

우리나라 잣나무 털녹병균의 寄主選擇性과 病原性調查¹

李 昌 根² · 金 滋 中²

Studies on the Host Selectivity and Pathogenicity of White Pine Blister Rust Fungus (*Cronartium ribicola* J. C. Fischer ex Rabenhorst) in Korea¹

Chang Keun Yi² · Hyun Joong Kim²

要 約

우리나라 잣나무털녹병균의 冬孢子寄主는 송이풀類이나 人工接種을 通하여 까치밥나무類도 中間寄主임이 이미 밝혀져 있다. 그러나 最近에는 病原菌의 分布地域에 따라 寄主의 選擇과 病原性을 달리하는 새로운 生態型이 있는 것으로 推定되고 있어, 本試驗에서는 地域의 隔離된 江原道 平昌과 全北 南原地域産 털녹병균의 銹孢子를 까치밥나무類와 송이풀에 接種하였다. 그 結果 兩地域의 털녹병균은 共히 *Ribes montigenum* 과 송이풀에 夏孢子堆를 形成함으로써, 同一한 病原性을 나타냈다. 한편, 우리나라에 分布하는 잣나무 3種을 털녹病被害林地內에서 自然感染시킨 結果, 4年後의 發病率은 잣나무가 17.7%, 스트로브잣나무가 26.3%이었으나 섬잣나무는 전혀 發病되지 않았다. 따라서 우리나라의 털녹病균은 全國의 同一한 生態型으로, 잣나무와 스트로브잣나무를 銹孢子寄主로 하며, 송이풀類와 까치밥나무類를 冬孢子寄主로 하고 있다.

ABSTRACT

Pedicularis spp. are the alternate hosts of the white pine blister rust fungi in the forests of Korea, and *Ribes* spp. were found as other alternate hosts by artificial inoculation test. New biotypes (races) with different host selectivity and pathogenicity of the causal fungi were speculated at various places in Korea. The aeciospores of the fungi were collected from two isolated places, Pyeongchang and Namwoen, and artificially inoculated on *Pedicularis resupinata* and six species of the genus *Ribes*. Among the tested alternate host species, *P. resupinata* and *R. montigenum* were only susceptible to both the Pyeongchang population and the Namwoen population, showing similar pathogenicity between the two fungal populations. Three white pine species were planted in fungus-infested stands to study the susceptibility of each tree species. Four years later, 17.7% of *Pinus koraiensis* and 26.3% of the *P. strobus* were infected, but *P. parviflora* was free from attack. From the above results, it was concluded that the white pine blister rust fungus populations in Korea are of the same biotype, with *P. koraiensis* and *P. strobus* as aecial hosts, and *Pedicularis* spp. and *Ribes* spp. as telial hosts.

Key words: *Cronartium ribicola*; host selectivity; pathogenicity.

緒 論

잣나무털녹병균(*Cronartium ribicola* J. C. Fischer ex Rabenhorst)의 銹孢子(Aeciospore)寄主는 잣나무

¹ 接受 10月 29日 Received October 29, 1983.

² 林業試驗場 Forest Research Institute, Seoul, Korea.

類이며 까치밥나무類(*Ribes* sp.)가 夏孢子(Urediospore)와 冬孢子(Teliospore)寄主임은 이미 北美와 유럽에서 알려져 있다.^{4,5,9,13)}

우리나라에는 12種의 까치밥나무類가 分布하고 있으나^{2,6)} 自然狀態下에서는 現在까지 夏孢子 및 冬孢子的 形成은 發見된 바 없으며 다만 人工接種實驗을 통하여 夏孢子堆가 觀察되었을 뿐이다. 1970年 李는 이 病의 被害林地內에서 송이풀잎에 形成된 冬孢子堆(Telium)을 發見하였고, 그 후 自然觀察를 통하여 우리나라에는 송이풀類가 主된 中間寄主인 것으로 報告한 바 있다.¹⁰⁾ 1974年에는 人工接種實驗結果 平昌産 銹孢子가 까치밥나무類와 송이풀類를 모두 侵染함을 確認하였고, 우리나라에서 中間寄主役割을 하고 있는 송이풀類 5種과 國內에 分布하는 까치밥나무류 3種을 包含하여 北美와 유럽에 分布하는 *Ribes hudsonianum* var. *petiola*와 *R. nigrum* 에서도 夏孢子堆의 形成을 보아 夏孢子寄主의 選擇이 歐美에 分布하는 털녹병균보다 廣範함을 알 수 있다.^{7,15)} 横田^{17,18)}는 日本에 分布하는 잣나무털녹病菌을 中間寄主의 選擇性에 따라 歐美分布種과 同一한 *C. nbicola* f. sp. *nbicola*와 亞細亞에 分布하는 *C. nbicola* f. sp. *pedicularis* 로 區分하고 우리나라를 비롯한 日本, 中共에 分布하는 菌은 同一한 生態種으로 報告하였으며 中共의 邵力平¹⁹⁾은 *C. sp.*로 取扱하고 있다.

佐保^{3,11,12)}는 잣나무에서 잣나무로 直接感染하는 *Endocronarium* 菌을 發見하였으나 우리나라에는 直接感染形 鬚病菌은 보고된 바 없다. 따라서 잣나무 鬚病菌은 分布地域에 따라 病原性이 分化되어 生態를 달리하는 菌이 存在할 것으로 判斷된다. 最近 우리나라에서도 一部地域産菌을 利用한 接種實驗에서 까치밥나무類에는 夏孢子形成에 失敗하고 있어 兼者 등은 地域적으로 隔離된 江原道平昌郡과 全北 南原郡에서 採集된 病原菌의 銹孢子를 까치밥나무類와 송이풀에 接種하여 兩地域産 病原菌의 寄主選擇性을 調査한 結果와 國內에 分布하는 잣나무(*Pinus koraiensis*), 섬잣나무(*P. parviflora*) 그리고 導入種인 스트로브잣나무(*P. strobus*) 3種에 自然接種에 의한 耐病度를 比較한 結果를 報告한다.

本試驗을 遂行함에 있어 여러가지로 指導하여 주신 서울大 羅啓俊教授 그리고 樹木病理科 蔡啓錫, 康仁愛研究士의 도움에 깊이 感謝드린다.

材料 및 方法

1. 平昌 및 南原産 녹포자의 中間寄主選擇性 調査

가. 供試材料

1) 供試菌; 接種源으로 使用된 菌株는 江原道 平昌郡과 全北 南原郡에서 잣나무(*Pinus koraiensis*)의 줄기에 形成된 녹포자덩이(銹孢子堆—Aecidium)를 忠郡와 함께 1982年 가을과 1983年 4月 下旬부터 5月初에 採取하였다. 1982年 가을에 採集한 菌을 1982年 11月에 罹病木을 掘取盆植하여 翌年 봄에 噴出한 孢子堆를 使用하였다.

2) 供試植物; 接種對象 中間寄主植物中 까치밥나무類는 Table 1과 같이 導入種 2種과 國內分布種 4種을 그리고 송이풀類는 1種을 盆植하여 使用하였다.

Table 1. The species of tested plants and their origin.

Species of tested plant	Origin
<i>Ribes nigrum</i>	West Germany
<i>Ribes montigenum</i>	U. S. A.
<i>Ribes fasciculatum</i> var. <i>chinese</i>	Native
<i>Ribes maximowiczianum</i>	"
<i>Ribes grossularis</i>	"
<i>Ribes mandshuricum</i> var. <i>villosum</i>	"
<i>Pedicularis resupinata</i>	"

나. 接種 및 供試植物管理方法

花盆에 植栽된 供試植物을 溫室에 넣어 開葉시작 후 높이 2m×폭 1m×길이 1m 되는 비닐溫室內에 옮겼다. 비닐 溫室은 氣溫의 過度한 上昇과 直射光線을 막기 위하여 試驗林內 潤葉樹 그늘 밑에 놓았고, 接種後 1個月間은 合版으로 上方 및 南西向光線을 遮斷하였다. 接種源은 實驗室內에서 罹病枝上의 녹포자덩이를 깨어 直徑 9cm의 Petri-dish에 모은 후 毛筆에 묻혀서 供試植物의 앞뒷면에 分散시켰으며 罹病枝를 地上 90cm 되는 곳에 매달아 落下하는 녹포자에 依하여 感染되도록 하였다. 한편 試驗期間中 每日 2~3회에 걸쳐 물을 地表와 溫室內에 hand sprayer로 撒布하여 飽和濕度가 維持되도록 하였다.

2. 잣나무種間耐病度比較

가. 供試材料

供試한 3種의 잣나무 중 잣나무(*P. koraiensis*)와 스트로브 잣나무(*P. strobus*)는 林業試驗場 中部支場 苗圃에서 生産된 4~5年生 苗木을, 그리고 섬잣나무(*P. parviflora*)는 경북 울릉군에서 4年生 苗木을

分蘗밭아 東部營林署 平昌管理所管内 3個所의 被害林地에 1.5×2m 間隔으로 植栽하였다.

나. 接種方法

被害林地(試驗地)內的 罹病木에서 飛散한 녹포자에 의하여 송이풀類에 形成된 擔孢子(sporidia)가 自然的으로 侵入하도록 하였다. 다만 供試木植栽地域內에 송이풀을 補植하여 擔포자가 多量生成되도록 하였다.

다. 耐病度比較

5월에 잣나무種類別로 銹孢子堆噴出木을 全數調査하여 發病率, 銹孢子堆發現部位數 및 發現部位의 樹齡을 調査比較하였다.

結果 및 考察

1. 平昌 및 南原產銹孢子的 中間寄主選擇性調査

平昌產銹孢子는 83年 4月 4日에서 5月 16日까지 5回接種하였으며 南原產銹孢子는 5月 4일부터 5月 19日까지 3回接種한 후 까치나무類와 송이

풀에 夏孢子가 形成되기까지의 接種箱(濕室)內的 最高最低溫度와 關係濕度를 測定한 바는 Table 2 와 같다. 卽 平昌產銹孢子的 接種箱內는 最高溫度가 12~25°C 로서 平均 20°C 였고, 最低溫度는 4.0~15.5°C 로서 平均 11.6°C 를 維持하였다. 한편 南原產銹孢子的 接種箱內는 最高溫度 14~26.5°C 로서 平均 21.4°C 였고 最低溫度는 9~17.5°C 로서 平均 13.1°C 를 維持하였다. 또 關係濕度는 97.5~98.5% 로서 氣溫이 높은 午後 2時부터 6時까지를 除外하고는 飽和濕度를 維持하였다.

위의 溫度條件은 Van Arsdel¹⁴⁾가 調査한 銹孢子發芽가 可能한 溫度範圍인 4~28°C 와 付合된다고 볼 수 있다.

供試植物의 잎에 夏孢子堆의 形成與否調査는 接種 1週日後부터 每日觀察한 바 Table 3 과 같이 平昌產銹孢子接種箱에서는 最初接種日로부터 43日만인 5月 16日에 *Ribes montigenum* 에서 夏孢子가 觀察되었으며 송이풀에는 5月 19日에 나타났다. 한편 南原產銹孢子的 接種箱에서도 接種後 17日後인 5月

Table 2. Temperature and relative humidity in inoculation chambers from April 27 to May 26.

Investigated period	Temperature (°C) ¹⁾				R. H. (%) ²⁾	
	Pyeongchang		Namwoen		Pyeongchang	Namwoen
	Max.	Min.	Max.	Min.	(\bar{X})	(\bar{X})
April 27-30	17.1	10.0	—	—	100.0	—
May 1-5	19.3	9.9	—	—	94.9	—
6-10	19.2	10.8	19.1	10.3	99.3	99.9
11-15	23.0	14.5	22.9	14.2	96.4	97.7
16-20	20.8	13.0	19.9	12.8	97.0	99.5
21-26	—	—	23.6	15.3	—	96.7
Average	20.0	11.6	21.4	13.1	97.5	98.5
Range	12.0-25.0	4.0-15.5	14.0-26.5	9.0-17.5	79-100	82-100

¹⁾ measured at 10:00 a. m.

²⁾ measured three times at 10:00, 14:00 and 17:00.

Table 3. Reaction of *Ribes* and *Pedicularis* species to artificial inoculation with aeciospores of *Cronartium* stem rust fungus from *Pinus koraiensis* on two local stands.

Tested plants	Formation of uredium			
	Pyeongchang		Namwoen	
	Date of inoculation	Reaction	Date of inoculation	Reaction
<i>Ribes nigrum</i>	—	—	—	—
<i>Ribes fasciculatum</i> var. <i>chinese</i>	—	—	—	—
<i>Ribes grossularis</i>	—	—	—	—
<i>Ribes maximowiczianum</i>	April 4, 6, 8, 27	—	May 4, 16, 19	—
<i>Ribes mandshuricum</i> var. <i>viliosum</i>	and May 16	—	—	—
<i>Ribes montigenum</i>	—	May 16	—	May 21
<i>Pedicularis resupinata</i>	—	May 19	—	May 27

Table 4. Dimension of aecio-, uredio-, and teliospores on white pines and alternate host in various localities.

Locality	Aeciospores	Urediospores	Teliospores
Korea (Author)	18-26 × 22-30 μ	15-25 × 18-30 ¹⁾ μ 12-24 × 19-36 ²⁾	11-20 × 30-55 ²⁾ μ
Japan	16-27 × 22-36	14-23 × 19-35	10-20 × 30-76
China	14-29 × 23-34	13-21 × 16-30	13-14 × 36-59
Canada	18-20 × 22-31	14-22 × 19-35	8-12 × 30-60

¹⁾ On the leaves of *R. montigenum*.

²⁾ " *P. resupinata*.

Table 5. Relative pathogenicity of 5-needled pines to the blister rust (*Cronartium ribicola* F.) after 3 to 4 years by natural infection.

Tested plots	<i>Pinus koraiensis</i>		<i>Pinus strobus</i>		<i>Pinus parviflora</i>	
	1982	1983	1982	1983	1982	1983
I	15/58*	26/55	19/71	29/70	0/69	0/69
II	0/69	4/68	15/81	18/80	0/68	0/68
III	0/55	1/52	0/65	8/59	0/44	0/37
Total	15/182	31/175	34/217	55/209	0/181	0/174
% of infection	8.24	17.71	15.67	26.32	0	0

* Number of infected stocks/number of investigated stocks.

Table 6. Numbers of blister rust symptom on infected trees.

Tree species	No. of infected trees	Total	Main stem	Branch	No. of symptom per tree
<i>Pinus koraiensis</i>	31	62	17	45	2.0
<i>Pinus parviflora</i>	55	272	22	250	4.95

21日과 26日後인 5月 27日에 *R. montigenum* 과 송이풀에 各各 夏孢子堆가 形成되었다.

兩接種箱에서 最初로 夏孢子堆가 形成된 1週日後에는 잎全면에 多數의 孢子堆가 形成되어 10-15日後에는 罹病잎의 大部分이 脫落하였으며 이와 같은 現象은 송이풀에서도 마찬가지였다. 그러나 *R. montigenum*를 除外한 他까치밥나무類에는 夏孢子堆가 形成되지 않은 바, 이는 病原菌에 대한 感受性的의 差異가 아닌가 생각된다.

夏孢子가 形成된 *R. montigenum*과 *P. resupinata*의 잎에서 夏孢子的 크기를 보면 Table 4에서부터 같이 *R. montigenum*에서는 15-25 × 18-30 μ, *P. resupinata*에서는 12-24 × 19-36 μ으로 우리나라 털녹병菌의 크기는 外國에서 調査^{10,17,19}된 바와 差異가 없었다.

以上の 結果로 보아 우리나라의 北部 및 南部地方에 分布하는 잣나무털녹병菌은 송이풀과 까치밥나무類를 모두 中間寄主로 하는 同一한 菌種으로 判斷되었다.

2. 잣나무種間耐病度比較

供試木을 被害林地內에 植栽한 4年後인 1982年에 最初의 病徵發見木이 나타났으며¹⁰ 83년에는 罹病個體가 Table 5와 같이 섬잣나무를 除外하고는 모두 增加하였다. 또 樹種間에서는 스트로브잣나무가 잣나무보다 約 43%가 더 많이 發病되어 보다 罹病性임을 나타냈었다. 그리고 罹病木의 單木間에 發病部位數에 있어서도 Table 6과 같이 잣나무가 本當平均 2個所인데 比較하여 스트로브잣나무는 平均 5個所로서 被害가 甚함을 알 수 있다. 우리나라 잣나무는 主幹과 側枝의 發病比率이 27:73인데 比較하여 스트로브잣나무는 8:92로 側枝에서 病徵의 大部分이 發顯하고 있다. 銹孢子發見部位의 齡年年齡은 두 樹種 共히 大部分이 2-4年生部位이나 스트로브잣나무가 잣나무에 比較하여 比較的 早期에 發現되는 傾向을 나타내었다.

橫田, 浜¹⁸⁾ 등은 自然接種에 의한 잣나무類의 耐病度를 調査한 바, 北海道에서는 잣나무가 스트로브잣나무보다 甚한 被害를 받는 것으로 報告하고 있으나

우리나라에서는 오히려 스트로브잣나무가甚한被害를 나타내고 있어 注目되며 특히 섬잣나무는 接種 4年後인 現在까지 發病個體가 전혀 없어 本菌에 對하여 耐病性樹種으로 생각되지만 病原菌의 潛伏期를 고려하여 今後 繼續調査가 要求된다.



Fig. 1. Inoculation chambers placed in the shade of broad-leaved trees.



Fig. 2. Alternate hosts and infected twigs hung up in chamber (*Ribes* spp. and *P. resupinata*).



Fig. 3. Formation uredia on the leaf of *R. montigenum*.

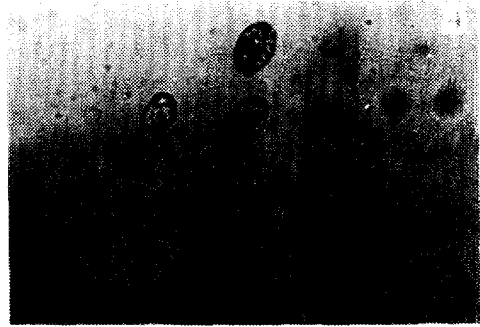


Fig. 4. Urediospores on *R. montigenum* ($\times 270$).

結 論

人工接種에 의한 우리나라 잣나무털녹병균의 中間寄主植物選擇性에 따른 生態調査와 自然接種에 의한 國內分布 잣나무類의 耐病度를 比較한 結果 다음과 같은 結果를 얻었다.

1. 우리나라 北部地方(平昌)과 南部地方(南原)에 分布하는 잣나무털녹병균의 銹孢子는 까치밥나무類(*Ribes montigenum*)와 송이풀(*Pedicularis resupinata*)에 다같이 接種됨으로서 同一한 生態型임이 確認되었다.

2. 國內에 分布하는 3種의 잣나무를 自然接種시킨 結果 接種 4年後의 發病率은 잣나무가 17.7%, 스트로브잣나무가 26.3%로서 發病率과 發病狀態로 보아 스트로브잣나무가 잣나무보다 한층 罹病性인 것으로 나타났다.

3. 울릉도에 自生하는 섬잣나무(*Pinus parviflora*)는 전혀 發病個體가 없어 本病에 耐病性樹種으로 보이나 계속적인 觀察이 要求된다.

引 用 文 獻

1. Boyce, J. S. 1961. Forest Pathology. 3rd Edition, McGraw-Hill Book Co., New York: 218-238.
2. Chung, T. H. 1957. Korean Flora. Sinji C., Seoul. 1025pp.
3. Hirasuka, Y. 1963. *Endocronartium*, a new genus autoecious pine stem rusts. Can. J. Bot. 47: 1493-1495.
4. Hyun, S. K. and Y. B. Koo. 1981. Possibility of breeding of blister rust resistant synthe-

- tic clones of Korean pine (*Pinus koraiensis* S. et Z.). Proc. XVII IUFRO World Congress Div. 2 : 239-245.
5. 伊藤誠哉. 1938. 大日本菌類誌 2(2) : 156-158
 6. Kim, H. J., C. K. Yi and Y. J. La. 1982. Present status of Korean pine (*Pinus koraiensis*) blister rust, and relative resistance of three species of five-needle pines to *Cronartium ribicola*. Research Rept. of the Forest Res. Inst. 29 : 239-252.
 7. La, Y. J. and C. K. Yi. 1976. New developments in the white pine blister rusts of Korea. Research Rept. of the Forest Res. Inst. 23 : 75-81.
 8. Lee, T. B. 1966. Illustrated woody plants of Korea. For. Res. Inst., Seoul. 348pp.
 9. Peterson, R. S. 1967. The *Pendermium* species on pine stems. Bulletin of the Torrey Botanical Club, 94(6) : 511-542.
 10. Research Group of Pine Blister Rust, Heilongjiang Province. 1979. A study on blister rust of Korean pine. Scientica Silvae Sinicae 15(2) : 119-124.
 11. Saho, H. and I. Takahashi. 1976. A preliminary report on a *Pendermium* species found on *Pinus pumila* Regel in Japan. Eur. J. For. Path. 6 : 137-191.
 12. Saho, H. 1981. Notes on the Japanese rust fungi VII. *Pendermium yamabense* sp. nov., a pine-to-pine stem rust of white pines. Trans. Mycol. Soc. Japan 2 : 27-36.
 13. Spaulding, P. 1925. A partial explanation of the relative susceptibility of the white pine blister rust (*Cronartium ribicola* Fischer). Phytopath. 15 : 591-597.
 14. Van Arsdel, E. P., A. J. Riker and R. F. Patton. 1956. The effects of temperature and moisture on the spread of white pine blister rust Phytopath. 46 : 307-318.
 15. 李昌根. 1970. 잣나무털녹병 防除試驗. 林業試驗場年報 : 106.
 16. Yi, C. K. and Y. J. La. 1974. Studies on the alternate host range and the biology of Korean pine (*Pinus koraiensis* S. et Z.) blister rust fungus *Cronartium* spp. Research Rept. of the Forest Res. Inst. 21 : 207-213.
 17. Yokoda, S. and T. Uozumi. 1976. New developments in white pine blister rusts in Japan. Proc. XVI IUFRO world Congress, Div. 2 : 330-343.
 18. Yokoda, S. and T. Hama. 1981. On the race of *Cronartium ribicola*, the causal fungus of the blister rust of white pines, (Interim report) Proc. XVII IUFRO World Congress, Div. 2 : 230-238.
 19. Ziller, V. G. 1974. The Tree Rusts of Western Canada. Victoria, British Columbia. 272pp.