

소나무類 針葉內의 salicylic acid에 의한 솔잎혹파리의 防除效果*¹

孫斗植² · 嚴泰振² · 崔章五³ · 張若明²

Effects of Controlling the Pine Needle Gall Midges by Salicylic Acid Content in Needles of Some *Pinus* spp.*¹

Doo-Sik Son², Tae-Jin Eom², Chang-Ok Choi³ and Ruo Ming Zhang²

要 約

소나무, 해송의 솔잎혹파리 蟲癭形成率은 35~40%이나 버지니아소나무, 리기다소나무에는 産卵은 하나 蟲癭이 形成되지 않으므로 針葉內에 솔잎혹파리에 대한 抵抗性物質이 存在함을 알 수 있었다. 솔잎혹파리의 感受性 樹種인 소나무, 해송의 針葉內 free phenol상태의 salicylic acid는 少量 含有되어 있으나 耐蟲性 소나무인 버지니아소나무, 리기다소나무에는 37~50ppm이 含有되어 있어 salicylic acid는 솔잎혹파리에 대한 抵抗性物質로 推定된다.

솔잎혹파리에 感受性 樹種인 소나무와 해송에 salicylic acid의 溶液을 灌水 혹은 粉末을 뿌리에 주어 針葉內 salicylic acid의 含量을 높여 증으로써 無處理區에 비하여 蟲癭形成率을 17~19倍로 減少시킬 수 있었다.

Salicylic acid에 의한 솔잎혹파리의 防除는 幼蟲이 알에서 孵化하기 前에 處理하는 것이 效果의이며, 해송과 버지니아소나무 交雜種의 蟲癭形成率은 兩親樹種의 中間數值인 24%이나 交雜種中 選拔한 個體에 따라 2.8%, 11.5%의 蟲癭形成率을 나타내므로 針葉內 salicylic acid의 含量에 의해서 솔잎혹파리에 대한 耐蟲性 個體를 選拔할 수 있을 것으로 기대된다.

ABSTRACT

The frequency of gall formation by pine needle gall midges ranged from 35% to 40% in both *P. densiflora* and *P. thunbergii* species. However, there was no indication of gall development from larva on both *P. virginiana* and *P. rigida* species suggesting that some specific compounds might play role in preventing gall formation of larva. The susceptible species to pine needle gall midges including *P. densiflora* and *P. thunbergii* contained a little salicylic acid under the free phenolic compound conditions while the resistant species against such insects including *P. virginiana* and *P. rigida* species contained about 37ppm to 50ppm of salicylic acid. Thus, this compound might have important roles in insect resistance.

The contents of internal salicylic acid in the needles of susceptible pines increased from 9.5ppm to 20.6ppm after direct external irrigation of salicylic acid solution and flour treatment on roots. As a result, the frequency of gall formation decreased dramatically 17~19 times lower when compared with that of control.

According to our results, the application of salicylic acid for effective prevention against insect damages should be performed before hatching eggs. The frequency of gall formation in the hybrid pines of *P. thunbergii*(susceptible) and *P. virginiana*(resistant) showed approximately 24% as average value

¹ 接受 1998年 9月 4日 Received on September 4, 1998.

² 경북대학교 농과대학 College of Agriculture, Kyungpook National Univ. Taegu 702-701, Korea

³ 경북산림환경연구소 Kyungpook Forest Envir. Institute, Kyungju, Korea

* 本 研究는 韓國學術振興財團支援 研究費로 이루어진 것임.

of those in both species. In the case of specific individuals, it ranged from 2.8% to 11.5% in hybrids of both species. Therefore, effective production of insect resistant pines can be obtained through hybrids by crossing between susceptible and resistant species including *P. thunbergii* and *P. virginiana* by increasing internal salicylic acid contents of the needles.

Key word : Salicylic acid, resistant substance, pine needle gall midge, necrosis rate, gall formation rate

緒 論

우리 나라 全域에 慢延되어 있는 솔잎혹파리는 소나무, 해송 구주적송, 레지노사소나무, 라디아 타소나무 등에 加害를 하나 리기다소나무, 버지니아소나무, 테다소나무 그리고 에키나타소나무 등은 非感受性 樹種이다(Sone, 1987).

솔잎혹파리에 非感受性樹種인 리기다소나무, 버지니아소나무, 잣나무의 針葉內 salicylic acid의 농도는 37~50ppm이고 感受性樹種인 소나무, 해송에는 少量 含有하고 特히 植物體內에서 salicylic acid는 季節的으로 變化를 하며 솔잎혹파리 卵의 孵化期인 5~6월에 salicylic acid의 濃도가 증가하고 겨울에는 감소한다(Son *et al.*, 1996; Eom *et al.*, 1998).

소나무와 해송에서 솔잎혹파리의 被害葉은 健全葉에 비하여 salicylic acid의 濃도가 倍로 증가하였고 솔잎혹파리는 非感受性 樹種인 리기다소나무, 버지니아소나무에도 産卵은 하나 蟲癭이 形成되지 않았으므로 針葉內에 솔잎혹파리에 대한 抵抗力 物質이 存在함을 알 수 있었다(Son *et al.*, 1996).

Salicylic acid의 페놀酸은 벤젠核에 페놀性 水酸基와 카르복실基가 結合되어 대개는 毒性이 있는 物質로서 植物體가 病原菌에 의해 侵害를 받았을 때 自己防禦를 위해 salicylic acid가 植物體內에서 合成되어 다른 部位組織으로 移動하여 病原菌에 대한 抵抗力이 생기게 된다고 한다.

담배에서 모자이크 virus 病原菌을 接種한 경우 salicylic acid의 濃도가 증가하고 植物의 全部位에 확산되어 담배모자이크 바이러스에 抵抗力이 생기게 된다(Yalpani *et al.*, 1991, 1993; Ward *et al.*, 1991).

오이에서도 *Tobacco necrosis virus*의 病原菌을 子葉에 接種한 3日後에 抵抗力物質인 salicylic acid의 濃도가 接種하지 않은 植物에 비하여 9~160배나 증가하였다(Mölders *et al.*, 1996).

또한 오이에 細菌性 잎마름병(*Pseudomonas syringae pathovar syringae*)의 病原菌을 子葉에 接種한 후 8시간만에 抵抗力物質인 salicylic acid가 추출되었고 두 번째 잎에서는 12시간 후에 salicylic acid가 추출되었으며 salicylic acid는 接種한 部位에서 合成되어 植物의 各部位로 移動 혹은 前驅物質에서 轉換되어 植物全體에 抵抗力이 誘導된다고 한다(Rasmussen *et al.*, 1991).

담배에서 salicylic acid는 transcinamic acid에서 benzoic acid를 經유하여 生成되며 benzoic acid의 濃도가 증가됨에 따라 salicylic acid의 농도가 증가되므로 salicylic acid의 前驅物質로 추정되고 있다(Yalpani *et al.*, 1993).

오이에서도 salicylic acid는 benzoic acid에서 轉換되고 *Tobacco necrosis virus*를 接種한 조직에서 72시간 후에 salicylic acid가 가장 많이 추출되었다고 한다.(Meuwly *et al.*, 1995; Shulaev *et al.*, 1995)

오이와 담배에 接種된 病原菌의 자극에 의해서 抵抗力物質인 salicylic acid가 合成되어 篩部를 통하여 다른 組織으로 移動한다는 것을 接種한 葉柄의 篩部에서 salicylic acid를 檢出하였고 接木苗에서도 이것을 확인하였다(Vermooij *et al.*, 1994; Rasmussen *et al.*, 1991).

감자에서도 接種한 감자 疫病菌(*Phytophthora infestans*)에 의해 抵抗力物質인 salicylic acid가 合成된다고 報告하였다(Yu *et al.*, 1997; Coquoz *et al.*, 1998).

콩에서 細菌性 斑點病(*Pseudomonas syringae pv. glycinea*)의 病原菌을 接種한 것과 하지 않은 것은 salicylic acid의 濃도에 따라 免疫性에 差異가 있었다. 接種하지 않은 상태에서 salicylic acid의 濃도 0.5~5mM에서는 後天免疫(acquired resistance)이 생겼고 病原菌을 接種한 部位에서는 70μM의 濃도에서도 後天免疫이 發揮되어 防除할 수 있었다(Shirasu *et al.*, 1997).

以上과 같이 植物體가 病原菌의 侵害를 받았을

때 植物體는 自己防禦를 위해 抵抗性物質인 salicylic acid를 合成하여 免疫이 생기게 된다는 것은 많은 分野에서 立證되고 있으나 害蟲에 대한 抵抗性物質의 報告는 거의 없다. 그러므로 솔잎혹파리에 대한 感受性 樹種과 非感受性 樹種의 針葉內의 salicylic acid의 含量에 따른 솔잎혹파리의 蟲癭形成率, salicylic acid의 濃度別 灌水에 의한 幼蟲의 斃死率, 針葉內의 吸收量 등을 調査하여 salicylic acid에 의한 솔잎혹파리의 防除效果를 究明코져 하였다.

현재 솔잎혹파리의 防除農藥인 포스팜(다이메크론)과 다수진(다이아톤)의 유제는 猛毒性이고 輸入農藥이다. 그러나 salicylic acid는 아스피린의 原料로 사용되므로 사람에게 被害가 적을 것으로 推測되며 小量으로 솔잎혹파리를 防除할 수 있어 經濟的이라고 생각된다.

材料 및 方法

1. 供試樹種

솔잎혹파리에 感受性이 높은 소나무(*Pinus densiflora*), 해송(*Pinus thunbergii*)과 非感受性 樹種인 버지니아소나무(*Pinus virginiana*)와 人工交配한 소나무×해송, 해송×버지니아소나무의 蟲癭形成率, 針葉內의 salicylic acid의 含量, 幼蟲의 斃死率을 調査하였다.

2. 試驗方法

가. 樹種別 솔잎혹파리의 蟲癭形成率

1m간격으로 植栽된 7年生의 供試木 앞 5m거리에서 폭 1m, 길이 5m, 깊이 10cm로 파고 밑에 망사를 깔고 그 위에 소나무 톱밥을 1cm정도로 펴고 11월에 蟲癭이 형성된 針葉을 채취하여 3cm두께로 깔고 1.5m높이에서 검은 차광망(75% 차광)을 덮고 越冬한 후 5월 중순~6월 중순(경주) 사이에 羽化한 성충이 자연방사되도록 하였다. 蟲癭形成率은 9월 하순에 新梢의 全体 針葉중 蟲癭形成葉과의 比로 계산하였다.

나. Salicylic acid의 濃度別 솔잎혹파리 幼蟲의 斃死率

샤레(직경 12cm)에 吸水紙 2장을 깔고 蟲癭이 形成된 針葉을 놓고 salicylic acid의 濃度 50, 100, 200, 300, 500ppm과 蒸溜수를 針葉이 충분히 젖도록 每日 噴霧하고 處理後 5日, 10日, 15

日 間隔으로 斃死率을 9월에 調査하였다. 各 處理別 幼蟲을 100마리씩 調査하였고, 幼蟲의 生死에 대한 識別은 해부현미경(배율 100×)하에서 幼蟲의 表皮가 탄력성이 없고 색깔이 투명하지 못하며 길게 축 늘어져 움직이지 않는 幼蟲은 죽은 것으로 간주하였다.

다. Salicylic acid의 濃度別 灌水效果

소나무, 해송을 直徑 30cm, 높이 30cm의 盆에 各各 1本씩 植栽(7年生)하여 salicylic acid의 濃度를 100, 200, 300ppm으로 稀釋한 溶液과 salicylic acid의 粉末을 뿌리에 주고 솔잎혹파리의 卵이 孵化하기 전 5月 6일부터 盆當 1ℓ씩 3日 間隔으로 5回 灌水하고 粉末은 盆當 2g을 뿌리에 주고 물 1ℓ를 灌水하였으며 蟲癭形成率은 7월에 調査하였다. 또한 蟲癭이 形成된 7月 29일부터 위와 같은 方法으로 灌水하고 蟲癭形成率은 9월에 調査하였다. Salicylic acid에 의한 防除時期를 決定하기 위해 위와 같이 蟲癭이 形成되기 前과 形成된 後로 나누어 灌水하고 針葉內 salicylic acid의 含量을 調査하기 위해 마지막 灌水 3日후에 針葉을 채취하여 free phenol상태의 salicylic acid를 分析하였다.

라. Salicylic acid의 灌水에 따른 針葉內의 濃度變化

솔잎혹파리에 感受性樹種인 해송에 300ppm의 salicylic acid를 盆當 500ml씩 5月 15일부터 3日 間隔으로 3回 灌水하고 針葉內에 吸收된 salicylic acid의 含量을 調査하기 위해 첫 灌水日로부터 2日 間隔으로 1, 3, 5, 7, 9, 11, 14日째와 對照區로 灌水前에 各各 試料를 採取하여 針葉內의 salicylic acid의 含量變化를 調査하였다.

마. Salicylic acid의 定量分析

생엽상태의 침엽을 n-hexane으로 탈지한 후 건조하여 탈지침엽 약 10g을 질소기류하의 암소에서 methanol/acetone/water(7:7:6, v/v/v)의 혼합용매 200ml를 3시간 교반하여 3회 추출하였다. 추출액을 감압농축하여 용매를 제거하고 수층을 1N 농도의 Hcl을 가하여 pH 3으로 조절한 후 ethylacetate/diethylether(1:1, v/v)로 phenolic acid를 추출하였다. 乾固된 시료를 pyridine에 용해시킨 후 N, o-bis(triethylsilyl) trifluoroacetamide를 가하여 70℃에서 2분간 TMS 시킨 후

GC분석하였다. 내부 표준물은 *p*-chlorobenzoic acid를 사용하였으며 표준시약 phenolic acid와 내부 표준물의 상대면적비에 의해 정량하였으며 GC분석 조건은 다음과 같다.

Instrument ; Shimazu GC-14A
 Column ; WCOT capillary column ϕ 0.22mm \times 25m, silica gel, P10
 Detector ; FID
 Carrier gas ; N₂(1.5kg/cm²)
 Fuel gas ; H₂(0.5kg/cm²), air(0.5kg/cm²)
 Injector temperature ; 280℃
 Detector temperature ; 280℃
 Column temperature ; initial temperature 110℃, final temperature 290℃
 program rate 4℃/min

結果 및 考察

1. 樹種別 솔잎혹파리의 蟲癭形成率

供試樹種의 1年生 針葉의 蟲癭形成率은 Table 1과 같이 소나무 40%, 해송은 35%이며 버지니아소나무에는 産卵은 하나 蟲癭은 形成되지 않으며 針葉의 基部에 侵入한 痕跡이 있었다.

그러므로 솔잎혹파리의 耐蟲性 소나무인 버지니아소나무의 針葉에는 솔잎혹파리에 대한 抵抗性物質이 存在한다는 것을 推測할 수 있다.

交雜種인 소나무 \times 해송은 蟲癭形成率이 31.2%이며 해송 \times 버지니아소나무는 蟲癭形成率이 24%로서 兩親樹種의 中間數值를 나타내고 嚴 등에 의하면 交雜種(해송 \times 버지니아소나무)의 個體에 따라 蟲癭形成率이 2.8%, 11.5%나 되는 個體도 있어 이들 個體의 針葉內 salicylic acid는 상당

히 높았다(Eom *et al.*, 1998).

樹種別 針葉當 幼蟲의 數는 6~8마리로서 큰 差異는 없었다.

솔잎혹파리의 幼蟲이 알에서 孵化하는 5~6월에 버지니아소나무 針葉內의 salicylic acid의 含量은 50ppm, 그리고 리기다소나무에는 35ppm인데 반하여 소나무와 해송에는 10ppm의 痕跡만이 나타나고 있었다(Son *et. al.*, 1996, Eom *et. al.*, 1998).

2. Salicylic acid의 濃度別 솔잎혹파리 幼蟲의 斃死率

蟲癭이 形成된 해송의 針葉에 salicylic acid를 濃度別로 噴霧하고 蟲癭內에 幼蟲의 斃死率은 Table 2와 같이 50ppm의 低濃度에서도 幼蟲은 壞死하였고 處理 15日後 幼蟲의 斃死率은 50ppm에서는 54.5%, 100ppm에서는 60.6%, 200ppm에서는 82.6% 그리고 500ppm에서는 100%로서, 낮은 濃度에서도 솔잎혹파리는 壞死하였고 濃度가 증가할수록 幼蟲의 斃死率은 증가하였다.

9월의 幼蟲은 2令期 이상의 幼蟲이므로 1令期の 幼蟲은 낮은 濃度處理에서도 斃死될 것으로 추측된다.

3. Salicylic acid의 濃度別 灌水效果

Salicylic acid는 물에 잘 녹지 않으므로 吸收를 쉽게 하기 위해서 salicylic acid를 100, 200, 300ppm으로 稀釋한 것과 粉末을 직접 뿌리에 주고 물 1l를 灌水하였다.

솔잎혹파리의 幼蟲이 알에서 孵化되기前인 5月上旬에 灌水한 것과 蟲癭이 形成된 8月上旬에 灌水한 結果 5월에 灌水한 것은 소나무의 無處理區에서는 蟲癭形成率이 31.5%인데 반하여 100ppm

Table 1. Gall formation rate by pine gall midges

Species	Number of investigated needles	Number of gall formation needles	Percentage of gall formation(%)	Number of larva per pine needle
<i>P. densiflora</i>	4,756	1,903	40.0	6.34
<i>P. thunbergii</i>	1,265	441	34.8	7.57
<i>P. densiflora</i> \times <i>P. thunbergii</i>	1,952	609	31.2	7.65
<i>P. thunbergii</i> \times <i>P. virginiana</i>	1,758	422	24.0	8.09
<i>P. virginiana</i>	518	(85)	(16.4)	0

* () : wounded needles by larva encroachment

Table 2. Mortality of larva in gall-formed needles according to spray treatment of different concentration of salicylic acid

Treated concentration of salicylic acid(ppm)	Mortality of larva after treatment(%)		
	5 days	10 days	15 days
50	15.9	41.7	54.5
100	42.8	66.7	60.6
200	48.8	76.0	82.6
300	52.9	79.4	93.3
500	61.8	86.7	100.0
Control	3.8	14.8	9.2

Table 3. Gall formation rate by pine gall midges and absorbed contents of salicylic acid in the needles according to different concentration of salicylic acid(treatment : 6. May. 1998)

Treatment	<i>P. densiflora</i>				<i>P. thunbergii</i>				
	No. of sound needles	No. of gall formation needles	Percentage of gall formation (%)	Absorbed contents of salicylic acid in needles (ppm)	No. of the sound needles	No. of gall formation needles	Percentage of gall formation (%)	Absorbed contents of salicylic acid in the needles (ppm)	
Concentration of salicylic acid (ppm)	100	1,144	64	5.30	18.6	1,634	25	1.52	20.6
	200	973	45	4.40	25.2	1,466	20	1.36	22.9
	300	1,145	43	3.62	50.4	1,801	24	1.33	50.8
Flour treatment (2g)	752	27	3.47	30.2	1,817	27	1.46	39.0	
Control	1,180	543	31.51	8.0	1,774	157	8.13	9.5	

을 灌水한 것은 5.3%, 粉末을 준 것은 3.5%이고 해송에서는 無處理區에서는 蟲癭形成率이 8.1%인데 반하여 100ppm에서는 1.52%, 粉末處理區에서도 1.46%이다.

Salicylic acid를 溶解하여 灌水한 것과 粉末을 준 것의 效果는 같게 나타났다.

5월에 salicylic acid의 濃度別 灌水에서 蟲癭形成率에 差異는 없으나 濃度가 높을수록 吸收된 含量은 증가하였다.

소나무와 해송의 針葉內 吸收된 含量에는 약간의 差異가 있으며 蟲癭形成率도 差異가 있었다. 소나무의 경우 100ppm을 灌水한 것은 針葉內에 吸收된 量은 18.6ppm, 300ppm을 灌水한 것은 50.4ppm, 粉末을 준 것은 30.2ppm이었고 해송에서는 100ppm을 灌水한 것은 20.6ppm인데 반하여 300ppm을 灌水한 것은 50.8ppm, 粉末을 준 것은 39.0ppm이었다.

솔잎혹파리의 幼蟲이 알에서 孵化하여 蟲癭이 形成된 8月 上旬에 salicylic acid를 灌水한 것은 Table 4와 같이 이미 蟲癭이 形成된 이후이므로 蟲癭形成率에는 差異가 없으나 蟲癭內의 幼蟲의 數가 對照區에 비하여 적고 蟲癭葉中에 幼蟲이

斃死한 針葉의 數가 無處理區에 비하여 많았다. 이와 같이 針葉內 salicylic acid의 低濃度에서는 2令期 以上の 幼蟲을 斃死시키는 能力이 부족한 것으로 생각된다. 그러므로 솔잎혹파리의 幼蟲이 알에서 孵化하기 前에 salicylic acid를 灌水 혹은 粉末을 주는 것이 솔잎혹파리의 防除에 效果的임을 알 수 있다.

4. Salicylic acid의 灌水에 따른 針葉內 濃度 變化

Salicylic acid를 灌水하여 針葉內 吸收된 濃度 變化를 調査하기 위해 salicylic acid 300ppm을 3回 灌水하고 첫 灌水日로부터 2日 間隔으로 針葉을 채취하여 salicylic acid의 變化를 調査한 結果 Table 5와 같이 灌水 1日 後에 salicylic acid는 針葉에 吸收되어 對照區인 無處理區보다 salicylic acid의 含量은 倍로 증가하였고 灌水後 3日째는 1日째보다 倍로 증가하였고 5日째에 최고치에 도달하였다가 차차 감소하였다.

그러므로 salicylic acid에 의한 防除時期는 솔잎혹파리의 産卵期부터 蟲癭이 形成되기 前까지 灌水 혹은 樹幹注射하는 것이 效果的일 것으로

Table 4. Mortality of larva and absorbed contents of salicylic acid in the needles according to different concentration (treatment : 29. July. 1997)

Species	Treated concentration (ppm)	No. of the sound needles	No. of gall formation needles	Percentage of gall formation (%)	Numbers without larva in gall needles	Needle rate without larva in gall (%)	No. of larva per gall needle	Length of larva in gall needles (mm)	Absorbed contents of salicylic acid in the needles (ppm)
<i>P. densiflora</i>	100	936	157	14.4	17	10.8	3.12	1.456	39.6
	200	539	90	14.3	25	27.7	2.67	1.258	44.9
	300	692	122	14.9	28	22.9	2.87	1.425	62.7
	Control	844	194	18.7	4	2.1	4.56	1.514	6.6
<i>P. thunbergii</i>	100	798	346	20.2	99	28.6	4.94	1.530	32.8
	200	626	216	25.7	56	25.9	2.42	1.536	47.9
	300	500	153	23.4	42	27.5	3.60	1.440	127.1
	Control	1,046	504	32.5	84	16.7	6.58	1.520	18.1

Table 5. Content variation of absorbed salicylic acid in the needles of *Pinus thunbergii* according to days after treatment of 300ppm salicylic acid (Unit : ppm)

Days after treatment (day)	Replication			Mean
	1	2	3	
Control	13.4	4.2	15.2	10.9
1st	19.3	14.4	25.1	19.6
3rd	48.1	20.4	55.1	41.2
5th	41.4	26.4	69.0	45.6
7th	42.4	22.8	55.7	40.3
9th	38.2	23.4	50.7	37.4
11th	36.6	20.2	28.9	28.6
14th	25.5	16.9	21.6	21.3

생각된다.

結 論

솔잎혹파리에 感受性 樹種보다는 非感受性 樹種의 針葉內 salicylic acid의 含量이 높으므로 salicylic acid는 솔잎혹파리에 대한 抵抗性物質로 推定되었다.

소나무와 해송의 蟲癭形成率은 各各 40%, 35%이며 솔잎혹파리에 대한 耐蟲性인 버지니아 소나무에는 産卵은 하나 蟲癭은 形成되지 않았고 해송과 버지니아소나무의 交雜種은 蟲癭形成率이 24%이며 個體에 따라 2.8%, 11.5%인 個體도 있어 交雜種에서 솔잎혹파리의 耐蟲性 個體를 選拔할 수 있을 것으로 期待된다.

蟲癭이 形成된 잎에 salicylic acid 50~100ppm의 낮은 濃度에서 幼蟲의 斃死率은 55~60%이었고 salicylic acid를 물에 녹여 灌水한 것과 粉末을 뿌리에 준 것은 蟲癭이 形成된 뒤에 주는 것

보다 솔잎혹파리의 幼蟲이 알에서 孵化하기 前에 주는 것이 훨씬 效果的이었으며 灌水는 100ppm, 粉末은 2g 처리로 對照區에 비하여 솔잎혹파리의 蟲癭形成率이 17~19배나 減少하였다.

Salicylic acid를 灌水할 경우 하루만에 針葉內에 吸收되므로 알에서 孵化한 幼蟲이 葉基部에 침입하기前에 주는 것이 좋았다.

引用文獻

1. Coquoz, J.L., A. Buchala and T.P. Metraux. 1998. The biosynthesis of salicylic acid in potato plants. *Plant Physiol.* 117 : 109~1101
2. Eom, T.J., D.S. Son, S.W. Lee and J.D. Seo. 1998. Resistance to pine needle gall midge and phenolic acid content in pine needles. *Mokchae Konghak* 27(3) : 33~40
3. Meuwly, P., W. Mölders, A. Buchala and

- J.P. Metraux. 1995. Local and systemic biosynthesis of salicylic acid in infected cucumber plants. *Plant Physiol.* 109 : 1107~1114
4. Mölders, W.A. Buchala and J.P. Metraux. 1996. Transport of salicylic acid in *Tobacco necrosis* virus infected cucumber plants. *Plant Physiol.* 112 : 787~792
 5. Rasmusseu, J.B., R. Hammer schmidt and M.N. Zook. 1991. Systemic induction of salicylic acid accumulation in cucumber after inoculation with *Pseudomonas syringae* p. v. *syringae*. *Plant Physiol.* 97 : 1342~1347
 6. Shirasu, K., H. Nakajima, V.K. Rajasekhar, R.A. Dixon and C. Lamb. 1997. Salicylic acid potentiates an agonist dependent gain control that amplifies pathogen signals in the activation of defence mechanisms. *The Plant Cell.* Vol. 9 : 261~270
 7. Shulaev, V., J. Leon and I. Raskin. 1995. Is salicylic acid a translocated signal of systemic acquired resistance in Tobacco. *The Plant Cell.* Vol. 7 : 1691~1701
 8. Son, D.S., T.J. Eom, J.D. Seo and S.R. Lee. 1996. Potential resistance factors in Pine needles to Pine needle gall midge. *Jour. Korean For. Soc.* 85(2) : 244~250
 9. Son, D.S., T.J. Eom, J.D. Seo and S.R. Lee. 1996. A study on resistant substance to pine needle gall midge among phenolic compounds in pine needles. *Jour. Korean For. Soc.* 85(3) : 372~380
 10. Sone, K. 1987. Ecological studies on the pine needle gall midge. *Thecodiplosis japonensis* Uchida *et. Inouye*(Diptera ; Cecidomyiidae) III, Characteristic features of the infestation and to impacts on the growth of pine tree. *Bull. For. and For. Prod. Res. Inst. No.* 349 : 71~96
 11. Vernooij, B.L. Friedrich, A. Morse, R. Reist, K.J. Rachida, E. Ward, S. Uknes, H. Kessmann and J. Ryals. 1994. Salicylic acid is not the translocated signal responsible for inducing systemic acquired resistance but is required in signal transduction. *The Plant Cell.* Vol. 6 : 959~965
 12. Ward, E.R., S.J. Uknes, S.C. Williams, S.S. Dincher, D.L. Wiederhold, D.C. Alexander, A.G. Patricia, J.P. Metraux and J.A. Ryals. 1991. Coordinate gene activity in response to agents that induce systemic acquired resistance. *The Plant Cell.* Vol. 3 : 1085~1094
 13. Yalpani, N., P. Silverman, T.M.A. Wilson, D.A. Kleier and I. Raskin. 1991. Salicylic acid-related proteins in virus-infected Tobacco. *The Plant Cell.* Vol. 3 : 809~818.
 14. Yalpani, N., J. Leon, M.A. Lawton and I. Raskin. 1993. Pathway of salicylic acid biosynthesis in healthy and virus inoculated Tobacco. *Plant Physiol.* 103 : 315~321
 15. Yu, D., Y. Liu, B. Fan, D.F. Klessig and Z. Chen. 1997. Is the high basal level of salicylic acid important for disease resistance in potato?. *Plant Physiol.* 115 : 343~349