

황장목의 부후 및 흰개미 저항성¹

이 애 희² · 장 재 혁² · 황 원 중³ · 김 남 훈^{2,†}

Decay and Termite Resistance of Yellow-Hearted Pine (*Pinus densiflora* for. *erecta* Uyeki)¹

Ae-Hee Lee² · Jae-Hyuk Jang² · Won-Joung Hwang³ · Nam-Hun Kim^{2,†}

요 약

황장목(黃腸木)은 적황색을 띠는 심재부의 비율이 높고 연륜폭이 매우 조밀하며 최소 수령이 100년 이상 되는 귀중한 소나무 자원이다. 조선시대에는 황장목을 궁궐, 사찰 등 중요 건축물에 사용하였다. 하지만 황장목의 재질특성에 관한 연구는 매우 부족한 실정이다. 본 연구에서는 황장목의 천연내구성을 검토하기 위하여 부후균 및 흰개미 저항성을 조사하였다. 공시균은 갈색부후균(*Fomitopsis palustris*)과 백색부후균(*Trametes versicolor*) 균주를 사용하였고, 공시 흰개미는 일본흰개미(*Reticulitermes speratus*)를 사용하였다.

그 결과, 갈색 및 백색부후균에 의한 중량감소율은 심재부에서 3.7~5.6%, 변재부에서는 16.1~26.3%로 나타났다. 또한, 흰개미 사충률은 심재부에서 약 47%로 매우 높게 나타났다. 이러한 결과를 통하여 황장목의 심재부는 부후균 및 흰개미에 대한 저항력이 뛰어난 것을 알 수 있었다.

ABSTRACT

Yellow-hearted pine (YHP; *Pinus densiflora* for. *erecta* Uyeki) is one of the Red pine species and has extremely narrow growth ring and high ratio of heartwood growing in Korea. It has been used for valuable wooden constructions as palace and temple for royal family since the Joseon Dynasty period. However, scientific information on the wood properties of YHP is still very lacking. This study was carried out to investigate natural durability of YHP to fungi and termites attack. Examination of anti-fungal and anti-termite properties of YHP was performed at indoor condition using brown-rot fungi (*Fomitopsis palustris*), white-rot fungi (*Trametes versicolor*), and termite (*Reticulitermes speratus*). The results showed that weight loss of the heartwood in YHP after fungi and termite test was much lower than those of the sapwood in YHP. Furthermore, the highest mortality of termite was obtained from the heartwood of YHP. Consequently, it is clearly revealed that the heartwood of YHP has excellent durability against brown- and white-rot fungi and termite.

¹ Date Received May 25, 2016, Date Accepted October 12, 2016

² 강원대학교 산림환경과학대학. College of Forest & Environmental Sciences, Kangwon National University, Chuncheon 24341, Republic of Korea

³ 국립산림과학원 임산공학부. Department of Forest Product Engineering, Korea Forest Research Institute, Seoul 02455, Republic of Korea

[†] 교신저자(Corresponding author): 김남훈(e-mail: kimnh@kangwon.ac.kr)

Keywords : yellow-hearted pine, red pine, natural durability, fungi, termite, mortality, *Pinus densiflora* for. *erecta* Uyeki

1. 서 론

황장목(黃腸木)은 연륜폭이 매우 조밀하고 최소 수령이 100년 이상 되는 소나무를 의미하며 수피는 암회색이며 거북이등껍질 모양으로 갈라져 있다. 또한 심재와 변재간의 색차이가 뚜렷하고, 적황색을 띠는 심재부가 크게 발달되어 있다(Kim, 2013). 황장목은 조선시대부터 궁궐 및 사찰 건축용, 재궁용 등 국가적으로 중요한 자원으로 인식하였다. 이러한 이유로 황장목을 생산하는 곳을 황장봉산으로 지정하였으며, 이 지역에는 수목을 보호하기 위한 경고의 표시로 황장금표(黃腸金表)를 세우기도 하였다(Park, 2006). 황장봉산과 황장금표의 위치를 통하여 황장목의 서식지는 태백산맥 주위 지역과 전라도 지역(순천, 강진, 고흥)인 것을 알 수 있다(Korea National Arboretum, 2009). 태백산맥 주변 지역에서 생장하고 있는 황장목은 1928년 Uyeki에 의해 금강송으로 분류되어 현재는 금강송으로 불리고 있다. 따라서 황장금표가 있는 지역에서 생산된 목재는 오래된 명칭인 황장목으로 부르는 것이 옳은 것으로 생각된다. 황장목은 금강송 중에서도 수령이 오래되고 심재부의 색이 적황색이며 심재율이 높은 나무로 정의할 수 있다. 하지만 황장목을 비롯한 금강송은 우리나라에서만 보고되고 있는 고유 수종으로 해외에서의 연구는 아직 전무한 실정이다. 현재 금강송의 우수성에 주목하여 국내에서는 여러 관련 분야에서 다양한 연구가 수행되고 있지만, 이들은 주로 조림 및 생태학적 연구에 집중되어 있다. 국내의 금강송 관련 생태학적 연구에는 한국산 소나무림의 식물 및 사회학적 연구(Lee and Lee, 1989), 우리나라의 지역과 기후별 차이가 금강송의 수간형태 형성에 미치는 영향(Lee et al., 2006), 금강송 및 춘양목소나무 군집과 환경의 상관관계 규명(Song et al., 1995), 울진 소광리 지역 소나무의 임분구조와 성장양상(Jo, 1994) 등이 발표되었고, 목재의 재질특성에 관한 연구에는 금강송의

기계적 성질에 관한 연구(Kim et al., 2014), 울진 금강송재의 재질(Hwang et al., 2014), 경상북도 울진군 소광리 소나무의 가도관 길이 변이 분석(Seo et al., 2014) 등이 있다.

하지만 황장목의 재질특성에 관한 연구는 아직 부족한 실정이다. 또한 황장목과 일반 소나무의 재질특성을 비교하기 위한 연구가 필요하다. 저자 등(Lee et al., 2014)은 선행 연구로 황장목의 해부학적 특성을 분석하여 보고하였다. 본 연구에서는 황장목의 천연 내구성을 조사하기 위하여, 갈색부후균(*Fomitopsis palustris*)과 백색부후균(*Trametes versicolor*), 일본흰개미(*Reticulitermes speratus*)를 사용하여 내후조작 과정을 거친 후, 이들로부터 얻어진 중량감소율로 천연내구성을 평가하였다.

2. 재료 및 방법

2.1. 공시재료

2.1.1. 공시수종

본 연구에서는 남부지방산림청 관할 울진 소광리 금강송 유전자원보호림에서 직접 벌채한 163년생 황장목(Yellow-hearted pine; *Pinus densiflora* for. *erecta* Uyeki)과 68년생 적송(Red pine; *Pinus densiflora* Sieb. et Zucc.)을 공시재료로 이용하였다(Fig. 1).

2.1.2. 공시부후균 및 흰개미

공시균은 국립산림과학원에서 분양받은 갈색부후균(*Fomitopsis palustris*)과 백색부후균(*Trametes versicolor*)을 사용하였고, 공시 흰개미는 일본 흰개미(*Reticulitermes speratus*, Kolbe, 1885)를 사용하였다. 2014년 나주에서 흰개미 군집이 들어있는 부목을 채취 후 기온 26℃, 습도 70%. 암실에 보관하였다. 흰개미 군체는 유시충, 병정개미, 일개미로 구성되어 있는데 직접적으로 목재의 분해에 영향을 끼



Yellow-hearted pine (YHP)
(*Pinus densiflora* for. *erecta* Uyeki)
163 years old, Diameter 53 cm



Red pine (RP)
(*Pinus densiflora* Sieb. et Zucc.)
68 years old, Diameter 37 cm

Fig. 1. Wood discs of Yellow-hearted pine and Red pine.

치는 일개미만 손상이 없게 직접 깃대로 분류하여 사용하였다.

2.2. 실험방법

2.2.1. 부후 시험

황장목에 대한 부후 시험을 위하여 원판으로부터 공시시편을 $20 \times 20 \times 20$ mm (R × T × L) 크기로 제조하여 사용하였다. 제작된 목재시료는 실내에 3주간 보관한 후 내후 조작을 실시하였다. 내후조작은 황장목을 실내에서 사용하는 것을 가정하여 JIS K 1571 (2004)의 부속서에 규정되어 있는 방법에 따라 실시하였으며, 해당 시료를 $60 \pm 2^\circ\text{C}$ 에서 일주일간 보관하며 휘발분을 제거하는 방법으로 진행하였다.

부후 시험은 KS M 1701 (2010)의 부속서의 방부 효력 시험에 따라 실시하였으며, 내후조작을 실시한 시료와 실시하지 않은 시료를 사용하여 비교하였다. 공시균의 배양을 위해 배양액(글루코스 2.5%, 펩톤 0.5%, 맥아추출물 1.0%, 인산제2수소칼륨 0.3%, 황산마그네슘 0.2%)을 사용하였다. 공시균의 배양방법은 배양액에 균을 접종하여 진탕배양하여 균립이 형성되면 배양액 약 3 ml를 배양기 표면에 골고루 뿌려서 접종하고 온도 $26 \pm 2^\circ\text{C}$ 상대습도 70% 이상의 곳에서 보관하였다. 균총이 배양기 전면에 퍼진 후 멸균해둔 공시시편을 공시균 위에 접종한 후 온도

$26 \pm 2^\circ\text{C}$, 상대습도 70% 이상에서 12주간 보관한 후 시험체를 꺼내어 균사를 제거하였다. 이 후 $60 \pm 2^\circ\text{C}$ 에서 건조 후 무게를 측정하여 중량감소율을 계산하였다.

2.2.2. 흰개미 저항성 시험

황장목과 적송의 흰개미 저항성 시험은 JIS K 1571 (2004)의 방의성능시험을 기준으로 실시하였지만 병정개미수의 수가 매우 적어 일본 흰개미(*R. speratus*) 중 일개미만 200두 만을 투여하는 방법으로 실험을 진행하였다. PVC 파이프를 10 cm로 절단한 후 인체용 무독성석고로 아래쪽 면을 막아 공시시편을 흰개미에 노출시켰다. 온도 $28 \pm 2^\circ\text{C}$ 상대습도 70% 이상의 곳에서 3주간 보관하였다. 1주마다 사충률(mortality)을 측정하였으며, 3주 후 중량감소율을 계산하였다.

2.2.3. 추출물 정량분석(알코올-벤젠 추출)

항온수조(EYELA digital water bath SB-1000)의 온도를 90°C 로 설정하고, 105°C 에서 24시간 전건 시킨 둥근 플라스크를 데시케이터에 방냉시킨 후 무게를 측정하였다. 0.5 mm로 분쇄한 황장목과 적송의 시료를 thimble filter에 약 6 g 정도 넣었다. 이 후 99%의 에탄올 용액 75 ml와 벤젠 150 ml를 둥근 플라스크에 넣고 soxhlet를 설치한 후 6시간 동안 추

Table 1. Weight loss by *Fomitopsis palustris* and *Trametes versicolor*

(unit : %)

		YHP	
		HW*	SW*
FOP*	NWS*	3.7 ± 1.9	21.6 ± 2.2
	WS*	3.4 ± 1.8	26.3 ± 4.3
TRV*	NWS	4.8 ± 1.4	16.1 ± 4.8
	WS	5.6 ± 1.9	23.4 ± 5.4

* HW : Heartwood, SW : Sapwood, FOP : *Fomitopsis palustris*,
TRV : *Trametes versicolor*, NWS : Non-weathered samples, WS : Weathered samples

출한 후 농축기(BUCHI rotavapor R-3000)를 사용하여 농축 시켜 105℃에서 24시간 전건 시켰다. 그 후 데시케이터에 방냉시키고 무게를 측정하였다. 추출 성분 함량은 아래와 같이 계산하였다.

$$\text{추출성분(\%)} = \frac{[\text{전건추출농액(g)} + \text{플라스크(g)}] - \text{플라스크(g)}}{\text{전건시료(g)}} \times 100$$

3. 결과 및 고찰

3.1. 부후 시험

Fig. 2는 내후조작을 진행하지 않은 시편, Fig. 3은 내후조작을 진행한 시편의 사진으로, 갈색부후균과 백색부후균을 접종하여 각각 12주가 경과한 후의 모습이다. 육안적으로 보면, 황장목의 심재부는 변재부에 비해 부후균의 배양정도가 월등히 적은 것을 확인할 수 있다. 내후조작을 진행하지 않은 시편의 경우, 백색부후균에 노출되었을 때 균의 배양정도가 가장 큰 것으로 나타났다.

Table 1은 12주가 경과한 후 갈색부후균과 백색부후균에 의한 각 시편의 중량감소율을 나타낸 것이다. 황장목의 변재부의 경우 내후조작여부에 따라 중량감소율이 약 7% 차이가 나타났다. 이는 내후조작을 통해 갈색부후균의 침투를 방해하는 추출물이 많이 제거되어 내후조작을 실시한 시편에서 중량감소율이 높게 나타난 것으로 사료된다.

내후조작여부에 따라 전체적으로 살펴보면 내후조

작을 실시한 시편이 내후조작을 실시하지 않은 시편보다 중량감소율이 높게 나타난 것을 알 수 있다. 이는 내후조작으로 인해 목재의 추출성분 일부가 휘발됨으로써 목재의 내구성이 다소 변화되었기 때문으로 생각된다.

부후균의 종류에 따라 살펴보면 전체적으로 갈색부후균의 중량감소율이 백색부후균의 중량감소율보다 높게 나타났다. Maeda *et al.* (2015)은 Sitka spruce재의 부후균에 대한 중량감소율은 갈색부후균 약 40%, 백색부후균 약 30%로 갈색부후균에 의한 중량감소율이 더 높다고 보고하여, 본 연구결과와 유사한 경향을 보여주었다. Kirk *et al.* (1973)은 백색부후균은 모든 목재 구성성분을 분해하지만, 갈색부후균은 리그닌을 제외하고 셀룰로오스와 헤미셀룰로오스만을 빠르게 분해하는 것으로 보고하였다. Kim *et al.* (2004)은 갈색부후균은 침엽수의 가도관이나 활엽수의 목섬유로 이동하면서 세포벽을 분해하는데, 이때 갈색부후균에 의한 셀룰로오스 분해에는 저분자 대사물질이 관여하고 있는 것이 확실하지만, 저분자 대사물질이 glucanohydrolase와 어떻게 작용하여 결정형 셀룰로오스 분해에 관여하는지는 아직 밝혀지지 않고 있다고 보고하고 있다. 이러한 점으로 보아 백색부후균과 갈색부후균의 중량감소율은 수종, 추출물 함량 등에 따른 부후성능효과의 차이에서 기인하는 것으로 판단된다.

ASTM D2017의 분류표를 살펴보면 중량감소율 “10% 이하: 저항성 높음”, “11~24%: 저항성 있음”, “25~44%: 보통”, “45% 이상: 저항성이 없음”으로 구분하고 있다. 황장목 심재부의 중량감소율은

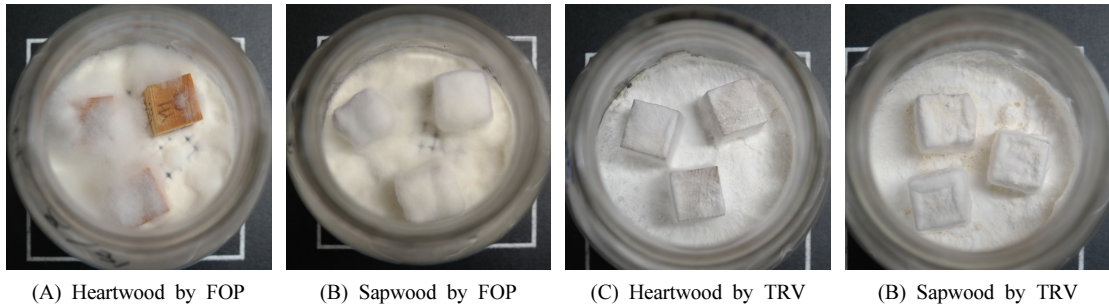


Fig. 2. Non-weathered YHP after cultivation of FOP and TRV in the dark room at $26 \pm 2^\circ\text{C}$ and RH 70% for 12 weeks.

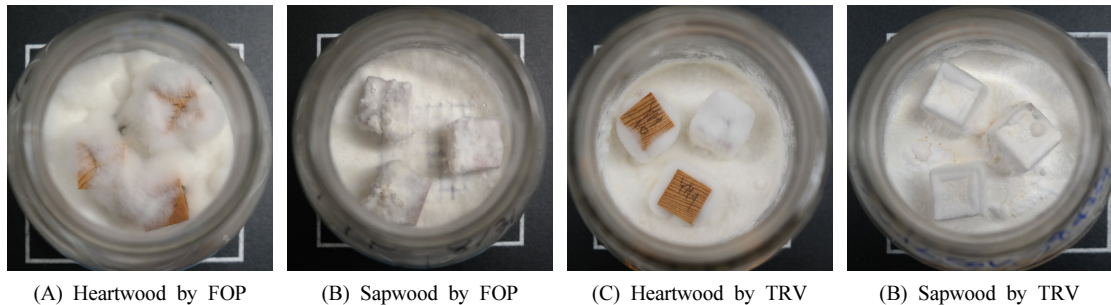


Fig. 3. Weathered YHP after cultivation of FOP and TRV in the dark room at $26 \pm 2^\circ\text{C}$ and RH 70% for 12 weeks.

10% 미만으로 “저항성 높음”으로 나타났고, 황장목의 변재부는 “저항성 있음”의 내후성을 갖는 것으로 나타났다. Shin *et al.* (2004)은 국산 주요 침엽수인 소나무, 잣나무, 낙엽송의 갈색부후균에 대한 자연내후성을 평가한 결과, 잣나무 심재는 “매우 우수”, 낙엽송 심재는 “우수”, 소나무 심재는 “매우 우수 또는 우수”로 평가하였다.

부후균에 의한 중량감소율은 부후균의 종류에 관계없이 휨 강도의 저하를 가져오게 된다(Kim *et al.*, 1996; Maeda *et al.*, 2014). 황장목의 심재부의 경우, 변재부보다 중량감소율이 낮게 나타난 것으로 보아 강도적 성질이 우수할 것으로 예측할 수 있다.

3.2. 흰개미 저항성 시험

흰개미는 생태학적으로 중요한 곤충이지만, 목재 건축물이나 목재문화재 등에는 피해를 가하는 해충

중 하나이다(Park, 1996). 흰개미는 목재의 수중에 따라 가해 정도가 다르며, 추출물의 영향이 크게 작용하는 것으로 알려져 있다(Lee *et al.*, 2014a).

흰개미 저항성 시험을 실시한 후의 모습은 Fig. 4와 5에서 확인할 수 있다. 황장목 심재부는 3주간 흰개미에 노출되어도 외형이 변하지 않고 양호한 상태를 보였으나, 황장목 변재부와 적송의 심·변재부는 흰개미의 공격을 받아 방사 및 접선단면이 손상된 것을 육안적으로 확인할 수 있었다. 이는 흰개미에 의한 중량감소율에서 더욱 뚜렷하게 나타났다(Table 2). 황장목의 심재부는 내후조작 여부에 관계없이 약 2%의 매우 낮은 중량감소율을 보였다. JIS K 1571 (2004)에서는 흰개미에 의한 중량감소율을 “3% 미만 : 저항성 있음”, “3% 이상 : 저항성 없음”으로 구분한다. 이 분류법에 의하여 황장목의 심재부는 “저항성 있음”으로 구분할 수 있다.

흰개미의 사충률을 살펴보면(Table 2) 내후조작을

Table 2. Mortality and weight loss by termite

(unit : %)

		YHP		RP	
		HW*	SW*	HW	SW
Weight loss (%)	NWS*	2.2 ± 0.6	11.1 ± 2.0	4.8 ± 2.0	8.9 ± 1.6
	WS*	1.7 ± 0.7	8.1 ± 1.5	6.4 ± 1.2	7.5 ± 1.3
Mortality (%)	NWS	49.5 ± 1.3	19.7 ± 2.1	37.0 ± 5.1	20.0 ± 1.4
	WS	45.4 ± 6.6	29.0 ± 0.9	30.4 ± 6.5	25.8 ± 5.8

* See in Table 1

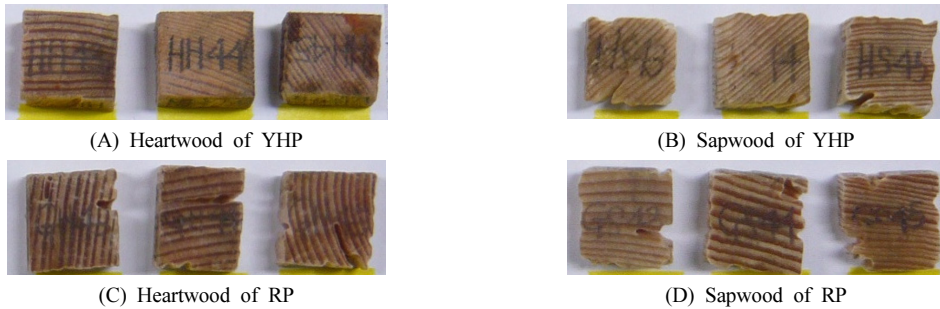


Fig. 4. Non-weathered samples after termite test.

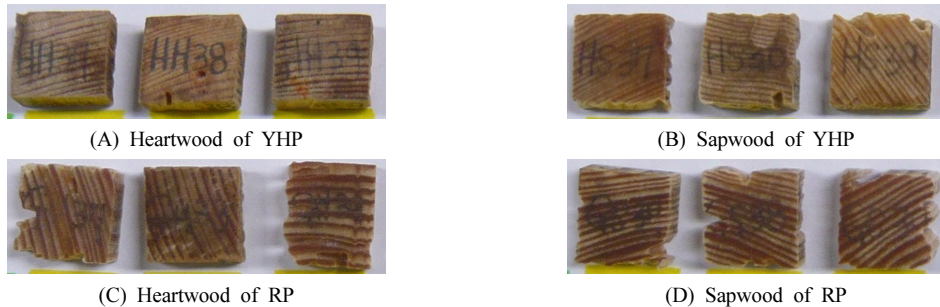


Fig. 5. Weathered samples after termite test.

실시하지 않은 경우 황장목의 심재부에서 49.5%, 변재부에서는 19.7%로 나타났고, 적송의 심재부에서는 37.0%, 변재부에서는 20.0%로 나타났다. Lee *et al.* (2014b)은 35년생 무처리 소나무 변재의 흰개미 사충률은 약 18%라고 보고하였다. 이는 본 연구의 적송 변재부의 사충률과 유사한 것으로 나타났다.

내후조작을 실시한 황장목의 심재부와 변재부에서는 각각 45.4%와 29.0%로 나타났고, 적송의 심재부와 변재부에서는 각각 30.4%, 25.8%로 나타났다. 사

충률 또한 내후조작 여부에 관계없이 황장목의 심재부가 약 50%로 가장 높았다. 이 결과를 통해서 황장목의 심재부가 흰개미에 대한 저항력이 가장 높은 것을 알 수 있었으며, 흰개미 효력시험의 중량감소율과 사충률에 있어 내후조작의 여부는 큰 차이를 보이지 않았다.

황장목과 적송의 추출물 분석 결과(Table 3), 황장목 심재의 추출물 함량은 11.8%로 추출물 함량이 가장 높았으며, 황장목 변재는 5.4%, 적송의 심재는

Table 3. Extractives of two different pines

(unit : %)

	YHP		RP	
	HW*	SW*	HW	SW
Extractives content	11.8	5.4	8.1	5.0

* See in Table 1

8.1%, 변재는 5.0%로 나타났다. 이러한 결과를 통하여 황장목의 심재부의 경우, 높은 추출물 함량으로 인해 흰개미에 의한 저항성이 가장 높을 것이라고 사료된다.

Kim *et al.* (2015)은 국내산 소나무, 낙엽송, 리기다소나무, 삼나무와 구주소나무의 흰개미저항성을 비교한 결과, 모든 수종의 변재부에서 피해지수가 가장 높았다고 보고하였다. 이는 본 연구결과와 일치하는 것으로 나타났다.

본 실험에서는 일개미 200두 만을 투여하여 실험을 진행하였기 때문에 병정개미 15두와 일개미 150두를 투여한 실험에 비해 사충율이 다소 높게 나타났을 것이라고 사료된다.

4. 결 론

갈색부후균과 백색부후균에 의한 부후 저항성 시험결과, 황장목의 심재부는 내후조작에 관계없이 중량감소율이 약 5% 미만으로 부후균에 대한 저항성이 가장 높은 것으로 나타났다. 흰개미 저항성 실험 결과에서는 황장목의 심재부의 중량감소율이 2% 이하, 사충률은 약 50%로, 흰개미에 대한 저항성 또한 높은 것으로 나타났다. 이로써 황장목의 심재부는 높은 추출물 함량으로 인하여 부후균 및 흰개미에 대한 내구성이 뛰어나다고 사료된다.

사 사

이 연구는 정부(교육부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 기초연구사업입니다 (No. 2013R1A1A2009637).

REFERENCES

- ASTM. 2005. ASTM D-2017: Standard test method for accelerated laboratory test of natural decay resistance of woods. American Society for Testing and Materials. Philadelphia, U.S.A.
- Chong, S.H., Park, B.S. 2008. Wood properties of the useful tree species grown in Korea. Korea Forest Research Institute. pp. 208-376.
- Hwang, S.W., Kim, D.W., Lee, W.H. 2014. Property of Uljin-Geumgangsong Wood (*Pinus densiflora* forma *erecta* Uyeki): Appearance Pattern of Resin Canal and Ray. Journal of the Korean Wood Science and Technology 42(1): 78-87.
- JIS K 1571. 2004 Test methods for determining the effectiveness of wood preservatives and their performance requirements. Japanese Industrial Standard (JIS), Japanese Standards Association, Tokyo.
- Jo, J.C. 1994. Stand structure and growth pattern *Pinus densiflora* S. et Z. and their relationship to forest fire in Sokwang-Ri, Uljin-Gun. Seoul National University, Seoul, Korea. pp. 101.
- Kim, D.W., Hwang, S.W., Lee, W.H. 2014. A Study on the Mechanical Properties of Korean Red Pine (Geumgangsong, *Pinus densiflora* forma *erecta* Uyeki). Journal of the Korean Wood Science and Technology 42(1): 58-67.
- Kim, G.H., Jee, W.K., Ra, J.B. 1996. Reduction in-mechanical properties of Radiata pine wood associated with incipient brown-rot decay. Journal of the Korean Wood Science and Technology 24(1): 81-86.

- Kim, N.H. 2013. Hwangjangmok-Yellow-Hearted Akamatsu Wood - for Wooden Cultural Assets in Korea. International Symposium on Frontier Researches in Sustainable Humansphere 2013. pp. 5-7.
- Kim, Y.H., Jung, G.S., Yoon, S.M., Lee, J.S., Ra, J.B., Kim, Y.S. 2015. Termite resistance of useful korean wood species according to European standard (EN118). 2015 Proceedings of the korean society of wood science and technology annual meeting. pp. 108-109.
- Kim, Y.S., Kim, K.H., Kim, Y.S. 2004. 木材保存科學. Chonnam National University Press. pp. 56-72.
- Kirk, T.K., Highley, T.L. 1973. Quantitative changes in structural components of conifer woods during decay by white-and brown-rot fungi. *Phytopathology* 63: 1338-1342.
- KS M 1701. 2010. Wood preservation. Korean Standards association.
- Korea National Arboretum. 2009. Hwangjanggeumyo and Bongpyo. Korea National Arboretum, South Korea. pp. 58-66.
- Lee, A.H., Jang, J.H., Kim, N.H., Park, B.H. 2014. Anatomical characteristics of Yellow-hearted pine (*Pinus densiflora* for. *erecta* Uyeki). *Journal of forest and environmental science* 30(1): 56-61.
- Lee, H.S., Hwang, W.J., Lee, H.M., Son D.W., 2014b. Effectiveness of Three Commercial Wood Preservatives against Termite in Korea. *Journal of the Korean Wood Science and Technology* 43(6): 804-809.
- Lee, H.S., Lee, H.M., Hwang, W.J., Son D.W., Lee, D.H. 2014a. Effect of cellulose and lignin component to feeding activity of *Reticulitermes speratus*. 2014 Proceedings of the korean society of wood science and technology annual meeting. pp. 332-333.
- Lee, W.C., Lee C.H. 1989. Plant Sociological Studies on the *Pinus densiflora* Forest in Korea. *The Korean Journal of Ecology*. pp. 257-284.
- Lee, W.K., Biging, G.S., Son, Y.H., Byun, W.H., Lee, K.H., Son, Y.M., Seo, J.H. 2006. Geostatistical analysis of regional differences in stem taper form of *Pinus densiflora* in central Korea. *Ecological Research* 21: 513-525.
- Maeda, K., Ohta, M., Momohara, I. 2015. Relationship between the mass profile and the strength property profile of decayed wood. *Wood Science and Technology* 49: 331-344.
- Park, B.W. 2006. Pine and Hwangjangmok. Forestry Cooperative Federation. *Forest* 486: 28-33.
- Park, H.C. 1996. The role of termites in an Ecosystem, *Korea Society of Soil Zoology* 1(2): 140-148.
- Seo, J.W., Eom, C.D., Park, S.Y. 2014. Study on the Variations of Inter-annual Tracheid Length for Korean RP from Sokwang-ri in Uljin. *Journal of the Korean Wood Science and Technology* 42(6): 646-652.
- Shin, S.H., Lee, H.T., Im, Y.T., Kang, S.M., Kim, G.H. 2004. Natural durability and resistance evaluation of *Pinus densiflora*, *Pinus koraiensis* and *Larix leptolepis*. 2004 Proceedings of the korean society of wood science and technology annual meeting. pp. 353-356.
- Song, H.K., Kim, S.D., Jang, K.K. 1995. Articles : An Analysis of Vegetation - Environment Relationships of *Pinus densiflora* for. *erecta* and Chunyang - type of *Pinus densiflora* Communities by TWINSPAN and DCCA. *Journal of Korean Forestry Society* 84(2): 266-274.