

二重 擴散處理法에 依한 間伐 小經材의 防腐處理*1

金奎赫*2 · 金在珍*2 · 池宇根*2

Preservative Treatment of Thinned Small-diameter Logs by Double-diffusion Processes *1

Gyu-Hyeok Kim*2 · Jae-Jin Kim*2 · Woo-Guen Jee*2

ABSTRACT

The feasibility of treating three softwood(Japanese larch, pitch pine, and Korean pine) thinned logs by double-diffusion treatment processes was investigated. Some posts were incised before immersion, and others were immersed in hot copper sulfate solution.

Comparison among species indicated that, in general, pitch pine was most treatable and Japanese larch least treatable. For all three species, almost all treatment schedules gave consistently good penetration and high net retention, but very steep gradient of preservative distribution.

As expected, the treatability was increased by the extension of immersion time, increased concentration of treating solution, incising, and heating of the first solution. Of the variables tested, it appears that heating of the first solution is the most important.

From the data in this paper, it may be concluded that, if the first solution is not heated, the best schedule is #3. If the first solution is heated, it appears the best schedules are #10 or #11. Since heating of the first solution improves the treatability, schedules #10 or #11 are recommended if the cost of heating might be justified.

The data presented in this paper indicate that double-diffusion treatment processes seem to offer a promise as a comparatively effective and easy-operating method of treating thinned logs for the small-scale production of treated stock.

1. 緒 論

현재 長期樹인 낙엽송, 리기다소나무, 그리고 잣나무의 間伐材 생산량이 점차 증대되고 있는 추세이며, 이들 간벌재의 대부분은 직경 10cm 내외의 小經材로서 거의 全量이 建築 架

設材, 土木用材, 또는 광산의 坑木등의 용도로 원목상태로써 이용되고 있다. 이러한 용도들로 쓰이는 경우, 목재의 소비절약 및 사용중 안전 문제 차원에서 방부처리는 필수적이지만 처리재의 가격 및 처리제에 대한 사용자의 인식부족으로 방부처리재의 사용량이 그다지 많지 않

*1. 接受 1991年 7月 27日 Received July 27, 1991.

*2. 高麗大學校 農科大學 College of Agriculture, Korea University, Seoul 136-701, Korea.

은 것이 우리의 현실이다. 특히, 간벌 소경재는 상당량의 自然耐朽性이 약한 번재를 상당량 포함하기 때문에 방부처리의 필요성이 더욱 강조된다. 이러한 까닭에, 처리시설을 갖추기 위한 초기 자본투자가 적고, 또한 처리가 간편하고 용이한 처리법을 보급하여 방부처리재의 사용을 적극 권장함이 바람직하다.

加壓처리 시설이 필요없는 常壓法중에서, 噴霧法, 塗布法, 浸漬法, 그리고 溫冷浴法은 가압시설이 필요없고 처리도 간단하고 용이하지만, 처리전에 목재가 반드시 건조되어야 하고 또한 처리효과가 양호하지 못한, 즉 약제의 목재내 침투가 표면층에 불과하다는 문제점을 가지고 있다. 그렇다면 건조설비가 필요없이 生材상태로 직접 처리할 수 있고 또한 약제의 침투도 양호한 상압처리법이 요구된다. 우선 單純擴散法을 생각할 수 있는데, 이 방법은 침투 약제가 목재내에 고정, 정착되지 못하므로 약제의 용탈 위험이 있는 장소 및 환경조건하에서는 처리재의 사용에 문제가 따르게 된다. 결과적으로 簡易 처리법인 상압처리법에서는 二重擴散處理法(double-diffusion process)이 약제의 處理度면에서 가장 이상적인 상압처리법으로 사료되어 진다.

원래, 이중 확산법은 難注入 수종의 처리방법으로 보고되었는데 (Bachelier and Roth 1964, Baines and Saur 1985), 생재를 1차약제에 일정시간 침지시킨 후 2차약제로 옮겨서 일정시간 재침지시킨 후에 처리재의 건조를 최대한으로 방지할 수 있도록 비닐등으로 완전피복하여 약제의 내부확산을 도모하게 된다. 목재 내부로 확산, 침투된 1차약제와 2차약제가 서로 반응하여 불용성, 즉 용탈 저항성을 갖는 화합물을 형성하면서 목재내에 고정, 정착된다. 이중 확산처리법에 의한 목재의 방부처리에 관한 연구로는 Markstrom 等(1970), Gjovik 等(1972), Boone 等(1976), 그리고 Lepage와 Freitas(1982)의 연구가 보고되어 있다.

따라서 본 연구는 생재를 벌채한 직후에 가

압처리함이 없이 林內에서도 간편하게 처리가 가능하며, 또한 처리효과도 양호하리라 예상되는 이중 확산처리법을 침엽수 간벌 소경재의 방부처리에 적용시켜서 그 적합성을 검토하고자 수행되었다.

그리고 본 연구는 고려대학교 지원 교수 특별연구비에 의하여 수행되었음을 밝혀둔다.

2. 材料 및 方法

2.1 供試材料

2.1.1 處理用 原木

시중 원목상에서 도입된지 약 1개월 정도 경과된 길이 3.6m 그리고 직경 약 10cm 내외인 낙엽송(*Larix leptolepis* GORDON), 리기다소나무(*Rinus rigida* MILLER), 그리고 잣나무(*Pinus koraiensis* SIEB. et ZUCC.) 간벌재를 각 5본씩 구입하였다. 구입된 각 공시원목에서 길이 30cm의 실험용 원목(이하 원목이라 칭함)을 11개씩 조제하였고 또한 양목구면에서 60cm 떨어진 부위와 중앙부위에서 두께 약 3cm의 圓板을 채취하여 비중과 심재율, 그리고 생장률 측정용으로 사용하였다.

원목은 제조직후 박피가 되었으며, 刺傷處理(incising)가 요구되는 원목은 끝을 사용하여 길이 7mm로 처리하였는데, 자상처리의 형태는 Fig. 1과 같다. 원목은 약제처리 직전까지 생재 함수율을 유지시키기 위하여 수조에 완전 침지시켜서 보관했는데, 평균 10일 간격으로 수조의 물을 갈아주었다. 실험용 원목의 직경, 비중, 약제처리 직전의 함수율, 생장률, 그리고 심재율은 Table 1과 같다.

2.1.2 防腐藥劑

공업용 황산구리($\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$) 수용액이 1차 처리약제로 사용되었고, 2차 처리약제로는 공업용 중크롬산 소다($\text{Na}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$)와 1급 시약용 비산소다(Na_2HASO_4)를 55:45로 혼합한 수용액을 사용하였다. 비산소다의 경우,

Table 1. Characteristics of Japanese larch, pitch pine, and Korean pine sample posts.

Post measurements	Japanese larch		Pitch pine		Korean pine	
	Mean	St. Dev.	Mean	St. Dev.	Mean	St. Dev.
Diameter ¹ (cm)	9.88	0.50	10.18	0.44	9.76	0.52
Sp. Gr ²	0.40	0.019	0.46	0.006	0.37	0.030
MC ³ (%)	117.18	6.22	121.00	7.46	170.72	6.98
Growth rate (rings/cm)	4.70	1.94	4.60	0.49	3.60	0.20
% Heartwood	- ⁴	-	11.76	2.63	38.72	6.00

¹Measurement is calculated from 55 posts for each species.

²Based on oven-dry weight and green volume.

³Values is measured just before soaking treatment.

⁴The wood of Japanese larch does not contain heartwood except for one log.

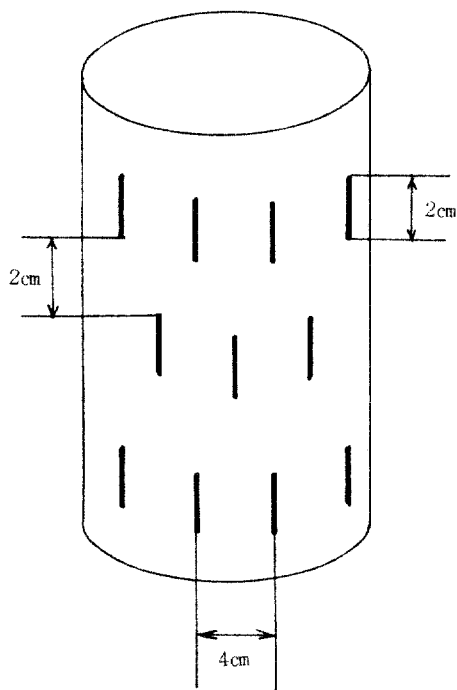


Fig. 1. Incising pattern used in this study(not to scale).

국내에서 공업용을 구할 수가 없어서 시약용을 사용하였음을 밝혀둔다.

2.2 實驗方法

2.2.1 防腐處理

방부처리는 다음의 전처리 및 처리변수—¹차상처리의 여부, ²처리약제의 농도, ³1차 처리약제의 온도, 그리고 ⁴침지시간—를 가지고 실시되었다. 이상의 4가지 변수를 적절하게 조합한 결과, Table 2에서 보여주는 총 11가지의 처리 스케줄이 설정되었다.

Table 2. Pretreatment condition and treatments for various schedules.

Treatment schedule number	Pretreatment condition	Treatment conditions					
		First solution (CuSO ₄ +5H ₂ O)			Second solution (Na ₂ HAsO ₄ + (Na ₂ Cr ₂ O ₇ ·2H ₂ O)		
	Incised	Conct. pct.	Temp. °C	Time day(s)	Conct. pct.	Time day(s)	
# 1	no	10	ambient	1	15	1	
# 2	no	10	ambient	3	15	3	
# 3	no	10	ambient	7	15	7	
# 4	no	20	ambient	1	25	1	
# 5	no	20	ambient	2	25	1	
# 6	yes	10	ambient	1	15	1	
# 7	yes	20	ambient	1	25	1	
# 8	no	5	90	1 ¹	10	1	
# 9	no	5	90	1 ¹	10	2	
# 10	no	10	90	1 ¹	15	1	
# 11	yes	5	90	1 ¹	10	1	

¹Sample posts were soaked in the heated solution for 6hours, and then allowed to cool in the solution with the removal of heat for 18hours.

각 공시수종의 각 공시원목에서 조제된 원목은 각 처리 스케줄에 1개씩만 들어가서 동일 처리 스케줄에 같은 공시원목에서 채취된 원목이 1개 이상 포함되지 않게 원목을 배치하였다. 처리전에 생재중량, 비중, 그리고 침지법(displacement method)에 의해 구해진 생재용적을 이용하여 원목의 처리시 함수율은 다음 공식에 의하여 예측되었다.

$$\%MC = [(\text{생재중량} / \text{생재용적} \times \text{비중}) - 1] \times 100 \dots\dots\dots (1)$$

약제처리 전에 원목의 양목구면은 Epoxy 수지를 이용하여 end-coating을 함으로써 목구면으로의 약제침투를 억제시켰다. 원목은 내부식

성 stainless steel 용기에 들어있는 황산구리 수용액에 완전히 침지시킨 후에 각 스케줄에 따른 예정 침지시간이 지나면 꺼내서 물로 씻어낸 후 중크롬산 소다와 비산소다의 혼합 수용액이 들어있는 플라스틱 용기로 옮겨서 역시 예정 침지시간동안 처리되었다. 약제의 농도는 매 처리 스케줄이 끝난 후 比重計(hydrometer)에 의해 측정되어서 전처리시 목재내로 흡수에 의하여 손실된 성분을 수용액의 비중에 의거하여 보충하여 주었다. 처리가 끝난 후에 원목을 實積하고 비닐로 완전히 포장하여 최대한으로 건조를 예방하면서 3주간 약제의 내부 확산침투를 도모한 후 비닐피복을 벗겨내고 실내에서 6주간 방치하여 기건시키면서 약제 성분의 목재내 고정, 정착을 유도하였다.

2.2.2 藥劑의 浸潤度 測定

수종별 그리고 처리 스케줄별로 5개의 처리 원목의 材長 중앙부위에서 약 1.5cm 두께의 원판을 채취하여, 원판의 한면은 변재쪽의 측정에 이용하였고, 반대면에서는 방부약제의 浸潤長이 측정되었다. 변재쪽과 약제의 침윤장은 최대치, 최소치, 그리고 8방향 측정치의 평균치가 구해졌다.

낙엽송의 경우는 심, 변재의 구분이 육안에 의해 명확히 관찰되었으나, 리기다소나무와 잣나무의 경우는 정색시약을 횡단면에 분무하여 呈色反應(심재부는 짙은 적색으로, 그리고 변재부는 어두운 황색으로 변색)에 따라 심, 변재를 구분하였다. 사용된 정색시약은 제1액(1.4g의 Benzidine dihydrochloride + 5g의 17% Hydrochloric acid + 194ml의 증류수)과 제2액(20g의 Sodium nitrite + 180ml의 증류수)을 혼합하여 제조하였다.

방부약제의 침투깊이는 구리(copper)지시약인 Chrome Azurol-S 정색시약(0.5g의 Chrome Azurol-S + 5g의 Sodium acetate + 100ml의 증류수)을 사용하여, 구리가 존재하면 처리부위는 짙은 적색으로, 반면에 미처리 부위는 적황색으로 변하는 정색반응에 따라서 약제의 침

투깊이를 측정하였다.

2.2.3 藥劑 吸收量의 測定

수종별 그리고 처리 스케줄 별로 침투깊이가 최대치와 최소치를 나타내는 2개의 원목을 제외한 3개의 처리원목의 재장 중앙 부위에서 두께 약 0.5cm의 원판을 각각 두개씩 채취하여 하나는 처리제 전체의 약제흡수량을 측정하기 위하여 사용되었고 다른 하나는 처리원목의 표면에서 부터 깊이에 따른 약제흡수량의 분포경사를 측정하기 위하여 사용되었다. 전자는 원판 전체를, 그리고 후자는 원판의 표면에서 깊이 3cm까지 1cm 단위로 3개의 부위로 분리시켜 30mesh 크기로 磨碎하였다. 마쇄된 목분중에 존재하는 구리, 크롬, 그리고 비소 성분은 미국 방부협회(American wood-Preservers' Association: AWPA) 표준규격 AWPA A-11 (AWPA 1990)에 의거하여 목분을 Lambert법으로 추출한 후 原子吸光 분석방법을 사용하여 정량분석 하였다.

3. 結果 및 考察

각 처리 스케줄에 따른 수종별 약제의 침투장, 침윤도(%), 그리고 변재부 침윤도(%)를 정색반응에 의해 측정된 결과는 Table 3과 같다.

처리 스케줄에 관계없이 리기다소나무의 약제 침투가 가장 우수하였으며, 낙엽송과 잣나무 간에는 일정한 경향이 관찰되지 않았다 (Fig.2). 金等(1990)은 가압법(空細胞法인 Lowry법)으로 CCA 약제를 처리한 人蔘場本용 원목의 약제 침윤도가 낙엽송은 24퍼센트이고 반면에 리기다소나무는 73퍼센트임을 보고하였는데, 마찬가지로 이종 확산처리법의 경우에도 리기다소나무의 약제 침윤도가 낙엽송에 비하여 우수함이 나타났다. 낙엽송의 침윤도가 리기다소나무에 비하여 우수하지 못한 것은 낙엽송의 분야막공대(가문비나무형 막공대)에 나타나는 막공구의 크기가 리기다소나무의 창상

Table 3. Chemical penetration of sample posts with various treatment schedules¹.

Post species ²	Measurements	Treatment schedule										
		#1	#2	#3	#4	#5	#6	#7	#8	#9	#10	#11
LL	penetration depth(mm)	14.0 (1.82) ³	16.7 (2.47)	18.1 (3.16)	15.3 (5.33)	17.1 (4.83)	15.9 (2.57)	17.7 (1.75)	17.1 (2.23)	19.3 (3.06)	21.7 (3.31)	22.6 (10.5)
	% sapwood penetration	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	% penetration ⁴	25.6 (4.98)	34.5 (6.89)	35.1 (3.23)	28.5 (9.28)	31.3 (9.59)	31.3 (5.13)	34.6 (2.21)	34.8 (3.09)	39.8 (4.54)	45.7 (5.31)	50.0 (25.3)
PR	penetration depth(mm)	20.5 (3.65)	20.1 (1.16)	29.2 (7.23)	23.6 (2.18)	22.6 (2.27)	21.7 (7.26)	21.8 (5.06)	32.4 (8.23)	33.3 (9.02)	44.2 (4.96)	30.4 (10.6)
	% sapwood penetration	47.4 (12.9)	48.8 (5.14)	68.9 (19.3)	52.3 (6.08)	50.1 (7.62)	49.9 (15.5)	50.1 (9.88)	71.4 (16.3)	74.7 (18.5)	95.4 (8.53)	82.4 (19.6)
	% penetration	42.4 (12.3)	40.4 (4.32)	58.2 (17.3)	44.6 (5.73)	42.4 (5.29)	41.8 (13.6)	41.0 (9.85)	62.4 (16.4)	66.5 (17.4)	92.2 (11.4)	65.4 (24.6)
PK	penetration depth(mm)	15.4 (0.96)	14.9 (2.95)	22.6 (1.87)	19.4 (1.97)	17.3 (1.30)	14.6 (1.70)	18.5 (3.04)	18.4 (2.06)	22.2 (1.87)	19.2 (4.64)	18.8 (4.53)
	% sapwood penetration	57.1 (10.3)	54.3 (15.7)	85.8 (5.17)	72.7 (9.55)	63.8 (6.76)	53.9 (5.49)	74.8 (17.4)	75.5 (12.8)	82.8 (9.65)	78.4 (23.0)	69.8 (11.7)
	% penetration	32.9 (3.55)	32.0 (8.26)	45.7 (7.41)	37.6 (4.84)	33.0 (3.02)	28.3 (4.01)	37.4 (7.84)	38.3 (5.86)	48.2 (3.53)	43.5 (13.2)	42.2 (11.1)

¹Values represent average of 5 replicates measured with Chrome Azurol-S copper-indicator.

²LL, PR, and PK represent *Larix leptolepis*, *Pinus rigida*, and *Pinus koraiensis*, respectively.

³Numbers in parenthesis indicate the standard deviation.

⁴% penetration means the ratio of penetration depth to sample post radius.

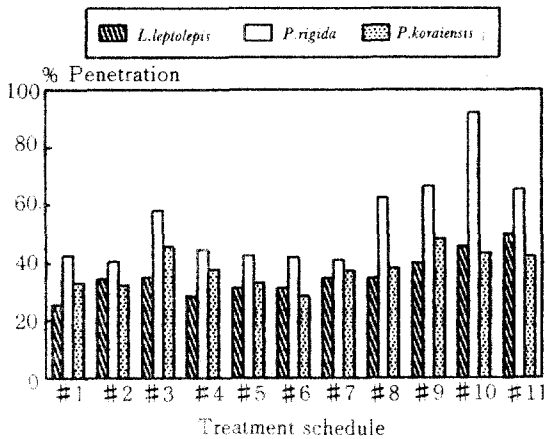


Fig. 2. Percent penetration of copper in three species with various treatment schedules.

막공대에 나타나는 막공구의 크기에 비하여 매우 좁은 점과 방사유세포에 비해 우수한 침투 통로인 방사가도관이 차지하는 비율이 낙엽송이 리기다소나무 보다 낮은 점등에 기인하리라

사료되는데, Cockcroft(1977)도 일본 낙엽송 변재부의 약제 처리도가 소나무류에 비하여 불량하다고 보고하였다. 그러나, 잣나무의 방부 처리 결과에 대한 보고가 전무한 상태이므로 본 실험에서 얻어진 결과는 비교할 수가 없었다.

낙엽송의 약제 침윤도를 보면, 처리 스케줄에 따라 최소 25.6퍼센트, 최대 50.0퍼센트의 침윤도를 보였다. 가압법(공세포법인 Lowry법)을 사용한 CCA처리 인삼장목용 낙엽송 원목의 침윤도가 24퍼센트라는 최근의 보고(金 等 1990)와 비교할 때, 모든 처리 스케줄이 이를 최소 2배 이상 능가함을 알 수 있다.(金 등이 사용한 원목은 평균직경이 5cm였고, 본 실험에서 사용된 원목의 직경은 약 10cm였으므로 전자의 직경을 10cm로 가정하면 침윤도는 12퍼센트가 된다) 약제침투 깊이를 보면 처리 스케줄에 따라 최소 14.0mm, 최대 22.6mm의 침투를 보

였다. 낙엽송과 처리도가 유사하리라 예견되는 미국산 낙엽송(*Larix occidentalis* Nutt.)을 이용한 울타리용 원목을 가압처리할 경우 약제침투 깊이가 9.5mm 이상되어야 한다는 AWPA의 표준규격 AWPA C-5(AWPA 1990)와 비교할 때, 모든 처리 스케줄이 AWPA의 규격을 만족시킴을 알 수 있다.

리기다소나무의 약제침윤도를 보면, 처리 스케줄에 따라 최소 40.4퍼센트, 최대 92.2 퍼센트의 침윤도를 보였다. 리기다소나무는 미국

남부소나무(southern yellow pine)의 일종으로서, 가압처리된 미국 남부소나무의 울타리용 원목의 AWPA의 표준규격 AWPA C-5(AWPA 1990)과 비교할 때, 단지 스케줄 #10(변재부 침윤도=95.4퍼센트)만 AWPA 규격(변재부 침윤도=85퍼센트 이상)을 만족시켰고 스케줄 #11(변재부 침윤도 = 82.4퍼센트)은 AWPA 규격의 최소 요구정도에 매우 근접되어 있음을 알 수 있다. 金等(1990)은 리기다소나무의 CCA 가압처리 결과 73퍼센트의 침윤도를

Table 4. Effects of incising and treatment variables on percent penetration of copper.

1) Effect of incising on percent penetration of copper							
Constant			Variable	% penetration			Remark
First solution				Incising	LL	PR	
Temp.	Time	Conct.	LL				PR
Ambient	1	10	No	25.6	42.4	32.9	schedule # 1
			Yes	31.3	41.8	28.3	schedule # 6
Ambient	1	20	No	28.5	44.6	37.6	schedule # 4
			Yes	34.6	41.0	37.4	schedule # 7
90°C	1	5	No	34.8	62.4	38.3	schedule # 8
			Yes	50.0	65.4	42.2	schedule #11

2) Effect of heating of the first solution on percent penetration of copper							
Constant			Variable	% penetration			Remark
First solution		Incising		Temp.	LL	PR	
Time	Conct.		Temp.				
1	10	No	Ambient	25.6	42.4	32.9	schedule # 1
			90°C	45.7	92.2	43.5	schedule #10

3) Effect of concentration of the first solution on percent penetration of copper							
Constant			Variable	% penetration			Remark
First solution		Incising		Conct.	LL	PR	
Temp.	Time						
Ambient	1	No	10	25.6	42.2	32.9	schedule # 1
			20	28.5	44.6	37.6	schedule # 4
			5	31.3	41.8	28.3	schedule # 6
90°C	1	No	10	34.6	41.0	37.4	schedule # 7
			10	34.8	62.4	38.3	schedule # 8
Ambient	1	Yes	10	45.7	92.2	43.5	schedule # 9
			20	45.7	92.2	43.5	schedule # 9

4) Effect of soaking time into the first solution on percent penetration of copper							
Constant			Variable	% penetration			Remark
First solution		Incising		Time	LL	PR	
Temp.	Conct.						
Ambient	10	No	1	25.6	42.4	32.9	schedule # 1
			3	34.5	40.4	32.0	schedule # 2
			7	35.1	58.2	45.7	schedule # 3

보고하였는데, 처리원목의 직경을 본 실험에서 사용된 원목의 직경으로 고정하면 침윤도는 약 36퍼센트가 되는데, 본 실험결과 얻어진 약제 침윤도는 모든 처리 스케줄에서 이를 훨씬 능가하였다.

잣나무의 약제 침윤도를 보면, 처리 스케줄에 따라 최소 28.3퍼센트, 최대 48.2퍼센트의 침윤도를 보였는데, 비교대상이 될 수 있는 표준 규격이나 잣나무 방부처리 결과를 찾아볼 수가 없어서 본 실험에서 얻어진 결과는 비교할 수가 없었다.

전처리 변수와 처리변수들이 목재내 약제성분의 침투에 미치는 영향은 Table 4에 요약되어 있는데, 전처리 변수인 자상처리가 약제의 침투장에 미치는 영향을 보면 리기다소나무와 잣나무의 경우는 자상처리에 의한 약제 침투장의 증가가 뚜렷하지 않으나, 비교적 난주입재인 낙엽송의 경우는 자상처리에 의해 어느 정도 약제의 침투깊이를 개선할 수 있음이 나타났다. 특히 자상처리의 효과는 1차약제의 가열시 더욱 뚜렷하게 나타났고, 또한 자상처리는 수중에 관계없이 원목의 모든 방향으로의 침투를 비교적 균일하게 하는 것으로 관찰되었다. 처리변수중 1차약제의 온도의 영향을 살펴보면, 1차약제의 가열이 약제성분의 목재내 침투를 크게 개선함이 나타났다. 이는 통상 이중 확산처리법에 온냉욕법(thermal process)이 가미된 방법인데, 1차약제가 6시간 동안 90℃로 가열된 후 18시간 동안 원목과 약제가 서서히 냉각되면서 1차약제의 목재내 침투가 신속하게 일어나게 되는 것이다. 즉 1차약제의 침투가 온냉욕법에 의하여 이루어지게 된다. 또한 1차약제의 농도의 영향을 보면, 농도가 증가할수록 약제성분의 침투깊이가 증가되었다. 약제의 농도는 약제의 확산속도를 크게 영향하는데, 목재표면에 부착된 약제의 농도가 높을수록 표면과 내부간의 농도경사가 커져서 약제의 내부 침투가 가속화되는 것이다. 그리고 원목을 1차 약제중에 침지시키는 시간이 증가할수록 약제의 침투깊이가 증가됨이 나타났다.

Table 5. Preservative retentions of double-diffusion treated thinned softwood logs by assay of 1-cm zones and total cross-section¹.

Treating schedule	Entire		Zone assay	
	cross-section	Outer 1-cm	Next 1-cm	Next 1-cm
	(kg/m ³)			
<i>Larix leptolepis</i>				
Schedule # 1	5.07(0.32) ²	7.61	2.00	0.08
# 2	10.92(0.68)	16.84	3.25	0.19
# 3	10.99(0.69)	16.11	3.60	0.15
# 4	7.08(0.44)	13.95	2.03	0.19
# 5	10.94(0.68)	18.11	8.91	0.20
# 6	7.35(0.46)	13.75	1.19	0.23
# 7	10.59(0.66)	23.79	1.84	0.21
# 8	8.11(0.51)	10.55	3.54	0.30
# 9	10.22(0.64)	10.61	1.40	0.30
# 10	12.58(0.79)	15.30	2.86	0.39
# 11	10.38(0.65)	16.50	2.48	0.40
<i>Pinus rigida</i>				
Schedule # 1	6.28(0.39)	8.60	1.89	0.83
# 2	11.59(0.72)	11.07	2.89	0.93
# 3	19.55(1.22)	13.24	5.04	1.64
# 4	7.60(0.48)	12.55	1.88	0.50
# 5	15.64(0.98)	12.26	3.81	1.89
# 6	9.64(0.60)	8.66	1.46	0.80
# 7	11.91(0.74)	18.25	7.08	0.58
# 8	7.68(0.48)	15.47	1.94	1.72
# 9	15.28(0.96)	19.54	3.64	2.65
# 10	15.37(0.96)	17.38	6.74	3.80
# 11	18.31(1.14)	22.98	2.98	1.06
<i>Pinus koraiensis</i>				
Schedule # 1	7.12(0.45)	10.88	1.57	0.46
# 2	10.18(0.64)	21.82	10.57	2.70
# 3	12.40(0.78)	23.36	3.88	1.27
# 4	8.31(0.52)	19.61	2.19	1.13
# 5	12.12(0.76)	23.01	1.85	0.43
# 6	8.43(0.53)	12.22	1.55	0.34
# 7	13.66(0.85)	28.75	3.33	0.56
# 8	9.99(0.62)	15.38	1.52	1.29
# 9	13.01(0.81)	22.54	2.26	0.91
# 10	11.53(0.72)	22.46	3.55	1.17
# 11	13.06(0.82)	18.91	2.91	1.15

¹All retention values are composites of 3 sample posts, and are based on the oxide of total salts(CuO+Cr₂O₃+As₂O₃).

²Values in parentheses represent retention with the unit of pci(lb/ft³).

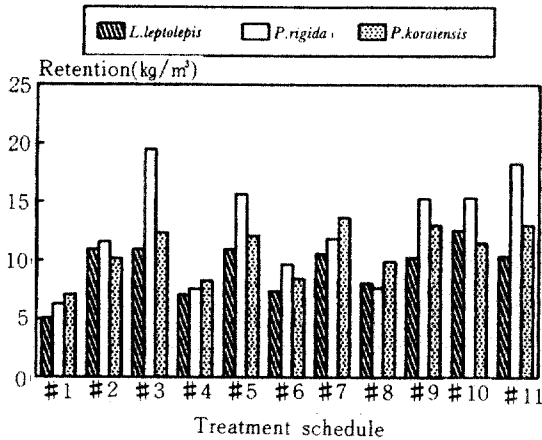


Fig. 3. Chemical retention in three species with.

각 처리 스케줄에 따른 수종별 약제의 흡수량을 원자흡광 분석기를 사용하여 정량분석한 결과는 Table 5와 같다. Fig. 3은 수종별 그리고 처리 스케줄에 따른 처리재의 전체 약제흡수량을 나타내고 있는데, 스케줄 #1으로 처리된 낙엽송과 리기다소나무를 제외하고는 모든 처리 스케줄이 처리재 전체의 약제흡수량 측면에서 AWPA의 표준규격 AWPA C-5(AWPA 199)가 규정하고 있는 CCA처리 울타리용 원목의 최소 약제흡수량인 6.4kg/m³(0.40pcf)을 만족시킴을 보여준다. 金等(1990)이 가압법으로 CCA 약제(3%)을 처리한 인삼장목용 원목의 약제흡수량이 낙엽송은 4.7kg/m³이고 반면에 리기다소나무는 9.4kg/m³였음을 보고한 바와 같이 본 실험에서도 거의 모든 처리 스케줄에서 리기다소나무의 약제흡수량이 낙엽송의 흡수량에 비하여 높았다. 이는 약제의 침투깊이에서도 나타났듯이, 낙엽송이 리기다소나무에 비하여 약제 주입이 비교적 곤란하다는 사실을 입증하여 준다. 이중확산처리법에 의한 처리 결과 낙엽송의 경우는 모든 처리 스케줄이 그리고 리기다소나무의 경우에도 처리 스케줄 #1, #4, 그리고 #8을 제외하고는 金等(1990)의 가압처리 결과를 능가하고 있다. 이러한 결과는 Boone 등(1976)이 미국 적송(*Pinus resinosa* AIT.)의 처리 결과, 전체 약제흡수량은 이중

확산처리법이 가압법인 充細胞法에 비하여 높음을 보고한 결과와 일치한다. 또한 Lepage Freitas(1982)도 유카리(*Eucalyptus saligna*) 원목을 3.5%—황산구리 수용액에 15일간 침지후에 다시 원목을 3.5%—중크롬산 칼리 수용액에 15일간 침적시키는 이중확산처리 결과 10.5kg/m³의 높은 약제흡수량을 나타내었다고 보고하였다. 잣나무의 전체 약제흡수량은 일반적으로 낙엽송에 비해서는 높았으나 리기다소나무보다는 낮은 경향을 보였는데, 약제의 침투깊이를 고찰한 항목에서도 언급했지만 잣나무의 방부처리에 대한 표준규격이나 연구결과가 전무한 상태로서 본 실험의 결과를 비교, 고찰할 수 없었음을 밝혀둔다.

처리재의 깊이에 따른 약제흡수량의 원목내 분포를 보면, Table 5에서 보여주듯이 약제흡수량의 분포경사가 매우 급함을 알 수 있다. 즉 전체 약제흡수량의 대부분은 표면에서 깊이 1cm까지의 부위에 집중되어 있고 반면에 표면에서 깊이 1cm-2cm 부위의 약제흡수량은 극히 소수의 처리 스케줄을 제외하고는 AWPA의 표준규격 AWPA C-2(AWPA 1990)가 규정하고 있는 지상부 사용용도의 CCA 처리 각재의 최소 약제흡수량(4.0kg/m³)에도 미달됨이 나타났다. 이러한 약제흡수량의 매우 급한 분포경사는 Gjovik 등(1972)과 Boone 등(1976)의 연구결과와 일치하고 있다. 본 실험에서 관찰된 매우 급한 약제의 분포경사는 확산기간을 연장하여 줄으로써 어느 정도 분포경사를 완만하게 해줄 수 있으리라 사료된다. 그리고 Boone 등(1976)은 미국 적송을 가압처리법(충세포법)과 이중확산처리법으로 처리한 결과 약제의 침투깊이와 전체 약제흡수량은 후자가 우수하나, 처리재내의 약제의 분포 경사는 전자의 경우에 완만하게 나타남을 보고하였다.

전처리 변수와 처리 변수들이 목재내의 약제흡수량에 미치는 영향은 Table 6에 요약되어 있다. 예상했던 바와같이 약제중에 침지시간이 길수록 그리고 처리 약제의 농도가 높을수록

Table 6. Effects of incising and treatment variables on chemical retention by assay of entire cross sections¹.

1) Effect of incising on chemical retention							
Constant			Variable	Retention(Kg/m ³)			Remark
First solution				Incising	LL	PR	
Temp.	Time	Conct.	LL				PR
Ambient	1	10	No	5.07	6.28	7.12	schedule # 1
			Yes	7.35	9.64	8.43	schedule # 6
Ambient	1	20	No	7.08	7.60	8.31	schedule # 4
			Yes	10.59	11.91	13.66	schedule # 7
90°C	1	5	No	8.11	7.68	9.99	schedule # 8
			Yes	10.38	18.31	13.06	schedule # 11

2) Effect of heating of the first solution on chemical retention							
Constant			Variable	Retention(Kg/m ³)			Remark
First solution				Temp.	LL	PR	
Time	Conct.	Incising	LL				PR
1	10	No	Ambient	5.07	6.28	7.12	schedule # 1
			90°C	12.58	15.37	11.53	schedule # 10

3) Effect of concentration of the first solution on chemical retention							
Constant			Variable	Retention(Kg/m ³)			Remark
First solution				Conct.	LL	PR	
Temp.	Time	Incising	LL				PR
Ambient	1	No	10	5.07	6.28	7.12	schedule # 1
			20	7.08	7.60	8.31	schedule # 4
90°C	1	No	5	7.35	9.64	8.43	schedule # 6
			10	10.59	11.91	13.66	schedule # 7
Ambient	1	Yes	10	8.11	7.68	9.99	schedule # 8
			20	10.22	15.28	13.01	schedule # 9

4) Effect of soaking time into the first solution on chemical retention							
Constant			Variable	Retention(Kg/m ³)			Remark
First solution				Time	LL	PR	
Temp.	Conct.	Incising	LL				PR
Ambient	10	No	1	5.07	6.28	7.12	schedule # 1
			3	10.92	11.59	10.18	schedule # 2
			7	10.99	19.55	12.40	schedule # 3

¹All retention values are composites of 3 samples, and are based on the oxide of total salts(CuO+CrO₂+As₂O₅).

약제 흡수량이 모든 공시수종에서 증가되었으며, 지상처리와 1차약제의 가열도 모든 공시수종에서 약제 흡수량의 증가를 초래하였다. 그리고 이상의 변수들 중에서 1차약제의 가열이 약제의 처리도를 영향하는 가장 중요한 인자임이 나타났다.

약제의 침투깊이와 흡수량을 모두 고려할 때, 1차약제의 가열없이 처리가 행하여진 #1

부터 #7까지의 스케줄중에서는 #3이 모든 공시수종에서 가장 우수한 처리 스케줄로 나타났으며, 1차약제의 가열과 함께 행하여진 #8부터 #11까지의 스케줄중에서는 #10 또는 #11이 모든 공시수종에서 가장 우수한 스케줄로 나타났다. 그리고 1차 처리약제를 가열할 수 있는 장치가 염가로 설비된다면, 처리용 원목을 자상처리를 함이 없이도, 그리고 상온처리

시 보다 낮은 처리약제의 농도와 짧은 침지처리 시간내에도 상온에서 처리되는 스케줄에 비해가는 처리도를 단순히 1차약제의 가열에 의해 달성할 수 있기 때문에 스케줄 #10 또는 #11의 사용이 바람직하다고 사료된다.

이상의 결과와 참고문헌들로부터, 이중 확산처리법은 약제 처리도를 결정하는 세 가지 인자중 약제의 침투깊이와 약제의 전체 흡수량 측면에서는 가압처리법에 비하여 우수하나 반면에 약제흡수량의 처리재내 분포라는 측면에서는 가압처리법보다 우수하지 못함이 입증되었다. 따라서 이중확산처리법에 의하여 처리된 원목의 건조시 발생하는 표면할렬이 내부로 깊게 연장될 경우, 비록 약제가 침투되어도 그 흡수량이 毒性限界值(toxic threshold value)보다 낮을 경우에는 할렬내부에서 부후가 시작되는 내부부후(internal decay)의 위험이 따르게 될 것이다. 그러므로 처리재의 사용수명을 최대한으로 연장하기 위해서는 확산처리후 처리원목의 건조시 깊은 표면할렬의 발생을 가능한 예방할 수 있도록 주의가 요구된다. 비록 이중확산처리법은 상기한 바와 같이 처리재내의 깊이에 따른 약제 분포경사가 급하게 나타나서 문제가 될 수도 있지만 비처리재보다는 이중확산처리재의 사용수명이 연장될 것이고 또한 이 방법은 처리용 원목의 건조가 필요없으며 특수한 처리시설의 설비가 요구되지 않는 관계로 초기 자본투자가 극히 적고 처리도 비교적 간단, 용이하게 행하여 지므로 대규모 방부처리재의 생산에는 문제가 되겠지만 農用資材, 造景用資材 및 건축 가설재 등으로 사용을 위한 소규모의 처리재 생산에는 적합한 간이 처리방법이라 사료된다. 최종적으로 사용되는 약제가 중금속의 독성물질이기 때문에 환경오염 문제와 처리종사자의 건강문제를 고려해야할 것이다. 가압처리법에 비해 확산법은 처리장소 주위의 토양오염과 이에 따른 지하수의 오염문제가 크므로 약제처리 및 확산처리 장소의 선정, 또한 종사자에 대해 약제취급에 대한 안전교육

및 사용후 약제의 폐기에 세심한 주의가 요구됨을 밝혀둔다.

4. 結 論

본 연구의 결과로부터 다음과 같은 중요한 결론들을 내릴 수 있다.

1) 일반적으로 이중확산처리법에 의한 약제의 처리도는 리기다소나무, 잣나무, 그리고 낙엽송의 순으로 우수하였으며, 처리결과 대부분의 처리 스케줄에서 약제의 목재내 침투깊이와 처리재내의 전체 약제흡수량은 우수하게 나타났으나 약제의 처리재내 분포경사가 급하게 나타나는 문제점이 발견되었다.

2) 처리시 약제중 침지시간의 연장, 처리약제의 농도증가, 원목의 자상처리, 그리고 1차약제의 가열에 의하여 약제 처리도의 현저한 증가가 관찰되었으며, 조사된 전처리 및 처리변수중에서는 1차약제의 가열이 약제처리도를 영향하는 가장 중요한 인자임이 밝혀졌다.

3) 본 실험에서 조사된 처리 스케줄중에서, 1차약제의 가열없이 처리가 실시되는 경우에는 스케줄 #3이, 그리고 1차약제의 가열과 함께 처리가 실시되는 경우에는 스케줄 #10 또는 #11이 가장 우수한 처리 스케줄로 인정되었다. 그러나 1차 처리약제를 가열할 수 있는 장치가 염가로 설비된다면, 처리약제의 농도를 갖추어서 약제의 사용량을 줄일 수 있는 경제적인 측면과 침지시간의 단축에 따른 총처리 소요시간의 단축이란 측면에서, 1차약제의 가열과 함께 실시하는 처리 스케줄의 사용이 바람직하다고 사료된다.

參 考 文 獻

1. American Wood-Preservers' Association. 1990. Book of Standards. AWPAA., Stevensville, MD.
2. Baechler, R.H. and H.G. Roth. 1964. The

- double-diffusion method of treating wood: a review of studies. *Forest Prod. J.* 14(4): 171-178.
3. Baines, E.F. and J.M. Saur. 1985. Preservative treatment of spruce and other refractory wood. *Proc. Am. Wood-Preserv. Assoc.* 81: 136-147.
 4. Boone, R.S., L.R. Gjovik, and H.L. Davidson. 1976. Sawn hardwood stock treated by double-diffusion and modified double-diffusion. U.S. For. Serv. Res. Pap. FPL-265. Forest Prod. Lab., Madison, Wis.
 5. Cockcroft, R. 1977. Preservative treatments for construction timber. Building Research Establishment. Current Paper, CP 17/77. BRE. Dept. of Environment.
 6. Gjovik, L.R., H.G. Roth, and H.L. Davidson. 1972. Treatment of Alaskan species by double-diffusion and modified double-diffusion methods. U.S. For. Serv. Res. Pap. FPL-182. Forest Prod. Lab., Madison, Wis.
 7. Lepage, E.S. and Freitas, A.R. 1982. Preservative treatment of Eucalyptus saligna fence posts by the double-diffusion method. Intl. Res. Group on Wood Pres. Document No. IRG/WP/3196.
 8. Markstrom, D.C., L.A. Mueller, and L.R. Gjovik. 1970. Treating resistant Rocky Mountain species by regular and modified double-diffusion methods. *Forest Prod. J.* 20(12): 17-20.
 9. 김재광, 이태수, 강하영, 이동흡, 김태욱, 조재명. 1990. 낙엽송, 리기다소나무 간벌재의 방부처리 이용효과(I). 임업연구원 연구보고 40 : 93-104.