

Stress에 의한 대두의 Isoflavonoid 화합물 축적변화

김진태·김장억

경북대학교 농화학과

Changes in the Accumulation of Isoflavonoids in Soybeans by Stress

Jin Tae KIM · Jang Eok KIM

Dept. of Agricultural Chemistry, Kyungpook National University

Abstracts

The changes of the time-dependent accumulation of isoflavone aglycones(daidzein, genistein) and their glucosides(daidzin, genistin) by various stress-inducing treatment on cotyledon of soybeans(Dankyungkong and Paldalkong) were investigated. Levels of isoflavone aglycones and their glucosides in soybeans treated with UDP-glucose, MgSO₄ and HgCl₂, and infected with phytopathogen appeared to be higher than those of treatment with distilled water. When compared with data for control, the levels of isoflavone glucosides in citrate-treated soybeans were increased but those of their aglycones did not appear appreciable differences. In Paldalkong treated with UDP-glucose, MgSO₄ and HgCl₂, the levels of isoflavone aglycones and their glucosides were higher than in Dankyungkong. In particular, the accumulation of daidzein in Paldalkong was significantly higher than in Dankyungkong. By infection with *Botrytis cinerea*, the maximum amount of accumulation of daidzein in two cultivar did not to be a large different, but accumulation time appeared more rapidly in Paldalkong than Dankyungkong. The accumulation amount of daidzein and genistein in Dankyungkong treated with elicitors appeared to be similar at initial stage, but the level of daidzein after 48hours appeared to be higher than that of genistein. In Paldalkong, the level of daidzein was higher than that of genistein at all stage. The level of daidzein in soybeans infected with phytopathogen appeared to be higher than that of genestein.

Key word : phytoalexin, isoflavone aglycones, isoflavone glucosides, elicitors, soybean

서 론

식물체가 병원균의 침입시 병원균의 생육을 저해하는 물질인 phytoalexin은 식물체가 가지고 있는 여러가지 병에 대한 저항성작용 중의 하나인 것으로 알려져있다.^{1,5,16,18,20)} 현재까지의 연구보고에 의하면 phytoalexin은 식물체에 병원균의 감염에 의해서 뿐만 아니라 단백질, 아미노산, 대사저해제, fungal product, 중금속염, 무기이온의 처리 및 세포의 기계적 손상 등에 의해서도 식물체에서 생성되는 것으로 알려져 있으며, 이들의 생성은 식물체가 가지고 있는 또 다른 병에 대한 저항성작용에 해당되는 phenolic 화합물의 생성과 과민성 반응 등과도 큰 연관성이 있는 것으로 보고되고 있다.^{2,3,7,12} 또한 이들의 생성은 병원균의 종에 특이성이 있는 것이 아니라 식물체의 종에 특이성을 가지고 있는 것으로 알려져 있으며¹⁶⁾ 식물체가 병원균에 대하여 저항성 또는 감수성 품종인가에 따라 이들 화합물의 생성양상과 축적차이가 있는 것으로 보고되고 있다.¹¹⁾

지금까지 밝혀진 phytoalexin은 구조적으로 flavonoid, terpenoid, alkaloid 등으로 구분되며 상당수가 flavonoid구조를 가지고 있는 것으로 알려져 있다. 콩과 식물에서 축적되는 phytoalexin은 isoflavonoid화합물의 형태가 가장 많이 알려져 있으며^{7,7,12,14)} 이들의 생성은 식물의 대사과정인 해당과정과 shikimic acid pathway를 거쳐서 생성된 coumaroyl-CoA와 malonyl-CoA로 부터 생성되는 것으로 보고되고 있다.^{7,12)}

따라서 본 연구는 우리나라에서 soybean mosaic virus에 저항성품종과 감수성품종으로

알려진 팔달콩과 단경콩을 이용하여 이들 품종의 저항성 및 감수성발현이 phytoalexin의 생성 및 축적과 어떤 연관성을 가지는가를 조사하기 위한 기초연구의 일환으로 식물체의 초기 성장에 중요한 영양원의 공급원인 cotyledon에 여러 형태의 자극을 처리하였을때 생성되는 isoflavone aglycones인 daidzein, genistein 그리고 이들의 배당체인 daidzin, genistin의 축적변화를 조사하고자 하였다.

재료 및 방법

1. 실험재료

(1) 식물체

본 실험에 사용한 식물은 콩과 식물(Leguminosae)중 soybean[Glycin max[L] Merr] 계통으로 SMV(Soybean mosaic virus)에 저항성 품종인 팔달콩과 감수성 품종인 단경콩을 영남작물 시험장으로 부터 분양받아 실험에 사용하였다.¹⁰⁾ 팔달콩과 단경콩 중 전전한 종자를 선별하여 20×10×5cm의 pot에 3cm의 vermiculite를 깔고 각 pot당 약 20개의 종자를 일정한 간격으로 파종한 후 vermiculite를 덮고 살균수를 뿌린 후 온도가 28±2℃이며, 수분이 75%이고 약 10Lux의 형광등이 장치되어 있는 growth chamber에서 발아시켰다.

(2) 화학물질

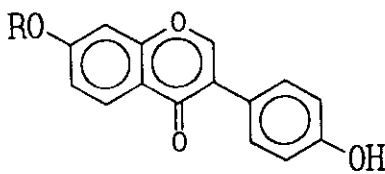
본 실험에 사용한 자극 처리체의 농도 및 특성은 Table 1에 나타내었다. 자극처리 전에 각 농도별로 자극처리체를 조제한 후 autoclave로 살균하여 본 실험에 사용하였다.

Table 1. Concentration and properties of chemicals treated

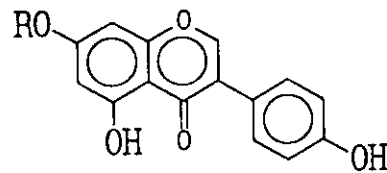
Chemical	Concentration	Properties	Reference
Citrate	18 mM	Inhibitor of phytoalexin elicitor	13)
UDP-glucose	10 mg/l	Binding form of glucose which transfer glucose to glucose acceptor	8, 10, 15)
HgCl ₂	1 mg/l	Degradation inhibitor of phytoalexin, UDP-glucose: phenol-β-D-glucosyltrans-ferase inhibitor	3, 10)
MgSO ₄	1 mg/l	Cofactor of metabolism, UDP-glucose:phenol-β-D-glucosyltrans-ferase activator	10, 16)

Table 2. Physico-chemical properties of daidzein, genistein, daidzin and genistin

Properties	Isoflavonoid compound			
	Daidzein	Genistein	Daidzin	Genistin
IUPAC name	7-hydroxy-3-(4-hydroxyphenyl)-4H-1-benzopyrane-4-one	5, 7-dihydroxy-3-(4-hydroxyphenyl)-4H-1-benzopyrane-4-one	Daidzein-7-O glucoside	Genistein-7-O glucoside
Molecular formula	C ₁₅ H ₁₀ O ₄	C ₁₅ H ₁₀ O ₅	C ₂₁ H ₂₀ O ₉	C ₂₁ H ₂₀ O ₁₀
U V max.	250nm	262.5nm	250nm	262.5nm
Decomposition Temp.	315-323 °C		234-236 °C	
Melting point			297-298 °C	256 °C
Solubility	Alcohol, Ether	Organic solvent	Water, Alcohol	Hot water, Alcohol



(A)



(B)

Fig. 1. Chemical structure of isoflavone aglycones and isoflavone glucosides (A : R=H; daidzein, R=glucosyl; daidzin. B : R=H; genistein, R=glucosyl; genistin)

(3) isoflavone aglycone 및 glucoside

Isoflavone aglycones인 daidzein과 genistein은 Roth사로 부터 구입하였고 isoflavone glucosides인 daidzin과 genistin은 본 실험 전에 soybean에서 분리 및 정제하여 사용하였다. 이들의 화학적 구조와 물리 화학적 특성은 Fig.1 및 Table 2와 같다.^{12,17,19)}

(4) Phytopathogen

본 실험에 사용한 병원균은 콩 잭빛무늬 곰팡이병의 병원균인 *Botrytis cinerea*를 농업기술 연구소로 부터 분양받아 사용하였다. 분양받은 병원균 포자는 실험에 사용하기 전 PDA(potato dextrose agar) 배지에서 균사를 형성시켜 처리하였다.

2. 실험방법

(1) Sample조제

Growth chamber에서 5일간 발아시킨 대두 중에서 건전한 개체를 선발하여, cotyledon을 분리하고, 살균수로 2회 세척한 후 자극을 처리하여 살균한 petridish에 증류수로 적신 filter paper를 깔고 그 위에 일정한 간격으로 cotyledon을 놓은 후 28±2℃의 incubator에서 배양하였다.

(2) 자극처리

살균수와 화학물질의 처리는 약 100ml의 용액에 cotyledon를 5분간 침윤시켜 처리하였다.

병원균 처리는 PDA배지에서 15일간 배양하여 균사를 형성시킨 후 살균수 100ml의 시험관에 넣고 10분간 교반하여, 현탁액을 만든 후 상등액 50ml를 배로 희석시킨 후 여기에 cotyledon을 5분간 침윤시켜 처리하였다.

(3) Isoflavone aglycone 및 glucosides의 추출

자극처리 후 cotyledon을 0, 12, 24, 48, 72, 96시간 배양시킨 후 살균한 cork borer로 cotyledon의 중앙부위에서 약 0.15g을 취하여 무게를 달고, microfuge tube에 넣고, 여기에 80% ethanol을 600 μ l를 가하여 polypropylene pestle로 마쇄한 후 15,000rpm의 소형 원심 분리기에서 5분간 원심분리 후 상등액을 HPLC분석용 시료로 사용하였다.

(4) Isoflavone glucoside의 분리

단경공과 팔달공을 80% ethanol로 추출한 다음 여과하고, 농축하여 thin-layer chromatography(TLC)로 isoflavone aglycone와 isoflavone glucoside를 분리하였다. 이때 TLC plate는 silicagel G 254(layer thickness 0.25mm Merck), 전개용매는 chloroform:acetone:methanol(20:6:5v/v/v)을 사용하여 UV하에서 확인하였다.

(5) HPLC 분석

HPLC의 조건은 Table 3과 같으며 추출액 50 μ l에 대하여 초순수와 acetonitrile을 사용하여 stepwise gradient 방법으로 분석하였다.

Table 3. HPLC conditions for analysis of isoflavonoids

HPLC model	Waters model 441
Column	μ Bondapak C ₁₈ (size 4.6mm i.d. × 250mm)
Detector	UV(254nm)
Column Temp.	Room Temp.
Chart speed	0.25cm/min
Flow rate	1.5ml/min

* Chromatography was achieved at 20℃ using a gradient of 0-55% acetonitrile over 25min., followed by a step increase to 100% acetonitrile for 2 min. before a step return to water.

결과 및 고찰

1. Isoflavonoid 화합물의 분석

팔달콩과 단경콩을 80% ethanol로 isoflavonoid 화합물을 추출하여 분석한 thin layer chromatogram과 HPLC의 chromatogram은 Fig.2 및 3과 같다.

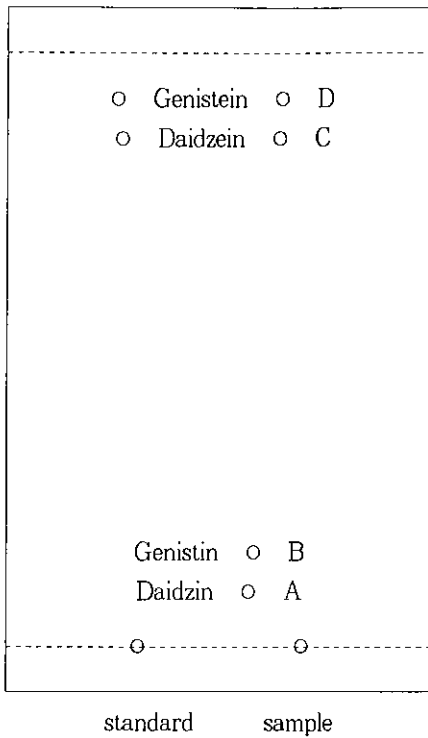


Fig. 2. TLC of isoflavone aglycones and isoflavone glucosides fraction of soybean extract(chloroform:acetone:methanol 20:6:5 v/v/v)

TLC 상에서 0.24, 0.28, 0.85 및 0.88의 Rf치 영역에서 UV에 의해 형광이 나타났다. 이들 각각의 Rf치 영역을 80% ethanol로 추출하여 UV scanning과 HPLC로 분석하였을 때 최대 흡수영역과 retention time은 Rf치 0.24는 250nm, 14.8분, 0.28은 262.5nm, 16.6분, 0.85는 250nm, 19.6분, 0.88은 262.5nm, 20.8분으로

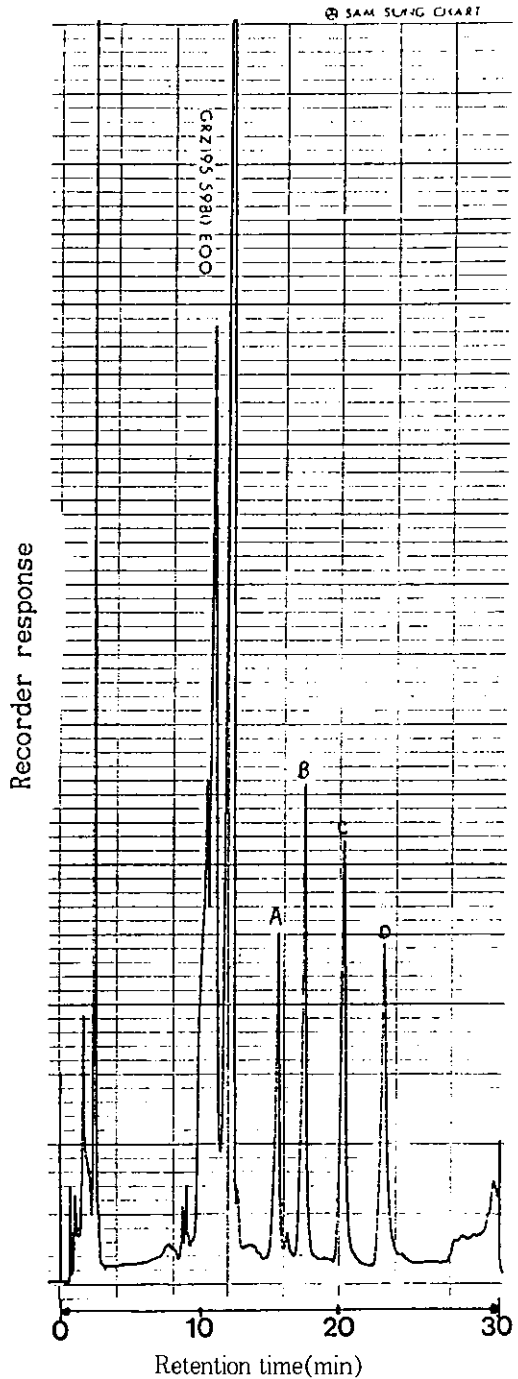


Fig.3. HPLC chromatogram of isoflavonoid compounds in soybean extract(A:Daidzin, B: Genistin, C:Daidzein, D:Genistein)

나타났다. 따라서 0.24영역은 daidzin, 0.28은 genistin, 0.85는 daidzein, 0.88은 genistein으로 확인되었다.

2. 자극처리에 의한 isoflavonoid화합물의 변화

(1) Water처리

살균한 water를 처리하였을때 나타나는 isoflavone aglycones와 isoflavone glucosides의 축적 양상은 Fig. 4와 같다.

Water처리에 의해서 팔달콩이 단경콩보다

isoflavone aglycones와 isoflavone glucosides의 함량이 전반적으로 크게 나타났다. 그리고 water처리에 의해서 초기(0hr-24hr)에 isoflavone glucosides의 감소현상이 나타났으며 동시에 isoflavone aglycones의 증가가 관찰 되었다.

(2) Citrate

Phytoalexin생성시 elicitor의 작용을 저해하는 것으로 알려진 citrate를 처리하였을때 isoflavonoid화합물의 변화양상은 Fig.5와 같다.

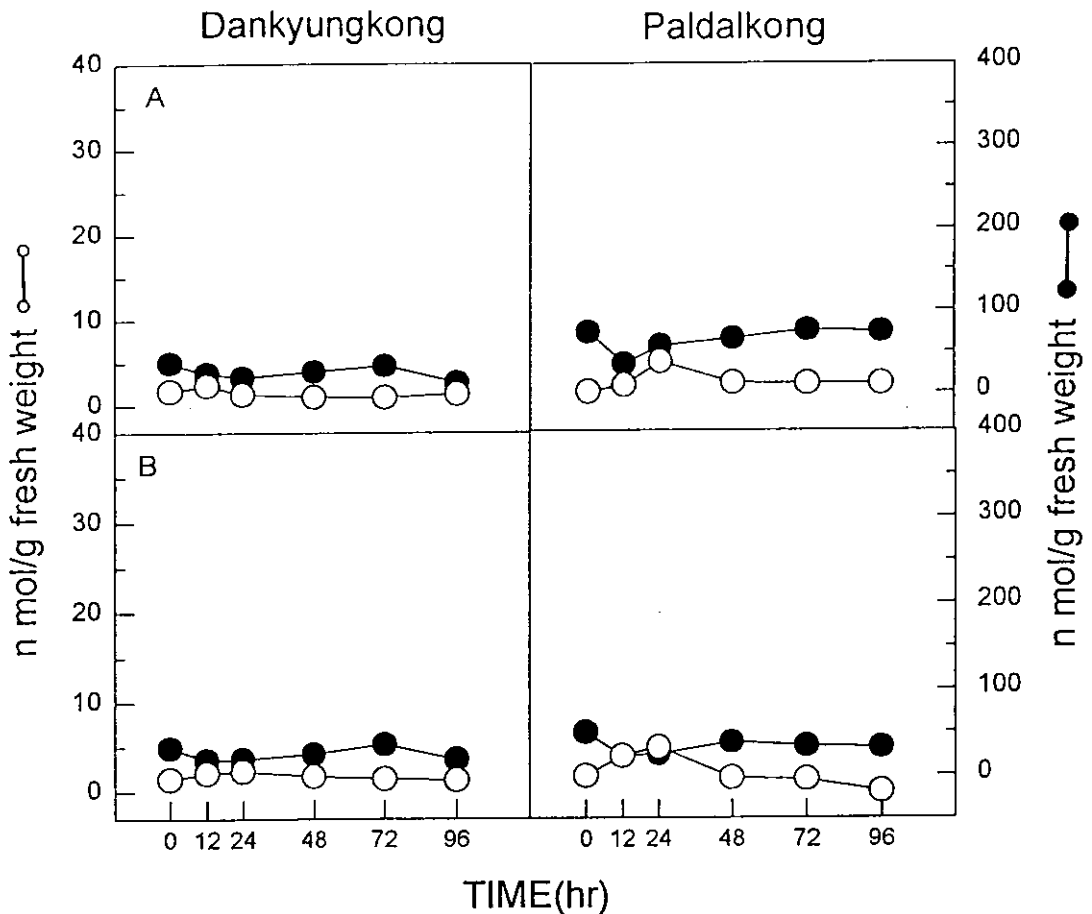


Fig. 4. Time-dependent accumulation of water-induced isoflavone aglycones and their glucosides in the cotyledon of Dankyungkong and Paldalkong in dark condition

(A: ○-○ Daidzein, ●-● Daidzin, B: ○-○ Genistein, ●-○ Genistin)

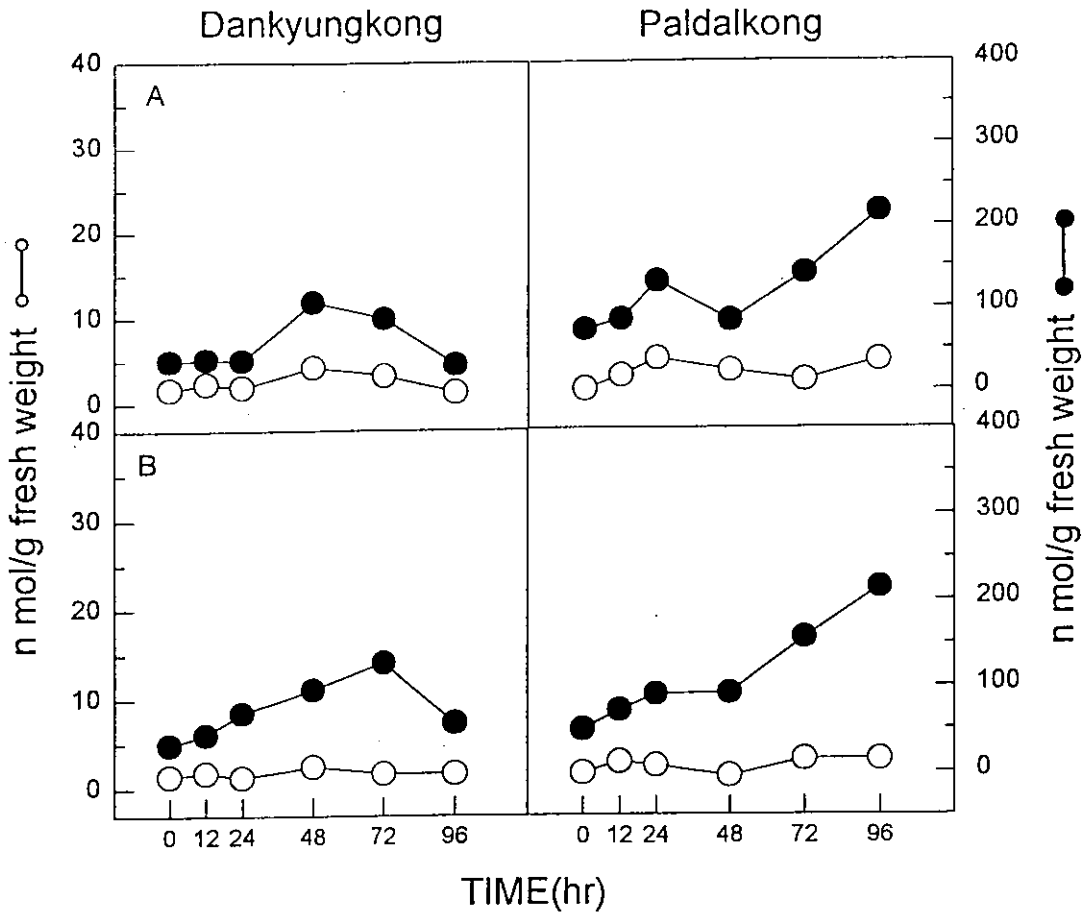


Fig. 5. Time-dependent accumulation of citrate-induced isoflavone aglycones and their glucosides in the cotyledon of Dankyungkong kong and Paldalkong in dark condition

(A: ○-○ Daidzein, ●-● Daidzin, B: ○-○ Genistein, ●-● Genistin)

Citrate처리시, water처리와 비교하여 isoflavone aglycones의 축적은 비슷하게 나타나거나 적게 나타났지만 isoflavone glucosides의 함량은 크게 나타났다. 단경콩과 팔달콩에서 isoflavone aglycones의 최대함량은 두 품종에서 큰 차이가 나타나지 않았으나 isoflavone glucosides의 함량은 초기에는 두 품종에서 거의 비슷하나 48hr 이후에는 단경콩보다 팔달콩에서 크게 나타났다. Apostol 등의 연구¹⁾에

서 citrate 18mM을 처리하였을때 phytoalexin을 생성하는데 관여하는 elicitor의 작용을 100% 저해한다고 보고하였으나 citrate를 단독처리한 본 실험에서는 isoflavone aglycones의 축적은 크게 증가하지 않았으나 isoflavone glucosides의 축적은 증가하였다. 따라서 이와같은 현상은 citrate처리에 의해 배당체인 isoflavone glucosides의 축적을 크게 하여 상대적으로 isoflavone aglycones의 축적이 크게 증가되지

않은 것으로 사료된다. 따라서 citrate처리시 isoflavone aglycones의 축적이 단경콩과 팔달콩에서 큰 차이가 나타나지 않는 것은 isoflavone glucosides의 축적이 단경콩에서 보다 팔달콩에서 크게 축적되어지기 때문이라고 사료된다.

(3) UDP-glucose

Isoflavone aglycones가 isoflavone glucosides로 전환 할 때 glucose의 결합 형태인 UDP-glucose^{7,9,12)}를 처리하였을때 나타나는 이들의 축적 양상은 Fig.6 과 같다.

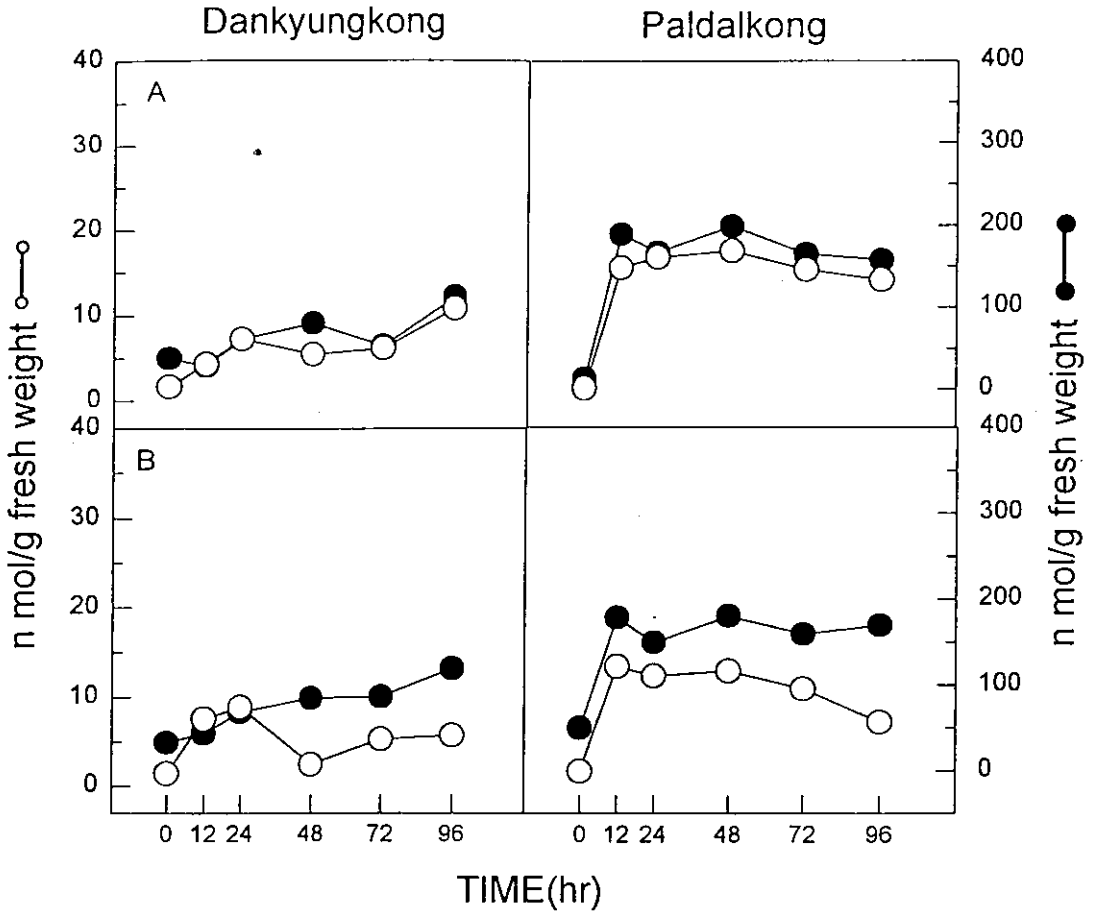


Fig. 6. Time-dependent accumulation of UDP-glucose-induced isoflavone aglycones and their glucosides in the cotyledon of Dankyungkong and Paldalkong in dark condition
(A: ○-○ Daidzein, ●-● Daidzin, B: ○-○ Genistein, ●-● Genistin)

UDP-glucose의 처리에 의해 isoflavone aglycones와 isoflavone glucosides의 축적은 water처리에 비해 큰 양적 증가가 관찰되었다. 이 처리 역시 팔달콩이 단경콩보다 isoflavone

aglycones와 isoflavone glucosides의 축적이 크게 나타났으며 daidzein과 genistein의 축적은 팔달콩에서 대체로 daidzein의 축적이 genistein 축적 보다 크게 나타났다. 그러나 단경콩에서

초기에 양적으로 거의 비슷하나, 48hr 이후에는 daidzein의 축적이 genistein의 축적보다 크게 나타났다. 그리고 isoflavone aglycones의 높은 축적 후 24hr 후에 isoflavone glucosides의 높은 축적이 나타나는 것으로 관찰된다. UDP-glucose의 처리와 citrate의 처리를 비교할 때 citrate 처리는 isoflavone aglycones의 축적은 적으나 isoflavone glucosides의 축적은 크게 나타났다. 그러나 UDP-glucose의 처리시 isoflavone aglycones와 isoflavone glucosides가 동시에 크게 나타났다. 이와 같은 결과는 UDP-glucose

의 처리에 의해 isoflavone aglycones와 isoflavone glucosides의 생성이 동시에 촉진되는 것으로 추측된다.

(4) $MgSO_4$

식물체의 대사과정에 관여하는 효소의 activity를 촉매하며, isoflavone aglycones가 배당체로의 전환에 관여하는 효소인 isoflavone-7-O-glucosyl transferase의 활성을 촉진하는 것으로 알려진 Mg^{2+} 이온을 처리한 결과는 Fig.7 과 같다.

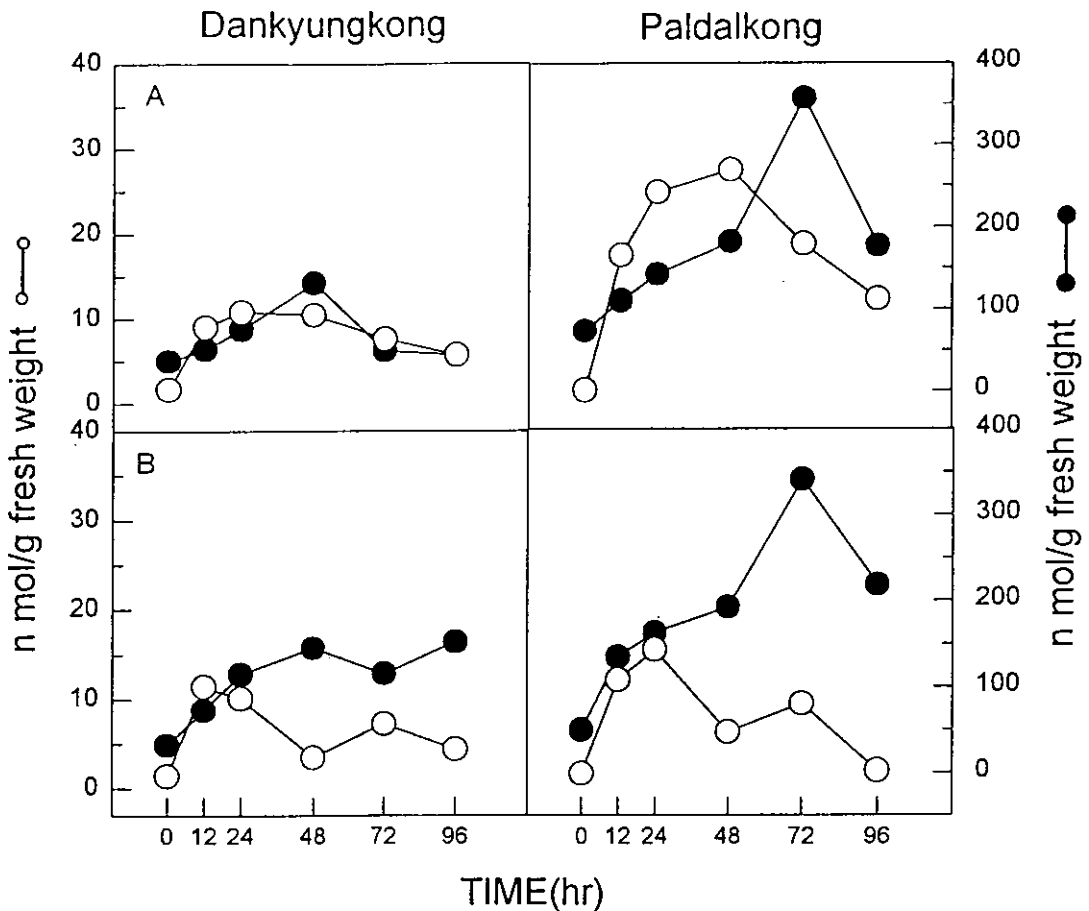


Fig. 7. Time-dependent accumulation of $MgSO_4$ -induced isoflavone aglycones and their glucosides in the cotyledon of Dankyungkong and Paldalkong in dark condition

(A: ○-○ Daidzein, ●-● Daidzin, B: ○-○ Genistein, ●-● Genistin)

MgSO₄ 처리시, UDP-glucose의 처리와 같이 팔달콩에서 isoflavone aglycones와 isoflavone glucosides의 함량이 단경콩 보다 크게 나타났다. 이때에 단경콩에서는 daidzein과 genistein의 함량은 큰 차이가 없으나 (48hr은 제외) 팔달콩에서는 daidzein의 축적이 genistein의 축적보다 전 기간에서 크게 나타났다. 또한 MgSO₄ 처리에서도 UDP-glucose의 처리와 같이 isoflavone aglycones의 높은 축적 후 24hr 이후에 배당체의 높은 축적이 관찰된다.(팔달콩의 genistein, genistin은 제외) 이와 같은 결과는 Mg²⁺이온이 식물체의 대사과정에 관여하는

효소의 activity를 촉진하는 촉매작용과 Keil 등의⁹⁾ 실험에서 Mg²⁺이온이 UDP-Glucose; phenol-β-D-glucosyltransferase의 활성을 자극하는 작용을 한다는 보고와 같이, Mg²⁺의 처리에 의해 isoflavone aglycones의 생성에 관련한 효소의 활성을 촉진하여 isoflavone aglycones의 축적이 크게 나타나며 배당체의 전환과 관련한 효소인 isoflavone-7-O-glucosyltransferase의 활성도 촉진되어 isoflavone glucosides의 축적이 isoflavone aglycones의 증가와 함께 증가하는 것으로 생각된다.

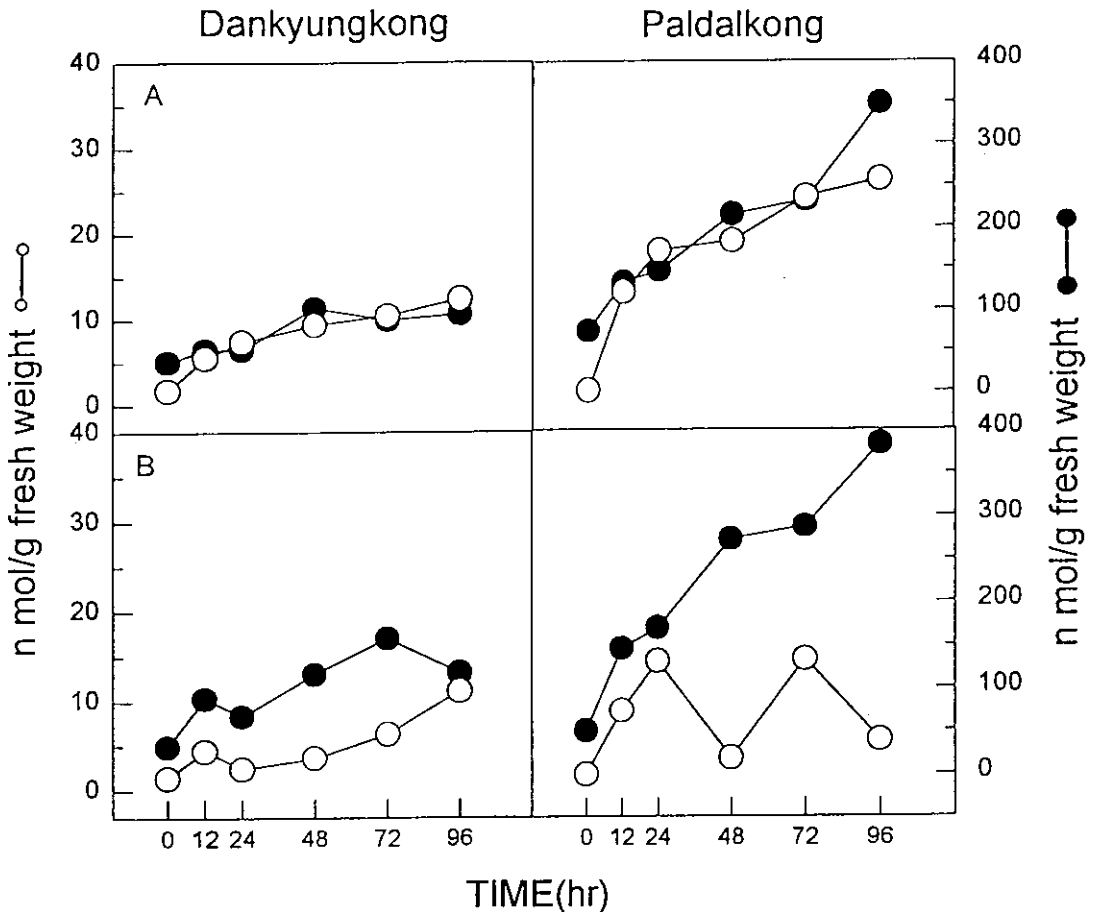


Fig. 8. Time-dependent accumulation of HgCl₂-induced isoflavone aglycones and their glucosides in the cotyledon of Dankyungkong and Paldalkong in dark condition
(A: ○-○ Daidzein, ●-● Daidzin, B: ○-○ Genistein, ●-● Genistin)

(5) HgCl₂

생성된 phytoalexin의 분해를 억제하는 것으로 알려진 HgCl₂^{9,12)}의 처리에 의한 isoflavonoid 화합물의 축적양상은 Fig. 8과 같다.

HgCl₂처리 역시 isoflavone aglycones와 isoflavone glycosides의 축적이 크게 나타났다. 특히 팔달콩에서 isoflavone aglycones와 그 배당체가 단경콩보다 크게 나타났다. 그리고 두 품종 모두 실험기간 중 daidzein이 genistein의 축적보다 크게 나타났으며 (팔달콩의 genistein (96hr)은 예외) 그 배당체인 daidzin과 genistin의 축적에서도 daidzin의 축적이 genistin의 축적보다 크게 나타났다. 그리고 배당체의 축적은 HgCl₂처리에 의해 시간의 경과에 따라 점차적으로 증가하는 경향을 보였다. Hargraves 등⁹⁾의 실험에서 HgCl₂의 처리에 의해 나타나는 phytoalexin(isoflavonoid)의 축적의 증가는 HgCl₂에 의해 phytoalexin의 분해가 억제되어 phytoalexin의 양이 증가한다 보고하였다. 그리고 Keil 등⁴⁾의 연구에서 HgCl₂(0.2mM)의 농도에서 UDP-glucose:phenol-β-D-glucosyltransferase의 활성을 저해하는 것으로 보고하였다. 그러나 본 실험의 결과는 1mg/l의 HgCl₂처리 시 isoflavone glucosides의 축적도 시간의 경과에 따라 isoflavone aglycones와 같이 증가하는 것으로 나타났다. 특히 isoflavone glucosides의 축적은 MgSO₄처리와 비교하여 양적으로 거의 비슷하게 나타났다. 따라서 본 실험에 사용한 농도인 1mg/l의 HgCl₂처리에 의해 isoflavone-7-O-glucosyltransferase의 활성이 억제되지 않는 것으로 생각된다.

(6) Phytopathogen 처리

실험에 사용한 대두품종의 저항성에 관련된 병원균인 SMV(soybean mosaic virus)가 아닌 콩 잿빛무늬 곰팡이 병의 병원균인 *Botrytis cinerea*를 하였을 때 나타나는 isoflavonoid 화

합물의 축적 양상은 Fig. 9와 같다.

병원균의 처리에 의해 나타나는 isoflavone aglycones와 isoflavone glucosides의 축적은 단경콩보다 팔달콩에서 약간 크게 나타났다. 이 결과는 Graham 등^{5,6)}의 연구에서와 같이 glyceollin의 전구물질로 알려진 daidzein의 생성은 저항성품종이 감수성 품종보다 크게 나타났다. 그리고 daidzein과 daidzin의 축적에서, 두 품종간에 최대 축적량에는 거의 차이가 없거나 최대 축적시간은 단경콩이 48hr, 팔달콩이 12hr으로 차이가 났다. 이와 관련하여 두 품종에서 병징이 나타나는 시간이 단경콩에서 12hr, 팔달콩에서 24hr으로 차이가 나는 것으로 나타났다. 따라서 항균성이 있는 것으로 보고되고 있는 glyceollin의 전구물질로 알려진 daidzein의 최대 축적이 저항성 품종인 팔달콩에서 단경콩보다 빨리 나타나서 축적된 daidzein에 의해서 병원균의 생육이 저해되어 팔달콩이 단경콩 보다 병징이 나타나는 시간이 늦어지는 것으로 생각된다. 또한 팔달콩에서는 isoflavone aglycones의 높은 축적이 나타난 후 36hr-48hr이후 isoflavone glucosides의 높은 함량이 관찰되었다.

이상의 실험에서 식물체 내에서 생합성되는 isoflavone aglycones와 isoflavone glucosides의 축적양상은 팔달콩과 단경콩에서 양적으로 차이가 나며 특히, 여러 가지 자극처리에 의해서도 두 품종간의 isoflavonoid의 함량차이는 있는 것으로 나타났다. 그리고 이들의 생성은 식물체의 유전학적인 차이에 의해 생성되는 대사산물과 이들 대사에 관련한 효소들의 활성의 변화에 크게 영향을 받는 것으로 생각되어지며 isoflavonoid화합물의 생성 및 축적이 soybean의 저항성 발현에 상당히 영향을 미치는 것으로 사료된다.

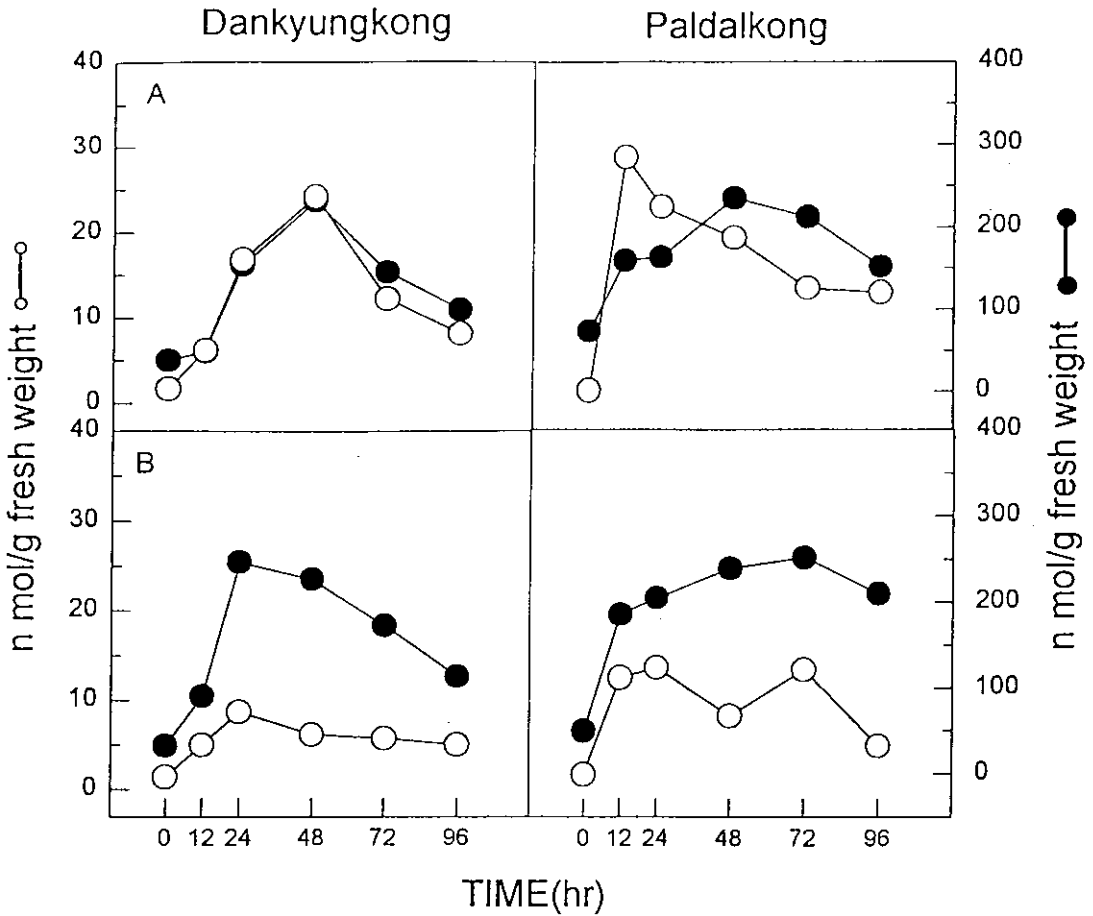


Fig. 9. Time-dependent accumulation of phytopathogen-induced isoflavone aglycones and their glucosides in the cotyledon of Dankyungkong and paldalkong in dark condition
 (A: ○—○ Daidzein, ●—● Daidzin, B: ○—○ Genistein, ●—● Genistin)

적 요

Soybean mosaic virus에 감수성 품종인 단경콩과 저항성 품종인 팔달콩의 cotyledon에 여러형태로 자극을 처리하였을때 유도되는 isoflavone aglycones(daidzein, genistein)와 이들 배당체들(daidzin, genistin)의 시간별 축적 정도를 조사하였다.

UDP-glucose, MgSO₄, HgCl₂의 처리 및

*Botrytis cinerea*의 감염에 의하여 두 품종 모두 isoflavone aglycones와 이들 배당체들의 함량이 대조구(water처리)와 비교하여 증가하였다. 그러나 citrate의 처리에 의해서는 isoflavone aglycones의 함량은 대조구와 큰 차이가 없었으나 isoflavone glucosides의 함량은 크게 증가하였다. UDP-glucose, MgSO₄ 및 HgCl₂의 처리에 의하여 isoflavone aglycones의 함량은 단경콩보다 팔달콩에서 크게 나타났다. 특히

daidzein의 경우, 단경콩보다 팔달콩에서 현저하게 크게 나타났다. 그러나 *Botrytis cinerea*의 감염에 의해서 daidzein의 최대 축적 양에는 두 품종 사이에 큰 차이가 없으나 최대 축적 시간은 팔달콩이 단경콩보다 빠르게 나타났다. 그리고 그 배당체인 daidzin과 genistin의 축적은 단경콩보다 팔달콩에서 모든 자극처리에 의해 높게 나타났다. UDP-glucose, MgSO₄, 및 HgCl₂의 처리에 의한 daidzein과 genistein이 축적되는 양은 단경콩에서는 초기에는(24hr까지)에는 비슷하나, 48hr이후에는 daidzein의 축적이 genistein의 함량보다 크게 나타났다. 그러나 팔달콩에서는 대체로 전 기간에서 daidzein의 함량이 genistein의 함량보다 크게 나타났다. 병원균의 감염에 의해서는 두 품종에서 모두 daidzein의 양이 genistein의 양보다 크게 나타났다.

참 고 문 헌

1. Apostol I., P. S. Low, P. Heinstejn, R. D. Stipanovic and D. W. Altman. 1987. Inhibition of elicitor induced phytoalexin formation in cotton and soybean cells by citrate. *Plant Physiol.* 84:1276-1280.
2. Bailey J. A. and J. W. Mansfield. 1982. Phytoalexin. Blackie & Son Ltd. pp 21-75.
3. Ebel J. 1986. Phytoalexin synthesis: The biochemical analysis of the induction process. *Annu. Rev. Phytopathol.* 24:235-264.
4. Funk C. K. Gugler and P. Brodelius. 1986. Increased secondary product formation in plant cell suspension cultures after treatment with a yeast carbohydrate preparation (elicitor). *Phytochem.* 25:401-405.
5. Graham T. L. 1991. Flavonoid and isoflavonoid distribution in developing soybean seeding tissues and in seed and root exudates. *Plant Physiol.* 95:594-603.
6. Graham T. L., J. E. Kim and M. Y. Graham. 1990. Role of Constitutive isoflavone conjugates in the accumulation of glyceollin in soybean infected with phytophthora megasperma. *Molecular Plant-Microbe Interactions.* 3:157-166.
7. Harborne J. B. and T. J. Mabry. 1980. The flavonoids: Advances in Research. Chapman and Hall Ltd. pp535-632.
8. Hargreves J. A. 1979. Investigated into the mechanism of mercuric chlorides stimulated phytoalexin accumulation in phaseolus vulgaris and pisum sativum. *Physiol. Plant Pathology.* 15:279-287.
9. Keil U. and P. Schreier. 1989. Purification and partial characterization of UDP-glucose:phenol-B-D-glucosyltransferase from papata fruit. *Phytochem.* 28:2281-2288.
10. 김용철, 신두철, 서형수, 장권열, 1989. 콩 모자이크 바이러스(SMV)에 대한 저항성 유전. *농시논문집(전·특작 편).* 31(4):1-4.
11. Kimpel J. A. and T. Kosuge. 1985. Metabolic regulation during glyceollin biosynthesis in green soybean hypocotyls. *Plant Physiol.* 77:1-7.
12. Kuc J. 1980. Phytoalexins. *Annu. Rev. Phytopathol.* 18:632-655.
13. Kuc J. and J. S. Rush. 1985. Phytoalexin, *Arch. of Biochem. and Biophysics* 236:455-472.
14. Osman S. F. and W. F. Feti. 1983.

- Isoflavonoid glucoside stress metabolites of soybean leaves. *Phytochem.* 22:1921-1923.
15. Plenum F. J. 1977. Phenolic substance and plant disease. *Recent advance in Phytochem.* 12:557-588.
16. 서인석. 1980. 식물 병리학, 선진문화사 pp25-94.
17. Budavari S. 1989. *The Merck index*. 11Ed. Merck & Co., Inc., 2806p. 4278p.
18. van Sumere C. F. and W. van Brussel. 1973. Recent advance in the separation of plant phenolics. *Recent Advan. in Phytochem.* 12: 1-27.
19. Wang G., S. S. Kuan, O. J. Francis, G. M. Ware and A. S. Carman. 1990. A simplified HPLC method for the determination of phytoestrogens in soybean and its processed products. *J. Agric. Food Chem.* 3:185-190.
20. 우원식. 1984. 천연물화학연구법. 민음사. pp45-115.