

제주산 참식나무와 황칠나무의 건조스케줄 개발

Development of Kiln-Drying Schedules for *Neolitsea sericea*
and *Dendropanax morbifera* Grown in Jeju Island

김수원 · 정성호 · 정두진 · 박병수 · 강호양

제주산 참식나무와 황칠나무의 건조스케줄 개발

김수원 · 정성호 · 정두진 · 박병수*¹ · 강호양*²

Development of Kiln-Drying Schedules for *Neolitsea sericea* and *Dendropanax morbifera* Grown in Jeju Island

Su-Won Kim*¹ · Song-Ho Chong · Doo-Jin Jung ·
Byung-Su Park*² and Ho-Yang Kang*¹

목 차

1. 서론	3-1 오븐급속건조
	2-2 건조스케줄의 조제
2. 재료 및 방법	3-3 열기건조스케줄의 검정
2-1 공시재료	
2-2 실험방법	4. 결 론
3. 결과 및 고찰	5. 참고문헌

ABSTRACT

This research is to develop kiln-drying schedules for 2.7 mm thick boards of *Neolitsea sericea* and *Dendropanax morbifera*, which grow in the southern region of Korean Peninsula. These two species are lesser-known to woodcraft industry in this country. The proper USDA drying schedules for *Neolitsea sericea* and *Dendropanax morbifera* were found to be T10-C6 and T10-E6, respectively, by using the Quick Oven-drying Method. The boards dried in a kiln with the newly-developed schedules were revealed to be free from warping and checking.

keywords : *Neolitsea sericea*, *Dendropanax morbifera*, kiln drying, USDA schedule

*1 충남대학교 농과대학 College of Agriculture, Chungnam National University, Daejeon 305-764, Korea

*2 임업연구원 임산공학부 Forest Products Division, Forestry Research Institute, Seoul 130-012, Korea

1. 서 론

세계의 여러 수종 중 극히 일부만 산업적으로 이용되어 왔으며 그 밖의 수종은 목재로써의 가치를 인정받지 못해 용도가 개발되지 못하였다. 그러나 목재자원의 부족으로 미이용 수종에 대한 연구가 절실히 요구되고 있다. 특히 목재 수요의 90% 이상을 수입하고 있는 우리나라로서는 더욱 큰 필요성을 느끼고 있다.

본 연구진은 국내 미이용 수종의 용도개발 연구의 일환으로 조림 수종인 리기테다 소나무와 백합나무의 건조스케줄을 개발하였다(이 등, 2000). 같은 목적으로 본 연구에서는 한반도 남쪽에 서식하는 대표적 미이용 수종인 참식나무(*Neolitsea sericea*)와 황칠나무(*Dendropanax moribifera*)를 대상으로 하였다.

참식나무는 울릉도와 남쪽 따뜻한 곳에 자라는 상록교목으로 높이가 10m에 달하며 가슴높이둘레 1.12m, 높이 10m의 것이 보길도 예송리 바닷가에 자라고 있다(임업시험장, 1973). 황칠나무는 목재보다 수피에서 배출되는 황칠을 더 많이 이용해 왔다. 참식나무와 마찬가지로 남쪽에서 자라는 상록교목으로 큰 것은 높이 15m, 지름이 80cm에 달한다. 수피에 상처를 내면 나오는 누른 진을 정제한 것이 황칠인데 목제품뿐 아니라 철물에도 우수한 보호막을 형성하는 도료로 알려졌다. 이에 대한 연구가 많이 수행되었다(임 등, 1997; 1998a; 1998b).

본 연구에서는 이 두 수종의 건조특성을 조사하고 寺澤법(정, 1990)을 이용하여 열기 건조 스케줄을 개발하므로써 목공예 및 가구용재로 이용가능성을 조사하였다.

2. 재료 및 방법

2-1 공시 재료

제주도 남제주군 남원읍 한남리에서 흉고 직경 25~18cm, 수고 8~11m의 참식나무와 흉고 직경 34~35cm, 수고 9~12m의 황칠나무

수 그루를 벌목하여 서울 임업연구원으로 가져왔으며 그곳에서 명목두께 30mm 판목 판재로 제재하여 건조실험 장소로 운반해 왔다. 여러 겹의 두꺼운 비닐로 싸서 운반하였기 때문에 건조스케줄 추정실험 때까지 생재 상태를 유지하고 있었다.

寺澤(정, 1990)가 제시한 오븐급속건조법을 시행하기 위해 공시판재에서 너비 100mm, 길이 200mm의 판목시편을 잘라 황칠나무 8개, 참식나무 6개를 각각 준비하였다. 버니어 캘리퍼스로 측정된 시편의 평균 두께는 27mm였다. 모든 시편은 생재상태를 유지했으며 무결점이었다.

오븐급속건조를 통하여 얻어진 추정 건조스케줄의 타당성을 검증하기 위해서 여러 가지 폭의 공시판재를 그대로 사용하였다. 판재 길이는 건조기 규격에 맞추어 800mm로 잘랐다. 마구리 할렬을 예방하기 위해 마구리제(end-coater)로 초산비닐수지에멜전(PVAc)을 사용하였다.

2-2 실험방법

2.2.1 오븐급속건조

오븐급속건조 시편 14개의 생재상태 치수(가로, 세로, 높이)와 무게를 캘리퍼스와 디지털 저울로 측정하였다. 한꺼번에 103±2℃ 오븐에 넣고 건조하면서 모든 시편의 무게를 일정 시간마다 측정하였다. 이 때 마구리 할렬, 표면할렬 등 건조초기 결함의 발생 여부와 형태를 관찰하였다.

시편이 전건된 후에는 무게를 재고, 마구리 단면의 변형량을 그림 1과 같이 측정하여 변형량(A-B)을 구하였다. 이 변형량은 찌그러짐(collapse)의 발생가능성과 정도를 유추하는데 사용될 수 있다. 그 후에 모든 시편의 중앙을 절단하여 내부할렬의 발생여부를 조사하였다.

2.2.2 열기건조시간의 추정

寺澤법(정, 1990)에 의한 열기건조시간 추정은 다음과 같이 한다. 오븐급속건조의 함수율경과 그래프를 이용하여 시편 함수율이 1%

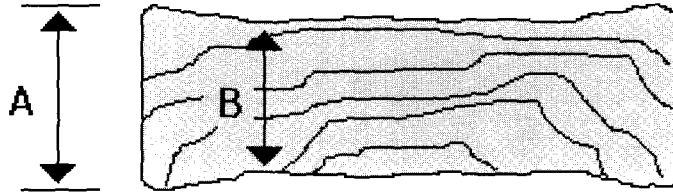


Fig. 1. Measuring the deformation of board thicknesses

될 때까지의 오븐건조시간을 추정한다. 이 값과 건조초기 건조구온도차 값을 사용하면 각각의 열기건조시간을 寺澤의 열기건조추정시간 그래프(정, 1990 243p)에서 찾을 수 있다. 양자의 평균치가 바로 시험한 목재의 25mm 두께 생재에서 함수율 10%까지의 추정 열기건조시간이 된다.

2.2.3 열기건조스케줄의 조제

오븐급속건조를 실시하여 측정된 초기할렬, 마구리단면의 변형, 내부할렬의 형태를 이용하여 초기온도와 말기온도 그리고 초기 건조구온도차를 찾았다. 이 값들과 초기함수율 그리고 건조에 적당한 습도조건을 가정하여 미국임산물연구소의 건조스케줄을 추정하였다.

2.2.4 열기건조스케줄의 검정

추정 열기건조스케줄 검정에 사용된 건조기는 전기식 열기건조기로 잔적공간은 폭 1000mm, 깊이 800mm, 높이 700mm 였다. 최대재간 풍속은 8m/sec 이며, 최대압력 5기압의 보일러가 별도로 부착되어 가슴에 사용되었다. 건조 중에는 풍속 4m/sec를 유지하였다.

참식나무와 황칠나무를 별도로 건조하였다. 건조 중에는 잔적의 중간에 설치한 시험재의 무게를 주기적으로 측정하였다.

모든 시험 판재는 실험이 끝난 후 양끝의 마구리에서 3cm씩 절단하여, 육안으로 마구리할렬의 진행 여부를 판단하였다. 판재 중앙에서 2.5cm 폭의 함수율 시험재를 떼어내어 시험 판재의 최종함수율을 추정하였으며

떼어낸 함수율 시험재로 내부할렬 여부를 판단하였다.

3. 결과 및 고찰

3-1 오븐급속건조

3.1.1 생재함수율 및 생재비중

오븐급속건조 시편을 이용하여 치수법으로 측정된 생재비중과 생재함수율은 참식나무는 평균 0.46과 69.3%, 황칠나무는 평균0.48과 100.1%였다. 사용된 시편들은 비중 측정용으로 사용하기에는 큰 치수지만 비교적 정확한 값을 얻은 것으로 생각된다.

3.1.2 초기할렬의 형태

건조초기 대표적인 할렬의 형태는 수종별로 그림 2와 같다. 참식나무는 공시원목의 직경이 작았기 때문에 모든 판재가 수를 포함하고 있어 수에서 시작되는 수심재터짐(boxed heart split)을 나타냈다. 반면 황칠나무는 터짐이 없었으며 마구리할렬만 나타냈다.

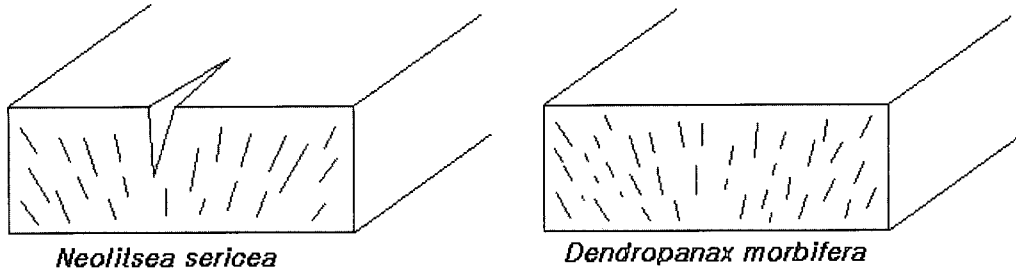


Fig. 2. Diagrams of the typical ends of the two species at the early stage of kiln drying

3.1.3 마구리단면의 변형율과 내부할렬

위 그림 1의 방식으로 측정된 마구리단면의 평균 변형율 및 표준편차는 참식나무와 황칠나무가 각각 0.54 ± 0.22 mm와 0.69 ± 0.21 mm였다. 따라서 황칠나무가 참식나무보다 찌그러짐이 발생할 가능성이 높다고 할 수 있다.

참식나무에서 내부할렬이 전혀 발견되지 않았으나 황칠나무에서는 시편 8개중 3개에서 발견되었다. 그러나 각 시편 당 한 개씩 발생하였는데 모두 표면할렬이 발전한 것이었다.

3.1.4 열기건조시간의 추정

오븐급속건조 경과를 반로그 그래프에 나타내면 그림 3과 같다. 함수율 1%까지의 건조시간은 건조초기 2개의 데이터를 제외한 직선회귀식에서 구하였다. 참식나무와 황칠나무의 회귀식은 각각 $y = -0.0572x + 2.0441$ 와 $y = -0.0572x + 2.0441$ 이다. 여기서 y 는 함수율, x 는 $\log(\text{시간})$ 을 의미한다. 이 회귀식으로 구한 함수율 1%까지의 건조시간은 참식나무와 황칠나무가 각각 37.5와 35.7시간이었다.

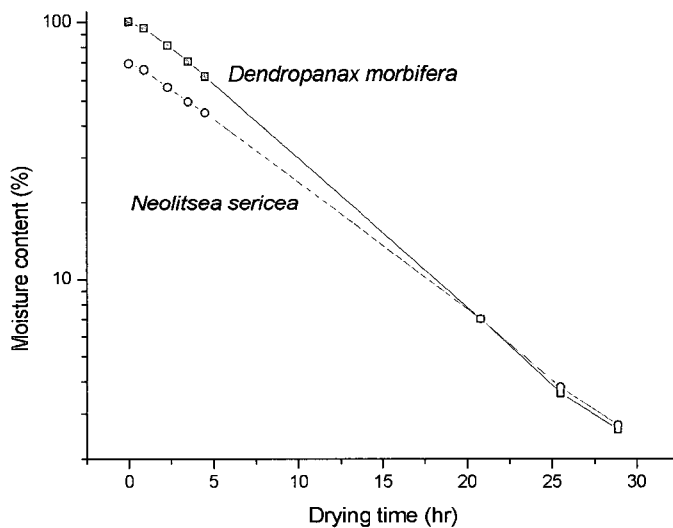


Fig 3. Drying curves of the two species, obtained from the Quick Oven-Drying Method.

Table 1. Kiln-drying schedule for *Neolitsea sericea* (T10-C6)

MC(%)	Temperature(°C)		
	Dry-bulb	Wet-bulb	Wet-bulb depression
Green~40	60.0	51.9	8.1
40 ~ 35	60.0	49.0	11
35 ~ 30	60.0	43.5	16.5
30 ~ 25	65.5	37.5	28
25 ~ 20	71.0	43.5	27.5
20 ~ 15	76.5	49.0	27.5
15 ~ end	82.0	54.5	27.5

오븐급속건조실험으로 구한 초기건습구온도차는 두 수종 모두 5°C였으므로 寺澤의 그래프에 나타난 추정열기건조시간은 4일이 된다. 한편 함수율 1%까지의 건조시간을 이용한 추정열기건조시간은 참식나무와 황칠나무가 각각 11일과 10일이 된다. 따라서 이들의 평균은 참식나무와 황칠나무가 각각 7.5과 7.0일이 된다. 이 값들은 25mm두께 생재에서 함수율 10%까지의 추정열기건조시간이 된다.

3-2 건조스케줄의 조제

위에서 얻은 초기할렬의 형태, 마구리단면의 변형율, 내부할렬 형태를 寺澤법에 적용시키면 참식나무와 황칠나무 모두 초기건조온도는 60°C, 초기건습구온도차는 5°C, 말기건조온도는 80°C의 조건을 얻을 수 있다. 이러한 온도조건은 미임산물연구소 스케줄 T10과 같다.

여기에 생재함수율(참식나무 69.3%, 황칠나무 100.1%)를 적용하면 참식나무는 미임산물연구소 스케줄의 초기함수율 C가 되고 황칠나무는 E가 된다. 마지막으로 건습구온도차는 8단계 중 약간 강한 건조조건인 6단계를 적용하였다. 따라서 이상을 모두 종합하여 미임산물연구소 스케줄로 참식나무는 T10-C6(표 1), 황칠나무는 T10-E6(표2)를 얻었다.

3-3 열기건조스케줄의 검정

Table 2. Kiln-drying schedule for *Dendropanax morbifera* (T10-E6)

MC(%)	Temperature(°C)		
	Dry-bulb	Wet-bulb	Wet-bulb depression
Green~60	60	51.5	8.5
60 ~ 50	60	49.0	11
50 ~ 40	60	43.5	16.5
40 ~ 30	60	32.0	28
30 ~ 25	65.5	37.5	28
25 ~ 20	71.0	43.5	27.5
20 ~ 15	76.5	49.0	27.5
15 ~ end	82.4	54.5	27.4

위에서 구한 열기건조스케줄을 이용하여 수종별로 건조하여 결과를 검정하였다.

3.3.1 참식나무

참식나무의 건조그래프와 온·습도 그래프는 그림 4와 같다. 두께 27mm 참식나무 판재를 함수율 10%까지 건조시키는데 약 이틀정도가 소요되었는데 이것은 추정건조시간 7.5일보다 훨씬 적은 시간이다. 열기건조 시작 전까지 실내에 보관하는 동안 판재가 25.4%까지 건조되었기 때문이다. 따라서 자동적으로 천연건조를 실시한 효과를 갖게 되었는데 이때까지 어떠한 할렬도 관찰되지 않았다.

마구리할렬은 모든 판재에서 3cm 이상 발견하지 않았으나 수를 포함하고 있는 판재에서는 수심재터짐이 발견되었다. 내부할렬은 전혀 발견되지 않았다.

3.3.2 황칠나무

황칠나무의 건조그래프와 온·습도 그래프는 그림 5와 같다. 두께 27mm 황칠나무 판재를 함수율 10%까지 건조시키는데 약 3.5일정도가 소요되었는데 이것은 추정건조시간 7.0일보다 훨씬 적은 시간이다. 이는 참식나무와 마찬가지로 열기건조 시작 전까지 실내에 보관하는 동안 판재가 35.4%까지 건조되었기 때문이다. 따라서 자동적으로 천연건조를 실시한 효과를 갖게 되었는데 이때까지 어떠한

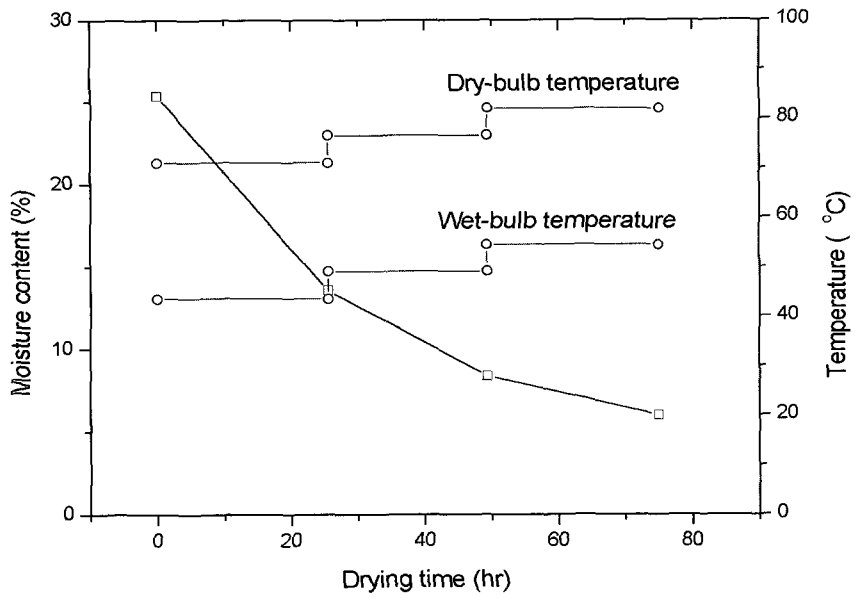


Fig. 4. Plots of moisture contents, dry- and wet-bulb temperatures for drying *Neolitsea sericea* boards using the new drying schedule.

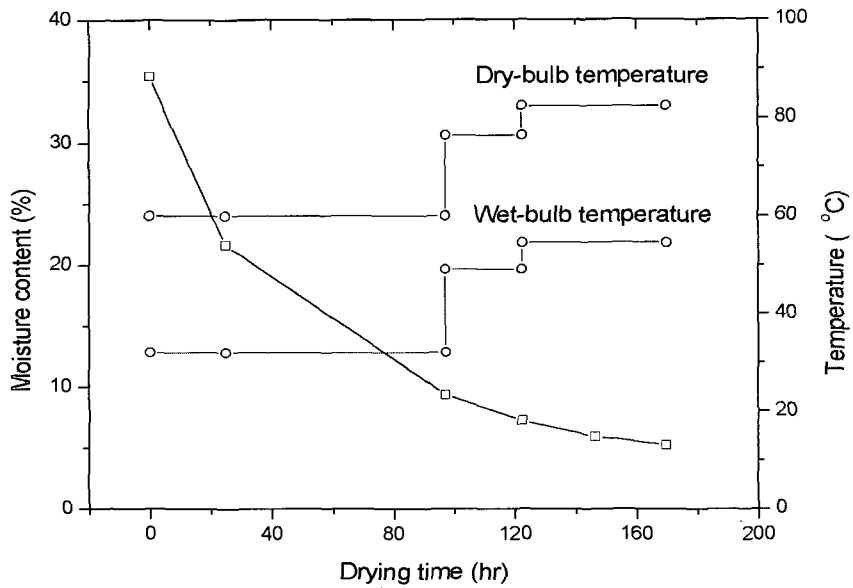


Fig. 5. Plots of moisture contents, dry- and wet-bulb temperatures for drying *Dendropanax morbifera* boards using the new drying schedule.

할렬도 관찰되지 않았다.

마구리할렬은 모든 판재에서 3cm 이상 발전하지 않았으나 수를 포함하고 있는 판재에서는 수심재터짐이 발견되었다. 내부할렬과 틀어짐이 전혀 발생하지 않았다.

4. 결 론

목재자원이 부족한 현실에 있어서 미사용 수종의 용도개발은 매우 중요한 과제이다. 지금까지 목재로 많이 이용되지 않은 황칠나무와 참식나무의 열기건조스케줄을 寺澤의 오븐 급속건조법을 사용하여 추정하였으며, 추정된 열기건조스케줄을 실험을 통해 검증하였다. 그 결과는 다음과 같다.

1. 치수법으로 측정한 생재비중과 생재함수율은 참식나무는 평균 0.46과 69.3%, 황칠나무는 평균 0.48과 100.1%였다.
2. 寺澤의 오븐급속건조법을 사용하여 얻은 참식나무와 황칠나무의 기초 열기건조 조건은 두 수종 모두 초기건조온도는 60℃, 초기건습구온도차는 5℃, 말기건조온도는 80℃ 였다. 이러한 조건을 미임산물연구소 스케줄에 적용하여 참식나무는 T10-C6, 황칠나무는 T10-E6의 열기건조스케줄을 얻었다.
3. 새로 얻은 열기건조스케줄로 27mm 판재를 건조한 결과, 두 수종 모두 불가피하게 발생한 수심재터짐 이외에는 할렬과 틀어짐이 전혀 발생하지 않았다.

5. 참고문헌

1. 이관영, 강호양, 정성호, 정두진. 2000. 리기테다 소나무와 백합나무(yellow poplar)의 건조스케줄 개발. 한국가구학회지 11(1): 69-74
2. 임기표, 김윤수, 정우양. 1997. 전통 황칠도료 개발에 관한 연구(I)-황칠나무와 황칠액의 해부학적 특성과 화학적 조성. 목재공학 25(3):24-28
3. 임기표, 정우양, 홍동화. 1998b. 전통 황칠도료 개발에 관한 연구(III)-전통 황칠도료의 주성분 분석. 목재공학 26(3):73-80
4. 임기표, 정우양. 1998a. 전통 황칠도료 개발에 관한 연구(II)-황칠나무 수피 추출물 및 삼출액의 화학적 조성 및 도료용 오일특성. 목재공학 26(1):7-13
5. 임업시험장. 1973. 한국수목도감. 임업시험장, 서울, 한국