Melampsora 잎녹병에 대한 포플러 클론의 저항성 변이

우 관 수*

국립산림과학원 산림유전자원부

(2011년 10월 31일 접수; 2011년 11월 17일 수정; 2011년 12월 5일 수락)

Variation in Resistance of Poplar Clones to *Melampsora* Leaf Rust

Kwan-Soo Woo*

Department of Forest Genetic Resources, Korea Forest Research Institute Suwon 441-847, Korea

(Received October 31, 2011; Revised November 17, 2011; Accepted December 5, 2011)

ABSTRACT

This study was conducted to determine the susceptibility of 15 clones of native and foreign poplar species and their hybrids to *Melampsora* leaf rust and to select resistant clones at a nursery stool bed. Rust severities of individual trees were determined by estimating the percentage of infected leaves on the trees in addition to comparing the infected leaves with the infection diagrams. Three hybrids out of 15 clones were selected as resistant clones to the *Melampsora* leaf rust in Korea. Bong-wha 1 and Hyunsasi 3 belong to section *Leuce*, and Dorskamp belongs to section *Aigeiros*. Based on our results, we recommend Dorskamp as the best resistant clone to poplar leaf rust.

Key words : *Aigeiros*, *Dorskamp*, *Leuce*, *Melampsora* leaf rust, Susceptibility

I. 서 론

포플러에 병을 일으키는 균류는 아주 다양하여 *Populus tremuloides* Michx. 한 수종을 감염시키는 병원균만 250종 이상이며, 포플러와 관련된 새로운 병원균 종류는 계속해서 늘어나고 있고 몇몇 균들은 그 분포 범위가 아주 넓은 반면에, 한 지역에 국한되어 발생하는 균들도 있다. 자연 교잡종의 확산과 함께 새롭게 발생하는 균이 있는 반면에 토착종이나 도입 포플러에만 발생하는 균도 있다.

포플러 잎에 기생하는 균류로 *Melampsoraceae*과에 속하는 유일한 속인 *Melampsora*가 전 세계적으로 발생하는 모든 포플러 잎녹병에 원인이 되는 유일한 균류이다. 포플러잎녹병은 *Populus* spp.의 가장 심각한 병들 중의 하나로 알려져 있으며 잎이 조기 탈락하는

원인이 되어 그 다음해 봄에 생장이 줄어들 수 있으며, 줄기와 뿌리의 비율이 증가하는 원인이 되기도 하고, 잎이 피는 시기가 늦어지기도 하며, 어린 묘목들의 고사와도 상관이 있다(Wang and van der Kamp, 1992; Newcombe, 1996). 연차적인 포플러 잎녹병에 의한 감염은 비정상적인 성장을 초래하고 결국 뿌리 발달에 장애가 일어나 건조 스트레스를 받기도 한다. Newcombe *et al.*(1994)은 녹병피해도와 고사율과는 높은 상관관계가 있는 것으로 보고한 바 있다.

포플러 잎녹병 균은 포플러를 주 기주로 해서 계절별로 다른 포자를 형성하는데 여름에 하포자(urediniospores)를 형성하고 가을에 동포자(teliospores)를 형성하며 봄에 중간 기주인 침엽수에 녹포자(aeciospores)가 생긴다(Newcombe, 1996). 유전적으로 감수성이 있는 포플러가 잎녹병에 감염이 되면 먼저 잎 뒷면에 이주

* Corresponding Author : Kwan-Soo Woo
(woo9431@forest.go.kr)

작은 점들이 보이고 2~3일 후 그 점이 조금 커지면서 노란색이나 오렌지색의 농포가 잎의 상피를 뚫고 올라오는데 이것이 무성포자인 하포자이다. 포플러 잎 녹병의 전형적인 증상인 하포자 발생은 생성 이후 빠른 속도로 증식되어 한 개체 내의 다른 잎으로 확산되며 바람이나 곤충에 의해 쉽게 다른 개체로 이전되어 주위에 있는 기주를 감염시킨다. 오래된 잎이나 어린잎 보다는 중간나이의 잎에서 하포자 발생이 빠르게 다른 잎으로 곧 번지게 된다.

포플러 잎녹병은 지난 수십 년간 벨기에, 프랑스, 이탈리아 같은 유럽 국가의 포플러 조림 확대를 제한해 왔고 오스트레일리아, 뉴질랜드, 남아프리카, 아르헨티나 같은 최근 포플러 수입국의 조림 확대도 방해하고 있다. 국내에서는 포플러잎녹병이 직접적인 포플러 고사와 무관한 것으로 여겨져 큰 관심을 갖고 있지 않지만 매년 잎녹병 감염이 심한 상태라 녹병균에 관한 생물학적 연구나 방제 전략, 저항성 클론의 선발과 같은 노력이 부족한 실정이다.

현재 국내에 만연하는 잎녹병균에 대한 자생포플러, 도입포플러, 교잡종포플러의 감수성 정도나 균의 기주 특이성에 관해서 자세히 밝혀진 바가 없으며 잎녹병과 *Marssonina* 낙엽병에 대한 저항성 클론 선발에 관한 보고가 있었으나(Noh and Lee, 1983; Koo *et al.*, 2002) 이들 선발된 클론들은 여전히 잎녹병 피해가 심한 실정이다. 본 연구는 국내에 있는 포플러 자생종, 도입수종, 그리고 교잡종을 잎녹병이 매년 반복적으로 발생하는 장소에 삼목 한 후, 포플러 잎녹병에 대한 클론 별 감수성을 규명하고 저항성 클론을 선발하기 위한 기초 자료를 제공하는데 그 목적이 있다.

II. 재료 및 방법

2.1. 공시재료 및 삼목

본 연구에 사용된 공시재료는 이태리포플러(*Populus euramericana*) 2클론(I-476, Eco 28), 양버들(*P. nigra*) 1클론(Yangbeodl 1), 미루나무(*P. deltoides*) 1클론(Ay-48), 현사시나무(*P. alba* × *P. glandulosa*) 등 교잡종 11클론(72-30, 72-31, Hyunsasi 3, Bong-wha 1, 97-13, 97-15, 97-17, 97-19, 62-2, Suwon 1, Dorskamp)으로 총 15개 클론을 사용하였다. 국립산림과학원 산림유전자원부 구내 포지에서 1년간 자란 이들 15 클론 묘목에서 접수를 채취하였는데, 굵기 8~18mm, 길이

20~25cm로 상단부에 충실한 눈이 있는 부분을 자른 뒤 그 눈의 약 1.5cm에서 눈이 있는 쪽이 높고 반대 쪽이 낮아 경사지게 자르고 하단부도 약간 경사지게 잘랐다. 조제된 접수는 2003년 3월 산림유전자원부 구내 포지에 1m²당 12본이 들어가게 클론별로 열식으로 식재하였으며 상단에 눈 하나만 남기고 깊게 수직으로 토양에 꽂은 후 비닐멀칭을 하였다. 포플러 클론별로 식재 열수가 동일하지 않지만 대표성을 보이는 3열(110본/열)에서 자료를 얻었다.

2.2. 잎녹병 피해도

잎녹병 피해도는 Schreiner(1959)의 방법에 따라 2003년 9월 2일, 9월 27일, 그리고 10월 20일에 걸쳐 클론별로 조사일 당 20개체의 자연감염 상태를 총 3회 조사하였다. 각 클론별 삼목묘 중 가장 심각하게 포플러 잎녹병에 감염된 잎을 경, 중, 심으로 구분하여 1, 5, 25점을 각각 부여하였다. 그리고 한 나무당 잎녹병에 감염된 잎의 비율이 25% 보다 낮거나 같으면 1, 26~50%는 2, 51~75%는 3, 75% 보다 높으면 4점을 각각 부여하여 경, 중, 심의 값에 곱한 뒤 최종적으로 피해도를 13개 점수로 나누었는데 점수 0은 잎녹병에 저항성이 가장 강한 것이고 100은 이병성이 가장 강한 것으로 판정하였다.

III. 결과 및 고찰

포플러 잎녹병은 삼목 당해 6월 하순경 노란색의 하포자가(Fig. 1) 아랫가지의 잎 뒷면에 나타나면서

Fig. 1. Urediniospores of *Melampsora* leaf rust on the underside of *P. euramericana* leaf.

Fig. 2. Poplar clones infected by *Melampsora* leaf rust at nursery stool bed in Suwon, Korea.

처음 관찰되었으며 그 이후 차츰 윗가지에 있는 잎으로 퍼져나갔다(Fig. 2). 본 연구에 포함된 15클론의 잎녹병 피해도는 Table 1과 같다. 2003년 9월 2일 조사에서는 Dorskamp와 현사시 3이 Schreiner 점수 1(점수가 낮을수록 저항성이 높음)을 보여 가장 저항성이 높게 나타났으며 그 다음으로 봉화 1, 72-30, 양버들 순으로 높은 저항성을 보였다. 97-17과 Eco 28 클론은 100점을 보여 가장 감수성이 높은 수준으로 나타났다. 9월 27일 조사에서는 첫 번째 조사에서 높은 저항성을 보인 Dorskamp, 봉화 1, 현사시 3이 각

각 9, 20, 20점을 보여 여전히 높은 저항성을 보인 반면, 그 외 클론들은 모두 100점을 보였다. 이들 세 클론들은 마지막 조사일인 10월 20일에도 20점을 보여 *Melampsora* species에 강한 저항성을 가지는 것으로 나타났다. 특히 Dorskamp는 두 번째 조사일 까지 가장 낮은 점수를 보였으며 외관상으로도 잎녹병에 감염된 잎이 현저히 적어 포플러 잎녹병 저항성 품종으로 추천할 만한 클론인 것으로 사료된다.

Noh and Lee(1983)는 *Marssonina* 낙엽병 및 잎녹병에 강한 신품종 내병성 포플러로 본 실험에서 포함된 Eco 28과 Lux 클론을 선발했고 그 당시 많이 보급하였는데 이번 실험 결과 이들의 잎녹병 저항성은 다른 클론에 비해 높지 않은 것으로 나타났다. 이는 잎녹병에 대한 포플러의 감수성이 클론과 지역간의 편차가 크다는 연구결과(Noh and Lee, 1983)로 설명할 수 있거나 혹은 녹병균은 그 진화속도가 빠르기 때문에 그 당시 저항성을 보인 이들 클론들이 시간이 경과함에 따라 *Melampsora*균의 병원성 변이로 인해 감수성이 높게 나타났을 가능성도 배제할 수 없다. 그러므로 향후 여러 지역에 분포하는 이들 동일 클론에 대해 잎녹병 피해도 조사 및 *Melampsora*균의 병원성 검정이 필요하리라 본다.

현재까지 우리나라에 분포하는 포플러 잎녹병균은 *M. larici-populina* Kleb.과 *M. magnusiana* Wagn.으로 알

Table 1. Severity of leaf rust by *Melampsora* species among poplar clones at nursery stool bed in Suwon, Korea

Clone	Parentage	Schreiner rust severity rating (0-100)		
		2003-9-2	2003-9-27	2003-10-20
I-476	<i>P. euramericana</i>	98	100	100
Eco 28		100	100	100
97-13	<i>P. euramericana</i> (SanMar.) × <i>P. deltoides</i> (Ay-48)	96	100	100
97-15	<i>P. euramericana</i> (SanMar.) × <i>P. deltoides</i> (Harvard)	79	100	100
72-30	<i>P. alba</i> × <i>P. glandulosa</i>	2	100	100
72-31		18	100	100
Hyunsasi 3		1	20	20
Bong-wha 1		2	20	20
Ay-48	<i>P. deltoides</i>	19	100	100
Dorskamp	<i>P. deltoides</i> × <i>P. nigra</i>	1	9	20
97-17	<i>P. deltoides</i> (Lux) × <i>P. deltoides</i> (Ay-48)	100	100	100
97-19	<i>P. deltoides</i> (Lux) × <i>P. deltoides</i> (Harvard)	18	100	100
Yangbeodl 1	<i>P. nigra</i>	4	100	100
62-2	<i>P. nigra</i> × <i>P. maximowiczii</i>	74	100	100
Suwon 1	<i>P. koreana</i> × <i>P. nigra</i> var. <i>italica</i>	54	100	100

려져 있다(Korea Forest Service, 1980). *M. larici-populina*의 중간기주는 낙엽송이고 *M. magnusiana*의 중간기주는 현호색과 줄꽃주머니 인 것으로 보고 되고 있으나 주 기주인 포플러에 대한 기주 특이성은 정확히 보고 되지 않았고 일부 보고 된 자료에 의하면 국내에 있는 포플러 잎녹병균은 모두 *M. larici-populina*로 오인된 점이 없지 않아 향후 이에 대한 부가적인 연구가 요구된다. 포플러 잎녹병균은 해발고도에 따라 다른 종들이 발생하고(Heather and Sharma, 1977), 유럽과 아시아에서 처음 발생한 *M. larici-populina*와 북아메리카에서 최초 발생한 *M. medusa* Thuem. f. sp. *deltoidae* Shain은 교잡종 포플러가 자라는 세계 대부분 지역에서 새롭게 발견되기도 했다(Walker et al., 1974; Newcombe and Chastagner 1993a, 1993b).

*Populus*속에 속하는 포플러류는 북반구 지역에 약 40 수종이 자생하는데 그 특성에 따라 *Leuce*, *Aigeiros*, *Tacamahaca*, *Leucoides*, *Turanga*의 5개 절(section)로 분류되었다가(FAO, 1979), *Abaso*절이 1990년 중반에 추가되어(Dickmann et al., 2001) 현재 6개 절로 구분되어 있다. 같은 절에 속하는 포플러는 일반적으로 같은 녹병균에 의해 감염이 되나 수종, 산지, 클론에 따라 녹병균에 대한 감수성 반응에 많은 변이가 있는 것으로 보고 되었다(Pinon, 1992). 본 연구에서 사용한 클론들은 *Leuce*, *Aigeiros*, *Tacamahaca*에 속하거나 이들 간의 교잡종인데 저항성이 높은 것으로 나타난 클론 중 Dorskamp만 *Aigeiros*절에 속하고, 그 외 9월2일 조사에서 높은 저항성을 보인 72-30과 72-31을 포함한 최종적으로 저항성이 높은 클론으로 선발된 봉화 1과 현사시 3이 모두 *Leuce*절에 속하는 것으로 나타나 *Leuce*절 클론들이 *Melampsora*균에 대한 저항성이 상대적으로 다른 절에 속하는 클론들에 비해 높은 것으로 나타났다. 또한 향후 *Leuce*절과 *Aigeiros*절에 발생하는 녹병균에 대한 기주특이성 문제가 규명되어야 할 것으로 보인다. Spiers and Hopcroft (1994)는 녹병균 *M. medusae*와 *M. larici-populina*간의 천연교잡종인 *M. medusae-populina* sp. nov.을 호주에서 발견하고 그 특성을 보고한 바가 있는데 국내에 발생중인 녹병균들 간의 천연교잡종 발생 가능성도 배제할 수 없다.

현재 하천범에 의해 포플러가 더 이상 많이 보급이 되지 않고 있지만 *Melampsora*로부터 포플러를 보호

하기 위해서는 국가간 감염재료 이동에 대한 철저한 검역뿐 아니라 잎녹병에 대한 내병성 품종 육성이 필요할 것으로 사료된다. 녹병균은 봄에 적당한 온도와 습도가 유지되면 동포자에서 담자포자가 발생하여 2차 기주를 감염시키며, 바람에 의해 장거리를 이동할 수 있지만 최근 새로운 지역에 발생하는 다양한 종류의 녹병은 감염된 재료의 수입에 의해 발생하는 경우가 많다. 저항성 클론 선발은 단기간에 좋은 효과를 거둘 수 있는데 예를 들면, *Populus deltoides* 클론들은 *M. larici-populina*와 *M. allii-populina*에 저항성을 보이고 *P. xeuramericana*는 각 개체별로 다른 반응을 보이는 특성이 있어 이러한 점을 효과적으로 이용하면 유용한 품종을 생산하는데 도움이 되리라 본다. 하지만 저항성 클론 선발은 장기간에 걸쳐 발생하는 새로운 변종들이 이전에 저항성을 보인 클론을 다시 비저항성으로 만들어버리는데 어려움이 있다. 포플러 잎녹병 저항성 품종 육성을 위한 효과적인 육종 전략의 하나로서 그 지역 고유의 녹병균으로 동일한 기주체가 가지는 저항성 발현에서 유전적 제어가 차지하는 효과를 분석하는 것이 바람직할 것으로 본다.

IV. 적 요

본 연구는 국내에 있는 자생포플러, 도입포플러, 교잡종포플러 15개 클론 삼목묘의 잎녹병에 대한 감수성을 규명하고 저항성 클론을 선발하기 위해 수행되었다. 각 개체별 잎녹병 피해도는 감염된 잎을 경, 중, 심으로 구분하여 일정한 점수를 부여한 후 한 나무당 감염된 잎의 비율로서 추정하였다. 실험에 포함된 15개 포플러 클론들 중 Dorskamp, 봉화 1, 현사시 3이 한국에서 만연하고 있는 *Melampsora* 잎녹병균에 저항성이 높은 클론으로 선발되었는데 이들 중 봉화 1과 현사시 3은 포플러 6개 절(section)중 *Leuce* 절에 속하고 Dorskamp는 *Aigeiros* 절에 속한다. 특히 Dorskamp는 외관상으로도 잎녹병에 감염된 잎이 현저히 적어 포플러잎녹병 저항성 품종으로 추천할 만한 클론인 것으로 확인되었다.

REFERENCES

- Dickmann, D. I., J. G. Isebrands, J. E. Eckenwalder, and J. Richardson, 2001: Poplar Culture in North America.

- NCR-CNRC, NCR Research Press, Ottawa, 397pp.
- FAO, 1979: Poplars and willows in wood production and land use. FAO. Rome.
- Heather, W. A. and J. K. Sharma, 1977: Some aspects of poplar rust research in Australia. *Australian Forestry* **40**(1), 28-43.
- Koo, Y. B., I. S. Kim, J. K. Yeo, and W. Y. Choi, 2002: Growth characteristics and selection of hybrid poplar clones by disease resistance in the section *Aigeiros*. *Journal of Korean Forest Society* **91**(4), 499-506.
- Korea Forest Service, 1980: Forestry technical book (Forest disease, insect, wildlife) No. 80-1. 359pp.
- Newcombe, G., 1996: The specificity of fungal pathogens of *Populus*. In biology of *Populus* and its implications for management and conservation. Part I, Chapter 10. Edited by R.F. Stettler, H.D. Bradshaw, Jr., P.E. Heilman, and T.M. Hinckley. NRC Research Press, National Research Council of Canada, Ottawa, ON. pp. 223-246.
- Newcombe, G., and G. A. Chastagner, 1993a: A leaf rust epidemic of hybrid poplar along the Lower Columbia River caused by *Melampsora medusae*. *Plant Disease* **77**, 528-531.
- Newcombe, G., and G. A. Chastagner, 1993b: First report of the Eurasian poplar leaf rust fungus, *Melampsora larici-populina*, in North America. *Plant Disease* **77**, 532-535.
- Newcombe, G., G. A. Chastagner, W. Schuette, and B. J. Stanton, 1994: Mortality among hybrid poplar clones in a stool bed following leaf rust caused by *Melampsora medusa* f. sp. *deltoidae*. *Canadian Journal of Forest Research* **24**, 1984-1987.
- Noh, E. R. and S. B. Lee, 1983: Selection of superior clones in newly introduced resistant poplars to diseases. *Research Report of Institute of Forest Genetics* **19**, 28-35.
- Pinon, J., 1992: Variability in the genus *Populus* in sensitivity to *Melampsora* rusts. *Silvae Genetica* **41**, 25-34.
- Schreiner, E. J., 1959: Rating poplars for *Melampsora* leaf rust infection. USDA Forest Service Research Note NE-90.
- Spiers, A. G. and D. H. Hopcroft, 1994: Comparative studies of the poplar rusts *Melampsora medusa*, *M. larici-populina* and their interspecific hybrid *M. medusae-populina*. *Mycological Research* **98**, 889-903.
- Walker, J., D. Hartigan, and A. L. Bertus, 1974: Poplar rusts in Australia with comments on potential conifer rusts. *European Journal of Forest Pathology* **4**, 100-118.
- Wang, J. and B. J. van der Kamp, 1992: Resistance, tolerance and yield of western black cottonwood infected by *Melampsora* rust. *Canadian Journal of Forest Research* **22**, 183-192.