

소나무 우량 가계별 기초재질 변이¹

- 가도관, 마이크로피브릴 경사각, 수지구 분포 및 전건비중을 중심으로 -

박병수² · 박정환² · 한상억³

Variation of Material Properties of Korean Red Pine of Superior Families¹

- Tracheid Length, Microfibril Angle, Resin Canal and Specific Gravity -

Beyung-Su Park², Jung-Hwan Park² and Sang Urk Han³

요 약

재질이 우수하고 균일한 목재를 생산하기 위해서는 목부조직의 재질과 구성세포의 변동패턴 및 생장 기구에 대한 이해가 필요하며, 이러한 요소들이 우량종자 생산을 위한 육림기술 지침으로 고려되어야 한다. 본 연구에서는 소나무 우량가계의 차대 검정림에서 가계별 재질특성에 영향을 미치는 인자 중 섬유장, 비중, 마이크로피브릴 경사각, 수지구 분포비율 등을 조사하여 다음과 같은 결과를 얻었다.

방사방향 가도관 길이 변이는 강원26, 30, 90, 56호 및 충남 4호는 11~13년 사이에서 가도관 길이 신장률이 1% 이하로 안정되었으며, 13년을 기점으로 매우 빠르게 성숙재로 전환 되었다. 전건비중은 0.35~0.49의 범위에 있었으며, 가계별로는 강원26호가 0.35로 가장 작고, 강원57호가 0.49로 가장 컸으며, 각 가계 간 차이가 큰 것으로 나타났다. mm²당 수평수지구는 강원79호가 1.1개로 가장 적고, 강원83호는 1.7개로 많았으며, 가계별 차이가 인정되었다. 성숙재의 평균 마이크로피브릴 경사각은 9.0~28.6°의 범위 내에 속하며 강원74호가 9.0°로 가장 작고, 충남4호가 28.6°로 가장 크며 가계 간 차이가 큰 것으로 나타났다.

ABSTRACTS

The quality of wood is largely depend on the characteristics of xylem tissue and their variation. They may include tracheid length, microfibril angle, distribution and amount of resin canal, as well as specific gravity as indicator of material properties. In this study, variation of these elements between and within 30 superior families of *Pinus densiflora* in progeny test forest were examined and the results are as follows;

1. 접수 2006년 11월 30일 Received November 30, 2006.
2. 국립산림과학원 임산공학부 Department of Forest Product Engineering, Korea Forestry Research Institute, Seoul 130-712, Korea.
3. 국립산림과학원 산림유전자원부 Department of Forest Genetic Resources, Korea Forestry Research Institute, Seoul 130-712, Korea.

In terms of elongation ratio of tracheid length which is less than 1%, the sample tree showed a transition to matured wood after 13 years particularly in Kangwon 25, 30, 90, 56 and Chungnam 4 families. The average specific gravity were from 0.35 to 0.49, and differences between the families were significant. Number of transverse resin canal per unit area were also found to be significant between the families. The microfibril angles measured at 15th ring number ranged from 0.9 degree to 28.6 degree.

More studies are necessary to tell whether these variation is inherited by genetic or individual characteristic. However it would be desirable that these elements be considered as key elements in the early stage of selection process of superior tree to ensure good quality of wood production in future.

keywords : Tracheid length, Microfibril angle, resin canal, specific gravity

서론

수목의 재질에 영향을 미치는 요인으로 유전, 환경, 시업방법 등이 있으며, 근래 들어 대기오염이나 산성비와 같은 외부환경의 변화도 또 다른 요인으로 지적되고 있다. 이러한 요인들은 상호 밀접하게 작용하여 수목의 성장과 그로 인한 재질에 영향을 미치는 것으로 알려져 있다.

목재는 동일 수종일지라도 개체에 따라 재질 특성이 다른 경우가 많다. 삼나무의 경우 개체에 따른 재질 불균일성에 대해 유전적 요인이 매우 크고, 임분 간의 환경적 차이에 따르는 영향은 약 7%에 지나지 않는다는 연구보고가 있다(Fujisawa 1992, 1993, 1994). 우리나라에서는 성장량에 관한 연구는 많이 수행되었으나 목재의 재질을 향상시킬 수 있는 인자들에 관한 연구는 매우 미흡한 실정이다.

본 연구에서는 우량하고 균일한 재질의 목재를 생산하기 영향할 것으로 판단되는 목부조직의 구성요소 중 가도관 등 구성세포의 변동패턴과 성장 기구를 파악하여 금후 육림기술의 지침에 활용할 수 있는 기초 자료로 활용하고자 하였다. 이를 위해 소나무 우량 임분에서 채취하여 조성한 소나무 우량개체 차대검정림에서 목재의 기초 재질인자인 가도관 길이, 마이

크로피브릴 경사각, 수지구 분포비율, 비중 등의 가계별 변이를 조사하였다.

재료 및 실험방법

1. 공시재료

춘천시 덕두원에 소재한 소나무 우량개체 차대검정림에서 1980년에 식재한 27가계와 1981년 식재한 3가계를 조사 대상으로 하였다. 공시재료는 흉고직경이 각 가계의 평균에 도달하는 개체 3본을 각각 선정하여 벌채한 후 흉고부위에서 두께 5cm의 원판을 1개씩을 채취하여 공시하였다. 공시재료의 가계별 평균 연륜 폭은 Table 1과 같다.

2. 실험방법

2.1 가도관 길이 측정

각각의 원판으로부터 매 2 연륜 마다 0.5×0.5×10mm 크기의 시편을 만재부에서 3~5개씩 채취하였다. 채취한 시료는 Schurz 용액으로 해리하여 Methylene blue로 염색한 후, 일시 프레파라트를 제작하였다. 현미경 화상 분석 장치를 이용하여 각 연륜에서 가도관의 길이를 25개씩 측정하였다.

Table 1. Average ring width of sample families.

| Family No. | Average ring width (mm) | Family No. | Average ring width (mm) | Family No. | Average ring width (mm) |
|------------|-------------------------|------------|-------------------------|------------|-------------------------|
| K*7 | 4.45 | K74 | 4.51 | K85 | 5.10 |
| K22 | 4.48 | K75 | 3.83 | K86 | 4.54 |
| K26 | 4.70 | K76 | 4.70 | K87 | 3.73 |
| K30 | 4.89 | K78 | 4.62 | K88 | 4.47 |
| K56 | 4.88 | K79 | 4.72 | K89 | 4.23 |
| K57 | 4.01 | K80 | 4.39 | K90 | 4.25 |
| K70 | 4.59 | K81 | 4.10 | KB*49 | 4.25 |
| K71 | 4.67 | K82 | 4.26 | KB50 | 4.08 |
| K72 | 3.90 | K83 | 4.86 | CN*4 | 3.27 |
| K73 | 4.43 | K84 | 4.40 | CN5 | 4.32 |

K, KB and CN indicate Kangwon, Kyeongbuk and Chungnam, respectively.

2.2 전건비중 측정

가도관 길이를 측정하기 위한 시료 채취 시 동일한 부위에서 수술용 메스를 이용하여 한 연륜 전체가 포함되게 소시험편을 채취하였다. 채취된 시료는 105±3℃의 오븐에 넣고 항량에 도달할 때까지 건조하여 전건무게를 측정하였다. 전건무게의 측정이 끝난 시료는 파라핀 용액에 수초 간 침적하여 표면을 코팅하였다. 파라핀을 코팅한 시료는 오븐에 10분간 넣어 과다하게 코팅된 파라핀을 제거한 후, 수침법에 의하여 채적을 산출하여 전건비중을 계산하였다.

2.3 수지구 분포비율 측정

각 원판에서 매 3년마다 한 조재부와 만재부가 포함된 1개 연륜이 포함되도록 10×10×10mm 크기의 블록을 채취하였다. 채취한 블록의 접선단면을 활주식 마이크로톰으로 두께 20~25 μm의 절편을 제작한 후 영구 프레파라트를 제작하였다. 수지구의 분포비율은 광학현미경을 통해 1mm²당 수지구 개수를 측정하여 결정하였다.

2.4 마이크로피브릴 측정

수지구 분포비율을 측정하기 위한 시료와 동일한 방법으로 블록을 채취하였다. 채취한 블

록의 방사단면을 활주식 마이크로톰으로 두께 20~25 μm의 절편을 제작한 후 영구 프레파라트를 제작하였다. 마이크로피브릴 경사각은 만재가도관의 벽공 경사각을 이용하여 측정하였다.

결과 및 고찰

1. 방사방향 가도관 길이 변화

침엽수 중 소나무 가도관의 길이는 수심부에서 가장 짧고, 10~15년 정도까지는 수피 방향으로 급격히 신장하며 그 후 신장률이 감소하다가 20년을 전후하여 안정되는 것으로 알려져 있다. Figure 1은 평균 가도관 길이 2.5mm를 0.1mm 간격의 6개 그룹으로 구분한 그중 1개 가계의 반경방향 가도관 길이의 변이를 나타내었다. 각 가계별 평균 가도관 길이는 Table 2와 같다.

가도관 길이는 1~11년까지는 급격하게 성장하지만 11년 이후부터 안정되는 경향을 보였다. 일반적으로 가도관 길이의 신장률이 1% 이하인 지점을 성숙재와 미성숙재를 구별하는 기준지표로 활용한다. Figure 1에 나타난 강원26, 30, 90, 56호 및 충남 4호는 11~13년 사이에서

Table 2. Average trachied length by families.

| Family No. | Trachied length (mm) | Family No. | Trachied length (mm) | Family No. | Trachied length (mm) |
|------------|----------------------|------------|----------------------|------------|----------------------|
| K7 | 2.50 | K74 | 2.89 | K85 | 2.74 |
| K22 | 2.70 | K75 | 2.72 | K86 | 2.54 |
| K26 | 2.29 | K76 | 2.84 | K87 | 2.76 |
| K30 | 2.55 | K78 | 2.97 | K88 | 2.63 |
| K56 | 2.75 | K79 | 2.73 | K89 | 2.69 |
| K57 | 2.79 | K80 | 2.79 | K90 | 2.64 |
| K70 | 2.42 | K81 | 2.68 | KB49 | 2.79 |
| K71 | 2.71 | K82 | 2.59 | KB50 | 2.55 |
| K72 | 2.56 | K83 | 2.59 | CN4 | 2.86 |
| K73 | 2.75 | K84 | 2.55 | CN5 | 2.88 |

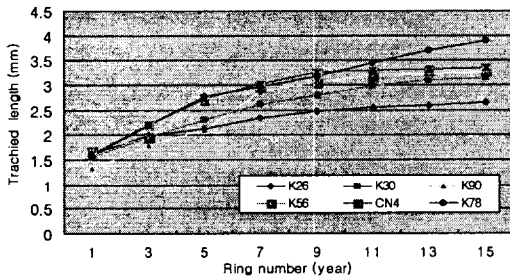


Figure 1. Variations of tracheid length from pith to bark.

가도관 길이의 신장률이 1% 이하로 안정되고 있으며, 이로부터 13년을 기점으로 성숙재와 미성숙재로 구분할 수 있을 것으로 판단된다. 잣나무의 경우 미성숙재에서 성숙재로 전환되는 경계는 15년에서 18년으로 알려지고 있다 (Kim, 1982; Kang 1993). 이러한 결과에 비해 본 연구에서 관찰된 소나무의 미성숙재와 성숙재간의 구분 연륜 경계는 다소 빠른 것으로 사료된다. 다만 본 연구의 소나무 공시 개체가 우수한 가계로부터 선발하여 조립한 우량개체이며, 그 유전적 요인이 미성숙재에서 성숙재로의 전환이 빨라지는 현상에 기여한 한 원인으로 추정할 수 있다.

2. 전건비중의 반경방향 변이

가계 별 평균 전건비중은 Table 3과 같다. 공시 개체의 가계별 평균 전건비중은 0.35~0.49의 범위에 속하며, 강원26호가 0.35로 가장 작고, 강원57호가 0.49로 가장 컸다. 가계 간에 유의성 있는 차이가 관찰되었다. 전건비중을 0.36이하, 0.37~39, 0.40~43, 0.44~46, 0.47이상으로 구분하고 각 그룹에서 평균에 해당하는 가계를 선택하여 반경방향 전건비중의 변이를 Figure 2에 나타내었다. 소나무는 수에서 수피방향으로 비중이 증가하는 경향을 보이는 수종으로 알려져 있다. 본 연구에서 분석한 공시 개체의 수령이 15년으로 제한되어 반경방향으로의 비중 변

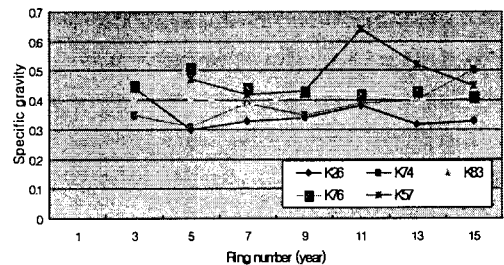


Figure 2. Variations of specific gravity from pith to bark.

Table 3. Average specific gravity by families.

| Family No. | specific gravity | Family No. | specific gravity | Family No. | specific gravity |
|------------|------------------|------------|------------------|------------|------------------|
| K7 | 0.39 | K74 | 0.38 | K85 | 0.46 |
| K22 | 0.39 | K75 | 0.39 | K86 | 0.42 |
| K26 | 0.35 | K76 | 0.44 | K87 | 0.40 |
| K30 | 0.41 | K78 | 0.48 | K88 | 0.36 |
| K56 | 0.39 | K79 | 0.41 | K89 | 0.43 |
| K57 | 0.49 | K80 | 0.47 | K90 | 0.39 |
| K70 | 0.38 | K81 | 0.47 | KB49 | 0.39 |
| K71 | 0.40 | K82 | 0.40 | KB50 | 0.37 |
| K72 | 0.39 | K83 | 0.41 | CN4 | 0.38 |
| K73 | 0.39 | K84 | 0.43 | CN5 | 0.43 |

이 분석에 충분하지 못한 점이 있었다. 반경방향 비중 변이에 일정한 경향을 발견할 수 없었으며, 아울러 개체간의 특성도 관찰되지 않았다.

3. 수지구 분포비율

각 가계별 평균 수평수지구의 mm²당 분포 수는 Table 4와 같다. 소나무에는 수직수지구와 수평수지구 등 2종류의 수지구가 분포한다. 수직수지구는 대부분이 만재부에 분포하기 때문에 연륜 폭에 따른 변이가 크고 단위 면적 당 분포

수를 산정하기가 곤란하다. 따라서 비교적 그 분포에 변이가 적은 수평수지구에 대해 1mm²당 분포수를 측정하였다.

수평수지구 분포수가 1.3 이하로 적은 가계는 강원79호 등 9가계이며, 1.4~1.5개/mm²인 경우는 강원30호 등 9가계이며, 1.5개 이상은 강원78호 등 7가계로 나타났다. 단위면적 당 분포수가 가장 적은 강원79호는 1.11개/mm², 가장 많은 강원83호는 1.70개/mm²로 가계 간 차이가 큰 것으로 나타났다.

Table 4. Numbers of transverse resin canal per mm².

| Family No. | number per mm ² | Family No. | number per mm ² | Family No. | number per mm ² |
|------------|----------------------------|------------|----------------------------|------------|----------------------------|
| K30 | 1.47 | K76 | 1.38 | K86 | 1.70 |
| K56 | 1.42 | K78 | 1.52 | K87 | 1.38 |
| K57 | 1.18 | K79 | 1.11 | K88 | 1.45 |
| K70 | 1.44 | K80 | 1.33 | K89 | 1.24 |
| K71 | 1.38 | K81 | 1.65 | K90 | 1.23 |
| K72 | 1.42 | K82 | 1.66 | KB49 | 1.52 |
| K73 | 1.27 | K83 | 1.70 | KB50 | 1.52 |
| K74 | 1.28 | K84 | 1.48 | CN4 | 1.25 |
| K75 | 1.24 | K85 | 1.41 | CN5 | 1.24 |

Table 5. Average microfibril angle(MFA) by families.

| Family No. | MFA | Family No. | MFA | Family No. | MFA |
|------------|------|------------|-------|------------|------|
| K30 | 12.8 | K76 | 17.9 | K86 | 21.5 |
| K56 | 18.9 | K78 | 22.9 | K87 | 18.6 |
| K57 | 20.5 | K79 | 23.0 | K88 | 24.3 |
| K70 | 23.0 | K80 | 21.2 | K89 | 19.8 |
| K71 | 20.5 | K81 | 22.4 | K90 | 23.2 |
| K72 | 18.5 | K82 | 16.1 | KB49 | 19.3 |
| K73 | 12.8 | K83 | 18.15 | KB50 | 25.7 |
| K74 | 9.0 | K84 | 25.4 | CN4 | 28.6 |
| K75 | 28.5 | K85 | 22.6 | CN5 | 23.2 |

4. 마이크로피브릴 경사각

마이크로피브릴 경사각은 침엽수재의 물리적, 기계적 성질에 직접적인 영향을 미치기 때문에 매우 중요한 재질지표 중의 하나이다. 마이크로피브릴 경사각은 수에서부터 수피 방향으로 감소하는 것이 일반적인 경향이며 15년을 전후하여 안정되는 것으로 알려져 있다.

각 가계의 15번째 연륜에서 측정된 평균 마이크로피브릴 경사각을 Table 5에 나타내었다. 본 연구서 측정된 27가계의 마이크로피브릴 경사각의 범위는 9.0~28.6°이었다. 강원74호가 9.0°로 가장 작았고, 충남4호가 28.6°로 가장 컸으며 가계 간 차이가 큰 것으로 나타났다. 마이크로피브릴 경사각이 재질에 미치는 영향이 매우 크기 때문에 우량개체의 선발과정에서 마이크로피브릴 경사각을 선발지표로 활용하는 방안에 대한 심층적인 연구가 필요할 것으로 사료된다. 특히 조기 검증을 통한 우량개체의 선발은 우수하고 균일한 재질의 목재를 생산하는데 크게 기여할 수 있는 육림전략으로 판단된다.

결론

소나무의 가계별 재질특성에 영향을 미치는 인자의 차이를 조사하기 위하여 기초적 재질지표로

이용되는 가도관 길이 및 비중, 수지구 분포비율, 마이크로피브릴 경사각을 조사하였으며 그 주요 결과를 요약하면 다음과 같다.

강원 26, 30, 90, 56호 및 충남 4호에서 관찰된 가도관 길이의 방사방향 변이는 11~13년 사이에서 길이 신장률이 1% 이하로 안정되고 13년을 기점으로 매우 빠르게 성숙재로 전환되었다. 가계별 평균 전건비중은 0.35~0.49의 범위 내에 속하며 강원26호가 0.35로 가장 작고, 강원57호가 0.49로 가장 크며 가계 간에 유의성 있는 차이가 있었다. 단위면적당 수평수지구 분포 수는 강원79호가 1.11개/mm²로 가장 적고, 강원83호는 1.70개/mm²로 가장 크며, 가계별로 차이가 인정되었다. 15번째 연륜에서 측정된 마이크로피브릴 경사각의 가계 간 범위는 9.0~28.6°이고, 강원74호가 9.0°로 가장 작고, 충남4호가 28.6°로 가장 컸다. 특히 가계 간 차이가 큰 것으로 나타났다.

기초 재질인자들의 가계 간 변이가 유전적 특성에서 기인하였는지 아니면 단순한 개체 간의 차이인지에 대해서는 보다 심층적인 연구가 필요할 것이다. 그러나 우량개체의 선발과 육종에 이러한 재질인자를 고려하여 조기에 검증하는 방안을 관리지표로 활용하는 방안을 검토할 필요가 있다.

인 용 문 헌

1. Fujisawa. Y. Ohta, S., and Nishimura. K. 1992. Wood characteristic and genetic variation in sugi I. Mokuzai Gakgaishi. 38(7) : 638-644.
2. Fujisawa. Y. Ohta, S., and Nishimura. K. 1993. Wood characteristic and genetic variation in sugi II. Mokuzai Gakgaishi. 39(8) : 875-882.
3. Fujisawa, Y., and Ohta, S. 1994. Wood characteristic and genetic variation in sugi IV. Mokuzai Gakgaishi. 41(7) : 631-639.
4. Lee. W. Y., and Kim. S. C. 1982. Study on wood quality of *Pinus koraiensis*(6). Mokchae konghak. 10(1) : 38-46.
5. Kang. S. K. 1993. Changes in cellular characteristics and qualities of matured and juvenile wood from tree of *pinus koraiensis*. Mokchae konghak. 21(2) : 73-80.