

강원도 춘천지역 낙엽활엽수림에서의 수분이동에 따른 양분동태*

진현오[†] · 손요환* · 이명종** · 박인협*** · 김동엽****

경희대학교 생명과학부[†], 고려대학교 환경생태공학부*, 강원대학교 산림자원학부**

순천대학교 산림자원학부***, 성균관대학교 조경학과****

적 요: 본 연구에서는 강원도 춘천지역 낙엽활엽수림(굴참나무, 신갈나무)에서의 강우의 이동에 따른 수량, 용존원소 농도 및 물질량 등을 조사하였다. 임외우량에 대한 각 강우량의 비율은 굴참나무임분이 신갈나무임분에 비하여 수관통과우에서 2~3%, 그 외의 강우에서 10~15%의 증가량을 나타내고 있었다. 임외우에 비하여 수관통과우에서는 K^+ 농도가, Ao층통과우에서는 Ca^{2+} , Mg^{2+} , NO_3^- 농도가 현저하게 증가하였는데, 이는 전자의 원소농도에서는 수관으로부터의 용탈, 후자의 원소농도에서는 Ao층으로부터의 용탈 및 질산화 작용에 기인한 것이라 판단된다. 수관통과우, Ao층통과우 및 A, B층토양수에 있어서 원소농도는 수량이 증가함에 따라 감소하는 경향을 보였는데, 특히 K^+ , Mg^{2+} , Cl^- 농도에서 현저하였다. Ao층통과우의 Ca^{2+} 에서 굴참나무임분이 신갈나무임분에 비하여 1.5배 정도 높은 값을 나타낸 것 이외에는 다른 강우의 물질량에 있어서는 임분 간 뚜렷한 차이는 없었다. 연간 수간류 물질량은 임상으로 도달하는 강우(수관통과우+수간류)물질량의 10% 미만이었었는데, 양적인 면으로 보아 물질순환 과정에 있어서 수간류의 비중은 작다고 판단된다.

검색어: 낙엽활엽수림, 수분이동, 양분동태.

서 론

산림의 가치 혹은 기능의 대부분은 산림생태계에 있어서 물질·에너지 순환에 기본을 두고 있다. 이러한 산림생태계에 있어서의 물질의 이동은 대부분 수분을 통하여 일어나는데, 이러한 물질의 수직적 이동은 강우에 의해 크게 지배를 받는다(片桐 와 堤 1975, Likens and Bormann 1994). 강수(임외우)가 산림생태계 내로 유입되면 여러 층의 임관을 통과하면서 지엽과 수피로부터의 용탈 및 세탈되는 성분에 의하여 임내우(수관통과우와 수간류)의 용존원소 농도가 변화한다(生原와 相場 1982, Bellot and Escarre 1991, Aron and Lund 1994, 仙石 등 1994, 주 등 1999). 또한, 임외우로부터 양적, 질적으로 변화된 임내우가 임상으로 도달하면, 미생물 활동이 활발한 Ao(O)층을 통과(Ao층 통과우)하여 그 성질이 달라지게 되며, 후에는 토양수가 되어 식물에 의한 흡수, 토양 콜로이드로의 흡착 및 치환, 모재의 풍화, 계류수로의 유출 등의 과정을 통하여 그 성질이 변하게 된다(高橋 등 1996). 그 결과, 산림토양을 통과한 수분(토양수)의 성질은 대기중의 강수와는 현저한 차이를 나타내게 되는데, 이러한 여러 과정들은 식생, 계절, 토양의 성질 등에 따라 달라지게 된다(Bringmark 1980, Helmissari and Malkonen 1989, 이와 전 1996, 정 등 1999). 이와 같이 산림생태계 내에서의 수분을 통한 양분의 동태는 많은 인자들에 의해 영향을 받기 때문에 기후변화, 산림

쇠퇴, 그리고 제반 산림사업에 따른 산림변화에 대한 지표로 사용될 수 있다(Fernandez *et al.* 1995). 최근, 강우의 산성화가 진행됨에 따라 산림생태계에서의 물질순환 연구측면에서뿐만 아니라 산성강하물의 유입에 의한 산림쇠퇴의 예측을 위하여 토양수에 대한 연구결과들이 외국에서는 많이 보고되고 있다(Marynard 1997, Emmett *et al.* 1998). 그러나, 국내에 있어서는 강우 수질의 변화과정을 구명한 연구는 있으나(이와 김, 1998, 주 등, 1999), 활엽수림의 물질순환을 체계적으로 구명한 연구보고는 의외로 미미한 실정이다.

본 연구는 활엽수림 특히 유용 활엽수림으로 국내에 넓은 분포면적을 가지고 있는 낙엽활엽수림(굴참나무, 신갈나무)을 대상으로 물질순환과정뿐만 아니라 산림환경 변화를 예측하기 위하여 강수 → 식생 → 토양에 이르기까지 강우의 이동단계에 있어서의 용존원소의 양분동태를 구명할 목적으로 수행되었다. 본 연구결과는 낙엽활엽수림의 수질정화 및 수량조절 기능의 과정이나 기구가 밝혀짐과 동시에 낙엽활엽수림의 조성 및 이용가치 증대에 크게 기여할 것으로 기대된다.

재료 및 방법

시험지 개황

본 연구는 강원도 춘천지역 일대의 강원대학교 연습림내 참나무 천연림 가운데 굴참나무(*Quercus variabilis*)와 신갈나무

* 본 연구는 한국과학재단에서 지원한 목적기초연구(과제번호 2000-1-22100-0075)에 의하여 수행된 결과의 일부임.

[†] Author for correspondence; phone : 82-31-201-2615, e-mail : hojin@khu.ac.kr

Table 1. Characteristics of the study stands

Tree species	Stand age (yr)	Stand density (No./ha)	Height (m)	DBH (cm)	Basal area (m ² /ha)
<i>Q. variabilis</i>	44	1,050	18.9	18.3	33.0
<i>Q. mongolica</i>	50	650	26.8	20.9	39.0

(*Quercus mongolica*) 2개의 임분을 대상으로 실행하였다. 굴참나무 임분은 남서사면의 비교적 건조한 환경에 위치하였으며, 신갈나무 임분은 주로 북사면에 위치하여 굴참나무 임분보다 비교적 습한 입지조건에 있는 것으로 나타났다. 조사지의 임분 개요를 나타내면 Table 1과 같다.

조사방법

조사임분에 근접한 소개지에 임외우 채취장치 1개, 수관통과우, 수간류 채취장치를 3개씩 설치하였다. 그리고, Ao층 통과우 및 A, B층 토양수는 임분내 3개소에 토양단면을 작성한 후, Ao, A, B층 밑에 각각 1개씩의 zero tension lysimeter를 설치하였다. 조사기간은 2000년 9월부터 2002년 8월까지 2년간이며, 시료는 동절기의 결빙기를 제외하고 원칙적으로 월 2회 채취하였다. 채취한 시료는 부피를 측정하고 시료를 여과하여 pH는 pH meter로, Ca²⁺, Mg²⁺, K⁺, Na⁺ 등의 농도는 atomic absorption spectro-

photometer로, NH₄⁺농도는 auto ion analyzer로, 그리고 NO₃⁻, SO₄²⁻, Cl⁻ 등의 농도는 ion chromatography로 각각 측정하였다.

결과 및 고찰

조사기간 중 임분별 강우의 이동에 따른 수량과 임외우량에 대한 비율을 나타내면 Table 2와 같다.

임외우량에 대한 수관통과우량의 비율은 년도별 차이는 약간 있으나 굴참나무임분(84~88%)이 신갈나무임분(82~84%)에 비하여 2~4% 높은 값을 나타내었는데, 이는 양 임분에 있어서 흉고단면적의 차이에 의한 결과(Table 1)라 생각된다. 이 값은 일본의 낙엽활엽수림에 있어서 수관통과우량/임외우량의 비율인 60~80%(片桐 등 1977)에 비하여 높은 값을 보였다. 또한, 임외우량에 대한 수간류량은 굴참나무림이 3.8%, 신갈나무림이 3.3%의 값을 나타내었는데, 이 값은 Parker(1983)에 의해 발표된 세계 각국 산림에 있어서의 평균값인 12%에 비하여 낮았다. 임외우량에 대한 Ao층통과우량은 굴참나무임분에서 70~72%, 신갈나무임분에서 60~64%로 임분간 차이가 뚜렷하였으며, 수관통과우량으로부터 각각 17%, 25% 감소하였다. 임외우량에 대한 A, B층토양수량에 있어서는 임분별 차이는 전술한 Ao층통과우량과 비슷한 경향을 보였다.

조사기간 중 강우의 이동에 따른 평균용존 원소 농도를 나타내면 Table 3과 같다.

Table 2. Annual amounts of water in precipitation, throughfall, stemflow and Ao, A and B soil solutions

Period	Tree species	Precipitation	Throughfall	Stemflow	Ao	A	B
2000. 9 ~	<i>Q. variabilis</i>	815(100)	720(88.3)*	27(3.8)	571(70.0)	303(37.2)	270(33.1)
2001. 8	<i>Q. mogolica</i>	815(100)	687(84.2)	23(3.3)	490(60.1)	271(33.3)	237(29.0)
2001. 9 ~	<i>Q. variabilis</i>	1,205(100)	1,007(83.5)	51(3.8)	872(72.4)	400(33.2)	388(32.1)
2002. 8	<i>Q. mogolica</i>	1,205(100)	985(81.7)	42(3.2)	767(63.7)	405(33.6)	313(25.9)

* : The numbers in parentheses denote percentage.

Table 3. Annual nutrient concentration of dissolved elements in precipitation, throughfall, stemflow, and Ao, A and B soil solutions

Types of water	Tree species	pH	(meq/L)							
			Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Na ⁺	NH ₄ ⁺	NO ₃ ⁻	SO ₄ ²⁻	Cl ⁻
Precipitation		6.01(0.72)*	0.08(0.05)	0.05(0.03)	0.05(0.02)	0.01(0.02)	0.03(0.03)	0.07(0.07)	0.11(0.11)	0.05(0.03)
Throughfall	<i>Q. variabilis</i>	6.17(0.76)	0.18(0.16)	0.14(0.12)	0.23(0.24)	0.03(0.04)	0.05(0.04)	0.21(0.23)	0.20(0.19)	0.09(0.10)
	<i>Q. mogolica</i>	6.14(0.73)	0.17(0.20)	0.17(0.18)	0.24(0.20)	0.04(0.04)	0.06(0.03)	0.16(0.22)	0.22(0.20)	0.10(0.09)
Stemflow	<i>Q. variabilis</i>	5.32(0.76)	0.30(0.36)	0.24(0.32)	0.30(0.27)	0.02(0.02)	0.05(0.03)	0.83(1.31)	0.63(0.90)	0.27(0.37)
	<i>Q. mogolica</i>	5.86(0.58)	0.26(0.32)	0.34(0.38)	0.34(0.30)	0.02(0.03)	0.05(0.04)	0.51(0.40)	0.52(0.64)	0.16(0.20)
Ao	<i>Q. variabilis</i>	6.12(0.57)	0.64(0.30)	0.29(0.16)	0.27(0.15)	0.02(0.02)	0.05(0.03)	0.38(0.33)	0.17(0.14)	0.10(0.09)
	<i>Q. mogolica</i>	6.04(0.50)	0.45(0.26)	0.29(0.17)	0.33(0.20)	0.02(0.02)	0.05(0.03)	0.49(0.63)	0.21(0.16)	0.12(0.11)
A	<i>Q. variabilis</i>	5.56(2.82)	0.59(0.64)	0.22(0.28)	0.11(0.07)	0.03(0.02)	0.07(0.04)	0.44(0.28)	0.15(0.08)	0.09(0.10)
	<i>Q. mogolica</i>	5.71(2.81)	0.59(0.61)	0.40(0.59)	0.05(0.14)	0.02(0.01)	0.05(0.02)	0.75(0.63)	0.10(0.04)	0.06(0.05)
B	<i>Q. variabilis</i>	5.51(0.53)	0.40(0.25)	0.23(0.11)	0.09(0.04)	0.02(0.02)	0.06(0.04)	0.38(0.27)	0.13(0.04)	0.07(0.07)
	<i>Q. mogolica</i>	5.73(0.46)	0.27(0.18)	0.31(0.16)	0.06(0.07)	0.02(0.01)	0.05(0.03)	0.48(0.48)	0.12(0.02)	0.06(0.05)

()*: Standard deviation of the mean is in parentheses.

임의우는 다른 강우(수관통과우→B층 토양수)에 비하여 모든 원소에서 농도가 낮았으며, 연간 농도변동도 가장 작았다. 수관통과우의 pH는 굴참나무, 신갈나무 양 임분에서 임의우의 pH에 비하여 높은 값을 나타내었다. 이는, 임의우가 수관을 통과함에 따라 수관에 부착되어 있는 건성침착물의 세탈, 수관으로부터의 용탈 등에 기인한 결과(Madrappa 1990, Cappelato *et al.* 1993)라 생각된다. 이러한 결과는, 활엽수가 침엽수에 비하여 산성우에 대한 완충능이 크다는 연구보고(Parker 1990, Aron and Lund 1994)와 일치하였다. 수관통과우에서 임의우에 비하여 현저하게 높은 농도를 나타낸 원소는 K^+ (5~8배), 그 다음으로 Mg^{2+} , Na^+ , NO_3^-

(3배), Ca^{2+} , NH_4^+ , SO_4^{2-} , Cl^- (2배) 순이었다. 수간류의 pH는 임의우에 비하여 낮은 값을 보이고 있었으나, 양이온은 2~7배로 그 중 K^+ , Mg^{2+} 에서 가장 높았으며, 음이온은 5~12배로 NO_3^- 에서 가장 높은 값을 나타내었다. Ao층통과우는 수관통과우에 비하여 양이온에서 Ca^{2+} , Mg^{2+} , 음이온에서 NO_3^- 농도가 현저하게 증가하였으나, 타 이온농도에 있어서는 수관통과우와의 차이는 보이지 않았다. A, B층 토양수의 pH는 Ao층통과우에 비하여 낮아지는 경향을 보였는데, 이는 토양층의 질산화 작용으로 인하여 생성된 H^+ 농도 증가에 의한 결과라 생각된다. 또한, 토양수의 양이온에서는 K^+ , 음이온에서는 SO_4^{2-} , Cl^- 농도에서

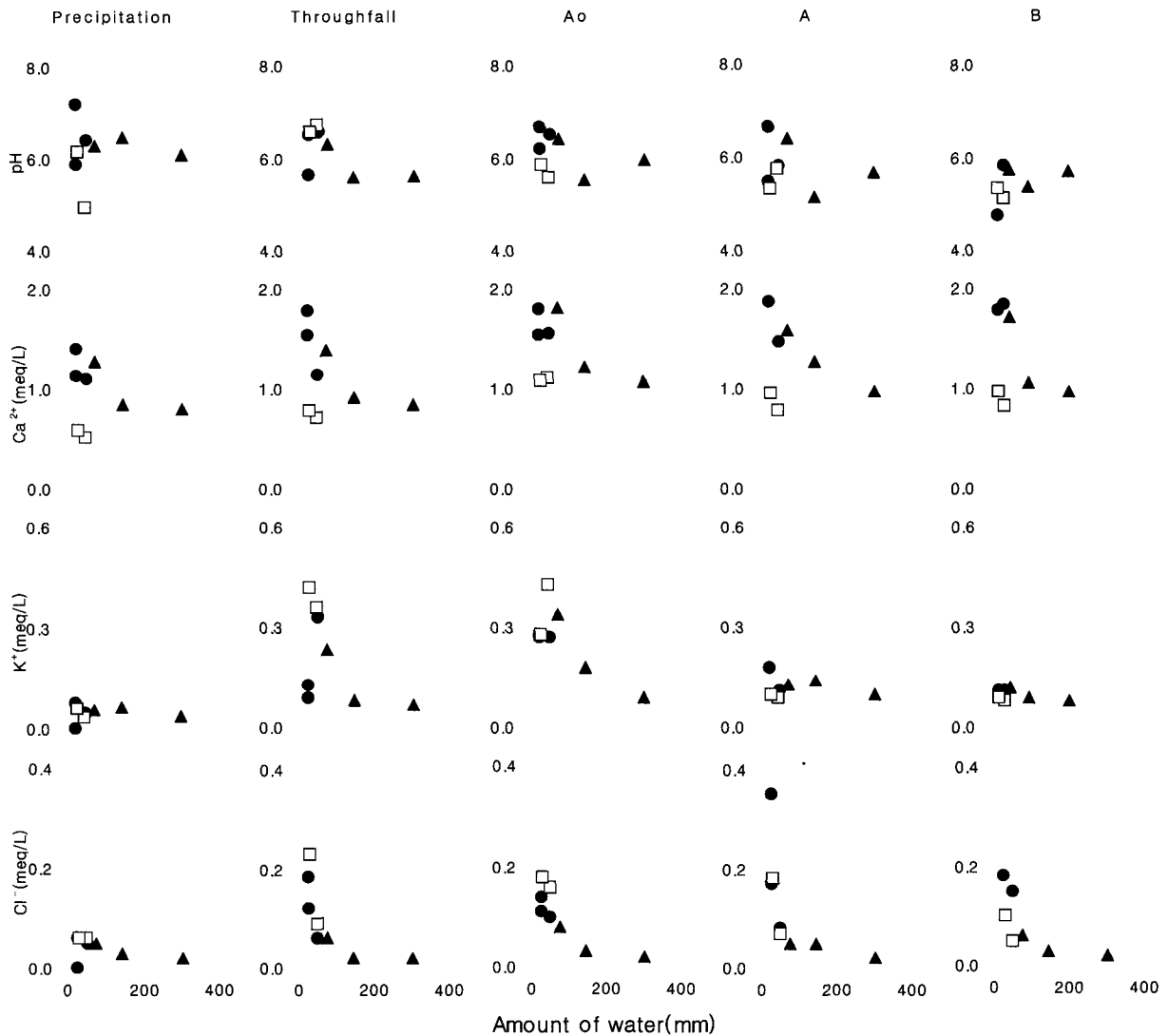


Fig. 1. Relationships between the amount of water and pH, Ca^{2+} , K^+ and Cl^- concentrations in precipitation, throughfall and Ao, A and B soil solution in each season.

● : March, April and May ▲ : June, July and August □ : September, October and November

감소하는 경향을 나타내었다. 이상의 결과로부터 용존 원소 중 K^+ 는 수관으로부터 용탈, Ca^{2+} 및 Mg^{2+} 은 낙엽, 낙지의 분해에 의하여 주로 용탈되고 있음을 알 수 있었다. 또한, NO_3^- 는 미생물에 의한 질산화작용에 의해 생성된 결과라 판단된다.

임외우에 있어서 수량 및 pH, 양이온, 음이온 농도의 계절변화는 보이지 않았으나(Fig. 1), 그 외의 강우에 있어서는 pH, Ca^{2+} (낙엽기 제외), K^+ , Mg^{2+} 및 Cl^- 농도는 수량이 증가할수록 물질 농도가 감소하였고, 여름에 있어서 강수량이 100 mm미만이었을 때 농도 증가가 현저하였으며, 100 mm 이상에서는 일정한 농도를 유지하고 있었다. 이것은 수관에서의 용탈과 세탈 등에 의한 물질 공급차이가 수량과 농도와의 관계에 미치는 영향 때문이라 사료된다. Cl^- 은 농도와 계절변화에서 K^+ 및 Mg^{2+} 와 유사하여 주로 용탈에 의하여 토양수로 유입되는 이들 이온과 비슷한 경향을 보여 이들 이온의 이동시 Cl^- 가 중요한 역할을 하는 것으로 나타났다. 따라서, Cl^- 은 수관통과우, 토양수내에서 주로 양이온과 같이 이동하는 음이온으로 나타났는데, 이는 Margues와 Ranger (1997)의 보고와 일치하였다.

강우의 이동에 따른 연간 물질량의 변화를 나타내면 Fig. 2와 같다.

굴참나무임분, 신갈나무임분 모두 일반적으로 모든 용존원소에 있어서 임외우에서 수관통과우, Ao층 통과우로 이동하는 과정에서 물질량이 증가한 반면, A층, B층으로 토양의 깊이가 증가함에 따라 감소하는 경향을 보였다. 따라서, 수관통과우와 Ao층 통과우에서의 물질량 증가는 전술한 바와 같이 각각 수관으로부터의 용탈과 세탈, Ao층에서의 미생물에 의한 낙엽, 낙지의 분해에 의한 용탈에 기인한 것이며, 토양수에서의 물질량 감소는 식생에 의한 양분흡수, 토양 콜로이드로의 흡착 및 수량 감소 등의 복합적인 요인에 기인한 결과라 사료된다. 물질량의 임분간 비교에서는 Ao층 통과우의 Ca^{2+} 이 굴참나무임분이 신갈나무

임분에 비하여 1.5배가량의 높은 값을 나타낸 것 이외에는 다른 강우의 원소 물질량에 있어서는 비슷한 값을 보이고 있었다.

수간류에 있어서 물질량은 다른 강우에 비하여 현저하게 낮은 값을 나타내었으며, 임상으로 도달하는 강우(수관통과우+수간류)물질량의 10% 미만이었는데, 이는 다른 강우의 수량에 비하여 수간류의 수량이 현저하게 적었기 때문이라 생각된다. 따라서, 수간류량이 증가하면 수간류 원소농도가 감소하는 경향(高 등 2001)으로 보아, 강우 사상에 의해 수간류량이 증가하여도 물질량에 있어서는 그다지 영향이 크지 않을 것이라 추측할 수 있다.

결론

강원도 지역의 낙엽활엽수림(굴참나무, 신갈나무)에 있어서 임외우량에 대한 수관통과우량, 수간류량의 비율은 각각 82~88%, 3.3~3.8%의 값을 나타내었는데, 이는 세계 각국의 삼림의 평균치와 비교하여 수관통과우에서는 높은 값을, 그리고 수간류량에서는 낮았다. Ao, A 및 B층 토양수량에 있어서는 신갈나무 임분에 비하여 굴참나무임분에서 높은 값을 나타내어 굴참나무 임분에서의 투수성 등의 토양 물리성이 양호함을 알 수 있었다. 임외우로부터 강우의 이동에 따라 양 임분 모두 pH 및 원소 농도가 증가하였는데, 특히 수관통과우에서 pH 및 K^+ , 수간류에서 K^+ , Ao층 통과우에서 Ca^{2+} , Mg^{2+} 및 NO_3^- 의 농도 증가가 현저하였다. 따라서, 임외우에 비하여 수관통과우에서 양이온 농도가 현저하게 증가하고 pH가 높아지는 것으로 보아 낙엽활엽수림이 임외우로부터 공급되는 산성물질에 대하여 높은 완충능을 가지고 있다고 추측되었다. 용존원소 중 K^+ 는 수관으로부터 용탈, Ca^{2+} 은 Ao층에서의 낙엽, 낙지의 분해에 의한 용탈, NO_3^- 는 미생물에 의한 질산화 작용에 의해 농도가 증가하였다고 판단된다. 수량이 증가할수록 물질농도가 감소하는 원소는 K^+ , Mg^{2+} 및 Cl^- 로서 강수량 100 mm 미만에서 그 경향이 뚜렷하였다.

연간 물질량에서 임분간 큰 차이를 보이고 있는 용존원소는 Ao층 통과우의 Ca^{2+} 으로서 굴참나무임분이 신갈나무임분에 비하여 높은 값을 나타내고 있었는데, 이는 굴참나무임분의 Ao층에 있어서 미생물에 의한 분해 활동이 왕성하다는 것을 시사하고 있다. 따라서, 앞으로 임분간 강우의 이동에 따른 물질량의 차이를 구명하기 위하여 Ao층에서의 낙엽, 낙지 분해동태와 관련한 연구조사가 필요하다고 생각된다. 수간류의 수량 및 물질량은 연간 임상에 도달하는 강우량(수관통과우량+수간류량)의 10%미만으로 물질순환에 있어서 양적인 영향은 작았다.

인용문헌

이충규, 김종갑. 1998. 산림내 강우 및 토양 중금속의 관련성에 관한 연구. 한국임학회지 87: 584-589.
이현호, 전재홍. 1996. 산지 물순환과정에 있어서 산도, 전기전도도 및 용존산소량의 변화. 한국임학회지 85: 634-646.

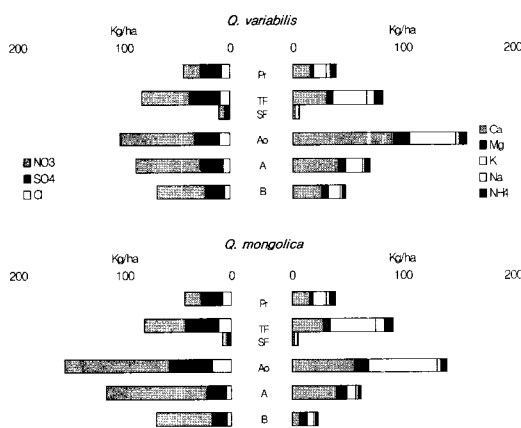


Fig. 2. Annual nutrient amounts in precipitation, throughfall, stemflow and Ao, A and B soil solutions(Pr : precipitation, TF : throughfall, SF : stemflow, Ao : Ao soil solution, A : A soil solution and B : B soil solution).

- 정용호, 박재현, 김경하, 이봉수. 1999. 전나무림, 잣나무림 유역에서 산림사업이 산림의 수질정화 기능에 미치는 영향(I). 한국임학회지 88: 364-373.
- 주영득, 진현오, 손요환, 오종민, 정덕영. 1999. 강우와 식생의 상호작용이 수관통과우 및 수간류의 화학적 성질변화에 미치는 영향. 한국임학회지 88: 149-156.
- 高橋輝昌, 添谷 稔, 戸田浩人. 1996. スギおよびヒノキ壯齡人工林における元素の垂直的な移動特性. 日本林學會誌 78: 127-133.
- 高 捍東, 戸田浩人, 生原喜久雄. 2001. ミズナラの優占する落葉廣葉樹林における林内雨, 樹幹流およびAo層通過水の元素量. 森林資源環境科學 39: 19-30.
- 生原喜久雄, 相場芳憲. 1982. スギ・ヒノキ壯齡林小流域における養分の循環とその収支. 日本林學會誌 64:8-14.
- 片桐成夫, 堤 利夫. 1975. 森林の物質循環と地位の関係について(Ⅲ)地上部現存量および養分集積量, 日本林學會誌 57: 412-419.
- 片桐成夫, 石井 弘, 三宅 登, 星野芳樹, 日崎修康. 1977. 三瓶演習林内の落葉廣葉樹における物質循環に関する研究(V) 林内の降水量および養分量. 島根大農研報 11: 73-80.
- 仙石鐵也, 原 光好, 森澤 猛, 石塚和裕. 1994. 亞高山帶針葉樹林における酸性雨の觀測と實態 - pH, ECおよび化學性について一. 森林立地 36: 64-72.
- Aron, D. B. and L. J. Lund. 1994. Factors controlling throughfall characteristics of high elevation Sierra Nevada site, California. J. Environ. Qual. 23: 844-850.
- Bellot, J. and A. Escarre. 1991. Chemical characteristics and temporal variations of nutrients in throughfall and stemflow of tree species in Mediterranean holm oak forest. For. Ecol. Manage. 41: 125-135.
- Bringmark, L. 1980. Ion leaching through a podosol in a Scots pine stand. In T. Persson (ed.), Structure and Function of Northern Coniferous Forest: A Ecosystem Study. Ecol. Bull. 32: 341- 361.
- Cappelato, R., N. E. Peters and H. L. Ragsdale. 1993. Acidic atmospheric deposition and canopy interaction of adjacent deciduous and coniferous forests in the Georgia Piedmont. Can. J. For. Res. 23: 1114-1124.
- Emmett, B. A., B. Reynold, M. Silgram, T. H. Sparks and C. Woods. 1998. The consequences of chronic nitrogen additions on N cycling and soil water chemistry in a sitka spruce stand, north Wales. For. Ecol. Manage. 101: 165-175.
- Fernandez, I. J., G. B. Lawrence and Y. Son. 1995. Soil-solution chemistry in a low-elevation spruce-fir ecosystem, Howland, Maine. Water, Air, Soil Poll. 84: 129-145.
- Helmisari, H. S. and E. Malkonen. 1989. Acidity and nutrient content of throughfall and soil leachate in three *Pinus sylvestris* stand. Scand. J. For. Res. 4: 13-28.
- Likens, G. E. and F. H. Bormann. 1994. Biogeochemistry of forested ecosystem. Springer-Verlag. New York. 159 p.
- Madrapa, M. K. 1990. Partitioning for rain water and chemicals into throughfall and stemflow in different forest stands. For. Ecol. Manage. 30: 65-72.
- Marquse, R. and J. Ranger. 1997. Nutrient dynamics in a chronosequence of Douglas-fir(*Pseudotsuga menziesii* (Marb.) Franco) stands on the Beaujolais mounts(France). 1: qualitative approach. For. Ecol. Manage. 91: 255-277.
- Marynard, D. G. 1997. Soil nutrient dynamics in a boreal mixed-wood cutover following the application of hexazione. Ecol. Appl. 7: 416-430.
- Parker, G. G. 1983. Throughfall and stemflow in the forest nutrient cycle. Adv. Ecol. Res. 13: 57-120.
- Paker, G. G. 1990. Evaluation of dry deposition pollutant damage and forest health with throughfall studies. Springer-Verlag. New York. pp. 10-61.

(2003년 1월 23일 접수 ; 2003년 2월 10일 채택)

Nutrient Dynamics through Water Transport in Natural Deciduous Hardwood Forests in Chunchon, Kangwon Province

Jin, Hyun-O[†], Yo-Whan Son^{*}, Myong-Jong Yi^{**}, In-Hyeop Park^{***} and Dong-Yeop Kim^{****}

College of Life Science, Kyung Hee University, Suwon, Korea

Division of Environmental Science and Ecological Engineering, Korea University, Seoul, Korea^{}*

*Division of Forest Resources, Kangwon National University, Chunchon, Korea^{**}*

*Department of Forest Resources, Suncheon National University, Suncheon, Korea^{***}*

*Department of Landscape Architecture, Sungkyunkwan University, Suwon, Korea^{****}*

ABSTRACT: We examined water flux, concentrations and contents in nutrients in precipitation, throughfall, stemflow and soil solution in natural deciduous hardwood forest (*Quercus variabilis* and *Q. mongolica*) in Chunchon, Kangwon Province. The volume of throughfall was 2~3% higher in *Q. variabilis* than in *Q. mongolica* while volume of stemflow, Ao, A and B soil solution was 10~15% higher in *Q. variabilis* compared to *Q. mongolica*. Concentrations of K^+ increased in throughfall H while concentrations of Ca^{2+} , Mg^{2+} and NO_3^- increased in Ao soil solution. The former might be related to the canopy leaching and the latter related to leaching and nitrification in Ao horizon. Nutrient concentrations in throughfall, Ao, A and B soil solution decreased with increasing amount of water and especially the decreases in concentrations of K^+ , Mg^{2+} and Cl^- were significant. Nutrient concentrations of Ca^{2+} in Ao soil solution was 1.5 times higher in *Q. variabilis* than in *Q. mongolica*. However, there were no significant nutrient concentration differences in throughfall, stemflow and A and B soil solution between the two forest types. Stemflow was less than 10% of total water volume (throughfall + stemflow) to the forest floor, and contribution of stemflow to nutrient cycling seemed to be low in the study forest.

Key words : Deciduous hardwood forests, Nutrient dynamics, Water transport.
