

林下模拟条件下平菇生长特性分析

肖文静, 盘鑫海, 王清, 杨莹, 朱莞君, 曾艳玲*

中南林业科技大学, 经济林培育与保护教育部重点实验室, 经济林育种与栽培国家林业局重点实验室, 湖南长沙

收稿日期: 2021年11月7日; 录用日期: 2021年12月3日; 发布日期: 2021年12月13日

摘要

食用菌在不同的光照条件下培养, 生长状态不相同, 其出菇时间、出菇周期、子实体长势、子实体各部位生长状态、菌包产量等都存在一定的差别。本实验通过设置自然散射光条件下不同光照强度, 作为林下模拟条件的变量, 对平菇在不同光强条件下进行出菇培养, 观察子实体生长状态特征并分析其变化差异。结果表明: 光照度1500 Lx以上不利于平菇均匀生长, 菌株间差异大; 光照度50 Lx以下光强也不利于平菇菌盖的生长及幼小菇的发育; 光照度500~1000 Lx条件下平菇子实体的生长发育情况均匀, 菌柄菌盖生长比例适中, 产量大, 适合食用菌的生产及林下经济的发展。

关键词

平菇, 光照强度, 生长状况, 林下经济

Analysis on Growth Characteristics of *Pleurotus ostreatus* under Simulated Forest Conditions

Wenjing Xiao, Xinhai Pan, Qing Wang, Ying Yang, Wanjun Zhu, Yanling Zeng*

Key Laboratory of the State Forestry Administration for Economic Forest Breeding and Cultivation, Key Laboratory of the Ministry of Education for the Cultivation and Protection of Economic Forestry, Central South University of Forestry and Technology, Changsha Hunan

Received: Nov. 7th, 2021; accepted: Dec. 3rd, 2021; published: Dec. 13th, 2021

Abstract

The edible fungi cultured under different light conditions have different growth states, such as

*通讯作者。

mushroom emergence time, mushroom emergence cycle, fruiting body growth, growth state of each part of fruiting body and the yield of fungus pouch. In this experiment, different light intensities under natural scattered light were set as variables of simulated conditions in the forest, and the mushroom was cultured under different light intensities to observe the characteristics of fruiting body growth and analyze the variation. The results showed illumination above 1500 Lx is not conducive to the uniform growth of *Pleurotus ostreatus*, and the differences among strains were large. The light intensity below 50 Lx is also not good for the growth of mushroom cap and the development of young mushroom. Under the condition of 500~1000 Lx illumination, the growth and development of fruiting bodies were uniform, the growth ratio of stalk and cap was moderate, the yield was large, which was suitable for the production of edible fungi and the development of under-forest economy.

Keywords

Pleurotus ostreatus, Light Intensity, Growth Status, Under-Forest Economy

Copyright © 2021 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

平菇(*Pleurotus ostreatus*), 隶属于真菌界, 担子菌纲, 伞菌亚门, 伞菌纲, 伞菌目、侧耳科、侧耳属[1]。平菇在世界各地均有分布, 经过 30 余年的发展, 生产技术逐渐成熟, 平菇已经成为我国产量前十食用菌之一[2]。其中河南、河北、山东、黑龙江等省为平菇生产主要产区, 其产量占世界蘑菇总产量的 1/4, 创造了巨大的经济价值和出口效益[3]。林下种植是一个现实指向性非常明显的概念, 其研究更多地应集中于现实而非纯理论。目前国外尚无“林下经济”这一概念。改革开放以来, 我国经济快速发展, 直到近几年由高速发展转变为新常态, 因此怎样在有限的土地资源 and 人口多的条件下获得更多收益, 林下经济的研究应运而生。同时, 林菌间作是实现一地多用, 一地多收, 提高土地资源利用率的有效方法, 可短时间获得多项效益, 林间栽培食用菌成本低, 产量高, 质量好, 出菇、采菇期限长, 操作简便, 收益可观[4]。

光照强度是食用菌生长发育过程的主要影响因素之一, 不同光照强度下, 子实体的生长状态不同, 林下模拟条件最主要的就是调节光密度, 本研究着力于通过观察平菇的子实体外观形态特征和菌包产量, 在三种不同光照条件下的变化差异, 对平菇生长状况进行分析, 为林下经济中的“林菌”模式选择合适的林分密度提供参考依据。

2. 材料与amp;方法

2.1. 试验材料

试验所用菌种为姬菇, 属于平菇的一种, 试验菌包统一采购于西华县菌丰食用菌专业合作社。菌包配方中主要物料有玉米芯、玉米面、黄小麦、棉花壳等。

2.2. 试验方法

2.2.1. 培养过程

在黑暗条件下将供试菌包培养至菌丝满袋, 达到出菇条件后, 将菌袋一端开口, 用湿毛巾覆盖, 分别置于三个梯度的自然散射光条件下培养(表 1), 每个梯度设置三个重复, 每天更换湿毛巾, 保证菌种出

菇所需水分。待子实体长出后, 取下湿毛巾, 每天浇水 3~5 次, 浇水次数以子实体菌盖水分为依据, 培养至其中 1 组达到采收条件时, 统一统计生长数据。

Table 1. Illumination conditions of different illuminance

表 1. 不同照度光照条件

处理序号	上午 10 点(Lx)	中午 12 点(Lx)	下午 14 点(Lx)
I	1500	3923	3433
II	466	995	766
III	3	27	18

2.2.2. 数据统计分析

记录平菇生长状态。① 观察菌菇子实体的长势和外观特征, 用“++++”表示长势特好, 用“+++”表示长势良好, 用“++”表示长势一般, 用“+”表示长势差, 用“-”表示未出菇[5]。② 用直尺测量菌菇的菌柄长度、菌柄直径、菌盖长度、菌盖直径[6]。③ 记录每袋菌包采收后的菌菇鲜重。④ 菌菇采前采后过程中拍照记录子实体生长情况。

采用 SPSS Statistics26 软件和 Excel2016 软件进行数据分析。

3. 结果与分析

3.1. 菌包生长发育过程及生长情况分析

3.1.1. 菌丝生长发育阶段

菌包中的菌丝需要在无光照条件下培养发育, 长满整个菌包才能开始刺激出菇。本次试验从采购到培养至菌丝满包耗时 15 d 左右(图 1)。



Figure 1. Mycelium growth in full envelope

图 1. 菌丝满包生长情况

3.1.2. 出菇后子实体生长发育比较

菌丝满包后培养 4 d 左右, 开始生长子实体, 继续培养 6 天左右可达到子实体成熟采收水平(图 2), 照度 500~1000 Lx 光照条件下, 3 个平行样出菇均匀, 差异不大。照度 1500 Lx 以上光照条件下, I-(2)号菌包侧面出菇, 由于养分被侧面菌株吸收, 不足以供应菌袋开口处菌株生长, 导致开口处菌株生长缓慢。照度 50 Lx 以下光照条件下, 3 个平行样出菇情况均较差, 尤其是 III-(3)号子实体分化后未生长, 导致没有出菇。

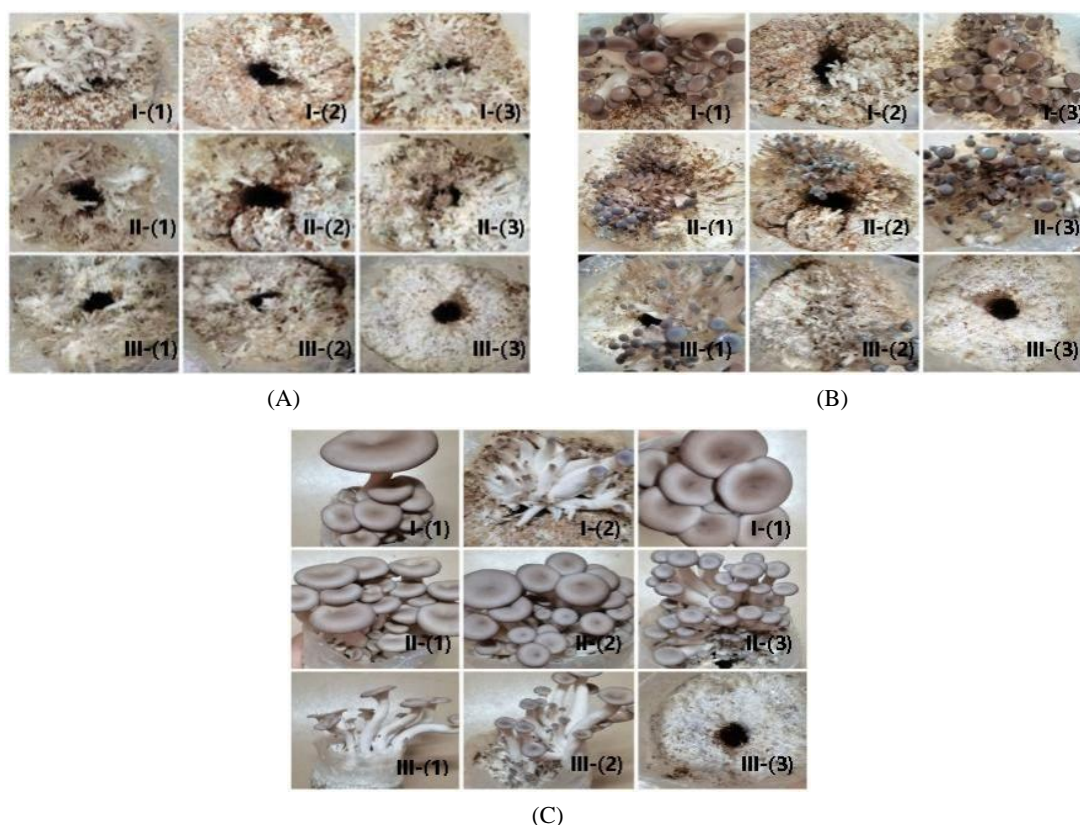


Figure 2. Different stages of fruiting body differentiation and growth. (A) The second day of fruiting body differentiation; (B) The fourth day of fruiting body differentiation; (C) Sixth day of fruiting body differentiation; I: illumination above 1500 Lx; II: illuminance 500~1000 Lx; III: illuminance below 50 Lx

图 2. 子实体分化生长的不同阶段。(A) 子实体分化第二天; (B) 子实体分化第四天; (C) 子实体分化第六天; I: 照度 1500 Lx 以上; II: 照度 500~1000 Lx; III: 照度 50 Lx 以下

3.1.3. 采收时菌株生长情况及长势分析

根据图 3 和表 2 结果显示, 照度 1500 Lx 以上光照条件下, 出菇最快, 生长速度快, 长势较为均匀, 但出菇量差异大, 变量大。I-(1)号菌包长出 1 只特大菌, 其余较为均匀, 但出菇总量少。I-(2)号包侧面出菇, 菌袋抑制了侧面菌株生长, 袋口菌株由于营养供应问题, 菌株生长情况较慢。I-(3)号包总体均匀, 长势快, 总量一般。

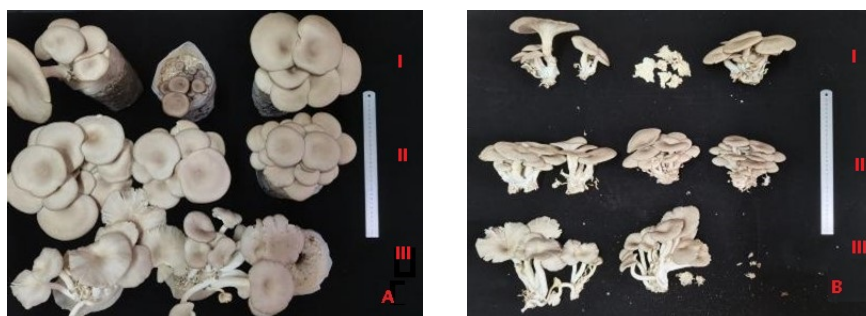


Figure 3. Growth of strains in each bacterial pack during harvesting. (A) Top view; (B) Side view; I: Illumination above 1500 Lx; II: Illuminance 500~1000 Lx; III: Illuminance below 50 Lx

图 3. 采收时各菌包中菌株生长情况。(A) 俯视图; (B) 侧视图; I: 照度 1500 Lx 以上; II: 照度 500~1000 Lx; III: 照度 50 Lx 以下

Table 2. Comparison of mushroom growth under different light intensities
表 2. 不同光照强度条件下菌菇长势情况对比

序列	处理	菌菇长势
I-(1)	强光	+++
I-(2)	强光	+
I-(3)	强光	+++
II-(1)	中等	++++
II-(2)	中等	++++
II-(3)	中等	++++
III-(1)	弱光	++
III-(2)	弱光	++
III-(3)	弱光	-

照度 500~1000 Lx 光照条件下菌株出菇速度快, 生长速度适中, 出估量大, 各菌株长势均匀。II-(1)号包总量多, 生长密集, 菇较大。II-(2)号包总量多, 长势适中, 菇大小均匀、适中、密集。II-(3)号包总量多, 密集, 菇大小适中。

照度 50 Lx 以下光照条件下菌株出菇速度慢, 生长速度适中, 出估量较少, 长势不均, 有大有小, 且分散, 菌盖易碎裂, 大菇底部有较多枯死小菇, 小菇由于营养供应不足等问题无法进行有机物的积累。III-(1)号包长势稀疏, 一簇大, 一簇小, 且分散。大菇菌盖易碎裂, 枯萎小菇多。III-(2)号包长势稀疏, 大小不一, 大菇菌盖有碎裂现象, 枯萎小菇多 III-(3)号包出菇速度极慢, 出菇后, 生长停滞。

3.2. 不同光照强度对平菇子实体外形尺寸的影响

3.2.1. 不同光照强度对平菇子实体菌柄长度的影响

图 4 结果可以看出, 平菇在 50 Lx 以下光照条件下, 菌柄的长度显著高于另外两种光照条件, 说明该条件下有利于平菇菌柄的生长发育。但是相对于食用菌来说, 菌盖的价值明显高于菌柄, 养分过多的用于菌柄的生长发育, 会减少对其他部位的供应, 不利于其他部位生长。因此, 50 Lx 以下光照条件下不适合平菇培育。

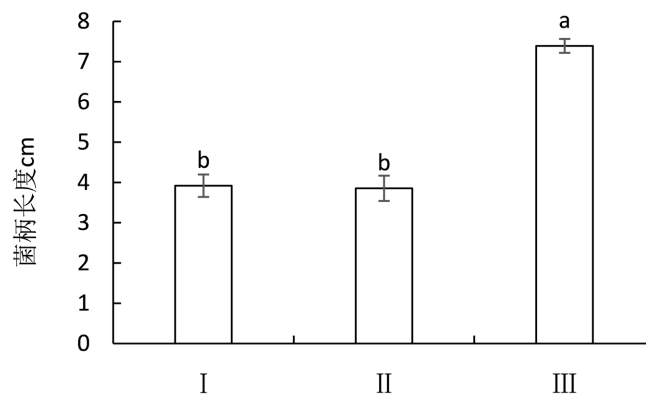


Figure 4. Effect of different light intensity on stalk length of fruiting body. Note: Error line represents standard error; Different lowercase letters indicate significant difference ($P < 0.05$)

图 4. 不同光照强度对平菇子实体菌柄长度的影响。注: 误差线表示标准误; 小写字母不同表示差异显著($P < 0.05$)

3.2.2. 不同光照强度对平菇子实体菌柄直径的影响

图 5 结果表明, 三种光照强度条件下, 菌柄直径没有显著差异, 但是 50 Lx 以下光照条件下菌柄直径略大于其他两种光照条件下菌柄直径。菌柄直径大, 说明平菇生长过程中养分更多转化为菌柄生长, 而菌柄口感不太好, 因此影响平菇市场价值。

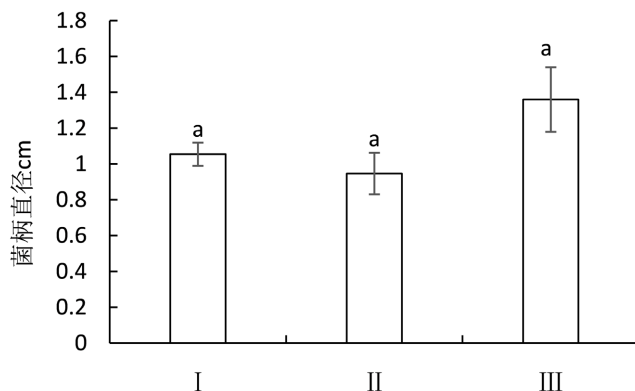


Figure 5. Influence of different light intensity on stalk diameter of fruiting body. Note: Error line represents standard error; Different lowercase letters indicate significant difference ($P < 0.05$)

图 5. 不同光照强度对平菇子实体菌柄直径的影响。注: 误差线表示标准误; 小写字母不同表示差异显著($P < 0.05$)

3.2.3. 不同光照强度对平菇子实体菌盖长度的影响

图 6 结果表明, 平菇在 50 Lx 以下光照条件下, 菌盖的长度显著高于其他两种光照条件下的菌盖长度。在 1500 Lx 以上光照条件下, 去除未出菇变量后, 菌盖的长度发育更加稳定, 在 500~1000 Lx 光照条件下, 菌盖长度发展不是很稳定。

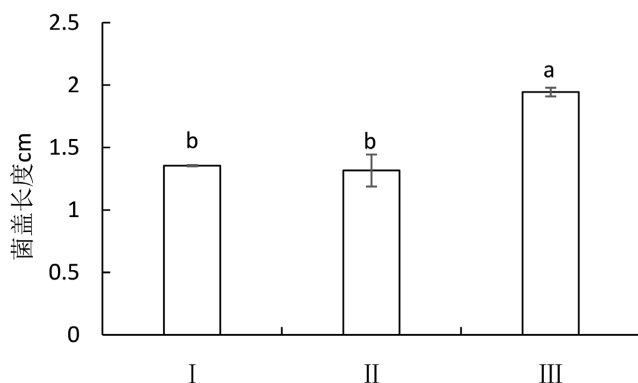


Figure 6. Effect of different light intensity on the length of fruiting bodies of mushroom cap. Note: Error line represents standard error; Different lowercase letters indicate significant difference ($P < 0.05$)

图 6. 不同光照强度对平菇子实体菌盖长度的影响。注: 误差线表示标准误; 小写字母不同表示差异显著($P < 0.05$)

3.2.4. 不同光照强度对平菇子实体菌盖直径的影响

图 7 结果表明, 三种光照条件下菌盖直径差异不显著。1500 Lx 以上光照条件下每袋菌菇中的菌盖直径高于 500~1000 Lx 光照条件, 但从图 3 可以看出, 500~1000 Lx 光照条件下, 菌菇菌盖长势更加均匀。虽然 50 Lx 以下光照条件下的菌盖直径也较大, 但是菌盖韧性不够, 易碎裂, 品质差。菌盖的生长发育状态与平菇品质的相关性更强。因此, 对于栽植食用菌而言, 500~1000 Lx 光照条件更适合平菇培育。

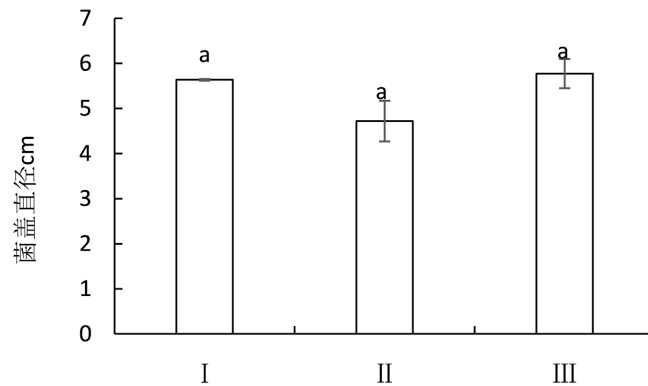


Figure 7. Influence of different light intensity on the diameter of fruiting body of mushroom. Note: Error line represents standard error; Different lowercase letters indicate significant difference ($P < 0.05$)

图 7. 不同光照强度对平菇子实体菌盖直径的影响。注：误差线表示标准误；小写字母不同表示差异显著($P < 0.05$)

3.2.5. 不同光照强度对平菇子实体出菇数量的影响

图 8 结果表明，500~1000 Lx 光照条件下，出菇的数量显著高于另外两种光照条件。50 Lx 以下光照条件下的菌包虽然出菇但未发育的枯萎小菇比较多；1500 Lx 以上光照条件下，出菇的总量较少。由此相对而言，500~1000 Lx 光照条件更加有利于提高平菇产量、质量。

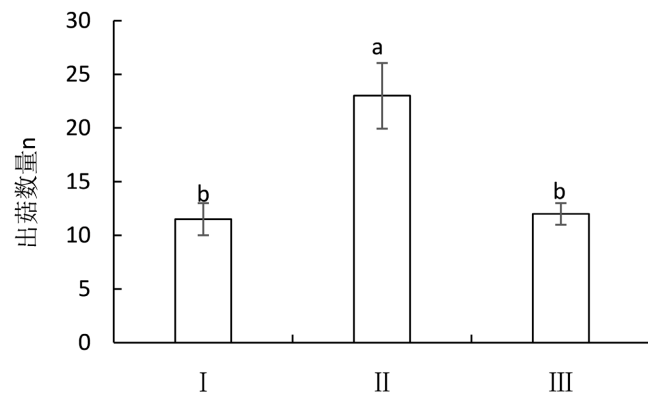


Figure 8. The effect of different light intensity on the number of fruiting body of flat mushroom. Note: Error line represents standard error; Different lowercase letters indicate significant difference ($P < 0.05$)

图 8. 不同光照强度对平菇子实体出菇数量的影响。注：误差线表示标准误；小写字母不同表示差异显著($P < 0.05$)

3.2.6. 不同光照强度对平菇子实体重量的影响

图 9 结果表明，三种光照条件下，平菇子实体重量差异不显著。50 Lx 以下光照条件下虽然采收的平菇总质量与 500~1000 Lx 光照条件下的差异不明显，但菌柄的重量较高，导致菌盖重量偏轻。因此，500~1000 Lx 光照条件更有利于平菇的规模化生产。

4. 讨论与结论

食用菌子实体在不同的林下模拟条件影响下，其生长性状均有不同。平菇在自然散射光 1500 Lx 以上光照条件下，菌盖生长较好，优势菇较多，但长势不一，产量低，不利于生产经营。平菇在 500~1000 Lx 自然散射光照强度条件下，长势均匀，产量高，经济价值高，因此营建林菌间作模式时选择该光照强度较为适合。平菇在 50 Lx 以下自然散射光条件下，长势较为均匀，但菌柄的生长过多，菌盖易碎裂，使作物变差，劣势菇较多。

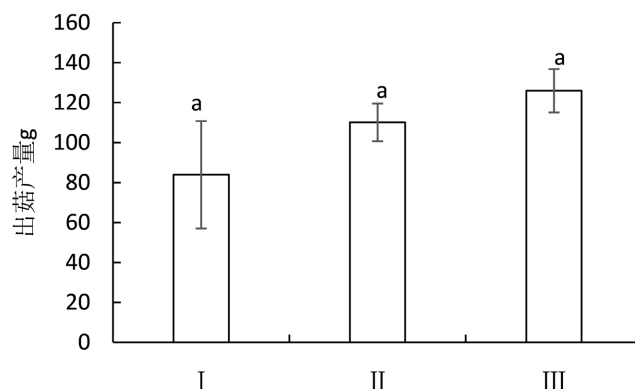


Figure 9. Effects of different light intensities on the weight of the fruiting body. Note: Error line represents standard error; Different lowercase letters indicate significant difference ($P < 0.05$)

图 9. 不同光照强度对平菇子实体重量的影响。注：误差线表示标准误；小写字母不同表示差异显著($P < 0.05$)

菌菇对光照敏感，在 1500 Lx 以上光照条件下，菌盖生长旺盛，菌袋营养吸收快，多供应于优势菇的生长发育，其他小菇来不及吸收营养。因此，该光照条件下优势菇较多，但不利于养分平衡，产量得不到提高。其次，强光刺激了菌包侧面菌丝出菇，光照强度越强，菌包中的水汽越多，刺激了菌丝分化，导致侧面出菇，侧面出菇会吸收掉原本供应于袋口的养分，导致袋口子实体生长缓慢。然而，侧面由于菌袋的抑制，使出菇后的子实体生长空间受阻，不能很好地发育长大，子实体最后凝结成块，没有食用价值。

500~1000 Lx 光照强度条件下，菌菇生长发育稳定，长势均匀，各部位生长条件都比较统一，产量高，有利于林下经济中“林菌”模式的发展。中等光强不会使光照刺激不足而导致菌株分化后枯萎，菌柄生长高于菌盖生长，也不会导致刺激过多而使一些菇过快生长，抑制其他边缘菇的发育，适宜的光照强度保证了各子实体对养分的均匀分配，菌菇子实体的稳定生长。

50 Lx 以下光照条件下，对光照敏感的菌盖部位得不到光照刺激，养分吸收能力差，菌盖韧性不够易碎裂。菌柄部位吸收的养分过多，生长过于旺盛，虽然弱光下的菌包质量在除去差异包后较高，但对于食用菌而言，菌柄生长高于菌盖生长不利于提高菌菇的食用价值，即使质量再高，也没有实际的经济效益。其次，菌包未出菇可能是由于光照太弱，使菌株对养分的吸收能力弱，生长能力强的菌株能勉强吸收养分，但养分供应不到菌盖部位，导致菌盖生长情况不良，从而使感应光刺激的部位得不到充分生长，进一步抑制了菌株的生长；生长能力弱的菌株因为吸收不到养分，导致营养缺失，直接枯萎。

实际生产中，需要注意在菌菇发育的各个阶段，调节好光照强度。在林下经济运营中，更要注意对林分郁闭度的勘察与调节，使用 500~1000 Lx 适宜的光强更有利于平菇等食用菌的生长发育，但不同菌种最佳自然散射光光照强度及林分密度的选择，还有待进一步研究。

基金项目

湖南省大学生创新创业训练计划项目(湘教通[2020]191 号)。

参考文献

- [1] 李传华, 曲明清, 曹晖, 等. 中国食用菌普通名名录[J]. 食用菌学报, 2013, 20(3): 50-72.
- [2] 刘欣, 于天颖, 王琛. 我国食用菌工厂化生产现状与发展趋势分析[J]. 农业科技与装备, 2013(12): 72-73.
- [3] 张俊飏, 李波. 对我国食用菌产业发展的现状与政策思考[J]. 华中农业大学学报(社会科学版), 2012(5): 13-21.
- [4] 周杨, 苗雨露, 孙志蓉. 我国林药林菌经济模式发展现状及其优势分析[J]. 中国现代中药, 2016(1): 97-101.

- [5] 郭勇, 叶小金, 甘炳成, 彭卫红. 不同温度和光照培养条件下 3 种食用菌菌丝的菌落及菌丝形态的研究[J]. 西南农业学报, 2011, 24(6): 2301-2306.
- [6] 程国侦, 徐永, 张曦文. 光质对海鲜菇子实体外观形态及产量的影响[J]. 中国食用菌, 2020(10): 27-36.