 수목의 성장량의 차이로 나타날 수 있을 것이다.

다. 미생물 제제개발을 위한 formulation 개발

#### 0. 각 병원균의 최적 formulation screen

칩의 미생물제초제의 개발을 위하여 선발된 *A. tenuissima*, *F. solani*, *P. erythroseptica*, *R. solani* 등에 적합한 제제를 성장상과 온실에서 비교 선발하였다. 제제의 종류는 첫째, Sucrose-Tween 20 solution 둘째, surfactant 셋째, inverted emulsion (water in oil in water emulsion, W/O/W emulsion) 등을 이용하여 각 병원균에 대한 최적 formulation을 선발하였다. 실내에서 *A. tenuissima*, *F. solani*, *P. erythroseptica*, *R. solani* 등의 균주와 준비된 위의 제제를 농도 및 종류별로 혼합하여 실험한 결과, W/O/W emulsion에서 가장 효과적인 병원성 증가를 나타냈다. W/O/W emulsion은 oil phase와 water phase를 1:1 (v/v) 혼합한 후 물을 더 첨가해 줌으로서 오일의 최종 농도를 조정하였다. W/O/W emulsion 방법을 이용한 제제 개발에 가장 적합한 oil을 23종류의 식물성 oil을 이용하여 처리한 후 나타난 병원성의 증가효과를 비교하여 선발하였다. Oil phase는 식물성 오일 20 ml, emulsifier 2g, 증류수 80 ml로 조합하였으며, water phase는 sucrose 2g, tween 20 0.1 ml, 증류수 100 ml을 혼합하여 준비하였다. W/O/W emulsion 중에서 각 균주에 효과적인 제제로 *A. tenuissima*는 SA제제, *Fusarium solani*는 SE제제, *P. erythroseptica*는 SE제제, *R. solani*는 SA제제에서 발병도 (Disease index, DI)가 가장 높게 나타났다. 그리고 선발된 각 제제에서의 접종원 농도는 *A. tenuissima*는  $1 \times 10^4$  spores/ml, *F. solani*는  $1 \times 10^5$  spores/ml, *P. erythroseptica*는  $1 \times 10^3$  zoospores/ml, *R. solani*는  $1 \times 10^5$  mycelia/ml이었을 때 발병도가 가장 높게 나타났다. 또한 각 균주에서 선발된 제제의 오일 농도는 *A. tenuissima*는 5% safflower oil (v/v), *F. solani*는 5% sesame oil (v/v), *P. erythroseptica*는 3% sesame oil (v/v), *R. solani*는 5%

safflower oil (v/v)에서 발병도가 가장 높게 나타났다. 선발된 4종의 균주 농도와 각각의 선발된 제제 농도에서 칩 잎에 분무접종 하였을 때에는 발병도가 높게 나타났으나, 같은 조건에서 각 균주의 접종원을 증류수에 혼합하여 칩 잎에 분무접종한 대조구에서는 낮은 발병도를 나타내었다.

#### 0. Field 적용시험에 의한 최적 formulation 분석

각 균주와 최적 제제를 선발한 결과 *A. tenuissima* 와 *R. solani*는 SA제제, *F. solani*와 *P. erythroseptica*는 SE제제에서 발병도가 가장 높게 나타나 야외에서 포장실험을 실시 하였다. *A. tenuissima*는 SA제제, *P. erythroseptica*는 SE제제와 혼합하여 칩 잎에 처리한 결과 DI 3.0이상의 강 병원성을 나타냈으나 *F. solani*는 SE제제, *R. solani*는 SA제제와 혼합하여 칩 잎에 처리한 결과 DI 3.0이하의 약 병원성을 나타내었다. 따라서, *A. tenuissima*와 SA제제, *P. erythroseptica*와 SE제제를 혼합한 미생물제제가 *F. solani*와 SE제제, *R. solani*와 SA제제를 혼합한 미생물 제제보다 높은 방제 효과를 보여주어, 심각한 피해를 초래 하고있는 칩의방제로 이용가능함을 제시 하여 주었다.

본 실험결과 분리 동정된 유용 미생물 (*A. tenuissima*, *F. solani*, *P. erythroseptica*, *R. solani*)에 대한 최적 제제를 상업화시키기 위해서는 제품의 장기간 저장성 및 제품 적용의 용이성을 통한 제품 실용화를 정착하는데 실험이 필요한 것으로 생각된다.

# SUMMARY

## I. Title:

Development of Bioherbicide for Control of Kudzu

## II. Contents and the scope of the research

1. Isolation and assessment of biocontrol agent
2. The physiological and growing characteristics of kudzu and forest tree damage by its vine.
3. Development of bioherbicidal formulation

## III. Results and discussion

Kudzu (*Pueraria thunbergiana*) has been used mainly for the raw material of living products and herbal medicine and reducing soil erosion. However, it is very aggressive and can out-compete or eliminate native plant species thereby upsetting the natural diversity of plant and animal communities. Therefore, it is recognized as a pest weed which killed or degraded agricultural crops and trees. For successful short-term control of kudzu, mechanical and chemical control means have been used. However, using broad-spectrum herbicide have no host specificity and always showed side effects to agricultural crops or trees. Furthermore, repeated applications of several soil-active herbicides have been resulted on severe devastation in arable land or forest.

For the development of successful microbial bioherbicide, (1) the isolation and selection of biocontrol agent, (2) assessment of physiological and growth characteristics and damage of kudzu against forestry situation, and (3) the development of bioherbicidal formulation were conducted.

## 1. Isolation and assessment of biocontrol agent

Symptomed kudzu leaves and stems were collected randomly from southern parts of Korea by considering symptoms, growth stages of kudzu and collecting sites. Major symptoms collected were leaf spot, leaf blight and vine blight. The blighted vines were mainly collected within June but spotted leaves and blighted leaves were mainly collected from August to October. The causal fungal pathogen of each symptom was isolated and identified to *Phytophthora erythroseptica* for vine blight, *Rhizoctonia solani* or *Fusarium solani* for leaf blight, and *Alternaria tenuissima* for leaf spot, respectively. Each symptomatic, morphological and taxonomical characteristics of each fungal pathogen was described as follows.

### **Leaf spot of Kudzu caused by *Alternaria tenuissima***

In July of 2002, a leaf spot on kudzu leaves was observed at southern area in Korea. A small leaf spot was appeared as a typical symptom and the spot was then surrounded by chlorotic halo. These lesions were expended and coalesced. And then the symptomed leaves turned to be yellowish and later fall out. A causal fungal pathogen was isolated and its colony color on PDA was light gray green to dark green. This pathogen produced mostly the single conidium but rarely long chain of 3 to 8 conidia. The conidia were dark brown in color, long ellipsoid or oval and 20 - 60 x 10 - 25  $\mu\text{m}$  in size. Their septa were 4 - 8 transverse and 1 - 2 longitudinal or oblique. The fungal pathogen was, therefore, identified as *Alternaria tenuissima* based on cultural and morphological characteristics. This is the first report on the leaf spot of kudzu caused by *A. tenuissima* in Korea.

### **Leaf blight of Kudzu caused by *Fusarium solani***

A blight on the kudzu leaves was observed in Korea during mid-2002 year. The typical symptom was leaf blight following yellowish and wilting. The causal pathogen was isolated from symptomed kudzu leaf and usually

produced white to creamy floccose mycelium. It readily formed reddish orange mycelium on PDA. It produced typical microconidia and macroconidia. The microconidia were the reniform. The macroconidia were wide, slightly curved, usually 3 to 4 septate and their size was 45-85 X 5-10  $\mu\text{m}$ . The pathogen produced chlamydospore singly on short hyphal branches within 2 to 3 weeks, which was hyaline, globose, and smooth walled. The fungal pathogen was, therefore, identified as *Fusarium solani* based on cultural and morphological characters. This is the first report on the leaf blight of kudzu caused by *F. solani* in Korea.

#### **Vine blight of Kudzu caused by *Phytophthora erythroseptica***

A blight of kudzu was observed in Jeonbuk province in Korea. The symptoms resulted in vine blight. The causal pathogen of the leaf blight was isolated from symptomed kudzu leaf and produced white rosaceous mycelia on PDA. It produced the hyaline mycelium and the typical characteristics was hyphal swelling. It produced the sporangium on agar in water, which was ovoid, no papillate and no caduceus. Oospore formed by both oogonium and antheridium appeared the aplerotic and its size was 30 - 40  $\mu\text{m}$  (35  $\mu\text{m}$ ). The pathogen was, therefore, identified as *Phytophthora erythroseptica* based on cultural and morphological characters.

#### **Leaf blight of Kudzu caused by *Rhizoctonia solani***

A leaf blight of kuzu was found in Korea. The infected plants showed typical leaf blight. The causal pathgen showed aerial mycelium with the initially white and turned brown to gray. It readily formed sclerotia on PDA after 20 days. It was irregular, spherical and 0.5 - 3 mm (1.27 mm) in diameter. The causal fungus of leaf blight was identified as *Rhizoctonia solani* according to criteria based on the cultural and morphological characteristics. This is first report on the leaf blight of kuzu caused by *R. solani* in Korea.

## 2. The physiological and growing characteristics of kudzu and forest tree damage by its vine.

### Morphological and Growing Characteristics of Kudzu

Seven kudzu communities in Chonbuk province were randomly selected and external morphology and growing characteristics of kudzu vine were studied. There was morphological variations in the size of leaf, flower and fruit according to communities. When the growth rate of vine was measured, it was also different according to communities. The minimum length of vine was 1.93 m and the maximum was 11.07 m. And the growth rate was highest in June. The pollen grain of kudzu was monad, tricolporate and prolate spheroidal at equatorial view. Polar length of the pollen grain was 19.3 ~ 25.6  $\mu\text{m}$  and equatorial width was 16.0 ~ 23.4  $\mu\text{m}$ . And its exine was foveolate.

### Vegetation of Kudzu Communities

Quadrats of seven kudzu communities were established and the structure of vegetation and soil was analyzed. The index of Shannon species diversity ( $H'$ ) was 0.69 ~ 0.847, which implied biodiversity of the communities had been kept pretty well. Three species; *Rosa multiflora*, *Rubus crataegifolius* and *Clematis apiifolia* showed high frequency and importance value within the kudzu communities. As vascular plants in the communities, there were 152 taxa of 123 species and 19 varieties in 123 genera of 60 families. Among these, 55 taxa were woody plants and 96 taxa were herbaceous plants. And nine naturalized plants were found. The physical and chemical characteristics of soil were analyzed. The soil texture showed five types; sandy loam, silt loam, loam, clay loam and clay, which suggested kudzu occupied almost any type of the soil. The soil was strongly acid with pH 4.04 ~ 4.67. The organic matter content of

the soil was only 0.10 ~ 1.38 %, which demonstrated kudzu could survive even in barrens.

### **Forest Tree Damage by Kudzu Vine**

To find out how much forest trees were physiologically depressed by kudzu vines, photosynthetic ability of ten tree species was measured. The photosynthetic rate was increased by 7.4 times when trees were freed from kudzu vines. Every species studied in this study was found to be impacted negatively by kudzu vines in their physiological activities. The difference of photosynthetic ability can bring growth difference of forest trees.

## **3. Development of bioherbicidal formulation**

To develop the optimal formulation of selected candidate fungi as a bioherbicide for controlling kudzu, *Alternaria tenuissima*, *Fusarium solani*, *Rhizoctonia solani* and *Phytophthora erythroceptica* were used as the candidate fungal agent.

The candidate fungi were formulated with three major combinations that could be applied easily with a garden sprayer. The tested 3 formulations were 1) ILPON surfactant, 2) sucrose-Tween 20 solution, and 3) w/o/w emulsion. Combined w/o/w emulsion showed a significant improvement on disease severity over the ILPON surfactant or sucrose-tween 20 solution. The w/o/w emulsion was made by mixing and emulsifying a oil phase and a water phase (1:1, v/v) and the final oil concentration of the emulsion was adjusted by mixing the additional water. The oil phase of the emulsion contained 20 ml of vegetable oil, 2 g of emulsifier (ISP-590), 80 ml of distilled water. The water phase contained 2.0 g sucrose, 0.1 ml of Tween 20, and 100 ml of tap water.

Prepared inoculum of each fungal agent was suspended in W/O/W emulsion and sprayed onto leafy kudzu in growth chambers, green house and field plots.. Selected optimal inoculum concentration was  $1 \times 10^4$  spores/ml for *A. tenuissima*,  $1 \times 10^5$  spores/ml for *F. solani*,  $1 \times 10^3$  zoospores/ml for *P. erythroseptica* and  $1 \times 10^5$  mycelia/ml for *R. solani*, respectively. Emulsified oil enhanced disease index and safflower oil for *A. tenuissima* and *R. solani* and sesame oil for *F. solani* and *P. erythroseptica* were selected. The optimal oil concentration of selected oil was 5% safflower oil (v/v) for *A. tenuissima*, 5% sesame oil (v/v) for *F. solani*, 3% sesame oil (v/v) for *P. erythroseptica* and 5% safflower oil (v/v) for *R. solani*, respectively. However, control kudzu inoculated with no emulsion but each inoculum showed weak infection without further lesion expanding.

The w/o/w emulsion combination was the best formulation to control aggressively growing kudzu.

# CONTENTS

|   |     |
|---|-----|
| 1. Introduction .....   | 17  |
| 2. Present research situations in the domestic and foreign countries .....                        | 24  |
| 3. Results and Discussion .....   | 26  |
| 1) Isolation and assessment of biocontrol agent.....  | 26  |
| 2) The physiological and growing characteristics of kudzu and forest tree damage by its vine..... | 55  |
| 3) Development of bioherbicidal formulation.....  | 80  |
| 4. Achievement of research purpose and its contribution to other fields.....                      | 106 |
| 5. Application plans based on results from this research.....                                     | 109 |
| 6. Foreign science and technology informations collected from the research processes.....         | 110 |
| 7. References .....   | 111 |

## 목 차

|                               |    |
|-------------------------------|----|
| 제 1장 연구개발과제의 개요.....          | 17 |
| 제 1 절 연구개발의 목적.....           | 17 |
| 제 2 절 연구개발의 필요성.....          | 18 |
| 제 3 절 연구개발의 범위.....           | 21 |
| 제 2장 국내외 기술개발 현황.....         | 24 |
| 제 1 절 국내 기술 현황과 문제점.....      | 24 |
| 제 2 절 국외 기술 현황.....           | 24 |
| 제 3 절 앞으로의 전망.....            | 25 |
| 제 3장 연구개발수행 내용 및 결과.....      | 26 |
| 제 1 절 칩의 유용미생물 선발 및 평가.....   | 26 |
| 1-1. 지역별 및 병징별 이병주 수집.....    | 26 |
| 1-2. 우수미생물의 분리 및 병원성 검정.....  | 29 |
| 1-3. 우수미생물의 기주범위.....         | 49 |
| 제 2 절 칩의 생리생장특성 및 임목피해조사..... | 55 |
| 2-1. 칩의 형태 및 생장 특성조사.....     | 55 |
| 2-2. 칩균락지의 식생조사.....          | 62 |
| 2-3. 칩에 의한 임목의 피해상황 조사.....   | 77 |



# 제1장 연구개발 과제의 개요

## 제 1 절 연구개발의 목적

쑥 [*P. thunbergiana* Benth (= *Pueraria lobata* Ohwi)]은 표고 100~1,200 m의 전국의 산야에 야생하며, 일본, 대만, 중국 및 미국 등에 분포한다. 쑥의 줄기는 포복하거나 나무줄기를 감고 자라며, 비옥한 곳에서는 1년에 10 m 이상 자라며 2 m<sup>2</sup>의 지면을 덮을 수 있을 정도로 생육이 왕성하다. 수림이나 풀숲을 막론하고 자라는 특성으로 인하여 나무의 생육과 수형을 망가뜨려 산림에 피해가 크다. 북미에서는 1930년대 토양침식방지를 위하여 도입한 것이 현재는 산림에 심각한 문제 잡초로 되어 많은 피해를 주고 있다.

우리나라에서도 쑥은 산림을 망가뜨리는 주범으로 쑥의 방제가 필요한 실정이다. 1984년 이후부터 쑥의 확산을 억제하고 쑥에 의한 경제 수종의 피해 및 산림의 황폐화를 막기 위하여 쑥 방제에 노력하고 있다. 쑥방제를 위해서는 주로 화학적 약제인 Dicamba와 Picloram와 같은 제초제를 주로 이용하여 왔다. 그러나 화학약제를 계속 사용할 경우 환경 및 생태적으로 많은 문제가 발생하고 있다. 현재 인력을 이용한 쑥의 제거는 인건비의 상승으로 인하여 실제 이용하기 어렵고, 인력에 의해 제거한다 해도 쑥의 서식처가 약제를 살포할 수 없는 높은 산이나 계곡에 서식하는 경우 방제가 어려움이 있다. Dicamba나 piclamba의 제초제를 사용할 경우 적용 장소나 범위가 제한되어 있고, 제초제의 가격 등으로 인하여 비경제적이며, 제초제에 대한 저항성이 나타나는 문제가 발생할 것으로 보고되어 있다. 화학적 제초제의 일방적인 사용은 쑥에 대한 제초의 특이성의 부재로 근연의 작물을 재배하는 경작지를 황폐하게 만드는 역효과를 초래해 왔다. 그리고 제초제가 적용되지 않은 쑥은 덩굴이 다시 나와 번성해 같은 문제가 반복되고 있어 실질적 방제 효율은 낮은 실정이다. 그러므로 쑥의 효율적인 방제를 위해서는 반드시 위의 문제를 해결할 수 있는 방제방법이 강구되어야 한다.

본 연구의 목적은 쑥에 특이성이 있는 병원균을 분리동정하고, 병원성을 증가시킬 수 있는 보조제를 선발하여 환경 친화적으로 쑥을 방제할 수 있는 bioherbicide를 개발하는데 있다.

## 제 2 절 연구개발의 필요성

### 1. 기술적 측면

#### 가. 칩의 환경 친화적 방제수단 강구

칩은 우리나라 산야에 자생하는 덩굴성 콩과작물로서 잎과 덩굴은 사료로서, 덩굴은 생활용품의 원료로서, 뿌리는 생약재료로서 사용되어 왔으며, 덩굴의 섬유질은 갈포 벽지로 가공되어 수출상품이 되기도 하였다. 그러나 임업에서는 칩의 무성한 덩굴은 나무의 생육을 저해하므로 산림 잡초로 간주되고 있으며, 특히 칩은 수목을 감고 올라가 위를 덮음으로서 햇빛을 우점 하면서 수목을 눌러 말라죽게 함으로서 칩 밭을 이루게 된다.

따라서 산림의 보호를 위해서는 칩의 방제를 통한 발병지의 확산을 억제하고 발병지에서의 칩에 의한 경제수종의 피해 및 산림의 황폐화를 막기 위하여, 해마다 많은 국비와 지방비를 들여 방제 노력을 기울이고 있다. 현재 방제는 주로 사람의 노동력과 제초제에 의존하고 있으나 이들 방법은 노력이 많이 들고 적용되지 않은 덩굴이 다시 나와 번성하게 되어 같은 문제가 반복되고 있어 실질적 방제 효율은 낮은 상태에 머물고 있다. 또한 칩의 분포상 적용할 수 있는 범위가 경작지 주위나 사람이 오를 수 있는 야산에 한정되어 있으며, 제초제의 일반적인 사용은 제초제의 특이성의 부재로 인하여 근연의 작물을 재배하는 경작지를 황폐하게 만드는 역효과를 초래해 왔다.

그러므로 칩의 효율적인 방제를 위해서는 반드시 위의 부작용을 최소화 할 수 있는 방제방법이 강구되어야 한다. 그러나 현재는 칩에 의한 피해상황이나 발생분포나 피해규모에 대한 종합적인 조사 보고가 적은 실정이다.

#### 나. 칩의 생물학적 방제

콩과의 줄기 잡초인 칩은 한국, 일본 중국 및 미국의 주요 잡초의 하나이다. 칩은 18 m 까지도 자라며, 봄에는 하루에 25 cm 까지 자랄 수 있는 왕성한 생육속도로 인하여 분포하는 곳에서 여러 수목, 특히 수령이 오래된 수목에 광합성 저해작용을 하여 결국 죽게 하는 문제점을 나타내고 있다 (Shurtleff & Aoyage,

1977). 그래서 30 여 년 전부터 칙에 제초제를 사용하기 시작했다. 위와 같은 피해를 극복하기 위한 대안으로서 환경피해를 줄이고 인력이 미칠 수 없는 곳에서의 지속적인 방제효과를 거둘 수 있는 유일한 대안은 병원미생물을 이용한 생물학적 방제가 유일하다. 기주 특이성 있는 방제 agent를 선발하여 이용할 경우 특이성 있는 방제 방법으로 이용할 수 있다. 또한 일단 정착한 병원균에 경우 지속적으로 대상 식물의 생태계에 교란을 가져오므로 지속적인 칙의 밀도 및 발생면적의 억제 효과를 거둘 수가 있다.

다. 병원미생물의 감염 및 병원성 증강을 위한 보조제의 선발

최근 병원미생물을 이용한 생물학적 방제에 병원균의 침투 및 이행을 촉진하기 위하여 다양한 종류의 보조제들이 사용되고 있다. 자연상태 하에서 bioherbicide의 활성을 유지하고 침투 및 조직 내에서의 이행을 촉진시켜 주어 병원성을 극대화시키기 위해서는 최적 formulation의 선발이 특히 중요하다. 따라서 선발되는 병원균에 따른 최적 formulation이 조사되어야 하고, 특히 계면활성제 유래의 이행 system이 널리 사용되고 있으나 그 외에도 적용 가능한 최적의 formulation을 선발한다.

## 2. 경제·산업적 측면

◎ 임업에서는 칙의 무성한 덩굴은 나무의 생육을 저해하므로 산림 잡초로 간주되고 있다. 칙은 수목을 감고 올라가 위를 덮음으로서 햇빛을 우점하면서 수목을 눌러 말라죽게 함으로서 칙 받을 이루게 된다. 따라서 산림의 보호를 위하여는 칙의 방제가 필요한 실정이며, 해마다 많은 국비와 지방비를 들여 방제 노력을 기울이고 있다. 방제는 덩굴을 자르고, Glyphosate등 침투성 제초제를 바르거나 굵은 덩굴에 구멍을 뚫고 제초제를 적신 면봉을 밀어 넣는 방법을 쓰고 있다. 그러나 이 방법은 노력이 많이 들고 적용되지 않은 덩굴이 다시 나와 번성하게 되어 같은 문제가 반복되고 있어 실질적 방제 효율은 낮은 상태에 머물고 있다. 또한 칙의 분포상 적용할 수 있는 범위가 경작지 주위나 사람이 오를 수 있는 야산에 한정되어 있으며, 제초제의 일방적인 사용은 제초제의 특이성의 부재로 인하여 근연의 작물을 재배하는 경작지를 황폐하게 만드는 역효과를 초래해 왔다.

◎ 칩덩굴은 목재 생산을 위한 조림지나 천연림에서 수목을 감고 올라가 나무 줄기의 절단이나 재질의 손상을 초래함은 물론 심할 경우 수목의 상단부까지 덩굴로 덮어 햇빛을 가리고 수목을 고사시킴으로서 산림자원 조성에 막대한 피해를 준다. 특히 대부분의 국립공원에서 칩이 번성하고 발생지역이 점차 확대되어 가고 있으며, 수령이 오래된 경관수에 막대한 매년 증가하고 있다.

### 3. 사회·문화적 측면

◎ 콩과식물인 칩은 전국 산야의 표고 100-1,200m 사이의 양지에 자생하는 여러해살이 낙엽 덩굴성 식물로서 길이 10m이상, 직경 20cm 이상 자라며 지리적으로는 햇볕이 드는 곳이면 토질을 가리지 않고 어디서나 잘 자란다. 또한 일차 천이 식생으로서 황폐지와 척박지에 잘 자라고 번식력이 왕성해서 전국 어디에서나 흔히 볼 수 있게 되었다. 칩은 줄기는 길이 10 m이상으로 뻗으며 따뜻하고 습윤한 기후를 좋아하며, 토심이 깊고 부식질이 많은 사질양토를 좋아한다. 줄기의 신장은 7-8월에 왕성하고 겨울에는 휴면상태로 월동하고 4월 초순에 생장이 시작된다. 씨의 전과는 주로 겨울철 계절풍에 의해 이루어진다. 칩의 종자는 콩과식물에서 흔히 볼 수 있는 경실이다. 줄기는 낮보다 밤에 1.3배 정도 빨리 자란다. 이와 같은 빠른 번식 속도를 통하여 전국의 자연경관이 수려한 국립공원 일대를 빠르게 잠식하여 가고 있으며, 동시에 황폐화 시켜가고 있어 경제적인 피해는 물론 수령이 오래된 경관수를 기반으로 하는 수려한 자연경관으로부터 얻는 막대한 무형의 정신적 가치가 칩의 번식만큼씩 잠식 되어가고 있다.

◎ 칩은 전국의 주요 산야에 분포하며 특히 경관이 좋은 주요 국립공원에 분포하고 발생면적이 해마다 넓어지므로 인해서, 산림의 황폐화를 초래하고 있다. 따라서 점차 확대되어 가는 칩의 발생에 대한 적절한 조치가 취해지지 않는다면 보다 심각한 유형무형의 피해를 초래하게 될 것이다.

## 제 3절 연구개발의 범위

산림에서 칩은 왕성한 생장으로 인하여 많은 수목에 피해를 주고 있다. 지금까지 칩의 방제를 위해서는 주로 인력과 화학약제에 의존하고 있다. 인력에 의한 방제는 노동력의 부족 및 높은 임금으로 인하여 실효성이 없으며, 화학약제의 사용은 칩에 대한 특이성부족으로 다른 작물에도 피해를 주며 환경적인 면에서 환경을 파괴하므로 화학약제의 사용을 억제하는 추세이다. 본 연구는 인력에 의한 방제나 화학약제의 부작용을 해결하기 위한 방법으로 칩에 병원성이 있는 병원균을 이용하여 칩을 방제하고자 한다. 본 연구를 성공적으로 수행하기 위한 실험, 기술적인 방법들은 아래와 같다.

### 1. 우수 미생물의 분리 및 평가

전국의 주요 발생지역을 중심으로 병해표본을 수시로 수집하여 병원균을 분리 및 평가하여 bioherbicide로서의 후보 병원균을 선발한다.

#### 가. 병원균의 분리

병해 표본으로부터 세균성 및 곰팡이성 병원균의 분리를 위하여 기본배지 및 선별배지들을 이용하여 병원균들을 분리한다. 분리된 병원균들은 -80C에 glycerol stock으로 또는 증류수에 agar disk 형태로 장기보관하고 세균성 병원균은 YDC또는 KB medium에, 균류는 PDA 또는 water agar에 계대배양 하면서 이하의 실험에 이용한다.

#### 나. 병원균의 병원성 검정

분리된 병원균을 대상으로 병원성 검정을 실시한다. 병원성 검정은 pot에 식재된 많은 칩을 이용하여 격리된 온실 내에서 실시한다. 세균은 잎이나 줄기에 spraying 또는 syringe를 이용한 infiltration 방법으로 실시한다. 접종 후 24 시간 이후부터 출현하는 습윤반점을 확인하면서 병원성을 확인하여 후보 세균을 선발한다. 균류는 PDA 배지상에서 배양한 뒤, spore suspension 또는 마쇄된 균사체를 spraying을 통하여 병원성을 검정한다.

#### 다. 병원균의 기주범위 조사

선발된 병원균을 대상으로 칠과 작물과 일반작물을 대상으로 온실 및 야외서 기주범위를 조사한다.

### 2. 칙의 생리,생장 특성 및 임목피해조사

#### 가. 칙의 형태 및 생장 특성 조사

칙의 잎, 꽃, 열매, 화분 등의 형태학적 특징을 Digital Calipers, 광학현미경(LM) 및 주사형전자현미경(SEM)을 이용하여 지역별로 조사하였으며, 성장기인 3월부터 10월까지 생장 특성을 분석하기 위하여 지역별로 줄기의 신장을 현장에서 측정하였다.

#### 나. 칙군락지의 식생 조사

칙이 우점하고 있는 군락지의 식생조사를 위하여 지역별로 조사구를 설정하여 군락지내 관속식물상을 조사하고 Braun-Blanquet 방법으로 식물군락을 분석하였으며, 조사구내 토양의 이화학적 특성을 분석하였다.

#### 다. 칙에 의한 임목의 피해 상황 조사

칙에 의해 성장이 저해되거나 고사하는 등 임목의 피해 상황을 분석하기 위해 광합성측정기를 이용하여 칙에 의해 피압되었을 때와 정상적으로 생육했을 때의 임목의 광합성률, 증산량 및 기공전도도 등을 측정하여 생리적 특성을 비교 분석하였다.

### 3. 유용미생물에 효과적인 formulation 개발

#### 가. 대상 병원균에 대한 유용 formulation 선발

칙에 특이적인 병원균의 종류에 따라서 formulation은 많은 차이를 보일 수밖에 없다. 따라서 선발된 병원균에 따른 formulation의 개별적인 개발이나 조합의 형태로 개발한다.

나. 선발된 보조제의 처리를 통한 병원균의 침입 및 병원성 증강 효과  
격리된 온실 내에서 선발된 병원균 및 적용방법을 이용한 조절된 scale을 통한  
적용으로 병원균의 침입 및 병원성의 증강에 미치는 효과를 검정한다.

다. 후보 보조제의 종합적 평가를 통한 선발 및 field test에서의 적용  
온실검정을 통하여 선발된 formulation을 실제 field에서 병원균과 함께 적용하  
여 방제에 있어서의 실제 효과를 검정한다.

## 제 2장 국내외 기술개발 현황

### 제 1절 국내 기술 현황과 문제점

◎ 콩과의 줄기 잡초인 칩은 한국, 일본 중국 및 미국의 주요 잡초의 하나이다. 왕성한 생육속도로 인하여 분포하는 곳에서 여러 수목, 특히 수령이 오래된 수목에 광합성 저해작용을 하여 결국 고사하게 하는 문제점을 나타내고 있다. 그러나 칩의 방제가 어려우며 현재 적용되는 방법으로는 제초제인 Picloram 또는 Dicamba의 반복적 사용, 식식성 동물을 이용 및 인력의 직접적인 투입에 의한 제거 방법 등을 적용하여 왔다 (김종산, 1995).

◎ 따라서 이와 같은 문제점을 극복할 수 있는 방법으로 병원균을 이용한 생물학적 방제가 국내에서는 칩 역병균 (*P. erythroseptica*)을 이용한 생물학적 방제가 시도된바 있다 (김희석, 1997). 이 칩 역병균의 처리는 주로 분무기로 살포하는 방법이 가장 균일한 발병을 유도할 수 있었다. 역병균은 발병에 물이 절대적으로 필요하므로 비오는 날 집중하지 않으면 발병을 기대할 수 없다.

◎ 현재 국내에서의 bioherbicide 개발에 대한 활동은 거의 없는 실정이다. 또한 정보 및 병원균에 대한 source 가 거의 외국에 의존하고 있다. 그러나 칩에 경우에 문제가 되는 미국에서는 칩의 생물학적인 방법이 거의 불가능한 것으로 인식되고 있어 속수무책으로 방관하고 있으나, 칩의 발생 origin이 중국, 일본 및 한국에 있는 만큼 그해결의 가능성은 그 origin으로부터 찾아 내야 한다.

### 제 2절. 국외 기술 현황

해외에서는 병원세균인 *P. syringae* pv. *phaseolicola* 이용하여 시도된적이 있다, 병원세균을 이용한 방법으로는 칩 또는 콩에 병원성이 있는 것으로 알려진 *P. syringae* pv. *phaseolicola*의 경우 칩에 halo blight를 일으키고 이와 관련된 toxin으로는 phaseolotoxin이 알려져 있으며 독소에 의해 가해 받은 식물이 stunting, chlorosis와 심한 경우에는 줄기말단에 괴사를 일으키는 것으로 알려져 있다. 그러나 본 세균이 독소를 분비하기 위해서는 18 °C 정도의 낮은 온도를 요

하여, 한여름에 문제가 되는 썩의 특성상 이 시기에는 방제대상 썩을 발견하기가 어렵고, 병원성에 있어서도 문제가 되는 썩의 앞에서는 충분한 방제효과를 기대하기 어렵다. 그 외에도 콩에 halo blight라는 치명적인 병을 일으키는 것으로 보고되어 있어, 방제 agent로서 안전한 특이성을 확보하지 못하고 있다.

### 제 3절. 앞으로 전망

◎ 썩의 분포나 생태적 특성상 인력을 이용한 직접적인 방제가 어려운 실정이나 기존의 이용 가능한 방법들은 직간접적인 인적자원의 접촉을 통해서 만이 방제가 가능한 실정이다. 현재 썩의 무차별한 생태계 파괴를 막을 수 있는 대안으로서 생물학적인 방법을 이용한 썩의 방제만이 그 가능성을 인정받고 있으나, 기주 특이성, 병원균의 생육 최적온도, 시용의 편의성 및 효과의 지속성 등의 문제점을 보완 할 수 있는 결과를 가진 방제 agent는 아직 보고된바 없다. 따라서 기주 특이성이 있고 병원성이 있어 지속적인 방제효과를 거둘 수 있는 생물학적 방제 체계가 시급히 구축되어야 한다. 특히 본 연구진은 다년간에 걸쳐 썩의 생물학적 방제가능성을 인식하고 방제 agent를 선발 하여오고 있는 중이다.

생물학적 방제제의 특성상 한번 병원균이 썩의 발생 지역에 정착하게 되면 자연생태 하에서 지속적인 기주와의 상호작용 통하여, 썩의 population을 지속적으로 억제 시켜주는 효과를 거둘 수가 있다. 따라서 인력이 직접적으로 접근하기 어려운 발생지역의 특성상 생물학적 방제만이 유일한 대안이다. 따라서 본 연구가 성공적으로 수행되어 진다면 생태계의 교란을 가져 오는 번식력이 빠른 잡초의 방제를 위한 환경 친화적 방제체계의 model system으로서의 중요한 역할을 할 수 있을 것이다.

◎ 본 연구진이 확보하고 있는 다수의 연구결과를 토대로 하여 더욱 체계적인 model system을 본 연구를 통하여 확보가능 하며 이를 이용하여 환경 친화적이면서도 지속적으로 썩의 발생면적 및 피해규모를 줄여 나가고자 한다. 다른 억제 대안이 없는 상황이나 본 연구결과를 토대로 보다 체계적인 model system을 개발한다면 썩의 지속적인 방제가 가능할 것이다.

## 제 3장 연구 개발 수행 및 결과

### 제 1절 칩의 유용미생물 선발 및 평가

#### 1-1. 시기별 및 병징별 이병주 수집

##### 재료 및 방법

우리나라의 산야에 자라고 있는 칩을 대상으로 2001년부터 2004년까지 칩의 생육기인 6월부터 10월까지 이병주를 병징별로 수집하여 칩의 생물학적으로 방제에 이용하고자 병원균을 분리하였다. 조사지역은 전라남북도, 충청남북도, 경상남북도를 대상으로 하였다. 주요 병징은 점무늬병징, 잎마름병징, 역병을 나타내는 이병주를 수집하여 병원균을 분리하였다.

병원균의 분리방법은 1-2. 우수미생물의 분리 및 병원성 검정과 같다.

##### 결과 및 고찰

병징별, 시기별 지역역별 분리된 병원균은 Table 1과 같다. 병징별 발생빈도를 보면 *Alternaria*에 의한 점무늬병 (Fig. 1)은 전체 분리균주 239개중 110개로 전체 분리주의 46%로 가장 많이 분리되어 *Alternaria*에 의한 점무늬병의 피해가 가장 높았다. *Fusarium*과 *Rhizoctonia*의 병원균은 주로 잎마름병징을 일으키는 데 *Fusarium*에 의한 잎마름병(Fig. 2)은 20.0%, *Rhizoctonia*에 의한 잎마름병 (Fig. 4)은 17.6%가 분리되었으며, *Phytophthora*에 의한 역병(Fig. 3)은 전체 병징에서 16.3%였다.

시기별로는 *Alternaria*에 의한 점무늬병은 생육초기보다는 생육후기인 8월과 10월에 주로 분리되었고, *Fusarium*에 의한 잎마름병은 6월부터 발병하기 시작하여 8월과 10월에 분리되었다. *Phytophthora*에 의한 역병은 생육초기인 6월에 가장 많이 분리되었고, 8월, 10월에는 생육후기로 갈수록 감소하였다. *Rhizoctonia*에 의한 잎마름병은 6월 10월보다 8월에 가장 많이 분리되었다. 이상과 같이 병

원균에 따라 칩에 발생하는 시기가 각각 다르게 발병되었다.

지역별로는 전라남북도, 충청남북도, 경상남북도 차이가 없이 발생하는 병징과 분리된 균에서 차이가 없었다. 이상의 주요 병징별, 시기별, 지역별로 병원균의 분리된 결과를 볼 때 병징별로는 *Alternaria*에 의한 점무늬병의 발병이 가장 많았다. 시기별 발병상황을 보면 칩의 생육초기에는 주로 *Phytophthora*에 의한 역병의 발생이 많았고, 생육말기에는 *Alternaria*에 의한 점무늬병의 발생이 많았다. *Fusarium*과 *Rhizoctonia*의 병원균은 주로 잎마름병징을 일으키는데 생육초기보다는 8월과 10월에 발병이 많았다. 이상의 결과를 참고하여 병원균을 bioherbicide로 사용할 때 병원균의 병원성과 발병빈도, 발생시기를 참조하여 사용하면 좋은 방제효과를 얻을 수 있을 것으로 사료된다.

Table 1. Isolates from symptomed kudzu in southern Korea

| Symptom/ pathogen                       | Collected month | No. of isolate (%) |
|---|-----------------|--------------------|
| Leaf spot/<br><i>Alternaria</i> sp.     | June            | 10                 |
|   | August          | 45                 |
|   | October         | 55                 |
|   | Sub-total       | <b>110 (46.0)</b>  |
| Leaf blight/<br><i>Fusarium</i> sp.     | June            | 10                 |
|   | August          | 18                 |
|   | October         | 20                 |
|   | Sub-total       | <b>48(20.0)</b>    |
| Vine blight/<br><i>Phytophthora</i> sp. | June            | 20                 |
|   | August          | 12                 |
|   | October         | 7                  |
|   | Sub-total       | <b>39(16.3)</b>    |
| Leaf blight/<br><i>Rhizoctonia</i> sp.  | June            | 7                  |
|   | August          | 20                 |
|   | October         | 15                 |
|   | Sub-total       | <b>42(17.6)</b>    |
|   | Total           | <b>239</b>         |

## 1-2. 우수미생물의 분리 및 병원성 검정

쑥에 대한 병원성과 환경에 대한 번식력이 강하여 쑥의 bioherbicide로 사용하기에 적합한 병원균 (*Alternaria tenuissima*, *Fusarium solani*, *Phytophthora erythroseptica*, *Rhizoctonia solani*)의 분리와 병원성을 검정한 결과는 아래와 같다.

### 가. *Alternaria tenuissima*에 의한 쑥 점무늬병 Leaf spot of kudzu caused by *Alternaria tenuissima*

쑥 (*Pueraria thunbergiana*)은 다년생, 덩굴, 낙엽 식물로 다른 식물에 비해 생장이 매우 왕성한 식물이다. 쑥은 관목이나 수목의 지상부까지 감고 자라는 특성으로 인해 빛을 차단하므로 다른 식물의 생장에 많은 피해를 준다. 쑥의 이용은 과거에는 갈포라고 하여 벽지로 사용되었으며, 현재는 갈근인 뿌리를 이용하여 약재로 이용하고 있다 (김, 1996). 또한 사방 방제용으로도 이용되었다. 그러나 현재는 수목의 생장을 억제하는 야초로 방제가 매우 어려운 잡초로 인식되고 있으며, 왕성한 생장으로 인하여 쑥의 생장 면적이 매년 확대되어 이를 방제하기 위한 비용이 증가되고 있는 실정이다 (산림청, 1997).

쑥의 방제는 주로 제초제인 화학적인 약제가 이용되고 있으나 높은 산이나 사람의 손이 닿지 않은 장소에 자라는 쑥에 대하여 약제의 처리는 실제적으로 매우 어려워 방제에 어려움이 있다 (김, 1997). 따라서 쑥의 효과적인 방제에 있어서 미생물을 이용한 생물학적 방제가 요구되고 있다. 쑥에 발생하는 병원균으로 외국에는 *Colletotrichum gloeosporoides* (Farris와 Reilly, 2000), *Pseudomonas syringae* pv. *phaseolicola* (Zidack과 Beckman, 1996)가 보고됐으며 우리나라에서는 *Pseudocercospora puerariicola* (신, 1997), *Phytophthora erythroseptica* (김, 1992)와 *Gloeosporium* sp. (박, 1967), *Monochaetia* sp. (박, 1967), *Phyllosticta* sp. (박, 1961), *Phakopsora pachyrhuzi* (박, 1958)가 보고된 바 있다. 우리나라에서 쑥의 방제로 *Phytophthora* sp.를 이용한 쑥 방제가 보고되었다 (김, 1992; 김, 1997).

우리나라에서 권과 박 (2002)에 의하여 *Alternaria tenuissima*에 의한 잠두 점무늬병이 보고 되었으며, 일본에서는 *Alternaria tenuissima*에 의해서 개토편드라미 (日本植物病理學會, 2000), 잠두 (Honda 등, 2001; Rahman 등, 2002), 및 초본식물과 목본식물 (小林 등, 1992)의 잎, 줄기, 가지, 과실, 꽃에 점무늬 병을 일으킨다는 보고가 있다.

## 재료및방법

### 병원균분리

병원균 분리를 위하여 칩의 잎에 발생한 점무늬병의 병반을 수집하여 표면 소독으로 1% 차염소산나트륨 용액에서 1분, 70% 알코올로 1분간 2차 실시하였다. 표면 소독한 재료를 멸균 증류수로 2분간 수세한 후에 여과지를 이용하여 표면의 수분을 제거하였다. Streptomycin sulfate를 리터 당 100 mg이 첨가된 감자한천 (PDA; potato dextrose agar) 배지를 이용하여 28℃ 항온기에 배양하면서 성장균사의 끝부분을 떼어 병원균을 분리하였다.

### 병원균의특성

병원균의 균학적 특성은 PDA 배지에 배양하면서 균총의 색깔과 기중균사의 출현 등을 조사하였다. 형태적 관찰을 위하여 PDA 배지에서 성장한 균에 빛을 조사하면서 균사의 격막, 분생포자의 형태 등을 관찰하였다.

### 병원성검정

병원성 검정을 위하여 PDA 배지에서 28℃ 항온기에 10일간 배양한 균을 homogenizer로 절단 후 접종원으로 사용하였다. 병원성을 증가시키기 위하여 온실에서 키운 칩을 수분성장상 (100% RH, 25℃)에 24시간 보관 후 접종하였다. 접종방법은 새로운 잎으로부터 10엽 까지 성장한 건전한 칩에 분무접종 하였다. 식물성장상에서 병원성 검정은 접종 후 광 12시간, 습도 70%, 온도 28℃ 조건에서 조사하였다.

## 결과 및 고찰

### 병징

췌 점무늬병은 잎에 점무늬를 형성하며 점무늬의 가장자리에 황색의 halo를 형성하는 것이 특징이다 (Fig. 1A). 발병 처음에는 잎이 수침상으로 물러지면서 작은 점무늬를 형성하며, 병이 진전되면 부정형의 대형 병반으로 융합되었다. 병반의 가장자리는 황색으로 변색하고 그 넓이가 점점 확대되어 결국 괴사되었다 (Fig. 1C). 점무늬 가장자리가 변색하는 것은 균의 독소발생으로 인하여 황색으로 변한 것으로 생각된다. 심하게 발병된 췌의 잎은 황색으로 변하면서 결국 괴사 되어 낙엽현상이 나타나 췌의 생장을 억제하였다. 어린 줄기와 어린 잎에 발병되면 잎과 줄기가 갈색으로 변하면서 마름증상이 나타나 췌의 생장을 정지시켰다 (Fig. 1B).

### 균학적 특성

분리된 균주를 PDA 배지에서 28℃로 7일 동안 배양하면 지름이 8.0 cm에 달하게 균총이 성장하였다. 균총은 연한 회색 진한 녹색 이며 공기 중에 황록색 또는 검은색의 기중균사를 형성하며 PDA 배지에서 색소를 분비하지 않았다 (Fig. 1D). 균사는 격벽이 있으며 투명색에서 연한 갈색을 띠었다 (Fig. 1E). 분생포자는 갈색을 띠며 분생자병에 3 - 8개의 연쇄상으로 나타나며 대부분 단생의 포자로 나타났다. 포자의 형태는 매우 다양하였으며 난형 또는 곤봉형으로 4-8개의 횡격막과 1-2개의 종격막을 형성하였다 (Fig. 1F). 횡격막은 다른 격벽보다 어둡고 가운데가 잘록하였다. PDA에 10일 배양한 병원균의 분생포자의 크기는 20 ~ 60 x 10 ~ 25  $\mu\text{m}$  (평균 35.4 x 17.9  $\mu\text{m}$ )였다.

췌 점무늬병의 병반에서 분리한 균주의 특징은 Fig. 1과 Table 2에 나타냈으며 이 특징들은 유 (2001)와 보고와 균학적 특징이 유사 하였다.

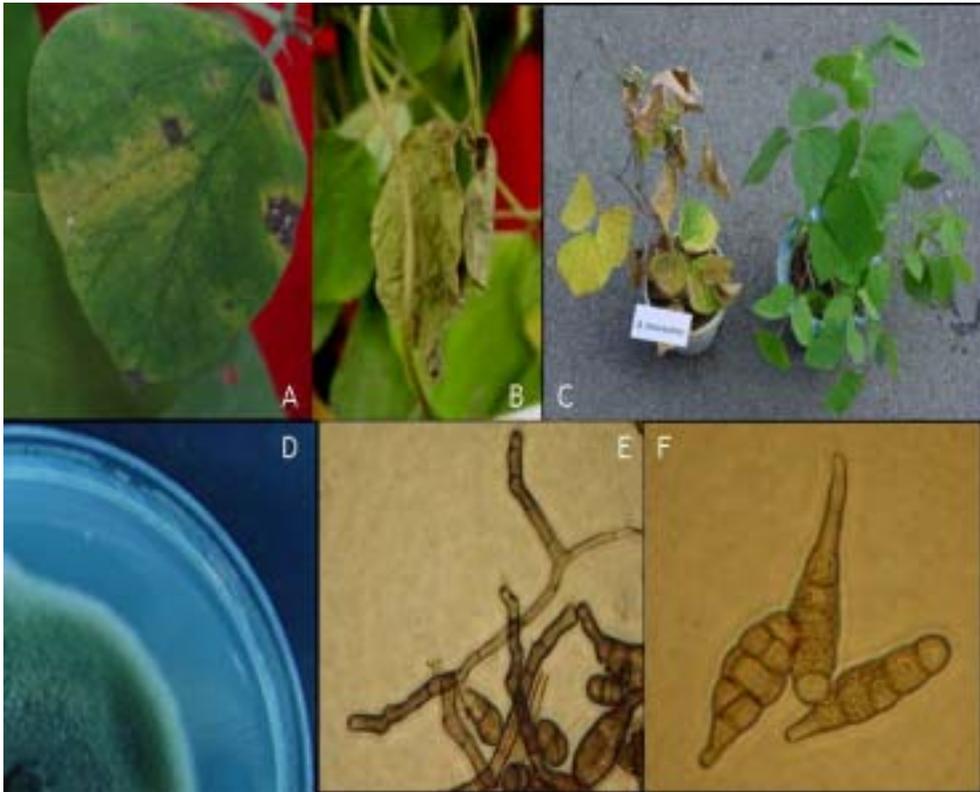


Fig. 1. Symptoms of leaf spot of kudzu (*Pueraria thunbergiana*) and mycological characteristics of the pathogen, *Alternaria tenuissima*. The symptoms of causal pathogen were typical leaf spot (A) surrounded by chlorotic halo. Infected shoot became brown, dry and then death (B). The lesions became more yellow, dry, and brittle and finally fall out. Left, disease; Right, health (C). Its mycelium of the causal pathogen after 7-day incubation on PDA at 28°C (D) had hyphal septa (E). Conidia had 4 to 8 transversal and 1 to 2 longitudinal septa (F, x400).

Table 2. Comparison of morphological and cultural characteristics of the causal fungus of leaf spot of kudzu (*Pueraria thunbergiana*) and previous description

| Mycological Characteristics | Present isolate   | Yu, 2001  |
|-----------------------------|---|---|
| Mycelium                    | Hyphal septa, branched  | Hyphal septa, branched                            |
|                             | Hyaline to pale brown   | Hyaline to pale brown                             |
| Colony                      | Dark green  | Gray~gray green                                   |
|                             | 8 cm/ 7days   | 6~7 cm / 7days                                    |
|                             | Aerial mycelium, branched                                     | Aerial mycelium, branched                         |
|                             | No pigment on PDA medium                                      | No pigment on medium                              |
| Conidophore                 | Solitary or fascicles, septa                                  | Solitary or fascicles                             |
| Conidia                     | Moderately long chains of 3~8 or more (Mostly single conidia) | In short or moderately long chains of 3~8 or more |
|                             | Varies greatly ,weak beak                                     | Ellipsoid or broadly ovoid or obclavate           |
|                             | Ovoid or obclavate  | 25~58 x 10~18 $\mu\text{m}$ long                  |
|                             | 20~60 x 10~25 $\mu\text{m}$ long (35.4 x 17.9 $\mu\text{m}$ ) | Pale~mid golden brown                             |
|                             | Pale- brown   | 4~10 transversal septa                            |
|                             | 4~8 transversal septa   | 1~2 longitudinal or oblique septa                 |
|                             | 1~2 longitudinal septa  |   |

### 병원성검정

병원성을 검정하기 위하여 노지에서 자란 칩과 포트에서 자란 칩을 대상으로 하였다. 28℃의 항온기에서 PDA 배지에서 10일간 배양한 포자현탁액 ( $3 \times 10^4$  spores/ml)을 각각 분무접종 하였다. 식물생장상에서는 접종 3일부터 잎에 점무늬를 형성하였다. 그러나 노지에서는 접종 10일 후에 병반이 나타났으며 환경조건이 발병시기에 많은 영향을 주는 것으로 생각된다. 발병된 병반에서 병원균을 분리하여 재접종한 결과 처음 분리한 균주와 병원균의 형태적 특성 및 배지에서 균총의 일반 성질에서 동일하였다.

*Alternaria tenuissima*는 콩과 작물인 잠두에 병의 발생이 보고 된바 있다 (Honda 등, 2001; Rahman 등, 2002; 권과 박, 2002). 본 실험에서 콩과인 칩에 점무늬병을 일으키는 병원균이 *A. tenuissima*인 것으로 확인되었다.

이상과 같이 본 실험에서 분리한 병원균의 특징은 유 (2001), Honda 등 (2001), Rahman 등 (2002), 권과 박 (2002)이 기술한 균학적 특성과 전반적으로 일치하여, 이 병을 *Alternaria tenuissima*에 의한 칩 점무늬병으로 명명 하고자 한다.

#### 나. *Fusarium solani*에 의한 칩 잎마름병 (Leaf blight of kudzu caused by *Fusarium solani*)

칩은 다년생, 덩굴성, 콩과식물로 우리나라에서 흔히 볼 수 있는 야초이다. 칩의 덩굴은 갈포벽지로 이용되고 있으며 잎과 줄기는 가축의 사료로 이용되어왔다. 또한 칩의 뿌리는 갈근으로 한약재로 이용하고 있으며 이는 감기, 숙취, 보약, 구토, 지혈 등에 효과가 높다고 알려져 있다 (김태정, 1996). 그러나 빠른 생육으로 인하여 수목류에 큰 피해를 주고 있다. 특히 산림보호에 있어 큰 피해가 나타나 산림의 주요 잡초로 인식되고 있다. 칩의 제거는 인력으로 디카바 액제를 칩의 줄기에 바르는 방법과 글라신 액제 원액을 칩의 줄기에 주입하는 방법인 화학적 방제가 있다. 하지만 이 방법들은 칩덩굴 제거에 있어 방제효율이 낮다 (김희석, 1997). 또한 화학약제를 이용한 칩 방제는 약제의 연용으로 나타나는 생태적 문제점이 대두되고 있으며, 산 골짜기나 사람의 손이 닿지 않은 높은 산에 자라는 칩의 경우에는 약제의 처리가 불가능하여 방제에 어려움이 있다. 따라서 칩의 방제에 있어서 병원균을 이용한 생물학적 방제는 매우 필요하다. 칩에 발생하는 병원균으로 외국에는 *Colletotrichum gloeosporoides* (Farris와 Reilly, 2000), *Pseudomonas syringae* pv. *phaseolicola* (Zidack과 Beckman, 1996)가 보고됐으며 우리나라에서는 *Pseudocercospora puerariicola* (신, 1997), *Phytophthora erythroseptica* (김, 1992)와 *Gloeosporium* sp. (박, 1967), *Monochaetia* sp. (박, 1967), *Phyllosticta* sp. (박, 1961), *Phakopsora pachyrhuzi* (박, 1958)가 보고 된 바 있다. 우리나라에서 칩의 방제로 *Phytophthora* sp.를 이용한 칩 방제가 보고 되었다 (김, 1992; 김, 1997).

## 재료 및 방법

### 병원균 분리.

2001년 ~ 2004년에 걸쳐 전북지역의 산에 자라는 칙 잎의 잎마름 병징을 나타내는 병든 조직에서 병원균을 분리하였다. 병원균을 분리하기 위해 병반조직의 경계부위를 0.5 X 0.5 cm 크기로 자른 후에 1% 차염소산나트륨 용액을 1분간 1차 표면소독하고, 70% 알코올로 1분간 2차 소독 후 멸균 증류수로 2분간 수세하여 표면의 수분을 제거하였다. Streptomycin sulfate가 리터 당 100 mg이 첨가된 감자한천배지 (Potato dextrose agar, PDA)에 치상하여 28℃ 항온기에서 배양하면서 생장균사의 끝부분을 떼어내어 새로운 배지에 이식하였다. 분리한 병원균은 PDA 배지에 보존하면서 공시균주로 사용하였다.

### 병원균의 특성.

분리된 균주를 동정하기 위하여 Fisher 등 (1982)이 개발한 카네이션잎배지 (Carnation leaf agar, CLA)에 이식하여 28℃의 항온기에서 14일 동안 배양 후 광학현미경 (Olympus Mo21)을 이용하여 소형포자 및 대형포자의 형태와 크기를 조사하였다. CLA 배지는 200g의 카네이션 잎을 1리터의 증류수에 넣고 20분간 가열하여 얻어진 추출액에 agar 15g, dextrose 20g를 첨가하여 121℃에서 20분간 멸균하였다. 또한 배양적 특성은 PDA 배지에서 7일간 배양한 균총의 색깔 및 형태를 관찰하였다..

### 병원성 검정.

분리한 병원균의 병원성 검정을 위하여 PDA 배지에서 10일 동안 자란 균총의 표면에 멸균증류수를 첨가한 후 유리봉을 이용하여 균총의 표면을 긁어 접종원으로 사용하였다. 접종원의 농도는 10<sup>6</sup>/ml의 포자현탁액을 사용하였으며 접종방법은 분무접종하였다. 병원성을 증가시키기 위하여 온실에서 자란 칙을 접종 전에 100% RH, 25℃의 수분생장에 24시간 동안 보관 후에 접종하였다. 접종 후에는 생장상 (수분 70%, 28℃)에 옮겨 12시간의 광주기 조건으로 관리하면서 병원성을 조사하였다.

## 결과 및 고찰

### 병징.

췌 잎마름병은 2001년 ~ 2004년에 전북 지역의 산에서 자라고 있는 췌의 잎에 발생하였다. 주요 병징은 췌의 잎에 마름증상을 나타냈다. 발병초기에는 잎의 가장자리부터 연한 녹색으로 변하면서 병이 진전됨에 따라 점차 황색으로 변하였다. 황색을 나타내는 부위는 잎이 마르면서 둥글게 말려 들어갔다 (Fig. 2A). 마름증상이 나타난 잎의 끝부분은 괴사현상을 나타내기도 하였다 (Fig. 2B). 발병 15일 경에는 병반이 잎 전체에 확대되면서 잎 가장자리가 둥글게 말리며 만지면 부서지기 쉽고 줄기에서 떨어졌다. 췌의 줄기의 어린 신초는 진한 갈색으로 변하면서 마름증상이 나타면서 고사하였다 (Fig. 2C). 잎과 어린 줄기는 마름증상으로 인하여 조직이 고사하여 생장을 저지하였으나 전년도에 생장한 굵은 줄기는 마름증상과 고사현상이 나타나지 않았다.

### 균학적특징.

췌 잎마름병의 이병조직에서 분리한 병원균의 균총의 형태는 PDA 배지에서, 소형포자와 대형포자의 형태는 CLA 배지에서 각각 조사하였다. PDA 배지에서 직경 7 mm의 균총을 7일 동안 배양 (28°C의 항온기) 할 경우 직경 80 mm로 성장하였다. 균총은 처음에는 크림색을 띠며, 3주 후에는 연한 오렌지색으로 변하였다 (Fig. 2D).

CLA 배지에서 *Fusarium* sp.의 전형적인 특징인 대형 및 소형분생포자를 형성하였다. 대형분생포자는 격막이 3 ~ 4개로 끝이 고리형태 였다 (Fig. 2F). 크기는 45 ~ 85 X 5 ~ 10  $\mu\text{m}$  (56.3 X 7.2  $\mu\text{m}$ )였다 (Table 3). 접종 후 3 주에는 대형분생포자의 격막 수가 7 ~ 8개로 많아졌으며 격막 사이가 부풀어 올라 타원형이 나타났다. 소형분생포자는 콩팥모양으로 1 ~ 2개의 격막이 존재하였다 (Fig. 2E). 3주 배양한 균주의 균사를 관찰했을 경우에 대부분 둥글고 단생의 후막포자를 다량으로 형성하였다 (Fig. 2F). 분리된 병원균의 균학적 특징은 Table 3에 나타났다.

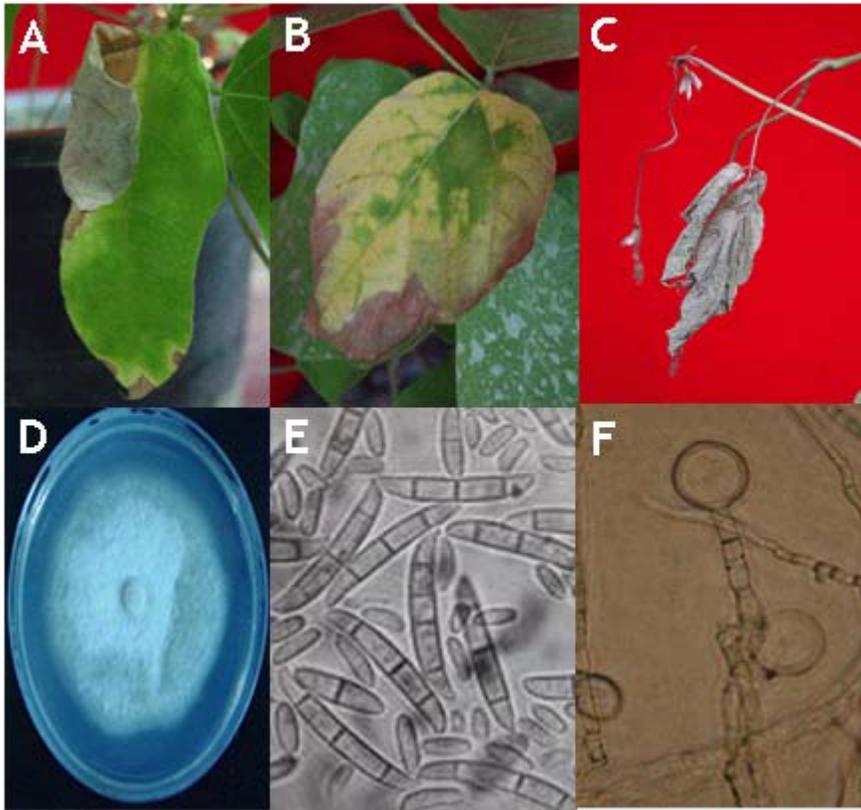


Fig. 2. Leaf blight of kudzu (*Pueraria thunbergiana*) leaves and mycological characteristics of the pathogen, *Fusarium solani*. The main symptoms were yellowish and blight (B). The margin of light green or yellow leaves became blight and necrotic (A). Also, shoot became dark brown, blight and collapsed and it grew no more (C). The isolated pathogen was cultured at 28°C for 7 days on PDA (D). Macroconidia were both hook and blunt type and microconidia were reniform, 1 to 2 septa (E). Globose chlamydospore formed in 3 weeks borne singly on phal branches (F, X400).

Table 3. Comparison of morphological and cultural characteristics of isolated in this study and previously described *Fusarium solani*

| Mycological characteristics | Present isolate<br>( 2002 - 2003)   | <i>Fusarium solani</i><br>(Snyd, 1881; Paul, 1984;<br>Lee, 2001) |
|-----------------------------|---|--|
| Mycelium                    | Cream color   | White cream color  |
|                             | Reddish white<br>(after 3 weeks)  | Reddish white<br>(after 2~3 weeks)                               |
|                             | Floccose shape on PDA<br>8 cm / 7days   | Sparse, floccose shape on<br>PDA                                 |
|                             | Aerial mycelium   | Aerial mycelium  |
| Macroconidia                | From abundantly, slightly<br>curved 3~4septa,thick wall                                 | From abundantly, slightly<br>curved 3~4 septa, thick wall        |
|                             | Mostly hooked cell  | Mostly blunted (rounded)<br>cell                                 |
|                             | Sometimes blunted cell<br>45 ~ 85 X 5 ~ 10 $\mu\text{m}$<br>(56.3 X 7.2 $\mu\text{m}$ ) | Sometimes hooked cell  |
| Microconidia                | 1~2 septa   | 1~2 septa  |
|                             | Reniform  | Oval, ellipsoidal or reniform                                    |
| Chlamydospore               | Form single in 3 weeks  | Form single or pairs<br>in 2~3 weeks                             |

### 병원성검정.

분리한 병원균을 PDA 배지에 10일 동안 배양하여 형성한 균총을 접종원으로 사용하였다. 접종원의 농도는 10<sup>6</sup>개/ml로 조정하여 분무접종하였다. 식물생장에서 접종3일부터 잎의 가장자리에 연한 녹색으로 변하였다. 접종시간 이 경과됨에 따라 병반이 확대되었으며 마름증상이 나타나며 결국 잎은 낙엽이 되었다. 접종 후 발병된 병반에서 병원균을 분리하여 재접종 결과 처음 분리한 균주와 병원균의 형태적 특징 및 배지에서 균총의 일반 성질이 동일하였다.

분리된 소형포자와 대형포자의 크기 및 균총의 특성은 Snyd.와 Hans. (1881) Paul 등(1984), Lee 등 (2002)에 의해 보고된 *F. solani*의 배양적, 형태적 특징이 일치되며 Fig. 3에 나타난 잎 마름병도 Tom등(2001)에 의해 보고된 병징과 일치하였다. 따라서 취의 잎 마름병을 일으키는 *F. solani*로 동정한다.

다. *Phytophthora erythroseptica*에 의한 칩 역병  
Vine blight of kudzu (*Pueraria thunbergiana*) caused by *Phytophthora erythroseptica*

칩 (*Pueraria thunbergiana*)은 콩과로 전 세계에 약 35종이 분포되어 있으며 우리나라 각처의 산기슭 양지에 나는 낙엽 덩굴성 식물이다. 칩은 매우 빠르게 생장으로 인하여 다른 수목류와 작물의 생장에 필요한 빛을 차단하기 때문에 서서히 죽이게 된다. 이러한 생육적 특성으로 산림관리에 있어 중요한 잡초로써 인식이 되고 있으며 이를 방제하기 위한 연구가 활발하게 이루어지고 있으며 방제 면적과 방제비용이 계속적으로 증가하는 추세이다 (이, 1997; 김, 1997; 산림청, 1996).

과거에 칩을 방제하기 위한 방법으로 인력을 이용한 칩의 제거와 칩의 잎, 덩굴을 사료로 이용하기 위하여 칩을 채취하는 노동력 중심으로 방제하여 왔다. 최근 디캄바와 글라신 액제와 같은 화학약제를 이용한 방제가 있으나 화학약제의 연속적인 사용은 환경면, 경제면, 방제 효율면에 있어서 매우 낮은 실정이다 (김, 1997)

최근에 외국에서는 식물 병원균을 이용한 잡초의 생물학적 방제에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다 (Charudattan, 2001). 칩에 발생하는 병원균으로 외국에는 *Colletotrichum gloeosporoides* (Farris와 Reilly, 2000), *Pseudomonas syringae* pv. *phaseolicola* (Zidack과 Beckman, 1996)가 보고 되었으며 우리나라에서는 *Pseudocercospora puerariicola* (신, 1997), *Phytophthora erythroseptica* (김, 1992)와 *Gloeosporium* sp. (박, 1967), *Monochaetia* sp. (박, 1967), *Phyllosticta* sp. (박, 1961), *Phakopsora pachyrhuzi* (박, 1958)가 보고 된 바 있다. 우리나라에서 칩의 방제로 *Phytophthora* sp.를 이용한 칩 방제가 보고 되었다 (김, 1992; 김, 1997). 일본에서 *Phytophthora erythroseptica*에 의해서 감자부패병을 일으킨다는 보고가 있다 (日本植物防疫協會, 200. 류 등, 2003)

## 재료 및 방법

### 병원균 분리.

전북지역 산에 자라고 있는 칩의 잎과 줄기에 역병이 발병하였다. 병원균을 분리하기 위해 병든 잎의 병든 부위와 건전부위를 0.5 X 0.5 cm 크기로 절단하여 1% 차염소산나트륨 용액과 70% 알코올을 각각 1분 동안 표면 소독을 하였다. 표면 소독 후 멸균증류수로 수세하여 표면을 수분을 제거하였다. 병원균의 분리는 물한천배지 (WA)와 선택배지(PARP; pimaricin 10 ug/ml, ampicilin 250 ug/ml, rifampicin 10 ug/ml, pentachloronitrobenzen 100 ug/ml; Erwin과 Ribeiro, 1996)에 치상하여 25C 항온기에서 배양하면서 생장한 균사의 선단부를 10% V8 배지와 감자한천 배지(Potato dextrose agar, PDA)에 치상 한 후 28C 배양기에 배양하였다. 분리된 병원균을 PDA 배지에 보존하면서 공시균주로 사용하였다.

### 병원균의 특성.

분리된 병원균의 균학적 특성을 조사하기 위하여 PDA 배지를 이용하여 28C 배양기에서 7일 동안 배양하면서 형성된 균총을 관찰하였다. 형태적 조사하기 위하여 V8 배지에서 5일간 배양하여 자란 균사를 직경 7 mm로 잘라낸 원판 disk를 1회용 Petri-dish에 옮기고 균사절편이 물에 잠길 정도로 멸균수를 첨사하여 형광등이 조사되는 25C 항온기에서 48-72시간 동안 배양하면서 글라이드글라스에 옮겨 현미경으로 유주자의 형태, 유성색식기관 및 균사의 형태를 관찰하였다.

### 병원성검정.

분리한 병원균의 병원성을 검정하기 위하여 10% V8 배지에서 5일간 배양 후 20 ml의 멸균수를 넣고 25C의 항온기에서 48시간 배양하여 유주자를 형성시켰다. 유주자낭이 형성된 배지를 2시간 동안 4C의 저온 항온기에서 유주자낭으로부터 유주자가 분리되도록 멸균된 유리봉으로 가볍게 문질러 유주자낭과 유주자를 분리하여 접종원으로 하였다. 유주자의 농도는 10<sup>3</sup> 유주자/ml로 조절하여 분무접종하였다. 접종 후 빛이 없고 25C인 항온기에 24시간 동안 둔 후 다시 25C, 습도 70%, 12시간 광주기 조건의 식물생장상에 옮겨 병원성을 검정하였다.

## 결과 및 고찰

### 병징.

2001년 ~ 2004년 까지 전북지역의 산에 칙 역병이 발생하였다. 주로 잎과 어린 줄기에 마름증상을 형성하였다. 어린 칙의 경우 초기에는 잎은 암녹색의 수침상 부정형 병반이 나타나며 점점 커지며 수축되어 칙 전체가 죽었다 (Fig. 3A). 어린 신초는 갈변하며 마름증상과 생장을 멈추고 고사 되었다 (Fig. 3B). 이 병원균의 경우 30℃가 넘는 높은 온도와 접종 후 6시간 이상의 젖은 환경조건이 필요한 것으로 보고 되어져 있다. 따라서 이러한 환경적 조건이 맞지 않아 이 병원균의 높은 병원성을 발휘하지 못한 것으로 생각된다. 하지만 이 후 칙의 잎이 더욱 심하게 황색으로 변색되면서 잎이 시들고 말라 죽는 마름현상이 나타났다 (Fig. 3C).

### 균학적특징.

칙 역병의 이병조직에서 분리한 병원균을 PDA 배지에서 28℃ 항온기에 7일 동안 배양하면 지름이 60 mm정도 생육하며 흰색솜털모양의 균총은 장미꽃의 형태로 성장하였다 (Fig. 3D).

균사는 격막이 없으며, V8 배지에서 팽윤균사를 형성하는 것으로 균사 마디마디가 구형이나 불규칙한 형태로 부풀어 올라 팽윤되었다 (Fig. 3E). 그러나 후막포자는 관찰되지 않았다. 유주자낭병의 끝이 2 ~ 3개로 분지하여 유주자낭을 형성하였다. 이 유주자낭은 유주자가 유출되는 입구가 돌출되지 않은 비돌출형이고 비탈락성이었다 (Fig. 3F). 장난기는 균사 끝에서 존재하였으며 둥근 구형으로 표면이 매끄러우며, 또한 약간 긴 원통형의 장정기는 장난기의 아랫 부분을 싸며 부착하는 저착형으로 나타났다. 난포자의 크기는 30 ~ 40  $\mu\text{m}$  (35  $\mu\text{m}$ )였으며 대부분이 비충만형이었으며 간혹 성숙한 난포자가 장난기를 가득 채운 충만형을 나타낸 난포자도 관찰되었다 (Fig. 3G). 이 병원균의 균학적 특징은 Table 4에 나타내었다.

분리된 병원균의 유성 및 무성생식기의 형태적 특징은 Pethyridge (1913), 김 (1997), 지 (2000))에 의해 보고 된 *P. erythroseptica*와 배양적, 형태적 특징이 일치하였다.

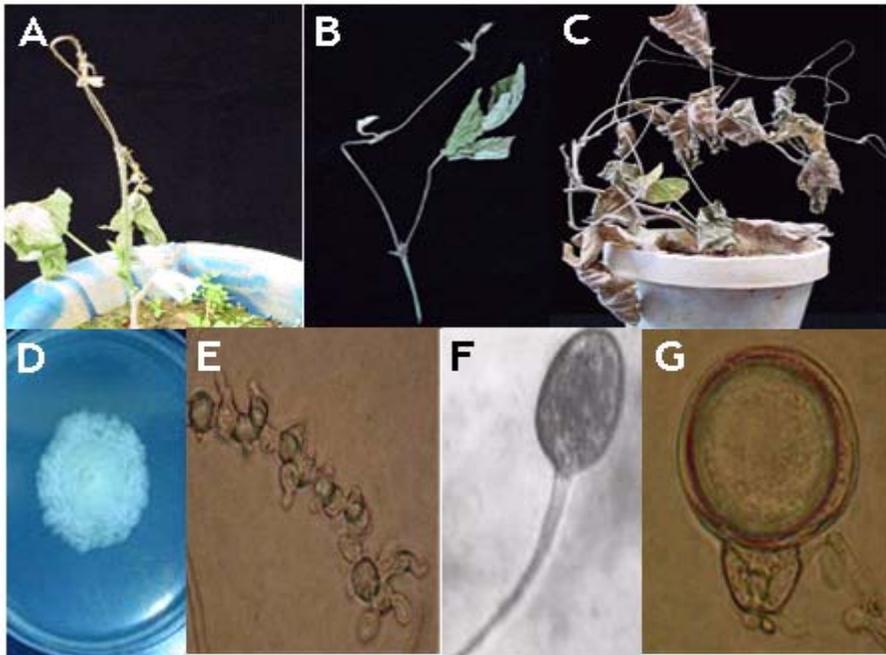


Fig. 4. Vine blight of kudzu (*Pueraria thunbergiana*) and mycological characteristics of causal pathogen, *Phytophthora erythroseptica*. The typical symptom by the causal pathogen was vine blight (C) and infected shoot and vine became water-soak on leaf and vine blight (A, B). Aerial, white and roseceouse type mycelia (D) were formed on PDA medium cultured at 28°C for 7 days. Typical morphological characteristics were hyphal swelling (E), sporangium produced on the top of sporangiophore (F), and oospore (G, X400)

Table 4. Comparison of morphological and cultural characteristics of isolated in this study and previously described *Phytophthora erythroseptica*

| Mycological Characteristics | Present kudzu isolate, 2002                                       | <i>Phytophthora erythroseptica</i> (Pethyridge , 1913)                          |
|-----------------------------|---|---|
| Mycelium                    | Aerial, hyphal swelling<br>Rosaceous type                         | Aerial mycelium, hyphal swelling<br>Rosaceous type                              |
| Sporangium                  | Produced on agar in water<br>Ovoid<br>No papillate<br>No caduceus | Produced on agar in water<br>Ovoid and ellipsoid<br>No papillate<br>No caduceus |
| Oogonium                    | Smooth  | Smooth  |
| Antheridium                 | Amphigynous<br>Long cylinder shape                                | Amphigynous<br>Spherical ~ long cylinder shape                                  |
| Oospore                     | Aplerotic<br>Size : 30~40 $\mu$ m (35 $\mu$ m)                    | Mostly aplerotic<br>Size :28~35 $\mu$ m (30.5 $\mu$ m)                          |
| Chlamydospore               | No formation  | No formation  |

a: Details of *P. erythroseptica* was as described in Jee (2000).

### 병원성검정

병원성을 검정하기 위하여 노지에서 자란 칩과 포트에서 자란 칩을 대상으로 하였다. 28℃의 항온기에서 10% V8 배지에서 5일간 배양하여 유주자를 형성하였다. 접종원은 유주자의 농도를 10<sup>3</sup> zoospores/ml)으로 조절하여 각각 분무접종 하였다. 식물생장상에서는 접종 3일부터 잎과 어린 줄기에 마름증이 나타나기 시작하였다. 노지에서는 환경 조건에 따라 발병이 차이가 있어 환경조건이 발병 시기에 많은 영향을 주는 것으로 생각된다. 발병된 병반에서 병원균을 분리하여 재접종한 결과 처음 분리한 균주와 병원균의 형태적 특성 및 배지에서 균층의 일반 성질에서 동일하였다. *P. erythroseptica*는 칩과 아카시아에 병원성이 있다는 보고 (김, 1992; 김, 1997)와 같이 본 실험에서도 병원성이 인정되었다. 본 실험

험에서 콩과인 칩에 역병을 일으키는 병원균이 *P. erythroseptica*인 것으로 확인되었다. 재 접종 결과 칩의 잎과 어린 줄기를 고사시켰다 (Fig. 2-3A).

이상과 같이 본 실험에서 분리한 병원균의 특징은 특징은 Pethyridge (1913), 김 (1997), 지 (2000))에 의해 보고된 *P. erythroseptica*와 배양적, 형태적 특징이 일치하여 이병을 *P. erythroseptica*에 의한 칩 역병으로 확인한다.

### 라. *Rhizoctonia solani*에 의한 칩 잎마름병 (Leaf blight of kudzu caused by *Rhizoctonia solani*)

칩은 우리나라 각처의 산기슭 양지에서 성장하는 낙엽 덩굴성 식물이다. 칩은 매우 빠르게 생장으로 인하여 다른 수목류와 작물의 생장에 필요한 빛을 차단하는 잡초이다. 이러한 생육의 특성으로 산림관리에 있어 중요한 잡초로써 인식이 되고 있다. 칩의 방제하기 위한 연구가 활발하게 이루어지고 있으며 방제면적과 방제비용이 계속적으로 증가하는 추세이다 (이, 1997; 김, 1997; 산림청, 1996). 과거에 칩을 방제하기 위한 방법으로 인력을 이용한 칩의 제거와 칩의 잎, 덩굴을 사료로 이용하기 위하여 칩을 채취하는 노동력 중심으로 방제하여 왔다. 최근 디캄바와 글라신 액제를 이용한 방제가 있으나 화학약제의 연속적인 사용은 환경과 경제적인 관점에서 여러 가지 단점으로 인하여 새로운 방제법이 요구 된다 (김, 1997).

최근에 외국에서는 식물 병원균을 이용한 잡초의 생물학적 방제에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다 (Charudattan, 2001). 칩에 발생하는 병원균으로 외국에는 *Colletotrichum gloeosporoides* (Farris와 Reilly, 2000), *Pseudomonas syringae* pv. *phaseolicola* (Zidack과 Beckman, 1996)가 보고됐으며 우리나라에서는 *Pseudocercospora puerariicola* (신현동, 1997), *Phytophthora erythroseptica* (김병수, 1992)와 *Gloeosporium* sp. (박종성, 1967), *Monochaetia* sp. (박종성, 1967), *Phyllosticta* sp. (박종성, 1961), *Phakopsora pachyrhuzi* (박종성, 1958)가 보고된바 있다. 우리나라에서 칩의 방제로 *Phytophthora* sp.를 이용한 칩 방제가 보고되어 있다 (김, 1992; 김, 1997). 우리나라에서 *Rhizoctonia solani*에 의한 병해는 82종이 보고되었으며 이중 수목류를 기생하는 병은 11종이

며 주로 재배작물에 기생하였다 (한국식물병리학회, 1998).

## 재료 및 방법

### 병원균 분리.

2001-2004년 전북지역 산에 자라고 있는 칙의 잎과 줄기에 마름증상이 6월부터 10월까지 발병하며 잎과 어린 줄기가 고사하였다. 병원균을 분리하기 위해 병든 잎과 어린 줄기의 병든 부위와 건전부위를 0.5 X 0.5 cm 크기로 절단하여 1% 차염소산나트륨 (NaOCl) 용액과 70% 알코올을 각각 1분 동안 표면 소독을 하였다. 표면 소독 후 멸균증류수로 수세하여 표면을 수분을 제거하였다. 병원균의 분리는 물한천배지 (WA)에 치상하여 25℃ 항온기에서 배양하면서 생장한 균사의 선단부를 감자한천배지 (Potato dextrose agar, PDA)에 옮겨 순수분리하였다. 분리된 병원균을 PDA배지에 보존하면서 공시균주로 사용하였다.

### 병원균의 특성.

분리된 병원균의 균학적 특징을 조사하기 위해 PDA배지를 이용하여 25℃ 항온기에 7일 동안 배양하면서 Parmeter (1970)와 Sneh (1991)의 방법에 따라 형태적 및 배양적 특성을 조사하였다.

### 병원성 검정.

분리한 병원균의 병원성을 검정하기 위하여 PDA 배지에서 7일간 배양한 균총을 멸균 유리봉으로 수집하여 Young (1982)의 방법에 따라 브랜드로 균사절편을 만든 후 균사절편 수 10 4/ml로 조절하여 분무접종하였다. 접종 후 빛이 없고 25℃인 항온기에 24시간 동안 둔 후 다시 25℃, 습도 70%, 12시간 광주기 조건의 식물생장상에 옮겨 병원성을 검정하였다.

## 결과 및 고찰

### 병징

칙의 덩굴과 잎에 갈색의 병반이 형성되면서 마름현상이 나타났다. 초기에 칙

의 잎이 수침으로 변하고 (Fig. 4A), 잎의 가장자리 부분이 진한 갈색이나 검은 색을 띠면서 말라 들어가기 시작하였다 (Fig. 4B). 그 후 점차 병반이 융합되어 1cm의 큰 병반을 만들며 더욱 진전되어 접종 후 15일에는 칩 전체 잎이 심하게 황색으로 변색되며 말라 부서지기 쉬운 상태로 변하였다 (Fig. 4C). 줄기부위도 갈색으로 변색되었으며 줄기 내부는 수분이 부족하여 마름현상이 나타나며 진한 갈색에서 검은 색으로 변색된 현상을 관찰할 수 있었다. 또한 다른 병원균을 접종 시에 나타나는 병징 중 유사한 것으로 신초 부위가 갈변하며 말라 고사되었다 (Fig. 4C). 접종 후 25일에는 신초 부위의 고사로 칩은 성장하지 못했으며, 칩 전체 잎은 완전히 고사하였다. 심한 경우에는 칩의 뿌리에도 병원균에 감염되어 뿌리가 검은색으로 변색되면서 무름 증상이 나타났다.

### 균학적 특징

칩에 덩굴 마름병이 발생한 이병조직에서 분리한 병원균의 특징은 Table 5와 같다. 분리한 병원균을 감자한천배지에 치상 후 28℃ 배양기에서 배양하면 7일 동안 지름이 90 mm가 자라는 빠른 생육속도를 보였다. 균총은 초기에는 크림색을 띠며 시간이 지날수록 연한 갈색을 나타내었다 (Fig. 4D). 균사는 90°의 각도로 분지하는 특징을 가졌으며 하나의 세포에 대부분 다핵을 가지는 특징이 존재하였다 (Fig. 4F). 초기에는 흰색의 성숙한 균사체가 뭉쳐 원형을 만들며 그 이후 색깔이 차츰 진한 갈색~검은색을 띠게 되며 결국에는 검은색의 균핵을 형성하였다. 형성된 균핵은 0.5~3 mm (1.27 mm)로 크기는 매우 다양하였으며 대부분 크기가 작았다. 이후 시간이 지날수록 균핵의 크기는 어느 정도까지 커지다가 더 이상 변함이 없었다 (Fig. 4E). 따라서 이 분리된 병원균은 Parmeter (1970)와 Sneh 등(1991)이 보고한 *Rhizoctonia solani*와 배양적, 형태적 특징이 일치하였다. 그러므로 칩에 덩굴 마름병을 유발하는 병원균과 일반적인 균학적 특징과 재접종시 병원성이 확인되어 *Rhizoctonia solani*로 명명, 동정하였다.

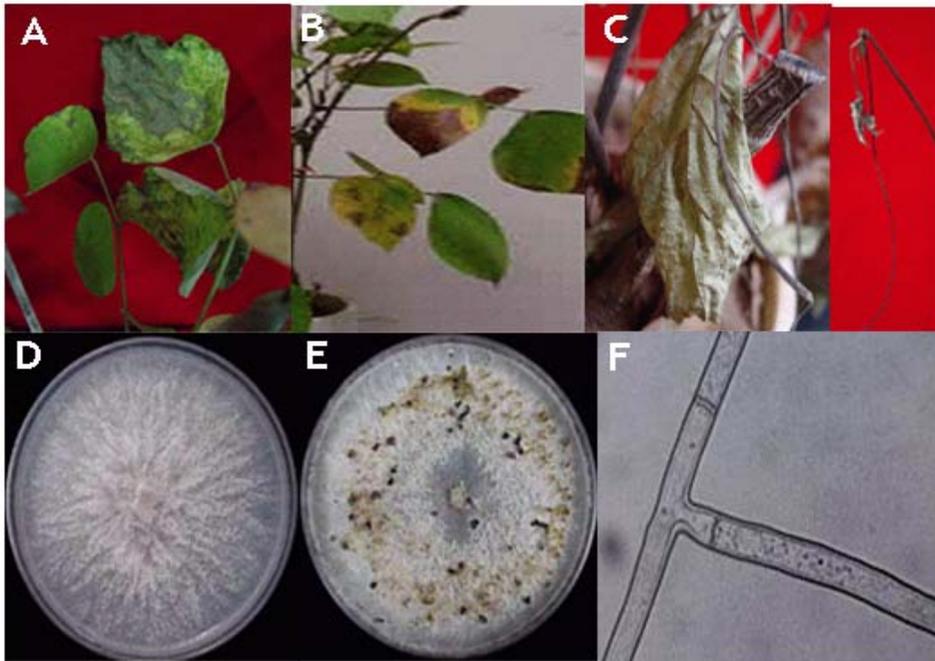


Fig. 4. Leaf blight of kudzu (*Pueraria thunbergiana*) leaf and mycological characteristics of the pathogen, *Rhizoctonia solani*. Typical symptoms by the pathogen were water soak (A) and leaf blight (B) on leaf. As the disease became more severe, blight and shoot turned into dark brown and collapsed (C). The pathogens was cultured at 28°C on PDA medium for 7days (D) and dark brown to black sclerotia were formed on white mycelial mat (E). Mycelium was branched at a 90° angles (F, X400).

Table 5. Comparison of morphological and cultural characteristics of in this and previously described *Rhizoctonia solani*

| Mycological characteristics | Present isolate        | <i>Rhizoctonia solani</i>    |
|-----------------------------|------------------------|------------------------------|
| Mycelium                    | Cream → Light brown    | Light brown                  |
|                             | Branch at a 90° angles | Often branch at a 90° angles |
|                             | Most multinucleate     | More than two multinucleate  |
| Sclerotium                  | Irregular, Globose     | Small, irregular shape       |
|                             | Size: 0.5~3.0 mm       | 1~3 mm                       |
|                             | Dark brown~black       | Dark brown~black             |
| Monilioid cell              | Present                | Present and absent           |

### 병원성 검정

분리한 병원균의 병원성을 검정하기 위하여 온실에서 자란 칩과 노지에서 자란 칩을 이용하였다. 분리한 병원균을 PDA배지에서 7일간 배양한 균사절편을 10<sup>4</sup>/1ml 농도로 조절하여 분무접종하였다. 접종 전후 식물생장상 (25℃인 항온기에 24시간 동안 둔 후 다시 25℃, 습도 70%, 12시간 광주기 조건)의 보관 하면서 병원성을 조사하였다. 식물생장상에서 병원성을 쉽게 확인할 수 있었다. 접종 7일 후부터 잎에 작은 병반이 나타나기 시작하며, 신초가 갈변하며 말리고 고사되었다 (Fig. 4A, B). 접종하여 발병된 부위에서 병원균을 분리하여 재접종결과 처음과 같은 병징이 확인되었으며 병원균의 형태적 특성 및 배지에서 균총의 특징이 처음 분리한 병원균과 동일하였다. *R. solani*는 다범성으로 많은 식물에 피해를 주는데 특히 토양전염성이며, 특히 균사융합균 IB는 수목류에 모잘록병을 일으킨다고 보고되었다( )

### 1-3. 우수 미생물의 기주범위

침에 병원성이 있는 미생물중에서 침외의 수목류 및 잡초를 포함하여 콩과식물 23종 (수목 10종, 잡초 5종, 작물 8종)과 콩과식물 이외의 수목 10종과 재배작물 10종을 대상으로 기주범위를 조사하였다.

#### 재료 및 방법

침에 강한 병원성이 있는 *A. tenuissima*, *F. solani*, *P. erythroseptica*, *R. solani*를 대상으로 기주범위를 조사하였다. 대상식물 중 종자를 과중하는 식물의 종자를 증류수에 수세 후에 10% NaOCl에 10분 정도 표면 소독 후에 멸균 증류수로 수세하였다. 표면 소독된 종자는 25℃ 항온기에서 발아된 종자만을 멸균된 토양이 포트의 2/3정도 채운 곳에 심었다. 기주는 28℃의 온실에서 3주 동안 자란 후에 기주로 이용하였다. 병원균의 접종 전 발병을 유도하기 위하여 24시간 수분생장 (100% 포화상태의 25℃)에서 보관 한 후 병원균은 분무 접종하였다. 접종한 식물은 암조건의 포화상태인 28℃에 24시간 동안 둔 후에 식물생장상 (25℃의 70% 습도)에 옮겨 15일 동안 병의 발생 유무를 조사하였다. 식물생장상에서 재배하기 어려운 식물은 자연상태에 성장하는 어린 잎과 줄기를 대상으로 분무 접종하고 비닐로 피복하여 수분이 유지토록하면서 15일 동안 병의 발생의 유무로 기주를 조사하였다.

#### 결과 및 고찰

침에서 분리된 병원균의 기주범위를 조사하기 위하여 우리나라의 산에서 자라고 있는 콩과식물과 주요 재배하고 있는 수목류 및 잡초를 포함하여 43종을 조사 대상으로 하였다. 콩과식물 23종 (수목 10종, 잡초 5종, 작물 8종)과 콩과식물 이외의 수목 10종과 재배작물 10종을 대상으로 조사한 결과는 Table 6, 7과 같다.

*A. tenuissima* 경우 43종의 대상식물에서 41종은 병원성이 없는 비기주이고, 침과 아카시아나무에만 병원성이 있어. *A. tenuissima*의 기주범위에 포함되었다.

썩에는 심한 점무늬의 병징으로 인하여 낙엽현상이 발생하였다. 또한 어린 줄기에 병이 발병되면 썩이 성장하지 못하고 고사되어 썩의 왕성한 성장을 저지시켰다. 그러나 굵은 줄기와 뿌리에는 발병되지 않았다. *A. tenuissima*의 경우 썩의 잎과 어린 줄기에 심하게 발병하는 특성으로 인하여 생물학적 방제 수단으로 사용할 수 있다고 사료된다.

아카시아나무에는 약한 흔적의 병징이 나타나는데 *A. tenuissima*의 기주로는 인정되나 많은 피해를 받지 않았다. 기타 주요 콩과식물과 주요 수목류 및 재배작물에는 병원성이 없어 비기주로 피해가 없었다. *Alternaria* sp.에 발생하는 병은 전 세계적으로 많은 식물에서 발생하는 아주 흔한 병으로 주로 1년생 식물에 발생하여 큰 피해를 준다고 보고하였으며 (Agrios, 1997) 초, 목본식물에도 침입하여 발병한다고 보고하였다 (小林.1992). 아프리카에서는 *Amaranthus hybridus*의 잎에 발병하여 변색시킨다는 보고가 있다 (Blodgett, J. T, and Swart, W. J. 2002), *A. tenuissima*의 경우에는 콩과 작물인 잠두에 병해 발생이 보고되었다 (Honda.2001, Rahman.2002, 권, 2002). 생물학적 방제를 위한 유용병원균을 분리한 목적은 산림에서 문제시 되는 썩을 방제하기 위한 것으로 산림에 존재하는 콩과 수목이외에도 다른 과에 속하는 대표적인 수목에도 접종하여 병원성이 없어야 한다. 본 실험에서 일반 수목과 콩과 수목 및 재배작물의 경우에도 대부분이 병원성을 나타내지 않아 썩의 방제를 위한 병원미생물로 사료된다.

*F. solani*의 기주범위를 조사한 결과 콩과식물 23종에서 감자, 고구마와 녹두에 병원성을 확인되어 분리된 균의 기주로 확인 할 수 있지만 21종의 식물에서는 병원성이 없었다. 특히 우리나라 주요 작물인 벼, 가지, 고추에 병원성을 나타내지 않았다. 본 실험에서 분리된 균주는 산림에서 문제시 되는 썩을 방제하기 위한 것으로 산림에 존재하는 콩과 수목이외에도 다른 과에 속하는 대표적인 수목에서 병원성을 조사 결과 병원성이 나타나지 않았으며 뿐만 아니라 콩과 수목의 경우에도 대부분이 병원성을 나타내지 않았다. 콩과 잡초의 경우에도 썩에만 병원성이 나타났으며 다른 콩과 잡초에는 병원성이 나타나지 않았다. 또한 콩과 작물의 경우 팥, 잠두, 동부, 편두에도 병원성이 나타나지 않았다. 병원성이 인정된 녹두에 접종하였을 경우에도 병원성이 인정되지 않았다.

*Fusarium* sp.에 발생하는 병은 기주 범위가 넓어 전 세계적으로 많은 식물에서 발생하는 병원균으로 특히 콩과 작물에 커다란 피해를 주는 실정이다. 그리고

우리나라에서는 감자, 고구마, 녹두 등에 병원성이 인정되어 보고 되었다 (이, 2001).

*P. erythroseptica*의 기주범위에 대한 실험에서 43종의 대상 식물에서 40종은 병원성이 없는 비기주이고, 수목류에서는 칩에 병원성이 있으며 재배작물에서는 감자에 *P. erythroseptica*의 기주범위에 포함되었다. 칩에는 주로 잎과 어린 줄기에 마름증상을 나타냈다. 병의 발병이 심한 경우에는 역병의 피해로 인해서 잎은 낙엽이 나타나고 어린 줄기는 썩은 증상을 발생하였다. 또한 어린 줄기에 병이 발병되면 칩이 성장하지 못하고 고사되어 칩의 왕성한 성장을 저지시켰다. 그러나 굵은 줄기와 뿌리에는 발병되지 않았다. *P. erythroseptica*의 경우 칩의 잎과 어린 줄기에 심하게 발병하는 특성으로 인하여 생물학적 방제 수단으로 사용할 수 있다고 사료된다.

감자에는 병원성이 약하였는데 *P. erythroseptica*의 기주로는 인정되었다. 기타 주요 콩과식물과 주요 수목류 및 재배작물에는 병원성이 없어 비기주로 피해가 없었다.

*Phytophthora* sp.에 발생하는 병은 전 세계적으로 많은 초, 수목에 발생하며, 특히 습기 많은 조건에서 모잘록병을 일으켜 피해를 준다고 보고하였다 (Agrios, 1997). 우리나라에서 *P. erythroseptica*에 의하여 발병되는 기주로 김 (1997)과 지 (2000)에 의해 칩 역병, 류 등 (2003)에 의하여 감자 홍색부패병 발생한다는 보고가 있다. 본 실험에서도 칩과 감자에 병원성이 있어 기주에 포함되었다..

본 실험에서 칩에는 강한 병원성을 나타내었으며, 다른 식물에는 병원성이 없었으며 감자에 약한 병원성이 있었다. 생물학적 방제를 위한 유용병원균을 분리한 목적은 산림에서 문제시 되는 칩을 방제하기 위한 것으로 산림에 존재하는 콩과 수목이외에도 다른 과에 속하는 대표적인 수목에도 접종하여 병원성이 없어야 한다. 본 실험에서 일반 수목과 콩과 수목 및 재배작물의 경우에도 대부분이 병원성을 나타내지 않아 칩의 방제를 위한 병원미생물로 사료된다. 김 (1992) 과 김 (1997)에 의해 아카시아에 병원성이 인정되었지만 본 실험의 경우에는 병원성이 인정되지 않았다. 콩과 잡초의 경우에도 칩에만 병원성이 강하게 나타났지만 다른 콩과 잡초에는 병원성이 나타나지 않았다.

*R. solani*은 다범성 병원균으로 세계 각 국에 분포되어 있으며 48과 263종의 식물에 기생하여 병을 일으킨다고 보고 되어 있다. 특히 고추, 가지, 토마토, 감

자, 콩, 땅콩에 병을 유발하는 것으로 보고되어 있지만 본 연구에서 분리된 *R. solani*는 칠과 감자에 약한 병원성이 있었다 (Table 6, 7). 노와 김 (1987)은 고추, 오이, 대추, 딸기, 수도 등에서 분리한 *R. solani*의 기주별 병원성을 조사한 결과 각각 분리한 식물체에 접종할 경우 병원성이 있으며 식물체가 성장하면 균에 대한 병원성이 떨어진다고 하였다. 본 실험에서 칩에서 분리한 균을 고추 등에 접종할 경우 병원성을 확인 할 수 없었는데 이는 분리한 균의 기주가 다르기 때문으로 생각된다. 김 (1996)은 *R. solani*의 균사용합균 및 배양형별 작물에 대한 병원성에서 *R. solani*에 속하는 균들의 병원성은 균사용합균별과 분리한 기주에 따라 병원성이 각각 차이가 있다고 하였다. 본 실험에서도 사용한 균주가 칩에서 분리된 균주로 대부분의 8종의 콩과작물과 10종의 식물에서 병원성이 없음을 확인 할 수 없었는데 이는 칩에서 분리한 균주로 기주가 다르기 때문으로 사료된다. 감자에서 분리한 *R. solani*의 균사용합균과 병원성에서 많은 균사용합균이 분리되었으며 각각의 균사용합균별로 병원성에 차이가 있음을 보고하였는데 (김완규 등, 1992) 본 실험에서도 10개의 작물 중 감자에 약한 병원성이 있음은 일치되는 결과이다. Naiki와 Ui (1981)은 *R. solani*는 감남콩, 콩, 팥 등의 콩과식물에 뿌리썩음병을 일으킨다고 보고하였는데 각각의 균사용합균별 차이가 있다고 보고하였다. 본 실험에서 분리한 균은 콩과식물에 병원성이 없었다. 이와 같은 결과는 분리된 균주의 기주가 다르며 균사용합균에서 차이가 있음을 사료된다.

Table 6. Pathogenicity and host range in Leguminosae plants of *A. tenussima*, *F. solani*, *P. erythroseptica*, *R. solani* isolated from the kudzu

| Host | Korean name(Science name)           | Pathogenicity a) |     |     |     |
|------|-------------------------------------|------------------|-----|-----|-----|
|      |                                     | At               | Fs  | Pe  | Rs  |
| Tree | 개느삼( <i>E. koreensis</i> )          | -                | -   | -   | -   |
|      | 회화나무( <i>Sophora japonica</i> )     | -                | -   | -   | -   |
|      | 다름나무( <i>Moaackia amurensis</i> )   | -                | -   | -   | -   |
|      | 참싸리( <i>Lespedeza cyrtobotrya</i> ) | -                | -   | -   | -   |
|      | 아카시아( <i>Robinia pseudoacacia</i> ) | +                | -   | -   | -   |
|      | 골담초( <i>Caragana sinica</i> )       | -                | -   | -   | -   |
|      | 자귀나무( <i>Albizzia julibrissin</i> ) | -                | -   | -   | -   |
|      | 박테기나무( <i>Cercis chinensis</i> )    | -                | -   | -   | -   |
|      | 등나무( <i>Wisteria floribunda</i> )   | -                | -   | -   | -   |
|      | 죽제비싸리( <i>Amorpha fruticosa</i> )   | -                | -   | -   | -   |
| Weed | 췌( <i>Pueraria thunbergiana</i> )   | +++              | +++ | +++ | +++ |
|      | 매듭풀( <i>Kummerowia striata</i> )    | -                | -   | -   | -   |
|      | 개도독놈갈고리( <i>D. oxyphyllum</i> )     | -                | -   | -   | -   |
|      | 자귀풀( <i>Aeschynomene indica</i> )   | -                | -   | -   | -   |
|      | 토끼풀( <i>Trifolium reperis</i> )     | -                | -   | -   | -   |
| Crop | 땅콩( <i>Arachis hypogaea</i> )       | -                | -   | -   | -   |
|      | 녹두( <i>Phaseolus radiatus</i> )     | -                | +   | -   | -   |
|      | 동부( <i>Vigna sinensis</i> )         | -                | -   | -   | -   |
|      | 강낭콩( <i>Phaseolus vulgaris</i> )    | -                | -   | -   | -   |
|      | 콩( <i>Glycine max</i> )             | -                | -   | -   | -   |
|      | 잠두( <i>Vicia fava</i> )             | -                | -   | -   | -   |
|      | 팥( <i>Phaseolus angularis</i> )     | -                | -   | -   | -   |
|      | 완두( <i>Pisum fava</i> )             | -                | -   | -   | -   |

a) Plants were sprayed with inoculum containing mycelium suspension of 10days-old-pathogen. b) Disease severity was rated two and four weeks after spraying. -, no visible lesions; +, small scattered lesions; ++, numerous lesions coalesced; +++,75% of leaves dead or defoliated; +++++, dying or dead plant.

Table 7. Pathogenicity and host range in non-Leguminosae plants of *A. tenussima*, *F. solani*, *P. erythroseptica*, *R. solani* isolated from the kudzu

| Host                             | Korean name (Science name)        | Pathogenicity a) |    |    |    |
|----------------------------------|-----------------------------------|------------------|----|----|----|
|                                  |                                   | At               | Fs | Pe | Rs |
| Tree                             | 소나무( <i>Pinus densiflora</i> )    | -                | -  | -  | -  |
|                                  | 은행나무( <i>Ginkgo biloba</i> )      | -                | -  | -  | -  |
|                                  | 단풍나무( <i>Acer palmatum</i> )      | -                | -  | -  | -  |
|                                  | 회양목( <i>Buxus microphylla</i> )   | -                | -  | -  | -  |
|                                  | 밤나무( <i>Castanea crenata</i> )    | -                | -  | -  | -  |
|                                  | 대나무( <i>Pseudosasa japonica</i> ) | -                | -  | -  | -  |
|                                  | 향나무( <i>Juniperus chinensis</i> ) | -                | -  | -  | -  |
|                                  | 느티나무( <i>Zelkova serrata</i> )    | -                | -  | -  | -  |
|                                  | 벚나무( <i>Prunus serrulata</i> )    | -                | -  | -  | -  |
| 신갈나무( <i>Quercus mongolica</i> ) | -                                 | -                | -  | -  |    |
| Crop                             | 쌀( <i>Oryza sativa</i> )          | -                | -  | -  | -  |
|                                  | 감자( <i>Solanum tuberosum</i> )    | -                | +  | ++ | -  |
|                                  | 도마토( <i>L. esculentum</i> )       | -                | -  | -  | -  |
|                                  | 가지( <i>Solanum melongene</i> )    | -                | -  | -  | -  |
|                                  | 고추( <i>Capsicum annuum</i> )      | -                | -  | -  | -  |
|                                  | 고구마( <i>Ipomoea batatas</i> )     | -                | +  | -  | -  |
|                                  | 담배( <i>Nicotiana tabacum</i> )    | -                | -  | -  | -  |
|                                  | 들깨( <i>Perilla frutescens</i> )   | -                | -  | -  | -  |
|                                  | 조( <i>Setaria italica</i> )       | -                | -  | -  | -  |
|                                  | 옥수수( <i>Zea mays</i> )            | -                | -  | -  | -  |

a) Plants were sprayed with inoculum containing mycelium suspension of 10days-old-pathogen. b) Disease severity was rated two and four weeks after spraying. -, no visible lesions; +, small scattered lesions; ++, numerous lesions coalesced; +++, 75% of leaves dead or defoliated; +++++, dying or dead plant.

## 제 2 절 칙의 생리,생장 특성 및 임목피해조사

### 2-1. 칙의 형태 및 생장 특성 조사

#### 재료 및 방법

칙의 외부형태학적 특징 (잎, 꽃, 화분, 열매)을 조사하기 위하여 2001년 3월부터 2002년 6월에 걸쳐 전라북도 7개 지역을 선정하여 칙이 대규모 (600m<sup>2</sup> 이상)로 우점하고 있는 군락지 내에서 건전하고 병반이 없는 성숙한 잎, 꽃, 화분, 열매를 채집하여 재료로 사용하였다. 각 지역 조사구당 잎, 꽃, 열매를 100개씩 채집하여 단엽의 길이와 폭, 복엽 길이와 폭, 엽병 길이, 소엽병 길이, 화서와 화관 길이, 협과 길이와 폭 등을 Digital Calipers (Mitutoyo)로 측정하였다. 화분은 50립을 대상으로 극축 길이와 적도면 지름, 발아구 길이와 폭, 표벽두께를 광학현미경 (OLYMPUS B201)으로 측정하였으며, 표면무늬는 주사전자현미경 (JEOL JSM-5600 LV)으로 관찰하였다.

지역별 및 기간별로 잎·줄기의 한해 동안 생장 특성을 조사하기 위하여 2001년도에 성장기인 3월부터 10월까지 매월말에 각 조사구에서 건전하게 생육하는 50개체를 지정하여 잎·줄기의 신장을 현장에서 측정하였으며, 본 줄기의 근원경은 10월말에 측정하였다.

#### 결과 및 고찰

##### 가. 칙의 형태학적 특징

전라북도 7개 지역 조사구(Table 8)에서 채집한 칙의 외부형태학적 형질을 측정한 결과는 Table 9-11에 나타난 바와 같다. 칙은 3출복엽 (trifoliate)의 형태로 구성되어 있는데, 먼저 소엽 (leaflet)의 길이는 최소 9 cm에서 최대 21cm까지 (평균 14.2 cm) 범위가 넓었다. 지역별로는 진안 지역이 평균 12.3cm로서 가장 작았고, 순창 지역이 평균 15.7 cm로서 가장 크게 나타났다. 소엽의 폭에 있어서는 최소 9 cm에서 최대 20 cm까지 (평균 13.9 cm) 길이와 거의 비슷한 경향이였다 (Table 9).

복엽의 길이는 최소 24 cm에서 60 cm까지 (평균 39.7 cm) 크기의 변이가 매우 다양하게 나타났으며, 남원 지역이 평균 33.2 cm로서 가장 작았고, 무주 지역이

평균 43.1 cm로서 가장 크게 나타나 10 cm 정도의 차이를 보였다. 폭에 있어서는 진안 지역이 평균 24.9 cm로서 가장 작았고, 순창 지역이 평균 31.0 cm로서 가장 크게 나타났다 (Table 9).

엽병의 길이는 최소 8 cm에서 최대 41 cm (평균 21.9 cm)까지 나타났으며, 남원 지역이 15.8 cm로서 가장 작았고, 무주 지역이 25.4 cm로서 가장 큰 수치를 보였다. 한편, 소엽병의 길이는 최소 3 cm에서 최대 7 cm (평균 4.4 cm)의 범위로서 남원 지역이 평균 3.9 cm로서 가장 작았고, 무주 지역이 평균 5.4 cm로서 가장 크게 나타났다 (Table 9).

Table 8. Location and situation of quadrats in *Pueraria thunbergiana* community

| 조사구 | 위 치                    | 방위   | 경사(°)   | 면적(m <sup>2</sup> ) |
|-----|------------------------|------|---------|---------------------|
| A   | 전북 완주군 소양면 모래재 부근      | S70W | 40 ~ 60 | 2,000               |
| B   | 전북 진안군 안천면 백화양어장 부근    | S15W | 20 ~ 30 | 700                 |
| C   | 전북 무주군 안성면 공진리 공진교회 부근 | N30W | 45 ~ 50 | 600                 |
| D   | 전북 장수군 변암면 수분령휴게소 부근   | E15N | 25 ~ 30 | 875                 |
| E   | 전북 남원시 산동면 산동교당 부근     | E15S | 20 ~ 25 | 1,000               |
| F   | 전북 순창군 구림면 속리마을 부근     | S10W | 10 ~ 15 | 750                 |
| G   | 전북 임실군 덕치면 덕치교회 부근     | E30N | 5 ~ 15  | 1,200               |

꽃은 7-8월에 걸쳐 홍자색으로 총상화서 (raceme)로 피며 평균 길이는 17.6 cm이다. 지역별로는 완주 지역이 평균 18.6 cm로서 가장 크고 장수 지역이 평균 16.2 cm로서 지역간 변이가 다양하게 나타났다. 화관 (corolla)은 기관 (standard), 익관 (wings), 용골관 (keel)의 3개 부분으로 이루어져 있으며 길이는 평균 2.2 cm이었으며, 완주 지역이 평균 2.4 cm로서 가장 컸고, 장수 지역이 평균 2.0 cm로서 가장 작게 나타났다 (Table 9).

열매는 협과 (莢果, legume)로서 9~10월에 걸쳐 익는다. 꼬투리는 넓은 선형

으로 길이는 최소 3.4 cm에서 최대 11.1 cm이지만 평균적으로는 6.6 cm이었으며, 지역별로는 순창 지역이 평균 6.9 cm로서 가장 컸고, 진안과 임실 지역이 평균 6.3cm로서 가장 작았다. 그러나, 폭에 있어서는 지역간 차이가 거의 없었으며 평균적으로는 0.9 cm이었다 (Table 9).

이상의 결과를 볼 때, 칩의 외부 형질은 지역에 따라 많은 차이를 보여 형태적 변이가 다양함을 알 수 있었는데, 이는 칩이 생육하는 지역의 기후, 토양, 해발, 방위, 경사 등의 환경 및 지형·지질학적 인자에 기인하는 것으로 사료된다.

Table 9. Data of leaf characters of *Pueraria thunbergiana* in seven quadrats  
\* min-(mean)-max

| 형 질<br>조사구 | 소엽길이<br>(cm) | 소엽폭<br>(cm)  | 복엽길이<br>(cm) | 복엽폭<br>(cm)  | 엽병길이<br>(mm) | 소엽병길이<br>(mm) |
|------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|---------------|
| A<br>(완주)  | 12-(14.7)-17 | 11-(15.4)-20 | 29-(40.3)-53 | 20-(26.3)-31 | 13-(22.2)-33 | 3-(4.4)-6     |
| B<br>(진안)  | 9-(12.3)-17  | 10-(12.7)-17 | 28-(41.5)-60 | 18-(24.9)-36 | 16-(25.2)-37 | 3-(4.5)-6     |
| C<br>(무주)  | 11-(14.3)-18 | 11-(14.4)-19 | 28-(43.1)-58 | 21-(27.1)-34 | 12-(25.4)-41 | 4-(5.4)-7     |
| D<br>(장수)  | 10-(14.0)-18 | 10-(13.0)-15 | 28-(37.6)-57 | 23-(28.5)-34 | 10-(19.8)-38 | 3-(3.9)-6     |
| E<br>(남원)  | 12-(13.6)-15 | 10-(12.2)-15 | 24-(33.2)-38 | 23-(27.8)-33 | 8-(15.8)-20  | 3-(3.9)-5     |
| F<br>(순창)  | 12-(15.7)-21 | 9-(14.1)-20  | 30-(42.1)-52 | 24-(31.0)-42 | 14-(22.2)-29 | 3-(4.7)-6     |
| G<br>(임실)  | 12-(15.1)-19 | 12-(15.7)-20 | 28-(40.4)-53 | 21-(26.5)-33 | 13-(22.7)-33 | 3-(4.5)-6     |
| 평균         | 9-(14.2)-21  | 9-(13.9)-20  | 24-(39.7)-60 | 18-(27.4)-42 | 8-(21.9)-41  | 3-(4.4)-7     |

칩의 화분립은 단립 (monad)으로 극축길이 (polar axis length)가 평균 22.32  $\mu\text{m}$ 이며, 적도면지름 (equatorial width)은 평균 19.57  $\mu\text{m}$ 이다. P/E 지수 (극축길이/적도면지름)에 의한 적도면입상 (equatorial view)은 1.02 ~ 1.38로서 약장구형 (oblate-spheroidal) ~ 장구형 (prolate)이지만 평균적으로는 1.15로서 약장구

형 (subprolate)이다. 발아구 (aperture)는 3공구형 (tricolporate)이며, 구구길이 (colpus length)는 평균 14.73 $\mu$ m, 구구폭 (colpus width)은 평균 1.92  $\mu$ m이다. 표벽두께는 평균 1.78  $\mu$ m로서 외표벽 (ektexine)이 내표벽 (endexine)에 비해 약간 두껍게 나타났다 (Table 11; Fig. 5, 6). 표면무늬 (sculpture pattern)는 1  $\mu$ m 이하의 작은 구멍이 산재하는 유공상(perforate)으로 나타났다 (Table 11; Fig. 7, 8).

Table 10. Data of flower and fruit characters of *Pueraria thunbergiana* in seven quadrats  
 ※ min-(mean)-max

| 조사구 \ 형질  | 화서길이<br>(cm)     | 화관길이<br>(cm)  | 협과길이<br>(cm)   | 협과폭<br>(cm)   |
|-----------|------------------|---------------|----------------|---------------|
| A<br>(완주) | 10.3-(18.6)-28.3 | 1.5-(2.4)-2.7 | 3.5-(6.5)-11.1 | 0.6-(0.9)-1.1 |
| B<br>(진안) | 9.2-(17.5)-26.1  | 1.4-(2.2)-2.8 | 3.6-(6.3)-10.8 | 0.6-(0.8)-1.3 |
| C<br>(무주) | 10.0-(17.0)-25.6 | 1.4-(2.1)-2.8 | 3.6-(6.6)-10.6 | 0.5-(0.9)-1.4 |
| D<br>(장수) | 10.1-(16.2)-25.2 | 1.6-(2.0)-2.6 | 3.5-(6.7)-10.5 | 0.6-(0.9)-1.2 |
| E<br>(남원) | 9.7-(17.9)-27.8  | 1.5-(2.2)-2.5 | 3.4-(6.6)-11.0 | 0.8-(0.8)-1.3 |
| F<br>(순창) | 9.8-(18.2)-28.1  | 1.7-(2.3)-2.8 | 3.7-(6.9)-10.6 | 0.7-(0.9)-1.2 |
| G<br>(임실) | 9.4-(18.1)-26.7  | 1.6-(2.1)-2.7 | 3.4-(6.3)-10.7 | 0.6-(0.8)-1.2 |
| 평균        | 9.2-(17.6)-28.3  | 1.4-(2.2)-2.8 | 3.4-(6.6)-11.1 | 0.6-(0.9)-1.4 |

Table 11. Data of pollen characters of *Pueraria thunbergiana*

※min-(mean)-max

| Parameters             | 췌( <i>Pueraria thunbergiana</i> ) 화분(pollen) |
|------------------------|--|
| 극축길이( $\mu\text{m}$ )  | 19.34-(22.32)-25.67                          |
| 적도면지름( $\mu\text{m}$ ) | 16.00-(19.57)-23.44                          |
| 발아구길이( $\mu\text{m}$ ) | 12.65-(14.73)-17.48                          |
| 발아구폭( $\mu\text{m}$ )  | 1.49-(1.92)-2.60                             |
| 표벽두께( $\mu\text{m}$ )  | 1.49-(1.78)-2.23                             |
| P/E(극축길이/적도면지름)        | 1.02-(1.15)-1.38                             |
| 적도면입상                  | 아장구형(subprolate)                             |
| 발아구형태                  | 3공구형(tricolporate)                           |
| 표면무늬                   | 유공상(perforate)                               |

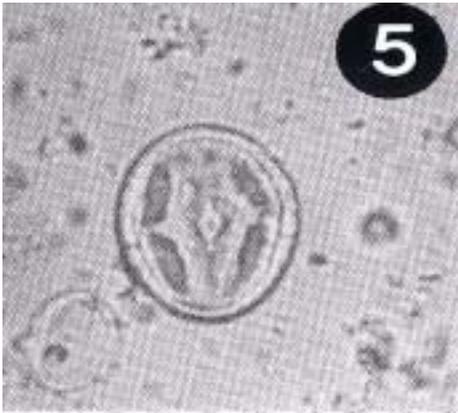


Fig. 5. Equatorial view of pollen grain of *Pueraria thunbergiana* (LM,  $\times 400$ )

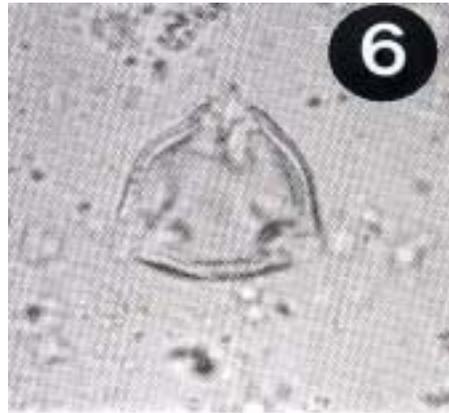


Fig. 6. Polar view of pollen grain of *P. thunbergiana* (LM,  $\times 400$ )

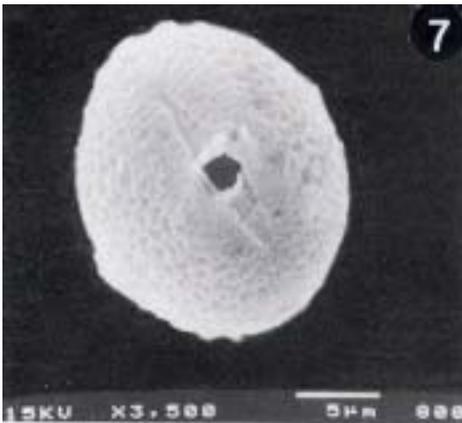


Fig. 7. Equatorial view of pollen grain of *P. thunbergiana* (SEM,  $\times 3,500$ )

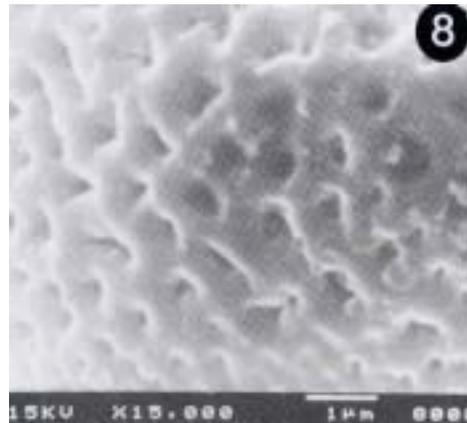


Fig. 8. Sculpture pattern of pollen grain of *P. thunbergiana* (SEM,  $\times 15,000$ )

#### 나. 잎·줄기의 생장 특성

쑥은 낙엽성 덩굴성식물 (蔓莖植物)로서 생장력이 왕성하지만 겨울 동안에는 줄기 부분이 말라 죽고 다음해에 다시 생장을 시작한다. 지역별 및 기간별로 쑥의 한해 동안 잎·줄기의 신장 평균생장량을 파악한 결과는 Table 12에 나타난 바와 같다.

지역별로 잎·줄기의 길이는 최소 1.93 m에서 최대 11.07 m까지 범위가 매우 넓게 나타났는데, 평균적으로는 장수 지역이 6.10 m로서 가장 작았고, 임실 지역이 9.39 m로서 가장 크게 나타나 3.29 m의 많은 차이를 보였다. 그러나, 나머지 5개 지역은 평균 7.32~7.50 m의 범위에 있어 거의 차이가 없었다.

쑥의 성장기인 3~10월까지의 기간별 신장 평균생장량은 모든 지역이 10월에 가장 적었으며, 6월에 가장 왕성한 생장을 보여주었다. 그중 5~7월까지의 생장량은 모든 지역에서 전체의 65% 이상을 차지하여 쑥의 생육이 가장 왕성한 시기로 나타났다. 완주 지역의 경우 10월에 12.1 cm (전체 1.6%)의 최소 생장을 보인 반면 6월에는 2.16 m (29.2%)의 최대 생장을 보여주었다. 한편, 여러 줄기들이 분지하는 목질화된 본 줄기의 근원경은 최소 0.97 cm에서 최대 3.49 cm까지 달하였으며, 완주 지역이 평균 1.33 cm로 가장 작았으며, 순창 지역이 평균 2.28 cm로서 가장 크게 나타났다.

이러한 지역별 및 기간별 신장 생장의 차이의 원인은 외부 형질 조사에서 언급한 것처럼 환경 또는 지형·지질학적 인자에 기인하는 것으로 생각된다.

Table 12. The length and root diameter of *Pueraria thunbergiana* in sites and months (unit: cm)

| 지역 \ 월    | 3    | 4     | 5     | 6     | 7     | 8    | 9    | 10   | 잎, 줄기                    | 근원경(mm)              |
|-----------|------|-------|-------|-------|-------|------|------|------|--------------------------|----------------------|
|           |      |       |       |       |       |      |      |      | 신장(cm)<br>최소-(평균)-<br>최대 | 최소-(평균)-<br>최대       |
| A<br>(완주) | 22.1 | 66.2  | 132.3 | 216.4 | 179.4 | 76.0 | 36.5 | 12.1 | 267-(741)-<br>1107       | 10.4-(13.3)-<br>20.4 |
| B<br>(진안) | 30.7 | 74.6  | 131.7 | 202.1 | 152.5 | 90.6 | 41.9 | 14.9 | 312-(739)-<br>848        | 12.9-(18.5)-<br>24.3 |
| C<br>(무주) | 21.7 | 73.4  | 108.0 | 228.4 | 163.2 | 85.4 | 33.6 | 18.3 | 309-(732)-<br>915        | 11.1-(16.1)-<br>25.5 |
| D<br>(장수) | 21.7 | 46.5  | 80.6  | 161.8 | 155.8 | 93.6 | 38.2 | 11.8 | 223-(610)-<br>774        | 11.0-(21.2)-<br>31.2 |
| E<br>(남원) | 26.2 | 82.8  | 117.7 | 210.0 | 152.8 | 93.8 | 38.1 | 14.6 | 240-(736)-<br>1115       | 9.7-(15.8)-<br>23.3  |
| F<br>(순창) | 27.0 | 81.0  | 130.5 | 209.5 | 163.1 | 87.6 | 36.2 | 15.1 | 193-(750)-<br>998        | 14.3-(22.8)-<br>34.9 |
| G<br>(임실) | 51.1 | 115.0 | 198.1 | 270.8 | 139.8 | 97.3 | 54.7 | 12.2 | 446-(939)-<br>1250       | 11.8-(19.2)-<br>27.5 |

## 2-2. 침군락지의 식생 조사

### 재료 및 방법

1차년도에 조사한 침 우점 군락지를 대상으로 일정한 간격과 종조성 상태 및 지형적 위치 등에 따라 7개 조사 지역에 3 m × 3 m (9 m<sup>2</sup>) 크기의 조사구 (Quadrat)를 각각 3개소씩, 총 21개를 설치하여 식생조사 (식물군집구조, 식물상)를 실시하고, 율폐도를 측정하였다.

각 조사구의 종간 상대적 우세를 비교하기 위하여 Curtis and McIntosh (1951) 방법으로 상대우점치 (I. V. : Importance Value)를 구하였으며, 종 구성 상태의 다양한 정도를 파악하기 위하여 종풍부성지수 (Mueller-Dombois and Ellenberg, 1974)와 Shannon-Wiener의 종다양도 (Pielou, 1975) 그리고 그에 따른 최대다양도 ( $H'_{max}$ ), 균제도 ( $J'$ ), 우점도 (D) 등을 구하였다 (단, 상대우점치는

피도에 준하여 계산). 울폐도는 일정면적 (9 m<sup>2</sup>)에 있어서 종들이 차지하는 면적 (지면을 덮는 정도)의 비율로 계산하였다. 식물상은 각 지역별 칩군락지 전체 면적을 모두 조사하여 출현하는 관속식물 (vascular plants)을 기록하였으며, 조사된 식물은 Fuller와 Tippe 분류체계에 따라 배열하였으며, 한국명은 대한식물도감 (이창복, 1989), 귀화식물 (naturalized alien plants) 및 귀화물은 박수현 (2001)과 임양재와 전의식 (1980)에 따랐다.

토양은 식생조사지와 동일한 지점에서 채취하였으며, 최상부층인 A<sub>0</sub>층을 걷어내고 표층으로부터 약 10~15cm 깊이의 토양을 채취·혼합하여 실내에서 음건한 뒤 분석 시료로 사용하였다. 토양 분석 방법에 있어서 토성은 미국농무성법 (USDA)을 따랐으며, 토양의 pH는 토양과 증류수를 1:5로 혼합하여 초자전극법으로, 유기물은 Tyurin법으로, 전질소 함량은 microkjeldahl 분해법으로, 유효인산은 Lancaster법으로, 치환성 양이온은 암모늄아세테이트 (CH<sub>3</sub>COONH<sub>4</sub>)로 침출한 후 Atomic absorption spectrophotometer로 각각 측정하였고, 치환용량 (C.E.C.)은 암모늄아세테이트 (CH<sub>3</sub>COONH<sub>4</sub>)로 침출하여 각각 분석하였다.

## 결과 및 고찰

### 가. 식생조사

#### 1) 식물군집구조분석

칩이 우점하는 군락지 7개 지역(표 8)에 각각 3개의 방형구 (3 m × 3 m)를 설치하여 식물군집을 조사 분석한 결과 각 지역 조사구별 평균종수와 종다양성, 균재도 및 울폐도 등은 표 13에 나타낸 바와 같다.

Table 13에서 보는 바와 같이 칩 군락지의 조사구별 평균 종수는 E지역 (남원)이 11분류군으로 가장 적은 식물종이 출현한 반면 B지역 (진안)은 19분류군으로 가장 많은 종이 출현하였다. 종풍부성 (Dr)은 4.55~8.35의 범위로 나타나 지역 조사구별로 많은 차이를 보였으며, 하천변 식생군락에 비해서는 높은 경향을 유지하였다. Shannon의 종다양도 (H') 지수는 0.69~0.84로 나타나 비교적 높은 종다양도를 유지하고 있음을 알 수 있다. 조사구별로는 E지역(남원)이 0.69로 가장 낮았으며 F지역 (순창)이 0.84로 가장 높게 나타났다. 균재도 (J)와 우점도 (1-J)는 각각 0.62~0.71, 0.29~0.38로 거의 차이가 없어 7개 지역의 칩군락지가 비슷한 경향을 보여주었다. 한편, 조사구별 평균 울폐도는 68.3~

80.0%이었는데 C지역 (무주)이 80.0%로 가장 높게 나타났으며 B지역(진안)과 D지역(장수)이 각각 68.3%로 가장 낮았다. 본 식물군락분석을 통하여 칩이 우점하고 있는 식생군락지는 비록 칩에 의하여 많은 식물들이 피압되고 있지만 군락지를 구성하고 있는 식생은 비교적 높은 종다양성을 유지하고 있음을 알 수 있다.

Table 14는 칩군락지의 조사구별 주요 식물종의 상대우점치 (I.V.)를 나타낸 것이다. 지역별 모든 조사구에서 칩은 38.7~52.5%로 가장 우수한 세력을 유지하며 압도적으로 우점을 하고 있었으며, 목본식물인 짚레꽃은 유일하게 7지역 모든 조사구에서 2.8~13.6%의 비율로 출현하여 칩과 자주 혼생하는 수종으로 나타났다. 또한, 초본식물인 환삼덩굴, 쑥, 머느리밀씻개, 쇠별꽃과 목본식물인 산딸기와 사위질빵도 2.0% 이상의 비율로 여러 조사구에서 자주 출현하는 식물종으로 기록되었다. 귀화식물 (naturalized plants)인 개망초와 메귀리는 B지역 (진안)과 C지역 (무주)에서 각각 3.5% 이상의 비율로 칩 우점 지역에서 생육하고 있었다. 또한, 관목류인 조팝나무, 복분자딸기, 국수나무, 고팡나무, 까마귀밥여름나무 등도 칩과 더불어 경쟁하며 생육하고 있는 수종들이었다.

Table 13. Comparison of species diversity in *Pueraria thunbergiana* communities

| 조사구   | 평균종수 | 종풍부성<br>(Dr) | 종다양도<br>(H') | 최대종다양도<br>(H <sub>max</sub> ) | 균재도<br>(J) | 우점도<br>(1-J) | 평균<br>유효도(%) |
|-------|------|--------------|--------------|-------------------------------|------------|--------------|--------------|
| A(완주) | 13   | 5.75         | 0.75         | 1.12                          | 0.67       | 0.33         | 70.0         |
| B(진안) | 19   | 8.35         | 0.78         | 1.26                          | 0.62       | 0.38         | 68.3         |
| C(무주) | 14   | 6.01         | 0.78         | 1.14                          | 0.69       | 0.31         | 80.0         |
| D(장수) | 15   | 6.55         | 0.80         | 1.17                          | 0.69       | 0.31         | 68.3         |
| E(남원) | 11   | 4.55         | 0.69         | 1.02                          | 0.67       | 0.33         | 70.0         |
| F(순창) | 16   | 6.60         | 0.84         | 1.19                          | 0.71       | 0.29         | 78.3         |
| G(임실) | 15   | 6.38         | 0.78         | 1.16                          | 0.67       | 0.33         | 71.7         |

## 2) 식물상 (Flora)

본 조사에서 확인된 칩군락지내의 관속식물상은 60과 123속 133종 19변종의 총 152분류군 (taxa)으로 파악되어 (Table 15, 17) 비교적 다양한 종들이 칩과 더불어 경쟁하며 생육하고 있음을 알 수 있다. 조사구별로는 A지역 (완주)에서 31과 46속 45종 4변종의 총 49분류군, B지역 (진안)에서 38과 60속 55종 12변종의 총 67분류군, C지역(무주)에서 26과 42속 38종 8변종의 총 46분류군, D지역 (장수)에서 25과 39속 35종 8변종의 총 43분류군, E지역 (남원)에서 19과 32속 27종 6변종의 총 33분류군, F지역 (순창)에서 33과 54속 50종 10변종의 총 60분류군, G지역 (임실)에서 29과 48속 47종 4변종의 총 51분류군으로 조사되어 지역별로 다소 차이를 나타냈다.

이중 목본식물 (woody plants)은 물오리나무, 졸참나무, 고향나무, 명석딸기, 조팝나무, 국수나무, 조록싸리, 붉나무 등의 29과 44속 53종 2변종의 총 55분류군 (36.2%)인 반면 초본식물 (herbaceous plants)은 97분류군 (63.8%)을 차지하였다. 양치식물류는 쇠뜨기와 고사리의 2종만 기록되었고 나머지는 모두 피자식물이었으며 나자식물은 조사되지 않았다. 피자식물 중에는 단자엽식물이 5과 15속 14종 2변종의 총 16분류군 (10.5%)이었고, 대부분은 쌍자엽식물로서 53과

106속 118종 16변종의 총 134분류군 (88.2%)을 차지하였다.

취이 우점하는 군락지내의 주요 식물종으로는 닭의장풀, 환삼덩굴, 머느리밀씻개, 사위질빵, 짚레꽃, 명석달기, 쑥, 왕고들빼기 등이 모든 군락지에서 출현하여 광범하게 분포하고 있었으며, 쇠뜨기, 여뀌, 수영, 쇠별꽃, 땃덩이덩굴 등도 출현 빈도가 높은 식물종이었다. 조사된 식물들 중에서 가장 많이 분포하는 분류군은 국화과 (Compositae) 식물이 20분류군(13.6%)으로 가장 많았으며, 콩과 (Leguminosae) 15분류군(9.9%), 장미과 (Rosaceae) 10분류군 (6.6%), 벼과 (Gramineae) 9분류군 (5.9%)의 순이었다.

귀화식물은 메귀리, 소리쟁이, 달맞이꽃, 개망초 등의 6과 11속 12종(7.9%)이 분포하는 것으로 조사되었던 바 (Table 17) 이는 서울 도심에 위치하고 있는 남산의 귀화식물 출현 종수가 52분류군으로 보고되었고 (국립공원관리공단, 1998), 만경강 유역의 출현 종수가 36분류군 (김계환 등, 2000)임을 감안할 때, 대도시 주변의 산이나 하천 유역에 비해 자연식물생태계의 교란이 적은 것으로 생각된다.

Table 14. Importance value of the main species in *Pueraria thunbergiana* communities

| 식물종      | 조사구   |       |       |       |       |       |       |
|----------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
|          | A(완주) | B(진안) | C(무주) | D(장수) | E(남원) | F(순창) | G(임실) |
| 취        | 51.1  | 41.8  | 38.7  | 47.7  | 52.5  | 43.9  | 48.2  |
| 죽제비싸리    | 8.2   |       |       |       |       |       |       |
| 쭈        | 5.0   | 2.0   | 4.3   |       | 10.6  |       |       |
| 고광나무     | 4.8   |       |       |       |       |       |       |
| 환삼덩굴     | 4.8   | 2.4   | 2.9   | 2.9   | 5.8   |       | 2.9   |
| 산딸기      | 3.7   |       | 3.9   |       |       | 6.2   | 4.6   |
| 짚레꽃      | 3.6   | 2.8   | 9.8   | 5.4   | 5.0   | 3.1   | 13.6  |
| 닭의장풀     | 3.6   |       |       |       |       |       |       |
| 자귀나무     | 2.4   |       |       |       |       |       |       |
| 머느리밀씻개   | 2.2   |       |       | 2.4   | 2.8   |       | 2.2   |
| 모시풀      | 2.1   |       |       |       |       |       |       |
| 쇠별꽃      |       | 10.7  | 6.6   | 3.7   |       |       |       |
| 쇠뜨기      |       | 9.4   | 5.2   |       |       |       |       |
| 개망초      |       | 3.7   | 5.2   |       | 3.1   |       |       |
| 메귀리      |       | 3.5   | 4.4   |       |       |       |       |
| 사위질빵     |       | 3.4   |       | 4.2   |       | 9.9   |       |
| 고사리      |       | 2.6   |       |       |       |       |       |
| 비수리      |       | 2.1   |       |       |       |       |       |
| 까마귀밥여름나무 |       |       | 4.0   |       |       |       |       |
| 개밀       |       |       | 3.4   |       |       |       |       |
| 수영       |       |       | 2.1   |       |       |       |       |
| 조팝나무     |       |       |       | 11.4  |       |       | 4.4   |
| 갈퀴나물     |       |       |       | 2.5   |       |       |       |
| 고마리      |       |       |       | 2.5   |       |       |       |
| 억새       |       |       |       | 2.4   |       |       | 3.7   |
| 인동       |       |       |       |       | 5.0   |       |       |
| 개보리      |       |       |       |       | 2.9   |       |       |
| 망초       |       |       |       |       | 2.3   |       |       |
| 접나도나물    |       |       |       |       | 2.2   |       |       |
| 으름덩굴     |       |       |       |       |       | 9.3   |       |
| 복분자딸기    |       |       |       |       |       | 3.6   |       |
| 닥나무      |       |       |       |       |       | 2.2   |       |
| 참나리      |       |       |       |       |       | 2.0   |       |
| 꼭두서니     |       |       |       |       |       | 2.0   |       |
| 국수나무     |       |       |       |       |       |       | 3.8   |
| 봉선화      |       |       |       |       |       |       | 3.4   |

Table 15. The total flora of seven *Pueraria thunbergiana* communities

| 분류군(taxa) | 과<br>(family) | 속<br>(genus) | 종<br>(species) | 변종<br>(var.) | 계(taxa) |
|-----------|---------------|--------------|----------------|--------------|---------|
| 양치식물      | 2             | 2            | 1              | 1            | 2       |
| 나자식물      | -             | -            | -              | -            | -       |
| 피자식물      | 5             | 15           | 14             | 2            | 16      |
| 단자엽식물     |               |              |                |              |         |
| 쌍자엽식물     | 53            | 106          | 118            | 16           | 134     |
| 계         | 60            | 123          | 133            | 19           | 152     |

#### 나. 토양조사

Table 16은 각 조사구별 토양의 이화학적 특성을 분석한 결과이다. 7지역에서 조사된 토양의 토성은 사양토 (SL), 미사질양토 (SiL), 양토 (L), 식양토 (CL) 및 식토 (C) 등의 5가지 종류의 유형이 나타나, 흙이 특별한 토성을 가리지 않고 다양한 곳에서 대면적으로 우점하고 있음을 알 수 있다. 토양 산도 (pH)는 전체 조사구가 4.04~4.67로 모두 강산성을 나타냈으며, 우리 나라 대부분의 산림토양(5.0~5.6, 산성)에 비해 산도가 높게 나타났다. 유기물함량 (OM)은 0.10~1.38 (평균 0.53)%로서 매우 낮은 값을 나타내어 흙 우점 지역이 매우 척박한 곳에서 생육하고 있을 알 수 있다. 유효인산 ( $P_2O_4$ )의 함량은 A지역 (완주)에서 16.8 ppm으로 가장 높은 반면 D지역 (장수)에서 2.3 ppm으로 가장 적게 검출되었지만 평균적 (6.4 ppm)으로는 매우 낮은 함량을 보여 주었다. 토양의 양이온치환용량 (CEC)은 7.3~27.0 (평균 15.6) me/100g으로 범위가 넓었지만 평균적으로는 우리나라 산림 토양의 평균치인 11.4me/100g 보다 약간 높게 나타났다. 치환성염기인  $K^+$ ,  $Ca^{++}$ ,  $Na^+$ ,  $Mg^{++}$ 의 함유량은 각각 0.13~0.33 (평균 0.22), 0.9~6.0 (평균 3.2), 0.2~7.7 (평균 2.8), 0.16~0.34 (평균 0.25) me/100g으로 나타나 우리나라 화성암 산림 토양의 평균치인 0.24 ( $K^+$ ), 1.84 ( $Ca^{++}$ ), 0.26 ( $Na^+$ ), 1.48 ( $Mg^{++}$ )me/100g에 비해  $Ca^{++}$ ,  $Na^+$ ,  $Mg^{++}$ 은 높은 값을 나타낸 반면  $K^+$ 은 낮은 값을 나타냈다.

Table 16. Physiological and chemical characteristics in soil of seven *Pueraria thunbergiana* communities

| 조사구       | 입도조성(%) |      |      | 토성                 | pH<br>(1:5) | OM<br>(%) | T-N<br>(%) | Avil.<br>P <sub>2</sub> O <sub>4</sub><br>(ppm) | CEC<br>(me/100g) | 치환성염기(me/100g) |     |     |      |
|-----------|---------|------|------|--------------------|-------------|-----------|------------|---|------------------|----------------|-----|-----|------|
|           | Sand    | Silt | Clay |                    |             |           |            |   |                  | K              | Ca  | Na  | Mg   |
| A<br>(완주) | 30.5    | 56.5 | 13.0 | SiL<br>(미사질<br>양토) | 4.30        | 1.38      | 0.40       | 16.8  | 8.5              | 0.33           | 3.3 | 7.7 | 0.31 |
| B<br>(진안) | 55.2    | 22.7 | 22.1 | SL<br>(사양토)        | 4.67        | 0.35      | 0.25       | 2.5   | 9.3              | 0.16           | 0.9 | 0.3 | 0.16 |
| C<br>(무주) | 57.0    | 22.3 | 20.7 | SL<br>(사양토)        | 4.19        | 0.93      | 1.26       | 4.5   | 20.5             | 0.19           | 2.0 | 2.1 | 0.22 |
| D<br>(장수) | 29.9    | 30.4 | 39.7 | CL<br>(식양토)        | 4.25        | 0.10      | 0.42       | 2.3   | 7.3              | 0.27           | 1.6 | 1.5 | 0.16 |
| E<br>(남원) | 40.4    | 41.5 | 18.1 | L<br>(양토)          | 4.04        | 0.22      | 1.64       | 8.7   | 27.0             | 0.21           | 6.0 | 1.0 | 0.26 |
| F<br>(순창) | 21.3    | 34.3 | 44.4 | C<br>(식토)          | 4.52        | 0.55      | 0.86       | 4.9   | 17.3             | 0.41           | 4.3 | 7.0 | 0.34 |
| G<br>(임실) | 15.6    | 27.3 | 57.1 | C<br>(식토)          | 4.30        | 0.19      | 0.81       | 5.2   | 19.0             | 0.13           | 4.1 | 0.2 | 0.32 |

Table 17. The list of flora of seven *Pueraria thunbergiana* communities

\* woody plants

| 학명(Scientific name)    향명(Common name)                 | 조사지역 |   |   |   |   |   |   | 비고 |
|--|------|---|---|---|---|---|---|----|
|  | A    | B | C | D | E | F | G |    |
| <b>Equisetaceae 속새과</b>                                |      |   |   |   |   |   |   |    |
| <i>Equisetum arvense</i> 쇠뜨기                           | ○    | ○ | ○ | ○ | ○ |   |   |    |
| <b>Pteridaceae 고사리과</b>                                |      |   |   |   |   |   |   |    |
| <i>Pteridium aquilinum</i> var. <i>latiusculum</i> 고사리 |      | ○ |   | ○ | ○ |   |   |    |
| <b>Gramineae 벼과</b>                                    |      |   |   |   |   |   |   |    |
| <i>Agropyron tsukushiense</i> var. <i>transiens</i> 개밀 |      |   | ○ | ○ | ○ |   |   |    |
| <i>Avena fatua</i> 메귀리                                 | ○    | ○ | ○ | ○ | ○ |   |   | 귀화 |
| <i>Dactylis glomerata</i> 오리새                          |      |   | ○ |   |   |   |   | 귀화 |
| <i>Digitaria sanguinalis</i> 바랭이                       |      |   |   |   |   |   | ○ |    |
| <i>Elymus sibiricus</i> 개보리                            |      |   |   |   | ○ |   | ○ | 귀화 |
| <i>Miscanthus sinensis</i> var. <i>purpurascens</i> 억새 | ○    |   |   | ○ |   | ○ | ○ |    |
| <i>Oplismenus undulatifolius</i> 주름조개풀                 |      |   |   |   | ○ |   |   |    |
| <i>Setaria viridis</i> 강아지풀                            |      | ○ |   |   |   |   |   |    |
| <i>Zoysia japonica</i> 잔디                              | ○    | ○ |   |   |   |   |   |    |
| <b>Cyperaceae 사초과</b>                                  |      |   |   |   |   |   |   |    |
| <i>Carex lanceolata</i> 그늘사초                           |      | ○ |   |   |   |   |   |    |
| <b>Araceae 천남성과</b>                                    |      |   |   |   |   |   |   |    |
| <i>Pinellia ternata</i> 반하                             |      | ○ | ○ | ○ |   |   |   |    |
| <b>Commelinaceae 닭의장풀과</b>                             |      |   |   |   |   |   |   |    |
| <i>Commelina communis</i> 닭의장풀                         | ○    | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ |    |
| <b>Liliaceae 백합과</b>                                   |      |   |   |   |   |   |   |    |
| <i>Hemerocallis fulva</i> 원추리                          |      |   |   | ○ |   |   | ○ |    |
| <i>Lilium tigrinum</i> 참나리                             |      |   |   |   | ○ |   |   |    |
| <i>Smilax china</i> 청미래덩굴 *                            |      |   |   |   |   | ○ |   |    |
| <i>S. sieboldii</i> 청가시덩굴 *                            |      |   |   |   |   | ○ |   |    |
| <b>Salicaceae 버드나무과</b>                                |      |   |   |   |   |   |   |    |
| <i>Populus alba</i> 은백양 *                              |      | ○ |   |   |   |   |   |    |
| <i>Salix gracilistyla</i> 갯버들 *                        |      | ○ |   |   |   |   |   |    |
| <i>S. koreensis</i> 버드나무 *                             |      | ○ |   |   |   |   |   |    |
| <b>Betulaceae 자작나무과</b>                                |      |   |   |   |   |   |   |    |
| <i>Alnus hirsuta</i> 물오리나무 *                           | ○    |   |   |   |   |   |   |    |
| <i>Corylus sieboldiana</i> 참개암나무 *                     |      | ○ |   |   |   |   |   |    |
| <b>Fagaceae 참나무과</b>                                   |      |   |   |   |   |   |   |    |
| <i>Castanea crenata</i> 밤나무 *                          |      |   | ○ |   |   |   |   |    |
| <i>Quercus aliena</i> 갈참나무 *                           |      | ○ | ○ |   |   |   | ○ |    |
| <i>Q. serrata</i> 졸참나무 *                               |      | ○ | ○ |   |   | ○ | ○ |    |
| <i>Q. variabilis</i> 굴참나무 *                            | ○    |   |   |   |   |   |   |    |

Table 17. Continued

| 학명(Scientific name)    향명(Common name)                 | 조사지역 |   |   |   |   |   |   | 비고 |
|--|------|---|---|---|---|---|---|----|
|  | A    | B | C | D | E | F | G |    |
| <b>Equisetaceae</b> 속새과                                |      |   |   |   |   |   |   |    |
| <i>Equisetum arvense</i> 쇠뜨기                           | ○    | ○ | ○ | ○ | ○ |   |   |    |
| <b>Pteridaceae</b> 고사리과                                |      |   |   |   |   |   |   |    |
| <i>Pteridium aquilinum</i> var. <i>latiusculum</i> 고사리 |      | ○ |   | ○ | ○ |   |   |    |
| <b>Gramineae</b> 벼과                                    |      |   |   |   |   |   |   |    |
| <i>Agropyron tsukushiense</i> var. <i>transiens</i> 개밀 |      |   | ○ | ○ | ○ |   |   |    |
| <i>Avena fatua</i> 메귀리                                 | ○    | ○ | ○ | ○ | ○ |   |   | 귀화 |
| <i>Dactylis glomerata</i> 오리새                          |      |   | ○ |   |   |   |   | 귀화 |
| <i>Digitaria sanguinalis</i> 바랭이                       |      |   |   |   |   |   | ○ |    |
| <i>Elymus sibiricus</i> 개보리                            |      |   |   |   | ○ |   | ○ | 귀화 |
| <i>Miscanthus sinensis</i> var. <i>purpurascens</i> 억새 | ○    |   |   | ○ |   | ○ | ○ |    |
| <i>Oplismenus undulatifolius</i> 주름조개풀                 |      |   |   |   | ○ |   |   |    |
| <i>Setaria viridis</i> 강아지풀                            |      | ○ |   |   |   |   |   |    |
| <i>Zoysia japonica</i> 잔디                              | ○    | ○ |   |   |   |   |   |    |
| <b>Cyperaceae</b> 사초과                                  |      |   |   |   |   |   |   |    |
| <i>Carex lanceolata</i> 그늘사초                           |      | ○ |   |   |   |   |   |    |
| <b>Araceae</b> 천남성과                                    |      |   |   |   |   |   |   |    |
| <i>Pinellia ternata</i> 반하                             |      | ○ | ○ | ○ |   |   |   |    |
| <b>Commelinaceae</b> 닭의장풀과                             |      |   |   |   |   |   |   |    |
| <i>Commelina communis</i> 닭의장풀                         | ○    | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ |    |
| <b>Liliaceae</b> 백합과                                   |      |   |   |   |   |   |   |    |
| <i>Hemerocallis fulva</i> 원추리                          |      |   |   | ○ |   |   | ○ |    |
| <i>Lilium tigrinum</i> 참나리                             |      |   |   |   | ○ |   |   |    |
| <i>Smilax china</i> 청미래덩굴 *                            |      |   |   |   |   | ○ |   |    |
| <i>S. sieboldii</i> 청가시덩굴 *                            |      |   |   |   |   | ○ |   |    |
| <b>Salicaceae</b> 버드나무과                                |      |   |   |   |   |   |   |    |
| <i>Populus alba</i> 은백양 *                              |      | ○ |   |   |   |   |   |    |
| <i>Salix gracilistyla</i> 갯버들 *                        |      | ○ |   |   |   |   |   |    |
| <i>S. koreensis</i> 버드나무 *                             |      | ○ |   |   |   |   |   |    |
| <b>Betulaceae</b> 자작나무과                                |      |   |   |   |   |   |   |    |
| <i>Alnus hirsuta</i> 물오리나무 *                           | ○    |   |   |   |   |   |   |    |
| <i>Corylus sieboldiana</i> 참개암나무 *                     |      | ○ |   |   |   |   |   |    |
| <b>Fagaceae</b> 참나무과                                   |      |   |   |   |   |   |   |    |
| <i>Castanea crenata</i> 밤나무 *                          |      |   | ○ |   |   |   |   |    |
| <i>Quercus aliena</i> 갈참나무 *                           |      | ○ | ○ |   |   |   | ○ |    |
| <i>Q. serrata</i> 졸참나무 *                               |      | ○ | ○ |   |   | ○ | ○ |    |
| <i>Q. variabilis</i> 굴참나무 *                            | ○    |   |   |   |   |   |   |    |

Table 17. Continued

| 학명(Scientific name)    향명(Common name)                | 조사지역 |   |   |   |   |   |   | 비고 |
|---|------|---|---|---|---|---|---|----|
|   | A    | B | C | D | E | F | G |    |
| <b>Ulmaceae</b> 느릅나무과                                 |      |   |   |   |   |   |   |    |
| <i>Celtis sinensis</i> 팽나무 *                          |      |   |   |   |   | ○ |   |    |
| <i>Ulmus parvifolia</i> 참느릅나무 *                       |      |   |   |   |   |   | ○ |    |
| <b>Moraceae</b> 뽕나무과                                  |      |   |   |   |   |   |   |    |
| <i>Broussonetia kazinoki</i> 닥나무 *                    |      | ○ |   |   |   | ○ | ○ |    |
| <i>Morus alba</i> 뽕나무 *                               |      |   | ○ |   |   |   |   |    |
| <i>M. bombycis</i> 산뽕나무 *                             |      | ○ |   |   |   |   |   |    |
| <b>Cannabinaceae</b> 삼과                               |      |   |   |   |   |   |   |    |
| <i>Humulus japonicus</i> 환삼덩굴                         | ○    | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ |    |
| <b>Urticaceae</b> 켄기풀과                                |      |   |   |   |   |   |   |    |
| <i>Boehmeria nivea</i> 모시풀                            | ○    |   |   |   |   | ○ |   |    |
| <i>B. spicata</i> 줄깨잎나무 *                             |      | ○ |   |   |   |   |   |    |
| <i>B. tricuspis</i> 거북꼬리                              |      |   |   |   |   |   | ○ |    |
| <b>Polygonaceae</b> 마디풀과                              |      |   |   |   |   |   |   |    |
| <i>Persicaria hydropiper</i> 여뀌                       |      | ○ | ○ |   | ○ | ○ | ○ |    |
| <i>P. perfoliata</i> 머느리배꼽                            |      | ○ |   |   |   |   |   |    |
| <i>P. senticosa</i> 머느리밑씻개                            | ○    | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ |    |
| <i>P. thunbergii</i> 고마리                              |      |   | ○ | ○ |   |   |   |    |
| <i>Polygonum aviculare</i> 마디풀                        |      |   |   |   |   |   | ○ |    |
| <i>Rumex acetosa</i> 수영                               | ○    | ○ | ○ | ○ |   |   | ○ |    |
| <i>R. crispus</i> 소리쟁이                                | ○    | ○ |   |   |   |   |   | 귀화 |
| <b>Chenopodiaceae</b> 명아주과                            |      |   |   |   |   |   |   |    |
| <i>Chenopodium album</i> var. <i>centrorubrum</i> 명아주 |      | ○ | ○ | ○ | ○ |   |   |    |
| <b>Amaranthaceae</b> 비름과                              |      |   |   |   |   |   |   |    |
| <i>Achyranthes japonica</i> 쇠무릎                       |      | ○ | ○ | ○ | ○ |   |   |    |
| <b>Phytolaccaceae</b> 자리공과                            |      |   |   |   |   |   |   |    |
| <i>Phytolacca americana</i> 미국자리공                     |      | ○ |   | ○ |   |   |   | 귀화 |
| <b>Portulacaceae</b> 쇠비름과                             |      |   |   |   |   |   |   |    |
| <i>Portulaca oleracea</i> 쇠비름                         |      | ○ |   |   |   |   |   |    |
| <b>Caryophyllaceae</b> 석죽과                            |      |   |   |   |   |   |   |    |
| <i>Arenaria serpyllifolia</i> 벼룩이자리                   | ○    | ○ | ○ |   | ○ |   |   |    |
| <i>Cerastium holosteoides</i>                         |      | ○ |   |   | ○ |   |   |    |
| var. <i>hallaisanense</i> 점나도나물                       |      |   |   |   |   |   |   |    |
| <i>Stellaria aquatica</i> 쇠별꽃                         |      | ○ | ○ | ○ | ○ |   | ○ |    |
| <i>S. media</i> 별꽃                                    | ○    |   |   | ○ | ○ |   |   |    |

Table 17. Continued

| 학명(Scientific name)    향명(Common name)                     | 조사지역 |   |   |   |   |   |   | 비고 |
|--|------|---|---|---|---|---|---|----|
|  | A    | B | C | D | E | F | G |    |
| <b>Ranunculaceae</b> 미나리아재비과                               |      |   |   |   |   |   |   |    |
| <i>Clematis apiifolia</i> 사위질빵 *                           | ○    | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ |    |
| <b>Lardizabalaceae</b> 으름덩굴과                               |      |   |   |   |   |   |   |    |
| <i>Akebia quinata</i> 으름덩굴 *                               | ○    |   |   | ○ |   | ○ | ○ |    |
| <b>Menispermaceae</b> 방기과                                  |      |   |   |   |   |   |   |    |
| <i>Cocculus trilobus</i> 멥쟁이덩굴                             | ○    | ○ |   | ○ |   | ○ | ○ |    |
| <i>Sinomenium acutum</i> 방기                                |      |   |   |   |   | ○ |   |    |
| <b>Papaveraceae</b> 양귀비과                                   |      |   |   |   |   |   |   |    |
| <i>Chelidonium majus</i> var. <i>asiaticum</i> 애기똥풀        |      | ○ | ○ |   |   |   |   |    |
| <b>Cruciferae</b> 십자화과                                     |      |   |   |   |   |   |   |    |
| <i>Cardamine flexuosa</i> 황새냉이                             |      |   |   |   |   |   | ○ |    |
| <i>C. leucantha</i> 미나리냉이                                  |      |   |   |   |   | ○ |   |    |
| <i>Lepidium apetalum</i> 다닥냉이                              | ○    | ○ | ○ |   |   | ○ |   | 귀화 |
| <i>Rorippa indica</i> 개갓냉이                                 |      |   | ○ |   |   |   | ○ |    |
| <i>R. islandica</i> 속속이풀                                   |      | ○ |   |   |   |   |   |    |
| <b>Crassulaceae</b> 돌나물과                                   |      |   |   |   |   |   |   |    |
| <i>Sedum sarmentosum</i> 돌나물                               |      |   |   |   |   | ○ |   |    |
| <b>Saxifragaceae</b> 범의귀과                                  |      |   |   |   |   |   |   |    |
| <i>Philadelphus schrenckii</i> 고향나무 *                      | ○    |   |   |   |   | ○ |   |    |
| <i>Ribes fasciculatum</i>                                  | ○    |   | ○ |   |   |   |   |    |
| var. <i>chinense</i> 까마귀밥여름나무 *                            |      |   |   |   |   |   |   |    |
| <b>Rosaceae</b> 장미과  |      |   |   |   |   |   |   |    |
| <i>Agrimonia pilosa</i> 짚신나물                               |      |   |   | ○ |   |   |   |    |
| <i>Duchesnea chrysantha</i> 뱀딸기                            |      |   |   |   |   | ○ |   |    |
| <i>Prunus persica</i> 복사나무 *                               | ○    |   |   |   |   |   |   |    |
| <i>P. sargentii</i> 산벚나무 *                                 | ○    |   |   |   |   |   |   |    |
| <i>Rosa multiflora</i> 찔레꽃 *                               | ○    | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ |    |
| <i>Rubus coreanus</i> 복분자딸기 *                              | ○    |   |   |   |   | ○ |   |    |
| <i>R. parvifolius</i> 명석딸기 *                               | ○    | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ |    |
| <i>Sanguisorba officinalis</i> 오이풀                         |      | ○ |   | ○ |   |   | ○ |    |
| <i>Spiraea prunifolia</i> var. <i>simpliciflora</i> 조팝나무 * |      |   |   | ○ |   |   |   |    |
| <i>Stephanandra incisa</i> 국수나무 *                          |      |   |   |   |   | ○ | ○ |    |
| <b>Leguminosae</b> 콩과                                      |      |   |   |   |   |   |   |    |
| <i>Albizzia julibrissin</i> 자귀나무 *                         | ○    |   |   |   |   | ○ | ○ |    |
| <i>Amorpha fruticosa</i> 죽제비싸리 *                           | ○    |   |   |   |   | ○ |   | 귀화 |
| <i>Amphicarpaea edgeworthii</i> var. <i>trisperma</i> 새콩   |      | ○ | ○ |   |   | ○ |   |    |

Table 17. Continued

| 학명(Scientific name)    향명(Common name) | 조사지역 |   |   |   |   |   |   | 비고 |
|--|------|---|---|---|---|---|---|----|
|  | A    | B | C | D | E | F | G |    |
| <i>Astragalus sinicus</i> 자운영          |      |   |   |   |   |   | ○ | 귀화 |
| <i>Kummerowia striata</i> 매듭풀          |      |   |   |   | ○ |   |   |    |
| <i>Lespedeza bicolor</i> 싸리 *          |      |   |   |   |   | ○ | ○ |    |
| <i>L. cuneata</i> 비수리 *                |      | ○ |   |   |   | ○ |   |    |
| <i>L. maximowiczii</i> 조록싸리 *          |      |   |   | ○ |   |   |   |    |
| <i>Pueraria thunbergiana</i> 칩 *    *  | ○    | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ |    |
| <i>Robinia pseudoacacia</i> 아까시나무 *    | ○    |   | ○ |   | ○ |   | ○ |    |
| <i>Sophora flavescens</i> 고삼           |      | ○ |   |   |   |   |   |    |
| <i>Trifolium pratense</i> 붉은토끼풀        |      |   |   | ○ |   |   |   |    |
| <i>T. repens</i> 토끼풀                   |      | ○ | ○ |   | ○ |   | ○ |    |
| <i>Vicia amoena</i> 갈퀴나물               |      |   | ○ | ○ |   |   |   |    |
| <i>V. unijuga</i> 나비나물                 |      |   |   |   |   | ○ | ○ |    |
| <b>Geraniaceae</b> 쥐손이풀과               |      |   |   |   |   |   |   |    |
| <i>Geranium nepalense</i> 이질풀          |      | ○ | ○ | ○ |   |   | ○ |    |
| <b>Oxalidaceae</b> 팽이밥과                |      |   |   |   |   |   |   |    |
| <i>Oxalis corniculata</i> 팽이밥          | ○    |   |   |   |   |   |   |    |
| <b>Rutaceae</b> 운향과                    |      |   |   |   |   |   |   |    |
| <i>Zanthoxylum schinifolium</i> 산초나무 * |      |   |   |   |   | ○ |   |    |
| <b>Euphorbiaceae</b> 대극과               |      |   |   |   |   |   |   |    |
| <i>Acalypha australis</i> 깨풀           |      | ○ |   |   |   |   |   |    |
| <i>Securinega suffruticosa</i> 광대싸리 *  | ○    |   |   |   |   | ○ | ○ |    |
| <b>Anacardiaceae</b> 옷나무과              |      |   |   |   |   |   |   |    |
| <i>Rhus chinensis</i> 불나무 *            | ○    | ○ |   |   |   |   | ○ |    |
| <b>Celastraceae</b> 노박덩굴과              |      |   |   |   |   |   |   |    |
| <i>Celastrus orbiculatus</i> 노박덩굴 *    | ○    |   |   |   |   |   |   |    |
| <i>Euonymus alatus</i> 화살나무 *          |      |   |   |   |   | ○ |   |    |
| <b>Staphyleaceae</b> 고추나무과             |      |   |   |   |   |   |   |    |
| <i>Staphylea bumalda</i> 고추나무 *        | ○    |   |   |   |   |   |   |    |
| <b>Aceraceae</b> 단풍나무과                 |      |   |   |   |   |   |   |    |
| <i>Acer ginnala</i> 신나무 *              |      | ○ |   |   |   |   |   |    |
| <b>Balsaminaceae</b> 봉선화과              |      |   |   |   |   |   |   |    |
| <i>Impatiens balsamina</i> 봉선화         |      |   |   |   |   |   | ○ |    |
| <b>Vitaceae</b> 포도과                    |      |   |   |   |   |   |   |    |
| <i>Vitis coignetiae</i> 머루 *           |      |   |   |   |   | ○ | ○ |    |
| <b>Actinidiaceae</b> 다래나무과             |      |   |   |   |   |   |   |    |
| <i>Actinidia arguta</i> 다래 *           | ○    |   |   |   |   | ○ |   |    |

Table 17. Continued

| 학명(Scientific name)    향명(Common name)   | 조사지역 |   |   |   |   |   |   | 비고 |
|--|------|---|---|---|---|---|---|----|
|  | A    | B | C | D | E | F | G |    |
| <b>Violaceae 제비꽃과</b><br><i>Viola mandshurica</i> 제비꽃  |      |   |   |   |   | ○ |   |    |
| <b>Elaeagnaceae 보리수나무과</b><br><i>Elaeagnus umbellata</i> 보리수나무 *   |      |   | ○ |   |   |   |   |    |
| <b>Onagraceae 바늘꽃과</b><br><i>Oenothera odorata</i> 달맞이꽃  | ○    | ○ |   |   |   | ○ | ○ | 귀화 |
| <b>Araliaceae 두릅나무과</b><br><i>Aralia elata</i> 두릅나무 *  | ○    |   |   |   | ○ |   |   |    |
| <b>Umbelliferae 산형과</b><br><i>Hydrocotyle sibthorpioides</i> 피막이<br><i>Torilis japonica</i> 사상자  |      |   |   | ○ |   | ○ |   |    |
| <b>Cornaceae 층층나무과</b><br><i>Cornus controversa</i> 층층나무 *<br><i>C. kousa</i> 산딸나무 *   | ○    |   | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ |    |
| <b>Primulaceae 앵초과</b><br><i>Lysimachia barystachys</i> 까치수영   |      |   |   |   |   |   | ○ |    |
| <b>Ebenaceae 감나무과</b><br><i>Diospyros lotus</i> 고욤나무 *   | ○    | ○ |   |   |   |   |   |    |
| <b>Styracaceae 때죽나무과</b><br><i>Styrax japonica</i> 때죽나무 *  |      |   |   |   |   |   | ○ |    |
| <b>Oleaceae 물푸레나무과</b><br><i>Ligustrum obtusifolium</i> 쥐똥나무 *   |      |   |   |   |   | ○ | ○ |    |
| <b>Asclepiadaceae 박주가리과</b><br><i>Metaplexis japonica</i> 박주가리   | ○    |   |   |   | ○ |   |   |    |
| <b>Convolvulaceae 메꽃과</b><br><i>Calystegia japonica</i> 메꽃   | ○    | ○ |   |   |   |   |   |    |
| <b>Borraginaceae 지치과</b><br><i>Trigonotis peduncularis</i> 꽃마리   |      | ○ | ○ |   |   |   |   |    |
| <b>Verbenaceae 마편초과</b><br><i>Clerodendron trichotomum</i> 누리장나무 *   |      |   |   |   |   | ○ |   |    |
| <b>Labiatae 꿀풀과</b><br><i>Clinopodium chinense</i><br>var. <i>parviflorum</i> 층층이꽃<br><i>Prunella vulgaris</i> var. <i>lilacina</i> 꿀풀<br><i>Scutellaria indica</i> 골무꽃<br><i>Stachys riederi</i> var. <i>japonica</i> 석잠풀 |      | ○ | ○ | ○ |   | ○ | ○ |    |

Table 17. Continued

| 학명(Scientific name)    향명(Common name)                 | 조사지역 |   |   |   |   |   |   | 비고 |
|--|------|---|---|---|---|---|---|----|
|  | A    | B | C | D | E | F | G |    |
| <b>Solanaceae 가지과</b>                                  |      |   |   |   |   |   |   |    |
| <i>Solanum nigrum</i> 까마중                              |      | ○ |   |   |   |   |   |    |
| <b>Scrophulariaceae 현삼과</b>                            |      |   |   |   |   |   |   |    |
| <i>Mazus pumilus</i> 주름잎                               |      |   | ○ |   | ○ | ○ |   |    |
| <i>Veronica peregrina</i> 문모초                          | ○    | ○ | ○ | ○ |   |   |   |    |
| <b>Rubiaceae 꼭두서니과</b>                                 |      |   |   |   |   |   |   |    |
| <i>Galium spurium</i> 갈퀴덩굴                             | ○    |   |   |   |   |   | ○ |    |
| <i>G. verum</i> var. <i>asiaticum</i> 솔나물              |      | ○ | ○ |   |   |   |   |    |
| <i>Paederia scandens</i> 계요등                           | ○    |   |   |   |   | ○ | ○ |    |
| <i>Rubia akane</i> 꼭두서니                                | ○    | ○ |   | ○ |   | ○ |   |    |
| <b>Caprifoliaceae 인동과</b>                              |      |   |   |   |   |   |   |    |
| <i>Lonicera japonica</i> 인동 *                          |      |   |   | ○ | ○ | ○ |   |    |
| <i>L. subhispidata</i> 털피불나무 *                         |      |   |   |   |   | ○ |   |    |
| <i>Viburnum wrightii</i> 산가막살나무 *                      |      |   |   |   |   | ○ |   |    |
| <b>Compositae 국화과</b>                                  |      |   |   |   |   |   |   |    |
| <i>Ambrosia artemisiifolia</i> var. <i>elatior</i> 돼지풀 |      |   |   |   |   | ○ |   | 귀화 |
| <i>Artemisia princeps</i> var. <i>orientalis</i> 쭈     | ○    | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ |    |
| <i>Aster scaber</i> 참취                                 |      |   |   |   |   |   | ○ |    |
| <i>Bidens frondosa</i> 미국가막사리                          |      |   |   |   | ○ |   |   | 귀화 |
| <i>Chrysanthemum boreale</i> 산국                        |      | ○ | ○ |   |   |   |   |    |
| <i>Cirsium japonicum</i> var. <i>ussuriense</i> 영경취    |      |   |   |   |   | ○ | ○ |    |
| <i>Erigeron annuus</i> 개망초                             | ○    | ○ | ○ | ○ |   |   | ○ | 귀화 |
| <i>E. canadensis</i> 망초                                |      | ○ | ○ | ○ |   | ○ | ○ | 귀화 |
| <i>Eupatorium chinense</i>                             |      | ○ |   |   |   |   |   |    |
| var. <i>simplicifolium</i> 등골나물                        |      |   |   |   |   |   |   |    |
| <i>Hemistepta lyrata</i> 지칭개                           |      |   | ○ |   | ○ |   |   |    |
| <i>Ixeris chinensis</i> var. <i>strigosa</i> 선썸바귀      |      | ○ |   |   |   | ○ |   |    |
| <i>I. dentata</i> 썸바귀                                  |      |   |   | ○ |   |   | ○ |    |
| <i>Lactuca indica</i> var. <i>laciniata</i> 왕고들빼기      | ○    | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ |    |
| <i>Sonchus asper</i> 큰방가지뚱                             |      | ○ |   |   |   |   |   | 귀화 |
| <i>S. oleraceus</i> 방가지뚱                               | ○    |   |   |   |   |   |   | 귀화 |
| <i>Taraxacum mongolicum</i> 민들레                        |      |   |   |   |   | ○ |   |    |
| <i>T. officinale</i> 서양민들레                             |      |   | ○ |   |   |   |   | 귀화 |
| <i>Youngia denticulata</i> 이고들빼기                       |      |   |   | ○ |   |   |   |    |
| <i>Y. japonica</i> 뿌리뱅이                                |      | ○ |   |   |   | ○ |   |    |
| <i>Y. sonchifolia</i> 고들빼기                             |      | ○ |   |   |   |   |   |    |

Notes; A(완주), B(진안), C(무주), D(장수), E(남원), F(순창), G(임실)

## 2-3. 칩에 의한 임목의 피해 상황 조사

### 재료 및 방법

덩굴성 식물인 칩에 의한 임목의 생리적 피해 상황을 파악하기 위해 전북 완주군 소양면과 진안군 부귀면 일대의 칩군락지 내부에 생육하고 있는 10수종(갈참나무, 광대싸리, 개나리, 아까시나무, 붉나무, 꾸지뽕나무, 산딸기, 단풍나무, 밤나무, 굴참나무, 은사시나무)을 대상으로 조사하였다. 수종들의 생리적 특성을 비교하기 위해 칩에 의해 피압되었을 때와 정상적으로 생육하고 있을 때 (대조군)의 개체들을 대상으로 하였다.

광합성을 (photosynthetic rate; A), 증산율 (stomatal transpiration rate; E), 기공전도도 (stomatal conductance;  $gH_2O$ ) 등의 측정은 2004년 7월부터 8월 사이에 개방형-휴대용광합성측정기 (Leaf chamber analyzer; Type LCA 4, Analytical Development Corporation)를 사용하여 잎챔버 [PLC4(B)] 로 측정하였다. 광합성률은 오전 10시부터 오후 1시까지 생육지에서 각 수종별로 3개체를 선발한 후 각 개체별로 3개의 성숙한 잎을 대상으로 하였으며, 측정시 광도와 온도는 같은 조건하에서 측정하였다.

### 결과 및 고찰

낙엽활엽수 10수종을 대상으로 이들이 칩에 의해 피압되었을 때와 정상적으로 생육하고 있을 때의 생리적인 광합성 능력을 측정한 결과는 Table 18에 나타낸 바와 같다.

10종의 광합성율 (광합성속도; A)을 측정한 결과 칩에 의하여 피압된 개체는 정상적으로 생육했을 때 보다 수종별로 약 2.6 ~ 14.3배의 낮은 광합성율을 나타냈다. 아까시나무 (*Robinia pseudoacacia*)는 광도  $530 \mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ 에서 칩에 의해 피압 (평균  $4.17 \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2}\text{s}^{-1}$ )되었을 경우 정상 생육 ( $10.92 \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2}\text{s}^{-1}$ )했을 때 보다 약 2.6배 낮은 광합성율을 유지하였다. 또한, 관목성인 산딸기 (*Rubus crataegifolius*)는  $200 \mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ 의 낮은 광도에서도 정상적으로 생육 ( $4.30 \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2}\text{s}^{-1}$ )했을 경우 피압시 ( $0.30 \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2}\text{s}^{-1}$ )보다 약 14.3배의 현저한 광합성율의 증가를 나타냈다.

기공증산율(기공증산속도; E)에 있어서는 단풍나무 (*Acer palmatum*)의 경우

약 1.1배의 가장 낮은 차이를 보였지만, 밤나무 (*Castanea crenata*)는 광도  $200 \mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ 에서 피압시 ( $0.35 \text{ mmol H}_2\text{O m}^{-2}\text{s}^{-1}$ )보다 정상( $1.61 \text{ mmol H}_2\text{O m}^{-2}\text{s}^{-1}$ )으로 자랐을 때가 약 4.6배 증가하여 측정 수종들 중에서 가장 많은 기공 증산율 차이를 보여 주었다. 기공전도도 ( $g\text{H}_2\text{O}$ )는 수종별로 약 1.1~3.7배의 차이를 나타냈는데 단풍나무가 가장 차이가 적었으며, 붉나무 (*Rhus chinensis*)는 광도  $100 \mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ 에서 정상으로 자랐을 경우  $410 \text{ mmol H}_2\text{O m}^{-2}\text{s}^{-1}$ 의 기공전도도를 나타낸 반면 칩에 의해 피압된 경우는  $110 \text{ mmol H}_2\text{O m}^{-2}\text{s}^{-1}$ 의 매우 낮은 기공전도도를 나타냈다.

Faria 등 (1996)은 기공단힘이 광합성율 (광합성속도)을 제한하는 중요한 인자이기 때문에 기공전도도와 광합성속도 사이에는 정의 상관관계가 있다고 하였으며, 이에 반해 Farquhar와 Sharkey (1982)는 이들 간에 밀접한 상호관계를 갖지만 반드시 기공전도도가 광합성속도를 억제하는 중요한 인자는 아니라고 보고하였다. 본 연구 결과를 토대로 살펴보면, 표에서 보는 바와 같이 수종별 광합성율이 평균 7.4배 증가함에 따라 기공전도도도 평균 1.9배 증가하는 값을 가지는 유사한 경향을 보여, 이들 간에 어느 정도 정의 상관관계가 있는 것으로 사료된다.

이상의 결과를 종합해 보면, 칩에 의해 피압된 경우와 정상적으로 생육하고 있는 수종 개체별 광합성 능력을 측정한 결과, 칩에 의해 방해받지 않고 정상적으로 자랐을 경우는 피압되어 자랐을 때 보다 광합성율, 기공증산율 및 기공전도도에 있어서 각각 평균 7.4배, 1.7배, 1.9배의 증가율을 나타냈다. 이는 어떤 수종이든 칩에 의하여 피압된 상태에서 생육할 경우 광합성 생리활동에 있어서 많은 부정적인 영향이 있음을 알 수 있다. 특히, 이러한 광합성능력의 차이는 결국 수목의 성장량의 차이로 나타날 수 있을 것이다.

Table 18. Comparison of Photosynthesis abilities in the depressed trees by *Pueraria thunbergiana* and the normal trees

| 수종    | 광합성율(A)<br>( $\mu\text{mol CO}_2$<br>$\text{m}^{-2}\text{s}^{-1}$ ) |       | 기공증산율(E)<br>( $\text{mmol H}_2\text{O}$<br>$\text{m}^{-2}\text{s}^{-1}$ ) |      | 기공전도도( $\text{gH}_2\text{O}$ )<br>( $\text{mmol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ ) |       | 광량<br>( $\mu\text{mol}$<br>$\text{m}^{-2}\text{s}^{-1}$ ) |
|-------|---|-------|---|------|---|-------|---|
|       | 피압시   | 정상시   | 피압시   | 정상시  | 피압시   | 정상시   |   |
| 붉나무   | 1.12  | 6.75  | 1.61  | 2.75 | 110   | 410   | 100   |
| 갈참나무  | 2.20  | 6.81  | 1.61  | 2.56 | 180   | 420   | 200   |
| 산딸기   | 0.30  | 4.30  | 1.41  | 1.67 | 420   | 500   | 200   |
| 단풍나무  | 0.70  | 2.93  | 1.23  | 1.30 | 100   | 110   | 200   |
| 밤나무   | 0.59  | 4.89  | 0.35  | 1.61 | 140   | 420   | 200   |
| 은사시나무 | 0.38  | 5.33  | 0.86  | 1.09 | 390   | 520   | 220   |
| 개나리   | 1.11  | 9.27  | 0.93  | 1.19 | 230   | 340   | 400   |
| 꾸지뽕나무 | 2.92  | 18.57 | 2.73  | 4.45 | 590   | 1,010 | 500   |
| 아까시나무 | 4.17  | 10.92 | 1.56  | 2.43 | 160   | 300   | 530   |
| 광대싸리  | 1.31  | 9.07  | 0.65  | 1.42 | 280   | 350   | 1,100   |

## 제 3절 미생물 제제개발을 위한 formulation 개발

### 3-1. 각 병원균의 최적 formulation screen

썩에서 분리된 병원균을 이용하여야 썩을 방제하고자 제제 개발을 위하여 최적 formulation screen을 다음과 같이 실험하였다.

#### 재료 및 방법

##### 접종원;

제 1장에서 분리 동정되어 병원성이 확인된 *Alternaria tenuissima*, *Fusarium solani*, *Phytophthora erythroseptica*, *Rhizoctonia solani*를 본 실험에 유용미생물로 사용하였다. 접종원으로 *A. tenuissima*, *F. solani*를 감자한천배지 (PDA)에서 28℃ 항온기에 10일간 배양한 균을 homogenizer로 절단 후 포자를 접종원으로 사용하였다. *P. erythroseptica*는 10% V8 배지에서 5일간 배양 후 25℃의 항온기에서 48시간 배양하여 유주자를 형성시켰으며, 멸균된 유리봉으로 가볍게 문질러 유주자를 분리하여 접종원으로 사용하였다. *R. solani*는 PDA 배지에서 7일간 배양한 균총을 멸균 유리봉으로 수집하여 Young (1982)의 방법에 따라 homogenizer로 균사절편을 만들어 접종원으로 사용하였다.

접종원의 농도는 *A. tenuissima*, *F. solani* 와 *P. erythroseptica*들은 포자현탁액  $1 \times 10^4$  spores/ml,  $1 \times 10^5$  spores/ml,  $1 \times 10^3$  zoospores/ml으로, *R. solani*는  $1 \times 10^5$  mycelia/ml가 되도록 조절하여 미생물 병원성 증가를 위한 제제와 혼합하여 썩 앞에 분무접종 하였다.

발병도 (DI, disease index)는 disease severity에 따라 발병도를 조사하고 [(severity rating X number of plants in that class)/total number of plants]의 합계에 따라 계산하였다. Disease severity의 조사는 접종 2주 후부터, 0~5까지의 숫자 범위를 사용하였다. 0 = 무병징, 1 = 잎 면적의 10% 이하로 병반형성, 2 = 잎 면적의 20% 이하로 병반 형성, 3 = 잎 면적의 50% 이하로 병반 형성, 4 = 잎 면적의 50%-80% 병반 형성, 5 = 잎의 전체가 고사한다. DI 3.0 이하이면 약 또는 중간의 병원성으로 하였고, DI 3.0 이상이면 강병원성으로 판단하였다.

## 가. 제제(formulations)의 선발;

4종의 균주 *A. tenuissima*, *F. solani*, *P. erythroseptica*, *R. solani*를 접종원으로 하여, 병원성을 증가시키기 위한 제제를 선발하기 위하여 ILPON 계면활성제, Sucrose-Tween 20 용액, W/O/W emulsion을 사용하였다.

### 1). 계면활성제

계면활성제는 비이온성 organosilicone surfactant, 양이온성 계면활성제와 음이온성 계면활성제 acyltaurate 계열인 ILPON을 예비 실험을 하였는데, acyltaurate 계열인 ILPON 계면활성제가 다른 계면활성제에 비해 생분해성이 높아 환경친화적이며, 계면활성제에 의한 진균의 생장에 영향을 주지 않는 ILPON 계면활성제만을 실험에 사용하였다.

접종원과 음이온성 계면활성제인 ILPON (Surface Active Agents Water treatments, IL SHIM CO.)의 농도를 0.01%, 0.03%, 0.05%, 0.08%, 0.1%, 0.2%, 0.3%, 0.4%로 조절하여 실험에 사용하였다. 접종원과 ILPON을 혼합하여 칩 잎에 분무접종하고 수분조절성장상 (100% RH, 25℃)에 12시간 보관 후 식물성장실 (light 12h, RH 70%, 28℃)로 옮겨 ILPON 계면활성제의 병원성 발병도를 조사하였다.

### 2). Sucrose-Tween 20 (ST) 용액

Sucrose-Tween 20 (ST) 용액은 sucrose와 tween 20을 혼합한 용액으로 병원균의 계면활성과 안정제로 작용하는 tween 20을 유화제로서 사용하였으며, 멸균증류수에 2.0% sucrose와 0.1% tween 20을 혼합하여 ST 용액의 병원성 발병도를 조사하였다.

### 3). W/o/w emulsions

W/O/W emulsion (Water in Oil in Water)은 농도가 낮은 오일로 구성되었으며 조성은 상업적으로 시판되고 있는 유화제인 ISP-590 (Dongbang food Co.)과 Myverol 18-99 (Gillco Co.)를 사용하였다. W/O/W emulsion의 구성은 water phase (ST 용액; 2g의 sucrose, 0.1ml의 tween 20, 100ml의 top water)와 oil phase (20ml의 vegetable oil (20%, v/v), 80ml의 DW, 2g의 emulsifier (ISP-590

또는 Myverol 18-99)를 같은 양(1:1,v/v)으로 혼합한 후 2분간 homogenizer (C60421-N)로 교반하여, 다시 동량의 DW과 ILPON surfactant를 섞어서 농도가 낮은 오일함량인 W/O/W emulsion을 제조하여 본 실험에 사용하였다.

칩에서 병원균의 보호제로 작용하며 병원균의 이행성을 돕는 23종류의 식물성 오일 (vegetable oils, Table 3)을 W/O/W emulsion에 조합하여 식물성 오일이 병원균의 보호와 이행성을 조사하였다. 각 oil phase와 water phase를 조합한 후에 동량의 water와 ILPON surfactant가 최종농도 0.2%가 되도록 혼합하여 46종류의 W/O/W emulsions을 조합하여 효과적인 w/o/w emulsion을 선발하였다.

## 결과 및 고찰

병원균을 보호하고, 미생물의 활성을 증강시키는 목적으로 제제를 선발하였다. 본 실험에서 병원성이 있는 4종의 병원균 (*A. tenuissima*, *F. solani*, *P. erythroseptica*, *R. solani* 등)을 대상으로 칩의 방제에 효과적인 제제를 선발하기 위하여, ILPON 계면활성제, Sucrose-Twee·n 20 용액과 W/O/W emulsion을 사용하여 최적 제제를 선발하였다.

### 1). ILPON 계면활성제의 방제 효과

칩의 생물학적 방제를 위하여 4종의 균주 (*A. tenuissima*, *F. solani*, *P. erythroseptica*, *R. solani*)와 ILPON 계면활성제를 제제로 만들어 실험한 결과는 Table 1과 같다. ILPON 농도가 증가할수록 병의 발병도가 높았으며, 0.2%이상에서 칩 잎에 불규칙한 괴사 반점 (necrotic spot)을 형성하였다. *A. tenuissima*는 0.2% ILPON 이상에서 Disease index (DI)= 2.0으로 발병도를 나타냈으며 0.1% 이하의 ILPON에서는 1.0-1.5로 낮았다. *F. solani*의 경우 0.2% ILPON 이상에서는 DI=1.5와 DI=1.6의 발병도를 보였으나 0.1%이하의 ILPON에서는 0.7-1.1이었다. *P. erythroseptica*의 경우 0.2%이상의 ILPON에서 DI=2.5의 발병도를 나타냈으며, 0.1%이하의 ILPON에서는 1.2-1.8의 발병도를 보였다. *R. solani*의 경우 2% 이상의 ILPON에서는 DI=1.3의 발병도를 나타냈으며 0.1% 이하에서는 0.7-1.0의 발병도를 보였다 (Table 19). 각 균주에 따라 차이는 있지만 ILPON 계면활성제의 농도가 0.2% 이상에서 비슷한 발병도를 보였다.

ILPON과 같은 계면활성제는 농약의 활성에서 매우 다양하게 작용하여 액체에

서 표면 특성을 변형시키는데 효과가 있으며, 액상에서 agent의 분산제, 유화제, 고착제의 역할을 한다. 또한 포자 현탁액에서 계면활성제는 젖어있는 시간 (dew period)이 짧더라도 포자가 발아할 수 있는 조건인 친수성을 형성하고, 잎 표면에서 포자들이 고착하는데 도움을 준다는 보고가 있다 (Anderson, 1983., Prasad, 1993., Shabana *et al.*, 1997). Walker (1982)는 *Alternaria cassiae*의 포자가 Tween 20과 Tween 80과 같은 계면활성제에서는 포자의 성장과 발아가 억제되지만 non-ionic nonoxynol 계면활성제에서는 포자의 발아를 증가시켜 sicklepod (*Senna obtusiolia* L.)의 생물학적 방제를 증가시킬 수 있다고 하였다. 그러나 본 실험에 사용된 ILPON 계면활성제에 따른 병원성 증가 효과는 0.2%이상의 ILPON에서도 발병도가 3.0 이하로 나타나, *A. tenuissima*, *F. solani*, *P. erythroseptica*, *R. solani*의 병원성 증가에는 많은 영향을 미치지 않는 것으로 사료된다. 따라서, ILPON 계면활성제와 다른 보조제와의 혼용에 따른 병원성 증가에 미치는 영향을 계속적으로 연구해야 할 것으로 생각된다.

Table 19. Effect of surfactant concentration on the disease index of kudzu leaf by *A. tenuissima* (At), *F. solani* (Fs), *P. erythroseptica* (Pe) and *R. solani* (Rs)

| Pathogen             | ILPON concentration (%) |      |      |      |      |     |            |     |     |  |
|----------------------|-------------------------|------|------|------|------|-----|------------|-----|-----|--|
|                      | 0                       | 0.01 | 0.03 | 0.05 | 0.08 | 0.1 | 0.2        | 0.3 | 0.4 |  |
| At                   | 1.0 <sup>a</sup>        | 1.0  | 1.2  | 1.3  | 1.3  | 1.5 | <b>2.0</b> | 2.0 | 2.0 |  |
| Fs                   | 0.7                     | 0.7  | 1.0  | 1.0  | 1.1  | 1.1 | <b>1.5</b> | 1.6 | 1.6 |  |
| Pe                   | 1.2                     | 1.2  | 1.4  | 1.5  | 1.7  | 1.8 | <b>2.5</b> | 2.5 | 2.5 |  |
| Rs                   | 0.7                     | 0.7  | 0.9  | 1.0  | 1.0  | 1.0 | <b>1.3</b> | 1.3 | 1.3 |  |
| Control <sup>b</sup> | 0                       | 0    | 0    | 0    | 0    | 0   | 0          | 0   | 0   |  |

<sup>a</sup>Disease index indicates the severity of disease, which was rated on a scale from 0 ( no symptom) to 5 (whole plants dying or dead).

<sup>b</sup>Control was sprayed with each ILPON concentrations onto leafy kudzu without inoculum.

## 2). Sucrose-Tween 20 용액의 방제 효과

Sucrose-Tween20 용액 (ST 용액)과 4종의 병원균을 대상으로 췌의 생물학적 방제에 관한 실험한 결과는 Table 20과 같다. ST 용액에 각 병원균의 접종을 혼합하여 제제를 만들어 분무 접종한 결과 *A. tenuissima*의 경우에는 Disease index (DI)=1.1, *F. solani*의 경우 DI=2.7, *P. erythroseptica*은 DI=2.2를 나타내었고, *R. solani*는 DI=1.2를 나타냈다. 그러나 병원균을 단독으로 처리한 경우 *A. tenuissima*의 경우 Disease index (DI)=0.17, *F. solani*의 경우에는 DI=1.2, *P. erythroseptica*은 DI=1.1, *R. solani*는 DI=0.8로 발병도가 낮았다. 이상의 결과와 같이 병원균을 ST 용액과 혼합하여 처리하면 병원균 단독 처리에 비교하면 높은 발병도를 나타내어 췌의 생물학적 방제에 ST 제제는 췌의 방제에 효과적이었다.

Yang (1993, 1995)은 aqueous sucrose 용액 (0.5g sucrose + 0.1ml tween 20 + 100ml top water)에 *Alternaria alternata*와 *A. angustiovoidea*를 혼합하여 처리한 결과 leafy spurge의 방제 실험에서 발병도가 크게 증가하지는 않았다고 보고하였다. 또한 2% sucrose 용액에 *Myrothecium verrucaria*를 혼합하여 처리한 실험에서도 병원성이 크게 증가하지는 않았다고 하였다. 본 실험에서도 병원균을 단독 처리와 ST 용액에 병원균을 혼합 처리한 결과에서 병원균 단독처리보다 ST 용액에 병원균을 혼합 처리한 경우 병원성의 발병도에서 증가되었으나 췌의 생물학적 방제에 ST 용액과 병원균 혼합이 우수한 방제효과가 있으나 미미한 것으로 사료되었다.

Table 20. Effect of ST solution on the disease index of kudzu leaf by *A. tenuissima* (At), *F. solani* (Fs) and *P. erythroseptica* (Pe) and *R. solani* (Rs)

| Treatment <sup>b</sup> | Disease Index <sup>a</sup> |     |     |      |
|------------------------|----------------------------|-----|-----|------|
|                        | Replication                |     |     | Mean |
|                        | I                          | II  | III |      |
| ST sol+At              | 0.8                        | 1.0 | 1.5 | 1.1  |
| At, only               | 0.1                        | 0.2 | 0.2 | 0.17 |
| ST sol+Fs              | 2.5                        | 2.5 | 3.0 | 2.7  |
| Fs, only               | 1.5                        | 1.0 | 1.2 | 1.2  |
| ST sol+Pe              | 2.0                        | 1.7 | 3.0 | 2.2  |
| Pe, only               | 1.0                        | 1.2 | 1.2 | 1.1  |
| ST sol+Rs              | 1.0                        | 1.2 | 1.5 | 1.2  |
| Rs, only               | 0.2                        | 0.3 | 0.3 | 0.8  |
| ST sol, only           | 0.0                        | 0.0 | 0.0 | 0.00 |

<sup>a</sup>Disease index indicates the severity of disease, which was rated on a scale from 0 ( no symptom) to 5 (whole plants dying or dead).

<sup>b</sup>Plants were sprayed with inoculum suspended in sucrose (2%) Tween 20 (0.1%) or D.W solution. Inoculated plants were first incubated in a dew chamber at 28 C for 24 hr and then moved to the growth chamber.

### 3). W/O/W emulsions의 칩 방제 효과

W/O/W emulsion (Water in Oil in Water)와 병원균을 대상으로 칩의 생물학적 방제를 실험한 결과는 Table 3과 같다. W/O/W emulsion은 Invert emulsion에서 오일 농도를 낮추어 phytotoxicity로 추정되는 피해를 줄이고, 스프레이 적용이 용이하도록 하였다. 23종류의 vegetable oil인-살구씨 오일 (apricot kernel oil), 아보카도 오일 (avocado oil), 동백기름 (camellia oil), 카놀라유 (canola oil), 피마자유 (castor oil), 옥수수기름 (corn oil), 면실유 (cottonseed oil), 포도 오일 (grape oil), 호호바 오일 (jojoba oil), 올리브유 (olive oil), 야자유 (palm oil), 땅콩기름(peanut oil), 들기름 (perilla oil), 채종유 (rapeseed oil), 쌀눈기름 (rice germ oil), 현미유 (rice oil), 고추씨기름 (redpepper oil), 참기름(sesame oil), 해조오일 (seaweed oil), 홍화유 (safflower oil), 해바라기유 (sunflower oil), 대두유 (soybean oil), 밀 배아유 (wheat germ oil)등을 사용하여 23종류의 제제 (Table

3)과 보조제로서 0.2% ILPON 계면활성제를 첨가한 23종류의 제제 (Table 21)등의 46종류의 제제를 마련하여 병원성증가 효과를 실험하였다.

Table 21. Combinations of W/O/W emulsion and their composition

| Formulation | Composition  |
|-------------|--|
| IL          | ILPON OMT, Surface Active Agents Water treatments. |
| ST          | 2%Sucrose-0.1%Tween20 solution                     |
| AP          | ST sol+ Apricot kernel oil                         |
| APIL        | ST sol+ Apricot kernel oil+ILPON (final con. 0.2%) |
| AV          | ST sol+ Avocado oil                                |
| AVIL        | ST sol+ Avocado oil+ILPON (final con. 0.2%)        |
| CA          | ST sol+ Camellia oil                               |
| CAIL        | ST sol+ Camellia oil+ILPON (final con. 0.2%)       |
| CN          | ST sol+Canola oil                                  |
| CNIL        | ST sol+Canola oil+ILPON (final con. 0.2%)          |
| CS          | ST sol+Castor oil                                  |
| CSIL        | ST sol+Castor oil+ILPON (final con. 0.2%)          |
| CR          | ST sol+Corn oil                                    |
| CRIL        | ST sol+Corn oil+ILPON (final con. 0.2%)            |
| CO          | ST sol+Cottonseed oil                              |
| COIL        | ST sol+Cottonseed oil+ILPON (final con. 0.2%)      |
| GR          | ST sol+Grape oil                                   |
| GRIL        | ST sol+Grape oil+ILPON (final con. 0.2%)           |
| JO          | ST sol+Jojoba oil                                  |
| JOIL        | ST sol+Jojoba oil+ILPON (final con. 0.2%)          |
| OL          | ST sol+Olive oil                                   |
| OLIL        | ST sol+Olive oil+ILPON (final con. 0.2%)           |
| PA          | ST sol+Palm oil                                    |
| PAIL        | ST sol+Palm oil+ILPON (final con. 0.2%)            |
| PE          | ST sol+Peanut oil                                  |

Table 21. Continued

| Formulation | Composition                                    |
|-------------|--|
| PEIL        | ST sol+Peanut oil+ILPON (final con. 0.2%)      |
| PR          | ST sol+Perilla oil                             |
| PRIL        | ST sol+ Perilla oil +ILPON (final con. 0.2%)   |
| RA          | ST sol+ Rapeseed oil                           |
| RAIL        | ST sol+ Rapeseed oil+ILPON (final con. 0.2%)   |
| RG          | ST sol+Rice germ oil                           |
| RGIL        | ST sol+Rice germ oil +ILPON (final con. 0.2%)  |
| RI          | ST sol+Rice oil                                |
| RIIL        | ST sol+ Rice oil +ILPON (final con. 0.2%)      |
| RP          | ST sol+Redpepper oil                           |
| RPIL        | ST sol+ Redpepper oil +ILPON (final con. 0.2%) |
| SE          | ST sol+ Sesame oil                             |
| SEIL        | ST sol+ Sesame oil +ILPON (final con. 0.2%)    |
| SW          | ST sol+Seaweed oil                             |
| SWIL        | ST sol+Seaweed oil+ILPON (final con. 0.2%)     |
| SA          | ST sol+Safflower oil                           |
| SAIL        | ST sol+ Safflower oil +ILPON (final con. 0.2%) |
| SU          | ST sol+Sunflower oil                           |
| SUIL        | ST sol+ Sunflower oil +ILPON (final con. 0.2%) |
| SO          | ST sol+ Soybean oil                            |
| SOIL        | ST sol+ Soybean oil +ILPON (final con. 0.2%)   |
| WH          | ST sol+ Wheat germ oil                         |
| WHIL        | ST sol+ Wheat germ oil+ILPON (final con. 0.2%) |

46종류의 조합된 W/O/W emulsion에 4종의 균주 *A. tenuissima*, *F. solani*, *P. erythroseptica*, *R. solani* 등과 혼합하여 각 균주에 효과적인 W/O/W emulsion을 조사한 결과는 Table 22와 같다. 생물제제를 사용하여 DI=3.0이상의 결과는 *A. tenuissima*의 경우 SA제제와 SAIL 제제에서 4.5로 가장 높았으며, 다음으로 CA (4.0), CAIL (4.0), SE (3.5), SEIL (3.5), RA (3.0), RI (3.0) 제제 순이었다. *F.*

*solani*는 SE 제제와 SEIL제제에서 4.3으로 가장 높았으며, 다음으로 SA (4.0), SAIL (4.0), CA (3.0), CAIL (3.7), RA (3.2), RPIL (3.2), RP (3.0)제제 순이었다. *P. erythroseptica*의 경우는 SE 제제와 SEIL 제제에서 4.7로 가장 높았으며, 다음으로 PR (3.5), PRIL (3.5), CA (3.5), CAIL (3.2), RP (3.2), RPIL (3.2), , SA (3.2), SAIL (3.0), RAIL (3.0), RI (3.0), RIIL (3.0) 제제 순이었다. *R. solani*는 SA제제와 SAIL 제제에서 4.0으로 가장 높았으며, 다음으로 CAIL (3.2), CA (3.0), RP (3.0), RPIL (3.0) 제제 순이었다. DI=3.0이상 나타내는 제제 중에서 ILPON 계면활성제를 첨가하여 만든 제제가 첨가하지 않은 제제보다 높게 나타난 것은 *F. solani*의 경우 RPIL제제가 RP제제보다 DI=0.2 높았으며, 다른 제제의 경우 ILOPN을 첨가한 제제가 오히려 DI=0.2-1.1사이로 낮거나 같았다. *P. erythroseptica*의 경우는 RAIL제제가 RA제제보다 DI=0.2 높았으며, *A. tenuissima*와 *R. solani*는 ILPON을 첨가한 것과 하지 않은 것의 DI값이 같거나 0.2정도 낮게 관찰되었다. 결과에서, W/O/W emulsions에 ILPON 계면활성제 (final con. 0.2%)를 첨가하여 만든 제제와 첨가하지 않은 제제에서 각 병원균의 병원성 증가에 영향을 미치지 않는 것으로 사료되므로 ILPON 계면활성제를 사용하지 않은 w/o/w emulsion에서 효과적인 제제를 선발하였다.

이상의 결과와 같이 칩의 생물학적 방제를 위한 최적제제로는 W/O/W emulsion이 가장 효과적이었으며 병원균별로는 *A. tenuissima* 는 ST 용액 + 홍화유 (SA)제제에서 발병도 4.5였으며, *F. solani*는 ST 용액 + 참기름 (SE)에서 발병도 4.3이며, *P. erythroseptica*는 ST 용액 + 참기름(SE)제제에서 발병도 4.7이며, *R. solani*에서는 ST 용액 + 홍화유 (SA)제제에서 발병도 4.0으로 최적 제제로 선발되었다.

Table 22. Effect of W/O/W emulsion or W/O/W emulsion+ILPON surfactant solution on the disease index of kudzu by *A. tenuissima* (At), *F. solani* (Fs) and *P. erythrosetica* (Pe) and *R. solani* (Rs)

| Formulation | Disease Index |            |            |            |                      |
|-------------|---------------|------------|------------|------------|----------------------|
|             | At            | Fs         | Pe         | Rs         | Control <sup>b</sup> |
| AP          | 1.0           | 1.0        | 0.5        | 0.8        | 0.0                  |
| APIL        | 1.0           | 0.7        | 0.7        | 0.8        | 0.0                  |
| AV          | 1.2           | 0.5        | 2.0        | 1.2        | 0.0                  |
| AVIL        | 1.0           | 0.6        | 1.5        | 1.0        | 0.0                  |
| CA          | <b>4.0</b>    | <b>4.0</b> | <b>3.5</b> | <b>3.0</b> | 0.0                  |
| CAIL        | <b>4.0</b>    | <b>3.7</b> | <b>3.2</b> | <b>3.2</b> | 0.0                  |
| CN          | 2.0           | 1.0        | 2.0        | 1.3        | 0.0                  |
| CNIL        | 2.2           | 1.2        | 2.0        | 1.0        | 0.0                  |
| CO          | 1.7           | 2.0        | 1.4        | 0.5        | 0.0                  |
| COIL        | 1.8           | 2.2        | 1.5        | 0.5        | 0.0                  |
| CR          | 1.0           | 0.7        | 0.8        | 1.4        | 0.0                  |
| CRIL        | 1.3           | 0.7        | 1.0        | 1.5        | 0.0                  |
| CS          | 0.5           | 1.5        | 1.2        | 1.7        | 0.0                  |
| CSIL        | 0.7           | 1.7        | 1.2        | 2.0        | 0.0                  |
| GR          | 2.3           | 1.7        | 1.7        | 0.8        | 0.0                  |
| GRIL        | 2.0           | 2.0        | 1.5        | 1.0        | 0.0                  |
| JO          | 2.2           | 0.5        | 1.8        | 2.0        | 0.0                  |
| JOIL        | 1.9           | 0.8        | 2.0        | 2.0        | 0.0                  |
| OL          | 1.5           | 0.7        | 1.0        | 0.5        | 0.0                  |
| OLIL        | 1.7           | 0.8        | 1.0        | 0.6        | 0.0                  |
| PA          | 2.0           | 1.5        | 1.5        | 1.4        | 0.0                  |
| PAIL        | 2.0           | 1.5        | 1.6        | 1.6        | 0.0                  |
| PE          | 1.4           | 1.7        | 1.0        | 1.8        | 0.0                  |
| PEIL        | 1.5           | 1.4        | 0.9        | 2.0        | 0.0                  |
| PR          | 2.5           | 2.5        | <b>3.5</b> | 2.0        | 0.0                  |
| PRIL        | 2.5           | 2.8        | <b>3.5</b> | 1.5        | 0.0                  |
| RA          | <b>3.0</b>    | <b>3.2</b> | 2.8        | 2.5        | 0.0                  |
| RAIL        | 2.8           | 2.9        | <b>3.0</b> | 2.2        | 0.0                  |
| RG          | 2.8           | 2.2        | 2.7        | 1.5        | 0.0                  |
| RGIL        | 2.5           | 2.0        | 2.7        | 1.6        | 0.0                  |
| RI          | <b>3.0</b>    | 2.5        | <b>3.0</b> | 2.0        | 0.0                  |
| RIIL        | 2.7           | 2.5        | <b>3.0</b> | 2.0        | 0.0                  |

Table 22. Continued

| Formulation      | Disease Index <sup>a</sup> |            |            |            |                      |
|------------------|----------------------------|------------|------------|------------|----------------------|
|                  | At                         | Fs         | Pe         | Rs         | Control <sup>b</sup> |
| RP               | 2.7                        | <b>3.0</b> | <b>3.2</b> | <b>3.0</b> | 0.0                  |
| RPIL             | 2.5                        | <b>3.2</b> | <b>3.2</b> | <b>3.0</b> | 0.0                  |
| SE               | <b>3.5</b>                 | <b>4.3</b> | <b>4.7</b> | 2.5        | 0.0                  |
| SEIL             | <b>3.5</b>                 | <b>4.3</b> | <b>4.7</b> | 2.5        | 0.0                  |
| SW               | 1.0                        | 1.5        | 1.5        | 2.0        | 0.0                  |
| SWIL             | 0.9                        | 1.7        | 1.6        | 2.2        | 0.0                  |
| SA               | <b>4.5</b>                 | <b>4.0</b> | <b>3.2</b> | <b>4.0</b> | 0.0                  |
| SAIL             | <b>4.5</b>                 | <b>4.0</b> | <b>3.0</b> | <b>4.0</b> | 0.0                  |
| SL               | 1.2                        | 1.0        | 2.0        | 1.7        | 0.0                  |
| SLIL             | 1.2                        | 1.1        | 2.0        | 1.5        | 0.0                  |
| SO               | 2.0                        | 1.2        | 1.8        | 1.2        | 0.0                  |
| SOIL             | 1.5                        | 1.0        | 1.7        | 1.0        | 0.0                  |
| WH               | 1.2                        | 0.5        | 1.4        | 2.0        | 0.0                  |
| WHIL             | 1.0                        | 0.7        | 1.6        | 2.2        | 0.0                  |
| Each<br>Pathogen | 0.7                        | 0.5        | 0.8        | 0.4        |                      |

<sup>a</sup>Disease index indicates the severity of disease, which was rated on a scale from 0 (no symptom) to 5 (whole plants dying or dead). Inoculated plants were first incubated in a dew chamber at 28 C for 24 hr and then moved to the growth chamber.

<sup>b</sup>Control was containing each formulation without mixing inoculum.

### 3-2. 병원미생물의 침투 및 이행촉진을 위한 보조제 선발

침에서 분리된 병원균을 이용하여 침을 방제하고자 제제의 개발을 위하여 최적 formulation screen에서 선발된 W/O/W emulsion을 대상으로 접종원의 농도, W/O/W emulsions에서 오일의 농도 등에 대하여 병원성 증가효과를 실험하였다.

#### 가. 접종원 농도

##### 재료 및 방법

4종의 균주에 발병도 실험에서 최종 선발된 W/O/W emulsion 제제를 이용하여 접종원의 농도를 조사하였다. *A. tenuissima*는 ST 용액 + 홍화유 (SA) 제제에 포자의 농도를  $1 \times 10^2$ ,  $1 \times 10^3$ ,  $1 \times 10^4$ ,  $1 \times 10^5$ ,  $1 \times 10^6$  spores/ml 범위에서 발병도를 조사하였고, *F. solani*는 ST 용액 + 참기름 (SE) 제제에 포자의 농도를  $1 \times 10^2$ ,  $1 \times 10^3$ ,  $1 \times 10^4$ ,  $1 \times 10^5$ ,  $1 \times 10^6$  spores/ml 범위에서 발병도를 조사하였고, *P. erythroseptica*는 ST 용액 + 참기름(SE) 제제에 포자의 농도를  $1 \times 10^2$ ,  $1 \times 10^3$ ,  $1 \times 10^4$ ,  $1 \times 10^5$ ,  $1 \times 10^6$  zoospores/ml 범위에서 발병도를 조사 하였으며, *R. solani*는 ST 용액 + 홍화유 (SA)제제에 균사의 최종 농도를  $1 \times 10^2$ ,  $1 \times 10^3$ ,  $1 \times 10^4$ ,  $1 \times 10^5$ ,  $1 \times 10^6$  mycelia/ml 범위에서 각각 침 앞에 분무접종하여 발병도를 조사하였다. 접종한 침은 수분조절생장상 (100% RH, 27°C)에 12h 동안 보관한 뒤에 유리 온실로 옮겨 관찰하였으며, 발병도는 접종 3주 후에 조사하였다.

##### 결과 및 고찰

*A. tenuissima*와 *R. solani*를 SA제제에서, *F. solani* 와 *P. erythroseptica*는 SE제제에서 각 접종원의 농도별로 각각 침 앞에 분무접종 한 결과는 Table 23과 같다. *A. tenuissima*는 포자의 농도  $1 \times 10^4$  이상에서 DI=4.8로 다른 농도와 비교할 때 높은 발병도를 보이며,  $1 \times 10^3$  이하의 포자 농도에서는 발병도가 1.8 이하로 낮았다. *F. solani*는  $1 \times 10^5$  이상의 포자의 농도에서 DI=4.7로 발병도가 높게 나타났으나,  $1 \times 10^4$  이하에서는 발병도가 DI=2.8이하로 낮았다. *P. erythroseptica*는  $1 \times 10^3$  이상의 포자농도에서 DI=4.9로 발병도가 높았으나  $1 \times 10^2$  이하의 포자

농도에서는 발병도가 DI=3.0으로 낮았다. *R. solani*는  $1 \times 10^5$  이상의 포자농도에  
서 DI=4.5로 발병도가 높았으나  $1 \times 10^4$  이하의 농도에서 발병도가 DI=3.0으로 낮  
았다.

Yang (1993)은 invert emulsion에서 *A. alternata* 와 *A. angustiovoidea*의 포  
자 농도 실험에서 *A. alternata*의 경우  $1 \times 10^5$  이상에서 높은 발병도를 보였으며,  
*A. angustiovoidea*는  $1 \times 10^3$ 에서 잎 표면에 50%의 병반을 형성하였으며  $1 \times 10^5$ 에  
서 잎이 고사하는 높은 발병도를 나타냈다고 하였다. 본 실험 결과에서는 *A.*  
*tenuissima*의 경우 이보다 낮은 농도인  $1 \times 10^4$ 에서 칙 잎이 고사하는 높은 발병도  
를 보며, invert emulsion보다 오일 농도가 낮았음에도 효과적인 병원성 증가를  
나타냈다.

이상과 같이 본 실험에서 결과와 타 보고를 참고 할 때 병원균에 따라 보조제  
와 혼합하여 칙의 방제에 응용할 경우에는 각각 다른 농도로 처리함이 칙의 방  
제에 효과적으로 생각된다.

Table 23. Effect of inoculum concentration on the infection of *A. tenuissima*  
(At) and *F. solani* (Fs), *P. erythroseptica* (Pe), *R. solani* (Rs) in the selected  
w/o/w emulsion

| Inoculum concentration<br>(per ml) | Disease index <sup>a</sup> |                 |                 |                 |
|------------------------------------|----------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|
|                                    | At <sup>b</sup>            | Fs <sup>c</sup> | Pe <sup>c</sup> | Rs <sup>b</sup> |
| $10^6$                             | 5.0                        | 4.7             | 5.0             | 4.5             |
| $10^5$                             | 5.0                        | <b>4.7</b>      | 5.0             | <b>4.5</b>      |
| $10^4$                             | <b>4.8</b>                 | 2.8             | 5.0             | 3.8             |
| $10^3$                             | 1.8                        | 1.0             | <b>4.9</b>      | 1.0             |
| $10^2$                             | 0.5                        | 0.3             | 3.0             | 0.2             |
| $10^1$                             | 0.4                        | 0.1             | 0.7             | 0.2             |

<sup>a</sup>Disease index indicates the severity of disease, which was rated on a scale  
from 0 (no symptom) to 5 (whole plants dying or dead).

<sup>b</sup>Sprayed with SA emulsion containing the suspension of At or Rs.

<sup>c</sup>Sprayed with SE emulsion containing the suspension of Fs and Pe.

## 나. W/O/W emulsions에서 오일 농도

### 재료 및 방법

4종의 균주에 생물학적 방제에 대한 실험에서 최종 선발된 W/O/W emulsion 제제를 이용하여 오일 농도를 조사하였다. 접종원의 농도는 *A. tenuissima*의 경우  $1 \times 10^4$  spores/ml, *F. solani*는  $1 \times 10^5$  spores/ml, *P. erythroseptica*는  $1 \times 10^3$  zoospores/ml, *R. solani*는  $1 \times 10^5$  mycelia/ml로 조절하였다. 4종의 병원균과 오일의 혼합은 w/o/w emulsion 실험에서 최적의 방제에 가장 효과적인 오일의 제제를 사용하였으며, *A. tenuissima*와 *R. solani*의 경우는 홍화유 (SA 제제)를 *F. solani*와 *P. erythroseptica*는 참기름 (SE 제제)을 사용하였다. 각 오일의 농도는 1, 3, 5, 7, 9%로 조합하여 분무접종 하였다. 접종한 칩은 수분조절생장상 (100% RH, 27°C)에 12h 동안 보관한 뒤에 식물생장상으로 옮겨 접종 3주 후에 발병도를 조사하였다.

### 결과 및 고찰

*A. tenuissima* 와 *R. solani*는 SA제제에 이용된 홍화유를 *F. solani* 와 *P. erythroseptica*는 SE제제에 이용된 참기름을 각 오일농도 1, 3, 5, 7, 9%로 하여 발병도를 조사한 결과는 Table 24와 같다. *A. tenuissima*는 3% 홍화유에서 DI=3.0 이상에서 높은 발병도를 나타냈으며, 홍화유의 농도가 5, 7, 9%에서는 DI=5.0의 발병도로 칩 잎이 고사하였다. 그러나 1%에서는 발병도가 2.0으로 낮았다. *F. solani*는 참기름의 농도가 3%에서 DI=3.0, 5%에서 DI=4.5이며 7%와 9%에서 DI=4.7로 발병도가 높게 나타났으나 참기름의 농도가 1%일 경우 발병도가 1.5로 낮았다. *P. erythroseptica*는 참기름 농도가 1%인 경우에 발병도가 3.0이었으며, 3%, 5%, 7%, 9% 참기름에서 DI=5.0으로 칩 잎이 고사하였다. *R. solani*는 3%이하의 홍화유에서는 DI=2.0로 발병도가 낮았으나, 5% 이상의 홍화유에서는 DI=4.0이상으로 높았으며 7%, 9%에서 DI=4.3으로 5%와 비슷한 발병도를 보였다.

Womack and Burge (1993)은 보조제로써 오일은 다양한 환경적 조건에서 포자와 발아관을 보호하고 기주 저항성 요소들을 줄여주며, 포자 발아, 발아관 신장, 부착기 형성을 증가시킨다고 보고 하였다. Auld (1993)는 10% 대두유 또는 10%

해바라기유에서 *C. orbiculare*의 포자 현탁액과 혼합하여 접종했을 때, spiny cocklebur (*Xanthium spinosum* L.)의 병 발생이 증가되어 방제에 효과적이라고 보고하였으며, Todd (2003)에 의해서도 10% 대두유 또는 10% 해바라기유에서 *C. gloeosporioides* f. sp. *aeschynomene*의 포자현탁액과 혼합하여 접종했을 때, northern jointvetch의 병발생을 증가시킨다고 보고하였다.

Table 24. Effect of selected vegetable oil concentration on the infection of *A. tenuissima* (At), *F. solani* (Fs), *P. erythroseptica* (Pe) and *R. solani* (Rs)

| Oil concentration (%) | Disease index <sup>a</sup> |                 |                 |                 |
|-----------------------|----------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|
|                       | At <sup>b</sup>            | Fs <sup>c</sup> | Pe <sup>c</sup> | Rs <sup>b</sup> |
| 0                     | 1                          | 0.8             | 1               | 0.7             |
| 1                     | 2                          | 1.5             | 3               | 1.2             |
| 3                     | 3                          | 3               | 5               | 2               |
| 5                     | 5                          | 4.5             | 5               | 4               |
| 7                     | 5                          | 4.7             | 5               | 4.3             |
| 9                     | 5                          | 4.7             | 5               | 4.3             |

<sup>a</sup>Disease index indicates the severity of disease, which was rated on a scale from 0 (no symptom) to 5 (whole plants dying or dead).

<sup>b</sup>Sprayed with SA emulsion containing the suspension of At or Rs.

<sup>c</sup>Sprayed with SE emulsion containing the suspension of Fs and Pe.

본 실험의 결과와 타 보고들을 참고할 때 병원균을 이용한 생물학적 쪼의 방제에서 오일의 종류와 농도는 많은 영향을 주며, 각 균주에 따른 강한 병원성 증가 효과를 나타내는 오일 농도로 *A. tenuissima*는 5% 홍화유, *F. solani*는 5% 참기름, *P. erythroseptica*는 3% 참기름, *R. solani*는 5% 홍화유에서 높은 발병도를 보였다.

## 다. 처리를 통한 병원성 증가효과 검정

### 재료 및 방법

칩에 병원성이 있는 4종의 병원균 (*A. tenuissima*, *F. solani*, *R. solani*, *P. erythroseptica*)과 병원성 증가를 나타내는 효과적인 w/o/w emulsion을 혼합하여 온실에서 실험하였다. *A. tenuissima*와 *R. solani*는 SA제제를 사용하였으며, *F. solani*와 *P. erythroseptica*는 SE제제를 처리하고 병원성 증가 효과를 조사하였다. 대조로는 단독으로 SA 제제와 SE제제만을 처리하였으며, 또한 각 병원균만을 처리하여 병원균의 발병도를 검정하였다.

### 결과 및 고찰

4종의 균주에 따른 효과적인 병원성 증가를 나타내는 각 제제를 처리하고 병원성의 증가를 조사한 결과는 Fig. 9, Fig. 10, Fig. 11, Fig. 12와 같다.

*A. tenuissima*는 46종의 제제중에서 SA제제가 발병도 가장 높았으며, *A. tenuissima*와 SA제제를 혼합하여 칩 위에 분무접종 한 결과는 Fig. 9와 같다. 대조로서 SA 제제만을 접종한 칩에서는 발병도가 0 으로 병징이 나타나지 않았으나 (Fig. 9-A), *A. tenuissima* 병원균만을 접종한 칩에서는 수침상의 둥근 점무늬를 형성 하였다 (Fig. 9-B, C). *A. tenuissima*와 SA 제제를 접종한 칩은 대조와 비교했을때 병원성이 증가하였으며 (Fig. 9-D), 접종 15일 후 병반이 불규칙하게 형성되어 괴사하였다. 병징은 초기에 수침상으로 물러지면서 진전되다가 갈색 또는 검은색의 부정형의 대형 병반으로 융합되어 잎 전체가 고사하였다 (Fig. 9-D). 이와 같이 *A. tenuissima*을 SA제제와 혼합하여 칩에 처리하면 발병도가 높고, *A. tenuissima*을 단독으로 처리했을 경우보다 병원성이 증가 되었다

*F. solani*는 46종의 제제중에서 SE제제가 발병도 가장 높았으며, *F. solani*와 SE제제를 혼합하여 칩 위에 분무접종 한 결과는 Fig. 10과 같다. SE 제제만을 접종한 칩에서는 발병도가 0 이었으며 (Fig. 10-A, left), *F. solani* 병원균만을 접종 한 칩에서는 일부 앞에서 황화 현상이 나타났다 (Fig. 10-A, right, Fig. 10-B). *F. solani*와 SE제제를 접종한 칩은 대조와 비교하여 병원성이 증가하였다 (Fig. 10-C). 접종 5일 후에 병반이 형성되기 시작하였고 15일 후에는 잎 전체에 확대되었다. 초기 병징은 잎 끝부분부터 연갈색의 마름 증상을 보이며 병이 진전

되면서 잎 끝부분이 둥글게 말렸다 (Fig. 10-C). 이와 같이 *F. solani*을 SE제제와 혼합하여 칩에 처리하면 발병도가 높고, *F. solani*을 단독으로 처리했을 경우보다 병원성이 증가되었다

*P. erythroseptica*는 46종의 제제중에서 SE제제가 발병도 가장 높았으며, *P. erythroseptica*와 SE제제를 혼합하여 칩 잎에 분무접종 한 결과는 Fig. 11과 같다. 대조로서 SE 제제만을 접종한 칩에서는 발병도가 0이었으며(Fig. 11-A, right), *P. erythroseptica* 병원균만을 접종한 칩에서는 마름증상이 나타났다 (Fig. 11-A, left). *P. erythroseptica*와 SE제제를 접종한 칩은 대조와 비교하여 병원성이 증가하였다 (Fig. 11-C). 접종한 잎은 접종 10일 후에 완전히 고사하였고 신초가 성장하지 않았다 (Fig. 11-C). 병징은 잎 전체에 진갈색의 심한 마름증상을 보이는 것으로 *F. solani*의 마름증상과는 차이가 있었으며 빠르게 고사하였다.

*R. solani*는 46종의 제제중에서 SA제제가 발병도 가장 높았으며, *R. solani*과 SA제제를 혼합하여 칩 잎에 분무접종 한 결과는 Fig. 12와 같다. 대조로서 SA 제제만을 접종한 칩에서는 발병도가 0이었으며 (Fig. 12-A, left), *R. solani* 병원균만을 접종한 칩에서는 갈색의 불규칙 병반이 형성되었다 (Fig. 12-A, right). *R. solani*와 SA 제제를 접종한 칩은 대조와 비교하여 병원성이 증가하였다 (Fig. 12-C). 접종한 잎의 병징은 갈색의 불규칙 병반이 넓게 형성되다가 잎 전체에 확대되어 고사하였다 (Fig. 12-C).

Daigle (1990)과 Quimby (1990)등은 invert emulsion (water in oil)에서 *A. cassiae*의 분생포자 발아를 증가시켜 sicklepod (*Cassia obtusifolia* L.)의 방제에 효과적임을 보고하였다. Invert emulsion을 이용한 연구에서, Boyette (1990)는 hemp sesbania (*Sesbania exaltata* Cory.)의 생물적 방제에 대해 *Colletotrichum truncatum*의 병원성을 증가시킨다고 보고하였으며, Yang (1995)은 leafy spurge (*Euphorbia esula*) 방제에 대한 연구에서 *Myrothecium verrucaria*의 병원성을 증가시킨다고 보고하였다. Auld (1993)는 식물성 오일 emulsion에서 *Colletotrichum orbiculare*의 병원성이 증가되어 spiny cocklebur (*Xanthium spinosum* L.)를 효과적으로 방제하였다고 보고하였다. Mintz (1989)와 Egley등 (1994)은 옥수수유를 제제로 hemp sesbania의 방제와 *Amaranthus retroflexus* L. 방제에 병원균의 감염성을 증가시킨다고 보고하였다. 본 실험 결과에서는 *A.*

*tenuissima*와 *R. solani*는 SA제제에서, *F. solani*와 *P. erythroseptica*는 SE제제에서 높은 병원성 증가효과를 보여 (Fig. 9., Fig. 10., Fig. 11., Fig. 12.) 식물성 오일을 이용한 연구 결과와 일치하였다. SA제제와 SE제제에 사용된 홍화유와 참기름이 칩 앞에서 병원균의 활성을 증가시키는 것으로 사료된다.



Fig. 9. Enhanced pathogenicity of *Alternaria tenuissima* (At) by using SA emulsion. Control was sprayed with SA emulsion alone (A) and spore suspension of At alone (B, C). Inoculum was prepared by suspending in SA emulsion and inoculated (D) and the result was recorded 2 weeks after inoculation.

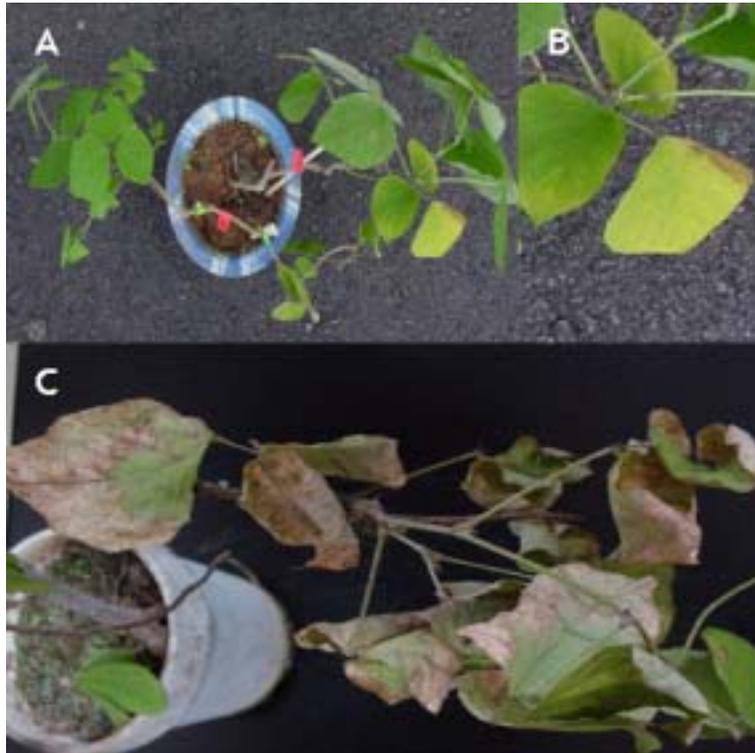


Fig. 10. Enhanced pathogenicity of *Fusarium solani* (Fs) by using SE emulsion. Control was sprayed with SE emulsion alone (A, left) and spore suspension of Fs alone (A, right; B). Inoculum was prepared by suspending in SE emulsion and inoculated (C) and the result was recorded 2 weeks after inoculation.

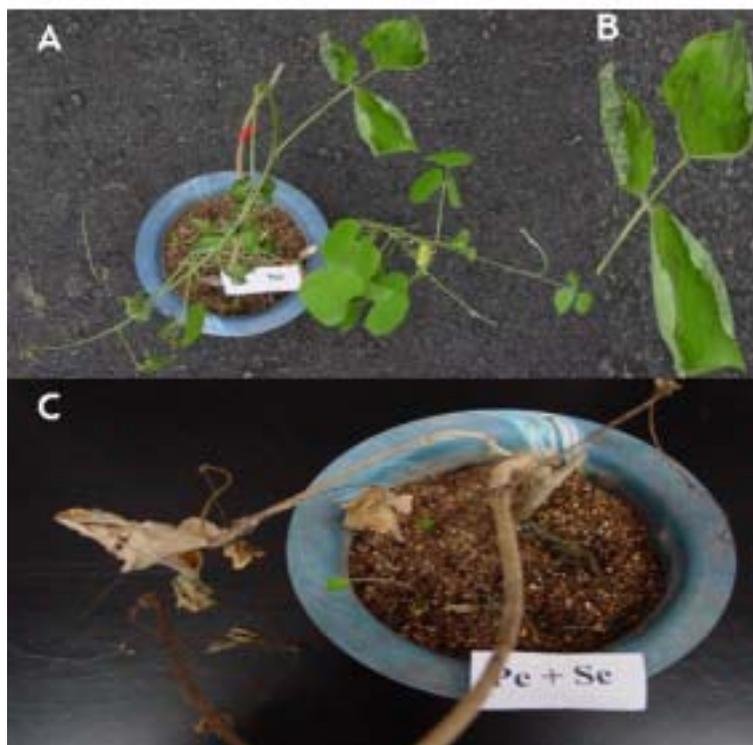


Fig. 11. Enhanced pathogenicity of *Phytophthora erythroseptica* (Pe) by using SE emulsion. Control was sprayed with SE emulsion alone (A, right) and spore suspension of Pe alone (A, left; B). Inoculum was prepared by suspending in SE emulsion and inoculated (C) and the resulting vine blight was recorded 2 weeks after inoculation.

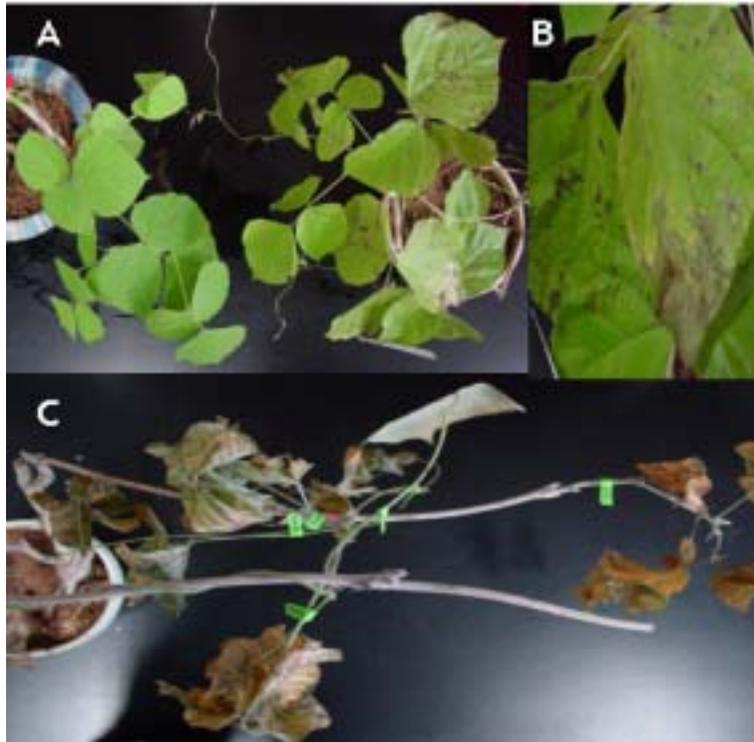


Fig. 12. Enhanced pathogenicity of *Rhizoctonia solani* (Rs) by using SA emulsion. Control was sprayed with SA emulsion alone (A, left) and spore suspension of Rs alone (A, right; B). Inoculum was prepared by suspending in SA emulsion and inoculated (C) and the resulting vine blight was recorded 2 weeks after inoculation.

### 3-3. Field 적용시험에 의한 최적 formulation 분석

#### 재료 및 방법

생자상과 온실에서 각 균주에 효과적인 병원성 증가효과를 나타내는 제제와 선발된 제제의 오일농도를 참고하여 실외에서 적용시험을 실시하였다. *A. tenuissima*의 경우 5% SA제제에서  $1 \times 10^4$  spores/ml, *F. solani*는 5% SE제제에서  $1 \times 10^5$  spores/ml, *P. erythroseptica*는 3% SE제제에서  $1 \times 10^3$  zoospores/ml, *R. solani*는 5% SA제제에서  $1 \times 10^5$  mycelia/ml이 되도록 혼합하여 칩 잎에 분무 접종 하였다. 대조구로서 SA 제제와 SE 제제만을 단독으로 분무접종 하였다. 발병도는 접종 2주후에 확인하였다.

각 병원균과 선발된 제제의 조합에 따른 bioherbicide처리와 관행의 칩덩굴 제거에 사용되는 2종의 약제 - 디캄바 (Dicamba, 상품명: 반벨)액제와 글라신 (Glyphosate, 상품명: 근사미)액제와의 비교실험을 실시하였다. 약제의 처리방법은 칩 잎에 분무접종 하였으며 발병도는 접종 2주후에 확인하였다.

#### 결과 및 고찰

4종의 균주에 따른 실내에서 최종 선발된 제제를 사용한 bioherbicide와 화학약제를 야외에서 실험한 결과는 Table 25와 같다. Glyphosate 약제 처리의 경우 DI= 4.9로 가장 높게 나타났으며, 다음으로 Dicamba 약제 처리의 경우에는 DI=4.7 이었다. 그러나 *P. erythroseptica*/SE emulsion에서 DI=3.7, *A. tenuissima*/SA emulsion에서 DI=3.6이었으며, *F. solani*/SE emulsion과 *R. solani*/SA emulsion의 경우 각각 DI=2.7과 ,DI=2.5로 발병도를 나타냈다.

4종의 bioherbicide를 처리한 결과, 대조로서 단독으로 SA 제제만을 칩 잎에 분무접종 하였을때는 (Fig. 13-A) 발병하지 않았으나 *A. tenuissima*/SA emulsion을 처리했을 경우에 칩의 잎이 고사하였으며 (Fig. 13-B), *R. solani*/SA emulsion의 경우에도 칩 잎이 고사 (Fig. 13-C) 하였다. 그러나 *A. tenuissima*/SA emulsion이 *R. solani*/SA emulsion 보다 고사되는 잎의 수가 많고 방제 효과가 높았다. SE 제제만을 칩 잎에 접종 하였을때는 (Fig. 13-C) 발병하지 않았으나, *F. solani*/SE emulsion을 처리했을 경우에 일부의 칩 잎들이 고사하였고 (Fig. 13-E), *P. erythroseptica*/SE emulsion의 경우에는 대부분의 칩 잎이 고사 (Fig.

13-F)하여 *F. solani*/SE emulsion 보다 높은 방제 효과를 거두었다.

화학약제를 처리한 결과 Fig. 14와 같다. Glyphosate 약제를 처리 (Fig. 14-A) 하였을때와 Dicamba를 처리 (Fig. 14-B)했을때 효과가 비슷했다. Bioherbicide와 화학약제의 방제 효과는 단기간으로는 화학 약제가 우수하였다. *A. tenuissima*/SA emulsion과 *P. erythroseptica*/SE emulsion을 사용한 bioherbicide의 경우에는 단기간에 칩을 완전히 고사시키지는 않았지만, 칩 생육 기간의 상당기간 동안 덩굴의 성장을 억제함으로써 칩의 왕성한 성장을 억제하였다. 따라서 4종의 병원균과 선발된 제제의 bioherbicide에 의한 방제는 칩의 생물학적 방제가 가능성이 있는 것으로 사료된다.

Table 25. Comparison of bioherbicide containing *A. tenuissima* (At), *F. solani* (Fs) and *P. erythroseptica* (Pe) or *R. solani* (Rs) and herbicide on herbicidal effect against kudzu

| Treatment      | Disease Index <sup>a</sup> |     |     | Mean       |
|----------------|----------------------------|-----|-----|------------|
|                | Replication                |     |     |            |
|                | I                          | II  | III |            |
| At/SA emulsion | 3.7                        | 3.5 | 3.5 | <b>3.6</b> |
| Fs/SE emulsion | 3.0                        | 2.5 | 3.0 | 2.7        |
| Pe/SE emulsion | 3.5                        | 4.0 | 3.5 | <b>3.7</b> |
| Rs/SA emulsion | 2.4                        | 2.7 | 2.5 | 2.5        |
| SA emulsion    | 0                          | 0   | 0   | 0          |
| SE emulsion    | 0                          | 0   | 0   | 0          |
| Dicamba        | 4.5                        | 4.3 | 4.0 | 4.3        |
| Glyphosate     | 4.8                        | 5.0 | 5.0 | 4.9        |

<sup>a</sup>Disease index indicates the severity of disease, which was rated on a scale from 0 ( no symptom) to 5 (whole plants dying or dead) 2 weeks after spraying inoculation.

칩의 생물적 방제에 대한 연구는 국내에서는 *Phytophthora erythroseptica* (김, 1997)를 이용하여 방제의 가능성을 시사한바 있으며, 해외에서는 *Pseudomonas syringae* pv. *phaseolicola* (Zadack and Backman, 1996) 이용하여 방제를 시도한 바 있다.

제제 (formulation)은 포자와 같은 활성 성분과 inert carriers (diluent와 계면 활성제)를 혼합하여, 생물제초제의 물리적 특성을 변화시켜 효과적인 생물제제를 만든다. 이러한 제제는 미생물들의 활성과 안전성을 증가시키고 있다 (Boyette and Abbas, 1994; Green *et al.*, 1998). 제제에 대하여 water-based formulation 보다는 oil formulation 이 미생물 요소들의 활성을 증가시킨다는 보고가 있다 (Klein *et al.*, 1995; Womack *et al.*, 1996; Alves *et al.*, 1998). 보조제로써 oils의 사용은 외막보호와 밀접한 관련이 있으며, pesticide가 효과적으로 고착할 수 있다고 하였다(Chappat, 1994). Invert emulsion (Water-in-oil)의 사용은 몇 가지의 단점을 가지고 있다. 많은 오일의 사용에 따른 비용이 높으며, 매우 점성이 높아서 적용에 대해 특별한 장치가 필요하고, petroleum oil을 사용할 경우 심각한 약해와 환경오염이 발생할 수도 있다고 하였다 (Auld, 1993).

본 실험에서 *A. tenuissima*/SA 제제, *F. solani*/SE 제제, *P. erythroseptica*/SE 제제, *R. solani*/SA 제제를 이용한 생물제제를 살포할 경우 잎의 고사가 일어나므로 칩의 생장을 억제하는 효과를 나타내고 있다. 따라서 타 연구보고와 본 연구 결과를 참고하면 야외조건에서 생물제제를 살포할 경우에 칩의 초기 생육기에 살포한다면 충분한 방제 가능성은 있는 것으로 사료된다.



Fig. 13. Enhanced control efficacy 2 weeks after spray inoculation by the application of optimized formulation using w/o/w emulsion: A, SA emulsion alone; B, SA emulsion containing *A. tenuissima*; C, SA emulsion containing *R. solani*; D, SE emulsion alone; E, SE emulsion containing *F. solani*; F, SE emulsion containing *P. erythroseptica*.

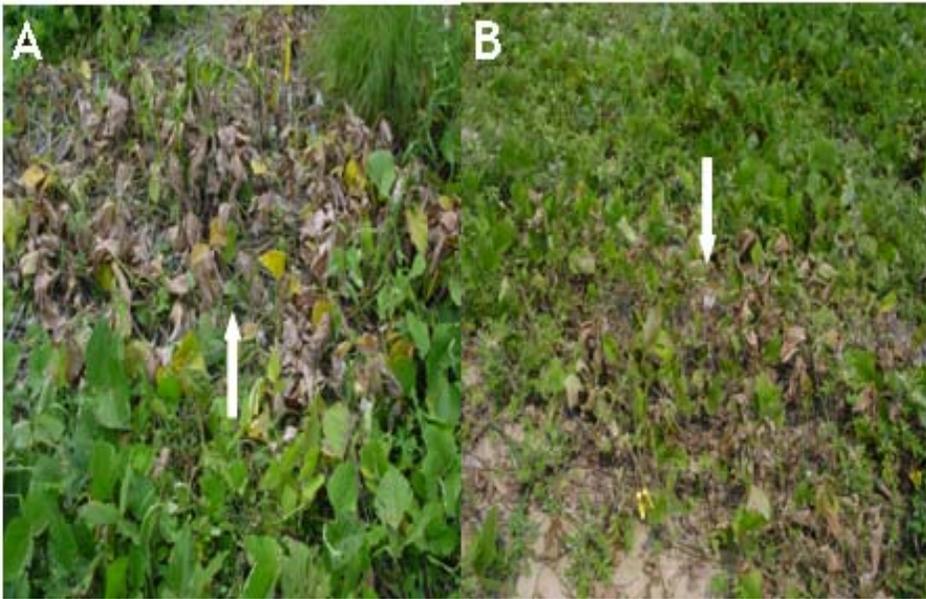


Fig. 14. Effect of herbicides on kudzu 2 weeks after spray inoculation: A, Glyphosate alone; and B: Dicamba alone.

## 제 4 장 목표달성도 및 관련분야의 기여도

### 제 1절 목표 달성도

| 구 분 | 연구개발 목표  | 연구개발 내용 및 범위  |
|-----|--|---|
| 1과제 | <p>췌의 유용미생물 선발</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 이병주 수집 및 우수 미생물의 분리</li> <li>○ 우수미생물의 평가</li> </ul>                              | <p>췌의 방제를 위한 유용미생물을 선발하였다. 선발된 미생물은 <i>A. tenuissima</i>, <i>F. solani</i>, <i>P. erythroseptica</i>, <i>R. solani</i> 로 췌의 bioherbicide로 사용 가능성이 있다.</p> <p>특히 <i>Alternaria tenuissima</i>는 우리나라의 전지역에서 분리된 유용미생물중 46%를 차지하고 있으므로 발병시기인 8월과 10월에 처리하면 방제효과가 클 것이다. <i>Phytophthora erythroseptica</i>는 췌의 생육초기인 6월에 주로 발병하므로 췌의 생육 초기에 살포하는 것이 효과적이다.</p> |
| 2과제 | <p>췌의 생리생장및 임목피해조사</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 췌의 생리.생장 특성조사</li> <li>○ 췌에 의한 임목피해상황 조사</li> <li>○ 췌 우점종지역의 식생조사</li> </ul> | <p>지역별로 7개의 췌군락지를 현장 조사하여 췌의 형태학적(잎, 꽃, 열매) 및 화분학적 (꽃가루) 특징을 구명하고 기간별로 생장 특성을 조사하였으며, 관속식물상과 식생을 조사하여 지역별 췌군락지내의 전반적인 식생을 분석하였다. 또한, 췌에 의해 피압된 수종들과 군락지의 광합성량과 조도 등을 조사하여 피해 상황을 분석하였다. 따라서, 췌의 생리, 생장특성 및 임목피해 조사에 관한 연구의 연구개발목표를 달성한 것으로 판단된다.</p>  |

|     |   |   |
|-----|---|---|
| 3과제 | <p>미생물 제제 개발을 위한 formulation 개발</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 유용 보조제의 선발</li> <li>○ 선발된 보조제 사용에 의한 병원성 증강효과 검증</li> <li>○ 각 병원균과 선 발 된 formulation 의 조합에 따른 최적조건 선발</li> </ul> | <p>제제의 종류는 첫째, Sucrose-Tween 20 solution 둘째, surfactant 셋째, inverted emulsion (water in oil in water emulsion, W/O/W emulsion)등을 이용하여 각 병원균에 대한 최적 formulation을 선발하였다. 생장상과 온실 실험 결과 W/O/W emulsion이 가장 효과적인 제제로 하였으며, 각 균주에 효과적인 제제로 <i>A. tenuissima</i>는 SA제제, <i>Fusarium solani</i>는 SE제제, <i>P. erythroseptica</i>는 SE제제, <i>R. solani</i>는 SA제제에서 발병도 (Disease index, DI)가 가장 높게 나타났다. 야외 실험 결과, <i>A. tenuissima</i>는 SA제제, <i>P. erythroseptica</i>는 SE제제와 혼합하여 칩 잎에 처리한 결과 DI 3.0이상의 강 병원성을 나타냈으나 <i>F. solani</i>는 SE제제, <i>R. solani</i>는 SA제제와 혼합하여 칩 잎에 처리한 결과 DI 3.0 이하의 약 병원성을 나타내었다. 따라서, <i>A. tenuissima</i>와 SA제제, <i>P. erythroseptica</i>와 SE제제를 혼합한 미생물제제가 <i>F. solani</i>와 SE제제, <i>R. solani</i>와 SA제제를 혼합한 미생물 제제보다 높은 방제 효과를 보여주었다.</p> |
|-----|---|---|

## 제 2절 관련분야 기여도

### 1. 기술적인 측면

0. 칩의 방제에서 제초제의 사용에 따른 환경적 피해가 최소화 될 것이며, 칩에 방제에 유용미생물 (*A. tenuissima*, *F. solani*, *P. erythroseptica*, *R. solani*)이 분류 동정 되어 칩의 생물학적방제에 주요 자원으로 이용될 것으로 기대됨.

0. 칩의 형태학적 및 화분학적 연구결과는 식물분류학적 측면에서 그리고 칩균락지의 식물균집구조분석 결과는 천이와 생태학적 측면에서 기초자료로 활용될 것으로 기대됨.

0. *A. tenuissima*와 SA제제, *F. solani*와 SE제제, *P. erythroseptica*와 SE제제, *R. solani*와 SA제제를 혼합한 미생물제제에 의한 심각한 피해를 초래하고 있는 칩의 방제로 이용될 것으로 기대됨.

### 2. 경제. 산업적인 측면

0. 제초제의 사용에 의한 인력과 제초제의 사용에 따른 비용이 절감될 것으로 기대됨.

0. 칩의 특성으로 인한 수목류의 생장에 많은 피해가 감소될 것임.

0. 칩의 왕성한 번식력으로 인한 산림의 황폐화와 좋은 경관이 회복 될 것임.

0. 본 기초 자료를 토대로 효과적인 칩 방제 방법이 규명된다면 현장에서의 상당한 도움이 기대됨.

## 제 5장 연구개발결과의 활용계획

1. 본 연구에서 칩에 병을 일으키는 4종류(*Alternaria tenuissima*, *Fusarium solani*, *Phytophthora erythroseptica*, *Rhizoctonia solani*)의 유용미생물이 분류 동정되었다. 타 연구에서도 본 연구에서 분류 동정된 미생물은 타 연구에 이용될 것이며, 본 연구에서 밝혀진 기주 범위는 안전한 작물재배에 이용될 것이다.

2. 본 과제 수행 결과 칩 유래 병원균들은 특이성이 있는 병원균이므로 생물농약으로서 특허 신청을 할 수 있으며, 특이성이 높은 생물농약으로 활용되어 질 것이다.

3. 본 연구에서 선발된 w/o/w emulsion 중에서 효과가 가장 높게 나타난 SA제제와 SE제제는 잡초 방제에서 생물학적 방제 수단으로 활용 될 것이다.

4. 또한 본 연구의 결과는 국내외 관련 연구자에게 유용하고 새로운 정보를 많이 제공할 것으로 사료되어 국제 학술지에 논문을 게재하거나 국제 학술회의에 참가하여 발표할 계획이다. 아래는 현재까지 본 연구 성과를 발표한 제목과 내용들이다.

### 가. 학술지 논문 게재

김자문, 이정숙, 송완엽, 이숙경, 김형무, 서병수. 2004. *Alternaria tenuissima*에 의한 칩 점무늬병. 식물병연구 10(2) : 126-129.

### 나. 학회발표

Ja-Moon Kim, Jung-Sook Lee, Wan-Yeob Song, Hyung-Moo Kim and Byung-Soo Sed.. 2003. Leaf blight of kudzu (*Pueraria lobata*) caused by *Fusarium solani*. The Korean Society of Plant Pathology.

김계환, 김형무, 박준모, 박천일. 2004. 칩균락지의 식생. 한국임학회 학술발표회 (2004. 2. 12). 국립산림과학원.

## 제6장 연구개발과정에서 수집한 해외 과학기술 정보

최의 방제를 위하여 많은 시도가 이루어지고 있으나, 미국의 USDA를 중심으로 이루어지고 있는 *Myrothecium verrucaria*에 대한 연구가 성과를 얻고 있는 것으로 보고되고 있다. 그러나 병원균이 주요 작물 (beet, marigold, sunflower, zinnia, peanut, cotton, red clover 및 감자), 잡초 (돼지풀, cocklebur, velvetleaf 및 johnsongrass) 및 관상식물에도 병을 일으키는 것으로 보고되어 있으며, 인축독성을 보이는 mycotoxin도 없음을 증명해야 하는 많은 난제를 안고 있다 (Boyette 등, 1999).

## 제 7장 참고문헌

- Agrios, G. N. 1997. Plant pathology. Academic press pp. 635.
- Alves, R. T., Bateman, R. P., Prio, C., and Leather, S. R. 1998. Effect of simulated solar radiation on conidial germination of *Metarhizium anisopliae* in different formulations. Crop Protection 17(8):675-679.
- Auld, B. A. 1993. Vegetable oil suspension emulsions reduce dew dependence of a mycoherbicide. Crop Protection 12:477-479.
- Blodgett, J. T, and Swart, W. J. 2002. Infection, colonization, and disease of *Amaranthus hybridus* leaves by the *Alternaria tenuissima* group. Plant Disease 86:119-1205.
- Boyette, C. D., & Abbas, H. K. 1994. Host range alteration of the bioherbicidal fungus *Alternaria crassa* with fruit pectin and plant filtrates. Weed Science 42:487-491.
- Boyette, C. D., Abbas, H. K. and Walker, H. L. 2000. Bioherbicidal control of kudzu with *Myrothecium verrycaria*. Phytopathology. 90: S9.
- Braun-Blanquet, J. 1964. Pflanzensoziologie-3, Aufl, 865pp. Springer, Wien.
- Burges, H. D. 1998. formulation of microbial biopesticides. London: Kluwer Academic Publishers.
- Caemmerer, S. and G.D. Farquhar. 1981. Some relationships between the biochemistry of photosynthesis and the gas exchange leaves. Planta 153 376-387.
- Chappat, M. 1994. Some application of emulsions. Colloids and surfaces : Physicochemical and Engineering Aspects 91:57-77.
- Charudattan, R. 1991. The mycoherbicide approach with plant pathogens. In "Microbial Control of Weeds" (D. O. TeBeest, Ed.), pp. 24-57. Chapman & Hall, New York.
- Charudattan, R. 2001. Biological control of weeds by means of plant pathogens: significance for integrated weed management in modern agro-ecology. BioControl 46: 229-260.

- Curtis, J. T. and R. P. McIntosh. 1951. An upland forest continuum in the prairie-forest boarder region of Wisconsin. *Ecology* 32:476-498.
- Datnoff, L. E. 1989. *Fusarium* blight or wilt, root rot and pod and collar rot. Compendium of soybean diseases 3rd ed. 33-35 p.
- Daigle, D. J., Connick, W. J., Jr., Quimby, P. C., Jr., Evans, J., Trask-Morrell, B., and Driesche, R. et al. Biological control of invasive plants in the Eastern United States, USDA Forest Service Publication FHTET-2002-04. 413
- Dierschke, H. 1994. Pflanzensoziologie -Grundlagen und Methoden-. Verlag Eugen Ulmer Stuttgart. 683pp.
- Egley, G. H. and C. D. Boyette. 1995. Water-corn oil emulsion enhances conidia germination and mycoherbicidal activity of *Colletotrichum truncatum*. *Weed Science* 43:312-317.
- Ellenberg, H. 1978. Vegetation Mitteleuropas mit den Alpen in oekologischer Sicht. Eugen Ulmer Verlag, Stuttgart.
- Erwin, D. C. and Ribeirp, O. K. 1996. Phytophthora diseases worldwide. APS press, St. Paul, Minnesota, USA. 562 pp.
- Faris, T., J.I. Garcia-Plazaola, A. Abadia, S. Cerasoli, J.S. Pereira and M.M. Chaves. 1996. Diurnal changes in photoprotective mechnisms in leaves of cork oak(*Quercus suber*) during summer. *Tree Physiology* 16: 115-123.
- Farquhar, G.D. and T.D. Sharkey. 1982. Stomatal conductance and photosynthesis. *Annual Review of Plant Physiology* 33: 317-345.
- Farris, J., and Reilly, C. C. 2000. The biological control of kudzu (*Pueraria lobata*). *Proceeding of the American Association for the Advancement of Science*, Washington, D.C. 116: AB2.
- Fulgham, F. E. 1990. Invert emulsions: Carrier and water source for the mycoherbicide, *Alternaria cassiae*. *Weed Technology* 4:327-331.
- Fulgham, F. E. 1990. The biocontrol efficacy of *Colletotrichum truncatum* (Schw.) Andrus and Moore for control of hemp sesbania [*Sesbania exaltata*

- (Raf.) Cory.] is improved with an emulsifiable invert formulation. (Abstr.)  
Weed Sci. Soc. Am. 30:50.
- Green, S., Stewart-Wade, S. M., Boland, G., Teshler, M. P., & Liu, S. H. 1998. Formulating microorganism for biological control of weeds. *In* "Plant-Microbe Interactions and Biological Control" (G. J. Boland and D.I. Kuykendall, Eds.), pp. 249-281. Dekker, New York.
- Hagedorn, D. J. 1994. *Fusarium* yellows. Compendium of Bean diseases 2nd ed. 20p.
- Imaizumi, S., Nishino, F., Miyabe, K., Fujimori, F., & Yamada, M. 1997. Biological control of annual bluegrass with a Japanese isolate of *Xanthomonas campestris* pv. *poae* (JT-P482). *Biological control* 8:7-14.
- Johnson, D. F., Wyse, D. S., & Jones, K. J. 1995. Efficacy of spring and fall applications of *Pseudomonas syringae* pv. *tagetis* for Canada thistle control in soybean. *WSSA Abstracts*, 35, 61.
- Kenney, D. S. 1986. DeVine™ - the way it was developed an industrialist's view. *Weed Science* 34:15-16
- Kerry, O. B., David, O. and Jinghua S. 2002. The bud network. Chapter 5 Kudzu. In: Van Honda, Y., Ranhaman, M. Z., Islam, S. Z. and Muroguchi, N. 2001. Leaf spot disease of broad bean caused by *Alternaria tenuissima* in Japan. *Plant Dis.* 5:95.
- Kerry, O. B., David, O. and Jinghua S. 2002. The bud network. Chapter 5 Kudzu. In: Van Driesche, R. et al. Biological control of invasive plants in the Eastern United States, USDA Forest Service Publication FHTET-2002-04. 413 p.
- Kim, H-J. 2002. Development of novel formulation of microbial pesticide using W/O/W multiple emulsion system. Department of Biotechnology The Graduate School Yonsei University. pp. 5.
- Klein, T. A., Auld, B. A., and Wang Fang. 1995. Evaluation of oil suspension emulsions of *Colletotrichum orbiculare* as a mycoherbicide in field trials. *Crop Protection* 14(3):193-197.

- Minz, A. S., 1989. Evaluation of *Aposphaeria amaranthi* as a potential mycoherbicide for *Amaranthus* spp. Masters Thesis, University of Arkansas, Fayetteville.
- Mueller-Dombois, D. and H. Ellenberg. 1974. Aims and methods of vegetation ecology. John Wiley and Sons Inc., New York. p547.
- Naiki, T. and Ui T. 1981. Rhizoctonia root rot of bean, soybean and adzukibean seedling. Memiris of the Faculty of Agriculture Hokaido University 12(4); 262-271.
- Parmeter, J. R. Jr. 1970. *Rhizoctonia solani*, biology and pathology. University of California Press Berkeley, Los Angeles and London pp. 7-19.
- Pfadenhauer, J. 1993. Vegetations kologie -Ein Skriptum-. IHW-Verlag. 301pp.
- Phillips, D. J. 1965. Ecology of plant pathogens in soil. IV. Pathogenicity of macroconidia of *Fusarium roseum* f. sp. *cerealis* produced on media of high or low nutrient content. Phytopathology 958: 328-329.
- Pielou, E. C. 1975. Mathematical ecology. John Wiley and Sons Inc., New York. p385.
- Rahman, M. Z., Honda, Y., Islam, S. Z., Muroguchi, N. and Asase, S. 2002. Leaf spot disease of broad bean (*Vicia faba* L.) caused by *Alternaria tenuissima*-A new disease in Japan. *J. Gen. Plant Pathol.*68: 31-37.
- Roy, K. W. 1997. *Fusarium solani* on soybean roots: Nomenclature of the causal agent of sudden death syndrome and identity and relevance of *F. solani* form B. *Plant Dis.* 81: 259-266.
- Schmitthenner, A. F. 1989. *Phytophthora* rot. Compendium of soybean diseases, 3rd ed.35-3 p
- Sachindra, N. M., Kogi, K and Mitsuro, H. 1996. Chlamydospore formation in *Fusarium solani* f. sp. *phaeroli* in root extracts of cop plants and their virulence to kidney beans (*Phaseolus vulgaris* L.) *Soil Biol. Biochem.* 28: 539-543.
- Sneh, B., Burpee, L. and Ogoshi, A. 1991. Identification of *Rhizoctonia* species.

- APS Press. The American Phytopath. Soc., St. Paul, Minnesota, USA. 133 pp.
- Tom, K., John, P. J., Don, H. and Jim, S. 2000. Some diseases of vegetable and agronomic crops caused by *Fusarium* in Florida. Florida Cooperative Extension Service. Circular Circ-1025.
- USDA Soil Conservation Service. 1975. Soil taxonomy. Washington.
- Waker, H. L. and J. A. Riley. 1982. Evaluation of *Alternaria cassiae* for the biocontrol of sicklepod (*Cassia obtusifolia*). Weed Science 30:651-654.
- Walker, H. L. and Tilley, A. M. 1997. Evolution of an isolate of *Myrothecium verrucaria* from sicklepod (*Senna obtusifolia*) as a potential mycoherbicide agent. Biological Control 10: 104-112.
- Walker, H. L. and Tilley, A. M. 1998. Control of weeds with a fungal pathogen derived from *M. verrucaria*. United States Patent.
- Womack, J. G., Burges, M. N., 1993. Mycoherbicide formulation and the potential for bracken control. Pesticide Sci. 37:337-341.
- Womack, J. G., Eccleston, G.M., and Burge, M.N. 1996. A vegetable oil-based invert emulsion for mycoherbicide delivery. Biological Control 6:23-28.
- Yang, S. M., and Jong, S. C. 1995. Factors influencing pathogenicity of *Myrothecium verrucaria* isolated from *Euphorbia esula* on species of Euphorbia. Plant Disease 79:998-1002.
- Young, D. J. and Alcorn, S. M. 1982. Soilborne pathogens of *Euphorbia lathyris*; *Macrophomina phaseolina*, *Pythium aphanidermatum*, and *Rhizoctonia solani*. Plant Diseases 66:236-238.
- Zidack, N. K. and Backman, P. 1996. Biological control of kudzu (*Pueraria lobata*) with the plant pathogens *Pseudomonas syringae* pv. *phaseolicola*. Weed Science 44: 645-649.
- 권진혁, 박창석. 2002. *Alternaria tenuissima*에 의한 참두 점무늬병. 식물병연구 8(2): 117-119.
- 김계환, 문영희, 박종민, 허삼남, 박준모. 2000a. 만경강 상류 유역의 식물상.

- 전북대 농대 논문집 31:18-33.
- 김계환, 서병수, 손재권, 박종민, 박준모. 2000b. 만경강 상류 유역의 식물군  
집구조. 전북대 농대 논문집 31:11-17.
- 김태정. 1996. 한국의 자원식물 II. 서울대학교 출판부.
- 김병수. 1992. 칩을 침해하는 역병균 *Phytophthora* sp.의 동정과 칩의 생물학적  
방제연구. 한국학술진흥재단 자유공모과제 연구보고서.
- 김병수. 1992. 칩의 생물학적 방제법. 특허공보 제5168호 1-6 p.
- 김병수, 김점수. 1993. Identification of *Phytophthora* sp. causing kudzu vine  
blight. Korean J. Plant Pathol. 9: 319.
- 김완규. 1996. *Rhizoctonia solani*의 균사융합군 및 배양형별 작물에 대한 병원성.  
한국식물병리학회지 12(1); 21-32.
- 김완규, 조원대, 이영희. 1992. 감자에서 분리한 *Rhizoctonia solani* 균주들의  
균사융합군과 병원성. 한국식물병리학회지 8(4); 223-229.
- 김희석. 1997. 칩의 방제현황과 칩역병균을 이용한 생물학적 방제의 실용성.  
경북대학교 농업개발대학원 석사논문.
- 노명주, 김희규. 1987. 남부지방에 발생하는 *Rhizoctonia solani*의 병원성.  
한국식물병리학회지 3(3); 217-222.
- 류경열, 김령희, 이영희, 허노열. 1998. *Phytophthora cactorum*에 의한 백합 역병.  
한국식물병리학회지 14(5); 458-462.
- 류경열, 김점순, 김종태, 함영일. 2003. *Phytophthora erythroseptica*에 의한 감자  
홍색부패병 발생. 식물병연구 9(1);32-35.
- 박수현, 신준환, 이유미, 임종환, 문정숙. 2002. 우리나라 귀화식물의 분포.  
임업연구원·국립수목원. 184pp.
- 박수현. 1995. 한국귀화식물 원색도감. 일조각. p371
- 박종성. 1958. Fungus diseases of plants in Korea (1). Bulletin No 1. College  
of Agriculture, Chungnam University 106pp.
- 박종성. 1961. Fungus diseases of plants in Korea (2). Bulletin No 2. College  
of Agriculture, Chungnam University 53pp.
- 박종성. 1967. Fungus diseases of plants in Korea. 충남대학교 논문집 6:1-86.
- 산림청. 1996. 임업통계연보 제26호.

- 산림청.1990-1997.'90-97년도 산림시책.
- 신현동. 1997. 유용 자원식물의 진균성 신병해(IV). 한국식물병리학회지 13(5); 276-278.
- 심주석. 1990. 물푸레나무와 들메나무의 광합성과 호흡의 특성. 강원대학교 대학원 석사학위논문. p23.
- 양성석, 산기웅, 김충희. 2002. 시설과채류 *Fusarium* 병의 발생생태에 관한 연구, 1. 토마토와 박과작물 *Fusarium* 병 발생상황과 발생포장의 토양환경 실태. Plant Dis. Res. 6: 59-64.
- 이수옥. 1981. 한국의 삼림토양에 관한 연구(II). 한국임학회지 54:25-35.
- 이원규. 1997. 최고살제 약제제형개발 및 처리기구개발. 현장애로 기술개발사업 연구성과보고서 1994-1996/ 농림기술관리센터 190-191 p.
- 이운수. 2001. 한국의 *Fusa.rium*. 한국식물병원체 5. 65-68 p.
- 이창복. 1989. 대한식물도감. 향문사. p990
- 임양재. 1972. 한반도의 식생분포의 Hythergraph적 특성에 의한 고찰. 인천교육대학논문집 3:13-151.
- 유승현. 2001. Korean species of *Alternaria* and *Stemphylium* . 농업과학기술원 pp. 212.
- 지형진. 2000. 한국의 식물역병. 농업과학기술원.
- 한국식물병리학회. 1998. 한국식물병명목록 436 pp.
- 한국자연보존협회. 1989. 한국의 희귀 및 위기 동식물도감.
- 한상섭, 심주석, 이수만. 2000. 낙엽성 참나무 6종의 광합성, 증산, 기공전도도 특성에 관한 연구. 강원대학교 학술림연구지 20: 1-11.
- 日本植物病理學會. 2002. 日本植物病名目錄.
- 日本植物防疫協會. 2000.日本植物病名目錄 p. 54.
- 小林亨夫, 騰本謙, 我孫子和雄, 阿部恭久. 1992. 植植物病原菌類圖說. 全國農村會. Pp. 436.

## 주 의

1. 이 보고서는 농림부에서 시행한 농림기술개발사업의 연구보고서입니다.
2. 이 보고서 내용을 발표할 때에는 반드시 농림부에서 시행한 농림기술개발사업의 연구결과임을 밝혀야 합니다.
3. 국가과학기술 기밀유지에 필요한 내용은 대외적으로 발표 또는 공개하여서는 아니됩니다.