

토양수분과 기상인자가 참나무림내 능이의 발생에 미치는 영향

이상희* · 김재수* · 김홍은 · 구창덕 · 박재인 · 신창섭 · 신원섭

충북대학교 농업생명환경대학 산림학과부

Effect of Soil Moisture and Weather (atmospheric) Conditions on the Fruiting of *Sarcodon aspratus* in Oak Stand

Sang-Hee Lee*, Je-Su Kim*, Hong-Eun Kim, Chang-Duck Koo, Jae-In Park, Chang-Sop Shin and Won-Sop Shin

School of Forest Resources, Chungbuk National University

요 약: 능이(*Sarcodon aspratus*)는 자연산 식용버섯으로 참나무와 공생하는 균근성 버섯으로 알려져 있다. 본 연구는 토양수분과 기상인자가 능이 발생에 미치는 관계를 구명하기 위하여 실시하였다. 충북 제천시 한수면 송계리 월악산내에 2개소를 선정하여 2000년부터 2002년까지의 토양수분과 기상인자를 조사하여 능이 발생에 미치는 영향을 구명하였다. 능이 발생지와 비발생지의 토양수분과 지온을 1시간 간격으로 계측하여 분석하였다. 능이 발생 전후의 토양수분은 능이 발생지의 평균토양수분이 14.3%이고, 능이 비발생지의 평균토양수분은 16.4%로 능이 발생지의 평균토양수분이 2.1% 낮은 경향이었다. 능이 발생지의 평균지중온도는 16.8°C이고, 능이 비발생지의 평균지중온도는 16.5°C로 큰 차이는 없으나 능이 발생지의 평균지중온도가 0.3°C 높게 유지되었다. 능이의 발생에는 토양수분, 일최고온도, 일최저온도, 일최저지온이 영향을 미친다고 판단되며 송이의 경우와 유사한 경향이었다. 능이의 발생시기는 8월말~9월초에서 10월 초순경까지 발생하며 최근 기상이변과 엘리뇨 등의 영향으로 발생시기가 일정하지 않고 변화가 많았다. 송이의 경우와 같이 능이 발생이후에 일최저지온이 20°C 이상으로 유지되는 일수가 지속되면 원기생성과 능이 자실체 생장에 불리한 것으로 판단된다.

Abstract: *Sarcodon aspratus* is well known as a natural edible mushroom and a symbiotic mycorrhizal fungus with oaks. This study was conducted to clarify the effects of environmental conditions on the fruiting of *S. aspratus* on the hillslope of Wolak Mt., Jecheon city, Chungbuk, South Korea. Soil moisture and soil temperature in *S. aspratus* colony were measured hourly and compared with those in the non-colony soil. The mean soil moisture during the mushroom development was 14.3% in the colony soil and 16.4% in the non-colony soil. The *S. aspratus* colony soils showed 2.1% less soil moisture. The mean soil temperature was 16.8°C in the colony soil and 16.5°C in the non-colony soil. The *S. aspratus* colony soils showed slightly higher temperature. It is considered that more soil water was consumed and more energy was emitted during the mycelial elongation and the mushroom development. The development of *S. aspratus* seems similar to that of *T. matsutake* which is known to be considerably affected by soil moisture, daily maximum air temperature, daily minimum air temperature and daily minimum soil temperature. The season of *S. aspratus* development ranges from the end of August to the beginning of October. And Ellino phenomenon and its unusual change in the weather seems to affect primordia and fruiting body development. Especially if daily minimum soil temperature continues to become higher than 20°C, the damage of primordia and its fruiting body was frequently observed in the field plots during the last few years recently.

Key words : *Sarcodon aspratus*, soil moisture, soil temperature, weather condition, atmospheric conditions

서 론

버섯은 세계적으로 15,000~20,000여 종이 알려져 있으며, 한반도에 자생하는 버섯은 정확히는 알 수 없지만 약

5,000여 종으로 추정되며, 현재까지 1,500여 종이 보고되었다(조덕현, 2001; 박완희, 2003; 김양섭, 2004). 그 중에서 식용 가능한 버섯은 350여 종 정도이며, 실제 식용하고 있는 자연산 버섯은 20-30여 종으로 극히 적은 편이다. 그 중 느타리, 양송이, 표고, 영지(불로초), 팽이버섯 등이 인공재배를 통하여 생산되고 있고, 능이, 송이가 임산물의

*Corresponding author
E-mail: bluesky7@nate.com, kimjesu@chungbuk.ac.kr

수입원으로 중요한 위치를 차지하고 있다.

세계적으로 경제성 있는 균근성 버섯으로서 인공재배에 성공한 예는 서양에서 기주식물로 참나무류나 개암나무를 이용한 덩이버섯뿐이다. 또한 송이는 아직 인공재배에 성공하지 못하고 있고, 능이의 연구는 시작단계에 있다. 덩이버섯의 재배에는 그 동안 100년 이상의 경험을 바탕으로 성공하였지만, 기후와 토양조건이 맞지 않으면 성공률은 매우 낮다고 한다.

능이는 향기가 좋아 향버섯이라고도 하며 맛이 좋고, 육류의 소화제로서도 잘 알려져 있어서 최근 농산물 시장에서 가을철에 kg당 약 3-4만원에 거래될 정도로 인기가 좋은 버섯이다. 능이는 참나무류의 뿌리와 공생관계를 가지는 것으로 알려져 있다. 김홍은 등(2001; 2002a; 2002b)은 능이의 임지재배 기술 및 기능성 개발연구를 통하여 신갈참나무를 우점종으로 기타 굴참나무, 상수리나무, 졸참나무 등이 자생하는 임분에서 주로 발견된다고 하였다. 하지만 능이가 나는 곳의 생태적 특징이나 발생에 미치는 영향에 대하여서는 아직까지 확실히 알려져 있지 않은 상태이고 송이에 비하여 연구가 미미한 실정이다.

능이의 발생에 영향을 미치리라 생각되는 토양수분과 토양온도의 조사와 분석은 버섯을 연구하는데 있어서 가장 기초가 되는 중요한 일이라고 생각된다. 또한 토양수분에 관한 연구는 농업작물재배계통에서 연구가 많이 되고 있지만 국내에서 버섯이나 균류와 관련한 연구나 자료는 거의 없는 실정이다. 능이 발생과 관련된 토양수분과 토양온도의 영향을 규명하는 것은 능이에 관련한 기초연구 자료와 능이 발생량의 증가, 능이 인공재배 기술개발의 기초자료로 매우 필요할 것이라고 생각한다(박재인 등, 2000; 김홍은 등, 2002a; 김홍은 등, 2002b; 이상희 등, 2002).

본 연구는 능이 발생조건 중에서 가장 중요하다고 생각되는 인자중의 하나인 토양수분과 온도에 대한 연구를 통하여 능이균환을 포함하고 있는 토양내에서의 수분과 온도가 미치는 영향을 규명하여 균근성버섯과 관련한 연구와 인공재배에 도움을 주고자 한다.

재료 및 방법

능이 발생지의 토양수분의 변화를 조사하기 위하여 충북 제천시 한수면 송계리 월악산내에 2개 조사구를 선정하였다.

능이 발생지에 대한 기상환경을 조사하기 위하여 연속 자기기록 장치를 설치하여 능이 발생지 3개 지점, 능이 비발생지 3개 지점에서 토양수분과 기온 및 지중온도를 1시간 간격으로 계측하였다. 조사기간은 2000년 7월 중순부터 2002년 11월 초까지 능이가 발생하는 시기 전후의 데

이터를 3개년에 걸쳐서 계측하였다.

토양수분과 온도변화에 관련한 데이터의 계측은 2000년 7월 19일~11월 3일, 2001년 8월 22일~11월 21일, 2002년 6월 11일~10월 31일에 걸쳐 3개년 동안 계측을 실시하였으며, 동일 기간의 데이터를 비교하기 위하여 매년 8월 22일~10월 31일까지의 1,704 시간의 기록을 비교하였다. 조사지역 및 개소수는 2000년도에 월악산 영봉지역(이후 영봉이라 칭함) 1개소를 선정 기기를 설치하여 계측하였으며, 2001년도에 월악산 영봉지역과 골피지역(이후 골피라 칭함) 2개소를 선정하여 계측하였고, 2002년도에는 선정된 2개소중 1개소(영봉)가 균사의 소멸로 인하여 골피지역 1개소만 계측을 수행하였다.

능이 발생지의 토양수분과 기상자료를 수집하기 위하여 토양수분의 변동은 CS615 토양수분센서(TDR: Time Domain Reflectometer)를 이용하였고, 지온 및 기온은 107 Temperature tube 온도센서와 열전대(Thermocouple)를 이용하여 CR10X Data Logger(Campbell Scientific Inc., 1997)에 저장하였다. 센서의 설치는 능이 발생지 3지점, 능이 비발생지 3지점으로 3반복으로 설치하여 자료를 수집하여 분석에 이용하였다. 강수량을 조사하기 위하여 인접한 월악산 충북대학교 연습림내에 설치되어 있는 기상 관측장비를 이용하여 동기간의 강수량을 수집하였다.

토양수분센서(CS615)의 설치시 Beyer 등(2000)은 30 cm 길이의 센서를 가로로 깊이에 따라 설치하여 깊이에 따른 토양수분의 변화를 관측하였다. 하지만 본 연구에서는 능이 균환의 손상을 최소화하기 위하여 지표면에 수직으로 센서를 설치하여 1분단위로 계측하고 1시간 단위로 평균값을 저장하는 방법을 사용하였다.

강우는 조사지역내의 월악산 충북대학교 연습림 관리 사무소내에 설치된 전접식 강우기록계를 이용하여 수집된 자료와 월악산 국립공원관리사무소에서 월악산 국립공원내에 설치한 자동기상관측장비(AWS: Automatic Weather System)의 자료를 이용하였다.

능이의 생산량과 유통에 대하여는 국내외적으로 학술적인 연구가 거의 없고 실제 유통되는 양이 잘 알려지지 않고 있으며(김홍은 등, 2001), 조사지역으로 선정된 지역들이 송이산지로 능이발생기간 동안에 민간인의 출입이 어려운 관계로 현지 주민과 월악산 연습림 현장사무소 직원을 통하여 능이의 최초 채집 시기와 능이의 생산량을 수집하였다. 또한 보조자료로 활용하기 위하여 조사기간 동안 청주 농협물류센터와 재래시장에서의 유통량과 가격동향을 조사하였다. 2001년도에는 극심한 가뭄으로 능이의 발생량이 극히 미미하여 유통량이 거의 없어서 2000년과 2002년도의 조사자료를 이용하였다.

능이와 토양수분과 관련한 국내외의 학술적인 연구가 거의 없으므로 같은 균근성 버섯인 송이와 관련한 과거

연구자료들을 조사 결과의 비교 분석에 이용하였다(구창덕, 2000; 구창덕 등, 2000).

결과 및 고찰

송이와 능이는 여러 가지면에서 비슷한 점을 가지고 있다. 두가지 모두 살아있는 나무 즉 송이는 소나무, 능이는 참나무의 뿌리에 공생하는 균근에서 형성된 버섯이다. 또한 자실체의 발생시기도 비슷한 경향을 보여주고 있다. 능이는 송이의 발생시기와 비슷한 8월말이나 9월초에서 10월 중순경까지 자실체로 지상에 발생된다. 능이의 발생에 있어서도 다양한 기상인자들의 복합적인 작용에 의해서 영향을 미친다고 생각된다. 2000년도의 경우 능이 발생 후기에 강수와 토양수분의 영향을 많이 받고 있으며, 2001년도는 극심한 가뭄으로 인하여 전기간에 걸쳐 강수와 토양수분의 영향이 가장 크게 미치고 있으며, 2002년도의 경우에는 적절한 강수로 인하여 토양수분이 거의 일정하게 유지되고 있으므로 오히려 대기온도의 영향이 크게 작용하고 있음을 알 수 있다.

1. 강수와 토양수분의 영향

강수량의 영향을 보면 송이버섯의 경우 조덕현 등(1995)은 8월에 강수가 많고 기온이 높을수록, 9월에 강수가 많을수록 발생량은 증가한다고 하였고, 능이도 같은 경향을 보이고 있다. 3개년도의 8월 22일부터 10월 31일까지의

Table 1. Monthly rainfall in the study area from 2000 to 2002.

Month	Year		
	Rainfall(mm)		
	2000	2001	2002
Aug.	271.0 (16)	25.0 (7)	647.5 (18)
Sep.	275.0 (14)	78.5 (5)	83.0 (11)
Oct.	30.5 (6)	109.0 (8)	39.5 (10)
Total	576.5 (36)	212.5 (20)	770.0 (39)

*() No. of days of rainfall

조사지역 월강수량의 합은 Table 1과 같다.

2000년도의 연간 강수량은 1130.5 mm이며 8월(271.0 mm), 9월(275.0)의 강수량이 많았고, 2002년도에도 연간 강수량이 1404.0 mm로 풍부하고 8월(647.5 mm)의 강수량이 많아 능이의 발생량도 많았다. 그러나 2001년도는 연간 강수량이 776.0 mm로 극히 낮았으며, 특히 대가뭄으로 8월과 9월에 총 103.5 mm 강수가 있어 토양수분도 평균 10.9%(골피지역), 15.3%(영봉지역)로 낮아 능이 발생량이 거의 없었다(Table 1, Table 2).

또한 2000년도는 8월 24일부터 9월 15일까지 23일 중 18일 동안 연속으로 강수가 있어 능이 발생량에 많은 영향을 미쳤으리라 생각된다. 오히려 2002년도는 8월에 강수가 집중되고 8월 말에서 9월말까지 3~4일의 간격으로 소량의 강수가 지속되는 경향(Fig. 1)을 보이고 있으며 이는 조사지역내의 토양수분을 일정하게 유지하고 있어 대기온도 및 지중온도의 영향에 따라 생산량에 많은 영향을

Table 2. Average soil moisture of study area.

Unit : %

	2000 (Young-bong)		2001 (Young-bong)		2001 (Gol-moe)		2002 (Gol-moe)	
	Colony	Non-colony	Colony	Non-colony	Colony	Non-colony	Colony	Non-colony
Max.	30.9	33.1	28.2	27.5	17.2	13.9	20.9	26.6
Min.	10.2	12.0	8.1	8.2	8.5	7.1	12.4	17.6
Avr.	16.8	19.5	15.3	16.7	10.9	9.1	14.2	20.4

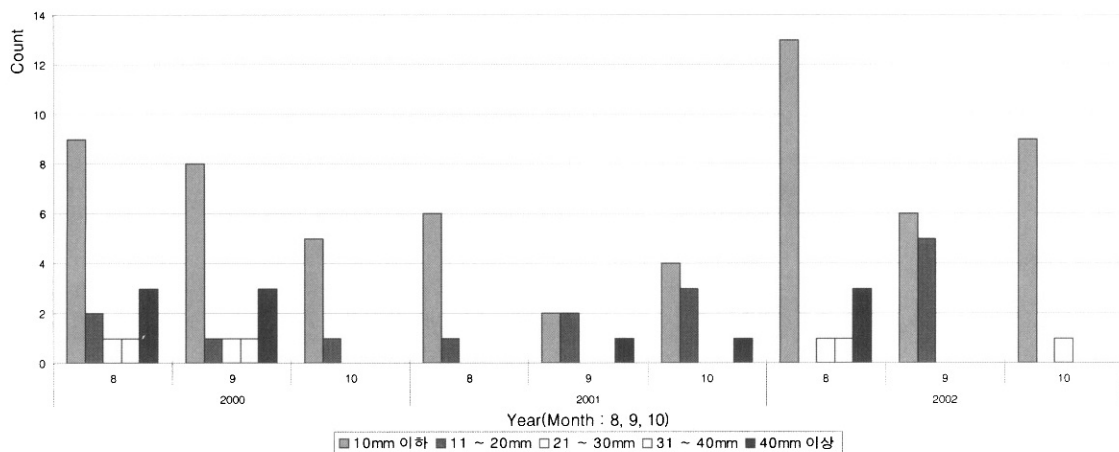


Figure 1. Monthly precipitation frequency in the study area.

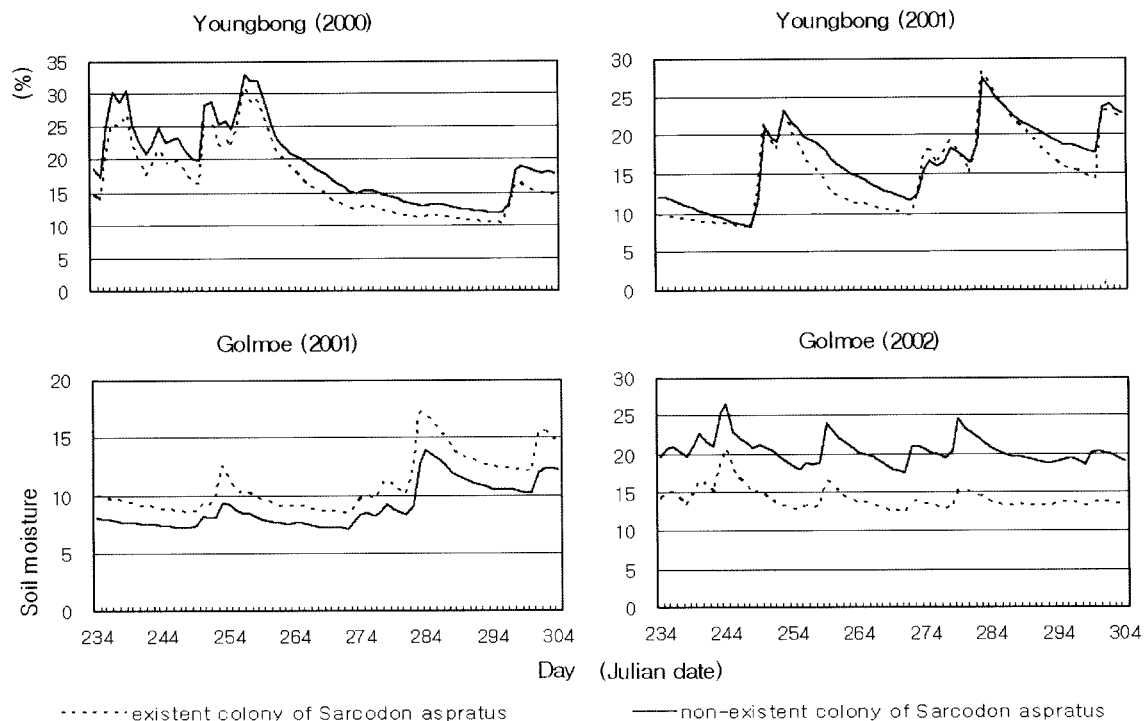


Figure 2. Change of daily mean soil moisture during *Sarcodon aspratus* yield.

미친것으로 생각된다.

토양수분의 영향은 능이 균사의 성장 및 자실체의 성장에 있어서 가장 중요한 인자중의 하나이며 강수에 영향을 받는다.

능이발생시기 이전부터 이후까지의 토양수분의 변화는 Figure 2와 같으며 조사지역의 평균 토양수분은 Table 2와 같다. 2000년 영봉지역의 발생지 평균토양수분은 16.8%이고 비발생지 평균토양수분은 19.5%로 비발생지의 평균토양수분이 2.7% 정도 높게 유지되고 있다. 2001년도의 발생지 평균토양수분은 15.3%(영봉), 10.9%(골피)이었고 비발생지 평균토양수분은 16.7%(영봉), 9.1%(골피)로 영봉지역은 비발생지의 평균토양수분이 1.5% 높게 유지되고 있으며, 골피지역은 발생지의 평균토양수분이 1.8% 높게 유지되고 있어 서로 다른 경향을 보이고 있다. 2002년 골피지역의 발생지 평균토양수분은 14.2%이고 비발생지 평균토양수분은 20.4%로 비발생지의 평균토양수분이 6.3% 높게 유지되고 있다.

3개년에 걸친 토양수분의 경향을 보면 능이 균환이 있는 발생지의 평균토양수분이 비발생지의 평균토양수분에 비하여 낮게 유지되고 있음을 알 수 있으며 송이 균환의 조사에서도 같은 경향을 보이고 있다. 이같은 경향은 균사의 성장시 토양사이의 공극을 차지하여 토양내에서 수분이 존재할 수 있는 공간이 적어진 것에 기인하는 것으로 생각되며, 또한 능이 균환이 성장을 위한 토양수분의 소모도 있다고 생각된다.

위와 같이 조사된 발생지와 비발생지의 토양수분의 차

이를 이용하여 현장조사시 토양내의 균사 및 균환의 위치 파악 가능성을 조사하였다. 현재까지 능이, 송이의 산지에서 균환의 유무를 확인하기 위한 방법으로는 직접 토양속을 파헤쳐서 확인하는 방법이 주로 이용되고 있는데, 이는 균사가 스트레스를 받아 자실체의 발생이 안되거나 소멸되는 문제가 있었다. 본 연구를 위한 조사과정에서는 휴대용 토양수분측정장비(CS620, Campbell Scientific Inc.)로 발생지와 비발생지의 토양수분의 차이를 이용한 균사와 균환의 위치파악이 어느 정도 가능하였으며, 향후 추가적인 연구 및 보완을 통하여 균사의 위치와 유무를 파악하는데 도움이 될 것으로 생각된다.

2000년과 2001년 영봉지역의 조사는 경사가 33°로 급하고 주변에 암석이 많이 분포하는 지형으로 강수에 따른 토양수분의 변화가 빠르게 진행되는 현상을 보여주고 있어 토양수분의 변이폭이 크게 나타나고 있다. 김상효 등(1986)도 강수후 토양수분의 변화양상을 구명하기 위한 연구에서 토양수분 함량은 경사가 심할수록 낮은 경향이 있으나 그 변화의 폭은 컸다고 밝히고 있다. 2001년 골피지역은 가뭄으로 인하여 10% 이하로 낮게 유지되고 있었으며, 능이 발생에 중요한 영향을 미치는 강수가 8월, 9월에 거의 없어 능이 발생이 없었다.

능이 발생량이 많았던 2000년(영봉)과 2002년(골피) 시기의 토양수분을 살펴보면 발생지 평균토양수분은 14% 이상, 비발생지 평균토양수분은 20% 이상으로 유지되고 있었으며 적절한 토양수분의 유지가 능이 발생량에 많은 영향을 미치고 있음을 알 수 있다.

2. 대기온도와 지중온도의 영향

조사기간 동안의 대기온도와 지중온도의 변화는 다음과 같다(Figure 3). 능이 발생 전후의 발생지 평균지중온도는 16.8°C이고 비발생지 평균지중온도는 16.5°C로 발생지의 평균지중온도가 0.3°C 높게 유지되고 있다. 4월부터 약 195일간의 자료에서도 발생지의 평균지중온도가 0.5°C 정도 높게 유지되는 경향을 보이고 있으며 이는 균사의

호흡열에 의한 온도상승으로 생각된다.

대기온도와 지중온도의 영향에서도 송이와 비슷한 경향을 보이는 것으로 판단되며 향후 보다 많은 데이터의 축적을 통하여 명확하게 구분 지어질 수 있을 것이다.

이태수 등(1999)은 우리나라에서 최저지온이 19°C 이하로 4-5일간 계속되면 저온 자극을 받아 송이의 원기가 생기고 이후 약 10일이 지나게 되면 송이가 발생하게 된다

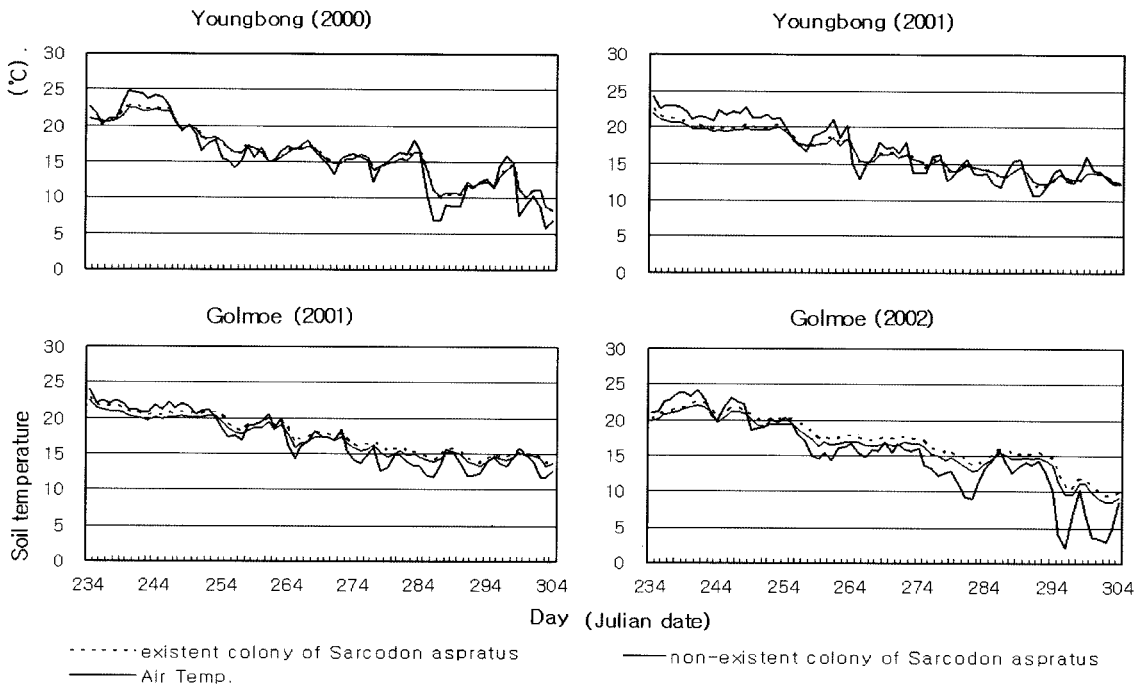


Figure 3. Change of daily mean air temperature and daily mean soil temperature during *Sarcodon aspratus* yield.

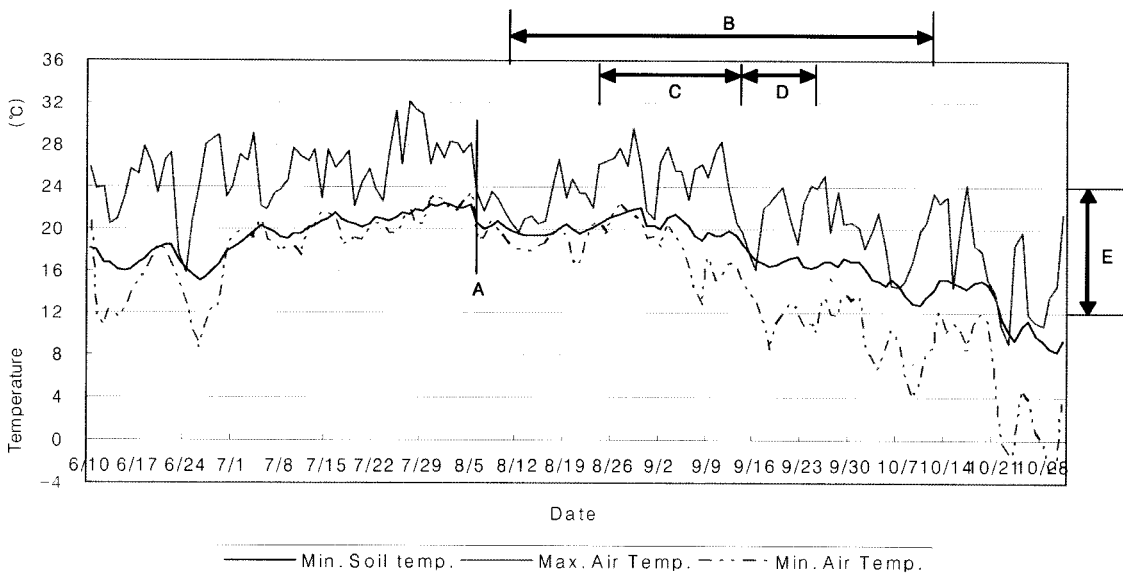


Figure 4. Change of Minimum soil temperature, Maximum air temperature and Minimum air temperature during *Sarcodon aspratus* yield.

- A : Starting point below 24°C(Max. Air Temp.)
- B : Period of *Sarcodon aspratus* yield
- C : Damage by high temp.
- D : Period of few growth *Sarcodon aspratus*
- E : Limits of temperature in *Sarcodon aspratus* yield

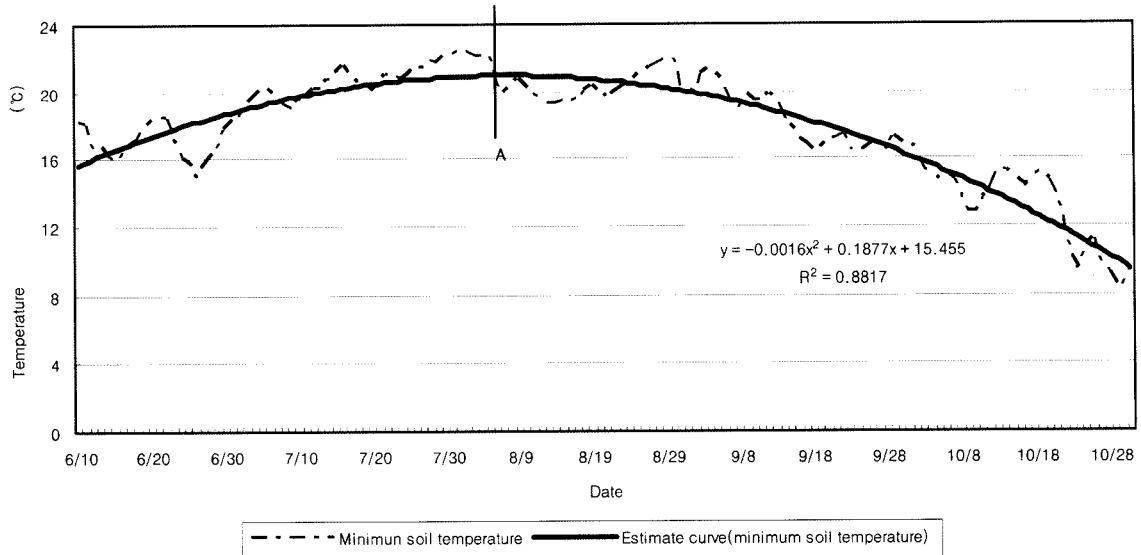


Figure 5. Change of minimum soil temperature and multinomial expression in 2002.

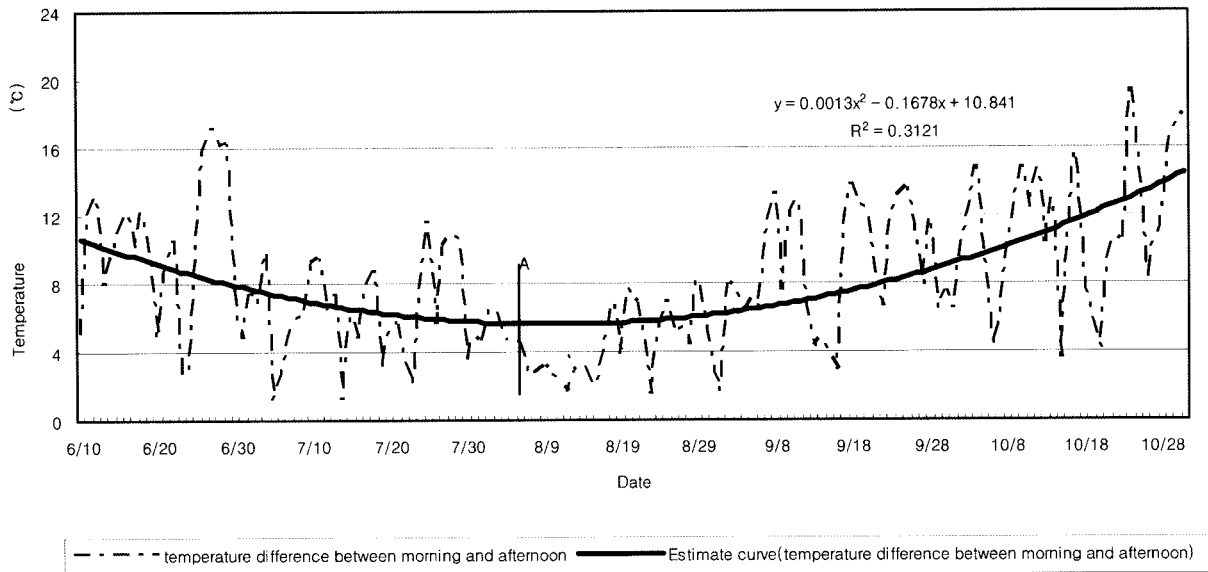


Figure 6. Change of temperature difference between morning and afternoon in 2002.

고 하였다. 富永(1975)과 강안석 등(1989)은 최고온도가 24°C 이하로 떨어지기 시작하고 최저온도가 12°C 이상을 유지할 때 송이의 원기가 형성되어 자실체로 되어 성장하는 것으로 보고 있다.

능이의 경우에도 2002년 8월 4일 이후 약 15일간의 지속적인 강수로 인하여 8월 6일부터 8월 17일까지 11일간 일최고온도가 24°C 이하로 유지되었으며 일최저지온은 20°C 이하로 유지되는 기간이었다(Figure 4. A, B). 이 기간 동안에 능이의 원기가 생성되고 능이의 발생이 시작되었을 것으로 예측되며, 실제로 8월 중순부터 활발한 능이의 거래가 이루어지고 있음을 능이 유통조사를 통하여 확인할 수 있었다(김홍은 등, 2002b).

능이의 발생 시기는 송이의 발생시기와 비슷한 경향을 보이며 8월말, 9월초에 발생이 시작되어 10월초에 종료되

는 것이 일반적이었다. 그러나 2002년의 경우에는 8월 초부터 능이의 발생이 시작되어 10월 초에 종료되어 과거의 경우보다 최초 능이 발생 시기가 앞당겨진 것을 알 수 있다(Figure 4). 이와 같은 경향은 최근 몇 년간 계속되고 있는 기상이변과 엘니뇨의 영향으로 기상이 고르지 못함때 기인한 것으로 판단되며, 이태수 등(1999)도 송이의 발생 시기가 일정하지 않고 변화가 많은 이유로 기상의 변화를 언급하고 있다.

8월 24일부터 9월 11일까지 일최고기온이 25°C 이상으로 유지되고 있고 최저지중온도 또한 20°C 이상을 유지하고 있다(Figure 4C). 이시기에 능이균사도 송이의 경우와 같이 고온장해의 영향을 받아서 능이의 원기발생에 많은 영향을 미쳤으리라 생각된다. 실제로 25°C 이상의 고온이 유지된 기간에 능이 원기의 생성이 없어서 이후 9월 중순

경에서 말까지 능이의 발생량과 유통량이 거의 없음을 현지조사를 통하여 확인할 수 있었다.

하지만 9월 12일부터 일최고기온과 일최저지온의 하락으로 인하여 능이의 원기발생을 다시 자극하였다고 판단되며 Figure 4의 D 시기 이후부터 다시 능이가 발생하고 있으며, 10월 초순경에 다시 많은 양의 능이가 거래되고 있었다.

10월 초 이후로는 일최고온도는 15°C이하로 일최저온도는 5°C 이하로 내려가 능이의 발생이 없었다. 이후 최저기온이 10°C 이상으로 오르면 10월 중순 이후에 능이 발생지 조사에서 원기가 생성되어 자실체가 발생한 것이 확인되었지만 기온의 급격한 하락으로 더 이상 크지 못하고 고사한 상태로 발견되었다. 10월 18일 이후 4일간의 강수의 영향으로 일최저기온은 5°C 이하로 일최저지온도 12°C 이하로 내려가 더 이상의 능이 발생은 없었다.

능이의 원기생성 및 자실체의 발생에 있어서 송이의 경향과 비슷하게 일최고기온과 일최저지온의 영향을 받는다고 판단되며, 다음의 Figure 5와 Figure 6은 능이발생 시작 시기의 추정하기 위하여 일최저지온과 일교차를 2차 다항식의 추세선을 이용하여 나타낸 것이다.

Figure 5의 그래프를 보면 일최저지온의 추세선이 증가에서 감소로 바뀌는 상한점(A) 부근에서 능이의 발생이 시작되었으며, Figure 6의 일교차 그래프에서는 추세선이 감소에서 증가로 변하는 하한점(A) 부근에서 능이의 발생이 시작되는 경향을 보이고 있었다. 향후 보다 많은 기간의 자료를 축적하여 정확한 영향을 규명하여야 할 것이다.

또한 능이발생의 종료시점은 일최저기온에 영향을 받는다고 생각되며 일최저기온 5°C이하 일최저지온은 12°C 이하로 내려가면 능이의 발생이 더 이상 없는 것으로 확인되었다. 비슷한 균근성버섯인 송이에서도 구창덕(2000)은 월악산 지역에서 10월 16일 이후 5°C 이하로 낮아지면 송이의 발생이 없었다고 하였으며, 이태수 등(1999)도 송이증수 및 인공재배 연구에서 최저기온이 12°C 이상에서 송이가 발생하고 6°C 이하에서는 휴면에 들어간다고 하였으며 능이에서도 비슷한 경향을 보이고 있다.

본 연구를 통하여 능이의 발생과 관련한 인자들 중에서 토양수분과 기온이 능이의 발생에 얼마나 많은 영향을 미치는지 확인할 수 있었다. 향후 능이와 관련한 다양한 기상인자들의 자료수집이 지속되어야 할 것이며, 현재까지의 연구결과를 바탕으로 하여 이런 인자들이 능이발생에 미치는 영향 또한 자세히 규명되어야 할 것이다. 이를 토대로 지속적인 능이의 발생과 증산을 위해서 고온장해를 피하기 위해서 지온의 유지와 토양수분의 유지를 위한 적절한 관수시점의 규명도 필요할 것이다.

감사의 글

이 연구를 수행함에 있어 현장조사와 많은 조언을 주신 월악산 연습림 현장사무소 라문흠, 박동근 주사님과 송계리 박호철님과 마을 주민 여러분께 깊은 감사를 드립니다.

인용문헌

1. 강안석, 차동열, 김양섭, 박용환, 유창현. 1989. 송이 (*Tricholoma matsutake*)생산과 관련된 기후특성분석. 한국균학회지. 17(2):5 1-56.
2. 구창덕, 김재수, 박재인, 강강현. 2000. 송이와 소나무간의 공생관계에서 외생균근의 시-공간적 구조변화. 한국임학회지. 89(3): 389-396.
3. 구창덕. 2000. 송이생산과 소나무 연륜생장과의 상관관계. 한국임학회지. 89(2): 232-240.
4. 김상효, 박창서, 유관식, 오동식, 엄기태. 토양수분에 대한 경사의 영향. 한국토양비료학회 춘계학술발표회. p. 33.
5. 김양섭. 2004. 한국의 버섯-식용버섯과 독버섯. 농촌진흥청 농업과학기술원. 467pp.
6. 김홍은 외. 2001. 능이의 임지재배 기술 및 기능성 개발. 충북대학교 농과대학. p. 7-13.
7. 김홍은, 구창덕, 김재수, 박재인, 신원섭, 신창섭. 2002a. 참나무 임분 토양내 능이 외생균근 집단의 생태적 특징. 한국임학회지. 91(4): 457-464.
8. 김홍은 외 16인. 2002b. 능이의 임지재배 기술 및 기능성 개발 최종보고서. 충북대학교. p. 46-50.
9. 박완희. 2003. 버섯. 교학사. 287pp.
10. 박재인, 구창덕, 김홍은, 신원섭, 신창섭, 김재수. 2000. 제1능이, 능이의 생태. 한국임학회 학술연구발표논문집. p.225-228.
11. 성재모, 유영복, 차동열. 1998. 버섯학. 교학사.
12. 이상희, 김재수, 박재인, 구창덕, 김홍은, 신창섭. 2002. 능이 발생지에서 토양수분의 변화. 한국임학회 학술연구발표논문집. p. 218-220.
13. 이태수 외. 1999. 송이증수 및 인공재배 연구. 임업연구원. p.81-89.
14. 조덕현. 2001. 버섯. 지성사.
15. 조덕현, 이경준. 1995. 29개 지역의 10년간 송이발생림의 기상인자와 송이발생량과의 상관관계. 한국임학회지. 84(3): 277-285.
16. 富永保人. 1976. 松栢の生活史と栽培法に關して. 廣島農業研究. 12: 19-39.
17. Campbell Scientific, Inc. 1997. PC208W Datalogger Support Software Instruction Manual.
18. D.M. Beyer, K.M. Lomax and R.B. Beelman. 2000. The use of Time Domain Reflectometry to monitor water relations in mushroom substrate and casing. Science and Cultivation of Edible Fungi. p. 341-348.