

뽕잎으로 사육한 누에유충 및 생번데기를 이용한 안정·간편 동충하초 생산기술개발

이상몽 · 박상봉 · 이호웅 · 장창식 · 박남숙

(밀양대학교 잠사곤충생물학과)

Development of Simple and Stable Production of Silkworm Vegetable Wasp
and Plant Worm(Dongchoonghacho, 冬虫夏草) using Silkworm Larvae and
Pupae Reared with Mulberry Leaves.

Sang-Mong Lee · Sang-Bong Park · Ho-Oung Lee · Chang-Sic Jang ·
Nam-Sook Park

Dept. of Sericultural and Entomological Biology, Faculty of Agriculture, Miryang
National University

적 요

보다 안정적이고 간편한 누에 동충하초 생산방법을 개발하기 위해 뽕잎으로 사육한 누에 5령유충 및 살아있는 번데기를 실험재료로 사용하여 실험한 바 다음과 같은 결과를 얻었다.

1. 살아있는 누에 5령 유충을 이용하여 누에 번데기 동충하초로 생산할 경우 5령기잠(起蠶) 10시간 이내에 108/ml개의 포자농도로 분무접종방법에 의거 28°C, 95% R.H.하에서 3회 급상 18시간 보호하는 것이 가장 성적이 우수하였다.
2. 번데기 시기에 종균접종하여 누에 번데기 동충하초를 생산할 경우의 가장 좋은 방법은 번데기 4~6일째 포자농도 10⁸ 포자/ml의 종균액을 분무 또는 침지하는 접종방법이었다.
3. 누에 품종별 동충하초 생산성은 매우 근소한 차이가 인정되었으나 품종의 선택은 잠기 및 사육조건에 따라 유연하게 결정되어야 할 것이다.

1. 서론

冬虫夏草라는 이름은 원래 中國에서 생겼으며 “겨

울(冬)은 벌레(虫)의 형태로 있다가 여름(夏)이면 풀(草)로 변한다”라는 생각으로부터 나온 것이다. 이같이 원래의 동충하초라는 이름이 붙여진 중국산 동충하초는 나비목(鱗翅目: Lepidoptera), 박쥐나방과

(Family Hepialidae)의 박쥐나방(*Endoclyta excrescens*: 申 등, 1994)의 유충에 발생하여 중국의 興地, 四川, 雲南, 青海, 甘肅, 貴州, 湖北, 浙江 등의 이름난 성(省)과 티베트로부터 네팔, 히말라야의 高山地帶 및 海拔 3,000~4,000m의 고원에 자생하고 있다(淸水, 1994, 1997).

이와 같이 동충하초라는 명칭은 본래 중국 특산 동충하초인 *Cordyceps sinensis* 종에 붙여진 이름이었으나 현재는 昆蟲, 거미, 菌類와 일부 고등 식물의 열매에 발생하는 종도 포함하여 동충하초로 총칭하고 있는 것이다(淸水, 1994; 淸水, 1997).

자연계에 자생하는 동충하초는 약 800여종으로 알려져 있으며(成 등, 1998) 이들 중 버섯을 형성하는 것은 대부분 자낭균강(Ascomycetes), 맥각균목(Clavicipitales), 맥각균과(Clavicipitaceae)에 속하는 *Cordyceps* 屬 등 8개 속(①*Cordyceps* ②*Podonectrioides* ③*Torubiella* ④*Shimizuomyces* ⑤*Sphaeracordyceps* ⑥*Wakefieldiomyces* ⑦*Necocordyceps* ⑧*Atricordyceps*)이며 그 종수는 세계적으로 400종 정도이다(成 등, 1998; 淸水, 1994, 1997). 이들 중 한국에서 78여종(成 등, 1998; 成, 1996)이, 일본에서 300여종(淸水, 1997)이 각각 보고되었다.

이들 동충하초는 옛부터 不老不死 強精強壯의 秘藥으로, 또 結核, 黃疸, 慢性喘息, 慢性氣管支炎, 慢性腎炎, 腰痛, 慢性貧血에서부터 항균작용, 抗腫瘍性抗암작용)에 대해서도 높은 약리효능이 증명되고 있으며 그 주요성분은 cordycepin, 冬虫夏草酸, 여러가지 多糖類, 비타민 D의 前驅體인 ergosterol 및 과산화물(peroxide) 등이다(淸水, 1997).

특히 *Paecilomyces japonica* 동충하초균주를 살아있는 누에유충에 접종하여 생산한 누에번데기 형태의 동충하초는 항암, 면역증강 및 항피로작용이 뛰어나고(신, 1999), 항노화효능도 우수하며(최, 1999), 20세기 인류 최대의 공포의 병인 후천성 면역결핍증(AIDS: Acquired Immunodeficiency Syndrome)을 일으키는 HIV(Human Immunodeficiency Virus)에 대해서도 활성억제효능이 뛰어난 것으로(송, 1999) 보고되고 있다.

최근 이와 같이 약리성이 뛰어난 동충하초를 인공

적으로 대량생산할 수 있는 방법을 농촌진흥청이 개발하여 농가에 보급중이며, 이와 관련된 연구가 최근 많아지고 있다(이·박, 1998; 이등, 1998; 조등, 1999).

기존의 보급된 방법은 누에의 5령 기잡에 동충하초균을 분무·접종한후, 접종된 그대로 24시간 동안 고온다습(26~30°C, 95% R.H.) 환경에서 누에를 보호하여 중균포자가 발아하여 누에 체내로 감염되도록 한 후 그 이후는 정상적인 사육 온·습도(22~23°C, 65~70% R.H.)로 5령 누에를 사육하는 방법이다. 유충사육이 끝난후에는 고치를 수건하여 절개, 번데기를 꺼내어 동충하초균이 감염된 것으로 판정되는 번데기(번데기 내부가 내생균핵으로 가득차 딱딱하게 굳은 상태의 번데기를 말함)만을 골라 24~25°C에서 동충하초의 자실체 형성을 유도한다. 그래서 이 방법에 의해 생산된 동충하초는 번데기에서 자실체가 나오므로, 누에번데기 동충하초가 되는 것이다. 이와 같이 동충하초를 생산하는 방법이 우리나라에 있어서 1998년부터 전국의 양잠농가에 보급중이나 때로 실패하는 농가가 급증하는 경우도 있어 보다 안정적이고 누에의 생리를 최대한으로 고려한 누에동충하초 생산기술개발이 필요하다고 생각한다.

이와같이 기존의 누에동충하초생산방법은 5령 기잡 10시간째 포자농도 10⁶포자/ml로 누에체표면에 분무한후 26~30°C에서 비교적 장시간인 24시간 동안 1회의 급상만으로 95% R.H. 조건에서 균접종이 실행되므로서 누에의 생리를 해치기가 쉽고 또 다른 곰팡이균의 감염을 촉진할수 있다. 그러므로 이러한 문제점은 정상적인 급상조건(3회/1일)하에서 고온다습 노출시간을 최소화함으로써 다소 극복 가능할 것이다. 또한 고치수확 후 누에유충이 아닌 생번데기를 이용, 무균적으로 균접종을 시도하면 보다 안정적이고 간편한 누에동충하초생산이 가능하리라 생각되어 본 연구에서는 살아있는 누에유충과 누에번데기를 이용하여 안정·간편 동충하초 생산방법을 연구 검토하여 약간의 결과가 얻어졌다.

II. 재료 및 방법

1. 공시재료

가. 공시누에

본 실험에 사용된 누에품종은 잠107×잠108(칠보잠), 잠123×잠124(백옥잠), 잠125×잠126(대성잠), 잠125×잠140(금옥잠)이었다.

나. 공시균주

공시동충하초균주는 *Paecilomyces japonica*였으며 균집중포자농도는 10⁶포자/ml였다.

다. 실험배지

균주의 배양 또는 증식에 사용한 배지는 PD 또는 PDA 배지였고 접종시 사용한 배지형태는 PD 또는 현미배지였다.

2. 실험방법

가. 누에의 사육

누에의 사육은 농촌진흥청 농업과학기술원 잠사곤충부의 “누에사육표준”에 준하여 약간의 변경된 사육방법을 사용하였다. 즉 1~2령은 보습방건지 상자육으로, 3령은 무보습방건지상자육으로, 4~5령은 잠박육으로 하였다. 사육온습도는 1~2령은 26~27°C, 85~90% R.H., 3령은 25°C, 80% R.H. 4~5령은 22~23°C, 70~75% R.H.에 준하도록 하였다.

누에사육뽕은 밀양대학교 실습포장에서 재배한 개량뽕을 사용하였으며 항상 신선한 뽕을 누에에게 주었다.

나. 5령 유충기의 동충하초균집중시 급상조건과 다습노출적정시간규명시험 처리구 설정

대조(T1)는 5령 기잠 10시간째 균집중하여 24시간 동안 28°C, 95% R.H.에서 1회급상한 처리구이며, 처리구 2(T2), 처리구 3(T3), 처리구 4(T4)는 각각 5령 기잠 10시간째 균집중하여 28°C, 95% R.H. 조건에서 3회 급상하면서 고온다습 노출시간만을 24시간(T2),

18시간(T3), 12시간(T4)으로 하여 T1처리구와 다르게 하였다. 또한 처리구5(T5)는 처리구2(T2)의 조건에 온도만을 25°C로 조정하였고 처리구6(T6)은 처리구1의 조건에 온도만을 25°C로 조정하였다.

다. 누에번데기시기에 동충하초균의 접종에 의한 안정·간편 동충하초 생산 기술개발을 위한 실험 조건

누에번데기의 발육시기별(P0, 번데기화 당일: P2, 번데기 2일: P4, 번데기 4일: P6, 번데기 6일: P8, 번데기 8일: P10, 번데기 10일)로 종균액의 번데기 분무, 침지, 번데기 주사의 방법으로 실험구를 설치. 번데기의 발육단계 중 어느 시기가 균접종을 위한 적기인지 그리고 어떤 접종방법이 동충하초 생산성이 좋은지를 검토하였다. 번데기 주사접종의 경우 균접종 전에 70% 알콜액으로 번데기 피부를 간단히 소독한 후 1회용 1ml 주사기로 개체 당 10⁶포자/ml개의 포자농도를 가진 종균액을 100μl씩 주사하였다. 주사 후는 27~28°C, 70%의 배양조건에서 약 7일 동안 보호하여 내생균핵이 형성되면 18~20°C, 90% R.H. 조건에서 자실체 형성을 유도하였다. 침지의 경우 번데기 몸체가 잠길 정도의 종균액에 약 1분간 침지한 뒤 소형의 플라스틱 상자에 넣어 27~28°C, 90% R.H. 조건에서 약 7일간 보호함으로 내생균핵을 형성시켰다. 그후는 18~20°C, 90% R.H.에서 자실체 형성을 유도하였다.

분무의 경우 종균액이 번데기 피부에 충분히 젖을 수 있을 정도로 분무하였으며 이후의 과정은 침지접종의 경우와 동일하였다.

라. 누에품종별 동충하초 생산성 비교

공시한 4개 품종에 대해 화용 4일째 번데기에 대해 종균액의 주사, 침지, 분무의 방법에 따라 접종하였으며 주사의 경우 개체당 100μl씩 주사하였다. 품종별 우·상 각 15두씩 총 30두×2 반복으로 처리구를 설정하였다. 종균접종후 보호조건은 24~25°C, 75~80% R.H. 였다.

III. 결과 및 고찰

1. 5령 누에유충에 대한 동충하초균의 접종시 급상조건 및 다습노출시간의 장단과 동충하초 생산성

누에 5령 1일째 유충에 대한 처리별 감염율, 동충하초 1개 무게 및 20,000두당 동충하초 생산량 및 동충하초 자실체 형성과정은 그림 1, 2, 3, 4와 같다. 처리방법별 동충하초균의 접종 후 감염비율의 높은 순위는 T3>T2, T4>T1(대조구)>T6>T5이었다. 즉 고온다습에 대한 5령 누에의 노출시간을 기존의 24시간에서 18시간 이하로 줄이면 감염률이 올라감을 알 수 있다. 즉, 누에 생리를 최대한 보장하면서 균의 감염이 잘 될 수 있는 조건일 것으로 생각된다. 또한 동일접종방법내에서 급상회수는 1회 급상보다 3회 급상(T2)이 감염율, 생산량 및 체중이 우수함을 알 수 있다.

그러나, 접종시기 온도를 28C에서 25C로 내린 T5와 T6처리구의 감염율은 상당히 떨어졌다. 그러므로 고온다습 조건을 유지하되 처리시간을 단축하는 것이 동충하초균의 감염률을 높힐 수 있는 방법이라 생각된다. 각 처리구별 동충하초 생산성(Kg/20,000

두)을 보면 T3 처리구가 동충하초의 개체별 중량(1.46g: 그림 3)과 소잡된 누에 20,000두(1상자 분량임)당 동충하초 생산량이 21.7Kg으로(그림 4) 공시방법 중 가장 높았다.

또한 상기의 6개 처리구 모두 동충하초균이 감염된 개체로부터의 자실체 형성율은 모두 100%이었으며 접종 후 자실체 형성시까지의 소요일수는 31일로서 처리간에 변이가 없었음을 밝혀둔다.

2. 동충하초균의 살아있는 누에번데기 접종에 의한 동충하초 생산방법 개발

동충하초균액을 누에유충이 아닌 누에번데기 시기의 발육시기별로 주사, 침지, 분무의 방법으로 균접종했을때의 감염율 및 동충하초 생산량 등은 표 1과 같다.

누에동충하초를 산업적 또는 기타의 목적으로 대량생산함에 있어 현행의 5령 누에유충기잡에 대한 균접종방법은 균접종시 1일정도의 고온다습(26~30C, 90~95% R.H.) 접촉과 급상회수의 축소(3회급상을 1회로 줄임)등에 따른 5령 누에 생리 장애유발 및 다른 유해균의 감염가능성 증가로 인한 잠작의 불안정을 초래할 수 있어(실제로 유충접종방법은 사육환경, 농민의 사육기술에 따라 잠작의 불안정 가능성의

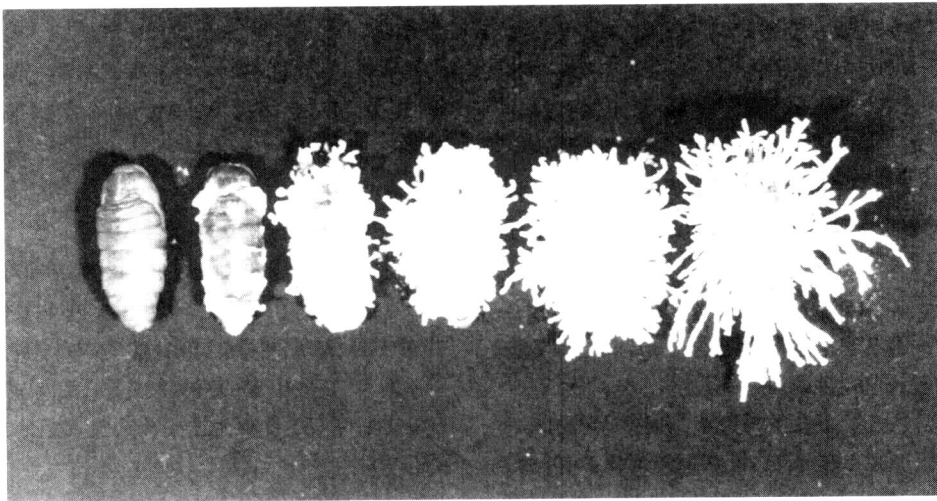


그림1. 누에 유충에 동충하초균을 접종하여 자실체가 형성되기까지의 과정

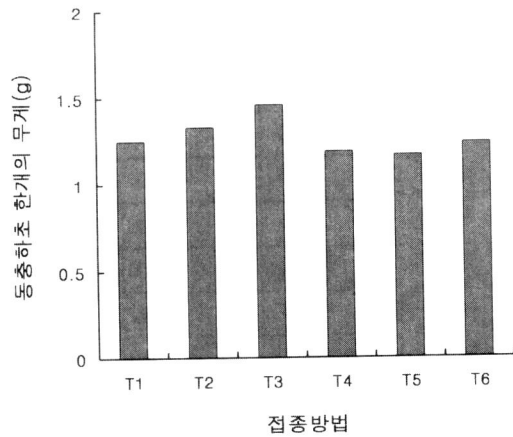
차이가 심함) 유충사육을 정상적인 사육환경에서 행하여 상족·수견한 후 번데기를 고치로부터 꺼내어 살아있는 상태의 누에 번데기를 사용. 균집종방법도 주사, 침지, 분무의 방법을 적용. 보다 안정적인 동충하초 생산방법을 검토하였다.

번데기 개체당 100μl의 종균액을 몸체주사한 경우의 감염율을 누에번데기 당일(P0)부터 번데기 10일(P10)까지의 시기에는 88~100%이었으며 그 중에서 번데기 4일째가 다른 시기보다 가장 높은 100%이었다.

동충하초 자실체 무게(번데기부분 + 자실체부분)는 번데기 시기별로 변이가 있으나 본래의 실험개체 번데기의 체중차이에 기인한 것으로 풀이되므로 큰 의미는 찾기 힘들다. 자실체 형성소요기간은 집종번데기 시기별로 16~24일까지 변이가 심하였으며 번데기 4일째가 가장 짧은 16일이었다. 상자 당 동충하초 생산량은 번데기 8일째 주사구가 31Kg으로 가장 높으나 이때의 동충하초는 번데기 체내의 완성란이 가득차 효용가치가 떨어지므로(표에는 나타나지 않았

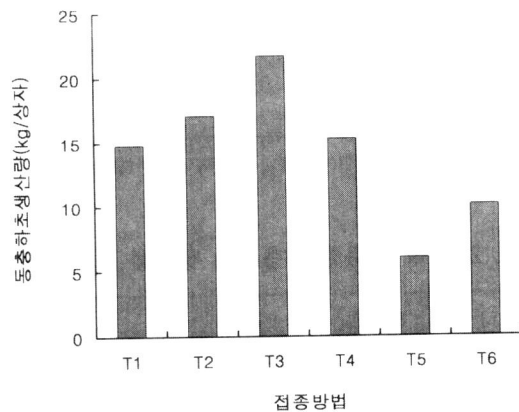
음) 예외로 하면 번데기 4일째 집종구가 24.6Kg으로 가장 높았다.

발육시기별 번데기를 종균액에 침지한 경우의 감염률은 0~100%까지 변이가 심하였고 번데기 2일째(P2)가 100%로 가장 높았고 번데기 4일 및 6일째(P4와 P6)가 각각 96.7%로 P2 처리구와 거의 동일한 수준이었다. 특히 번데기 8일 이후는 감염률이 급



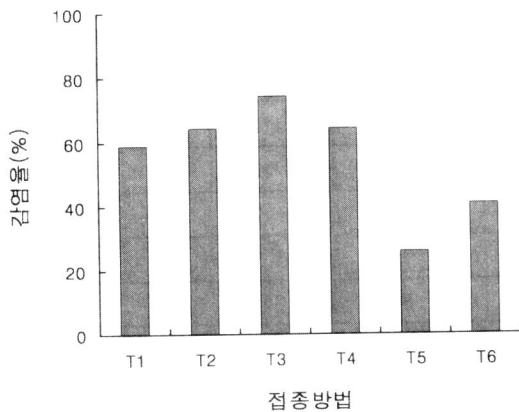
법에는 그림 1 참조 바람.

그림3. 5령 누에 기잠에 대한 동충하초균의 집종방법에 따른 동충하초 1개의 무게



동충하초 생산량은 소잠 20,000두의 개미누에에 대한 추정계산 생산량임. 법에는 그림 1 참조 바람.

그림4. 5령 누에 기잠에 대한 동충하초균의 집종방법에 따른 동충하초 생산량



T1(대조구), 기잠 10시간째 균집종하여 28℃, 95% R.H.에서 24시간동안 보호하였으며, 급상은 1회 행함. T2, 기잠 10시간째 균 집종하여 28℃, 95% R.H.에서 24시간 동안 보호하였으며 급상은 3회 행함. T3, 10시간째 균 집종하여 28℃, 95% R.H.에서 18시간 동안 보호하였으며 급상은 3회 행함. T4, 기잠 10시간째 균집종하여 28℃, 95% R.H.에서 12시간 동안 보호하였으며 급상은 3회 행함. T5, T1 처리에 온도만 25℃로 조정하였음. T6, T1 처리조건에 온도만 25℃로 조정하였음.

그림2. 누에 기잠에 대한 동충하초균의 집종방법에 따른 감염률

속히 떨어졌고 번데기 10일째(P10, Pharate adult시기)는 0%로 감염개체가 없었다. 자실체 형성소요기간은 21~24일 정도로 큰 변이는 없었다. 상자 당 동

충하초 생산량은 접종번데기 시기에 따라 변이가 심하였으며 번데기 2일 및 4일째(P2와P4)가 26~27Kg으로 가장 높았다.

표 1. 동충하초균의 살아있는 누에 번데기 접종에 의한 누에 동충하초생산결과

조사항목 처리시기	처리방법	감염율 (%)	자실체 형성률(%)	자실체무게 (g/개)	자실체형성 소요기간(일)	생산량 (kg/상자(2만립))
P0	주사	88.3	100	1.32	19	23.3
	침지	68.3	100	1.07	21	14.6
	분무	30.0	100	1.25	24	17.5
P2	주사	96.7	100	1.12	18	21.7
	침지	100	100	1.07	27	21.4
	분무	100	100	1.21	26	24.2
P4	주사	100	100	1.23	16	24.6
	침지	96.7	100	1.35	26	26.1
	분무	98.4	100	1.38	23	27.2
P6	주사	90.0	100	1.28	24	23.0
	침지	96.7	100	1.42	24	27.5
	분무	90.0	100	1.38	24	24.8
P8	주사	98.4	100	1.58	22	31.1
	침지	46.7	100	1.39	23	13.0
	분무	41.7	100	1.46	23	12.2
P10	주사	80.0	100	1.41	21	22.6
	침지	0.0	0	-	-	-
	분무	0.0	0	-	-	-

법례:P0, 번데기화 당일; P2, P4, P6, P8, P10,번데기 2,4,6,8,10일째를 말함

표 2. 누에 품종별 동충하초 생산성 비교시험(99. 늦가을)

품종명	접종전 번데기 무게(g)	내생균핵 형성기간 (일)	자실체				감염율 (%)	생산량 (kg/상자 (2만립))	번데기 체중감량 비율(%)
			형성소요 기간(일)	무게(g)	길이(cm)	수(개)			
백옥잠	1.09	9	31	0.97	5.0	30	100	19.4	11.0
사성잠	1.19	10	31	1.17	4.3	39	93.3	21.8	1.7
양원잠	1.06	10	31	1.04	3.0	42	93.3	19.4	1.9
금옥잠	1.17	9	31	1.11	4.9	39	96.7	21.5	5.1

한편 발육시기별 누에번데기에 종균액을 분무접종한 경우의 감염율은 처리구에 따라 변이가 심하였으며 P2 및 P4 처리구가 각각 100%, 98.4%로 매우 우수하였다. 자실체 형성소요기간은 23~26일 정도로 큰 변이는 없었다. 상자 당 동충하초 생산량은 7.5Kg에서 27.2Kg까지 변이가 심하였으며 번데기 4일(P4)이 27.2Kg으로 가장 높았다. 이상의 결과에서 ①기존의 누에고치 수확시기(상족 후 7~8일경: 번데기 3~5일에 해당함) 등을 고려할 때 동충하초균 접종시기는 번데기 4~6일 사이가 적당한 것으로 생각되며 번데기 4~6일의 범위내에서는 되도록 빠를수록 좋다. ②접종방법 즉 주사, 침지, 분무 중 ①항의 범위내에서는 어느 방법도 가능하나 접종노력, 난이도 등 제반조건을 비추어 볼 때 분무 또는 침지의 방법이 추천할 만하다.

3. 누에품종별 동충하초 생산성 비교시험

4개 누에 장려품종의 품종별 동충하초 생산성을 비교한 결과는 표 2와 같다. 다음의 결과는 번데기 4일째에 종균을 분무 접종한 것이다.

누에 품종별 내생균핵 형성기간은 4개 품종 모두 9~10일로 큰 차이는 없었으며 자실체 형성소요기간(접종후 자실체 형성까지의 기간)도 품종간에 차이가 없었다. 자실체의 길이와 수는 서로 상관관계가 있어 길이가 길면 수가 적어지고 길이가 짧으면 수가 많아지는 경향을 보였다. 자실체의 길이는 4개 품종 모두 3cm이상으로 품질면에서는 문제가 되지 않았다.

특히 중요한 감염비율은 백옥잠이 100%로 가장 높고, 그 다음이 금옥잠으로 96.7%, 사성잠과 양원잠은 93.3%로 서로 차이가 없었으나 4품종 중 가장 낮았다.

품종별 소잠 20,000두(상자분)당 동충하초 생산량은 사성잠이 21.8Kg으로 가장 높고 그 다음이 금옥잠 21.5Kg, 백옥잠 및 양원잠 19.4Kg으로 품종에 따라 약간의 차이를 보였다. 이러한 차이는 품종자체의 생산력, 동충하초균에 대한 감염감수성, 사육기술 및 사육

잡기에 따라 상당히 달라질 것으로 생각된다.

한편 번데기 체중의 감염비율(동충하초 접종시의 체중에 대한 접종시 번데기 체중과 동충하초 완성시의 체중차이의 백분율)은 품종에 따라 변이가 매우 심하였으며 품종상호간에 최소 2.2배, 최고 6.5배의 차이가 보여 매우 흥미로웠다.

이상의 결과에서 누에 품종별 동충하초의 생산성 차이는 매우 근소한 것으로 판단되나 품종의 특성을 고려, 잡기와 사육방법에 맞는 품종을 선택해야 할 것이다.

인용문헌

- 1) 최진호(1999), 누에동충하초의 항노화효과, 제1회 국제동충하초 심포지엄, p. 83~98.
- 2) 조세연(1999), 누에동충하초의 대량생산 및 보급현황, 제1회 국제동충하초 심포지엄, p. 73~82.
- 3) 조세연·지상덕·임수호·정이연·남성희·이선영·방기호·송병현·우경희·이효순(1999), 누에동충하초 생산 및 유용물질개발(누에동충하초 국내 우수균주 수집 및 대량생산기술개발), 농촌진흥청 대형공동연구사업 연구보고서, p. 3~67.
- 4) 이상몽·이규영·이호웅·박상봉·장창식(1999), 누에유충동충하초 생산방법개발, 밀양대농기소보, 제3권 제3호: 115~119.
- 5) 이상몽·박남숙(1998), 동충하초균(Paecilocyces japonica)의 누에번데기 발육시기별 접종에 따른 감염율의 변동양상, 밀양대 농기소보, 제2권: 79~83.
- 6) 이상몽·박남숙·이호웅·조세연·성수일·문제유·김두호(1998), 종균의 주사에 의한 작잠번데기 동충하초 생산, 한잠학지, 40(2): 176~179.
- 7) 신주현(1999), 누에동충하초(*P. japonica*)의 항암,면역력 증강 및 항피로 작용, 제1회 국제동충하초심포지엄, p. 21~33.

- 8) 신유황 · 윤일범(1994), 한국곤충명집, 한국곤충학회 · 한국응용곤충학회, p. 313 ~ 389.
- 9) 송성규(1999), J-300 동충하초의 항 AIDS효과, 제1회 국제동충하초 심포지엄, p. 83 ~ 98.
- 10) 성재모(1996), 한국의 동충하초, 교학사.
- 11) 성재모 · 유영복 · 차동열(1998), 버섯학, 교학사.
- 12) 清水大典(1997), 冬虫夏草圖鑑虫, 誠文堂新光社.
- 13) 清水大典(1997), 冬虫夏草圖鑑虫, 家の光協會.