

경북 봉화와 강원도 간성 지역의 송이자생지 산림토양의 특성 - 1. O층과 토양지표층의 이화학적 특성

정덕영^{1,*} · 이교석¹ · 이종신² · 윤영남³

¹충남대학교 농업생명과학대학 생물환경화학, ²임산공학, ³응용생물학

Characteristics of a Forest Soil on Pine Mushroom Habitat Located in Ponghwa, Kyungbuk and Gansung, Kangwon.

1. Physical and Chemical Properties of O Horizon and Surface Soil

Chung, Doug-Young^{1,*}, Kyo-S. Lee¹, Yoon-Cheol Choi¹, Jong-Shin Lee², and Young-Nam Youn³

Department of Bioenvironmental Chemistry, Department of Forest Products Technology, and Department of Applied Biology,
Chungnam National University, Daejeon Korea 305-764

We observed the physical and chemical properties of a soil on pine mushroom picking areas where were located in the most upper and lower parts showing a comparative climatic characteristics in Korea. The slope gradients within the investigation areas which were divided into 100 quadrates of 1 m² ranged from 5.7~8.6 β to 24~22.7 β (left to right) and 4.5~6.8 β to 13.5~17.8 β (top to bottom) for Ponghwa and Gansung, respectively. The amount of clay and thickness of organic matter were significantly decreased with increasing slope gradient, resulting in decrease of the soil moisture content around a fairly ring-colony of *Tricholoma matsutake* which was observed under the relatively thicker organic matter layer beyond 3 cm depth. Soil pHswere weak acid and average EC was 0.44 dS m⁻¹ in both areas. The cations were in the order of Fe K > Na > Mg > Ca and Fe > K > Na > Ca > Mg for the upper(Gansung) and the lower (Ponghwa) part. And the amount of Fe was approximately 80 mg kg⁻¹ or greater in the pine mushroom picking soil. From this, we could assume that the growth of the pine mushroom was closely related not only with iron but also soil moisture content.

Key words:

서 론

대부분의 버섯은 죽은 나무에서 발아하여 기생하지만 송이는 살아있는 나무, 그 중에서도 소나무에만 기생하여 자라며 우리나라뿐만 아니라 일본 등 많은 나라에서 자연산 송이 인공재배 연구를 하고 있지만 아직까지 성공하지 못할 정도로 온도, 습도, 토양 및 환경에 아주 민감하다.

송이(*Tricholoma matsutake*)는 화강암 또는 화강편마암 지대에서 년평균강수량이 2,000mm 이하인 북위 30°~50° 정도에서 자라는 것으로 알려져 있다. 우리나라의 경우 태백산맥과 소백산맥 지역을 중심으로 소나무(*P. densiflora*)림에서 주로 살아있는 소나무와 함께 살아가면서 자실체(버섯)를 만드는 공생균으로서 외생균근균이라 불린다. 현재까지 송이는 인공재배가

되지 않으며, 일정한 기간에만 자실체를 형성하여 이상저온으로 시원해진 여름철이나 가을철(9월 초순 10월)에만 생산되는 희귀성과 계절성을 지닌 버섯이다.

토양중의 균사는 처음부터 일정하지 않고 지형특성에 따라 다양하게 성장하며 균사는 토양내에서 생장해 가면서 불리한 환경, 즉 참나무류나 다른 외생균근을 형성하는 각종 활잡목, 풀뿌리, 두터운 낙엽부식층 등을 만나면 그 부분은 더 이상 뻗지 못하고 죽어 없어진다고 한다 (조 등, 1995, 변, 1973; 김, 1984; 강 등, 1987, Lee, 1983, 허 등, 1999). 그리고 박 (1998) 등이 조사한 결과에 따르면 연간 송이 생산량은 송이가 나는 시기인 가을철 강우량과 온도에 따라 결정되며 그리고 발아에 적합한 토양 pH는 4.0 5.0으로 우리나라 소나무림 토양산도와 비슷하나 성숙한 포자는 증류수와 산(酸) 혹은 알칼리를 첨가한 증류수에 소나무뿌리 침출액을 첨가한 곳에서 잘 발아한다는 연구 결과도 있다. 그러나 송이의 수명이나 발아조건에

접수 : 2008. 3. 27 수리 : 2008. 5. 7

*연락처 : Phone: +82428216739,

E-mail: dychung@cnu.ac.kr

대해서도 정설이 없다. 그리고 일본에서는 1925년경부터 송이 인공재배를 위한 기초연구를 실시하여 송이균 배양배지, 적정온도, 적정산도(pH) 등을 구명하고, 1970년대에는 소나무림내 하층식생 정리와 균사주변 유기물층과 소나무림의 토양상태와 식생에 따른 송이균사의 생태를 구명한 바 있다 (Ogawa, 1977; 小川, 1991).

현재까지 조사된 송이자생지 토양 조사 결과를 살펴보면 대체적으로 배수성이 좋고 자갈 함량이 높은 대공극 특성을 가진 토양으로 건조하여 수분함량이 매우 낮으나 비교적 통기성이 좋고 유기물이나 양분이 적은 토양으로 알려져 있다. 그리고 송이가 자라고 있는 소나무림 표층토양의 질소 함량은 0.1 0.15%, 인산은 0.05 0.08%, 칼리는 0.2 0.8%로 일반 토양에 비해 상대적으로 수준이 매우 낮은 것으로 조사되었다 (김 등, 1975).

이와 같이 지속적인 연구를 통하여 송이의 기본적인 특성이나 송이 발생에 영향을 미치는 토양에 대한 이화학적 특성은 개략적으로 조사된 상태이지만, 송이가 자라는 토양에 대한 이화학적 특성 및 토양수분에 대한 연구는 매우 미미하다. 따라서 본 연구는 송이 생산환경을 개선하기 위한 근거자료로 활용하기 위하여 국내 송이자생지 중 지리적으로 위치가 다른 경북 봉화지역과 강원도 간성에 위치한 송이자생지를 선정하여 토양의 이화학적 특성과 토양수분 변화와 관련한 송이자생지 토양환경에 대한 정밀 조사를 실시하였다.

재료 및 방법

조사지 지형과 임분구조 연구 대상 조사지는 국내의 대표적인 송이자생지중 최근 5년간 송이를 채취한 지역으로 기후 조건이 다른 최북단 지역과 최남단 지역에 위치한 두 지역으로 경상북도 봉화군 봉성면 우곡리 산 187-1번지와 강원도 고성군 간성읍 어천

리 산 11번지 소재한 송이자생지 임분 내에 넓이 100 m²(가로, 세로 각 10 m)의 면적을 조사지점으로 선정한 후 (Fig. 1) 가로 세로 1 × 1m 크기의 방형구로 분리하여 총 100개의 방형구를 대상으로 조사를 실시하였다.

조사지 임분과 환경 특성 조사지의 지형적 특성은 조사지점의 좌우와 상하를 기준하여 경사도를 Clinometer (Brookstone, USA)를 이용하여 조사하였다. 그리고 1 × 1m 크기의 방형구로 세분된 10 × 10m 넓이의 조사구의 임분 구조를 파악하고자 조사지 내 각 임목의 수종과 위치, 하층식생의 분포에 대해서도 조사하였다. 그리고 송이자생지 토양의 온도, 습도, 토양수분함량 변화를 조사하기 위하여 Data Logger가 장착된 기상장비(Global Water WE800 Weather station, USA)에 토양수분함량 변화를 측정하기 위하여 토양수분측정장치 AT210 (Global Water Ins. Inc, USA) 추가로 설치하여 1시간 단위로 측정하였다.

토양 이화학특성 송이자생지 토양의 이화학 특성은 1m × 1m의 격자로 나누어진 총 100개 방형구를 대상으로 적송 낙엽이 쌓여 있는 유기물층을 제거한 후 송이균사체 존재 여부를 확인하여 송이균사체 존재 또는 미존재 격자구간으로 구분하여 조사 격자구간을 선정하였다. 이와 같이 구분된 각각의 방형구에서 토양의 지표면과 수직하게 절단하여 O, A, B, 그리고 C층으로 나누어 토층분화특성을 조사하였다. 그리고 토양의 이화학적 특성과 수분함량 조사는 가로 세로 각 10 cm, 높이가 5 cm인 사각스테인레스 용기를 이용하여 각각 5 cm 깊이로 C층에 해당하는 깊이 또는 암석이 분포한 깊이까지 토양을 채취하여 농업과학기술원 표준 분석방법에 따라 토양의 이화학특성을 조사하였다.

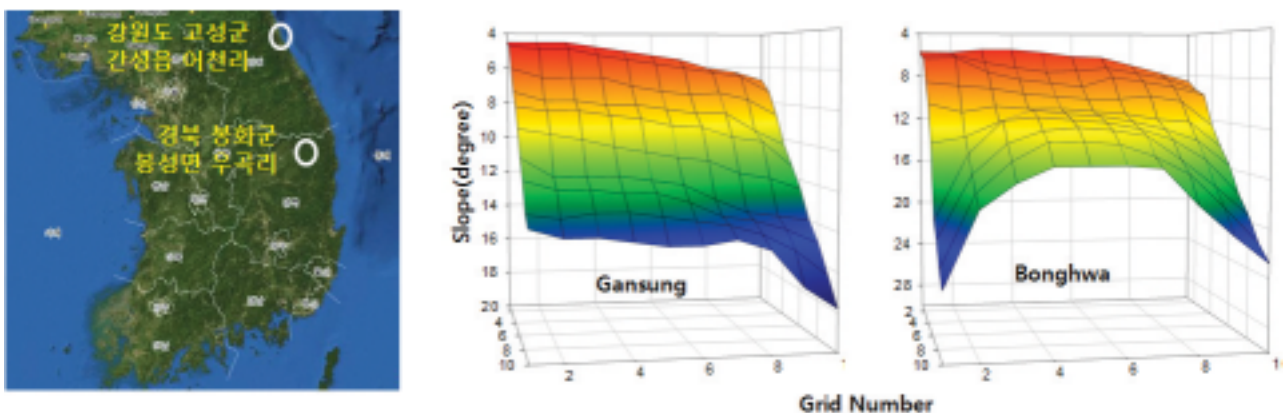


Fig. 1. Geographical information and slope configuration of investigation sites of pine mushroom habitat selected at Ponghwa in Kyungbuk and Gansung in Kangwondo.

그리고 Double ring infiltrometer(Soil moisture, USA)를 이용하여 격자 10개 구간에 대하여 침투속도를 조사하였다 (ASTM D3385-94). 토양수분포텐셜은 직경 5 cm, 높이 2.5 cm의 원형 스테인레스 토양시료 코아를 이용하여 A와 B층의 비교란토양시료를 채취하여 실험실내에서 Pressure Chamber(Soil moisture, USA)를 이용하여 0.1 bar에서 15bar 까지의 토양수분포텐셜을 조사하였다. 각각의 조사된 자료의 신뢰도를 측정하기 위하여 유의성 검정을 Sigma stat를 이용하여 실시하였다.

결 과

조사지 지형 특성 적송과 참수리나무 등이 혼재하고 있는 경북 봉화와 강원도 간성의 조사지점은 해발 약 250 m와 215m 정도에 위치하고 있다. 경북 봉화의 조사지는 방형구 최상부 (1-10번)에서 최저 5.7~8.6° 경사를 보이고 있으며 방형구 최하단부 (91-100번)에서 24~22.7° 경사도를 보이는 것으로 조사되었다. 강원도 간성의 조사지의 경사도는 최상부 (1-10번)에서 최저 4.5~6.8° 경사를 보이고 있으며 방형구 최하단부 (91-100번)에서 13.5~17.8° 경사도를 보이는 것으로 조사되었다 (Fig. 1). 따라서 두 조사지점의 전체적인 경사도는 조사지점 상부에서 하부로 그리고 왼쪽에서 오른쪽으로 진행됨에 따라 경사도는 높아지는 것으로 조사되었다.

일반적으로 산지사형에 있어서 임분구조는 강우에 따른 토양 도달 수분함량을 결정하는 중요한 요인으로 작용하며 한편 지표면 강우량은 토양침식에 관여하는 직접적인 요인이다. 따라서 송이자생지의 식생은 송이가 자라는 토양의 특성을 결정하는 중요한 요인으로 작용할 것으로 판단된다.

경북 봉화와 강원 간성의 조사지점의 식생 조사 결과 상층 수관은 소나무(*P. densiflora*)가 100%를 차지하고 있었으며 임목 본수는 경북 봉화지역이 62본/100㎡, 강원 간성지역이 34본/100㎡로 각각 조사되었으며 조사지 별 개개 임목의 수고를 측정 한 결과 봉화지역이 최저 1.3m에서 최고 7.1m, 간성 지역이 최저 1.0m에서 최고 7.9m의 분포를 보였다. 한편 흉고직경의 경우에는 봉화지역이 최저 0.8cm에서 최고 16.2cm, 간성지역이 3.1cm에서 최고 22.7cm를 나타냈다.

하층 식생은 봉화지역에는 신갈나무(*Quercus mongolica*), 싸리나무(*Lespedeza bicolor*), 철쭉나무(*Rhododendron schlippenbachii*), 초피나무(*Zanthoxylum piperitum*), 개웃나무(*Rhus trichocarpa*), 노간주나무(*Juniperus rigida*), 진달래(*R. mucronulatum*) 등의 교목 또는 관목류와 망초(*Erigeron canadensis*), 산겨이삭(*Agrostis clavata*), 2종의 사초속(*Carex* spp.), 노루발풀(*Pyrola japonica*) 등 다년생 또는 일년생 초본류로 구성되어 있었으며 이들 하층식생 중에서 교목 또는 관목류는 50cm 이하의 수고로 종자에서 발아된 유년목 들이었다. 또한 조사지의 하층식생 점유율을 비교하면 초본류가 교목 또는 관목류에 비하여 높은 비율을 보였으며 특히 사초속 초본류가 방형구의 80곳(28개 방형구에서는 2종이 공존)에 분포하여 가장 높은 점유율을 보였다. 간성지역의 경우에는 봉화지역에 비하여 하층식생을 구성하는 식물종의 수가 적었으며 신갈나무(*Q. mongolica*), 큰용담(*Gentiana axillariflora*), 도라지(*Platycodon grandiflorum*), 싸리나무(*L. bicolor*), 산겨이삭(*Agrostis clavata*), 그리고 1종의 사초속으로 구성되어 있었다. 이 조사지에서도 1종의 사초속의 점유율이 가장 높았으나 종자에서 발아한 수고 10cm 이

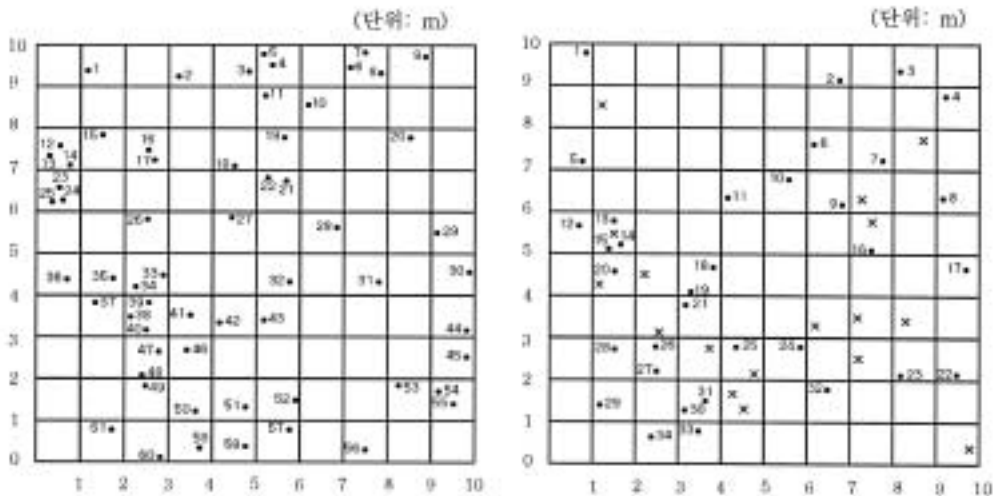


Fig. 2. Tree distribution patterns in Ponghwa and Gansung investigation sites. Number indicates alive pine tree and × denotes dead tree.

하의 신갈나무 묘가 30개의 방형구에 분포하고 있어 비교적 다른 하층식생에 비하여 높은 비율을 차지하였다.

한편 저온 건조시기인 11월의 토양 및 낙엽층에서의 송이균사밀도를 조사 결과 봉화지역보다 토양수분 함량이 비교적 낮은 경향을 보인 간성지역 조사지에서 하층식생 중에서 비교적 높은 점유율을 보인 사초속(*Carex*)의 근권부에서 송이균사의 밀도가 매우 높은 것이 관찰되었다. 이와 같은 조사 결과를 비교하여 보면 봉화의 경우에는 소나무의 수고가 높은 반면 흉고직경이 작고 간성지역의 경우에는 수고는 낮은 반면 흉고직경이 큰 경향을 나타냈다. 이와 같은 임분구조는 봉화지역이 간성지역에 비하여 비교적 임목밀도가 높기 때문에 나타난 결과로 판단된다 (Fig. 2).

일반적으로 송이발생은 식물 조직이 파악되지 않는 Oa층의 두께가 두꺼울수록 송이균사가 유기물층 아래에 존재할지라도 상대적으로 송이발생비율은 급격하게 저감하는 것으로 알려져 있다. 송이균사가 존재하는 유기물층은 적송 낙엽이 거의 분해되지 않은 적송낙엽과 낙지로 구성된 Oi층과 분해작용이 진행되어 적송낙엽 유체는 파괴되었으나 식물 조직이 파악되는 Oe층, 그리고 육안으로는 조직이 파악되지 않는 Oa층으로 구성되어 있었다. 한편 이러한 유기물층 중 분해가 진행된 Oe층과 Oa층은 적송낙엽의 집적특성에 따라 지표면과 수평하게 다층 판상(Multiple Platy)구조로 구성되어 있었다.

그리고 각각의 방형구내 Oi, Oe, Oa층은 경사도에 따라 다양의 깊이로 분포하고 있었다. 경북 봉화지역의 경우 조사지점 상부 3열은 Oi층이 약 0.5 cm 이내인 반면 Oe층은 0.5 cm 내지 2.5 cm 그리고 Oa층은 0.9 cm 내지 3.7 cm로 대부분 Oa층이 Oe층보다 두껍게 층을 형성하는 것으로 조사되었다. 그리고 경사도가 증가되는 경향을 보이는 3열 이하에서는 하층부로

이동되어 감에 따라 Oe층의 두께가 Oi층보다 두꺼운 것으로 조사되었다. 3열 이하에서의 Oe층의 최대 두께는 1.3 cm 내지 3.7 cm였으나 Oa층의 두께는 최대 0.5 cm 내지 2.1 cm로 조사되었다. 그리고 적송으로부터 멀어질수록 Oe층은 감소하고 Oa층이 증가하는 것으로 조사되었다. 강원 간성의 유기물층의 분포특성도 경북 봉화와 같이 Oi, Oe, Oa층이 대부분 존재하며 경사도가 낮은 지점에서는 Oa층이 그리고 경사도가 높은 지점에서는 Oa층보다는 Oe층이 주로 발달된 것으로 조사되었다. 그리고 Oe층과 Oa층의 총 깊이는 경사도가 증가할수록 감소하는 경향을 보여주었으며 유기물이 집적되어 형성한 층은 유기물 퇴적층 하부보다는 상부에서 층의 구분이 뚜렷하였으며 조사된 층수는 최고 5층 정도로 조사되었다 (Fig. 3).

한편 방형구내 Oi층은 최대 0.5 cm 정도이고 Oe층은 0.3 cm 내지 3.2 cm Oa층은 0.5 cm 내지 2.9 cm 정도의 분포를 이루고 있었다. 그리고 이전에 송이가 발생하였던 지역이나 현재 송이균사가 육안으로 발견되는 지점에서는 Oa층이 송이균사가 발견되지 않거나 송이가 발생하지 않았던 지점보다 Oa층의 두께가 2배 정도 두껍게 존재하는 것으로 조사되었다. 한편 송이균사가 다량으로 존재하는 지점의 Oe층 표면에 조류가 발견되었다. Edmonds(1980)와 Morrison(1974)은 중습성(mesic)의 수분을 가진 유기물층에서는 조류가 형성되기 쉬우며 또한 적송낙엽의 분해 속도가 수분함량이 낮으며 지표면에 직접 노출된 L층에서도 분해율이 높다고 하였다. 따라서 Oe층과 Oa층의 형성은 토양미생물의 활동이 Oi층보다는 Oe층과 Oa층에서 활발한 것으로 추정된다.

토층발달 특성을 유기물층 아래 토양으로부터 C층 또는 직경이 5 cm 이상인 석력(石礫)으로 구성된 층이 나타날 때까지 조사한 결과 토심의 깊이는 경북 봉화와 강원도 간성조사 지역 모두 최대 30 cm 이내

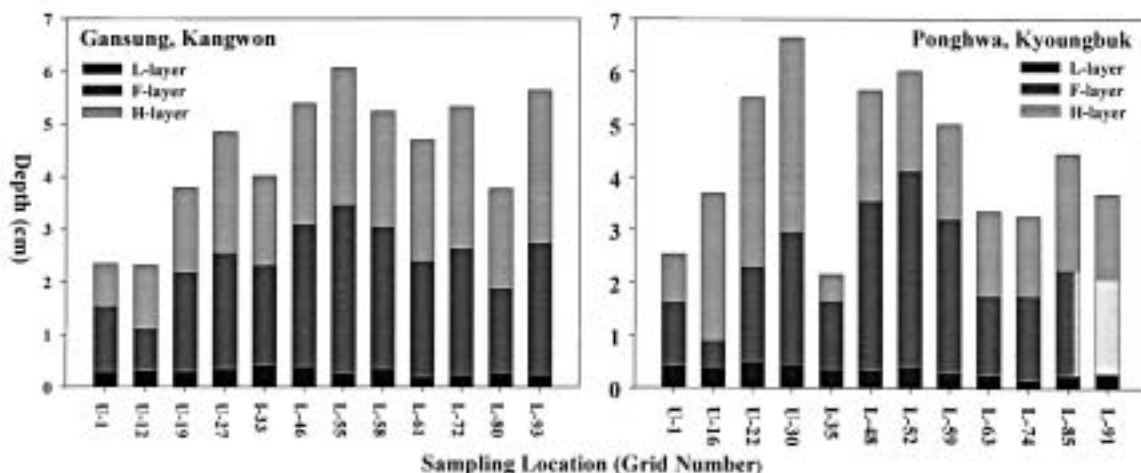


Fig. 3. Distribution patterns of organic layers observed at investigation sites of Gansung and Ponghwa.

로 조사되었다. 그러나 토심의 경우도 2 mm 이상의 소력(小礫, 자갈)이 다량 포함되어 있었다. 각각의 조사지내 구역의 석력 특성을 살펴보면 지표면으로부터 5 cm 깊이로 15 cm 까지 조사한 결과 경북 봉화지역은 자갈 대 토양의 비율이 평균 약 30:70이며 강원 간성은 47:53 정도로로 경북 봉화 조사지점의 토양입자에 해당하는 비율이 약 17 % 정도 높은 반면 간성지역은 자갈(Gravel)에 해당하는 비율이 약 17 % 정도

높은 것으로 조사되었다 (Table 1). 그리고 2 mm 크기 이하의 토양 입경비율은 분포를 기준 시 점토에 해당하는 입자의 비율을 전체 토양무게의 5 % 내지 8.2 % 정도였다. 경북 봉화 지역은 경사도가 5° 이하인 격자에서 A층은 1 cm 이내이나 경사도가 4° 이하인 방형구에서는 A층은 거의 생성되지 않은 것으로 조사되었다. 그리고 강원 간성 지역도 경북 봉화와 유사한 특성을 보여주고 있으나 적송 하부의 직경

Table 1. Distribution and average of gravel and soil particles in the top 30 cm depth from the soil surface. Inside the parenthesis indicates average of investigations.

Particle distribution (%)	Depth (cm)						
	0-10		10-20		20-30		
	Ponghwa	Gansung	Ponghwa	Gansung	Ponghwa	Gansung	
Gravel	≥ 4.75	2.57~13.12 (6.94)	16.24~25.24 (12.73)	6.54~11.99 (8.62)	13.24~19.05 (17.34)	8.34~12.28 (10.56)	18.44~26.53 (22.42)
	4.75~3.35	3.48~10.65 (9.54)	6.99~15.66 (11.05)	8.62~14.51 (11.34)	9.84~18.44 (15.65)	11.26~15.74 (13.96)	8.25~13.15 (10.29)
	3.35~2.0	8.94~22.34 (27.20)	12.34~19.31 (16.27)	9.01~19.44 (15.50)	3.86~12.15 (8.57)	12.11~16.04 (14.24)	10.79~16.01 (13.48)
	Total	43.68	40.05	35.46	41.56	38.76	46.19
Soil particles	2.0~1.0	13.69~26.34 (21.40)	13.88~26.14 (18.52)	27.55~31.64 (28.12)	20.66~28.34 (25.55)	23.34~27.89 (26.45)	18.44~27.42 (24.12)
	1.0~0.5	11.63~18.34 (18.50)	10.66~18.42 (20.78)	20.66~29.18 (25.42)	13.18~19.36 (16.24)	24.56~29.77 (27.15)	17.28~23.59 (19.45)
	0.5 ≥	15.24~28.41 (16.42)	16.52~26.24 (20.65)	7.24~16.65 (11.05)	13.03~18.41 (16.35)	5.94~9.18 (7.64)	7.77~12.76 (10.24)
	Total	69.32	59.95	65.54	58.44	61.24	53.81

() average of investigation

Table 2. Chemical properties of soils collected from pine mushroom growing area located in Ponghwa.

Sampling Location	pH	EC	Ca	K	Mg	Na	Fe	
								dS m ⁻¹
E layer	5.08	0.23	1.88	8.75	0.95	7.50	16.56	
Soil Surface of Pine mushroom grown spot (A-1)	4.71	0.36	3.75	21.03	4.83	18.31	52.96	
Above the small pine tree(A-1)	4.97	0.24	1.80	6.18	1.00	8.36	9.63	
Under the small pine tree(A-1)	5.17	0.32	2.85	16.84	1.15	10.39	18.56	
Below the small pine tree (A-1)	4.84	0.26	1.38	18.02	0.47	8.39	31.62	
Under the small pine tree(A-2)	4.98	0.23	0.02	7.83	0.47	6.60	15.84	
Below the small pine tree (A-2)	4.98	0.20	1.48	9.63	0.90	8.40	12.51	
Above the small pine tree(A-3)	4.73	0.32	3.59	26.45	1.59	10.44	13.66	
Under the small pine tree(A-3)	4.77	0.29	1.97	21.09	1.09	8.13	14.23	
Below the small pine tree (A-3)	5.01	0.24	1.35	10.70	1.64	6.69	33.64	
Other pine tree growing areas								
	1	5.00	0.28	3.02	14.78	1.96	8.51	22.79
	2	4.84	0.27	2.42	16.05	1.21	15.41	26.60
	3	4.83	0.40	6.03	21.40	1.72	9.20	13.89
	4	4.49	0.32	3.12	17.31	1.07	8.75	29.55
	5	4.55	0.32	3.81	15.14	1.46	7.79	26.96
	6	4.96	0.25	2.96	17.17	1.86	10.31	38.29
None	4.92	0.27	2.28	8.56	1.26	12.57	15.63	
Average	4.87	0.28	2.57	15.11	1.45	9.75	23.09	
STDEV	0.18	0.05	1.34	5.73	0.97	3.10	11.43	

이 20 cm 이상인 구역에서는 A층의 두께가 최고 2cm 정도로 조사되었다. 그리고 A층의 깊이를 H층의 발달 깊이와 비교한 결과 H층의 두께가 1cm로 형성된 층에서 A층의 깊이가 증가됨을 알 수 있었다. 이는 적송 낙엽의 C/N비가 143 ± 2.51 정도로 매우 높아 유기물의 분해정도가 낮을 뿐만 아니라 (Sanchez, 2001) 수용성 유기물의 분자량이 매우 크고 복합화합물로 구성되어 유기물의 이동성이 매우 낮은 보고하였다 (Cole et al. 1995, David et al. 1989, David et al., 1988, Berget al., 1982, Berg and Agren, 1984). 또한 송이자생지 입반에 가해지는 수간수량이 매우 적어 적송 낙엽의 부식화 과정에서 발생하는 수용성 유기물의 토양내 이동이 매우 제한되어 A층의 발달은 매우 미약한 것으로 추정된다.

Table 2는 경북 봉화지역에서 송이균사가 육안으로 확인되는 지역의 소나무 상부, 바로 및 하부 3지점에

서 채취한 토양과 송이가 전혀 자라지 않았던 지역의 토양시료를 대상으로 하여 화학성과 이온분포 특성을 조사한 것이다. 조사된 지점의 pH는 송이가 자랐던 결과와 상관없이 대부분 pH가 5 이하로 강산성으로 조사되었으며 전기전도도는 조사된 지점 모두 0.4 dS/m 이하로 조사되었다. 이는 Table 1에서 조사된 바와 같이 양분을 보유하는 점토 함량이 매우 낮은 것에 기인하는 것으로 추정된다. 그리고 토양에 존재하는 양이온의 분포 특성을 살펴보면 양이온의 분포는 Fe, K, Na, Ca, Mg 순이었다. 그리고 토양내 존재하는 성분을 비교하여 본 결과 송이가 자랐던 방형구내 Fe 함량은 52.96 mg kg^{-1} 인 반면 그 외의 방형구내 Fe 함량은 $9.63 \sim 38.29 \text{ mg kg}^{-1}$ 로 조사되어 송이 발생지 토양의 철분 함량이 매우 높은 것으로 조사되었다.

간성 송이발생지 토양의 pH는 봉화와 마찬가지로

Table 3. Chemical properties of soils collected from the rectangle sections harvested a pine mushroom at the investigation area located in Gansung.

Sampling Location	pH	EC	Na	K	Ca	Mg	Fe
		dS m ⁻¹	----- mg kg ⁻¹ -----				
1	4.74	0.36	18.34	27.30	2.08	3.02	33.09
2*	4.91	0.32	35.42	93.53	1.32	6.72	153.64
3	4.59	0.70	13.47	65.15	12.22	7.14	33.44
4	4.42	0.81	8.20	40.14	3.84	4.51	52.61
6*	4.20	0.46	13.85	59.69	2.45	6.22	138.67
9	4.65	0.52	13.29	38.94	3.50	3.55	50.66
11*	4.62	0.39	17.03	80.45	1.75	6.18	148.26
12	4.54	0.52	15.85	45.31	3.72	4.21	78.73
13*	4.62	0.42	3.78	35.34	0.24	3.54	93.93
14*	4.69	0.24	4.11	66.06	0.00	5.55	133.86
16*	4.89	0.27	3.05	36.40	0.61	3.57	97.19
17*	4.83	0.26	2.14	38.19	4.51	5.97	87.29
19	4.69	0.47	11.99	36.83	1.10	3.84	64.92
20	4.58	0.34	20.23	40.47	6.55	3.95	54.01
35	4.85	0.38	7.80	16.76	2.19	0.89	19.22
36	4.85	0.31	11.40	35.60	2.51	4.43	80.93
38*	4.77	0.37	10.86	41.18	2.71	3.97	62.57
40	4.66	0.38	11.43	25.74	2.39	2.53	32.06
41	4.39	0.41	15.83	29.77	2.50	3.13	43.14
43	4.76	0.37	10.62	21.57	2.02	2.16	34.13
52	4.41	0.35	14.60	61.05	2.68	3.78	70.43
53	4.73	0.39	14.75	69.19	1.97	4.03	42.30
55	4.36	0.47	13.27	52.99	3.44	4.57	73.29
79	4.67	0.49	12.76	76.22	7.57	5.95	44.96
82	4.74	0.49	14.20	80.01	3.44	4.65	70.72
85*	4.45	0.85	21.69	90.85	9.31	7.10	82.64
86*	4.70	0.60	17.20	96.25	5.09	6.40	82.92
88*	4.44	0.49	13.91	88.64	3.97	5.68	91.84
Average	4.63	0.44	13.25	53.21	3.42	4.54	73.27
STDEV	0.17	0.15	6.69	24.23	2.76	1.59	36.88

* 최근 2년 이내 송지 채취지 또는 발생지

강산성으로 조사되었으며 평균 EC는 0.44 dS m⁻¹로 일반 농경지나 토양보다 낮은 것으로 조사되었다 (Table 3). 그리고 토양에 존재하는 양이온의 분포 특성을 살펴보면 양이온의 분포는 Fe, K, Na, Mg, Ca 순으로 봉화의 Fe, K, Na, Ca, Mg와는 다른 경향을 보이는데 이는 두 지역의 토양모재, 유기물 층의 깊이, 그리고 강우사상에 따른 용탈 특성 차이에 기인한 것으로 추정된다. 그리고 방형구 토양내 존재하는 이온특성을 비교하여 보면 최근 2년 이내에 송이를 채취하거나 발생한 방형구내의 (*표시 방형구) Fe 함량이 이온이 80 mg kg⁻¹ 이상으로 평균치 73.27mg kg⁻¹보다 높은 것으로 조사되었다. 따라서 양 지역의 지난 5년간 송이 수확 현황을 비교하면 강원 간성 지역의 송이 수확량이 다소 높은 것으로 조사되었으며 또한 2005년에 실시한 조사지내 송이균사분포 조사 결과도 강원 간성 지역이 다소 많은 것으로 조사되었다. 따라서 이러한 결과를 근거로 추론 시 송이균사와 송이 발생은 토양내 철분 함량과 관계가 높을 것으로 판단된다.

봉화와 강원 간성 조사지역의 조사지내 방형구간별

로 유기물 층의 총 깊이는 경북 봉화의 경우 최저 2.1 cm에서 최고 6.7 cm 그리고 강원 간성의 경우 2.3 cm에서 6.2 cm로 이며 유기물층에 해당하는 Oe와 Oa층은 적송엽의 축적과 분해 특성에 따라 다층 구조를 이루고 있다. 이러한 송이발생지에서 Double ring infiltrometer를 가지고 조사한 토양의 수분침투력 (Infiltration rate)은 O층의 두께가 10 mm 이하인 경우 경북 봉화는 157~253 cm hr⁻¹, 간성은 201~317 cm hr⁻¹, 유기물층의 두께가 10~25 mm인 방형구에서는 경우 68~118 cm hr⁻¹과 118~228 cm hr⁻¹, 그리고 Oi, Oe, Oa, 을 모두 가지고 있으며 두께가 65 mm 이상의 유기물층 방형구에서는 수분침투속도가 급격히 감소하여 경북 봉화는 1.7~8.2 cm hr⁻¹, 그리고 간성은 1.4~9.1 cm hr⁻¹로 조사되었다 (Table 4). 그리고 Oa층의 두께와 층수가 증가할수록 수분침투력은 급격히 감소하는 것으로 조사되었다.

그리고 이와 같이 지표면에 다양한 두께의 유기물 층으로 구성된 토양의 수분포텐셜을 조사한 결과 0~10 cm 깊이의 토양은 매트릭수분포텐셜이 0.3 bar에서 15 bar로 증가함에 따라 자갈함량이 높은 강원 간

Table 4. Steady state infiltration rates measured at the rectangles at Ponghwa and Gansung, Kyungbuk and Kangwon, respectively.

Location	Ponghwa					Gansung					
	< 10	10~25	25~40	40~65	> 65	< 10	10~25	25~40	40~65	> 65	
Thickness of O layer (mm)											
Number of Rectangle	8	19	39	25	9	16	21	41	16	6	
Infiltration Rate (cm hr ⁻¹)	Range	157~253	68~118	31.5~52.4	12.6~22.8	1.7~8.2	201~317	118~228	41~64	8.6~19.6	1.4~9.1
	Avg.	178.8	59.4	36.2	15.7	4.8	255.4	159.2	51.4	10.6	4.8
	Stdv	32.1	26.4	10.6	3.6	1.2	64.2	36.4	15.8	3.2	1.1
Number of Rectangle	L	L, F		L, F, H		L	L, F		L, F, H		

Stdv : Standard deviation, L, F, H : Layer symbol of organic horizon

Table 5. Moisture contents measured under matric potential ranging from 0.3 bar to 15 bar for three depths of soil collected at Ponghwa and Gansung.

Category	Depth (cm)	Location	Soil water potential ($\theta \nu$ bar ⁻¹)				
			0.3	1	5	10	15
0-10	Ponghwa		16.2~21.4 (18.8, 3.63)	14.6~17.2 (15.9, 1.89)	10.8~13.1 (12.6, 1.77)	7.5~11.2 (9.12, 2.45)	7.2~9.4 (8.15, 1.48)
		Gansung	14.3~20.6 (17.5, 4.45)	13.1~16.6 (14.5, 2.38)	9.9~12.6 (10.9, 1.84)	7.5~10.8 (8.9, 2.18)	6.9~8.8 (7.2, 1.28)
10-20	Ponghwa		13.4~18.9 (15.8, 3.81)	11.8~15.4 (9.52, 1.42)	8.7~10.8 (9.91, 1.89)	6.9~9.7 (8.31, 1.78)	6.3~7.9 (7.14, 1.29)
		Gansung	12.8~17.8 (15.3, 3.15)	11.6~14.9 (13.5, 2.48)	8.6~9.8 (9.24, 0.85)	6.6~9.4 (8.01, 1.86)	6.1~7.1 (6.8, 0.71)
20-30	Ponghwa		10.6~12.4 (11.5, 1.24)	9.2~9.5 (9.34, 0.38)	7.4~7.9 (7.68, 0.35)	6.2~6.5 (6.35, 0.48)	18.8~6.2 (6.01, 0.64)
		Gansung	10.8~11.9 (11.4, 0.78)	8.6~9.8 (9.24, 0.91)	7.3~7.8 (7.43, 0.67)	6.1~6.7 (6.31, 0.59)	5.5~6.0 (5.72, 0.37)

() Left value means average of total rectangles and right one means standard deviation for their ones.

성의 방형구의 평균 부피수분함량은 17.5 %에서 7.2 %로 감소하여 경북 봉화의 경우 18.8 %에서 8.15 %보다 낮은 수분보유력을 가지고 있는 것으로 조사되었다. 그리고 깊이가 10~20 cm, 그리고 20~30 cm 깊어짐에 따라 0.3 bar에서는 약 15 %, 11 %로 감소하는 경향을 보여주었다. 그리고 조사 방형구 전체의 식물가용 유효수분함량은 0~10 cm 깊이에서는 약 10 %, 10~20 cm 깊이는 8.66, 8.5 %, 그리고 20~30 cm 깊이에서는 5.49 %와 5.68 %로 토양의 깊이가 깊어짐에 따라 식물가용 유효수분함량은 급격히 감소하는 것으로 조사되었다 (Table 5). 이는 토양의 깊이가 깊어짐에 따라 상대적 자갈함량이 증가할 뿐 아니라 자갈의 입경도 크기도 증가하고 또한 O층의 유기물 이동이 지표면 5 cm 이내로 한정되어 상대적 수분보유력이 낮은 것에 기인하는 것으로 추정한다.

적 요

본 연구는 2005년에 송이가 자생하고 있는 지역으로 상대적으로 비교가 되는 기후특성을 가지고 있으며 최북단과 최남단 지역인 경북 봉화와 강원 간성지역 토양의 이화학특성을 조사한 것이다. 송이균사는 임목밀도와 유기물층 하부의 토양수분함량이 상대적으로 높은 봉화지역에서 발생비율이 높았다. 그리고 토양수분함량은 유기물 두께가 증가할수록 토양내 수분함량도 증가하는 것으로 조사되었다. 따라서 송이균사의 발생과 발생밀도는 토양수분과 밀접한 관련이 있음을 알 수 있다. 한편 토양내 성분을 조사한 결과 송이가 발생한 지점의 철(iron) 이온의 함량이 미 발생지점보다 높았다. 그리고 철이온의 함량이 높은 지점에서 자갈의 비율은 송이균사가 존재하지 않는 지점보다는 상대적으로 낮았다. 이는 토양내 점토 함량이 높을수록 점토입자 표면에 흡착된 철이온의 용탈이 감소된 것으로 추정된다. 결론적으로 송이균사의 존재는 토양수분과 균사가 존재하는 토양내 수분함량과 철이온의 농도에 의해 결정되는 것으로 추정할 수 있다.

사 사

이 논문은 과학기술부 지원으로 수행하는 특정기초 연구사업(R01-2005-000-11168-0) 으로 수행되었습니다.

참 고 문 헌

김영배, 김동수, 박용환, 신관철. 1975. 한국의 송이 발생지 분포 및 발생환경에 관한 실태조사. 농시연보 17(토양비

- 료, 작물보호, 균이편) : 109- 114.
 변병호. 1973. 송이 생태 및 인공증식에 관한 연구. 산림청 임업시험장 시험연구보고서 503- 512.
 김창호. 1984. 송이균(*Tricholoma matsutake*)의 배양환경에 대한 증식반응에 관한 연구. 한국임학회지 64 : 33-41.
 강안석, 김양섭, 차동열. 1987. 송이 인공재배에 관한 시험. 농촌진흥청 농업기술연구소 시험연구보고서(생물부편). 623- 628.
 조덕현, 이경준. 1995. 29개 지역의 10년간 송이 발생립의 기상인자와 송이발생량과의 관계. 한국임학회지. 84:277-285.
 허태철, 박현, 주성현. 1999. 송이균환에서의 근계 동태. 한국임학회지. 88:454-461.
 小川 眞. 1991. マツタケの生物學. 補訂版. 東京, 築地書館. 333pp.
 Berg, B., and G.I. Agren. 1984. Decomposition of needle litter and it's organic chemical components: theory and field experiments. Longterm decomposition in a Scots pine forest. III. *Can. J. Bot.* 62:2880-2888.
 Berg, B., K. Hannus, T. Popoff, and O. Theander. 1982b. Changes in organic chemical components of needle litter during decomposition. Long term decomposition in a Scots pine forest. I. *Can. J. Bot.* 60:1310-1319.
 Cole, D.W., J.E. Compton, R.L. Edmonds, P.S. Homann and H. Van Migroet. 1995. Comparison of carbon accumulation in Douglas-fir and red alder forests. In *Carbon Forms and Functions in Forest Soils*. Eds. W.W. McFee and J.M. Kelly. Soil Sci. Soc. America, Madison, WI, pp 527-546.
 David L. and Haines, Bruce L. 1988. Litter decomposition in southern Appalachian black locust and pine-hardwood stands: litter quality and nitrogen dynamics *Can. J. Res.* Vol. 18, 1988. Pages 54 - 63.
 Edmonds, R.L. 1980. Litter decomposition and nutrient release in Douglas-fir, red alder, western hemlock, and Pacific silver fir ecosystems in western Washington. *Can. J. For. Res.* 10: 327-337.
 Ian K. Morrison. 2003. Decomposition and element release from confined jack pine needle litter on and in the feathermoss layer. *Can. J. For. Res.* 33(1): 16-22
 Lee, T. S. 1983. Survey on the environmental conditions at the habitat of *Tricholoma matsutake* in Korea. *J. Kor. Wood Sci. and Technology.* 11(6):37-44.
 Morrison, J.K.: 1974, 'Mineral nutrition of conifers with special reference to nutrient status interpretations:A review of literature', Publ. No. 1343, Can. For. Serv., Ottawa, Ontario, 74 pp.
 Ogawa, M. 1977. Microbial ecology of mycorrhizal fungus, *Tricholoma matsutake* (S. Ito et Imai) Sing in Pine Forest III. Fungal flora in shiro soil and on the mycorrhiza. *Bulletin of the Government Forest Experiment Station no. 293.* Tokyo, Japan.
 Sanchez, Felipe G. 2001. Loblolly pine needle decomposition and nutrient dynamics as affected by irrigation, fertilization, and substrate quality. *Forest Ecology and Management.* 152: 85-96