

靈芝의 非子實體性 擔子胞子の 形成에 미치는 光의 영향

申寬澈·徐健植

忠南大學校 農科大學 農生物學科

Effect of Light on the Formation of Non-Basidiocarpous Basidiospores of *Ganoderma Lucidum*

Gwan-Chull Shin and Geon-Sik Seo

Department of Agriculture Biology, College of Agriculture,
Chungnam National University, Taejeon 305-764, Korea

ABSTRACT: *Ganoderma lucidum* formed uniquely non-basidiocarpous basidiospore (NBB) from the aerial mycelia on agar media without the normal basidiocarps. Light was necessary for NBB formation. Best sporulation was obtained at the periodic exposure of 16 hour light and 8 hour darkness for more than 8 days. Effective wave length was blue and yellow but non sporulation was induced by near U.V. light. Effective light intensity for NBB bearing appeared to be about 1,000 Lux as white light. Photomorphogenetic responses in *Ganoderma lucidum* were clearly different among strains of the fungus.

KEYWORDS: *Ganoderma lucidum*, NBB formation, Light

Ganoderma lucidum (靈芝버섯)은 闊葉樹의 枯死木 또는 榻榻地에서 培養할 때 2核 菌絲로부터 정상적으로 子實體를 形成하고 擔子胞子를 방출한다. 그러나 한천배지나 액체배지에서 靜置 培養한 氣中菌絲에서는 子實體가 形成되기도 하나 basidial stroma 상의 菌絲組織이 形成되고 그 표면에 위치한 菌絲의 頂端細胞가 擔子器로 分化되어 정상적인 子實體 없이도 非子實體性 擔子胞子 가 形成되었다(申 등, 1988).

버섯류의 子實體 및 擔子胞子 形成에 있어서는 遺傳的 條件, 溫度, 濕度, 光, CO₂, 營養 등 여러 가지 要因이 關여하는 것으로 밝혀졌고, 그 중에서도 光은 *Agaricus* spp. 를 제외한 대다수 버섯류의 生殖生長 誘導 및 形態 形成에 필수적인 要因으로 作用한다(Eger, 1963; Esser, 1977; Manachere, 1980; Raudaskoski, 1982). *Coprinus congregatus* 는 子實體 原器 形成단계에서 光을 필요로 하며 그 다음 暗條件에서 子實體가 正常的인 生長을 하며 연속 光이나 연속 暗狀態에서는

子實體는 발육되지 않으며(Manachere, 1970), 이와 유사한 현상이 *Coprinus ciceris* 에서도 確 認되었다(Ballou 등, 1985).

Raudaskoski(1982)에 의하면 *Schizophyllum commune* 을 暗狀態에서 배양 후 연속 光치료를 하면 24時間 後 子實體가 形成되는데 分化의 첫 단계는 8~12시간 光照射 후 일어난다고 한다. Raudaskoski(1982)는 *S. commune* 이 단시간 光照射 후 연속 暗狀態로 둘 때 子實體를 形成하였음을 보고하였다. *Pleurotus* spp., *Flammulina velutipes*, *Lentinus edodes* 등 다수의 栽培버섯이 子實體 形成시 光을 요구함이 많은 연구자들에 의하여 확인되었다.

버섯류 뿐만 아니라 자낭균, 조균, 불완전균류의 胞子形成에 있어서도 光이 關여한다는 연구가 많다. Leach 등(1963, 1965, 1966)은 근자외선 광(Near U.V. light)이 *Ascochyta pisi* 의 胞子 形成에 가장 효과적임을 보고하였고 Honda (1969)는 *Helminthosporium oryzae* 의 胞子는

Near U.V. 照射 후 暗處理를 해야 形成되는데 Near U.V. 도 分生子柄 形成 후에 處理하면 孢子 形成을 抑制함을 밝혔다. Honda 및 Aragaki (1983)에 의하면 *Phomacarrical papayae*의 柄子 殼과 子囊殼 形成에는 360 nm 이하의 光을 요구하는 系統과 요구하지 않는 系統이 있으며 光要求性 遺傳子 한 개에 의하여 지배된다고 한다. *Eppicoccum purpurascens*는 4,000 Lux 이상 또는 暗, 光의 단속광 처리로 孢子形成이 유도되며 (Kilpatrick 등, 1981) *Sclerotium rolfsii*의 菌核形成은 1,200 Lux의 光照射로서 현저히 촉진된다. 지금까지 100種 이상의 菌類에서 孢子形成時 光을 要求한다는 사실이 확인되었는데 菌類의 光形態 形成 反應은 대부분 Near U.V.와 Blue 또는 Near U.V. 단독에 의하여 조절되며 光 受容體는 Blue/U.V.-A 光吸收色素(또는 cryptochrome)과 U.V.-B 光 吸收 色素이며 소수는 yellow-red light의 영향을 받는다고 한다 (Kumagai, 1988). Honda(1969)는 菌類의 Near U.V. 受容體를 mycochrom 이라고 하였다.

菌類의 形態 形成은 物質代謝의 變化를 수반하고 있는 有用物質이 이 과정에서 생성되는 예로 볼 때 靈芝버섯에 있어서 藥効 成分의 生成과 非子實體性 擔子孢子의 形成간에 관계가 있을 것으로 생각되며 따라서 非子實體性 擔子孢子의 形成에 관여하는 요인을 究明하는 것은 큰 의의가 있다.

材料 및 方法

供試 菌株

靈芝버섯(*Ganoderma lucidum*)의 非子實體性 形成에 미치는 光의 영향을 조사하기 위하여 한국 自生菌 1074 등 4菌株와 日本 導入菌 3012를 供試 하였다.

供試 培地

이 실험에 사용된 供試 培地로는 commercial PDA(Bacto)를 9 cm petri-dish에 25 ml 씩 分注하여 사용하였다.

光의 照射時間, 光質 및 光度

光이 非子實體性 擔子孢子 形成에 미치는 영향을 調査하기 위하여 供試菌株를 接種한 供試 培地를 28°C 恆溫器에 넣어 1,050~1,200 Lux의 백

색 형광등을 dark-light가 24~0, 16~8, 8~16, 0~24시간 주기로 明暗이 교차되도록 照射하면서 20일간 배양하고 暗處理는 接種 직후 알루미늄 호일로 포장하여 배양한 후에 400배의 현미경으로 非子實體性 擔子孢子의 形成에 미치는 영향을 조사하기 위하여 fluorescent, red, yellow, blue, Near U.V. light를 16 hr. light/8 hr. dark 주기로 照射하였으며 그 波長 및 에너지는 Table I과 같다.

한편 光度가 靈芝버섯의 非子實體性 擔子孢子 形成에 미치는 영향을 조사하기 위하여 백색 형광등을 500, 1000, 2000, 4000 Lux로 調節하여 16 hr. light/8 hr. dark 주기로 조사하였다.

結果 및 考察

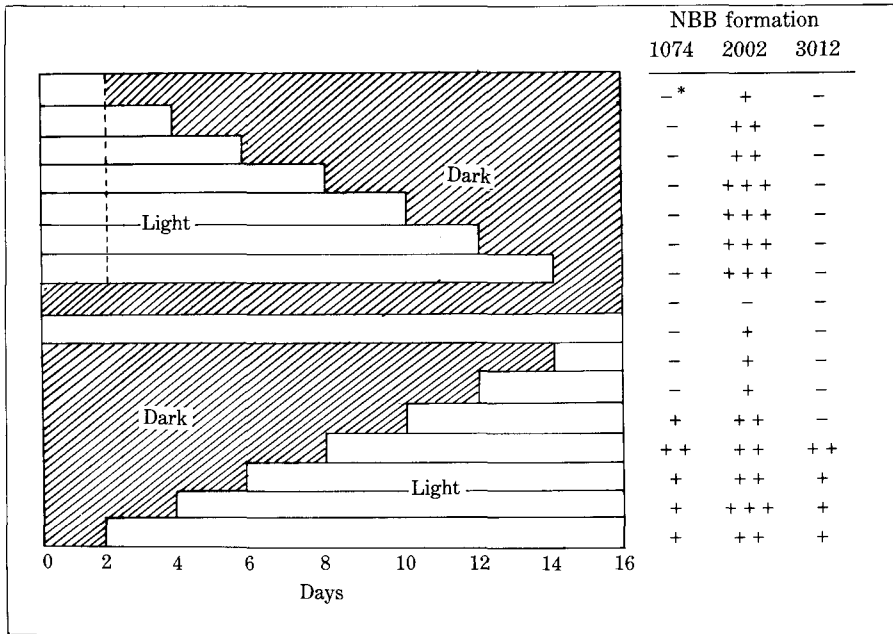
非子實體性 擔子孢子의 形成에 미치는 光의 영향을 究明하기 위하여 靈芝버섯 菌사를 mushroom complete media(MCM)를 分注한 petri-dish에 培養하여 菌絲 生長을 시킨 후에 백색 형광등을 Fig. 1에서와 같이 처리하여 실험하였다.

靈芝버섯 菌絲에 계속 光을 照射한 結果 2002 菌株의 경우 菌絲生長 全期間中 어느 때나 2일 이상 계속 光處理를 하였을 때 NBB가 形成되었으나 1074와 3012는 暗狀態에서 菌絲를 生長시키고 완료된 氣中菌絲에 光處理를 한 처리에서만 NBB가 形成되었고 Table II에서 보는 바와 같이 厚膜 胞子和 子實體가 形成되어 菌株에 따라 光形態 形成 反應에 差異를 보였다. 그러나, 暗處理에 있어서는 NBB, 厚膜胞子, 子實體 原器中 어느 것도

Table I. The characters of visible portion on electron magnetic spectrum

Light quality	Wave length (nm)	Energy level*
N.U.V.	380 below	1,835
Blue	455-500	1,500
Yellow	600-620	1,480
Red	660-700	1,820
Fluorescent	-	1,200 Lux
Dark	-	-

*Energy level = ergs/cm²/sec.



*: -; Not formed, +; Poorly, ++; Intermediately, +++; Abundantly

Fig. 1. Effect of light illumination days on the formation of NBB of *Ganoderma lucidum*.

Table II. Effect of light on the formation of non-basidiocarpous basidiospore, pinheads and chlamydospore of *Ganoderma lucidum*

Culture days	Dark	Light illumination 16 hr. per day								
		1074			2002			3012		
		*NBB	Pin	Chl	NBB	Pin	Chl	NBB	Pin	Chl
2	-**	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+
8	-	-	-	+	+	-	-	-	-	+
10	-	-	-	+	+	-	-	-	+	+
12	-	-	+	+	+	-	-	-	+	+
14	-	-	+	+	+	-	-	-	+	+
16	-	-	+	+	+	-	-	-	+	+

* ; NBB: Non-basidiocarpous basidiospore, Pin: Pinhead, Chl: Chlamydospore

** ; +: Formed, -: Not formed

형성되지 않았다. 따라서 광처리가靈芝버섯 균사의 NBB, 厚膜孢子 및 子實體 原器의 形成을 誘導하는 必須的 要因의 하나임이 확인되었다.

Table III. Effect of dark/light periodic exposures on the formation non-basidiocarpous basidiospore of *Ganoderma lucidum*

Isolates	24 hr. /0 hr*	16 hr. /8 hr.	8 hr. /16 hr.	0 hr. /24 hr.
1074	-	+	++	-
2002	-	+	++	+
3006	-	-	-	-
3011	-	-	-	-
3012	-	+	++	-

* : Dark/light reversible illumination.

** : -; Not formed, +; Poorly, ++; Abundantly

NBB의 形成에 있어서 光의 照射時間이 미치는 影響을 究明하기 위하여 照射週期를 달리하여 實驗한 結果 Table III에서와 같이 暗處理만 계속한 처리에서는 NBB의 형성은 없고 光을 계속적으로 처리한 경우에서만 NBB가 形成되었는데 8시간 暗/16시간 光處理시 形成量이 많았고 16시간 暗/8시간 光 照射時에는 形成量이 감소하였다. 3006은 어느 처리에서도 NBB를 형성하지 않은 반면

Table IV. Effect of light quality on the formation of non-basidiocarpous basidiospore of *Ganoderma lucidum*

Light quality	1074	2002	3012
N.U.V.	-*	-	-
Blue	-	+++	-
Yellow	-	+++	-
Red	-	-	-
White	+	++	+
Dark	-	-	-

*: -, Not formed, +; Pooly, ++; Intermediately, +++; Abundantly

2002 등은 NBB를 쉽게 형성하여 系統間의 光反應에 큰 차이가 있음을 알 수 있었다. 光形態 形成 反應에는 遺傳要因이 관여한다는 Esser 등 (1977), Honda(1968), Kilpatrick 등(1981)의 보고에서와 같이 靈芝버섯 균사의 NBB 형성은 遺傳子의 要因에 의한 지배를 받는 것으로 생각된다.

光照射 시간이 NBB 形成에 미치는 영향을 보다 명확히 하기 위하여 光暗照射 시간을 Fig. 1에서와 같이 처리하여 실험하였다.

光質을 Near U. V.에서 red에 이르기까지 波長을 달리하여 靈芝버섯 菌絲의 光照射를 실시한 결과는 Table IV와 같다.

Table IV에서와 같이 胞子形成이 많은 2002 菌株는 短波長인 Near U. V.와 長波長인 red에서는 NBB의 形成이 없었고 blue와 yellow에서는 백색 螢光등 보다 NBB 형성량이 많았다. 그러나 1074와 3012 菌株는 다른 菌類의 形態 形成이 Near U. V. 단독 또는 Near U. V.와 blue에 의하여 조절되는 것과는 다르며 yellow-red에 의해서 조절되는 경우와도 차이를 보이고 있다 (Kumagai, 1988).

光度가 靈芝버섯 균사의 NBB 形成에 미치는 영향을 究明하기 위하여 500 Lux에서 4,000 Lux까지 光노출 실험을 실시한 결과 Table V와 같다.

NBB의 形成에 미치는 光度의 영향은 菌株에 따라 차이를 보였다. 2002 및 3012는 실험한 모든

Table V. Effect of light intensity on the formation of nonbasidiocarpous basidiospores of *Ganoderma lucidum*

Light intensity	1074	2002	3012
500 Lux	-*	+	++
1,000 Lux	+	++	++
2,000 Lux	-	+	+
4,000 Lux	-	++	+

*: -, Not formed, +; Pooly, ++; Abundantly

처리에서 NBB를 形成하였으나 2002는 높은 光度, 3012는 낮은 光度에서 형성량이 많은 경향을 보인 반면, 1074 菌株는 1,000 Lux에서만 NBB를 形成하였다. 세 菌株의 반응을 종합할 때 1,000 Lux 내외의 光度가 靈芝버섯 균사의 NBB 形成에 가장 알맞는 것으로 생각된다.

이상의 結果를 종합할 때 靈芝버섯 균사의 NBB 形成에 있어서는 blue와 yellow 光을 요구하며 有効 光度는 백색광으로 1,000 Lux 내외이며 光照射는 16시간 光/8시간 暗이 가장 좋았다. 또한 光形態 形成 反應은 菌株에 따라 명확한 차이를 보임으로써 遺傳要因이 관여함을 알 수 있었다.

摘 要

靈芝버섯 균사의 非子實體性 擔子胞子の 形成에 미치는 光의 영향을 究明하기 위하여 光質, 光度 및 光照射 時間을 달리하여 실험하였다.

靈芝버섯의 非子實體性 擔子胞子の 形成에 있어서 光은 필수 요인이었다. 光의 照射는 16시간 光/8시간 暗으로 계속 처리할 때 胞子 形成量이 가장 많았고 有効한 光은 blue와 yellow이었으며 Near U. V.에서는 胞子が 形成되지 않았다. 光度는 백색광으로 1,000 Lux일 때 가장 效果의이었다. 光形態 形成 反應은 系統間에 명확한 차이를 보여 光 要求性이 遺傳因子の 지배를 받음을 보였다.

감사의 말씀

이 연구에 소요된 경비는 한국과학재단의 연구

비로 충당되었으며 이에 감사하는 바이다.

參考文獻

- Ballou, L.R. and R.W. Holton. (1985): Synchronous initiation and sporulation of fruit bodies by *Coprinus cinereus* on a defined medium. *Mycologia* **77**: 103-108.
- Eger, G. (1963): Untersuchungen. Zur Fruchtkörperbildung des kulturchampignons. *Mushroom Science* **5**: 314.
- Esser, K. (1977): Genetic aspects of differentiation. Vienna Symposium of the Federation of European Microbiological Societies. March 28-April 3.
- Esser, K. and Meinhardt, F. (1977): A common genetic control of dikaryotic and monokaryotic fruiting in basidiomycetes *Agrocybe aserita*. *Mycologia* **62**: 136-142.
- G. Manachere. (1980): Conditions essential for controlled fruiting of Macromycetes- A review. *Trans. Br. Mycol. Soc.* **75**(2): 255-270.
- Honda, Y. (1969): Studies on effects of light on the sporulation of *Helminthosporium orizae*. *Bulletin Instit. Agricult. Res. Tohoku Univ.* **21**: 63-132.
- Honda, Y. and M. Aragaki. (1983): Light-dependence for fruiting body formation and its inheritance in *Phoma caricis-papayae*. *Mycologia* **75**(1): 22-29
- Honda, Y., Sakamoto, M., and Oda, Y. (1968): Blue and near-ultraviolet reversible photoreaction on the sporulation of *Helminthosporium orizae*. *Plant Cell Physiol.* **9**: 603-607.
- J.A. Kilpatrick and G.A. Chilvers. (1981): Effects of light on sporulation in isolates of *Epicoccum purpurascens*. *Trans. Br. Mycol. Soc.* **77**(3): 605-613.
- Kumagai, T. (1988): Yearly Review: Photocontrol of fungal development *Photochem. Photobiol.* **47**: p.889-896.
- Leach, C.M. (1963): The qualitative and quantitative relationship of monochromatic radiation to sexual and asexual reproduction of *Pleiospora herbarum*. *Mycologia* **55**: 151-163.
- Leach, C.M. and E.J. Trione. (1965): An action spectrum for light induced sporulation in the fungus *Ascochyta pisi*. *Plant Physiol.* **40**: 808-812.
- Leach, C.M. and E.J. Trione. (1966): Action spectra for light-induced sporulation of the fungi *Pleiospora herbarum* and *Alternaria dauci*. *Photochem. Photobiol.* **5**: 621-630.
- Manachere, G. (1970): Recherches physiologiques sur la fructification de *Coprinus congregatus* Bull. ex Fr: action de la lumiere; Rhythm de production de carpophores. *Ann. Sci. Nat. Bot. (Paris)* **12**eserie: **11**: 1-96.
- Rawzaskoski, M. and Viitanen, H. (1982): Effect of aeration and light on fruit body induction in *Schizophyllum commune*. *Trans. Br. Mycol. Soc.* **78**(1): 89-96.
- 申寬澈, 徐健植 (1988) *Ganoderma lucidum* 의 非子實體性 擔子孢子 形成. 韓國菌學會誌 **16**: 230-234.

Accepted for Publication 30 September 1989