

송이생산지 보전 및 복원을 위한 소나무군락의 식생구조 분석^{1a}

- 강원도 양양군 송이발생지역을 중심으로 -

김정호² · 최송현^{3*} · 조우⁴ · 성찬용⁵

Vegetation Structure of *Pinus densiflora* Community for Conservation and Restoration of *Tricholoma matsutake*^{1a}

- Pine Mushroom Appearance Area in Yangyang-gun, Kangwon-do -

Jeong-Ho Kim², Song-Hyun Choi^{3*}, Woo Cho⁴, Chan-Yong Sung⁵

요약

본 연구는 도로건설이 송이생산지에 미치는 영향을 최소화하기 위해 강원도 양양군내 신설 예정인 고속도로 건설지 주변의 송이생산 소나무군락의 식생구조를 분석하여 보전 및 복원의 기초자료로 활용하고자 하였다. 고속도로 건설예정지의 영향권과 송이생산량을 고려하여 도로 주변에 총 20개 조사구를 설정하여 Classification기법중의 하나인 TWINSpan을 이용하여 군락을 분리한 결과, 소나무군락(군락 I, II), 소나무-굴참나무군락(군락 III), 소나무-낙엽활엽수군락(군락 IV)의 4개 군락으로 최종 분리되었다. 군락별 종다양도는 1.7353±0.0341~1.9079±0.2471의 범위이었으며 종수는 평균 9.2±2.8, 교목층 출현 평균개체수는 9.6±5.0개체이었다. 식생밀도는 100m²당 4~29주(평균 9.55주), 평균상대공간지수는 35%이하이었으며 평균수령은 38±8.34년생이었으며 토양은 A₀층의 깊이가 4~6cm, 토양산도는 4.70~5.63(평균 5.29) 송이 생육에 적절한 수준이었다. 송이는 소나무와 공생의 관계로 소나무군락의 식생구조와 매우 밀접한 관계를 가지고 있으므로 생태적 관리방안으로 적정밀도 조절, 아교목층과 관목층의 밀도조절, 교목층 낙엽활엽수의 제거 등을 제안하였다. 향후 도로건설시 송이생산지역내 관통도로를 최소화하고 송이생산지내 및 인근지역을 관통할 경우 숲내부 천이 및 식생구조 변화가 발생하지 않도록 생태적 관리 및 복원조치가 필요할 것이다.

주요어: 보전, 식생밀도, 상대공간지수, 토양산도

ABSTRACT

Korea Expressway Corporation have a plan to make a new highway from East Hongcheon to Yanayang in Kangwon-do(province). This research was conducted to analyze a vegetation structure of japanese red pine forest and to prepare conservation and restoration basic information for minimizing the effects on pine mushroom producing by road construction. Considering the range of effects by road construction, twenty plots were set up near road construction reserved area, and surveyed. The result analyzed by TWINSpan, one of the classification technique, showed that the communities were divided into four groups which are two *Pinus*

1 접수 2012년 6월 5일, 수정(1차: 2012년 8월 29일, 2차: 2012년 10월 23일), 게재확정 2012년 10월 24일

Received 5 June 2012; Revised(1st: 29 August 2012, 2nd: 23 October 2012); Accepted 24 October 2012

2 건국대학교 자연과학대학 College of Natural Science, Konkuk Unvi., Chungju(380-701), Korea(klab003@gmail.com)

3 부산대학교 조경학과 Dept. of Landscape Architecture, Pusan Nat'l Univ., Miryang(627-706), Korea(songchoi@pusan.ac.kr)

4 상지대학교 관광학부 Dept. of Tourism Development, Sangji Univ., Wonju(220-702), Korea(woocho@sangji.ac.kr)

5 계명대학교환경계획학과 Dept. of Environmental Planning, Keimyung Univ., Daegu(704-701), Korea(cysungg@kmu.ac.kr)

a 본 논문은 한국도로공사 전문조사 지원비에 의해 연구되었음.

* 교신저자 Corresponding author(songchoi@pusan.ac.kr)

densiflora community, *Pinus densiflora-Quercus variabilis* community and *Pinus densiflora*-Deciduous broad leaves forest community(IV). Species diversity index of each community ranged from 1.7353 ± 0.0341 to 1.9079 ± 0.2471 , and the average number of species was 9.2 ± 2.8 , especially 9.6 ± 5.0 at canopy layer in the unit area(100 m^2). The number of individuals ranged from 4 to 29 and average 9.55 in the unit area(100 m^2). The average RSI(relative space index) was below 35%, the average estimated age of the forest was 38 ± 8.34 years. The depth of A_0 layer of soil was 4~6cm and the range of soil acidity was pH4.70~5.63(average pH 5.29). Pine mushroom and Japanes red pine have a close symbiosis relation. Therefore it is needed that minimizing the road construction which goes through the pine mushroom producing area. If a road goes through a pine mushroom producing area, restoration measurement is prepared to prevent forest from rapid change such as succession or vegetation structure.

KEY WORDS: CONSERVATION, VEGETATION DENSITY, RELATIVE SPACE INDEX, SOIL pH

서론

과거 송이는 우리나라 전역에서 분포하는 소나무군락에서 고르게 발생한 것으로 보이지만, 최근에는 백두대간을 중심으로 발생하고 있다. 1970년대 초반에는 경기도 가평군과 광주군, 충청남도 예산군, 전라남도 담양군과 화평군 등지에서도 송이의 수매가 이루어졌지만, 현재 이 지역에서 송이의 생산 및 수매는 사라진 상태이다. 최근 송이 생산량을 살펴보면, 경상북도가 전국 생산량의 약 65% 이상을 차지하고 강원도가 약 25%를 차지하여 이 두지역의 송이생산량이 전국 대비 약 90% 이상을 차지하고 있다. 특히, 경상북도 봉화군과 강원도 양양군이 대표적 송이 생산지이다. 송이는 소나무림 중에서도 적합한 입지환경, 숲의 구조, 기후적 특성에 따라 발생여부가 결정되는 것으로 알려져 있는데, Koo *et al.*(2000)는 송이와 소나무는 단순한 공생이나 기생이기 보다는 소나무의 뿌리생장에 따라 변화하는 다이나믹한 외생균근 공생관계라고 밝혔다. 송이는 지형구조(Hur and Joo, 2002), 토양조건(Park *et al.*, 1999; Lee, 1983; Hur and Joo, 2002), 식생밀도 및 구조(Lee *et al.*, 2002; Ogawa, 1981; Lee *et al.*, 1983; Koo *et al.*, 2004), 기후구조(Ogawa, 1991; Tominaga, 1991; Jo and Lee, 1995; Park *et al.*, 1995) 등이 발생 및 생산에 큰 영향을 미치는 것으로 보고되고 있다. 특히 식생구조가 송이발생 및 생산에 미치는 연구에서 Ogawa(1981)은 송이가 소나무림의 수령이 15~30년에 형성되고 40~60년에 최성기를 맞이하며 60~80년에 소실된다고 하였고 관리를 위한 송이생산 증식을 위해서는 수령 30년생미만, 밀도는 ha당 3,000주를 제안하였다. 소나무의 수령에 따른 적정 밀도에서, 수령 15~20년생은 20~30주/100m², 30~40년생은 12~15주/100m², 50년생 이상은 5~8주/100m²로 알려져 있다. 국내에서는 Lee

et al.(1983), Koo *et al.*(2004), Hur and Joo(2002), Lee *et al.*(2002), Han *et al.*(2011) 등에 의해 연구가 수행되었으며, Lee(1983)은 소나무 순림 혹은 타 수종이 혼효율이 10% 미만인 소나무림에서 상층목 피복도가 50~80% 수준이면서 하층식생 밀도가 30%이하인 지역이 송이생산에 최적이라고 제시하였으며 Koo *et al.*(1993)는 소나무군락내 분포하는 식물중 철쭉류, 진달래, 쇠물푸레, 노간주나무, 꽃머느리밥풀 등이 주요 식별종이라고 하였다. Lee *et al.*(2002)은 송이생산지역내 소나무림의 식생구조를 제시하였으며 Han *et al.*(2011)은 송이발생 및 생산관리를 위한 비오톱지도 작성방안에 대한 연구를 제시하였다. 그러나 최근 국내 송이발생지역내 소나무군락에 대한 구체적 식생구조가 제시된 연구가 매우 드물어 송이생산 보전 및 증진을 위한 복원방안 마련에 어려움이 있다.

송이에 대한 연구 경향이 국내·외 연구자들을 중심으로 다소 이루어지고 있지만, 송이 발생량과 발생지역이 지속적 감소가 되는 이유는 산불피해, 해충피해, 숲의 천이, 기후환경 변화, 인위적 훼손 등으로 요약할 수 있다(Korea Forest Service, 2008). 송이는 기존 연구에서도 확인되었듯이 강수량, 숲내부의 온도 및 습도, 토양구조 등에 많은 영향을 받으므로 숲의 천이에 의한 숲내부 환경의 변화와 더불어 최근 개발에 의한 소나무림의 훼손과 인위적 숲내부 환경변화 등이 송이발생 및 생산의 감소의 주요 원인이므로 개발에 의한 직접적 훼손 뿐만아니라 개발에 의한 기상변화에 의해 발생할 수 있는 이차적 훼손 또한 고려해야 한다. 특히 도로개발은 선형의 개발로 인해 넓은 훼손면적과 더불어 도로 주변의 숲속 내부 기상 및 식생의 변화를 동반한다(Kim, 2000). 도로건설이 송이생산이 되는 소나무군락에 미칠 영향을 종합해 보면, 교량에 의한 주변의 일조감소, 대기오염의 물질 확산, 절성도에 의한 군락의 훼손, 숲내부

기상구조 변화 등이다. 특히 소나무군락지내 관통하는 도로 건설은 식생의 훼손과 더불어 숲 내부의 광량유입을 증가시킬 수 있다. 이는 숲내부의 기류, 습도, 온도 등의 변화를 야기시킬 수 있으므로 이에 대한 적절한 대응이 필요하다.

연구대상지로 선정된 동홍천~양양간 고속도로구간은 강원도 홍천군 화천면 외삼리를 시점으로 강원도 양양군 서면 북평리까지 총 연장길이 72.61km이며 2003년 실시설계를 착수하여 자연생태계가 양호한 강원도 및 백두대간을 통과한 환경문제를 해결하고자 사회적 합의를 거쳐 2008년 5월에 환경영향평가 협의를 완료한 지역이며 아울러 우리나라에서 가장 생태계가 양호한 구간을 통과하는 노선중의 하나로 환경친화적 고속도로 건설을 위해 환경단체, 지역주민, 정부와의 협의와 논의를 거쳐 환경보전대책이 반영된 구간으로 생태계의 보전과 더불어 국내 최대 송이생산지역내 건설되는 도로로서의 송이생산에 미치는 지사체 및 지역주민의 관심이 매우 높은 지역이다.

이에 본 연구에서는 고속도로 건설구간 중 송이생산지인 강원도 양양군구간을 대상으로 도로 주변 송이발생 소나무군락의 식생구조를 조사하여 송이발생 소나무군락의 식생구조 및 향후 개발에 따른 훼손 저감 및 복원의 기초자료로 제공하고자 하였다.

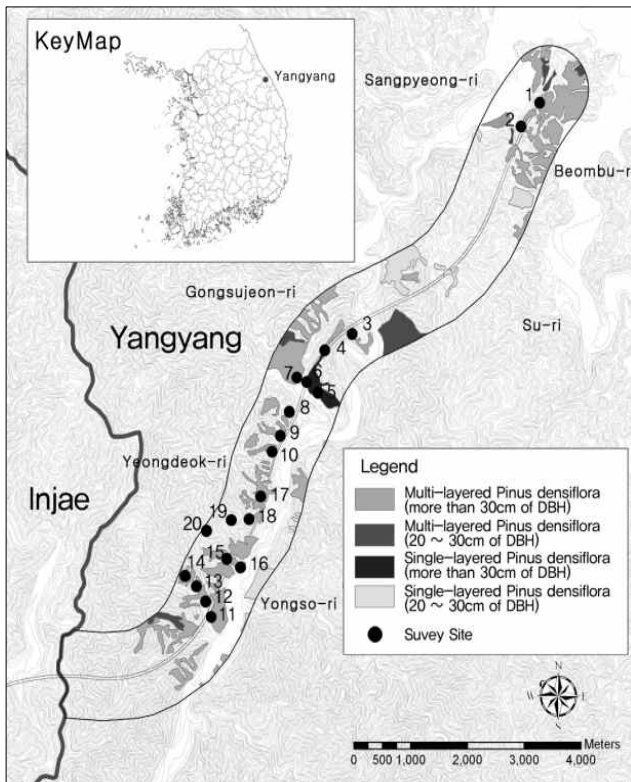


Figure 1. The location map of the survey plots in site

연구방법

1. 조사범위 및 시기

고속도로 건설예정지역 주변 송이발생 소나무군락의 식생구조를 조사하기 위해 2011년 5월~11월에 예비조사 및 본조사를 실시하였다. 연구대상지로 선정된 동홍천~양양구간 중 양양군 구간은 연장길이 13.64km(직선거리 12.68km)이며 서면 북평리에서 북암리에 걸쳐 지나고 있다. 조사구의 배치는 도로 좌우 700m이내지역에 설정하였는데, 이는 환경영향평가지 도로노선 좌우 1km씩 설정기준과 기상요인의 영향 범위 50~100m(Yoon *et al.*, 2011)를 고려하였다. 식생 정밀조사를 위한 조사구는 강원도 양양군 일원의 송이발생림을 대상으로 비오톱 지도작성을 연구한 Han *et al.*(2011), 양양군청, 지역주민 탐문결과를 바탕으로 송이생산이 확인된 구간을 대상으로 도로건설에 의해 피해가 발생할 우려가 있는 지역을 고려하여 배치하였다(Figure 1).

2. 조사분석 방법

동홍천~양양간 고속도로 건설이 지역특산물인 송이에 미치는 영향을 최소화하기 위해 송이생산지역내 분포하는 식생구조 조사를 위해 대표적인 송이생산지, 소나무 우점비율, 입지환경 등을 고려하여 총 20개 조사구를 설정하였다. 조사구 크기는 Ellenberg(1956)와 Westhoff and Maarel(1973)이 제시한 최소면적을 토대로 100m²(10m×10m)를 기본단위로 설정하였다. 식생조사는 교목층, 아교목층, 관목층으로 나누어 수관층위별로 조사를 실시하였으며 상층수관을 이루는 수목을 교목층으로, 흉고직경 2cm 이하의 수목을 관목층으로, 기타 수목을 아교목층으로 구분하였다. 교목층과 아교목층에서는 수목을 10m×10m 크기 방형구에서 수목의 흉고직경을, 관목층에서는 각 방형구에 5m×5m 크기로 중첩해서 설치한 소형 방형구 1개소에서 수목의 수관폭을 조사하였다. 각 조사지의 일반적 개황으로는 지형적 위치, 곧, 경사도, 울폐도, 수고 등을 조사하였다.

식생조사 자료를 토대로 각 수종의 상대적 우세를 비교하기 위하여 Curtis and McIntosh(1951)의 중요치(Importance Value; I.V.)를 통합하여 백분율로 나타낸 상대우점치(Brower and Zar, 1977)를 수관층위별로 분석하였다. 상대우점치(Importance Percentage; I.P.)는 (상대밀도+상대피도+상대빈도수)/3로 계산하였으며 개체들의 크기를 고려하여 수관층위별로 가중치를 부여한 (교목층 I.P.×3 + 아교목층 I.P.×2 + 관목층 I.P.×1)/6으로 평균상대우점치(Mean Importansce Percentage; M.I.P)를 구하였다.

단위면적당 조사된 자료를 바탕으로 식생밀도는 단위면적당 출현 개체수를 토대로 산정하였으며 상대공간지수(Relative Space Index; RSI)는 Korea Forest Service(2008)의 방법에 따라 산정하였으며 상대공간지수의 산정은 지역주민과 양양군에서 다량 생산지역으로 확인이 된 10개 조사구(조사구 1~10)에 국한하여 실시하였다. 상대공간지수(RSI)는 (나무사이의 간격(m)/숲의 수고 평균치(m))×100(%)로 계산하였다. 수령은 조사구내 출현 교목층 수목 중 평균흉고직경을 고려하여 목편을 채취하여 실내에서 수령을 측정하였고 토양은 조사구별 A₀층 깊이와 pH를 측정하였다.

결과 및 고찰

1. 조사지 개황

1) 기상개황

송이생산과 연관성이 큰 기후인자는 기온, 강수량, 일조율, 상대습도 등이며(Ogawa, 1991; Kang *et al.*, 1989; Cho and Lee, 1995, Shim *et al.*, 2007) 이 중 6~9월의 기상요인이 큰 영향을 미친다(Park *et al.*, 1995). 일본에서는 기상현

상이 송이 발생에 50% 이상을 좌우하며 8~10월의 강수량이 많을수록 송이 발생이 증가한다(Ogawa, 1991).

양양군의 최근 10년간(2001~2010년)의 자료를 토대로 대상지 기상요인을 분석한 결과(Yangyang-gun, 2010), 평균기온 분포는 1월이 -0.17℃로 가장 낮으며 8월이 23.8℃이 가장 높으며 특히 송이 생산에 영향을 미치는 6월부터 9월까지의 경우 6월 19.91℃, 7월 22.91℃, 8월 23.8℃, 9월 19.98℃이다. 특히 Park *et al.*(1995)이 제시한 송이 생육에 영향을 미치는 요소가 바로 9월의 평균최저기온인데 양양군의 10년간 9월의 평균최저기온은 16.4℃로서 송이 생육에 적절한 수준이었다. 상대습도의 경우 7월이 81.36%로 가장 높았고 8월 79.89%, 9월 76.54%, 6월 75.29%. 10월 63.06% 등이었다. 강수량은 6월, 9월과 10월의 강수량이 송이생산과 정의 상관관계가 형성한다(Jo and Lee, 1995)는 연구결과를 참조로 양양군의 6월의 10년간 평균강수량을 조사한 결과 104.78±49.16mm이었으며 최대강수량은 181.10mm(2009년), 최소강수량은 18.00(2010년) 등이었다. 9월과 10월의 평균 강수량은 235.94±126.58mm이었으며 최대강수량은 454.4mm(2003년), 최소강수량은 20.5mm (2009년) 등이었다. 10월의 10년간의 평균강수량

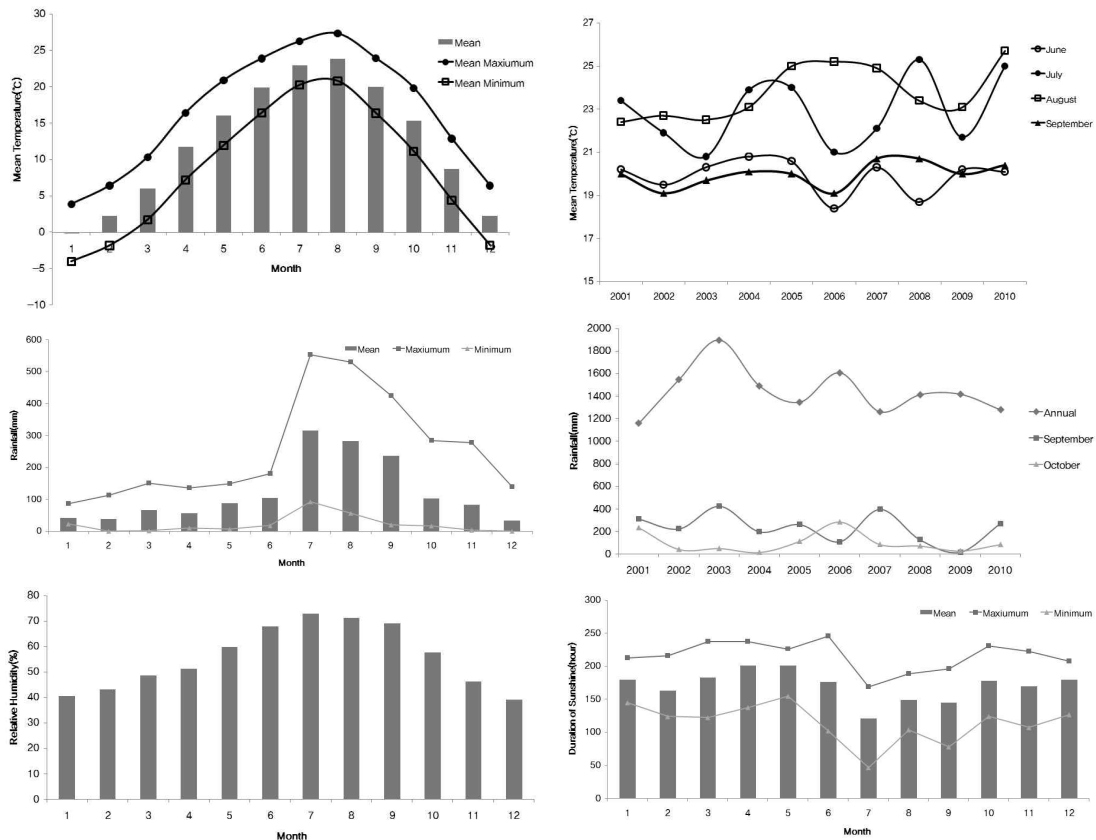


Figure 2. General weather conditions during the last ten-year period(2001~2010)

Table 1. General description of the physical features and vegetation of the surveyed plots

Community	Plot number	I					II		III		IV	
		1~2	3~4	5~6	7~8	9~10	11~13	16	14~15	18	17	19~20
Altitude(m)												
Aspect		N10W	S15E	S50W	S40W	S45W	S20E	S20E	S20E	S50W	S50W	S50W
Slope(°)		35	30	20	25	30	30	30	30	20	20	20
Canopy	Height(m)	13	16	18	18	14	18	18	23	18	18	18
	Mean DBH(cm)	20	25	22	20	30	30	30	30	22	22	22
	Cover(%)	75	75	75	75	40	70	70	70	75	75	75
Understory	Height(m)	6	7	7	6	-	10	10	10	7	7	7
	Mean DBH(cm)	5	5	8	5	-	10	10	10	8	8	8
	Cover(%)	35	10	30	5	-	30	30	50	30	30	30
Shrub	Height(m)	1.0	1.5	1.0	1.0	1.0	1.2	1.2	1.2	1.0	1.0	1.0
	Cover(%)	20	40	30	35	30	30	30	30	30	30	30

은 102.36 ± 88.99 mm이었고 최대강수량은 285.5mm(2006년), 최소강수량은 16.9mm(2004년)이었다. 10년간의 월별 총일조시간은 8월이 148.87일로 가장 많았고 7월이 121.52일로 가장 적었다. 연도별 일조시간은 2004년 2,274.0일로 가장 많았으며 2006년 1,748.7일로 가장 적었다(Figure 2).

2) 일반적 개황

연구대상지내 고속도로 신설에 따른 지역특산물인 송이의 생산에 미치는 영향을 예측하고자 도로예정노선 주변을 중심으로 설정된 조사구의 일반적 개황을 나타낸 것이 Table 1이다. 조사지는 해발 310m~550m에 설정하였으며 향은 남향계열로 주로 설정하였다. 이는 남향과 남서향이 송이생산에 유리한 향(Han et al., 2011)이라는 연구결과를 토대로 하였다. 경사도는 20~35°에 주로 분포하는데, 일반적 송이 생산이 경사도 30° 내외의 급경사지에 주로 분포한다(Han et al., 2011)는 연구결과를 토대로 설정하였으며 이와 함께 도로인근임을 감안하여 20~35° 내에 주로 설정하였다.

조사구별 교목층 평균수고는 13~23m, 평균흉고직경은 20~30cm이었는데, 이는 송이가 다량생산되는 지역의 소나무의 평균흉고직경이 주로 25~30cm로(Han et al., 2011) 도출된 연구결과와 유사하였다. 교목층 울폐도는 40~75%이었는데, 울폐도 40% 조사구는 도로건설을 위해 일부 교목층 수목이 벌채되었기 때문에 전체적으로 70% 이상을 유지하고 있었다. 이는 송이 생산을 위해서는 소나무 순림이면서 상층목 피복도가 50~80%(Lee et al., 1983; Lee et al., 2002)와 유사하였다. 아교목 및 관목층은 밀도가 30% 이하로 유지되어야 하지만(Lee et al., 1983), 연구대상지내 조사구에서는 5~40%의 범위이었다. 기상 및 조사구별 개황을 종합해 보면, 송이생산에 필요한 조건에 적합한 상태이었으며 지역주민 및 관할 관청에 확인결과 송이가 다수

발생하는 지역임을 확인할 수 있었다(Table 1)

2. Classification 및 ordination 분석

전체 조사구에 대해 군락의 분류를 분류하기 위해 classification 분석과 ordination 분석을 실시하였다. Classification 분석은 TWINSpan(Figure 3)을, ordination은 DCA(Figure 4) 기법을 적용하여 분석하였다. ordination의 주요 목적은 자료를 요약화(summarization)하는 것이고(Orloci, 1978), 표본이 좌표의 위치에 근거하여 거리에 따라 유사성과 상이성을 나타내며 내재되어 있는 인자를 찾는 기법이다(Luwig and Reynolds, 1988).

Classification 분석결과, 전체 4개 군락으로 분리되었으며 군락분리의 첫 번째 단계에서 지표종(indicator species)은 왼쪽으로 굴참나무(Qv)와 참싸리(Lc), 오른쪽으로 층층나무(Cc)이었다. 두 번째 단계에서는 왼쪽으로 물푸레나무(Fr)이었으며 오른쪽으로는 지표종이 나타나지 않았다. 세 번째 단계에서는 철쭉꽃(Rs)과 참싸리(Lc)에 의해 구분되어 총 4개 군락으로 구분되었다.

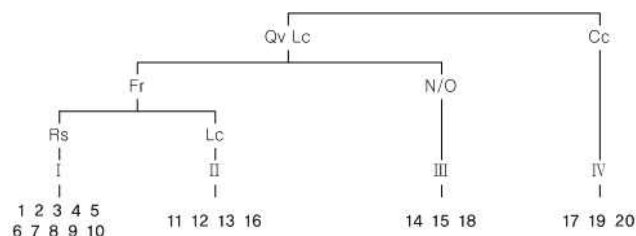


Figure 3. The dendrogram of classification by TWINSpan using twenty plots in survey site (Cc: *Cornus controversa*, Qv: *Quercus variabilis*, Lc: *Lespedeza cyrtobotrya*, Fr: *Fraxinus rhynchophylla*, Rs: *Rhododendron shclippenbachii*)

4개 군락명의 경우 군락 I 은 소나무군락(I), 군락 II는 소나무군락(II), 군락 III은 소나무-참나무류군락, 군락 IV는 소나무-낙엽활엽수군락이었다. 이를 ordination 분석결과와 상호비교하면, 동흥천~양양간 도로건설 중 양양군간의 주변 소나무 우점 군락은 낙엽활엽수가 다소 우점하는 군락을 제외하고는 대부분 유사한 환경구배로 국소적인 환경차이에 따른 종조성 차이가 아교목층 및 관목층에서 주로 나타났다.

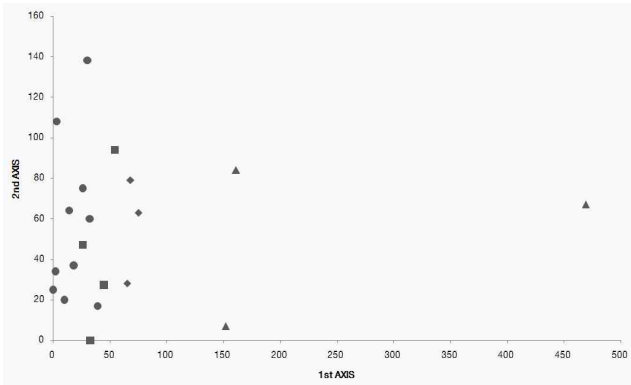


Figure 4. DCA ordination of twenty eight plots in the Beomeosa valley
 (●: Community I, ■: Community II, ◆: Community III, ▲: Community IV)

3. 식물군집구조

1) 상대우점치

Classification 분석중 TWINSpan기법을 이용하여 분리한 4개 군락별로 층위별 우점치(importance percentage) 및 평균상대우점치(mean importance percentage)를 제시한 것이 Table 2이다.

군락 I 은 소나무가 우점하는 군락으로 조사구 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10이 해당되었다. 군락 I 이 위치하는 지역은 양양군에서 송이가 다수 생산되는 지역으로 송이발생림이라고 판단해도 큰 무리가 없는 지역이었다.

식생구조를 파악하기 위해 층위별로 살펴보면, 교목층에서는 소나무(I.P. 88.6%)가 우점하면서 굴참나무(I.P. 0.6%), 신갈나무(I.P. 3.7%), 팔배나무(I.P. 1.2%)가 일부 출현하였고 아교목층에서는 신갈나무(I.P. 38.5%), 소나무(I.P. 23.0%), 개웃나무(I.P. 12.1%) 우점하면서 굴참나무(I.P. 3.1%)와 졸참나무(I.P. 1.2%)가 일부 출현하였다. 관목층에서는 철쭉꽃(I.P. 27.6%), 신갈나무(I.P. 27.1%), 졸참나무(I.P. 9.8%) 등이 주요 우점종이었다. Koo(1993)은 송이가 생산

되는 소나무군락의 주요 출현 식물로 철쭉류, 진달래, 쇠물푸레 등을 제시하였는데, 본 군락 I 에서도 철쭉꽃의 출현빈도가 높아 송이생산지에 대한 기존 연구와 유사한 경향이 있었으며 경상북도 춘양면 일원의 송이생산 소나무군락의 식생구조에서 교목층은 소나무가 상대우점치 85% 이상 우점하면서 아교목층과 관목층에 참나무류, 철쭉꽃 등이 출현한다(Lee *et al.*, 2002)는 결과와 동일한 구조이었다. 특히 양양군의 송이발생 군락은 교목층에서 소나무가 70% 이상 우점하면서 관목층에 신갈나무와 철쭉꽃이 주요 출현수종이라는 Shim *et al.*(2007)의 연구결과처럼 대상지내 송이가 다량 생산되는 군락 I 의 경우에도 관목층에 철쭉꽃과 신갈나무의 출현빈도가 높았다.

군락 II도 군락 I 과 같이 송이가 생산되는 지역내에 분포하는 군락으로 지역주민 탐문결과, 송이가 생산되는 지역내에 위치하였다. 교목층에서는 소나무(I.P. 89.7%)가 우점하면서 굴참나무(I.P. 6.2%)와 신갈나무(I.P. 4.0%)가 출현하고 있었으며 아교목층에서는 신갈나무(I.P. 48.0%)의 출현빈도가 가장 높았다. 이외 굴참나무(I.P. 18.9%), 소나무(I.P. 12.2%), 붉나무(I.P. 7.6%) 등이 주요 출현수종이었다. 관목층에서는 참싸리(I.P. 19.8%)가 우점하면서 다래(I.P. 14.1%), 철쭉꽃(I.P. 10.4%), 당단풍(I.P. 7.5%) 등의 출현빈도가 높았다.

군락 III은 소나무-굴참나무군락으로서 교목층에서는 소나무(I.P. 55.3%)와 굴참나무(I.P. 36.9%)가 우점하면서 신갈나무(I.P. 7.8%)가 주요 출현수종이었다. 아교목층에서는 신갈나무(I.P. 50.8%)와 굴참나무(I.P. 33.9%)의우점도가 높았으며 기타 소나무(I.P. 5.6%), 서어나무(I.P. 3.9%), 생강나무(I.P. 4.0%) 등이 출현하고 있었다. 군락 III은 교목층에서 소나무가 다소 우점하지만, 굴참나무 등 참나무류의 출현빈도가 높고 아교목층과 관목층에서도 참나무류의 출현빈도가 높아 향후 관리가 이루어지지 않는다면, 굴참나무와 신갈나무가 우점하는 참나무류군락으로 천이가 진행될 것으로 예측되었다. 특히 아교목층에 극상수종인 서어나무(Kim *et al.*, 2011)가 출현하는 것으로 미루어볼 때, 천이의 잠재성이 상당히 높은 수준이었다.

군락 IV은 소나무-낙엽활엽수군락으로서 교목층에서 소나무(I.P. 55.5%)가 우점하면서 층층나무(I.P. 15.2%), 물박달나무(I.P. 13.2%), 굴참나무(I.P. 11.2%) 등이 주요 출현수종이었다. 아교목층은 신갈나무(I.P. 23.7%)와 생강나무(I.P. 19.0%)의 출현빈도가 높았으며 관목층에서는 등칫(I.P. 37.7%)이 주요 우점수종이었다.

2) 종다양도

종다양도는 구성수종의 수와 개체수를 기준으로 산출되므로 산림의 수종구성 상태가 얼마나 다양한가에 대한 객관

Table 2. Importance percentage of woody species by the stratum in each community

Comm.	Species	Layer				Species	Layer			
		C	U	S	M		C	U	S	M
I	<i>Pinus densiflora</i>	88.6	23.0	0.0	52.0	<i>Prunus sargentii</i>	0.8	2.4	0.0	1.2
	<i>Quercus variabilis</i>	0.6	3.1	1.7	1.6	<i>Rhus trichocarpa</i>	0.0	12.1	5.4	4.9
	<i>Q. mongolica</i>	3.7	38.5	27.1	19.2	<i>Rhododendron mucronulatum</i>	0.0	0.0	1.8	0.3
	<i>Q. serrata</i>	0.0	1.2	9.8	2.0	<i>R. schlippenbachii</i>	0.0	0.0	27.6	4.6
	<i>Sorbus alnifolia</i>	1.2	0.0	0.4	0.1	<i>Fraxinus rhynchophylla</i>	0.0	2.0	1.6	0.9
II	<i>P. densiflora</i>	89.7	12.2	0.0	48.9	<i>Indigofera kirilowii</i>	0.0	0.0	4.9	0.8
	<i>Salix hallaisanensis</i>	0.0	2.2	0.0	0.7	<i>Zanthoxylum piperitum</i>	0.0	0.0	2.0	0.3
	<i>Q. variabilis</i>	6.2	18.9	1.2	9.6	<i>R. chinensis</i>	0.0	7.6	1.8	2.8
	<i>Q. mongolica</i>	4.0	48.0	8.0	19.4	<i>R. trichocarpa</i>	0.0	3.9	0.0	1.3
	<i>Lindera obtusiloba</i>	0.0	2.5	2.9	1.3	<i>Acer pseudo-sieboldianum</i>	0.0	0.0	7.5	1.3
	<i>P. sargentii</i>	0.0	2.3	0.0	0.8	<i>Actinidia arguta</i>	0.0	0.0	14.1	2.3
	<i>Lespedeza maximowiczii</i>	0.0	0.0	3.5	0.6	<i>R. schlippenbachii</i>	0.0	0.0	10.4	1.7
	<i>L. cyrtobotrya</i>	0.0	0.0	18.8	3.1	<i>F. rhynchophylla</i>	0.0	0.0	8.8	1.5
III	<i>P. densiflora</i>	55.3	5.6	4.5	30.2	<i>L. cyrtobotrya</i>	0.0	0.0	16.7	2.8
	<i>Carpinus laxiflora</i>	0.0	3.9	4.5	2.0	<i>I. kirilowii</i>	0.0	0.0	13.5	2.3
	<i>Q. variabilis</i>	36.9	33.9	0.0	29.8	<i>R. schlippenbachii</i>	0.0	0.0	18.7	3.1
	<i>Q. mongolica</i>	7.8	50.8	2.8	21.3	<i>Styrax obassia</i>	0.0	1.9	0.0	0.6
	<i>L. obtusiloba</i>	0.0	4.0	10.4	3.1	<i>F. rhynchophylla</i>	0.0	0.0	5.5	0.9
	<i>R. crataegifolius</i>	0.0	0.0	6.3	1.0	<i>Boehmeria spicafa</i>	0.0	0.0	11.3	1.9
IV	<i>P. densiflora</i>	55.5	17.0	3.4	34.1	<i>I. kirilowii</i>	0.0	0.0	1.9	0.3
	<i>Betula davurica</i>	13.2	12.2	2.0	11.0	<i>R. chinensis</i>	0.0	5.3	0.0	1.8
	<i>Q. variabilis</i>	11.2	0.0	0.0	5.6	<i>Parthenocissus tricuspidata</i>	0.0	0.0	5.8	1.0
	<i>Q. mongolica</i>	4.9	23.7	2.0	10.7	<i>Cornus controversa</i>	15.2	6.8	0.0	10.0
	<i>Morus bombycis</i>	0.0	6.0	0.0	2.0	<i>R. mucronulatum</i>	0.0	0.0	2.0	0.3
	<i>L. obtusiloba</i>	0.0	19.0	16.6	9.1	<i>F. rhynchophylla</i>	0.0	3.4	14.9	3.6
	<i>Stephanandra incisa</i>	0.0	0.0	4.9	0.8	<i>Weigela subsessilis</i>	0.0	0.0	2.1	0.3
	<i>Lespedeza maximowiczii</i>	0.0	0.0	4.4	0.7	<i>Aristolochia manshuriensis</i>	0.0	0.0	37.7	6.3

*C: Importance percentage in Canopy layer U: Importance percentage in Understory layer, S: Importance percentage in Shrub layer, M: Mean importance percentage

적인 척도를 제공하며 산림의 보전과 복원의 중요한 지표로 활용가능하다(Yang and Kim, 2002). 4개 군락의 종다양도 분석을 실시한 결과, Shannon지수가 높은 군락은 군락 II로서 1.9079 ± 0.2471 이었다. 그리고 교목층에서 낙엽활엽수의 출현빈도가 높은 군락 IV가 1.8595 ± 0.2768 로 다음으로 높았으며 군락 I은 1.7764 ± 0.2117 , 군락 III은 1.7353 ± 0.0341 등의 순이었다. 특히 군락 I에서는 도로개설을 위

해 인위적으로 교목과 아교목층의 일부가 훼손된 조사구 9, 10을 제외하고 나머지 8개 조사구의 평균값을 제시한 것이다(Table 3). 이는 송이생산지역내 소나무군락을 연구한 Lee *et al.*(2002)과 유사한 경향이었다.

3) 종수 및 개체수

연구대상지에 설정한 20개 조사구를 대상으로 단위면적

Table 3. Various diversity indices analysis in four communities

(Unit: 100 m²)

Community	H'(Shannon)	Simpson ¹	P.I.E. ¹	J'(evenness)	D'(dominance)	H'max
I	1.7764±0.2117	4.5039	0.7780	0.7223	0.2777	2.4849
II	1.9079±0.2471	6.7808	0.8525	0.8799	0.1201	2.3026
III	1.7353±0.0341	5.0799	0.8031	0.9035	0.0965	1.9459
IV	1.8595±0.2768	9.0631	0.8897	0.9081	0.0919	2.3979

¹P.I.E.: the Probability of Interspecific Encounter

Table 4. Descriptive analysis of the number of species and individuals of twenty plots in survey sites(Unit: 100 m²)

Descriptive analysis	No. of individual				No. of species
	Tree	Understory	Shrub	Total	Total
Mean	9.6±5.0	8.4±9.7	91.2±65.9	109.2±71.2	9.2±2.8
Median	8.5	6	66	82.5	8.5
Mode	10	4	200	-	8
Maximum	24	42	228	252	16
Minimum	4	0	20	35	3

(100m²)당 평균출현개체수 및 종수 분석을 층위별로 실시하였다(Table 4; Figure 5). 평균출현개체수의 경우 교목층에서는 9.6±5.0개체, 아교목층에서는 8.4±9.7개체이었다. 층위별 출현 종수의 경우 9.2±2.8종이었다. 이는 Lee *et al.*(2002)이 제시한 경북 금강소나무군락과 유사한 수준이었으며 송이생산 소나무군락 30~40년생의 100m²당 12~15주보다는 적었지만, 양양군 송이 다량지역인 장리와 원일전리의 소나무군락 식생구조를 연구한 Han *et al.*(2011)과는 거의 동일한 구조이었다. 일본 송이생산 소나무군락의 단위면적당 출현개체수 연구결과보다 우리나라 송이생산 소나무군락내 출현 개체수가 적은 것은 한국과 일본의 기후구조의 차이 때문인 것으로 예측되었다. 향후 이에 대한 보다 많은 자료를 축적하여 국내 송이생산 소나무군락에 대한 구체적 자료가 제시되어야 할 것이다.

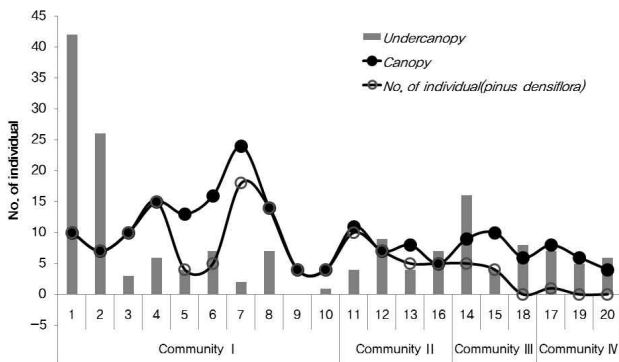


Figure 5. Descriptive analysis of the number of individuals in four communities

4. 식생밀도 및 상대공간지수

송이생산과 관련이 있는 식생구조로서 식생밀도와 상대공간지수를 분석하였다(Figure 6). 식생밀도는 전체 20개 조사구를 대상으로 하였으며 이 중 주민들에 의해 확인된 송이 생산지역내에 위치하고 있는 10개 조사구를 대상으로 상대공간지수(RSI)를 분석하였다. 송이생산을 위한 적정 생육밀도는 15~20년생은 20~30주/100m², 30~40년생은

12~15주/100m², 50년 이상은 5~8주/100m²이다. 연구대상지로 설정한 20개 조사구의 적정 생육밀도는 4~24주/100m²로서 평균 100m²당 9.55주로 분석되었다. 이는 12~15주보다 다소 낮은 값으로 나타났다. 그러나 강원도 일원에 송이가 다량 생산되는 양양군 장리, 원일전리를 조사한 연구결과에서 6~12주/100m²임을 고려할 때, 연구대상지역내 분포하는 소나무군락은 송이발생 및 생육에 적정한 밀도를 유지하고 있는 것으로 판단되었다.

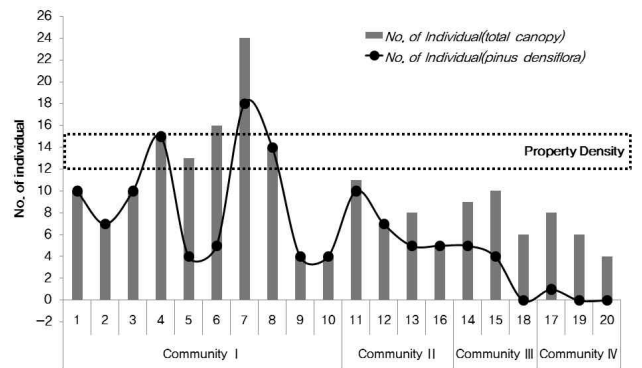


Figure 6. Vegetational density by sites in four community

20개 조사구중 송이 다량 생산지역 지역내에 설정된 10개 조사구(조사구 1~10)를 대상으로 상대공간지수(RSI)를 분석하였다(Figure 7). 상대공간지수는 임업에서 적정 간벌을 위해 개발한 지수로서 숲의 평균 교목층 수고와 나무사이의 간격을 백분율로 표시한 값이다(Korea Forest Service, 2008). 일반적으로 소나무의 관리를 위해서는 상대공간지수 35% 수준이 되도록 함을 원칙으로 하고 있는데, 이는 소나무군락 내 수고가 10m인 경우에는 나무사이가 3.5m가 되도록 하며 수고가 5m인 경우에는 나무사이의 거리가 1.8m 내외가 되도록 관리해 준다는 의미이다. 연구대상지내에 설정한 조사구 1~10의 상대공간지수는 12~44%로서 평균 22±10.41%이었다. 이는 송이생산에 유리한 적정 상대공간지수 35%에 크게 못 미치는 수준이었다. 오히려 개발에 의해 훼손된 조사구 9와 10의 상대공간지수가 37~44%로서 적정 상대공간지수 범위에 속하는 것으로 미루어 보았

을 때, 향후 송이생육 증진을 위해서는 연구대상지역내 대부분의 소나무림에 대한 밀도 관리가 이루어져야 할 것으로 예측되었다. 그러나 구체적 송이생산량과 상대공간지수에 대한 지속적 연구를 통해 상대공간지수의 타당성에 대한 연구가 필요할 것으로 판단되었다.

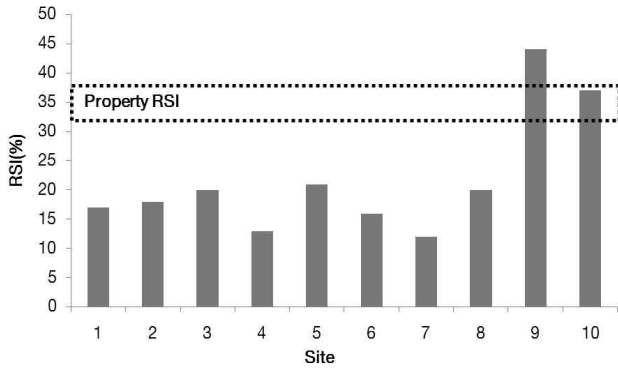


Figure 7. RSI by 1~10 survey sites

5. 수령분석

20개 조사구내에 평균 흉고직경에 해당하는 수목을 선정하여 수령을 측정된 결과 평균 38±8.34년생으로 최대 57년생, 최소 27년생으로 분포하였다(Figure 8). 소나무림의 수령이 15~30년에 송이가 형성되고 40~60년생의 소나무림에서 최성기를 맞는다는 연구결과(Ogawa, 1981; Hur and Joo, 2002)에 의하면 대상지 내 소나무군락은 송이생육에 최적기인 것으로 판단되었다.

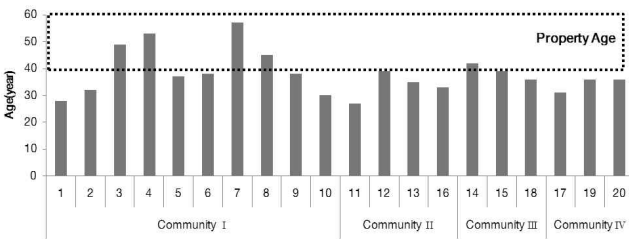


Figure 8. Age by twenty sites in four community

6. 토양분석

송이는 다소 건조한 토양에서 송이 생산이 많은데, 송이 분포지의 약 80% 이상의 지역에서 토성이 사양토인 것으로 밝혀졌고 낙엽층과 유기물층을 포함한 A₀층 두께가 2~4cm로 대부분 4~6cm 이하이다(Lee, 1983; Han et al., 2011). 울진 소광리 금강소나무림의 송이발생지와 능이발생지의 토양환경을 비교한 결과(Hur and Joo, 2002), 송이생산에

적합한 토양환경은 토양산도 pH 5.22~pH 5.60이며 능이발생지보다 유기물함량이 적은 척박하고 건조한 지역으로 분석하였다. 일본에서도 모암이 화강암인 지역이면서 토양산도가 4.2~5.5의 약산성 토양이 적합하다고 알려져 있다. 20개 조사구내 토양 pH는 평균 5.29로서 최소 4.70, 최대 5.63으로 분포하고 있어 송이생육에 적절한 토양산도를 유지하고 있는 것으로 판단되었다. 토양산도와 함께 송이생육에 밀접한 연관성이 있는 A₀층의 깊이는 평균 3.39cm로 최소 1cm에서 최대 6cm 범위내에서 분포하고 있어 송이생육에 최적 토양조건을 가지고 있었다(Figure 9).

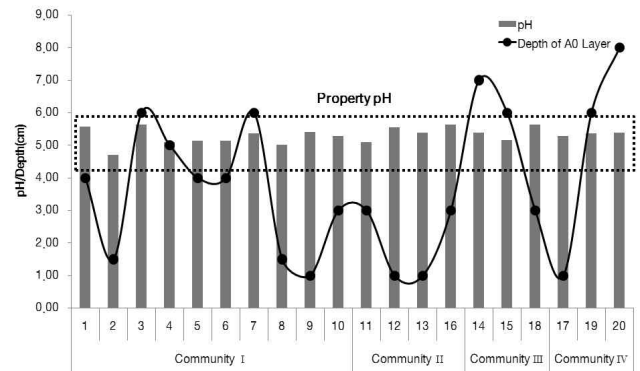


Figure 9. Soil pH and depth of A₀ layer by twenty sites in four community

7. 송이생산지 보전 및 복원을 위한 위한 생태적 관리 방안

본 연구대상지내에 분포하는 4개 소나무 우점 군락은 송이생산에 적절한 것으로 판단되나, 우점종, 식생밀도, 토양, 수령 측면을 고려한 결과 일부 관리를 통한 송이생산지의 생태적 관리가 필요한 것으로 판단되었다. 기존 연구에서 소나무림의 순림 혹은 타수종의 혼효율이 10% 이하이면서 아교목층과 관목층의 식피율이 30% 이하 인 소나무림에서 송이 발생가능성이 높고(Lee, 1983), 소나무림의 수령 30~40년생의 경우 100m²당 12~15주의 주수가 적정하다(Han et al., 2011). 송이생산에 적정 토양 pH는 5.4~6.1, A₀층의 두께는 2~4cm가 적정하다(Lee, 1983)는 연구결과를 토대로 본 연구대상지내 분포하는 소나무군락의 송이생산을 위한 생태적 관리방안은 Table 5와 같다. 군락 I, II는 소나무가 우점하면서 평균 수령 30~40년생이며 토양 pH 5.2~5.4, A₀층 두께 2.0~3.6cm 임을 감안할 때, 송이생산의 최적으로 판단되지만, 일부 조사구에서 100m²당 소나무 생육주수가 10주 미만인 지역이 다수 있으므로 향후 교목층 적정 밀도가 100m²당 12~16주가 유지될 수 있도록 해야

Table 5. Vegetation Structure and Ecological management by types

Type	Vegetation Structure				Soil pH	Soil Depth of A ₀ layer(cm)	Ecological management
	Dominance species	Density (/100m ²)	Average age(year)				
I	<i>Pinus densiflora</i>	4~16(11.7)	40.7	5.2	3.6	▪ Control the density of 12~16 species in canopy	
II	<i>P. densiflora</i>	5~11(7.8)	33.5	5.4	2.0	▪ Control the density of 12~16 species in canopy	
III	<i>P. densiflora</i> , <i>Quercus variabilis</i>	6~10(8.3)	39.0	5.4	5.3	▪ Control of density in understory and shrub : Management of less than 30%	
IV	<i>P. densiflora</i> , <i>Betula davurica</i> , <i>Q. variabilis</i>	4~8(6.0)	34.3	5.3	5.0	▪ Induce of Deciduous broad-leaved ▪ Management of less than 30% in understory and shrub	

할 것이다. 군락 III의 경우 교목층에서 소나무가 우점하면서 굴참나무의 출현빈도가 높은 유형으로 교목층에서 출현하는 굴참나무의 일부 제거와 동시에 아교목층과 관목층의 식피율을 30%이하가 되도록 관리해야 할 것이다. 군락 IV의 경우 소나무-낙엽활엽수군락으로 본 대상지역내에서 송이 생산가능성이 가능 낮은 지역으로 판단되며 향후 교목층 낙엽활엽수의 제거, 아교목층과 관목층의 밀도조절을 통한 향후 소나무 우점군락으로 변화시켜 적정 송이생산이 가능하도록 유도하는 것이 필요할 것이다. 이는 단기적 차원에서 접근할 것이 아니라 점차적 관리를 통한 장기적 관리가 필요한 것으로 판단되었다.

본 연구는 도로건설예정지역 주변의 송이생산지역내 식생구조를 분석하여 송이생산을 위한 소나무림의 보전 및 복원방안을 제시한 연구로서 향후 송이생산과 관련된 구체적인 자료 및 송이생산비오투입도화 작업등을 통해 추가적 연구가 진행되어야 하며 아울러 이를 바탕으로 보전, 복원 등에 대한 공간적 측면에서 생태적 방안이 제시되어야 할 것이다. 아울러 향후 상대공간지수를 포함하여 식생밀도, 식피율 등과 실제 송이생산간의 상관성 규명에 대한 후속연구가 이루어져야 할 것이다.

인용문헌

Brower, J.E., J.H. Zar(1977) Field and laboratory methods for general ecology. Wm. C. Brown Company, 288pp.
 Cho, D.H. and K.J. Lee(1995) A Relationship between Climatic Factors and Matsutake Productions in 29 Sites during a 10-year period in Korea. Journal of Korean Forest Society 84(3): 277-285. (in Korean with English abstract)
 Curtis, J.T. and R.P. McIntosh(1951) An upland forest continuum in the prairie-forest border region of Wisconsin. Ecology 32: 476-496.

Ellenberg, H.(1956) Grundlagen der vegetationsgliederung, I. Aufgaben und Method der Vegetationskunde, Walter, H. (Hrsg) Einfuhrung in die phytologie IV, Stuttgart, 136pp.
 Han, B.H., S.C. Park, J.I. Kwak, B.H. Kim and K.J. Lee(2011) Biotope Mapping of *Pinus densiflora* Based on Growth Environment of *Tricholoma matsutake* : A Case Study of Yangyang-gun, Kang Won-do. Korean Journal of Environment and Ecology 25(2): 211-226. (in Korean with English abstract)
 Hur, T.C. and S.H. Joo(2002) Comparison to Soil Environment of *Tricholoma matsutake* and *Sarcodon aspratus* at Uljin Sokwang-ri *Pinus densiflora* for. *erecta* Uyeke Forest. Agricultural research bulletin of Kyungpook National University 20: 77-82. (in Korean with English abstract)
 Jo, D.H. and K.J. Lee(1995) A Relationship between Climatic Factors and Matsutake Productions in 29 Sites During a 10-Year Period in Korea. Journal of Korean Forestry Society 84(3): 277-285.
 Kang, A.S., D.Y. Cha, Y.S. Kim, Y.H. Park and C.H. You(1989) Studies on Analyzing Meteorological Elements Related with Yield of *Tricholoma matsutake* Singer. Korean Journal of Mycology 17(2): 51-56. (in Korean with English abstract)
 Kim, B.H.(2000) Change of Plant Community after Road Construction - Case Study on Seongsamjae Road in Chirisan National Park -. M.S. thesis, University of Seoul, Rep. of Korea. (in Korean with English abstract)
 Kim, J.H., S.H. Choi, I.T. Choi, S.J. Yang and S.C. Lee(2011) Vegetation Structure of Deciduous Broad-leaved Forest at the Beomeosa(Temple) Valley in Kumjungsan, Busan. Korean Journal of Environment and Ecology 25(4): 379-393.
 Koo, C.D. J.S. Kim and J.I. Park(2004) Ecological Hypothesis of vegetation management for *Tricholoma matsutake* production: Vegetation management can improve availability of photosynthate, nutrients and water to the mushroom. Journal of Korean Forestry Society Vol. 1: 122-123. (in Korean with English abstract)

- Koo, C.D. and E.M. Bilek(1993) Financial Analysis of Vegetation Control for Sustainable Production of Songyi(*Tricholoma matsutake*) in Korea. *Journal of Korean Forestry Society* 87(4): 519-527. (in Korean with English abstract)
- Korea Forest Service(2008) *Tricholoma matsutake* gardening business. Forest Service, 17pp.
- Lee, K.J., J.H. Kim and B.H. Han(2002) Plant Community Structure and Ecological Density of *Pinus densiflora* for. *erecta* Community in Chunyang, Kyeongsangbuk-do. *Korean Journal of Environment and Ecology* 15(4): 379-393. (in Korean with English abstract)
- Lee, T.S.(1983) Survey on the Environmental Conditions at the Habitat of *Tricholoma matsutake* S . in Korea. *Mokchae Konhak* 11(6): 37-44. (in Korean with English abstract)
- Lee, T.S., Y.R. Kim, J.M. Jo, J.Y. Lee and M. Ogawa(1983) A Study on the Pine Forest Conditions Growing *Tricholoma matsutake* in Korea . *Korean Society of Mycology* 11(1): 39-49. (in Korean with English abstract)
- Ludwig, J.A. and J.F. Reynolds(1988) *Statistical Ecology*. John Wiley & Sons, 337pp.
- Ogawa, M.(1981) Mycorrhiza in the Pine Forest - The Ecological Study of Matsutake as a Microorganism. *Korean Society of Mycology* 9(4): 225-227. (in Japanese)
- Ogawa, M.(1991) *Biology of Pine mushroom*. Stukigisishokan, 333pp. (in Japanese)
- Orloci, L.(1978) *Multivariate Analysis in Vegetation research*, 2nd ed. W. Junk, The Hague, 468pp.
- Park, H., K.S. Kim and C.D. Koo(1995) Effects of Climatic Condition in September on Pine-mushroom(*Tricholoma matsutake*) Yield and a Method for Overcoming the Limiting Factors in Korea. *Journal of Korean Forestry Society* 84(4): 479-488. (in Korean with English abstract)
- Park, W.K., R.R. Yadav and D. Ovtchinnikov(1999) Influence of climatic factors on the radial growth of *Pinus densiflora* from Sogni Mountains in Central Korea. In: R. Wimmer and R.E. Vetter(ed.), *Tree-Ring Analysis*. CAB International 1999, U.K. London, pp. 287-297.
- Shim, K.M., C.S. Ko, Y.S. Lee and G.Y. Kim(2007) Correlation Coefficients between Pine Mushroom Emergence and Meteorological Elements in Yangyang Country, Korea. *Korean Journal of Agricultural and Forest Meteorology* 9(3): 188-194. (in Korean with English abstract)
- Tominaga, T.(1967) The relationship between climate and Pine mushroom yield. *Bulletin of the Hiroshima Agricultural College*, pp. 1-11. (in Japanese)
- Tominaga, T.(1991) The relationship between climate and Pine mushroom occurrence in 1990. *Journal of Hiroshima Pine mushroom study*. 25: 10-15. (in Japanese)
- Westhoff, V. and van der Maarel(1973) The Braun-Blanquet approach. *Handbook of vegetation science*, Whittaker, R. H.(ed.) Ordination and classification of vegetation, Dr. Junk, The Hague, pp. 617-726.
- Yang, H.M. and J.H. Kim(2002) Application of Forest Community Attributes to the Ecological Forest Management. *Journal of Korean Forestry Society* 91(4): 545-553. (in Korean with English abstract)
- Yangyang-gun(2010) *Statistical Year Book of Yangyang*. Yangyang-gun 44, 97pp. (in Korean)
- Yoon, Y.H., C.H. Joo and J.H. Kim(2011) Improvement of Environmental Comfort by Land-use using Bioclimatic Chart. *Journal of the Korean Regional Development Association* 23(3): 39-58. (in Korean with English abstract)