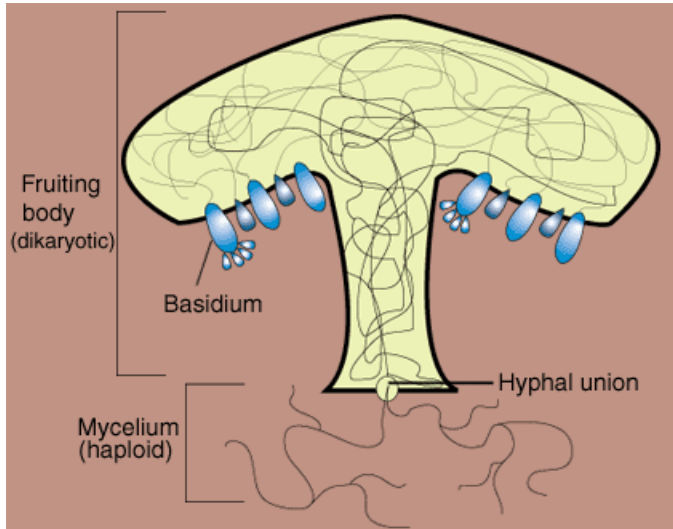


菇類栽培原理



菇的定義

- 菇是一種長在地上或地下，具有明顯子實體的大型真菌。
- 在這裡講的菇不全都是指擔子菌類，或一定是肉質的；也可能是子囊菌類（如冬蟲夏草），子實體可能是革質的，像軟木或木質的（如靈芝）。
- 一般來講，我們將菇分為：一、食用菇二、藥用菇三、毒菇四、其他。



菇類生活史

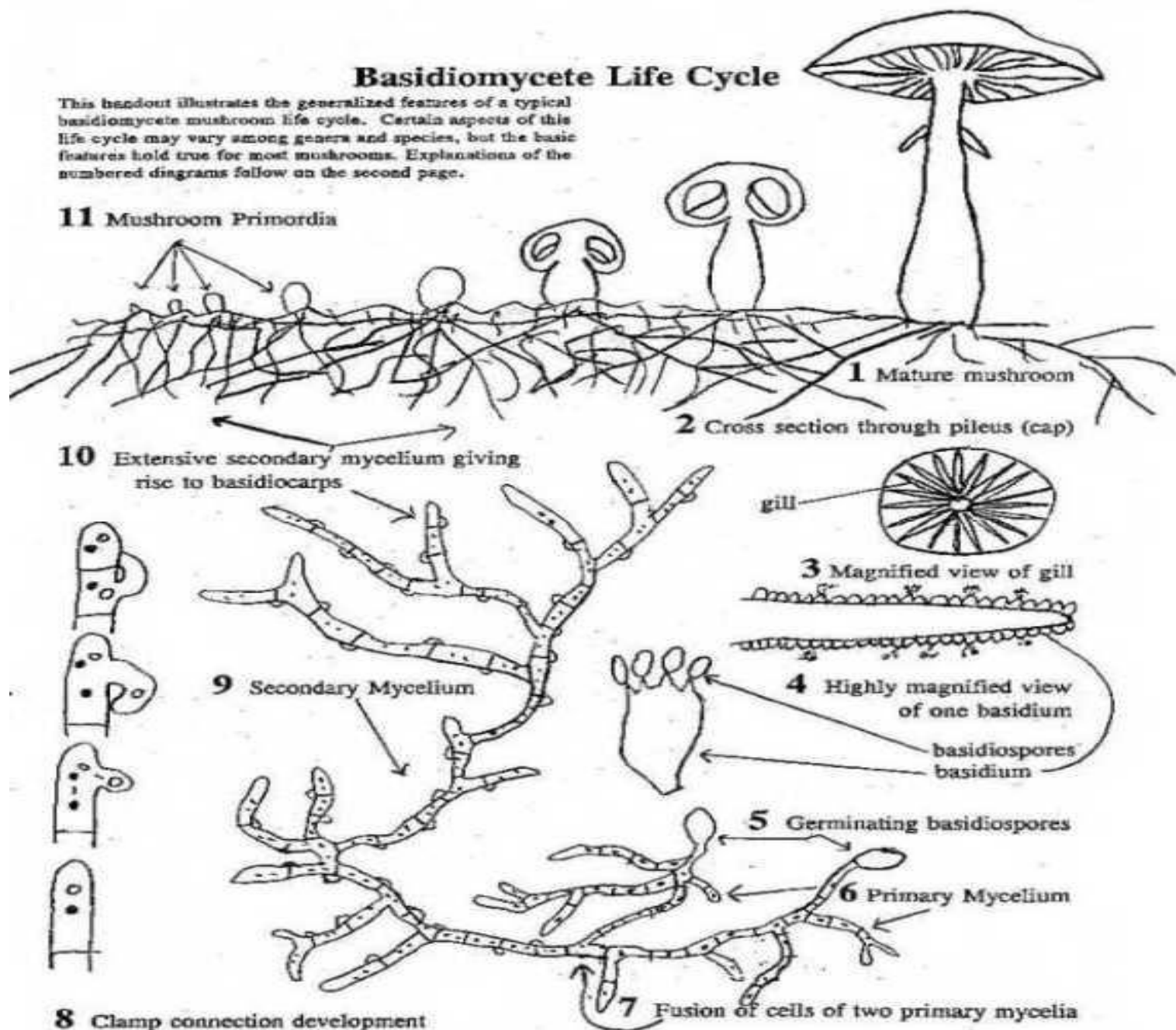
- 菇類主要係屬於真菌界中之擔子菌門與子囊菌門。(目前約有90~95%之菇類是屬於擔子菌門(Basidiomycota)中的傘菌亞門(Agaricomycotina)下的傘菌綱與銀耳綱；而另外5~10%則屬於子囊菌門(Ascomycota)的盤菌亞門(Pezizomycotina)。)
- 菇類生長主要可分兩個時期：營養生長期與出菇繁殖時期。





Basidiomycete Life Cycle

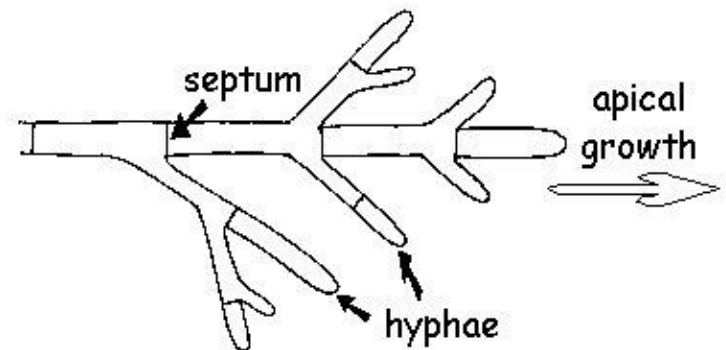
This handout illustrates the generalized features of a typical basidiomycete mushroom life cycle. Certain aspects of this life cycle may vary among genera and species, but the basic features hold true for most mushrooms. Explanations of the numbered diagrams follow on the second page.





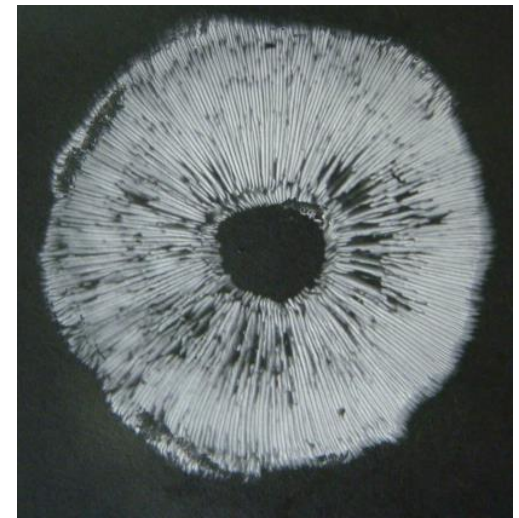
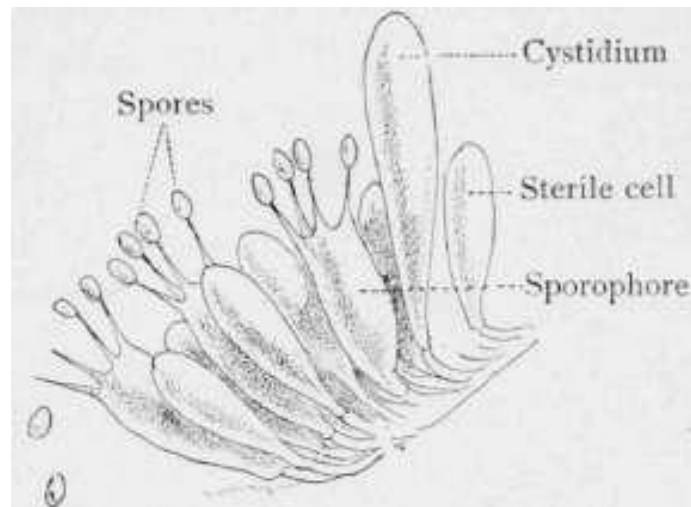
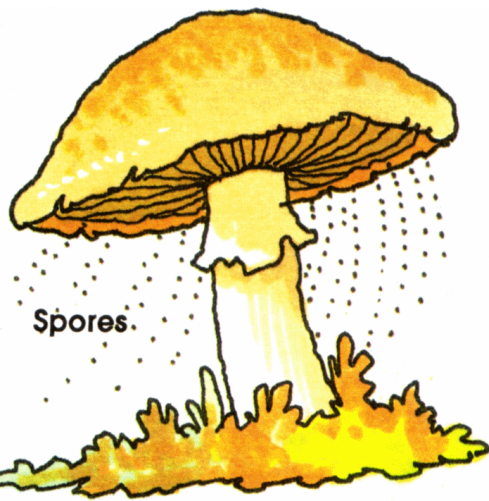
菌絲生長期

- 營養生活期，菌絲細胞可產生多種胞外分解酵素，以利於將培養基質分解吸收作為生長之養份，菌絲之生長點位於菌絲尖端，因此菌絲在生長時常以放射狀向外蔓延。
- 菌絲的生長是以頂端生長方式，並形成分枝，好像有生長素來支配它，可是酵母卻以出芽繁殖。由於光線、溫度及營養等因子影響，菌絲的生長往往具有明顯的周律 (rhythms)，所以我們能應用真菌生長周律控制其生長。



出菇繁殖時期

- 當菌絲體生長到某個程度後，就形成子實體，並產生孢子以傳宗接代。雖然菌絲體的斷片也能繁殖，但不如孢子有效。孢子能藉氣流、風、水、昆虫及其他動物傳播到很遠的地方，這對於菌類的地理分布有很大的影響。孢子發射的方式因菌類不同而異，有的子實體具有特殊構造，孢子成熟後自動射出，有的靠風雨而搖動飛散，有的孢子帶有粘液附著在昆蟲體表而離開子實體。

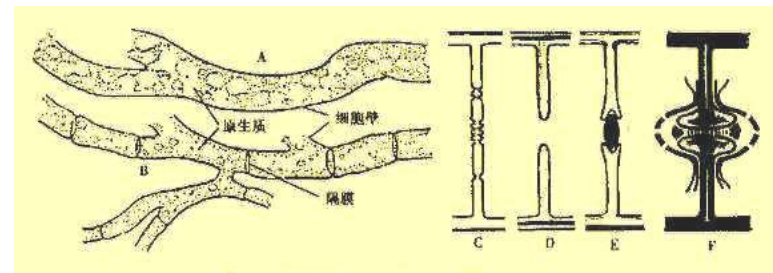


菌絲生長之情形

- 菌絲生長可分為三個階段

1. 緩慢生長期：

接種後，菌種對新境要逐漸適應，生長緩慢，此一時期長短與菌種之菌齡、長勢、培養基與培養條件有關，在一般瓊脂培養基上，一般為2~4天，在天然培養基上則為7~14天



2.快速生長期：

當菌絲適應新的培養環境後，可生長的菌絲量大量增加，因而進入快速生長期。

3.停滯生長期：

快速生長期後，由於培養基質中養分耗盡以及代謝物之累積，使得細胞生長無法正常生長，因而進入停滯生長期，在瓊脂培養基上形成老皮，菌絲乾縮，在天然基質上則會出現大量的黃水與菌皮。





菇類的營養需求

- 菇類屬於異營型之生物所需之一切養份皆需自外界獲得，而再菇類生長之階段所需之營養物質主要可分為四大類，分別為

碳素源

氮素源

無機鹽類

生長素



碳素源

- 提供菇類細胞構成之結構物質與生長發育及新陳代謝所需之能量來源，約佔菇體組成份之50~60%。
- 菇類由於缺乏葉綠體因此無法利用光合作用進行碳素源合成，因此無法利用無機之碳素源，因此只能利用有機之碳素源，包含糖類、澱粉、纖維素、木質素、有機酸與醇類等，且菇類對於小分子之單糖與有機酸等可直接利用，而對於大分子之澱粉、纖維素與木質素等，則需透過所分泌之胞外酵素分解成小分子後方可被細胞所吸收利用。而各種菇類對於不同碳素源的利用程度不同，但有多數菇類對於葡萄糖之培養基中生長較為迅速。



Fig. 1: Growth Yield of Oyster Fungi on Different Carbon Sources

氮素源

- 合成菇類細胞中蛋白質、核酸與酵素之主要元素。
- 菇類可利用氮素源之範圍較為廣泛包含無機之銨態氮與硝酸態氮以及有機氮等皆可利用，而有機氮素源包含有酵母粉、蛋白朮、黃豆粉、玉米粉、粉頭、米糠及禽畜糞便等。

- 菇類對於氮素源之利用效率也有程度之差別，多數菇類對於有機氮之利用效力較佳，而無機態氮中以銨態氮較硝酸態氮容易被利用。氮素源之濃度對於菇類生長有很大之影響，一般菌絲最適生長之氮素源濃度為0.016~0.064%，濃度低時菌絲生長會受抑制，而在高濃度之情形下，生殖作用會被抑制。

碳氮比(C/N)

- 碳素源與氮素源為菇類生長最重要之兩個因子，碳氮比(C/N)過高，顯示氮素源缺乏，容易使菇類早熟，提前出菇，但產量少、品質差，但碳氮比過低，顯示氮素源過剩，菌絲生長良好，但不易進入出菇階段，因此找尋最適之碳氮比為菇類生長相當重要之一環，而多數菇類適宜之C/N約在20~30：1。

常見菇類之最適碳氮比

菇種	碳氮比
洋菇	17 : 1
靈芝	23.6~31.1 : 1
香菇	25~40 : 1
木耳	30~40 : 1
金針菇	30 : 1
蠔菇	20 : 1
猴頭菇	25 : 1
草菇	20 : 1

無機鹽類

- 指菇類生長時所需之礦物質元素，其中包含磷、鉀、鈣、硫與鎂等大量元素與鐵、鈷、錳、鋅、硼等微量元素。
- 此些元素對於菇類生命活動中具有調節之功效，有的可調解細胞之滲透壓、pH值與氧化還原電位，有些可最為酵素作用之催化劑或是酵素組成之重要成分，因此在菇類培養基質中若可適當添加足夠之大量元素與微量元素，則可促進菌絲生長並提升產量。

礦物元素	功能
大量元素	K 酵素的催化劑，促進醣類代謝，控制原生質濃度與細胞膜通透性。
	P 核酸、磷脂或輔酶之組成份，參與磷酸化過程，
	Mg 酶的活化劑，ATP代謝
	S 胺基酸、維生素與含硫的酶重要組成物
	Ca 酶的活化劑，細胞膜脂組成份
微量元素	Fe 細胞色素與輔酶的組成份，氧化還原之電子傳遞物
	Cu 酶的活化劑，多酚氧化酶的組成份
	Mn 酶的活化劑，黃嘌呤氧化酶的組成份。
	Zn 酶的活化劑，參與有機酸代謝
	Co 維生素B ₁₂ 的組成份

維生素

- 生物體各種酵素活性成分組成物之一，當維生素缺乏時，酵素活性容易失去，生物體內的生化反應也會停止。
- 在所有維生素中以維生素B群對菌絲生長影響最大，其中以維生素B1與B2為菇類必須之生長素，缺乏時菌絲生長會受抑制，進而影響出菇，但在一般狀態下許多培養基質中已經有含有維生素B群，如米糠，但適量添加0.01~0.1 mg/L可有效促進菇類菌絲生長。

環境因子對菇類之影響

- 菇類之生長發育除會受營養與本身遺傳特性影響外，環境因子更是影響菇類生長發育之重要因子，其中包含：水分、溫度、光照、氧氣與二氧化碳濃度以及pH值等，且不論營養生長期與出菇繁殖期都會受到此些環境因子的影響。

水分

- 水是生命中最重要之物質，對菇類而言更是最重要之環境因子，菇類一般含有70~80%之水分，而菇類所需之營養皆需溶解於水中，方可被細胞所吸收、傳輸與運用，加上水具有較高之比熱，導熱效果佳，因此可有效調節菇類細胞內外之溫度。

培養基質內的水分

- 菇類菌絲生長在培養基質內，因此生長發育所需之水份主要係由其所供應，當基質內含水量過高時，會影響基質內之通氣性，進而影響菌絲之呼吸作用與生長，導致菇類菌絲生長遲緩、生長不均甚至部分菌絲呈現索狀。
- 但若培養基質內水分太少，也會影響到菇類菌絲之正常生理反應，進而使得菌絲生長細弱、緩慢。
一般狀態下菇類培養基質之含水量應在60~65%間，此時的含水量適當，菌絲生長正常，顏色潔白、均勻、濃密且生長是旺盛。

- 此外在出菇時期，培養基質之含水量也會影響出菇之產量與品質，當含水量低於50%時，菇類出菇就會發生異常，甚至不出菇，但若此時含水量仍高於65%以上，則會導致內部通氣不良，影響菌絲之呼吸與代謝作用，使得無法順利出菇。

環境中相對溼度

- 在菌絲生長期對菇類之影響較小，主要由於此時期菇類菌絲多存在於半密閉系統內，與外界接觸較少，但若此時期環境相對溼度較高(85~90%)時，容易導致病害與污染之發生，而環境相對濕度太低時(低於50%)，則培養基質內的水分容易脫出至空氣中，使得培養基質水分缺乏影響菇類菌絲之生長。



- 但在出菇繁殖期，對於環境中相對溼度之要求較高，適當之相對濕度應在85~90%間，若空氣濕度低於70%，則菇體生長遲緩，表面會因水分散失而產生裂痕，低於60%菇體生長停止，低於50%以分化之菇蕾會死亡。相對溼度若高於95%時，菇體表面之蒸散作用會受影響，因而影響營養物質之運送，使得生長發育受阻，並且容易導致病害之發生。
- 有效控制水分即可有效控制出菇潮次、產量與品質，因此水份管理為菇類栽培時相當重要之課題。



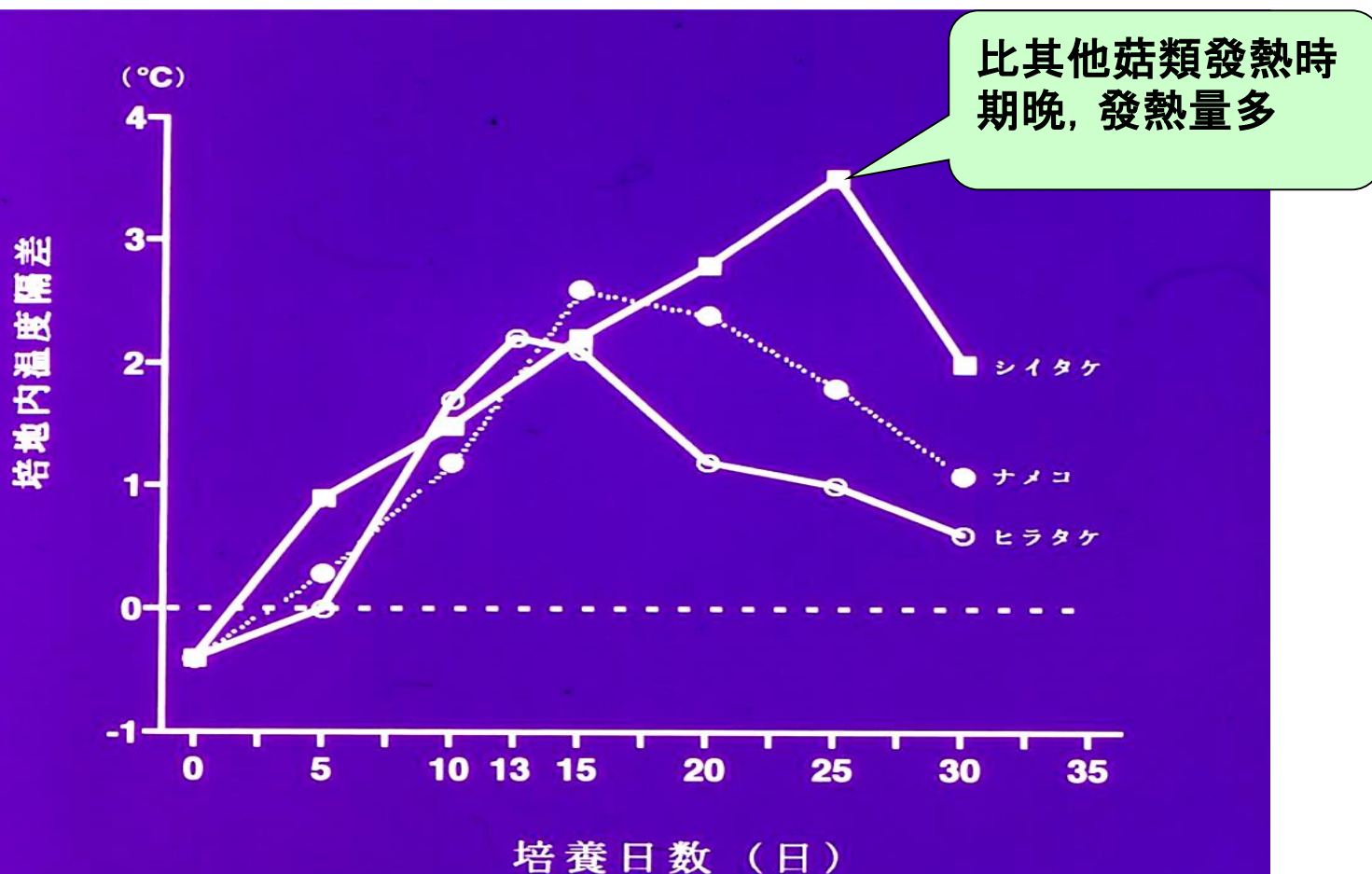
溫度

- 溫度是決定菇類菌絲生長好壞與出菇與否之重要因子，對多數的菇類而言，其生長溫度約在5~35°C間，但最適之生長溫度則約在25°C，一般而言自低溫到生長適溫，菇類菌絲生長速度會隨著溫度升高而增加，但若繼續升溫生長則會受到抑制，嚴重時甚至死亡。

常見菇類菌絲生長溫度

食用菌種類	菌絲生長溫度℃	
	要求範圍	最適範圍
洋菇	6~33	24
香菇	3~33	25
草菇	12~37	28~33
秀珍菇	10~35	23~28
金針菇	7~30	23
木耳	4~39	30
毛木耳	8~40	22~32
猴頭菇	12~33	21~24
靈芝	8~35	25~28
巴西蘑菇	10~37	23~27

室溫和培養基內溫度差異隨時間的變化



測量了香菇、滑菇、平菇的米糠木屑培養基(850cc)在23°C培養了30天內時的室溫和培養基內的溫度差異。

- 在出菇時期，溫度對菇類影響更大，一般菇類可依其子實體產生之溫度區分為低溫結實型(20°C以下)、中溫結實型(20~24°C)與高溫結實型(30°C)，而中、高溫結實型之菇種許多也屬於恆溫結實型，如木耳、草菇、靈芝。
- 低溫結實型者多屬於變溫結實型，即需要一定之溫差刺激方可產生子實體，如：香菇、杏鮑菇、秀珍菇等。了解菇類對於溫度之需求對於菇類栽培相當重要，過去菇類栽培採傳統栽培時，菇類主要係在秋天至春天方可生產，主要即是因為氣溫之關係，而現今利用環控栽培之方式，雖可創造適宜之溫度環境提供菇類生長發育，但若管理不當亦可能導致無法順利出菇而影響產量。

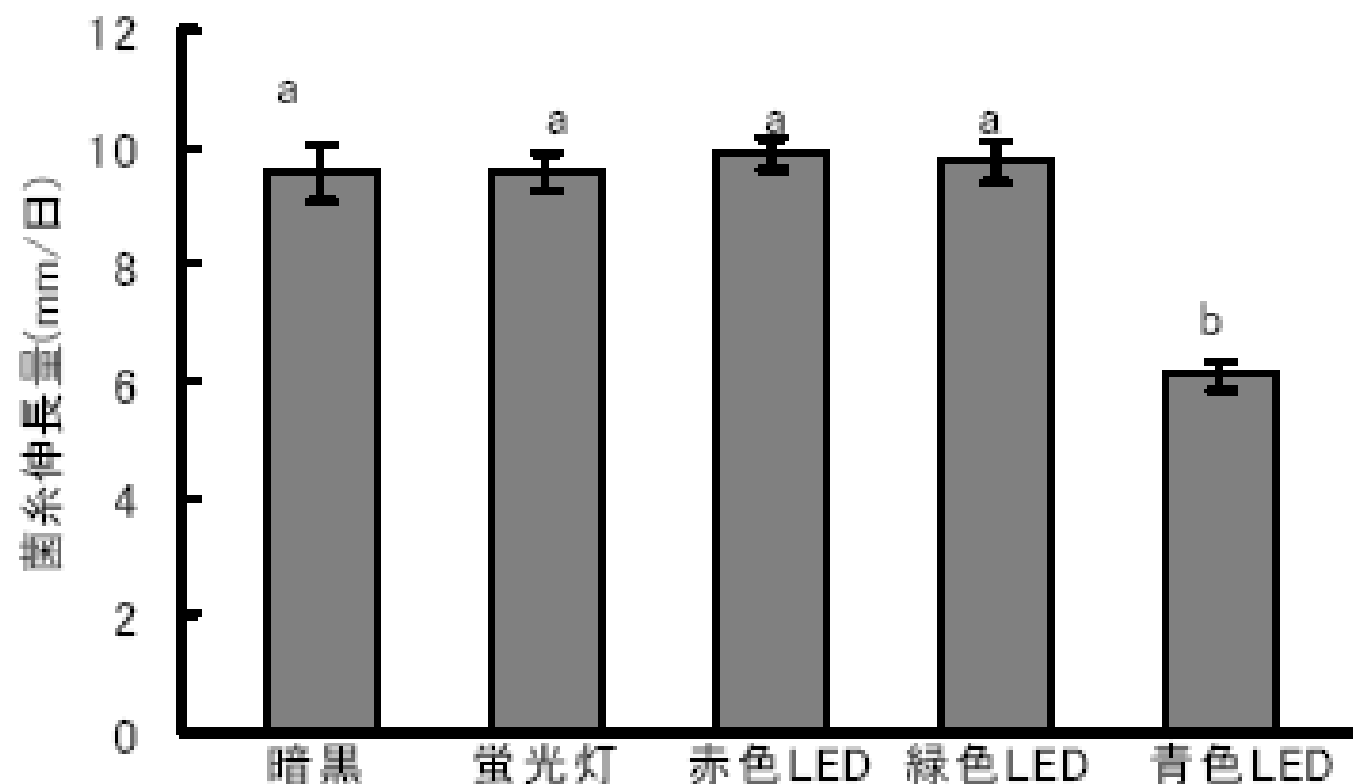
常見菇類子實體形成與發育溫度

食用菌種類	適宜溫度℃	
	子實體形成溫度	子實體發育溫度
洋菇	8~18	13~16
香菇	7~21	12~18
草菇	22~35	30~32
秀珍菇	25~27	20~30
金針菇	5~19	8~14
木耳	15~27	24~27
毛木耳	16~28	22~30
猴頭菇	5~15	15~22
靈芝	25~28	25~28

光照

- 光照對菇類之影響主要是在出菇生長期，而對大多數的菇類而言，在菌絲生長期光照反而會對其生長造成影響，如洋菇、香菇、靈芝等，有散射光會較黑暗中生長遲緩40~60%，光線越強生長月緩慢，此外在平菇中強光照射會使得菌絲產生斷裂，而在香菇中光線照射會加速其老化產生菌膜。
- 不同光質對菌絲生長影響也不同，而相較而言黃光對菌絲抑制最明顯，次之為藍光、綠光、紅光。





図－2 寒天培地での菌糸生長量

異なるアルファベットは、危険率5%で有意差があることを、
垂線は標準偏差を示す(n=5)

- 對於出菇繁殖期的菇類光線就比菌絲期重要，多數之菇類需要光照刺激子實體才能順利分化，只有少數之菇類如洋菇與塊菌等出菇是完全不需要光線刺激。光對菇體之影響包含可有效刺激原基之形成，影響菇體生長之方向及菇體色澤等。

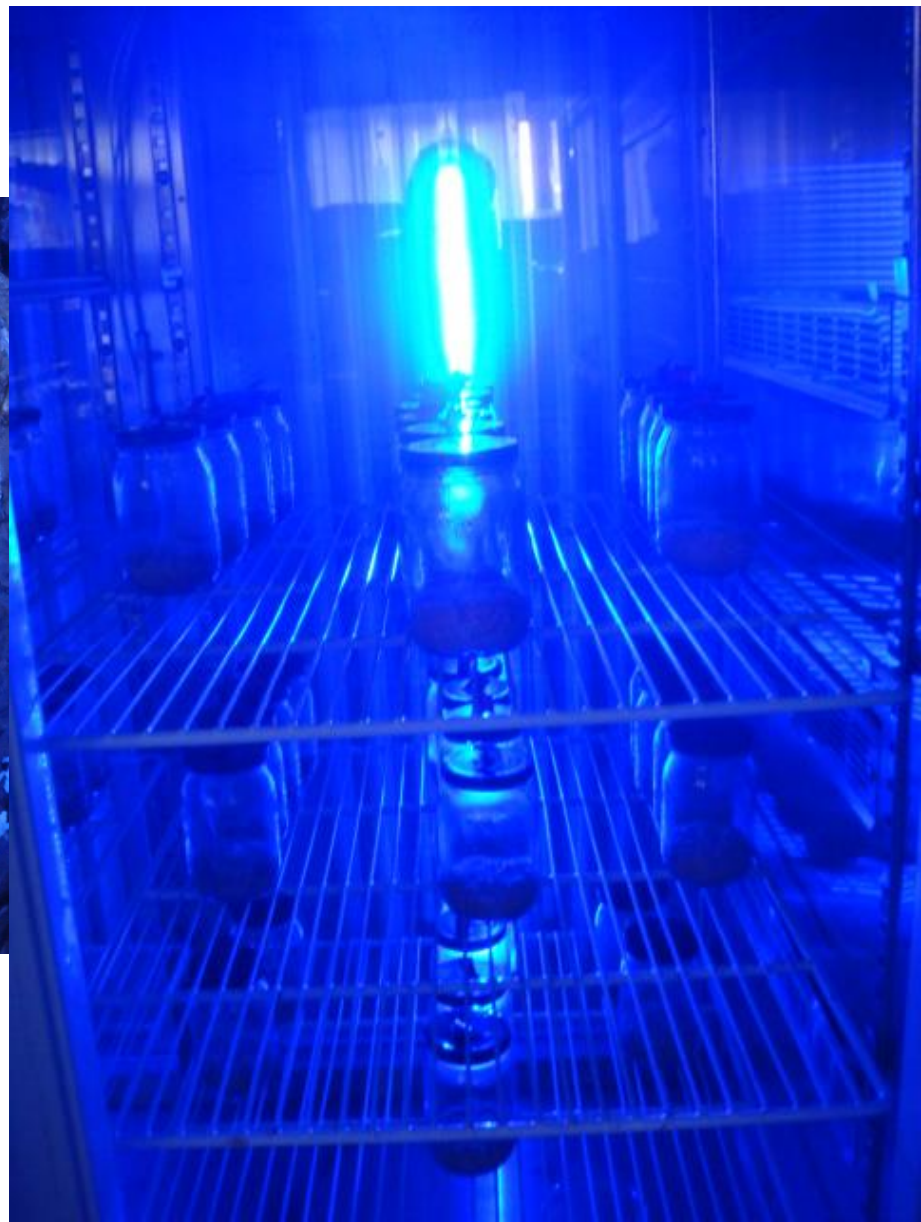


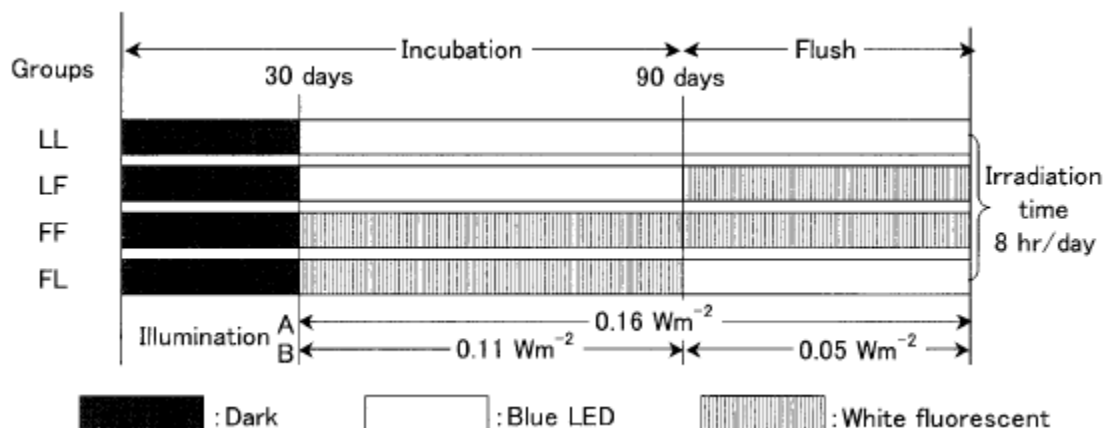
Table 1. Effect of the irradiation of blue LED on fruit body yields (Illumination in incubation and flush is 0.16 Wm⁻²).

Groups ¹⁾	Yield and number of the fruit body	1st flush	2nd flush	3rd flush	4th flush	Total
LL	Yield (g/bag)	58.0±38.0	14.9±18.8	30.5±18.9	40.2±23.4	143.6± 69.0
	Number (/bag)	4.4± 4.4	1.0± 1.5	2.3± 2.9	2.2± 1.6	9.9± 7.9
	Number over M ²⁾ (/bag)	2.9± 2.4	0.7± 0.9	1.5± 1.0	1.6± 1.1	6.7± 3.8
LF	Yield (g/bag)	90.8±41.6	24.5±27.3	50.3±30.5	51.8±22.3	217.4± 72.9
	Number (/bag)	9.1± 6.1	1.7± 1.9	3.1± 2.3	2.8± 2.0	17.0± 9.3
	Number over M (/bag)	3.7± 2.1	1.2± 1.4	2.0± 1.5	2.2± 1.4	9.1± 3.9
FF	Yield (g/bag)	87.7±51.1	9.4± 9.4	50.0±38.7	42.0±26.5	189.1±100.4
	Number (/bag)	8.9± 7.3	0.7± 1.1	4.0± 4.3	2.6± 1.7	16.0± 11.0
	Number over M (/bag)	3.3± 2.1	0.5± 0.8	1.7± 1.5	1.5± 1.1	7.0± 3.7
FL	Yield (g/bag)	72.5±35.2	8.9±12.2	36.5±23.5	39.1±21.4	157.0± 65.1
	Number (/bag)	8.5± 6.1	0.8± 1.4	3.4± 2.9	2.4± 1.7	15.0± 9.6
	Number over M (/bag)	3.1± 1.9	0.4± 0.7	1.7± 1.2	1.9± 1.1	7.1± 3.4

Mean±SD (n = 23).

1) See legend in Fig. 1.

2) Number of fruit body over 4 cm at the pileus diameter.





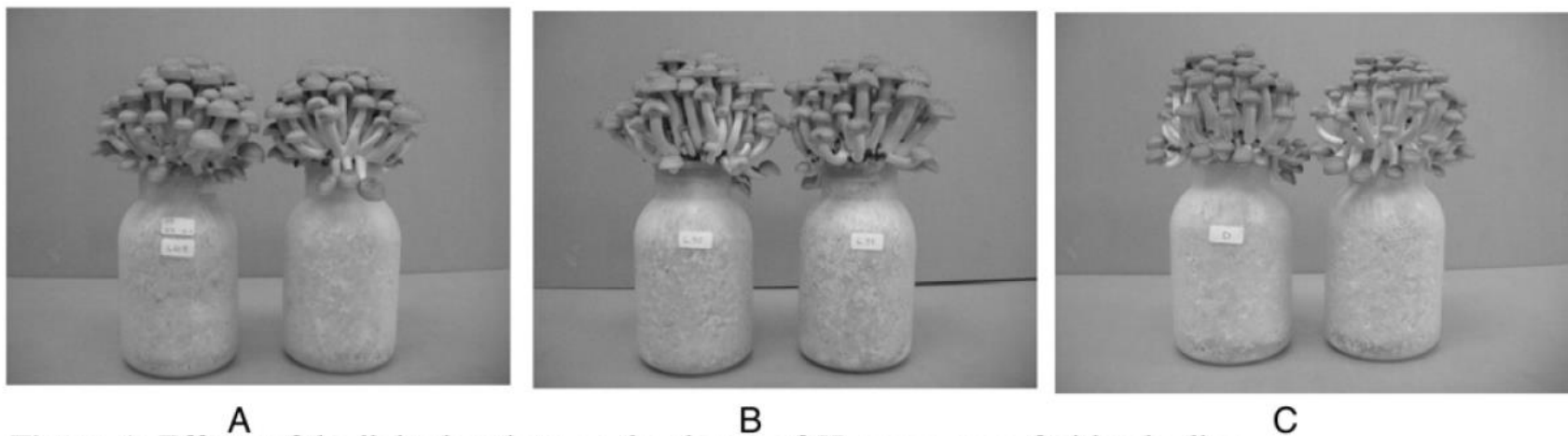


Figure 1: Effects of the light durations on the shapes of *H. marmoreus* fruiting bodies. The irradiation with light was done at 40-60 days (A) and 40-70 days (B) after inoculation. The cultivation without light during vegetative mycelium growth was also carried out (C).

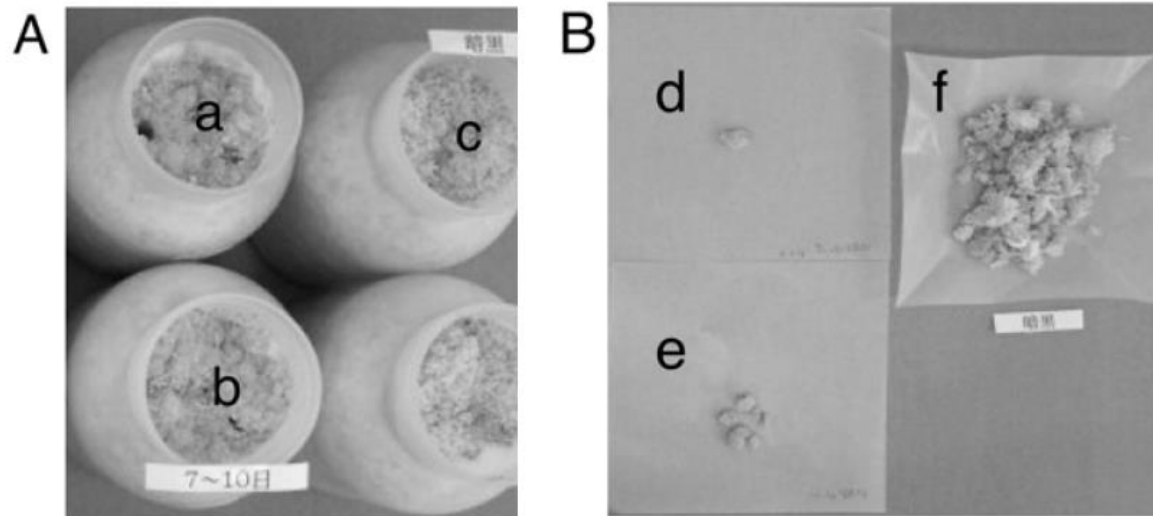


Figure 2: The surface exfoliations of the cultivation bottles of *F. velutipes*.

A: Medium bottles cultivated under blue LED (a), with fluorescent lamp (b) and continuous darkness (c).

B: The exfoliated medium blocks (d), (e), (f) were derived from the bottles (a), (b), (c), respectively.

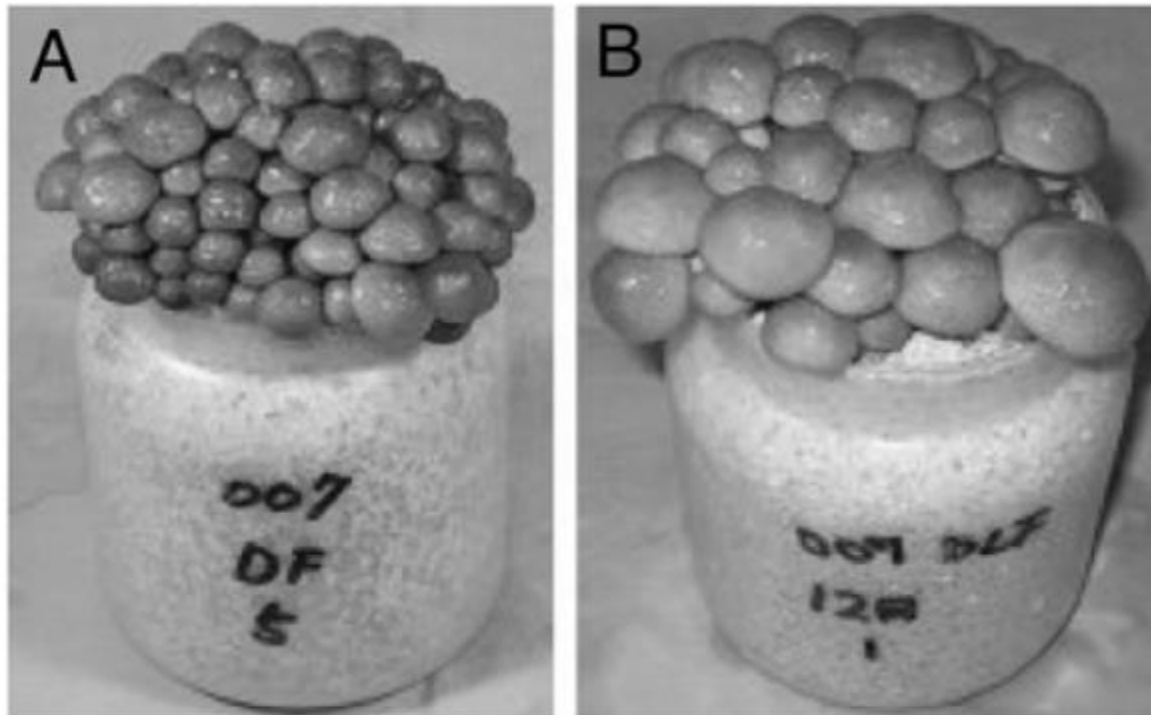


Figure 3: Effects by blue LED on fruiting bodies of *P. nameko*. A: Fruiting bodies without light irradiation during mycelial growth. B: Produced fruiting bodies after the irradiation with blue LED for 12 days at late stage of mycelial growth.

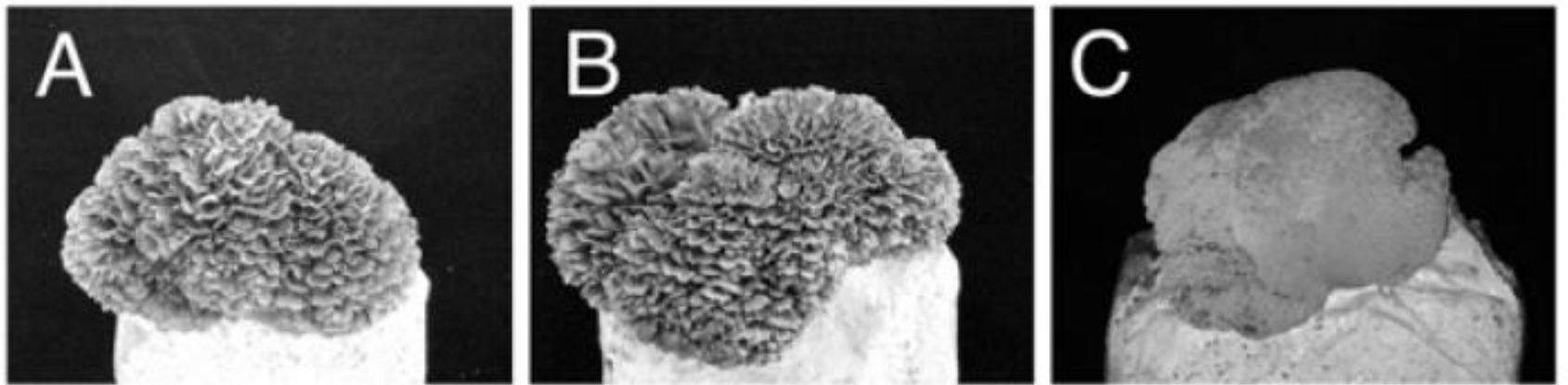


Figure 4: Fruiting bodies of *G. frondosa* developed under various light conditions. A: Using white fluorescent lamp. B: Using blue LED. C: Without light.



Darkness Red Yellow Green Blue White

Figure 5: The phenotypes of *P. eryngii* fruiting bodies developed under various light qualities. The details of used LEDs are described in the Materials and methods. The usual fluorescent lamp (white) was also used.

氧氣與二氧化碳

- 菇類與人類都屬於異營性，因此都是吸收氧氣排出二氧化碳的好氣生物，因此若存在於高二氧化碳之環境下，菇類多無法正常生長，但不同種菇類對於二氧化碳之耐受性不同，但一般多在2000~4000 ppm左右。

- 在出菇繁殖期，二氧化碳濃度對菇蕾數量、開傘程度有所影響，且在菇蕾形成初期，如遇到高量之二氧化碳會抑制原基體之形成與發育，而二氧化碳較高之環境也會導致較多菇蕾之形成，進而導致品質不佳，甚至畸形菇，在菇體發育期如遇高二氧化碳環境則會使得菌傘開傘不易，如鹿角靈芝即是在高二氧化碳下無法順利開傘之靈芝。













pH值

- 由於菇類細胞養分係透過細胞膜滲透吸收，而pH值會影響細胞膜脂滲透性與對金屬離子之吸收性，以及酵素之活性等，因此pH值也是相當重要之環境因子，一般菇類菌絲生長適合之pH約在3~8間，最佳之環境為6~6.5，pH值大於9以上時，菌絲會停止生長，而不同種菇類對於pH值耐受性亦不相同，因此栽培基質可針對不同種菇類進行調整，常用之方式為在培養基質中添加碳酸鈣、石膏粉或石灰粉等。

常見菇類菌絲生長pH值

食用菌種類	菌絲生長pH值	
	要求範圍	最適範圍
洋菇	5.0~8.5	6.8~7.0
香菇	3.0~9.0	4.5~6.0
草菇	5.0~11.0	6.8~7.2
秀珍菇	5.8~8.0	5.8~6.2
金針菇	3.0~8.4	5.2~6.5
木耳	4.0~7.0	5.0~6.5
杏鮑菇	4.0~8.0	6.0~7.0
猴頭菇	2.4~7.5	4.0
靈芝	3.0~7.5	5.0~6.0

- 在出菇階段，pH亦是決定出菇與否之關鍵，當培養基質內部pH值下降時，即是子實體要形成之徵兆，此現象可能與菌絲生長過程會產生有機酸或其他代謝產物，而此些物質多是不利於菌絲之生長，因而誘發子實體之形成，已產生後代抵抗不良之環境。











環控養菌場





金針菇工廠化生產

菇類栽培對環控需求較高



結語

- 菇類與其他作物栽培特性上最大之差異，在於一般農作物係屬於自營性，而菇類屬於異營性，因此需要藉由培養基質提供養分，並且需要與一般作物完全不同之環境，也因此其栽培上之環境控制難度較大，但也因此如能有效管理環境與培養基質，即可栽培出豐產且優質菇體，以供進行販售。