

## 山林의 立地環境因子가 表層土壤의 粗孔隙率에 미치는 影響因子 分析(Ⅱ)<sup>1\*</sup>

- 闊葉樹林을 中心으로 -

程龍鎬<sup>2\*</sup> · 朴在鉉<sup>3\*</sup> · 金景河<sup>2</sup> · 尹豪重<sup>2</sup>

## Analysis of the Factors Influencing the Mesopore Ratio on the Soil Surface to Investigate the Site Factors in a Forest Stand(Ⅱ)<sup>1\*</sup>

- With a Special Reference to Deciduous Stands -

Yongho Jeong<sup>2\*</sup>, Jae Hyeon Park<sup>3\*</sup>, Kyong Ha Kim<sup>2</sup> and Ho Joong Youn<sup>2</sup>

### 要 約

산림의 수원함양기능 지표인 표층토양에서의 粗孔隙率(pF2.7)에 영향을 미치는 입지환경인자를 밝히기 위해 1994년 3월부터 10월까지 전국의 활엽수림 표본조사구를 대상으로 입지, 토양, 임분환경인자 등 총 15인자에 대하여 spss\pc+를 이용하여 상관 분석하였다. 표층토양에서의 조공극률에 영향을 미치는 수고, 하층식생 피복도, 토양의 유기물함량비 3개 인자가 유의한 正의 상관관계를, 표층토양의 견밀도가 1% 수준에서 유의한 負의 상관관계를 나타내었다. Stepwise를 이용한 다중회귀분석결과 표층토양에서의 조공극률에 영향을 미치는 인자는 표층토양의 견밀도, 토양의 유기물함량비 2개 인자이었다. 활엽수림의 수원함양기능 증진을 위한 시업은 표층토양의 조공극 발달이 촉진되도록 하층식생 피복도가 30%에서 80%를 유지하도록 실시해야 할 것으로 판단된다.

### ABSTRACT

This study aimed to clarify the influencing site factors of the mesopore ratio on a pore geometry of surface soil in deciduous stands as an index of the water retention capacity. Fifteen factors including site conditions and soil properties were analyzed by spss/pc+ for the data collected during March to October of 1994. The factors influencing the mesopore ratio(pF2.7) on the surface soil were as follows; tree height, under vegetation coverage and organic matter contents of soil. And influencing factor on the ratio of mesopore in the soil surface was correlated with surface soil hardness shows high negative significance. Also, multiple regression equations for mesopore ratios of surface soil hardness, organic matter contents of soils show high significance( $R^2 = 0.84$ ). In deciduous stands, it is effective in promoting development on the ratio of mesopore that forest practice for enhancing of the water resource retention capacity should be carried out when the under vegetation coverage rates of stands are maintained from 30 to 80 percentages.

*Key words* : Water resource retention capacity, mesopore ratio, under vegetation coverage, surface soil hardness

<sup>1</sup> 接受 2001年 4月 23日 Received on April 23, 2001.

審査完了 2001年 6月 5日 Accepted on June 5, 2001.

<sup>2</sup> 林業研究院 Korea Forest Research Institute, Seoul 130-012, Korea.

<sup>3</sup> 진주산업대학교 산림자원학과 Chinju National University, Chinju 660-758, Korea.

\* 이 연구는 첨단기술개발사업과제 "산원수자원의 종합적 관리시스템의 개발" 연구의 일부임.

\* 연락처자 E-mail : yhjng@foa.go.kr, pjh@chinju.ac.kr

緒 論

산림의 수원함양기능을 증진시키고 보전하기 위해서는 일련의 체계적인 사업이 필요하며, 이를 위해서는 산림토양에서의 조공극률 증대 및 표층토양의 공극구조를 활성화시키는 등 산림의 수원함양기능을 증대시키는 체계적이고 종합적인 연구가 시급하다.

吳斗泳(1986)은 산림축적과 산림수자원과의 관계를, 柳澤圭(1986)는 평균토심과 토양의 저수량과의 관계를 밝혔으며, 李宗學 등(1989), Anderson 등(1976)은 산림유출량의 차로 산림의 수원함양기능에 대하여 분석하였다. 中野(1971)는 사업량과 산림의 수원함양기능을, King(1989)과 Brown(1991), 吉野와 菊谷(1985), 朴在鉉(1995)은 대규모 벌채에 따른 산림의 수원함양기능의 변화를 분석하였다.

水利科學研究所(1976)는 산림의 수원함양기능 증진을 위한 산림사업방법을, 小柏 등(1991)은 산림의 수원함양기능 증진량을 평가할 수 있는 지표인자인 표층토양에서의 조공극률과 임분밀도와와의 관계를 분석하여 보고하였다. 太田(1991)은 인공림의 경우 수원함양기능을 증진시키기 위한 방법에 대하여 보고하였고, 五所(1991)는 산림물의 변동이 산림에서의 이용수자원량의 증대에 영향한다고 하였다. 金泰勳 등(1993)은 침엽수림의 수원함양기능을 증진시키기 위한 제·간벌에 대하여 보고하였다.

이와 같이 몇몇 선진임업국에서는 산림사업에 따른 산림의 수원함양기능을 평가하고 이를 통해 산림의 수원함양기능을 증진시키기 위한 다양한 연구를 수행하고 있으나(竹下, 1988; 小柏 등, 1991; 太田, 1991; 五所, 1991; Brown, 1991), 아직까지 우리 나라에 대한 연구가 부족한 실정이다. 따라서 이 연구는 산림의 수원함양기능의 지표가 되는 표층토양에서의 粗孔隙率에 영향을 미치는 인자를 밝힘으로써 산림사업에 따른 활엽수림의 수원함양기능을 평가하기 위한 기초자료를 제공하기 위하여 수행하였다.

材料 및 方法

각 임상별로 화성암, 변성암, 퇴적암 등 3개 모암지역에서 II영급 이하, III영급, IV영급 이상으로 구분하여 조사지를 선정, 전국을 대상으로 1994년

3월부터 10월까지 활엽수림을 대상으로 조사항목이 결정된 조사지점을 제외한 50개소를 표본구로 선정·조사하였다.

산림의 수원함양기능 상태를 평가할 수 있는 것은 토양의 공극상태인데, 특히 표층토양의 구조는 산림사업에 의해 개선된다(정용호, 1998). 따라서 표고, 지질, 지형, 방위, 경사 등 입지환경인자를 조사하였고, 산림의 수원함양기능 상태를 평가하는데 관여하는 토양층위(A, B층)별로 100cc 캔에 채취한 시료를 감압식 토양pF측정기(DIK 9211)를 이용하여 粗大孔隙率(pF1.6)과 粗孔隙率(pF2.7)로 구분하여 측정하였다. 채취한 토양시료는 토양의 삼상(모래, 미사, 점토), 유기물함량을 분석하였다.

토양조사시 토양형, 퇴적양식, 토심, 각 층위별 토양건밀도를 측정하였으며, 임상, 임령, 임목축적, 수고, 흉고직경, 지하고, 상층식생 울폐도, 하층식생 피복도, 수종, 부식층 및 낙엽층의 두께 등 입분환경인자는 10m×10m 식생조사 표본구에서 각 항목별로 조사하였다. 또한, 산림의 수원함양기능 증진량을 평가할 수 있는 지표인 표층토양에서의 조공극률에 영향을 미치는 인자인 입지환경인자 등 총 15인자에 대하여는 spss/pc+를 이용하여 상관분석 및 다중회귀분석을 실시하였다.

표본조사구로 선정된 50개 지점에 대한 임황은 Table 1과 같다. 조사대상지에서 모암의 분포비율은 화성암이 약 66%, 변성암이 약 14%, 퇴적암이 약 20%로 화성암이 가장 높았으며, 조사 표본구 내 주요수종은 신갈나무(*Q. mongolica*), 졸참나무(*Q. serrata*), 굴참나무(*Q. variabilis*), 상수리나무(*Q. acutissima*) 등 4수종이었다.

전체 표본조사구의 평균 고도분포는 해발 120~1,215m 범위 내에 위치하고, 경사도는 10~38°로 우리나라 산지에서의 평균경사와 유사하였다. 임령비율은 II영급이 약 4%, III영급이 약 20%, IV영급이 약 32%, V영급이 약 14%, VI영급이 약 10%, VII영급 이상이 약 20%로 IV영급이 가장 많았다.

평균흉고직경은 8.0~45.0cm의 범위를 나타내었으며, 표본조사구 100m<sup>2</sup>에서 상층식생에 대한 임목수는 5~49본의 범위로 나타났고, 하층식생에 대한 임목수는 15~388본의 범위로 나타났다. 그리고 표본조사구에 대하여 평균수고는 6.0~20.0m의 범위로 나타났다.

Table 1. Stand characteristics of study sites.

Site name	Basic Rock	Important Tree	Elevation (m)	Slope (°)	Aver. of Tree Age	Aver. of D.B.H. (cm)	Over tree density (no./100m <sup>2</sup> )	Under tree density (no./100m <sup>2</sup> )	Aver. of Tree Height (m)	sand silt clay			Organic matter content (%)
										(%)			
Jungsun 1	Sedimentary	<i>Q. mongolica</i>	914	37	50	24.0	11	37	16.0	46.96	42.84	10.2	5.79
Jungsun 2	Sedimentary	<i>Q. mongolica</i>	1,137	33	100	45.0	14	55	14.0	49.34	38.66	12.0	4.34
Jungsun 3	Sedimentary	<i>Q. mongolica</i>	1,035	26	50	15.0	26	15	15.0	61.40	31.0	7.6	4.76
Jungsun 4	Sedimentary	<i>Q. mongolica</i>	998	20	60	26.0	11	15	17.0	41.68	49.92	8.4	5.3
Jungsun 5	Sedimentary	<i>Q. mongolica</i>	935	23	60	30.0	14	24	17.0	65.98	26.42	7.6	4.91
Jungsun 6	Sedimentary	<i>Q. mongolica</i>	1,163	10	40	21.0	23	15	17.0	50.42	37.98	11.6	4.29
Hongchon 1	Igneous	<i>Q. mongolica</i>	1,091	26	40	21.0	19	47	9.0	38.98	49.02	12.0	3.41
Hongchon 2	Igneous	<i>Q. mongolica</i>	986	24	70	31.0	23	84	19.0	67.28	28.32	4.4	5.74
Chungyang 1	Igneous	<i>Q. mongolica</i>	430	36	35	16.0	34	23	14.0	62.28	27.92	8.8	5.45
Chungyang 2	Igneous	<i>Q. variabilis</i>	400	28	35	18.0	30	69	14.0	63.82	29.78	6.4	4.62
Chungyang 3	Igneous	<i>Q. mongolica</i>	395	33	30	12.0	37	103	12.0	33.38	55.42	11.2	5.71
Chungyang 4	Igneous	<i>Q. variabilis</i>	410	38	30	10.0	17	160	12.0	24.88	62.92	12.2	9.27
Muju 1	Igneous	<i>Q. mongolica</i>	1,205	29	70	21.0	22	102	12.0	25.42	65.43	9.15	7.51
Muju 2	Sedimentary	<i>Q. mongolica</i>	1,215	31	60	37.0	10	128	16.0	26.43	57.43	16.14	1.51
Muju 3	Igneous	<i>Q. mongolica</i>	1,182	27	70	22.0	10	116	13.0	24.58	64.21	11.21	5.72
Muju 4	Igneous	<i>Q. mongolica</i>	1,167	31	80	24.0	13	30	16.0	25.22	60.34	14.44	8.77
Muju 5	Igneous	<i>Q. serrata</i>	785	25	30	20.0	28	72	16.0	24.53	60.24	15.23	4.74
Muju 6	Igneous	<i>Q. mongolica</i>	795	34	55	15.0	17	96	15.0	25.42	61.35	13.23	2.38
Muju 7	Igneous	<i>Q. serrata</i>	833	37	60	22.0	13	60	19.0	25.46	62.78	11.76	4.52
Muju 8	Igneous	<i>Q. serrata</i>	918	23	95	29.0	10	175	19.0	25.67	65.32	9.01	4.50
Namyangju 1	Igneous	<i>Q. mongolica</i>	350	30	13	8.0	24	135	6.0	56.21	36.73	7.06	8.12
Namyangju 2	Igneous	<i>Q. mongolica</i>	400	30	25	12.0	35	20	11.0	55.34	35.67	8.99	8.16
Namyangju 3	Igneous	<i>Q. acuyissima</i>	300	23	22	11.0	49	63	11.0	56.32	34.65	9.03	5.64
Gurye 1	Metamorphic	<i>Q. mongolica</i>	930	27	30	10.0	39	120	6.0	45.67	40.25	14.08	5.76
Gurye 2	Metamorphic	<i>Q. mongolica</i>	950	32	30	12.0	43	96	9.0	46.35	38.27	15.38	8.91
Gurye 3	Igneous	<i>Q. mongolica</i>	1,200	30	40	20.0	27	116	16.0	45.35	38.21	16.44	2.62
Gurye 4	Igneous	<i>Q. mongolica</i>	700	31	38	22.0	23	102	18.0	43.45	37.25	19.30	4.16
Gurye 5	Igneous	<i>Q. serrata</i>	600	16	50	22.0	6	74	20.0	39.88	54.32	5.80	5.72
Gurye 6	Igneous	<i>Q. mongolica</i>	450	29	40	20.0	12	84	22.0	39.02	54.98	5.0	7.18
Gurye 7	Igneous	<i>Q. mongolica</i>	1,070	37	18	8.0	81	154	6.0	15.96	76.44	7.60	2.38
Gurye 8	Igneous	<i>Q. mongolica</i>	970	30	30	16.0	29	116	18.0	40.23	50.46	9.31	5.73
Gurye 9	Igneous	<i>Q. mongolica</i>	880	23	41	24.0	11	71	20.0	30.24	73.41	3.65	9.25
Sanchung 1	Metamorphic	<i>Q. variabilis</i>	850	36	30	16.0	19	112	14.0	25.34	68.36	6.30	5.13
Sanchung 2	Metamorphic	<i>Q. variabilis</i>	750	31	20	12.0	45	106	12.0	26.45	70.35	3.20	1.16
Sanchung 3	Metamorphic	<i>Q. variabilis</i>	320	23	35	26.0	10	79	18.0	27.32	69.88	2.80	1.49
Sanchung 4	Metamorphic	<i>Q. variabilis</i>	340	35	24	12.0	35	64	14.0	30.12	67.45	2.43	5.34
Namyeon 1	Metamorphic	<i>Q. variabilis</i>	850	35	25	14.0	26	65	12.0	28.34	70.25	1.41	7.96
Namyeon 2	Igneous	<i>Q. mongolica</i>	900	30	25	16.0	16	87	12.0	25.67	71.23	3.10	5.71
Gwangngung 1	Igneous	<i>Q. variabilis</i>	300	32	48	32.0	9	160	15.2	57.22	35.38	7.40	9.02
Gwangngung 2	Igneous	<i>Q. serrata</i>	320	31	55	32.0	8	248	13.8	87.22	5.38	7.40	1.26
Yangpyeng 1	Igneous	<i>Q. variabilis</i>	250	28	30	17.0	11	244	12.5	18.0	75.40	6.60	5.70
Yangpyeng 2	Igneous	<i>Q. acuyissima</i>	210	23	28	14.0	10	300	10.3	24.14	67.26	8.60	5.30
Yangpyeng 3	Igneous	<i>Q. acuyissima</i>	250	37	32	19.0	5	292	8.8	29.12	55.48	15.40	5.78
Yangpyeng 4	Igneous	<i>Q. acuyissima</i>	350	21	48	23.0	5	280	14.5	28.45	57.34	14.21	5.79
Yangpyeng 5	Sedimentary	<i>Q. acuyissima</i>	320	17	38	17.0	11	388	16.0	20.80	58.24	20.96	4.96
Yangpyeng 6	Igneous	<i>Q. acuyissima</i>	330	24	33	21.0	11	212	18.0	18.92	60.36	20.72	4.77
Yumsung 1	Igneous	<i>Q. acuyissima</i>	120	36	28	17.0	13	120	11.5	16.23	80.11	3.66	9.48
Yumsung 2	Igneous	<i>Q. variabilis</i>	250	36	38	22.0	7	124	12.5	17.56	79.13	3.31	8.13
Goisan 1	Sedimentary	<i>Q. acuyissima</i>	350	34	23	13.3	8	168	9.0	20.47	74.35	5.18	4.36
Goisan 2	Sedimentary	<i>Q. acuyissima</i>	320	37	23	12.0	13	316	9.5	20.57	69.58	9.85	8.13

結果 및 考察

1. 표층토양에서의 조공극률에 영향을 미치는 인자의 상관분석

조공극률에 영향을 미치는 인자를 분석하기 위해 입지 및 토양환경인자, 임분환경인자 총 15인자에 대하여 spss/pc+를 이용한 상관분석 결과는 Table 2와 같다.

표층토양에서의 조공극률과 수고, 하층식생 피복도는 편상관계수가 각각 0.304, 0.290으로 5% 수준에서 유의한 正의 상관관계를 나타내, 표층토양에서의 조공극률은 수고, 하층식생 피복도와 관계가 높은 것으로 분석되었다. 이는 표층토양에서의 조공극률과 토양 유기물함량비와의 편상관계수가 0.628로 1% 수준에서 유의한 正의 상관관계를 나타낸 결과 그리고 침엽수림에서 표층토양에서의 조공극률과 임목축적과의 관계가 正의 상관관계를 나타낸 결과(程龍鎬 등, 2001)와

유사한 결과이었다.

한편, 침엽수림지에서는 표층토양에서의 조공극률과 하층식생 피복도와는 유의적인 상관관계를 나타내지 않았으나(程龍鎬 등, 2001), 본 연구에서는 유의한 결과를 나타내었는데, 이는 임분 특성에 따른 차이에 기인한 결과로 생각된다. 따라서 산림의 수원함양기능 증진, 즉 표층토양에서의 조공극률을 증진시키기 위해서는 하층식생 피복도를 조절할 필요가 있다는 선행 연구결과(小柏 등, 1991; 金泰勳 등, 1993)와 유사한 결과라 생각된다.

수고와 흉고직경, 임령, 상층임목밀도, 상층식생울폐도, 낙엽낙지량과는 편상관계수가 각각 0.559, 0.481, -0.429, 0.365, 0.417로 1% 수준에서 유의한 상관관계를 나타내 수고의 증대는 흉고직경, 임령, 상층임목밀도, 상층식생 울폐도, 낙엽낙지량과 관계가 깊은 것으로 분석되었다. 이는 흉고직경과 임령, 상층임목밀도, 낙엽낙지

Table 2. Correlation coefficients of site, soil and forest environmental factors influencing the mesopore ratio of surface soil.

Distributions	Surface soil mesopore ratio (pF2.7, %)	Tree Height (m)	D. B. H. (cm)	Tree age (year)	Over tree density (no./100m <sup>2</sup> )	Under vegetation coverage (%)	Crown-Cover rates (%)
Tree Height	0.304*	1.000	-	-	-	-	-
Surface soil hardness(mm)	-0.900**	-	-	-	-	-0.322*	-
Organic matter contents of soils	0.628**	-	1.000	-	-	-	-
D. B. H.	-	0.559**	-	-	-	-	-
Tree age	-	0.481**	0.819**	-	-	-	-
Over tree density(no./100m <sup>2</sup> )	-	-0.429**	-0.541**	-0.414**	-	-	-
Crown-Cover rates	-	0.365**	-	-	-	-0.514**	-
Forest floor mass	-	0.417**	0.532**	0.472**	-	-	0.357*
Slope	-	-0.383**	-	-	-	-	-
Under vegetation coverage	0.290*	-	-	0.389**	-0.316*	-	-
Elevation(m)	-	-	-	0.396**	-	0.394**	-

Distributions	Forest floor mass	Surface soil hardness (mm)	5cm layer of soil hardness (mm)	10cm layer of soil hardness (mm)
Elevation(m)	0.549**	-	0.320*	-
Slope	-	-0.309*	-	-
Organic matter contents of soils	-	-0.525**	-	-
10cm layer of soil hardness(mm)	-	-	0.710**	-
A horizon soil hardness(mm)	-	-	0.715**	0.677**

Note : \* means statistically significant at 5% level and \*\* means statistically significant at 1% level.

량과의 편상관계수 0.819, -0.541, 0.532와 각각 1% 수준에서 유의한 正과 負의 상관관계를 나타낸 결과와 유사한 결과이었다.

임령은 상층입목밀도, 낙엽낙지량, 하층식생 피복도와 편상관계수는 각각 -0.414, 0.472, 0.389로 1% 수준에서 유의한 正과 負의 상관관계를 나타내 상기의 결과를 뒷받침해 주고 있다(小柏 등, 1991). 따라서 임령, 수고, 흉고직경의 증가 등의 결과는 궁극적으로 산림의 수원함양기능에 기여하는 것으로 판단된다.

그러나 상층입목밀도와 하층식생 피복도는 편상관계수가 -0.316으로 5% 수준에서 유의한 負의 상관관계를 나타내어 상층입목밀도가 증가함으로써 하층식생 피복도는 감소하는 것으로 나타났는데, 이는 상층식생 울폐도와 하층식생 피복도의 편상관계수가 -0.514로 1% 수준에서 유의한 負의 상관관계를 나타낸 결과와 유사한(小柏 등, 1991) 결과이었다.

상층식생 울폐도와 낙엽낙지량과의 관계는 편상관계수가 0.357로 5% 수준에서 유의한 正의 상관관계로 상기의 결과와 유사한 결과이었다. 그러나 표층토양건밀도와 토양의 유기물함량비와는 편상관계수가 -0.525로 1% 수준에서 유의한 負의 상관관계를 나타내었는데, 이는 표층토양의 조공극률과 표층토양건밀도는 편상관계수가 -0.900으로 1% 수준에서 유의한 負의 상관관계를 나타낸 결과와 일치하는 결과라 판단된다. 즉, 표층토양건밀도의 증가는 임목의 생장 및 산림토양의 수원함양기능에 영향을 미치는 것으로 분석되었다. 따라서 토양건밀도가 증대하면 토양이 딱딱해져 공극구조 발달에 좋지 않은 영향(竹下, 1988; 朴在鉉, 1995; 정용호, 1998)을 미치는 것으로 분석되었다.

이와 같은 결과는 토양의 건밀도가 높아짐에 따라 강수에 의한 침식토량이 증가함과 동시에 토양의 공극률이 저하된다는 선행연구결과(朴在鉉, 1995; 禹保命 등, 1995; 禹保命 등, 1998)와 유사한 결과이었다.

경사도와 수고는 편상관계수가 -0.383으로 1% 수준에서 유의한 負의 상관관계를 나타내었는데, 경사도가 높을수록 수고가 낮다는 것은 조사 위치에 따른 입지 및 입분특성에 기인하는 결과 때문이라 생각된다. 또한, 표층토양인 토양깊이 5cm, 10cm에서의 토양건밀도는 A층 토양의 건밀도와 편상관계수는 각각 0.715, 0.677로 1% 수준에서 유의한 正의 상관관계를 나타내 토양깊이와 건밀

도는 밀접한 관련이 있는 것으로 분석되었다.

이와 같은 결과로 볼 때 표층토양의 건밀도는 A층 및 B층 토양에 유기적으로 영향을 받는 것으로 판단되며 강수 침투 및 저류구조 개선 내지 유지·보전을 위하여 표층토양의 관리가 중요한 것으로 사료된다.

## 2. 표층토양에서의 조공극률에 영향을 미치는 인자의 직선회귀분석

### 1) 표층토양에서의 조공극률과 하층식생 피복도의 관계

산림의 수원함양기능 증진을 위해서는 표층토양에서의 조공극률이 증대되어야 하는데(小柏 등, 1991), 상관분석 결과 표층토양에서의 조공극률과 5% 수준에서 유의한 正의 상관관계를 나타낸 하층식생 피복도와와의 관계를 직선회귀 분석하였다(Figure 1).

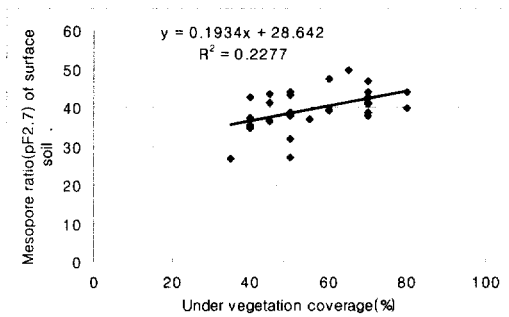
상관분석 결과 표층토양의 조공극률과 5% 수준에서 유의한 正의 상관관계를 나타낸 하층식생 피복도와와의 관계로 산림사업 기준을 정하려고 할 때 통계적으로 결정계수가 가장 높게 되는 부분을 기준으로 정하는 것이 중요하데(小柏 등, 1991; 정용호, 1998), 하층식생 피복도를 15% 이상~90% 이하로 하였을 경우 결정계수( $R^2$ )는 0.08로 가장 낮은 값을 나타내었다. 그러나 하층식생 피복도를 30% 이상~80% 이하로 하였을 경우 결정계수는 0.23으로 가장 높은 값을 나타내었고, 이를 직선회귀식으로 나타내면, 표층토양에서의 조공극률(%) =  $0.1934 \times$  하층식생 피복도(30%~80%로 하였을 경우) + 28.642( $R^2 = 0.23$ )이었다.

李天龍 등(1994)은 활엽수 수원함양림 사업기준을 신갈나무 지위 14년생의 경우로 볼 때 가지치기는 원칙적으로 시행하지 않으며 밀생시켜 자연낙지를 유도하고, 예비 간벌은 임령 20년일 때 폭목, 쇠약목을 제거하는 정도의 중도의 상층간벌을 실시하며, ha당 1,400본 정도를 남기도록 상층울폐도를 70% 이하로 유지해야 한다고 하였다. 그러나 이 연구에서 표층토양의 조공극률과 상층식생 울폐도는 유의하지 않은 결과를 나타내었다. 이와 같은 결과는 입지 및 토양환경인자 등 다른 인자의 영향에 따른 결과라 생각된다.

따라서 활엽수림의 수원함양기능 증진을 위한 산림사업은 상층식생 울폐도를 고려하여 결정계수가 가장 높은 시점인 하층식생 피복도를 30% 이상에서 80% 이하로 유지하는 방법이 그 효과를 증

진시킬 수 있을 것으로 생각된다.

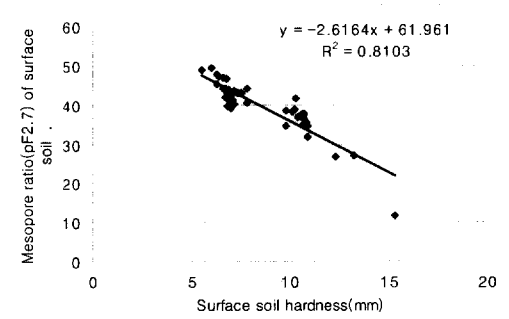
이때 하층식생 피복도는 수원함양기능에 저해(太田, 1991)되는 피복도 30%이하와 80%이상인 부분을 제외한 결과로, 이와 같은 결과는 小柏 등(1991)의 연구결과와 유사한 결과이었다. 그러나 결정계수는 비교적 낮은 값을 나타내었는데, 이를 높이기 위해서는 하층식생 피복도에 영향을 주는 상층식생 울폐도의 시업 관리에 대한 연구가 선행되어야 할 것으로 생각된다.



**Figure 1.** Linear regression equation of the mesopore ratio of surface soil and under vegetation coverage(%).

2) 표층토양에서의 조공극물과 표층토양 견밀도와의 관계

상관분석 결과 표층토양에서의 조공극물과 1% 수준에서 유의한 負의 상관관계를 나타낸 표층토양 견밀도와의 관계를 직선회귀 분석하였다(Figure 2). 이를 직선회귀식으로 나타내면, 표층토양에서의 조공극물(%) =  $-2.6164 \times$  표층토양



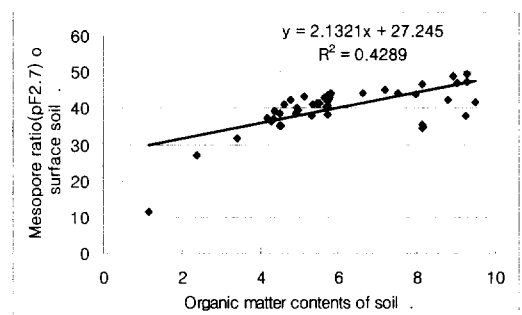
**Figure 2.** Linear regression equation of the mesopore ratio of surface soil and surface soil hardness(mm).

견밀도(mm) + 61.961( $R^2 = 0.81$ )이었다. 이와 같은 결과는 표층토양의 견밀도가 높아질수록 산림의 수원함양기능에는 불리하게 작용함을 의미하는 것이다. 즉, 표층토양견밀도가 높아질수록 토양의 공극 발달이 나빠져 토양의 강수침투 및 저류구조가 악화되는 것(정용호, 1998, 2001)으로 분석되었다.

따라서 활엽수림의 수원함양기능을 증대시키기 위한 산림시업은 표층토양의 견밀도가 높아지지 않도록 하는 시업 방법(森林水資源問題檢討委員會, 1991; 朴在鉉, 1995; 禹保命 등, 1995; 禹保命 등, 1998; 정용호, 1998)이 강구되어야 할 것으로 생각된다.

3) 표층토양에서의 조공극물과 토양의 유기물 함량비와의 관계

상관분석 결과 표층토양에서의 조공극물과 1% 수준에서 유의한 正의 상관관계를 나타낸 토양층의 유기물함량비와의 관계를 직선회귀 분석하였다(Figure 3). 직선회귀식은, 표층토양에서의 조공극물(%) =  $2.1321 \times$  토양의 유기물함량비(%) + 27.245( $R^2 = 0.43$ )로 나타나 상기의 결과를 뒷받침하는 것으로 분석되었다. 이는 앞서 언급한 토양의 강수침투 및 저류구조와 밀접한 관계가 있는 것(정용호, 1998)으로 생각된다.



**Figure 3.** Linear regression equation of the mesopore ratio of surface soil and organic matter contents.

4) 표층토양에서의 견밀도와 토양의 유기물 함량비와의 관계

상관분석 결과 표층토양에서의 견밀도와 1% 수준에서 유의한 負의 상관관계를 나타낸 토양의 유기물 함량비와의 관계를 직선회귀 분석하였다(Figure 4).

직선회귀식은, 토양의 유기물함량비(%) = -0.6457 × 표층토양의 견밀도(mm) + 11.056(R<sup>2</sup>=0.63)로 나타났으며, 결정계수는 0.63으로 비교적 높은 값을 나타내었다. 즉, 표층토양의 견밀도가 높을수록 토양의 유기물함량비는 감소하는 것으로 분석되었다.

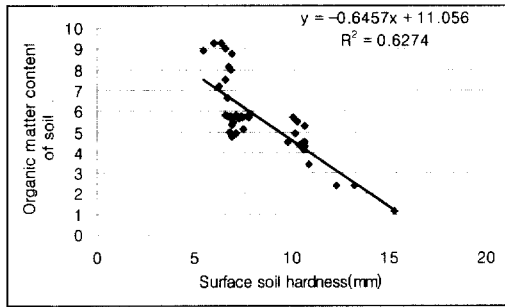


Figure 4. Linear regression equation of the surface soil hardness(mm) and organic matter contents of soil.

3. 표층토양에서의 조공극률에 영향을 미치는 인자의 다중회귀분석

표층토양에서의 조공극률에 영향을 미치는 인자의 상관분석결과 유의한 영향을 미친 인자는 수고, 하층식생 피복도, 표층토양견밀도, 토양의 유기물함량비이었다. 이상의 인자와 토양의 조공극률형성에 영향을 미치는 선행 연구결과인(竹下, 1988; 小栢 등, 1991) 입지, 토양환경인자, 임분환경인자 등 총 15인자에 대하여 stepwise를 이용한 다중회귀 분석결과는 Table 3과 같다.

산림의 수원함양기능의 지표가 되는 표층토양에서의 조공극률(竹下, 1988; 金泰勛 등, 1993; 정용호, 1998)에 영향을 미치는 인자는 stepwise를 이용하여 다중회귀 분석하였다. 분석 결과, 표층토양에서의 조공극률에 영향을 미치는 인자는 표층토양의 견밀도와

토양의 유기물함량비 2개 인자이었다. 이를 다중회귀식으로 표시하면, 산림의 수원함양기능의 지표가 되는 표층토양에서의 조공극률(pF2.7, %) = 55.055 - 2.290 × 표층토양의 견밀도 + 0.705 × 토양의 유기물함량비(R<sup>2</sup>=0.84)이었으며, 1% 수준에서 고도로 유의하였다.

따라서 표층토양에서의 조공극률(pF2.7, %)을 증대시키기 위해서는 표층토양의 견밀도가 높아지지 않도록 해 주거나(竹下, 1988; 小栢 등, 1991), 임목축적을 증진시킴으로써 토양의 유기물함량비가 높아지도록 하는 산림사업(吳斗泳, 1986)이 필요할 것으로 생각된다. 또한, 표층토양, A층, B층 토양의 견밀도는 상호 유기적으로 작용하므로 앞서 언급한 표층토양의 견밀도가 높아지지 않도록, 표층토양의 유기물이 유실되지 않도록 하는 산림사업 방법을 강구해야 할 것으로 판단된다.

結 論

활엽수림을 대상으로 산림의 수원함양기능 증대의 지표가 되는 표층토양에서의 조공극률에 영향을 미치는 인자를 밝힘으로써 시업에 따른 산림의 수원함양기능을 평가하기 위한 기초자료를 제공하기 위하여 수행한 결과는 다음과 같다.

1. 표층토양에서의 조공극률과는 수고, 하층식생 피복도, 토양의 유기물함량비 3개 인자가 유의한正的 상관계수를, 표층토양의 견밀도가 1% 수준에서 유의한 負의 상관계수를 나타내었다.
2. 직선회귀분석결과 표층토양에서의 조공극률과 하층식생 피복도와는, 표층토양에서의 조공극률(%) = 0.1934 × 하층식생 피복도(30%~80%로 하였을 경우) + 28.642(R<sup>2</sup> = 0.23)의 관계로 활엽수림의 수원함양기능 증대는 하층식생 피복도와 밀접한 관계가 있는 것으로 분석되었다.

Table 3. Multiple regression equations of environmental factors to determine the mesopore ratio of surface soil.

Variables	Regression coefficient	Standard error	Beta	t	Significance
(Constant)	55.055	2.624		20.980	
Surface soil hardness(mm)	-2.290	0.197	-0.788	-11.616	0.000**
Organic matter contents of soils	0.705	0.223	0.214	3.157	0.003**
R <sup>2</sup> = 0.84					

Note : \*\* means statistically significant at 1% level.

3. 직선회귀분석결과 표층토양에서의 조공극률(%)과 표층토양 견밀도와는, 표층토양에서의 조공극률(%) =  $-2.6164 \times \text{표층토양 견밀도(mm)} + 61.961$  ( $R^2 = 0.81$ )의 관계로 표층토양의 견밀도가 높아질수록 활엽수림의 수원함양기능에는 불리하게 작용하는 것으로 분석되었다.

4. 직선회귀분석결과 표층토양에서의 조공극률(%)과 토양의 유기물함량비와는, 표층토양에서의 조공극률(%) =  $2.1321 \times \text{토양의 유기물함량비(%)}$  +  $27.245$  ( $R^2 = 0.43$ )의 관계로 활엽수림의 수원함양기능 증대는 토양의 유기물함량비와 밀접한 관계가 있는 것으로 분석되었다.

5. Stepwise를 이용한 다중회귀분석결과 활엽수림의 수원함양기능 증대에 영향하는 표층토양에서의 조공극률에 영향하는 인자는 표층토양의 견밀도와 토양의 유기물함량비 2개 인자이었다.

6. 따라서 활엽수림의 수원함양기능 증진을 위한 시업은 표층토양의 조공극 발달이 촉진되도록 하층식생 피복도가 30%에서 80%를 유지하도록 실시해야 할 것으로 판단된다.

引用 文 獻

1. 金泰勛·李天龍·金景河·程龍鎬, 1993. 水源涵養機能增進을 위한 施業技術. 林業研究院 1993年度 試驗研究報告書(4-1) : 493-501.
2. 朴在鉉, 1995. 白雲山 成熟闊葉樹林 皆伐收穫地에서 伐出直後의 環境變化와 運材路 浸蝕에 關한 研究. 서울大學校 博士學位論文, 137p.
3. 吳斗泳, 1986. 昭陽江 多目的댐 流域內 森林의 理水效果 推定. 高麗大學校 博士學位 論文, 54p.
4. 禹保命·朴在鉉·全起成·鄭道鉉, 1995. 熟林木伐採地에서 降雨水의 表面流出水量과 山地浸蝕에 미치는 環境要因의 影響. 韓國林學會誌 84(2) : 226-238.
5. 禹保命·金慶勳·朴在鉉·崔炯太, 1998. 伐採地內 運材路의 土壤物理性 및 植生の 回復過程. 韓國環境復元綠化技術學會誌 1(1) : 18-27.
6. 柳澤圭, 1986. 森林에 있어서 물 收支에 關한 試驗研究. 江原大學校 博士學位 論文, 28p.
7. 李宗學·金泰勛·李元圭·崔敬·李天龍·朱鎮順, 1989. 山林의 流出調節에 關한 研究. 林業研究院 研究報告 38 : 98-111.

8. 李天龍, 1992. 山林環境土壤學. 普成文化社, 349pp.
9. 李天龍·程龍鎬·廉陸哲·李鳳洙, 1994. 水源涵養機能增進 施業技術 開發. 1994年度 林業研究報告書(4-1) : 538-548.
10. 정용호, 1998. 물 정책 이렇게 바꾸자. 경실련 환경개발센터, 71-116.
11. 程龍鎬·朴在鉉·金景河·尹豪重, 2001. 山林의 立地環境因子가 表層土壤의 粗孔隙率에 미치는 影響因子 分析(I) - 針葉樹林을 中心으로 -. 韓國林學會誌 90(3) : 314-323.
12. 福岡縣, 1991. 福岡縣水源의 森基金. 福岡縣水源의 森基本調查報告書(12).
13. 五所直久, 1991. 森林のはたらき效用 - 水源涵養·水利用·環境保全. 山林 : 13-20.
14. 中野秀章, 1971. 森林伐採および伐跡地の植被變化が流出に及ぼす影響. 林業試驗場研究報告 240 : 1-251.
15. 吉野昭一·菊谷昭雄, 1985. 高海拔流域における 森林伐採と暖候期間の流出量變化第1報-寶川試驗地の本流流域について(寶川森林治水試驗第4回報告). 林業試驗場研究報告 331 : 127-145.
16. 太田猛彦, 1991. 森林의 水源涵養機能と 森林施業のあり方法論. 水利科學 197 : 1-33.
17. 森林水資源問題檢討委員會, 1991. 森林と水資源. 日本治山治水協會, 340p.
18. 小栢一久·近藤次雄·眞下育久, 1991. 數量化 I 類の手法を用いた 森林土壤の粗孔隙率の要因分析(II)-スギ林における 表層土壤の粗孔隙率と林分密度. 日本林學會誌 73(5) : 396-400.
19. 水利科學研究所, 1976. 森林の公益的機能計量化調査報告書. 425p.
20. 竹下敬司, 1988. 森林·土壤·水問題. 森林立地 30(2) : 26-32.
21. Anderson, H.W., D.H. Marvin and K.G. Reinhart, 1976. Forest and Water. 115p.
22. Brown, G.W. 1991. Forestry and water quality. Oregon State University. 142p.
23. King, J.G. 1989. Streamflow responses to road building and harvesting : A comparison with the equivalent clearcut area procedure. U. S. Department of Agriculture. Forest Service. Research Paper INT-401 : 1-14.