

소나무류의 솔잎혹파리에 대한 저항성과
침엽內 Phenolic Acid의 농도*¹

엄태진*² · 손두식*² · 이상우*² · 서재덕*²

Resistance to Pine Gall-midge and Phenolic Acid
Content in Pine Needles*¹

Tae-Jin Eom*² · Doo-Sik Son*² · Sang-woo Lee*² · Jae-Durk Seo*²

ABSTRACT

The phenolic acids in needles of five pine species such as *Pinus densiflora*, *P. thunbergii*, *P. virginiana*, *P. rigida*, and *P. koraiensis* were analyzed seasonally (March, June, September and December) in order to investigate the resistant factors against pine gall-midge(*Thecodiplosis japonensis* Uchida et Inouye).

The interrelation of resistance to pine gall-midge and the content of phenolic acids in pine needles was investigated in the artificial hybride pine species.

The contents of salicylic acid in susceptible species (*P. densiflora* and *P. thunbergii*) to pine gall-midge which watered with salicylic acid solution in a pot was determined.

The results can be concluded as follows,

1. There was a little change in total phenolic constituents of resistant and susceptible pines seasonally. The each content of benzoic acid, salicylic acid and *p*-hydroxybenzoic acid in June was the highest through four seasons.
2. In June, resistant species showed higher content of salicylic acid than susceptible species, while the content of gallic acid was the highest in December.
3. Among the 21 artificial hybrids(*P. densiflora* × *P. virginiana*, *P. thunbergii* × *P. virginiana*), the hybrides of the higher salicylic acid content showed the lower rate of pine gall formation.
4. Pine gall formation of the susceptible species which were watered with salicylic acid solution remarkably decreased.

Keywords : Phenolic acid, salicylic acid, pine species, pine gall-midge, susceptible, resistant substance, hybrids.

*1 접수 1998년 7월 20일 Received July 20, 1998

본 연구는 학술진흥재단의 연구비지원에 의하여 수행 되었음

*2 경북대학교 농과대학 College of Agriculture, Kyungpook National University, Taegu 1370, Korea

1. 서 론

1929年 목포 유달산과 서울 창경원에서 처음 솔잎혹파리(*Thecodiplosis japonensis* Uchida et Inouye) 피해가 보고된 이후, 전국적으로 피해가 확산되어 현재까지도 소나무 및 해송의 피해가 계속되고 있다. 1950年代에 들어서 본격적인 방제연구가 시작된 이후, 반세기 가까이 수 많은 연구가 있어 왔지만 아직까지도 만족할 만한 결과에 이르지 못하고 있다.

기존의 연구된 방제법(산림청, 1985)은 크게 생물적 방제, 화학적 방제 및 물리적 방제로 대별할 수 있고 현재까지의 연구결과로는 생물적 방제법의 하나로서 솔잎혹파리먹좀벌 등의 천적을 이용한 방제법(임업연구원, 1995)이 어느 정도 효과를 얻고 있으나 영구적인 방법이 되지 못하고, 매년 천적을 사육해야하는 번거로움이 있다. 그러므로 내충성 소나무를 육성함으로써 솔잎혹파리에 대한 영구적인 방제를 기대할 수 있다.

김 등(1987)은 솔잎혹파리에 대한 소나무류의 저항성에 관한 두가지 유형을 설명하고 있는데, 첫째, 잣나무(*P. koraiensis*), 스트로브잣나무(*P. strobus*)에는 솔잎혹파리가 산란을 하지 않으며 둘째, 버지니아소나무(*P. virginiana*), 테다소나무(*P. taeda*), 리기다소나무(*P. rigida*), banks소나무(*P. banksiana*)에는 산란은 하지만 유충이 생육하지 못하고 상흔만 형성한다는 것이다. 그리고 소나무(*P. densiflora*), 해송(*P. thunbergii*), 구주소나무(*P. sylvestris*), 니그라소나무(*P. nigra*), 레지노사소나무(*P. resinosa*), 콘톨타소나무(*P. contorta*), 폰테로사소나무(*P. ponderosa*)는 솔잎혹파리로 인한 충영이 형성되어 피해를 받고 있음을 밝히고 있다.

이러한 소나무류의 솔잎혹파리에 대한 저항인자를 정확히 규명한다면 솔잎혹파리의 효과적인 예방 및 방제가 가능할 것으로 생각한다.

해충에 대한 수목의 저항성 생리에 대한 연구로서 Smith 등(1982)은 수지의 주성분인 monoterpene이 내충성에 관련이 있다고 지적하고 있으며 이 등(1970)도 리기다소나무의 솔잎혹파리 유충의 괴사는 수지성분과 관계가 있다고 주장하였으며 Hanover(1975)는 식물의 2次 대사산물 가운데 terpene류, phenol류가 내충성에 중요한 역할을 한다고 보고하였다. 이 등(1981)은 솔잎혹파리 감수성 수종인 소나무, 해송과 저항성수종인 리기다소나무의 침엽에 대한 phenol化合物的 변화를 조사하여 솔잎혹파리

저항성 개체에서 phenol성 물질이 많이 분포하며 리기다소나무에만 resorcinol이 검출되었다고 하였다.

한편, 한(1980)은 저항성 수종인 리기다소나무에서 salicylic acid를 검출하여 솔잎혹파리 저항성의 관련 물질로 보고한 바 있으며 손 등(1996)은 소나무류 침엽내에 포함되어 있는 phenolic compound를 분석하여 솔잎 혹파리의 저항성과의 상관관계를 조사한 결과 솔잎 중의 salicylic acid가 저항성 물질인 것으로 추정하였다.

일반적으로 phenol화합물은 생리활성물질로 알려져 있으며 식물체에 있어서도 allelopathy 효과와 물리적 손상이나 병원체의 침입에 대한 생화학적 방어 체계를 위한 저항성 물질로 알려져 있다.

본 연구에서는 솔잎혹파리 저항성 수종인 잣나무, 리기다소나무, 버지니아소나무와 감수성 수종인 소나무, 해송을 대상으로 소나무류의 침엽내 phenolic acid를 계절별로 분석·비교하고, 솔잎혹파리 감수성 수종에 salicylic acid 수용액을 관수한 것과 인공교잡종에 대한 솔잎혹파리 충영형성과 침엽내 salicylic acid농도와의 상관관계에 대하여 조사하였다.

2. 재료 및 방법

2.1 재료

2.1.1 소나무류의 침엽

경주시 소재 경북산림환경연구소내에 식재되어 있는 수령 20년 이상의 솔잎혹파리 감수성 수종인 소나무(*Pinus densiflora* SIEB. et ZUCC.), 해송(*Pinus thunbergii* PARL.)과 저항성 수종인 잣나무(*Pinus koraiensis* SIEB. et ZUCC.), 리기다소나무(*Pinus rigida* MILL.), 버지니아소나무(*Pinus virginiana* MILL.)로부터 1996年 3, 6, 9, 12月中에 침엽을 채취하였다.

2.1.2 교잡종의 침엽

1996년 8월중에 5년생의 해송×버지니아소나무 10개체와 소나무×버지니아소나무 11개체의 인공교잡종으로부터 침엽을 채취하였다.

2.1.3 Salicylic Acid수용액을 관수한 수종의 침엽

화분에 식재된 10년생 소나무와 해송 12개체를 대상으로 1997年 4月 12일부터 각각 100, 200, 300ppm

Table 1. Operating conditions of GC for Phenolic Acids analysis.

Instrument	Shimadzu GC-14A	
Column	WCOT capillary column ϕ 0.22mm \times 25m Silica gel, P10	
Detector	FID	
Carrier gas	N ₂ (1.5kg/cm ²)	
Fuel gas	H ₂ (0.5kg/cm ²), Air (0.5kg/cm ²)	
Injector temperature	280 $^{\circ}$ C	
Detector temperature	280 $^{\circ}$ C	
Column temperature	Initial temperature	110 $^{\circ}$ C
	Final temperature	290 $^{\circ}$ C
	Program rate	4 $^{\circ}$ C/min.

의 salicylic acid 수용액을 5일 간격으로 1회에 500ml 씩 뿌리 부근의 토양에 10회 관수하고 관수 후 10일이 경과한 후에 침엽을 채취하였다.

2.2 방법

2.2.1 총염 형성률

각 수종에서 900~1200여개의 침엽을 채취하여 건전엽과 총염형성엽을 가려내고 조사 총엽수에 대한 총염형성엽의 백분율을 구하였다.

$$\text{총염형성율(\%)} = \frac{\text{총염형성엽}}{\text{조사총엽수}} \times 100$$

2.2.2 Phenolic Acid의 추출

Phenolic acid의 추출은 Krygier(1982)와 Salomonsson 등(1978)의 방법에 준하였다. 채취한 침엽을 수세·건조한 후 기부를 제거하고 1cm 이하로 절단하였다.

생엽상태의 침엽을 n-hexane으로 24시간 교반하여 탈지한 후 기건하였다. 이를 질소 기류하의 암소에서 methanol / acetone / water (7:7:6, v/v/v)의 혼합용매 200ml로 3시간씩 교반하며 3회 추출하였다. 추출액을 감압농축하여 유기용매를 제거한 수층을 4 $^{\circ}$ C 냉장실에서 24시간 방치한 후 침전물을 2회 여과 제거하였다. 이것에 1N농도의 HCl을 가하여 pH 3으로 조절하고 분액깔때기를 사용하여 수층과 같은 양의 ethylacetate / diethylether (1:1, v/v)로 free phenolic acid를 3회 추출하였다.

추출물을 과량의 무수황산나트륨을 첨가하여 24시

간 방치하여 수분을 제거하고 여과하여 회전감압농축기로 용매를 제거하였다.

Free phenolic acid를 추출하고 남은 수층은 2N NaOH을 가하여 pH 10으로 조절하고 1시간동안 끓임으로써 가수분해 하였다. 이것으로부터 free phenolic 화합물에서와 동일한 방법으로 soluble phenolic acid를 추출하였다.

2.2.3 Phenolic Acid의 정량적 분석

건고된 시료를 pyridine에 용해시키고 N,O-bis(trimethylsilyl)trifluoroacetamide을 가하여 70 $^{\circ}$ C에서 2분간 TMS화시킨 후 gas chromatography (GC)로 분석하였다. Phenolic acid의 함량을 정량하기 위해서 표준품의 benzoic acid와 salicylic acid로써 절대검량선법으로 작성한 검량선으로 내부표준물질(Internal standard)의 peak면적에 대한 각 peak의 상대 면적비로 계산하여 정량하였다. 또 p-hydroxybenzoic acid, gallic acid, ferulic acid는 benzoic acid로 환산하여 정량하였고, GC 분석조건은 Table 1과 같다.

각 phenolic acid는 표준화합물과의 co-injection과 GC-Mass에 의하여 확인하였으며 p-chlorobenzoic acid를 내부표준물질로 하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1 소나무류 침엽내 Phenolic Acid의 계절적 변이

각 침엽으로부터 추출된 free phenolic compound의 전체량은 수종간 또는 계절별로 큰 차이를 보이지

Table 2. The content of various phenolic acids in the free phenolic compound in the pine needles.

Components	species	<i>P. densiflora</i>	<i>P.thunbergii</i>	<i>P. virginiana</i>	<i>P. rigida</i>	<i>P.koraiensis</i>
	month					
Benzoic acid	3	30.2	20.5	22.6	15.2	21.8
	6	78.0	62.0	67.6	48.9	33.4
	9	65.6	56.7	26.2	38.6	25.1
	12	50.1	52.6	17.9	2.8	7.2
Salicylic acid	3	10.3	16.7	24.0	14.2	10.9
	6	13.6	22.0	53.0	35.0	37.0
	9	9.7	14.0	22.6	28.5	21.0
	12	6.6	6.4	15.0	16.2	18.2
P-hydroxy benzoic acid	3	*T	*T	*T	2.0	1.2
	6	20.8	11.6	15.5	12.5	10.2
	9	15.0	5.0	8.2	6.3	21.0
	12	10.6	3.2	3.8	4.9	18.2
Gallic acid	3	27.9	14.0	16.2	11.3	13.2
	6	22.0	14.3	11.3	36.0	15.8
	9	28.4	17.4	24.0	41.2	5.0
	12	35.7	38.0	43.5	40.6	2.6
Ferulic acid	3	12.0	8.6	9.3	11.6	14.8
	6	38.0	21.9	20	30.5	26.9
	9	28.0	24.7	18.3	23.2	32.5
	12	23.3	25.5	28.2	32.2	47.8
Total phenolics (%)	3	1.2	1.5	1.1	1.3	1.5
	6	0.9	1.6	1.2	1.2	1.1
	9	1.1	1.2	1.4	1.3	0.9
	12	1.4	1.0	1.3	0.8	0.9

(unit : ppm based on oven dried pine needles), *T: trace(below 1.0ppm)

않았다. 한편, 동정된 phenolic acid의 종류에는 특이한 차이점이 보이지 않았지만 동절기보다는 하절기에 phenolic acid의 함량이 많으며 6월과 12월의 phenolic acid함량에는 뚜렷한 차이가 있었다(Table 2).

이는 6月中의 식물대사작용이 활발하고 세포벽에 완전히 고착되지 않은 대사산물을 많이 함유하고 있기 때문으로 생각한다.

Ishikura(1976)에 의하면 식물체의 엽내 총 phenolic compound 함량은 식물이 생육함에 따라 계속 증가하고 생육이 끝날 무렵에는 함량변화가 거의 없다고 하였다. 李(1984)도 솔잎혹파리의 침입으로 대부분의 내충성목에 phenolic compound가 증가한다고 했으며 소나무의 충영엽에서 솔잎혹파리의 침입으로 인한 Anthocyanin함량이 증가한다고 하였다.

일반적으로 phenolic acid는 항균, 내충성있는 것

으로 알려져 있으며 병원체에 감염된 식물세포조직으로 부터 hydroxybenzoic acid가 발견된다는 사실로부터(Swain et al., 1979) 감염된 식물이 병원체에 대한 저항성 물질을 생성할 것으로 추측하고 우선, 솔잎혹파리에 영향을 줄 수 있다고 예상되는 다섯가지 물질로서 benzoic acid, salicylic acid, p-hydroxybenzoic acid, gallic acid, ferulic acid를 중심으로 하여 분석하였다.

저항성 수종과 감수성 수종간의 phenolic acid의 분포를 살펴본 결과, 검출된 phenolic acid 가운데 salicylic acid의 함량이 감수성 수종보다 저항성 수종에 모두 높게 나타났으며, 특히 6월에 저항성 수종인 버지니아소나무, 잣나무, 리기다소나무의 침엽내에 salicylic acid가 각각 53ppm, 37ppm, 35ppm으로서 감수성 수종인 소나무, 해송의 각각 13.6ppm,

22.0ppm보다 모두 높게 나타났다. 이 가운데 버지니아소나무가 53.0ppm으로 가장 높게 나타난 점은 솔잎혹파리가 5, 6월에 산란·부화하는 것에 미루어 볼 때 버지니아소나무가 솔잎혹파리에 대한 저항성을 보이는 것과 연관성이 있을 것으로 생각되어진다.

Yalpani 등(1991, 1993)은 식물체의 부분적이고 전체적인 질병에서 salicylic acid가 식물체내로부터 발생되어진 저항성 조절인자일 가능성을 보고한 바 있는데, 여기에서 salicylic acid가 병원체에 직접적인 영향을 주는 것이 아니라 저항성 인자의 발현의 중간 signal로 작용할 수 있음을 나타내고 있다. 그 예로서 tobacco mosaic virus(TMV)가 집중된 건전한 담배 잎에서 phenylalanine으로부터 trans-cinnamic acid가 유도되고 benzoic acid, salicylic acid가 차례로 생성되어 이들이 병원체에 대한 저항성을 나타내는 물질인 것으로 추정하였다(Yalpani et al., 1993).

본 실험의 결과 소나무류 침엽의 free phenolic

compound 가운데 benzoic acid의 함량이 전반적으로 높게 나타났으며 salicylic acid를 제외하고는 솔잎혹파리에 대한 감수성 혹은 저항성수종과의 특이한 상관성을 보이지 않았다. Yalpani 등(1993)의 연구 결과와 관련지어 생각 할 때 salicylic acid의 전구물질로서 benzoic acid의 역할이나 내충성의 발현을 위한 농도범위 등에 관해서는 보다 상세한 검토가 요구된다.

한편, soluble phenol화합물중의 phenolic acid는 침엽의 세포질내에서 주로 당류와 같은 물질과 ester 결합을 하고 있는 것으로 생각되며 일반적으로 가수분해하지 않고는 저극성 유기용매에는 추출되기 어려운 물질로서 내충성 등 생리활성에 관해서는 충분히 알려져 있지 않고 있다. 솔잎으로 부터 얻어진 soluble phenolic compound중의 phenolic acid의 분석 결과를 Table 3에 나타내었다. Soluble phenolic compound중의 benzoic acid와 salicylic acid의 함량

Table 3. The content of various phenolic acids in the soluble phenolic compound in pine needles

Components	species	P. densiflora	P.thubergii.	P. virginiana	P. rigida	P.koiensis.
	month					
Benzoic acid	3	42.4	57.6	47.6	32.2	41.2
	6	47.1	57.0	35.0	27.6	50.0
	9	26.3	21.6	22.5	20.0	20.6
	12	8.5	13.0	16.0	15.2	16.0
Salicylic acid	3	15.0	21.5	39.0	35.2	27.6
	6	12.6	18.0	25.0	26.7	22.4
	9	*T	*T	10.7	25.4	*T
	12	2.5	10.3	15.6	12.0	11.2
P-hydroxy benzoic acid	3	*T	*T	*T	*T	*T
	6	20.3	18.0	33.1	32.5	21.0
	9	10.8	*T	26.0	15.6	28.9
	12	6.8	11.0	18.4	3.6	14.8
Gallic acid	3	*T	*T	*T	13.2	*T
	6	*T	*T	*T	*T	*T
	9	*T	15.0	*T	*T	*T
	12	2.0	9.9	13.9	12.8	11.2
Ferulic acid	3	*T	*T	10.9	*T	*T
	6	14.6	8.5	6.3	6.8	14.7
	9	*T	16.6	*T	*T	*T
	12	20.3	12.6	10.5	10.5	15.0
Total phenolics (%)	3	1.2	1.3	1.0	1.2	0.8
	6	1.3	0.7	0.5	0.8	0.7
	9	0.7	1.4	0.5	0.7	1.1
	12	0.8	1.4	1.2	0.6	0.7

(unit : ppm based on oven dried pine needles), *T: trace(below 1.0ppm)

이 3월의 침엽에 있어서 free phenol compound의 경우보다 대부분의 수종에서 높게 나타났다. 이는 이들 화합물이 이시기에는 유리된 상태보다는 대사과정중의 배당체의 형태로 존재한다는 것을 시사하고 있다. 또 soluble phenolic compound 중의 salicylic acid와 *p*-hydroxybenzoic acid가 저항성 수종에서 보다 높은 농도를 보이고 있는데 이들의 솔잎혹파리에 대한 저항성의 유무여부는 보다 상세한 검토가 요구된다.

3.2 교잡종의 침엽내 Salicylic Acid 농도 및 총영양형성율

솔잎혹파리 저항성 수종인 버지니아소나무에 해송과 소나무를 인공교잡한 개체의 침엽을 채취하여 분석한 결과를 Table 4, 5와 Fig. 1에 나타내었다.

버지니아소나무와의 인공교잡종의 총영양형성율은 소나무와 해송의 총영양형성율보다는 전반적으로 낮게 나타났다. 소나무×버지니아소나무의 5, 6번 개체의 salicylic acid 함량은 각각 13.7ppm, 10.4ppm이며 총영양형성율도 각각 16.05%, 13.65%로서 salicylic acid 농도의 증가에 따라 총영양형성율이 감소되었다. 그리고 해송×버지니아소나무의 4, 5번 개체의 salicylic acid 함량이 각각 33.8ppm, 24.7ppm이며, 총영양형성율도 각각 2.28%, 11.50%로서 salicylic acid의 농도에 상응하는 경향을 보였다. 이는 인공교잡의 결과, 버지니아소나무의 저항성 유전인자의 도입이 침엽내 salicylic acid의 농도를 높게 함으로서 교잡종 개체간의 총영양형성율의 변화에 영향을 준 것으로 생각된다. 한편 교잡종에 있어서 salicylic acid의 농도가 순수종의 그것에 비해 낮은 것은 수령 및 침엽의 채취시기가 다른데 원인이 있

는 것으로 생각된다.

또, 해송×버지니아소나무 인공교잡종의 경우에도 비슷한 경향을 보이고 있는데 3번과 6번 개체에 있어서 총영양형성율은 각각 25.3%와 28.6%로 비슷하지만 salicylic acid 농도는 6번 개체가 3번 개체보다 10배정도 많이 나타나고 있다. 교잡종에 있어서 이러한 결과는 유전적 요인 이외에도 외부적 요인 등의 원인 때문이라고 생각된다.

그러나 이상의 결과를 종합하면 교잡종의 경우 침엽내 salicylic acid의 농도와 총영양형성율과는 분명한 상관관계가 있음을 알 수 있다.

3.3 Salicylic Acid용액의 관수에 의한 솔잎혹파리 감수성 수종의 총영양형성율 변화

White(1979)에 의하면 담배잎에 benzoic acid, salicylic acid, acetylsalicylic acid(Aspirin)를 주사함으로써 tobacco mosaic virus(TMV)에 대한 저항

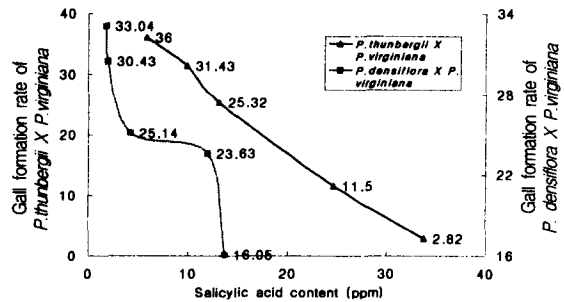


Fig. 1. The rate of gall formation and salicylic acid content in needles of *P. thunbergii*×*P. virginiana* and *P. densiflora*×*P. virginiana*

Table 4. The rate of gall formation and content of salicylic acid in needle of *Pinus densiflora*×*Pinus virginiana*.

Sample No.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Salicylic acid (ppm)	1.8	2.0	4.2	12.0	13.7	10.4	6.0	7.0	5.5	7.2	13.9
Gall formation (%)	33.0	30.4	25.1	23.6	16.0	13.6	20.7	46.6	47.0	63.5	22.6

Table 5. The rate of gall formation and content of salicylic acid in needle of *Pinus thunbergii*×*Pinus virginiana*.

Sample No.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Salicylic acid (ppm)	5.9	9.9	13.1	24.7	33.8	1.6	6.3	5.7	4.7	3.5
Gall formation (%)	36.0	31.4	25.3	11.5	2.8	28.6	25.7	26.9	23.9	27.6

성 인자가 도입되며 pathogen-related protein 즉, 식물효소류가 담배체내에 축적된다고 하였다. 그 후 많은 연구들이 저항성 인자의 중간 signal로서 salicylic acid를 제안하였다(Yalpani et al., 1991; Leon et al., 1993). 그러나 salicylic acid를 조직중에 직접 주입하거나 옆면 분무한 경우는 있지만 관수에 의한 연구는 예가 없다.

솔잎혹파리 감수성 수종으로서 화분에 식재된 소나무와 해송을 솔잎혹파리에 노출시킨 상태로 salicylic acid 수용액을 10회 관수하고 그 침엽중의 salicylic acid 농도와 충영형성율의 관계를 조사하여 Fig. 2와 3에 나타내었다.

Salicylic acid 수용액을 관수한 침엽의 salicylic

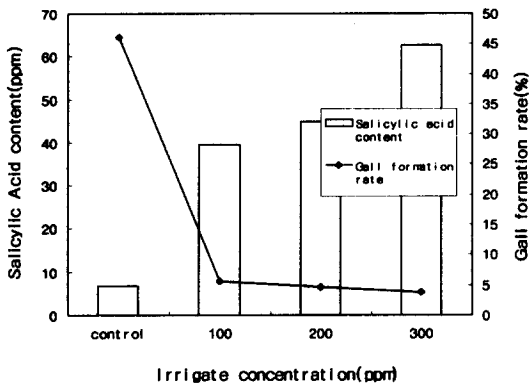


Fig. 2. Pine gall formation rate and salicylic acid content in *Pinus densiflora* watered with salicylic acid solution

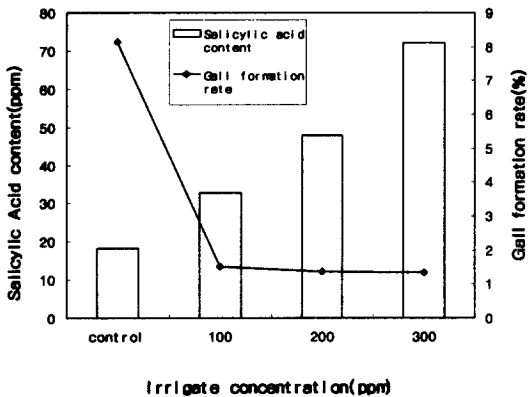


Fig. 3. Pine gall formation rate and salicylic acid content in *Pinus thunbergii* watered with salicylic acid solution

acid의 농도가 관수하지 않은 대조구보다 높은 결과를 보이며 전반적으로 관수농도의 증가에 따라 salicylic acid의 농도가 증가하였다. 그리고 10회 관수한 후각 개체의 충영형성율을 조사한 결과, salicylic acid 수용액 100ppm을 관수한 후 충영형성율이 소나무와 해송의 대조구보다 각각 40.4%, 6.6% 정도 감소되었다.

그러나 관수농도의 증가에 따른 침엽내의 salicylic acid 농도의 증가와 충영형성율의 감소는 직선적인 관계로 유도되지는 않았다. 이것은 소나무류 침엽내 salicylic acid의 농도가 충영형성억제에 대해 직접적인 영향을 준다고 하더라도 충영형성을 위한 한계농도가 존재하기 때문이라고 생각한다.

그리고 솔잎혹파리 저항성 수종인 버지니아소나무, 잣나무, 리기다소나무에서 free phenolic compound 중의 salicylic acid 함량이 각각 53ppm, 37ppm, 35ppm인점에 미루어 볼 때 감수성 수종인 소나무와 해송에 200ppm의 salicylic acid 수용액을 10회 관수한 결과, salicylic acid함량이 각각 44.9ppm, 47.9ppm으로 증가하였으나 저항성 수종에서와 같은 정도로 충영형성을 억제하는 효과를 보이지 않는 것은 솔잎혹파리에 대한 저항성 수종의 저항성 인자로서 salicylic acid 이외의 다른 인자도 관여하고 있을 것으로 생각되며 이들의 복합적 작용 및 salicylic acid의 소나무류 체내에서의 솔잎혹파리 저항성에 관련된 생리에 기초한 salicylic acid의 간접적 영향이 추측된다.

4. 결 론

솔잎혹파리에 대한 저항성 수종인 버지니아소나무, 리기다소나무, 잣나무와 감수성 수종인 소나무와 해송의 침엽내 phenolic acid의 계절적 변화를 조사하고 phenolic acid중 salicylic acid가 솔잎혹파리에 대한 저항성물질임을 입증하기 위하여 솔잎혹파리 저항성 수종과 감수성 수종의 교잡종 및 감수성 수종에 salicylic acid 수용액을 관수한 개체로부터 salicylic acid의 함량 변화와 솔잎혹파리 충영형성율과의 상관관계를 조사하였다.

1. 솔잎 中の free phenolic acid의 수율은 수종별·계절별 특이점이 없었으며 benzoic acid, salicylic acid, *p*-hydroxybenzoic acid는 6월 중에 농도가 가장 높고 그 후 감소하였으며 gallic acid는 12월 중에 가장 높은 농도를 나타

- 내었다.
2. 솔잎혹파리에 대한 저항성 수종의 침엽내 salicylic acid의 농도는 감수성 수종보다 높고 특히 솔잎혹파리의 산란기인 6월에 가장 높은 농도를 나타내고 있다.
 3. 교잡종인 경우는 개체에 따라 차이가 있지만 대체적으로는 솔잎내 salicylic acid 농도가 높을수록 솔잎혹파리 충영형성율이 낮은 상관관계를 보인다.
 4. Salicylic acid 수용액의 관수에 의해 솔잎내 salicylic acid 농도가 증가하였으며 충영형성율도 감소하였다.

참고 문헌

1. Hanover J. W. 1975. Physiology of tree resistance to insects. *Ann. Review. Entomol.* 20: 75-95
2. Ishikura, N. 1976. Seasonal changes in contents of phenolic compounds and sugar in *Rhus euonymus* and *Acer leaces* with special reference. *Bot. Mag. Tokyo*, 89: 251-257
3. Krzysztof K., S. Frank and H. Lawrence. 1982. Free, esterified and insoluble bound phenolic acid. *J. Food Chem.*, 30: 330-334, 334-336, 337-340
4. León J., N. Yalpani, I. Raskin and M. A. Lawton. 1993. Induction of Benzoic Acid, 2-Hydroxylase in virus-Inoculated Tobacco, *Plant Physiology*. 103: 323-328
5. Salomonsson A. C., O. Theander and P. Åman. 1978. Quantitative determination by GLC of phenolic acids as ethyl derivatives in cereal straws. *J. Agric. Food Chem.*, 26: No. 4, 830-835
6. Smith R. H., K. Krzysztof, S. Frank and H. Lawrence. 1982. Free, esterified and insoluble bound phenolic acid. *J. Food Chem.*, 30: 330-334, 334-336, 337-340
7. Swain T., J.B. Harborne and C. F. Van Sumere. 1979. Biochemistry of plant phenolics, Recent advances in phytochemistry v 12, Plenum press : 392-420
8. White R. F. 1979. Aetylsalicylic Acid (Aspirin) induces Resistance to Tobacco Mosaic Virus in Tobacco. *Virology*, 99: 410-412
9. Yalpani N., P. Silverman, M. A. Lawton, A. K. Daniel, I. Raskin, K. Krzysztof, S. Frank and H. Lawrence. 1991. Salicylic Acid Is a Systemic Signal and an Inducer of Pathogenesis-Related Proteins in Virus-Infected Tobacco. *The Plant Cell*. 3: 809-818
10. Yalpani N., J. León, M.A. Lawton and I. Raskin. 1993. Pathway of Salicylic Acid Biosynthesis in Healthy and Virus inoculated Tobacco. *Plant Physiology*, 103: 315-321
11. 金奎植, 洪性昊, 李錫求. 1987. 소나무류 13樹種의 솔잎혹파리 耐蟲性 檢定과 솔잎혹파리 Race에 關한 研究 임목육종연구보고. 23: 34-37
12. 山林廳 林業試驗場. 1986, 솔잎혹파리 研究白書: 305-312
13. 孫斗植, 嚴泰振, 徐在德, 李相錄. 1996. 소나무류 침엽내에 함유된 phenolic compound중 솔잎혹파리의 저항성물질조사. 한국임학회지, 85(3): 372-380
14. 李敦求, 洪性昊, 金奎植. 1981. 소나무, 海松의 솔잎혹파리 耐蟲性木 및 非耐蟲性木과 抵抗性인 리기다소나무葉에 對한 揮發物質 變化. 임목육종연구보고. 17: 24-31
15. 李敦求, 成周翰. 1984. 솔잎혹파리 侵害에 따른 感受性樹種인 소나무와 抵抗性樹種인 리기다소나무에 있어서 光合成 및 葉의 色素變異에 關한 研究. 한국임학회지, 65: 1-11
16. 李敦求. 1970. 소나무(*Pinus densiflora*)와 리기다소나무(*Pinus rigida*)에 대한 솔잎혹파리 가해현상의 생리학적 비교연구, 임목육종연구보고, 6: 33-47
17. 임업연구원. 1995. 솔잎혹파리 논문집 II. 생물적, 화학적, 임업적 방제, 연구자료 제 104호
18. 韓相億. 1980. 소나무, 해송, 리기다소나무에 있어서 건전엽과 솔잎혹파리의 피해엽의 생화학적 물질 비교, 강원대학교 대학원논문