

京畿道 廣州 地方 잣나무림, 낙엽송림 및  
참나무림에서 樹冠通過雨, 樹幹流 및 遮斷損失<sup>1\*</sup>  
李敦求<sup>2</sup> · 金甲泰<sup>3</sup> · 朱洗峽<sup>4</sup> · 金泳秀<sup>2</sup>

Throughfall, Stemflow and Rainfall Interception Loss  
in *Pinus koraiensis* Sieb. et Zucc., *Larix leptolepis*  
(Sieb. et Zucc.) Gordon and *Quercus* Species  
Stand at Kwangju-Gun, Kyunggi-Do<sup>1\*</sup>  
Don Koo Lee<sup>2</sup>, Gab Tae Kim<sup>3</sup>, Kwang Yeong Joo<sup>4</sup> and Young Soo Kim<sup>2</sup>

요 약

임분의 수종구성에 따른 수분의 변화와 강우차단 정도를 비교하기 위하여 경기도 광주군 서울대학교 농업생명과학대학 부속 중부연습림에서 1995년 5월부터 11월 사이에 잣나무림, 낙엽송림 및 참나무림을 대상으로 수간류, 수관통과류 및 강우차단량 등을 조사하였다. 이 기간 동안 총 강우량은 1,821mm이었으며 이 중 잣나무림에서 15.7%, 낙엽송림에서는 19.4% 그리고 참나무림에서 21.8%의 강우 차단비율을 보였다. 강우는 세임분 모두 수관통과류 형태가 가장 큰 비중을 차지하였으나 특히 잣나무림이 높게 나타났다. 수간류의 경우에는 잣나무림이나 낙엽송림 모두 1.1%의 낮은 비율을 보였지만 참나무림에서는 5%의 비율을 차지하였다. 수관통과류량 및 수간류하량은 모두 강우량과 높은 상관관계를 나타냈다.

ABSTRACT

The throughfall, stemflow and precipitation interception during the period of May to November 1995 were compared between three stands of *Pinus koraiensis*, *Larix leptolepis* and *Quercus* species stand growing at Kwangju-Gun, Kyunggi-Do. The total amount of precipitation during the period in the study area was 1,821mm, higher than average precipitation. The amount of interception showed 21.8% of the total precipitation in *Quercus* stand, whereas 15.7% and 19.4% in *P. koraiensis* and *L. leptolepis* stands, respectively. Precipitation leached on forest floor was occupied mainly by throughfall for all the stands, and it was specially higher in *P. koraiensis* stand. The amount of stemflow was appeared higher in *Quercus* stand(5.0%) than *P. koraiensis* stand(1.1%) or *L. leptolepis* stand(1.1%). The relationship between throughfall or stemflow and total precipitation in all the stands were highly significant.

Key words : throughfall, stemflow, interception

<sup>1</sup> 接受 1997年 3月 10日 Received on March 10, 1997.

<sup>2</sup> 서울대학교 산림자원학과 Dept. of Forest Resources, College of Agriculture and Life Sciences, Seoul National University, Suwon, Kyonggido 441-744, Korea.

<sup>3</sup> 상지대학교 임학과 Dept. of Forestry, Sangji University, Wonju, Kangwondo 220-702, Korea.

<sup>4</sup> 경기도 산림환경연구소 Kyunggi Forest and Environmental Research Station, Kyonggido 447-290, Osan, Korea.

\* 이 논문은 1994년 학술진흥재단이 지원한 '산림의 보속생산성 증진을 위한 양묘 순환체계에 관한 연구'의 일부임.

서론

물은 에너지의 변화에 따라 대기와 지상 사이를 항상 순환하는데 이러한 물의 순환과정을 수문순환(hydrological cycle)이라 한다. 이러한 물의 수문적 순환은 산림생태계 내에서 여러 가지 지문적 요인(physiographic factor)과 기상인자(climatic factor)가 상호 작용하여 영향을 미친다.

입목에 의한 수문의 차단과정을 보면 물순환과정에서 산림 내 지표면에 도달하는 강우량을 감소시키고 또한 강우의 강도를 완화시켜 토양유실을 방지하고 지표의 유속을 완화시켜 양묘 및 유기물의 용탈을 완화시킨다. 강우의 차단에 미치는 영향을 크게 기상인자와 입분구조로 나눌 수 있는데(Gash와 Horton, 1994; Gash와 Stewart, 1977; Pearce와 Rowe, 1981), 특히 입분구조 중에서는 수관유효도, 입목밀도, 엽면적 지수, 흉고 단면적 등이 주요하게 적용하는 것으로 보고되고 있다(Aston, 1979; Hancock과 Crowther, 1979, Jackson, 1975).

수문의 순환은 산림생태계 내에서 물질 및 양료 순환의 주요한 매개체 역할을 한다(Kimmins, 1987; Rapp, 1992). 특히 입관은 산림생태계가 대기와 접촉하는 첫 관문으로서 많은 물리적, 화학적 상호작용을 주고받는 부분이다. 이러한 상호 작용은 수중에 의해서도 크게 달라지는데 이것은 대기물질 유입에 대한 반응이 수중에 따라 다르게 나타나기 때문이다(Waring, 1985).

이 연구는 우리나라 중부지방에 주로 자라는 잣나무림, 낙엽송림 및 참나무림을 대상으로 수중에 따라 입분의 강우차단 손실량을 구명하고 이것이 수문순환에 어떻게 영향을 미치는가를 알아보기 위한 기초자료를 얻기 위하여 실시하였다.

재료 및 방법

1. 연구지역

연구의 연구대상지는 현재 우리나라 식생의 대

표적인 산림을 나타낼 수 있는 중부지방의 산림으로 같은 토양 입지환경 하에서 다양한 입분구조를 갖춘 곳으로서 도시지역과 산림지역의 중간에 위치한 곳을 택하였다. 이에 따라 다양한 천연림과 인공림을 갖추고 있는 경기도 광주군 도척면 소재 서울대학교 농업생명과학대학 부속 중부연습림을 연구지역으로 정하였다.

이 연구지역은 천연참나무림과 잣나무 인공림, 낙엽송 인공림을 대상으로 산록부에 잣나무와 낙엽송림을 인공식재한 인공 침엽수림지대이고, 능선 및 산정부는 굴참나무(*Q. variabilis*)와 갈참나무(*Q. aliena*)가 주종을 이루는 천연활엽수림 지대였다. 연구 대상입분은 우리나라 인공림의 주종인 잣나무(*Pinus koraiensis*)림과 낙엽송(*Larix leptolepis*)림, 그리고 천연참나무림을 대상으로 하였다. 잣나무림과 낙엽송림의 연구지점은 서로 약 200m 떨어졌으며 참나무림과는 약 500m 격리되었다.

연구 대상입분의 입분 속성은 표 1과 같다. 참나무 입분은 15m×20m 구획으로, 경사가 약 20° 정도되었고 평균 흉고직경은 11.8cm이나 수간류 측정목의 평균 직경은 19cm였다. 식생 피도는 약 78%로 세 입분 중 가장 낮았다(그림 1). 잣나무 입분은 20m×25m 구획으로 경사는 약 5°

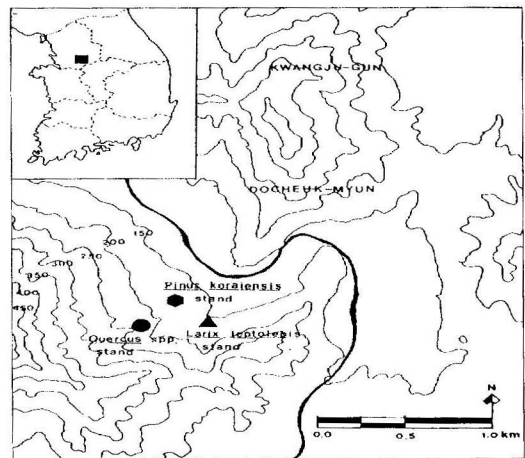


Fig. 1. Location of the study area

Table 1. Stand characteristics of the study area.

Stand	Mean DBH (cm)	Mean tree height (m)	Basal area (m <sup>2</sup> /ha)	Tree density (trees/ha)
<i>Quercus</i> spp	11.8	13	11.7	980
<i>Pinus koraiensis</i>	17.6	12	21.4	840
<i>Larix leptolepis</i>	16.2	15	25.7	1,150

가량 되었다. 식생피도는 세 임분 중 가장 높은 85%였고 임목배치가 고르게 되어 있었다(그림 1). 낙엽송 임분은 20m×20m 구획으로 경사는 약 2° 정도로 세 임분 중 경사가 가장 완만하였다(그림 1). 이곳은 1985년에 간벌을 실시한 지역이나 임목밀도가 여전히 다른 두 임분에 비해 높았다. 연구대상 임분의 구획이 서로 다른 것은 수간류 수집장치 설치와 선정된 구역의 지형특성을 감안한 결과 때문이다.

세 임분은 모두 하층식생이 제거되었으며 중상층만을 대상으로 연구를 실시하였고, 임분의 연령은 참나무림이 30년 가량 되었고 낙엽송림과 잣나무림의 연령은 모두 약 25년 정도이었다.

## 2. 측정방법

### 가. 총 강우량

총 강우량의 측정은 연구대상지역 내의 조사임분 부근에 직경 200mm의 간이 우량계를 3개 설치하여 매 강우시마다 강우량을 측정하였다. 시기적 강우유형을 비교하기 위해 조사지역에서 약 1.5km 떨어진 서울대학교 중부연습림 사무소에서 측정된 자료를 이용하였으며 1989년에서 1994년까지 6년동안 측정된 평균자료와 비교하였다.

### 나. 수관 통과우량

수관 통과우량은 잣나무림(*Pinus koraiensis*), 낙엽송림(*Larix leptolepis*), 참나무림(*Quercus spp.*)에 직경 217mm의 깔때기를 2개씩 장착한 통을 임상에 6개씩 임의로 설치하였으며 직경 200mm의 원통을 5개씩 설치하였다. 따라서 수관 통과우량은 각 임분당 11개씩 설치하여 매 강우마다 그 양을 측정하였다.

### 다. 수간류하량의 측정

수간류하량은 각 임분마다 6본의 표본목을 선정하였는데 경급을 기준으로하여 상, 중, 하 3등급으로 구분한 다음 각 등급별로 2본씩 선정하였다. 이렇게 선정된 임목에 대해 수간에 collar를 설치하여 집수통에 물이 모이도록 한 후, 매 강우시마다 그 양을 측정하였다. 측정된 물의 양은 Killingbeck과 Wali(1978)의 방법에 의거하여 흉

고단면적과 임목밀도를 조합하는 면적 강우량(mm)으로 환산하였다.

$$S = \frac{1}{2}[(D_1 + D_2)/D_1 + (B_1 + B_2)/B_1](V_c/A)$$

$D_1$ : 총 임목본수

$D_2$ : 집수기가 설치되지 않은 임목수

$B_1$ : 총 흉고단면적

$B_2$ : 집수기가 설치되지 않은 임목의 흉고 단면적

$V_c$ : 집수기에 모아진 물의 양( $\ell$ )

$A$ : 수간류하량(mm)

라. 강우 차단량 추정

조사지역에서 참나무림, 낙엽송림 및 잣나무림에서의 임분별 강우 차단량을 비교하기 위해 수관통과류, 수간류 및 직하류를 이용하여 다음과 같이 강우차단량을 구하였다.

$$I = P_r - SF - TF - DF$$

$P_r$  = 임의 강우량       $SF$  = 수간류하량

$TF$  = 수관통과우량       $DF$  = 직하우량

여기에서  $DF$ 는 임관의 빈공간을 통하여 임상에 도달한 우량으로 참나무림, 잣나무림, 낙엽송림이 각각 임의 강우의 14%, 10%, 20%로 측정되었다.

## 결과 및 고찰

### 1. 산림생태계 내부로 유입되는 물질량

#### 가. 강우 유입량

연구대상지역의 산림생태계에(1995년 5월~1995년 11월까지 7개월 동안) 유입된 총강우량은 총 1821.0mm로서 지난 1989년부터 1994년까지의 평균강우량 1316.9mm에 비해 504.1mm나 더 많이 유입된 것으로 조사되었는데, 이러한 강우의 유입은 특히 8월 중의 강우가 예년에 비해 월등히 많이 내렸기 때문이었다(표 2). 표 2에 나타낸 바와 같이 8월을 제외한 월별 강우량은 오히려 연평균에 훨씬 못 미치는 강우량이었다. 8월에 집중강우가 내린 것은 연이은 태풍이 우리나라에서는 열대성 저기압으로 정체되면서 야기된 것이었다.

Table 2. Monthly precipitation in the study area.

	May	June	July	August	September	October	November	Sum
1989~1994	619.3	203.5	411.0	281.2	186.9	53.2	61.8	1316.9
1995	771.5	69.4	276.6	1178.1	66.0	16.0	43.4	1821.0

**Table 3.** Monthly total of precipitation, throughfall and stemflow for each of three stands.

Month	Precipitation (mm)	<i>P. koraiensis</i>		<i>L. leptolepis</i>		<i>Quercus</i> spp.	
		Throughfall (mm)	Stemflow (mm)	Throughfall (mm)	Stemflow (mm)	Throughfall (mm)	Stemflow (mm)
May	71.50	38.78	0.50	40.61	0.32	34.56	2.89
June	69.44	41.48	0.37	32.55	0.22	35.92	3.12
July	376.49	294.88	3.51	242.81	3.72	222.20	16.33
August	1178.19	831.30	11.21	743.47	10.75	658.49	45.07
September	65.98	49.79	0.18	43.29	0.37	45.88	4.00
October	15.92	11.14	0.06	8.81	0.01	9.12	0.36
November	43.45	23.80	0.21	19.97	0.06	23.03	0.15

나. 임분별 수관 통과우량

1995년 5월에서 11월까지 7개월간 잣나무림, 참나무림 및 낙엽송림에서 측정된 수관 통과우량은 각각 1291.2mm, 1027.8mm, 1131.6mm로서 전 강우량의 70.9%, 62.3% 및 56.5%에 해당하는 양이었다.

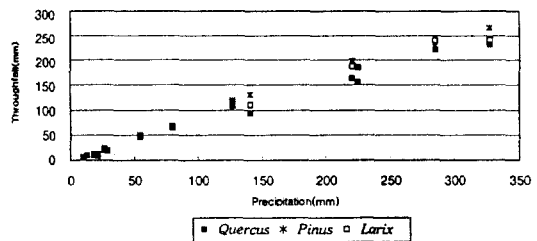
표 3은 강우별 세 임분에서의 월별 수관 통과우량과 수간류하량의 변화를 나타낸 것이다. 수관 통과우량은 참나무림이 잣나무림과 낙엽송림에 비해 낮게 나타나고 있다. 7~8월 사이에는 강우량이 크게 증가했는데 이에 따라 임분별 수관통과우량의 차이도 뚜렷하게 나타났다.

참나무림이 잣나무림이나 낙엽송림에 비해 비교적 낮은 수관통과우량을 나타내 것은 넓은 잎의 구조를 가져 엽을 포화하는데 비교적 많은 양의 수분이 필요했기 때문인 것으로 해석된다. 넓은 잎을 가지고 있는 활엽수의 구조상 강우를 차단하는데 침엽수보다 효과적일 것으로 판단된다. 이렇게 활엽수가 침엽수보다 수관통과우량이 적게 나타난 것은 김(1993) 또는 Harding(1992)의 결과와는 다르게 나타났는데 이러한 차이는 측정기간의 차이와 강우형태의 차이에서 기인한 결과로 보인다.

한편, 강우량과 수관 통과우량과의 관계가 그림 2와 같이 나타났는데 침엽수인 잣나무림과 낙엽송림에서의 수관 통과우량이 참나무림의 통과우량보다 관계식의 기울기가 높게 나타났다.

세임분 모두에서 수관 통과우량과 강우량의 상관관계 계수는 0.1% 수준에서 유의하게 나타났다. 이에 따라 각 임분별 강우량(X)에 대한 수관 통과우량(Y)의 추정회귀식을 구하였는데 그 결과는 표 4에 나타낸 바와 같다.

이러한 수관 통과우량 추정회귀식은 김(1993)이 제시한 결과와 비교할 때, 참나무류 임분은



**Fig. 2.** Relationship between precipitation and throughfall for each of the stands

**Table 4.** Relationship between throughfall and precipitation for each of the stand.

Stand	Predicted equation	R <sup>2</sup>
<i>Quercus</i> spp.	Y=0.7338X+0.6955	0.992
<i>Pinus koraiensis</i>	Y=0.8403X-0.4251	0.993
<i>Larix leptolepis</i>	Y=0.8146X-1.2593	0.992

김(1993)의 연구 결과인 0.838에 비해 기울기가 낮게 나타났고, 잣나무림과 낙엽송림은 리기테다림(김, 1993)의 0.807보다 약간 높게 나타났다.

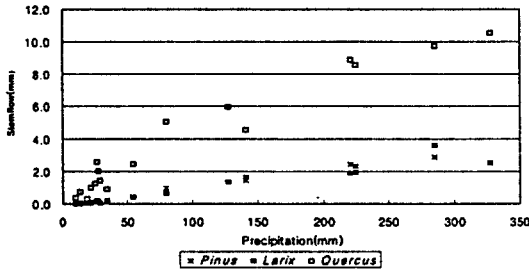
이러한 회귀식에 대해 Pathak 등(1987), Rowe (1983) 등은 이 연구결과와 마찬가지로 직선회귀식으로 나타냈으며, 이 연구처럼 수종에 따라, 그리고 임분구조에 따라 직선회귀식의 기울기의 차이가 있음을 밝혔다. 김(1993)의 결과도 직선으로 나타나고 있다. 그러나 Rothacher(1963)는 이 연구결과와는 달리 직선식 대신 곡선회귀식을 선호하였으며 기울기의 변화는 수관유효도에 반비례한다고 밝혔다.

다. 임분별 수간류하량

월별 수간류하량의 변화는 11월을 제외하고는 참나무림이 잣나무림과 낙엽송림에 비해 매우 높다(표 3). 세 임분에서의 수간류의 측정결과의 합계는 표 5와 같다. 잣나무림과 낙엽송림은 수간류에 의해 유입되는 수분량은 차이가 별로 없었

**Table 5.** Stemflow for each of the stand.

Stand	Stem flow (mm)	Stemflow/Precipitation (%)
<i>Quercus</i> spp.	71.9	3.9
<i>Pinus koraiensis</i>	16.3	0.9
<i>Larix leptolepis</i>	15.4	0.8

**Fig. 3.** Relationship between stemflow and precipitation for each of the stands.

으며 강우에 대한 비율도 모두 1% 미만이었다. 그러나 참나무림에서는 측정기간 중 71.9mm로 전 강우의 3.9%를 차지하여 이것은 잣나무림이나 낙엽송림의 약 4배 이상을 나타낸 것이다.

한편 그림 3은 강우량과 수간류하량과의 관계를 나타낸 것이다. 그림에서 보는 바와 같이 이의 관계는 특히, 참나무림의 경우 강우량이 낮을수록 변이가 크게 나타났다. 그러나 강우량이 50mm 이상일 때는 수간류하량과 강우량과의 관계가 비교적 높게 나타났다.

참나무림의 수간류가 침엽수인 잣나무림이나 낙엽송림보다 높게 나타난 것은 수형의 차이가 크게 작용하는 것으로 여겨진다. 즉, 낙엽송림이나 잣나무림은 가지가 비교적 수평으로 뻗어있기 때문에 임관에서 줄기로 강우가 모이는 양이 적지만 참나무류와 같이 활엽수류는 가지가 줄기와 갈매기 모양을 형성하기 때문에 상대적으로 줄기에 모이는 빗물의 양이 많았던 것으로 추정된다.

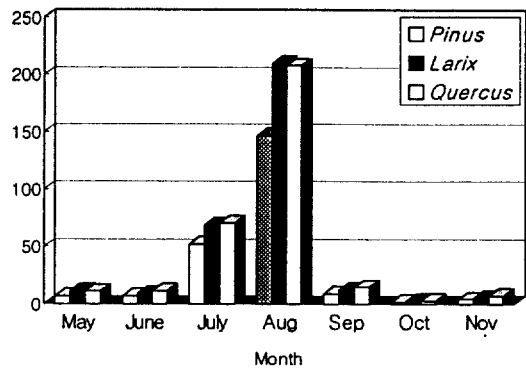
또한 수간류량의 변화는 직경, 수피구조, 강우량 등과도 밀접한 연관이 있을 것으로 판단되는데(김, 1993), 본 연구에서 특히, 낙엽송의 경우, 참나무나 잣나무에 비해 수간의 습적 포화도가 상대적으로 높을 것으로 판단된다. 이것은 낙엽송림의 수피가 종이조각처럼 벗겨져 습적표면적이 아주 높고 또한 모세관 작용 등 수분저장에 알맞은 구조를 가지고 있기 때문이다.

한편 강우량과 각 임분의 수간류하량과의 상관

**Table 6.** Relationships between stemflow(Y) and precipitation(X) for each of the stand.

Stand	Predicted equation	R <sup>2</sup>
<i>Quercus</i> spp.	$Y=0.0349X+0.322$	0.942**
<i>P. koraiensis</i>	$Y=0.0097X-0.054$	0.964**
<i>L. leptolepis</i>	$Y=0.0101X-0.111$	0.938**

\*\* significant at the 1% level

**Fig. 4.** Seasonal variation in precipitation intercepted for each of the stands.

관계를 구한 결과 고도의 유의성을 보였다(표 6).

라. 강우차단량과 임분별 수문변화

각 임분별 계절적 강우차단 비율은 그림 4에 나타낸 바와 같이 강우량이 많은 시기인 7~9월 간에 차단량이 낮게 나타났으며 5~6월 및 10~11월간에는 높은 차단율을 나타내었다. 7~9월간의 임관연면적 지수가 다른 때보다 높음에도 불구하고 강우차단량이 낮게 나타난 것은 이시기의 강우강도가 다른 때보다 높기 때문인 것으로 해석된다.

임관에 의해 차단되는 강우 차단량을 추정하는 방법이 많은 연구자에 의해 제안되었다(Parker, 1983; Roberts, 1983; Harding 등, 1992). 그림 5는 강우량과 강우 차단량과의 관계를 나타낸 것이다. 강우량이 적을 때(대략 20~30mm)에는 강우 차단량이 비교적 높게 나타났으며 강우량이 증가할수록 처음에는 강우 차단량이 떨어졌다가 다시 증가하는 경향을 나타내었다. 강우량이 적을 때, 즉 20~30mm 이하에서는 대체로 강우 차단율이 아주 높게 나타났으며 강우량이 많을 때에는 강우 차단율이 낮게 나타났다. 그러나 낙엽송림은 일정 수준 이상의 강우에서는 강우량이 증가해도 거의 일정한 강우 차단율을 나타냈으며(그림 5), 잣나무림과 참나무림에서는 강우차단

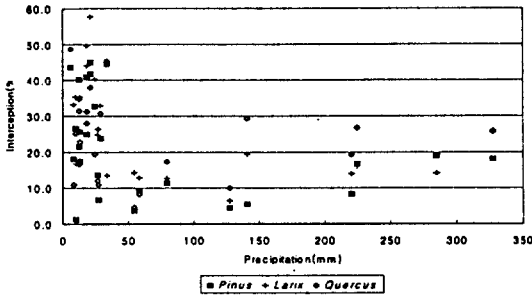


Fig. 5. Relationships between interception by crown and precipitation for each of the stands.

Table 7. Relationships between interception(Y) by crown and precipitation(X) for each of the stands.

Stand	Predicted equation	R <sup>2</sup>
<i>Quercus</i> spp.	$Y=0.2284X+0.7739$	0.917**
<i>P. koraiensis</i>	$Y=0.1500X+0.4788$	0.810**
<i>L. leptolepis</i>	$Y=0.1753X+1.3707$	0.841**

\*\* significant at the 1% level

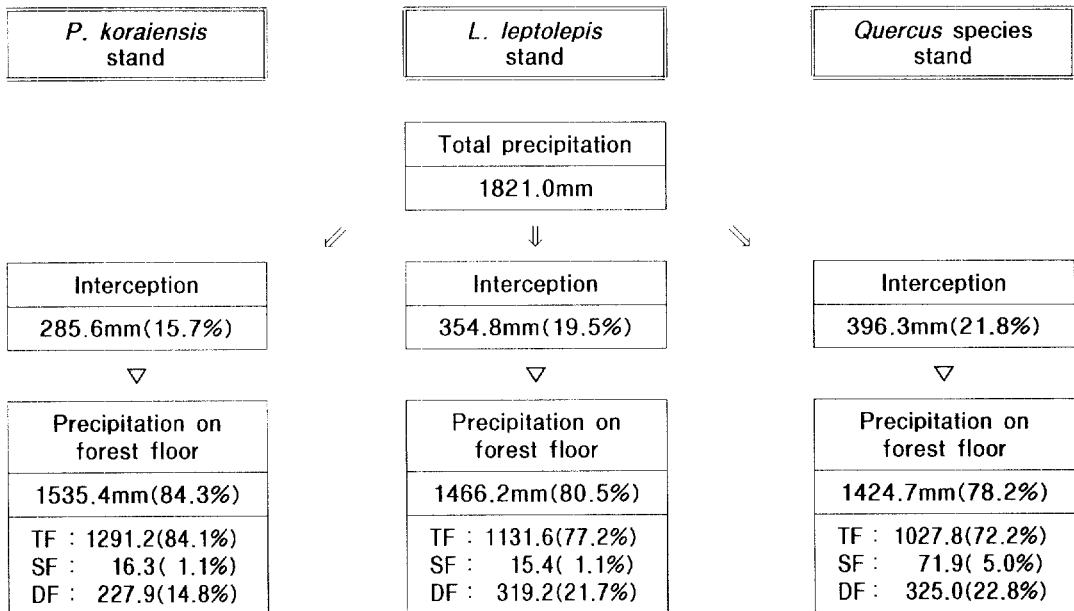
율이 약간 증가하는 경향을 나타냈다. 이러한 경향은 김(1993)의 연구에서도 밝힌바 있는데, 특히 강우량이 적을 때 강우 차단량의 변화가 크게 나타난 것은 무엇보다도 강우 강도와 임관 구조, 즉, 엽량 및 엽의 크기가 크게 작용한 것으로 해

석된다. 이처럼 수종에 따른 강우 차단량의 차이는 Molchanov(1960), Lawson(1967), Ford와 Deans(1978)의 연구에서 밝힌 결과와 같은 경향이였다. 강우 강도에 따라 차이가 나는 것은 Gash와 Stewart(1977)에 의해서도 조사되었는데 이 연구에서도 엽량 및 잎의 크기가 많이 작용했을 것으로 보인다.

강우량과 강우 차단량과의 관계를 알아보기 위해 회귀식을 구해본 결과 비교적 유의성이 높은 회귀식을 구할 수 있었다. 표 7은 각 임분에서의 강우 차단량에 대한 직선회귀식을 구한 결과를 나타낸 것이다.

여기에서 참나무림에서 강우 차단량에 관한 회귀식의 기울기가 낙엽송림이나 잣나무림에 비해 높게 나타났는데 이것은 강우량이 증가할수록 강우 차단량이 더 많다는 것을 보여주고 있다. 이러한 직선회귀식은 김(1993)에 의해서도 제시되었는데 유의성이 아주 높은 것으로 보고되었다.

각 임분의 수문변화에 따른 수문 수지는 그림 6과 같다. 측정기간 중 산림생태계에 유입된 총 강우량은 1,821mm로서 평균 유입량보다 아주 많은 양이라고 할 수 있다. 임분별 수문변화를 보면 잣나무림은 유입 강우량의 15.7%가 임관에 의해 차단되고 나머지 84.3%인 1535.4mm가 임



(TF : throughfall, SF : stemflow, DF : directfall)

Fig. 6. Water budget for each of the forest stands during the period May~November 1995.

상으로 유입되었는데 이중 84.1%는 수관통과류의 형태로, 1.1%는 수간류로, 그리고 14.8%는 직하류의 형태로 유입되었다. 낙엽송림과 참나무림에서는 수관통과류에 의한 유입량이 여전히 높았지만 각각 77.2%와 72.2%로 잣나무림보다는 낮았으며 대신 직하류의 비율이 높았다. 참나무림의 경우에는 수간류에 의한 유입량이 5% 정도를 차지하여, 잣나무림이나 낙엽송림의 1.1%에 비해 높은 비율을 나타냈다.

## 결 론

임분의 수종구성에 따른 수문의 변화와 강우차단을 비교하기 위하여 경기도 광주군 서울대학교 농업생명과학대학 부속 중부연습림에서 1995년 5월부터 11월 사이에 잣나무림, 낙엽송림 및 참나무림을 대상으로 수간류, 수관통과류 및 강우 차단량 등을 조사하였다. 이 기간 동안 총 강우량은 1,821mm로 조사되었는데 이중 잣나무림에서 15.7%, 낙엽송림에서는 19.4% 그리고 참나무림에서 21.8%의 강우 차단비율을 나타냈다. 강우는 세임분 모두 수관통과류 형태가 가장 큰 비중을 차지하였으나 특히 잣나무림이 높게 나타났다. 수간류의 경우에는 잣나무림이나 낙엽송림 모두 1.1%의 낮은 비율을 보였지만 참나무림에서는 5%의 비율을 차지하였다. 수관통과류량 및 수간류하량은 모두 강우량과 높은 상관관계를 나타냈다. 강우 차단율은 강우량이 낮은 경우에 높은 차단율을 보였고 강우량이 증가하면 낮아지다가 다시 증가하는 경향을 나타냈다.

## 인 용 문 헌

1. 김경하. 1993. 산림의 강우차단 손실량 추정 전산모형 개발에 관한 연구. 서울대학교 박사학위 논문. 117pp.
2. Aston, A.R. 1979. Rainfall interception by eight small trees. *J. of Hydrology*. 42 : 383-396.
3. Ford, E.W. and J.D. Deans. 1978. The effects of canopy structure on stemflow throughfall and interception loss in a young sitka spruce plantation. *J. of Appl. Ecology* 15 : 905-917.
4. Gash, J.H.C. and A.J. Morton. 1978. An application of the Rutter model the estimation of the interception loss from Thetford forest. *J. of Hydrology* 38 : 49-58.
5. Gash, J.H.C. and J.B. Stewart. 1977. The evaporation from Thetford forest during 1975. *J. of Hydrology*. 35 : 385-396.
6. Hancock, N.A. and J.M. Crowther. 1979. A technique for the direct measurement of water storage on a forest canopy. *J. of Hydrology*. 41 : 105-122.
7. Harding, R.J., C. Neal and P.G. Whitehead. 1992. Hydrological effects of plantation forestry in north-eastern Europe. p445-455. in E.A. Teller, P. Mathy and J.N.R. Jeffers (eds.) *Responses of Forest Ecosystems to Environmental Changes*. 1009pp.
8. Jackson, I.J. 1975. Relationships between rainfall parameters and interception by tropical forest. *J. of Hydrology*. 24 : 215-238.
9. Killingbeck, K.T. and Wali, M.K. 1978. Analysis of an North Dakota gallery forest, nutrient, trace element and productivity relations. *Oikos*, 30 : 29-60.
10. Kimmins, J.P. 1987. *Forest Ecology*. 531pp.
11. Lawson, E.R. 1967. Throughfall and stemflow in a pine-hardwood stand in the Quachita mountains of Arkansas. *Water Resource Research*. 3(3) : 731-735.
12. Molchanov, A.A. 1960. The hydrological role of forest. *Izdatelstvo AkademiiNauk SSSR*. 405pp.
13. Parker, G.G. 1983. Throughfall and stemflow in the forest nutrient cycle. *Adv. Ecol. Res.* 13 : 57-133.
14. Pathack, P.C., A.N. Pandey and J.S. Singh. 1985. Apportionment of rainfall in central Hymalayan forests(India). *J. of Hydrology* 76 : 319-332.
15. Pearce, A.J. 1987. A stochastic model of rainfall interception comment. *J. of Hydrology* 89 : 371-372.
16. Pearce, A.J. and L.K. Rowe. 1981. Rainfall interception in a multi-storied evergreen mixed

- forest estimates using Gash's analytical model  
J. of Hydrology. 49 : 341-353.207
17. Rapp. M. 1992. Nutrient cycling in European forests : state of current research and future needs. in p176-188 E.A. Teller, P. Mathy  
anf J.N.R. Jeffers(eds.) Responses of Forest Ecosystems to Environmental Changes. 1009pp.
18. Waring, R.H. and L.H. Schlesinger. 1985. Forest Ecosystems. : Concepts and Management. Academic Press, Austin. 340pp.