

잣나무 林分의 林內降雨量에 關한 研究*

李 賢 煥¹

A Study on the net Precipitation in Korean Pine (*Pinus koraiensis* S. et Z.) Stand*

Hyun Kyu Lee¹

要 約

잣나무 임분의 임내강우량을 연도별, 월별, 강우별, 임내 위치별로 측정 분석하기 위하여 강원도 원주시 상지대학교 교내 잣나무 임분에서 1993년 4월부터 1996년 10월까지 4년 동안 조사하였다. 이 기간 동안에 평균 임내 강우량률은 55.7%이었고, 5월에 45.7%로 가장 낮았으며, 7월에는 62.9%로 가장 높았다. 수간으로부터 0.3m 떨어진 곳에서 얻어진 평균 수관통과우량률은 45.9%이었고, 0.6m의 수관통과우량률은 60.3%이었다. 10mm 이하의 강우량에서는 임내강우량률이 37.5%이었고, 100mm 이상에서는 평균 70.9%이었다. 수관통과우량률과 강우량의 추정회귀식은 $Y_{(\%)}=12.35\text{Ln}X_{(\text{mm})}+9.45$ ($R^2=0.735^{**}$)로 고도로 유의하였으며, 수간유하우량과 강우량과의 상관식은 $Y_{(\%)}=0.27X_{(\text{mm})}-1.83$ ($R^2=0.921^{**}$)이었으며, 잣나무의 임내강우량률은 강우량과의 상관관계에서 $Y_{(\%)}=13.79\text{Ln}X_{(\text{mm})}+4.56$ ($R^2=0.946^{**}$)으로 1%의 유의수준에서 고도로 유의하였다.

ABSTRACTS

This study was carried out to investigate the percentage of the net precipitation in Korean Pine (*Pinus koraiensis* S. et Z.) stand seperated by monthly, annually, the amount of rainfall and distance away from stem, at University of Sangji, Wonju, Kangwon province, during the period from April 1993 to October 1996. The average percentage of net precipitation showed 55.7% of the total precipitation, the minimum percentage of net precipitation was 45.7% in May and the maximum percentage was 62.9% in July. The average percentage of net precipitation at 0.3m far away from the stem showed 45.9% of the total precipitation and showed 60.3% at 0.6m distance. The average percentage of net precipitation wthin precipitation of 10mm and less showed 37.5% of tatoal precipitation and showed 70.9% within precipitation of 100mm and over. The relationship between percentage of throughfall and total precipitation were highly significant. It was estimated to be $Y_{(\%)}=12.35\text{Ln}X_{(\text{mm})}+9.45$ ($R^2=0.735^{**}$). The relationship between stemflow and rainfall was estimated to be $Y_{(\%)}=0.27X_{(\text{mm})}-1.83$ ($R^2=0.921^{**}$). The relationship between percentage of net precipitation and total precipitation was estimated to be $Y_{(\%)}=13.79\text{Ln}X_{(\text{mm})}+4.56$ ($R^2=0.946^{**}$) with significance at 1% level.

Key words : throughfall, stemflow, Korean Pine(*Pinus Koraiensis* S.et Z.)

* 接受 1998年 7月 30日 Received on July 30, 1998.

¹ 尙志大學校 山林資源學科 Dep. of Forest Resources, Sangji University, Wonju, Kangwondo, 220-702, Korea

緒 論

물의 이용이 증대되어 양질의 물을 확보하는 것이 21세기에는 중요한 정책과제이며, 경제성이 있음을 사회가 인식하기 시작했다. 그러나 물자원이 자유재에서 급격히 경제재로 변하는데 반하여, 물을 관리하는 체계적인 연구와 정책이 미흡하다. 특히 우리나라에서 물의 확보는 산림에 떨어지는 강우에 의하여 대부분 얻어지고 있으므로, 산림과 환경인자 사이의 물의 상태를 구명하기 위해서는 계속적인 연구가 필요하다. 산림에 떨어지는 강우의 일부는 수목의 수관에 의하여 차단되고, 나머지는 수관을 통과하고 또한 수관을 타고 흘러 임상에 도달된다. 수관에 차단되는 양은 크게 두 가지 요인에 의하여 조절되는데, 식생요인으로는 수목의 총 표면적, 표면의 성질, 가지의 배열 등이 있으며, 기후 요인으로는 강우 회수와 간격, 강우강도, 강우시 또는 강우 후의 풍속 등이 있다(Hewlett, 1982). 임분의 수종구성에 따른 강우차단 정도를 비교하였는데, 잣나무림은 15.7%, 낙엽송림은 19.4%, 참나무림은 21.8%이었다. 또한 수관통과우량 및 수간유하량이 강우량과 높은 상관관계가 있음을 보고(李敦求 等, 1997)하였다. 잣나무 수종에서 월별, 강우별, 임내 위치별, 수관통과우량의 변화와 수간유하량의 변화를 계속적으로 조사하였는데, 수관통과우량은 5월에 38.3%로 가장 낮았으며, 8월에는 63.3%로 가장 높았다. 수간유하량은 6월에 3.5%로 가장 높았으며, 9월에 2.3%로 가장 낮았다. 수관통과우량은 $Y(\%) = 61.350 - 142.921/X_{(mm)} (R^2 = 0.717)$ 로 수간유하량은 $Y_{(ml)} = 1176.82 + 187.90X_{(mm)}$ 로 추정되었다(李賢揆, 1993). 森林의 이수기능 및 환경보전 영향효과를 수량적으로 구명하기 위하여 이수기능을 수량화하여 기초 수문자료를 제공하였으며(禹保命, 1993), 산지유역은 대부분이 수자원상 중요한 위치를 차지하고 있으므로 삼림의 유량조절과 유출에 미치는 삼림의 영향을 정량적으로 해석 할 필요가 있다(李憲浩, 1992)고 보고하였다. 우기인 7월에서 10월 동안에 임관에 의한 강우의 차단효과를 조사하였는데, 수관통과우량은 침엽수림에서 76.7%, 활엽수림에서는 81.8%이었고, 수간유하량은 침엽수림이 4.8%, 활엽수림은 2%로 연구되었으며, 수관차단량과 임의강우량의 관

계를 직선식, 이차식, 그리고 log식을 이용하여 상관분석한 결과 이차곡선 회귀식에 의한 model이 가장 적합한 것으로 나타났다(金景河와 禹保命, 1988). 소나무 임분이 40년에서 45년으로 성장되면서 얻어진 수간유하우량은 0.5% 범위이고, 낙엽송 28년생 임분에서 3년 동안 얻어진 수간유하우량은 4.7% 범위를 차지하였다(中野, 1976). 또한 산림지역에서 임분구조 변화와 기상조건을 고려하여 차단손실량을 예측하기 위한 동적 모형의 개발을 연구하였는데, 임분구조의 변화에 따른 임목의 강우차단손실량을 산정하여 산지유역의 수자원 변화를 단기적으로 예측하는데 이용할 수 있다고 판단되었다(金景河, 1993). 침엽수림의 수관차단은 2가지 요소로 나누어지는데, 하나는 강우 후 증발되는 수관에 저류된 물인데 수관에 부착되어진 물의 최대량은 1.92mm이었고, 또 다른 하나는 강우 중에 증발되는 물로서 0.1618mm/hr이었다. 연평균 수관차단률은 18.5%~22.9%이고 수관차단량은 290mm~390mm이었다. 침엽수림에서 얻어진 수관통과우량은 평균 81%이었고, 수간유하우량은 10~12% 이었다고 보고하였다(鈴木 등, 1979). 수관통과우량을 측정하기 위해서는 최소 단위강우량이 2.2mm(Pathak, 1985), 또는 2.5mm(Kittredge, 1941) 정도 내려야 한다고 보고하였다. 삼나무림의 수관차단에 관한 보고에서 같은 기상조건에서 강우차단 증발량은 증산량보다 크며, 이러한 차단된 강우의 빠르고 지속적인 증발은 주위 식물 군락으로부터 발생된 移流 현상으로 이해되어진다(服部 등, 1985).

본 연구는 잣나무수종의 임내강우량을 4년동안 계속적으로 조사하여 단기적으로 보고되었던 자료를 종합 분석하여, 연도별, 월별, 강우별, 임내 위치별 등의 각 수관통과우량률, 수간유하우량률 등 잣나무 수종의 임내강우량을 구명하여 삼림수문의 기초 자료를 얻고자 수행하였다.

材料 및 方法

강원도 원주시 우산동 상지대학교 교내에 식재된 잣나무 4본을 조사 수목으로 선정하여 1993년에서 1996년까지 4년 동안 매년 4월부터 10월까지 조사하였다. 조사 수목은 1993년 기준으로 수령은 18년생이고, 平均樹高가 4.1m로 4년동안 성장하여 1996년에는 平均樹高가 5.8m이었다.

Fig. 1의 왼쪽 그림은 4개의 조사수목 중 표준목의 측지별 수관투영면적을 1993년과 1996년을 비교한 것으로 枝序配列 상태에 따라 8개 방향별 樹冠폭을 측정하여 투영시킨 그림이다. 1996년의 樹冠投影面積이 1993년과 비교하면 면적이 증대되었음을 보여주는 것으로 1993년의 平均 樹冠投影面積은 5.63m²이었는데, 1994년에는 8.54m², 1995년에는 10.64m², 1996년의 平均 樹冠投影面積은 13.29m²이었다. 그림의 오른쪽은 그 수목의 1996년의 수관투영면적 내에 수관통과우량의 위치별 차이를 알아보기 위하여, 각 조사수목의 수간으로 부터 0.3m와 0.6m 떨어진 곳에 방사형으로 8개씩 간이 우량계를 설치 측정하였다.

임내강우량(net Precipitation)을 구하기 위해 각 수목의 수관통과우량(Throughfall)과 수간유하우량(Stemflow)을 측정하였으며, 임의우량은 조사지 근처에서 측정한 것과 원주기상청 자료를 검토하였다. 각 수목별로 측정되어진 8개의 측정치를 평균하여 각 수목의 수관통과우량을 산정하였으며, 일일 수관통과우량은 4수목을 평균하여 얻었다.

수간유하우량의 측정은 각 조사목의 수간하단에 수간유하우량이 집수되도록 장치를 부착하여

집수통에 수집하여 측정하였으며, 일일 수간유하우량은 4수목의 측정치를 평균하여 얻었다. 수관통과우량률(%)= $\frac{\text{단위강우시의 4수목의 평균 수관통과우량(mm)}}{\text{단위강우량(mm)}} \times 100$ 으로 측정하고, 수간유하우량률(%)= $\frac{\text{단위강우의 4수목 평균 수간유하우량(mm)}}{\text{단위강우량(mm)}} \times 100$ 으로 측정하였다. 단위강우량은 강우 시작부터 강우 종료까지의 강우량을 나타내며, 4년 동안 강우량이 소량이고, 강우량이 적고 강우기간이 긴 경우 등 측정불량한 것을 제외한 67회의 단위강우를 측정하였다. Table 1은 월별 조사된 단위강우 數 및 평균 강우량, 온도, 습도 등을 원주기상청 자료를 참고하여 나타낸 것이다.

結果 및 考察

1. 年度別 林內降雨量 變化

Table 2는 연도별 평균 강우량과 수관통과우량, 수간유하우량, 임내강우량에 관한 표이다. 1995년의 9월, 10월과 1996년의 4월, 5월, 10월은 측정이 불량하여 1995년과 1996년의 측정회수가 적었으나 전체적으로 67회, 년 평균 16.8회 이었다. 매회 측정한 평균 강우량은 48.5mm이었

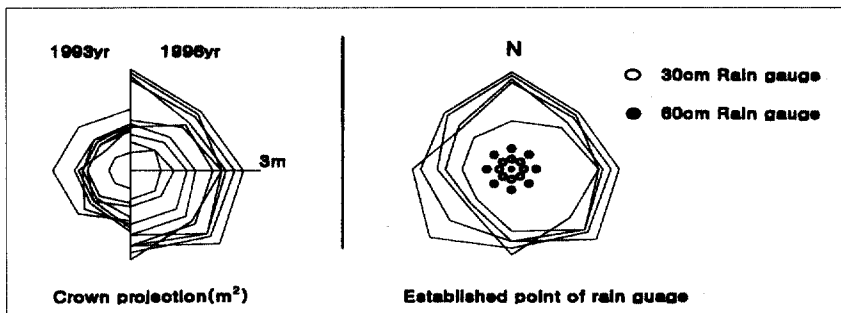


Fig. 1. Crown projection and established point of rainfall gauges.

Table 1. Monthly meteorological data and number of investigated precipitation(1993 - 1996)

Month	No. of investigate	Precipitation(mm)					Mean air temper.(°C)	Mean R humid.(%)
		1993	1994	1995	1996	Mean		
Apr.	6	53.5	19.4	43.3	64.9	45.3	11.1	65
May	11	129.9	98.0	49.3	20.2	74.4	17.1	69
Jun.	12	130.6	152.9	36.6	235.5	138.9	21.6	78
Jul.	15	342.3	141.3	303.2	283.7	267.6	24.9	81
Aug.	11	237.2	378.9	696.3	203.7	379.0	24.7	82
Sep.	5	108.4	58.3	55.2	21.4	60.8	18.9	78
Oct.	7	36.2	173.4	37.5	64.1	77.8	12.4	77

Table 2. The throughfall(0.3m, 0.6m), stemflow and net precipitation by years

Years	No. Invest.	Preci. (mm)	Throughfall mm(%)			Stemflow		net Preci. mm(%)
			30cm	60cm	Mean	(mm)	(%)	
1993	21	48.9	21.8(44.5)	30.4(62.2)	26.1(53.3)	2.1	4.3	28.2(57.6)
1994	18	46.8	22.1(47.3)	27.4(58.5)	24.8(52.9)	1.0	2.2	25.8(55.1)
1995	13	46.0	20.6(44.7)	27.2(59.2)	23.9(52.0)	1.1	2.4	25.0(54.4)
1996	15	52.4	24.8(47.3)	31.9(60.9)	28.3(54.1)	0.7	1.4	29.0(55.5)
Mean	16.8	48.5	22.3(45.9)	29.2(60.3)	25.7(53.1)	1.3	2.6	27.0(55.7)

으며, 4년 동안 측정된 평균 수관통과우량률은 수간으로부터 0.3m 떨어진 곳에서는 45.9%이었고, 0.6m 떨어진 곳에서는 60.3%로 두 지역 사이에는 14.4%의 차이가 있었다. 또한 4년 동안 측정된 평균 수관통과우량률은 53.1%(S.D. = ±1.56)로 나타났다. 李敦求(1997)는 1995년 조사에서 잣나무 수관통과우량률은 70.9%라고 보고하였는데, 이는 본 연구결과 보다 높다고 보여 지는데, 李의 연구에서는 평년의 강우량 보다 조사년도의 강우량이 많았고, 특히 8월의 지역성 집중호우에 기인한 결과 때문이라 생각된다. 또한 참나무림에서는 수관통과우량이 62.3%, 낙엽 송림에서는 56.5%로 나타났는데, 본 연구 조사와 비교하여 보면 낙엽송림의 수관통과우량과 유사하였다. 金景河(1988)의 보고에 의하면 침엽수림과 활엽수림의 수관통과우량이 76.7%와 81.8%로, 본 조사와는 큰 차이를 보였는데 이는 본 조사는 4월, 5월, 6월의 건조기를 포함하여 측정되었기 때문으로 사료된다.

수간유하우량을 보면 1993년의 평균 단위 강우량이 48.9mm일 때 수간유하우량은 2.1mm(4.3%)였고, 1996년에는 평균 단위 강우량이 52.4mm일 때 수간유하우량은 0.7mm(1.4%)를 나타내었다. 전체적으로 종합하면 평균 단위 강우량은 48.5mm이었고 수간유하우량은 평균은 1.3mm(2.6%)이었다. Fig. 1과 같이 93년도에는 수관투영면적이 5.63m²이었던 것이 4년 후에는 13.29m²으로 증가되었고, 또한 가지의 길이도 93년에는 평균 1.5m이었던 것이 96년에는 2.5m로 커져, 수관유하우량은 증가되리라 사료되었으나, 수간유하우량은 4년이 경과되어도 오히려 감소되었다. 中野(1976)의 보고에 의하면 소나무 임분이 40년에서 45년으로 성장되면서 얻어진 수간유하우량률이 0.5%에서 크게 변하지 않고, 낙엽송 28년생 임분에서 3년 동안 측정된 수간유하우량률이 4.7% 범위로 나타내었는데, 이 결과와 비교하면

본 연구 결과는 상반된 결과이다. 이러한 이유는 연구수행 중 가지치기를 하지 않아 각 조사 잣나무의 하단 측지들이 아래 방향으로 기울어져 수관에서 차단된 우량이 수간으로 유하되지 않고 밖으로 흘렀기 때문으로 사료된다. 결과적으로 잣나무 수종의 평균 임내강우량률은 55.7%(S.D= ±1.38)이었다.

2. 月別 林內降雨量 變化

Table 3은 월별 수관통과우량률과 수간유하우량률을 나타내고 있는데, 강우량은 4년 동안 조사된 월별 평균 강우량을 나타내고 있다. 4월은 평균 강우량이 20.4mm로 조사 월 중에서는 가장 적게 비가 내렸고, 장마철인 7월은 74.6mm, 8월에는 69.6mm로 4월 5월의 강우량보다 3배 이상 비가 많이 왔다. 단위강우 기간도 2, 3일 이상인 경우도 있었다. Pathak(1985)와 Kittredge(1941)는 각각 수관통과우량을 측정하기 위해서는 강우량이 2.2mm, 2.5mm 정도 내려야 한다고 보고하였는데, 본 조사기간에 측정된 최소 단위강우는 3.3mm이었으나 10mm 내외의 강우량에서도 강우기간이 길거나, 건조한 기간이 오래 동안 경과한 후 미량의 강우가 내릴 경우 측정하기가 어려웠다. 그래서 1995년의 9월, 10월과 1996년의 4월, 5월, 9월의 수관통과우량률을 얻지 못했다. 4년 동안 측정되었던 수관통과우량률은 1993년 5월에 가장 적은 38.4%를 얻었으며, 1994년 7월에는 69.0%를 얻어 가장 많은 수관통과우량률을 나타내었다. 1993년 5월에는 5번 조사되었는데, 강우량이 3.3mm이었을 때 수관통과우량이 0.5mm(16.3%)인 것과 5mm이었을 때 수관통과우량이 1.1mm(22.3%)인 것이 영향을 주어 1993년의 5월 평균 수관통과우량은 38.4%가 되어, 4년 동안의 5월 평균 42.3%보다 낮아지게 된 이유이다. 이런 결과를 유추하여 보면 10mm 이하의 강우량을 충분히 측정할 수 있었다면 4월, 5월 또는 9월,

Table 3. Percentage of throughfall and stemflow by months

Month	Preci. (mm)	Throughfall(%)					Stemflow(%)					net Preci. (%)
		1993	1994	1995	1996	Mean	1993	1994	1995	1996	Mean	
Apr.	20.4	9.8 (48.1)	8.8 (42.9)	8.3 (40.6)	—	9.1 (44.7)	1.0 (4.8)	0.8 (4.1)	0.5 (2.5)	—	0.7 (3.6)	9.8 (48.3)
May	25.2	9.7 (38.4)	12 (47.6)	11 (43.6)	—	10.7 (42.3)	0.9 (3.7)	0.7 (2.7)	0.5 (1.8)	—	0.7 (2.9)	11.4 (45.2)
Jun.	39.2	21.9 (55.7)	19.9 (50.7)	17.1 (43.7)	19.9 (50.7)	19.9 (50.8)	1.8 (4.5)	0.9 (2.2)	0.6 (1.6)	0.6 (1.6)	0.9 (2.4)	20.8 (53.2)
Jul.	74.6	47.3 (63.4)	51.5 (69.0)	46 (61.7)	41.5 (55.6)	44.9 (60.2)	3.4 (4.5)	2.5 (3.4)	1.7 (2.3)	1.3 (1.8)	2.0 (2.7)	46.9 (62.9)
Aug.	69.6	46.1 (66.2)	37.9 (54.5)	45.1 (64.8)	40.4 (58.0)	41.9 (60.2)	3.1 (4.4)	1.1 (1.6)	1.7 (2.4)	1.1 (1.6)	1.7 (2.5)	43.6 (62.7)
Sep.	44.1	28.6 (64.9)	20.3 (46.1)	—	—	22 (49.9)	1.6 (3.6)	0.5 (1.1)	—	—	0.7 (1.6)	22.7 (51.4)
Oct.	39.6	19.7 (49.7)	25.6 (64.6)	—	21.5 (54.4)	22.7 (57.4)	1.3 (3.2)	0.5 (1.3)	—	0.5 (1.3)	0.7 (1.8)	22.2 (56.2)
Mean	48.5	25.9 (53.3)	25.7 (52.9)	25.2 (52.0)	26.2 (54.1)	25.7 (53.1)	2.0 (4.3)	1.0 (2.2)	1.2 (2.4)	0.7 (1.4)	1.3 (2.6)	27 (55.7)

10월의 수관통과우량률은 낮아지리라 사료된다.

1994년 7월의 수관통과우량률은 7월 초순 장마 기간에 5일동안 내린 강우량이 160mm이었을 때 얻어진 결과이다. 장마기간 동안과 집중호우인 경우에는 수관통과우량률이 70% 이상을 차지하였으나, 7월, 8월은 장마기간이 아닌 경우에는 높은 온도의 영향으로 수관통과우량률은 평균 이하로 낮아지는 경우가 있어, 7월, 8월의 평균 수관통과우량률이 60.2%가 되었다.

1993년 9월의 수관통과우량률 64.9%는 이틀 동안 강우가 122mm 내린 경우로, 1993년 9월에는 이것 한번밖에 측정되지 않았기 때문이며, 1994년 10월의 경우에는 10월 초, 중순에 계속 비가 내려 159.1mm의 강우량을 나타내었는데 이는 4년 조사기간의 평균 10월 강우량 77.8mm의 2배가 되어, 수관통과우량률은 64.6%를 차지했다.

월별 수간유하우량률을 보면 4월에 3.6%이던 것이 10월에는 1.8%로 점차 적어지는 이유는 매년 3월에 조사한 수관투영면적으로 수고와 가지의 성장을 고려하지 않고 7개월 동안 계속 사용하여 환산하였기 때문이다. 결과적으로 잣나무 수종의 월별 평균 임내강우량률은 5월에 45.2%로 가장 낮았으며, 7, 8월에는 62.7% 이었다.

Fig. 2는 월별 강우량과 수관통과우량률을 나타낸 것으로, 수관을 통과한 우량이 장소에 따라 얼마나 차이가 나는 지를 알아 본 그림이다. 검

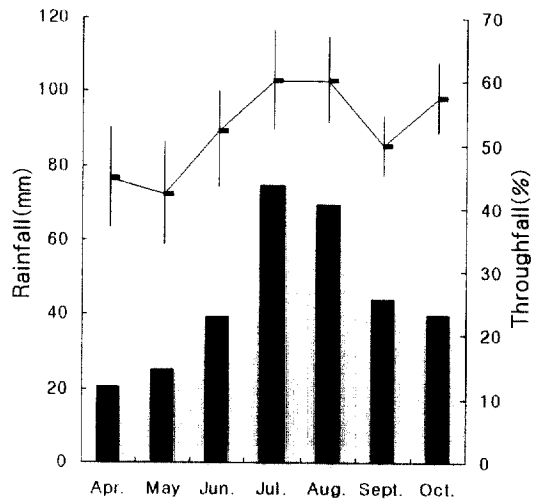


Fig. 2. Percentage of throughfall(0.3m, 0.6m) and precipitation by months.

은 막대 그래프는 월별 평균 강우량이고 그림 윗 부분은 월별 평균 수관통과우량률을 나타낸 것으로, 수선들의 아래 부분은 수간으로부터 0.3m 떨어진 곳에서 측정되어진 수관통과우량률이고, 수선들의 윗 부분은 수간으로부터 0.6m 떨어진 곳에서 측정되어진 수관통과우량률이다. 전체적으로 강우량의 변화에 월별 수관통과우량률도 같이 변화되고 있으나 5월과 10월의 수관통과우량률은 강우량의 변화에 따르지 않고 있음을 알 수

있다. 특히 10월의 수관통과우량률은 94년 10월 12일의 태풍이 있었기 때문인데, 평균풍속이 2.1m이고 하루 사이 81mm의 집중호우로 수관통과우량률이 71.9%를 나타내었기 때문이다. 또한 지역 특성상 10월 중순 이후에는 온도가 급격히 떨어지고 잎이 낙엽되기 전으로 잎이 손상되어 있기 때문에, 수관으로부터 강우를 차단할 수 있는 능력이 저하되기 때문이라 사료되는데 지속적인 연구가 필요하다. 수간으로부터 0.3m 떨어진 곳과 0.6m 떨어진 곳의 수관통과우량률의 차이는 9월에 9.3%로 가장 차이가 적었으며, 5월에는 16.1%로 가장 차이가 컸다. 수관통과우량률이 가장 적었을 때는 5월에 수간으로부터 0.3m 떨어진 곳에서 측정된 34.2%이고, 반대로 가장 컸을 때는 7월의 0.6m에서 측정된 68%로 나타나, 월별, 또는 지역적 차이가 수관통과우량률에서 2배 정도의 차이가 나타나고 있음을 알 수 있다. 李敦求(1997)는 잣나무림의 수관통과우량이 7월에 78.3%로 가장 높고, 5월에 54.6%라고 보고하였는데, 본 조사와 비교하여 보면 4월에는 44.7%이고, 7월, 8월에는 60.2%로 전반적으로 본 조사가 낮게 나타나고 있는데 이는 수관통과우량 조사방법이 수간으로부터 가깝게 측정하였기 때문이라 사료된다.

Fig. 3은 월별 평균 수간유하우량의 변화를 강우량과 비교하여 나타낸 것으로 강우량의 증감에 따라 수간유하우량도 변하는 것을 알 수 있는데, 강우량이 가장 작은 4월에는 수간유하우량이 5.6mm이었고 7월에는 19.1mm로 가장 많은 수간유

하우량을 나타내고 있었다. 가장 적은 수간유하우량은 10월로 강우량이 4.5월 보다 많았음에도 불구하고 수간유하우량이 5.3mm밖에 되지 않았다. 그래서 10월 이후가 되면 잎과 줄기의 상태, 기후 등으로 수간유하우량률이 낮아짐을 알 수 있다.

3. 雨量別 林內降雨量 變化

Table 4는 강우량을 10mm 단위로 구분하여 수관통과우량률, 수간유하우량률, 임내강우량률을 나타낸 것으로 4년 동안 67번 측정된 강우량은 50mm 이하가 64.3%를 차지하였으며, 50mm에서 100mm사이에는 22.4%, 100mm 이상은 13.4%를 차지하였다. 강우량이 10mm 이하는 대부분 4, 5월의 건조기에 단위강우 시간이 짧은 경우로, 이때 임내강우량률은 37.5%로 강우량별 중에서 가장 낮게 측정되었는데 이는 100mm 이상의 강우량에서 얻어진 임내강우량률에 비해 반밖에 차지하지 않기 때문이다. 20mm, 30mm의 강우량일 때 측정된 조사수가 각 11번으로 가장 많았으며, 40mm, 50mm로 강우량이 변할 때 임내강우량률도 점차 증가되어 50mm의 강우량이 될 때, 평균을 넘어 59.8%를 나타내었다. 60mm, 70mm, 80mm로 강우량이 증가될 때 측정된 조사수는 점점 적어져, 단위강우별 특성이 나타나는데 대체적으로 장마 기간에 측정되었으며, 집중호우와 강우강도의 차이로 수관통과우량률에도 변화가 있음을 알 수 있다. 강우량이 90mm이상 이 되면서 부터 임내강우량률은 70%를 넘게 되었다. 110mm 이상의 강우량을 평균하여 보면 70.9%를 차지하고 있는데, 150mm일 때 수관통과우량률은 71.3%, 수간유하우량률은 4.6%, 임내강우량률은 75.9%로 강우량 중에서 가장 높게 나타났다.

Fig. 4는 강우별 수관통과우량률을 나타내고 있는데, 그림 윗 점선을 형성하고 있는 점들은 수간으로부터 0.6m 떨어진 지역에서 측정된 평균 수관통과우량률이고, 아래 실선에서 형성된 점들은 0.3m 떨어진 곳에서 측정된 평균 수관통과우량률이다. 金景河(1988, 1993), 李敦求(1997), Pathak(1987) 등은 강우량과 수관통과우량의 추정회귀식을 직선식으로 나타내었으나, 본 조사에서는 강우량과 수관통과우량률의 회귀 방정식이 곡선유형으로 나타나고 있는데, 수간으로부터 0.3m, 0.6m 떨어진 지역에서 얻어진 추세선들은 일정한 차이를 나타내고 있음을 알 수 있다.

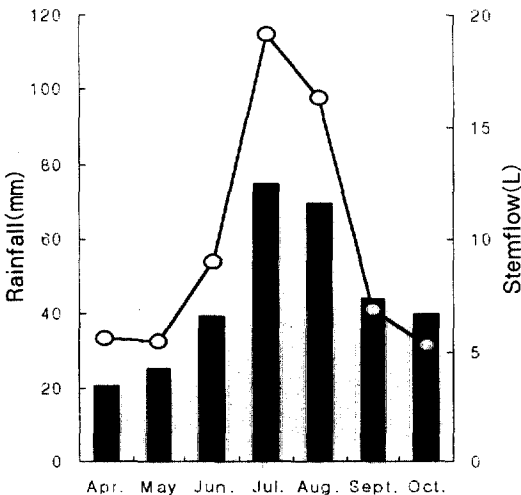


Fig. 3. Stemflow and precipitation by month

Table 4. Percentage of throughfall, stemflow, net precipitation by precipitation

Preci. (mm)	No. of Investigate	Throughfall(%)			Stemflow(%)	net Preci. (%)
		30cm	60cm	Mean		
10	6	2.9(28.9)	4.0(40.2)	3.5(34.6)	0.3(2.9)	3.8(37.5)
20	11	6.7(33.9)	9.4(46.9)	8.1(40.4)	0.5(2.5)	8.6(42.9)
30	11	13.1(43.5)	16.5(54.9)	14.7(49.2)	0.6(1.9)	15.3(51.1)
40	8	18.3(45.8)	23.8(59.5)	21.0(52.6)	0.9(2.3)	21.9(54.9)
50	7	22.7(45.3)	33.6(67.2)	28.2(56.3)	1.7(3.5)	29.9(59.8)
60	5	31.0(51.7)	41.0(68.4)	36.1(60.1)	1.3(2.2)	37.4(62.3)
70	4	37.2(53.1)	48.6(69.4)	42.8(61.2)	1.6(2.3)	44.5(63.5)
80	2	43.9(54.9)	52.3(65.2)	48.1(60.1)	1.3(1.7)	49.4(61.8)
90	2	54.4(60.4)	69.4(77.1)	61.8(68.7)	2.1(2.3)	63.9(71.0)
100	2	58.7(58.7)	79.5(79.5)	69.1(69.1)	3.6(3.6)	72.7(72.7)
110	1	71.5(65.0)	79.6(72.4)	75.6(68.7)	2.2(2.0)	77.8(70.7)
120	2	69.4(57.8)	85.9(71.6)	77.6(64.7)	2.7(2.2)	80.3(66.9)
130	2	77.6(59.7)	100.2(77.1)	88.9(68.4)	3.8(2.9)	92.7(71.3)
140	1	87.8(62.7)	97.9(69.9)	92.8(66.3)	3.9(2.8)	96.7(69.1)
150	1	88.7(59.1)	125.1(83.4)	107.0(71.3)	6.9(4.6)	113.9(75.9)
160	2	101.4(63.4)	118.4(74.0)	109.9(68.7)	6.7(4.2)	116.6(72.9)
Mean	67	49.1(45.9)	61.6(60.3)	55.3(53.1)	2.5(2.6)	57.8(55.7)

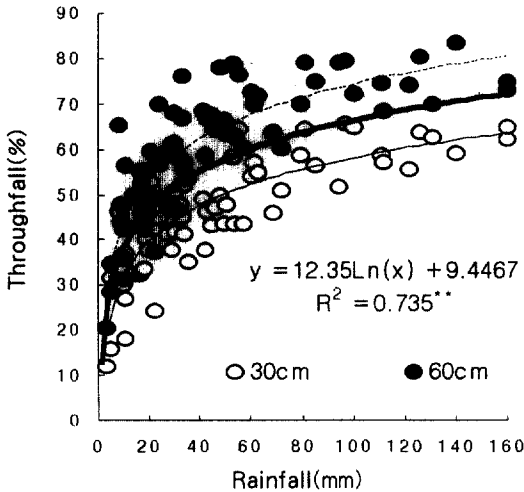


Fig. 4. Percentage of throughfall in 0.3m and 0.6m area from stem by rainfall

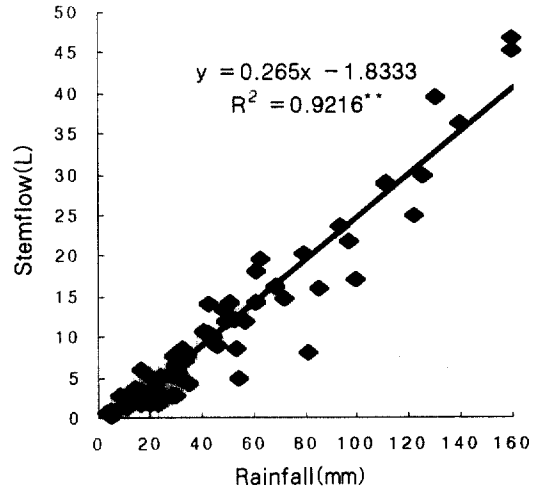


Fig. 5. The relationship between stemflow and rainfall.

Table 3에서와 같이 그 차이는 평균 14.4%이었으며, 2개의 지역에서 얻어진 수관통과우량물(Y)과 강우량(X)과의 상관분석을 자연로그함수(Ln)를 사용하여 얻은 평균 추세선의 식은 $Y(\%) = 12.35\text{Ln}X(\text{mm}) + 9.45$ ($R^2 = 0.735^{**}$)로 고도의 유의상관이 인정되었다. Fig. 4의 점들은 67회의 수관통과우량물을 지역에 따라 각각 얻은 점들인

데, 최소 수관통과우량물은 3.3mm의 강우량에서 수간으로부터 0.3m 떨어진 곳에서 얻은 12.1%이었으며, 최대의 수관통과우량물은 140mm 강우량에서 0.6m 떨어진 곳에서 얻은 83.4%이었다.

Fig. 5는 강우량별 수간유하우량 변화를 나타내고 있는데, 조사수목 4개에서 강우별 수간유하우량을 평균한 67회의 측정치를 보여주고 있다.

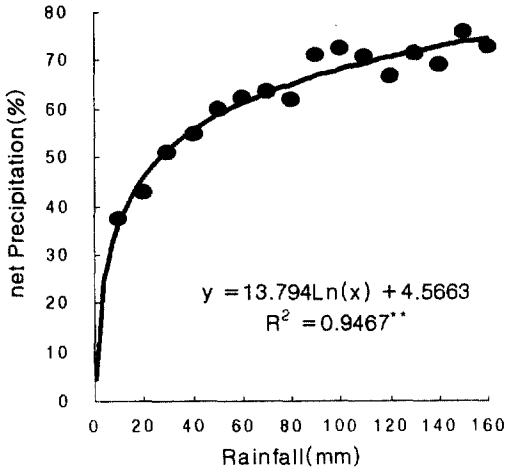


Fig. 6. Percentage of net precipitation by rainfall (1993 - 1996yr)

수간유하우량률과 강우량과의 상관성을 분석할 수 없었는데, 이는 수간유하우량률은 수관투영면적의 변화에 따라 차이가 있기 때문인데, 매년 기본적으로 3월에 측정된 수관투영 면적은 계속적으로 성장되기 때문에 수목들의 수간유하우량률하고 강우량을 비교하여 상관분석할 수 없었다. 그러나 수간유하우량(Y)은 강우량(X)에 상관 분석하여 보면 Fig. 5와 같이 고도의 유의성이 있는데, 그 추세선은 $Y_{(t)} = 0.27X_{(mm)} - 1.83 (R^2 = 0.921^{**})$ 의 직선 회귀식 이었다. 최고의 수간유하우량은 160mm의 강우량에서 얻은 7.9mm(46.8%) 이었다.

Fig. 6은 1993년에서 1996년까지 4년 동안 측정하여 얻어진 수관통과우량과 수간유하우량을 합한 잣나무 임내강우량률(Y)을 강우량별(X) 10mm 단위로 평균하여 나타낸 것으로, 강우량이 증가 되어질수록 강우량별 조사수가 적어져 80mm 이상의 강우량에서부터는 추정치에 약간의 편차를 나타내고 있으나, 추정식은 $Y = 13.79Ln(X) + 4.56 (R^2 = 0.946^{**})$ 으로 1%의 유의수준에서 고도로 유의하였다.

結 論

잣나무 임분의 임내강우량을 연도별, 월별, 강우별, 임내 위치별로 측정 분석하기 위하여 강원도 원주시 상지대학교 교내 잣나무 임분에서 1993년 4월부터 1996년 10월까지 4년 동안 조사하였

다. 이 기간 동안에 년평균강우량은 1,043.8mm이었고 67회 단위강우 중 평균단위강우량은 48.5mm 이었다. 임내강우량은 27mm으로 총 강우량의 55.7%이었다. 5월에 강우량이 25.2mm일 때 임내 강우량이 11.4mm로 가장 낮았으나, 7월에 강우량이 74.6mm일 때 임내강우량이 46.9mm로 7개월 중에서는 가장 높았다. 수간으로부터 0.3m 떨어진 곳에서 얻어진 평균 수관통과우량률은 45.9%이었고, 0.6m 떨어진 곳에서의 수관통과우량률은 60.3% 이었다. 10mm이하의 강우량에서는 임내강우량률이 37.5%이었고, 100mm이상에서는 평균 70.9% 이었다. 선행 연구와 비교하여 보면 전반적으로 수관통과우량률이 낮게 나타났는데, 이는 수관통과우량의 조사방법이 수간으로부터 가깝게 위치하여 측정되었기 때문인 것으로 사료된다. 수관통과우량률과 강우량의 추정회귀식은 곡선식인 $Y_{(t)} = 12.35LnX_{(mm)} + 9.45 (R^2 = 0.735^{**})$ 로 고도의 유의성이 있었으며, 수간유하우량과 강우량과의 상관관계는 $Y_{(t)} = 0.27X_{(mm)} - 1.83 (R^2 = 0.921^{**})$ 이었으며, 잣나무의 임내강우량률과 강우량은 $Y_{(t)} = 13.79LnX_{(mm)} + 4.56 (R^2 = 0.946^{**})$ 로 1%의 유의수준에서 고도로 유의하였다.

引用 文 獻

1. 金景河·禹保命. 1988. 森林에서 林冠에 의한 降雨遮斷 損失에 關한 研究. 韓林誌 77(3) : 331-337.
2. 金景河. 1993. 山林의 降雨遮斷 損失量 推定 電算模型 開發에 關한 研究. 서울대 박사학위 논문. pp.33.
3. 禹保命. 1993. 森林環境이 水資源 涵養에 미치는 影響에 關한 研究. 韓林誌 82(3) : 283-291.
4. 李敦求·金甲泰·朱洸峽·金泳秀. 1997. 京畿道 廣州 地方 잣나무림, 낙엽송림 및 참나무림에서 樹冠通過雨, 樹幹流 및 遮斷損失. 韓林誌 86(2) : 200-207.
5. 李憲浩. 1992. 森林理水機能의 定量的 評價 方法에 關한 研究(II) - 粗度係數의 應用을 中心으로 -. 韓林誌 81(4) : 337-345.
6. 李賢揆. 1993. 잣나무 樹種의 林內降雨量에 關한 研究(I). 尙志大學校 論文集 제14집 pp.257-269.
7. 李賢揆. 1995. 잣나무 樹種의 林內降雨量에

- 關한 研究(Ⅱ). 尙志大學校 生命資源科學論叢. 제1집 pp.57-64.
8. 中野秀章. 1976. 森林水文學. pp.61-63.
 9. Hattori, Shigeaki. 1985. Energy-balance characteristics of canopy interception. J. Jap. For. Soc. 67 : 358-365.
 10. John D. Hewlett. 1982. Principles of Forest Hydrology. The University of Georgia. pp.183
 11. Kittredge, J., H.J. Loughead, A. Mazurak. 1941. interception and stemflow in a pine plantation. J. Forestry 39 : 505-522.
 12. 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.
 13. Suzuki, Masakazu, Hiroyuki Kato, Makoto Tani, Yoshihiro Fukushima. 1979. Throughfall, stemflow and rainfall interception in the Kiryu Experimental Catchment (I) Throughfall and Stemflow. J. Jap. For. Soc. 61 : 202-210.
 14. Suzuki, Masakazu, Hiroyuki Kato, Makoto Tani, Yoshihiro Fukushima. 1979. Throughfall, stemflow and rainfall interception in the Kiryu Experimental Catchment (II) Rainfall interception. J. Jap. For. Soc. 61 : 391-398.