

不同光照强度对蛹虫草菌丝及子实体生长的影响

左雪枝¹, 朱运英², 方华舟¹

(1. 荆楚理工学院 生物工程学院, 湖北 荆门 448000; 2. 荆门市广场游园管理处, 湖北 荆门 448000)

摘 要:以优质蛹虫草 D1 为试验菌种, 分别对蛹虫草生长各主要阶段设置不同光照强度, 对蛹虫草液体菌种制作、发菌及菌丝体生长、转色、原基分化、子实体生长等主要生长阶段进行单因子对照试验, 通过比较各试验组菌丝及子实体形态、色泽、生长趋势、产量、质量等主要性能特征, 以实际栽培产量及商品性能为主要指标, 探索蛹虫草不同生长阶段适宜光照强度及规律。结果表明: 当光照强度分别为 0~50、0~10、300~500、200~300 lx 时, 蛹虫草各生长阶段生长及发育性能良好, 出草产量较高。说明对蛹虫草不同生长阶段实行不同光照强度管理是保证和提高蛹虫草产量与质量的重要措施之一。

关键词:蛹虫草; 光照强度; 产量

中图分类号:S 567.3⁺5 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2015)16-0140-05

蛹虫草(*Cordyceps militaris* Link)属真菌界(Fungi)、双核菌亚界(Bikarya)、子囊菌门(Ascomycota)、子囊菌纲(Ascomycetes)、粪壳菌亚纲(Sordariomycetidae)、肉座菌目(Hypocreales)、麦角菌科(Clavicipitaceae)、虫草属(*Cordyceps* Link)模式种, 又名北冬虫夏草、北虫草^[1]。研究证实, 蛹虫草除了富含蛋白质、多种氨基酸(包括人体必需的全部 8 种氨基酸)、维生素、微量元素等多种营养成分外, 还富含虫草素(虫草素含量显著高于天然冬虫夏草)、虫草酸、虫草多糖、超氧化物歧化酶(SOD)等虫草属主要活性物质, 具有消除疲劳、缓解紧张、提高人体免疫力、延缓衰老、润肌美容, 以及对预防和治疗各型肿瘤、慢性支气管炎、肝炎、高血压、心脑血管疾病、肾炎肾衰、肾功能障碍等具有一定的保健或辅助治疗作用^[2-4], 因而引起人们的广泛重视, 被认为是天然冬虫夏草的理想替代品及药用真菌后起之秀^[3], 研究和开发蛹虫草资源具有重要理论和实践意义。然而野生蛹虫草资源日趋稀少且生长环境较为苛刻, 深入开展蛹虫草人工种植研究并进行规范化种植是蛹虫草产业发展的必由之路。尽管目前对蛹虫草培养基配方、温度控制^[5]甚至部分阶段的光照长短^[6]、光照控制^[5]等取得很大成绩并对种植技术产生巨大推动作用, 但课题组在长期栽培实践中明显发现, 不同光照强度也可对蛹虫草菌丝及子实体的生

长发育各阶段产生重要影响, 是栽培实践中不出草、劣质草、产量低、子实体严重畸形等的重要常见原因。然而相关研究及报道较为少见。该研究拟在模拟蛹虫草一般生长过程对光照强度需求及人工种植实践经验的基础上, 对不同光照强度对蛹虫草液体菌种制作、发菌及菌丝生长、转色、原基分化、子实体生长等蛹虫草主要生长发育阶段的影响及规律进行较深入和系统的探讨, 以期对蛹虫草人工规范种植提供一定理论及技术参数, 供栽培实践及进一步研究借鉴参考。

1 材料与方法

1.1 试验材料

蛹虫草菌种 D1 由荆楚理工学院食用菌实验室分离、保藏和提供, 并经出草栽培试验证实具有较好出草性能。

液体菌种制作培养基(液体培养基): 可溶性淀粉 30 g, 葡萄糖 10 g, 蛋白胨 10 g, 磷酸二氢钾 2 g, 硫酸镁 2 g, 维生素 B₁ 10 mg, 水 1 000 mL, pH 6.5^[7]。菌丝生长性能测定培养基(改良 PDA 培养基): 去皮马铃薯 200 g, 葡萄糖 20 g, 蛋白胨 10 g, 磷酸二氢钾 1 g, 硫酸镁 0.8 g, 维生素 B₁ 10 mg, 琼脂 15 g, 水 1 000 mL, pH 自然^[8]。栽培出草培养基(大米培养基): 大米 30 g, 营养液 45 mL; 其中营养液配方为: 蛋白胨 20 g, 磷酸二氢钾 1 g, 硫酸镁 0.8 g, 维生素 B₁ 10 mg, 水 1 000 mL, pH 7.5^[8]。上述液体培养基装入 150 mL 锥形瓶, 改良 PDA 培养基制作为平板, 栽培出草培养基装入普通罐头瓶, 按常规进行高压蒸汽灭菌。

马铃薯(市场购买), 可溶性淀粉、蛋白胨、葡萄糖

第一作者简介:左雪枝(1979-), 女, 湖北荆门人, 硕士, 讲师, 现主要从事食用菌及土壤改良与作物栽培等研究工作。E-mail: 23736408@qq.com.

基金项目:湖北省教育厅重点科研资助项目(D20126101)。

收稿日期:2015-06-02

(化学纯,天津福晨化学试剂厂生产),琼脂、磷酸二氢钾、硫酸镁(化学纯,天津凯通化学试剂有限公司生产),维生素 B₁(华中药业公司)及其它常见药品。

YX-400A 高压蒸汽灭菌锅(上海三申医疗器械有限公司),FA2104 分析电子天平(良平仪器有限公司),SW-CJ-1F 超净工作台(苏州净化设备有限公司),TP22 恒温摇床(中国科学院武汉科学仪器厂),HP1500GS 及 LRH-250-GSI 智能人工气候箱(武汉瑞华仪器设备有限公司、广东韶关市泰宏医疗器械有限公司),250B 生化培养箱(江苏金坛医疗器械厂),XYI-III 光照强度计(杭州新叶光电工程技术有限公司),及其它常见仪器及工具。

1.2 试验方法

1.2.1 不同光照强度对制作液体菌种性能的影响 将经活化处理的蛹虫草菌种接入液体菌种培养基,150 r/min、20℃摇床培养,白昼黑夜 12 h 交替,白昼分别设置 0、10、30、50、100 lx 光照强度,培养至液体菌种成熟,比较观察各液体菌种形态及生物量大小;同时取各光照试验组成熟菌种并按 10%比例接入栽培出草培养基,按照文献[5]所述适宜条件进行出草管理,比较观察各试验组出草情况,结合各试验组菌种状况,以出草产量、质量等为主要指标,探索不同光照条件对培养液体菌种性能的影响及规律。

1.2.2 不同光照强度对发菌及菌丝生长的影响 以无菌移液枪取上述 0 lx 光照并培养成熟的良好液体菌种 1 mL,点种于菌丝生长性能测定培养基中央,分别设置白昼 0、5、10、20、50、100 lx 与黑夜各 12 h 于 20℃恒温培养 10 d;同时同样取 0 lx 培养成熟的良好液体菌种按 10%比例接入栽培出草培养基,设置白昼 0、5、10、20、50、100 lx 光照 12 h 及夜晚黑暗 12 h 于人工气候箱 20℃恒温培养至菌丝长至瓶底,并进一步置于适宜条件栽培出草,分别观察各平板菌落及培养瓶菌丝在黑暗及不同光照强度下的菌丝形态、生长趋势、生长速度、满瓶时间、出草产量及质量,以出草产量、质量为主要指标,探索不同光照强度对蛹虫草菌丝生长、发育及出草性能等的影响及规律。

1.2.3 不同光照强度对菌丝转色的影响 以上述 0 lx

光照及 20℃培养 10 d、已良好生长的蛹虫草菌丝平板,置入人工气候箱,分别设置白昼 50、100、200、300、500、1 000 lx 光照 15 h 及夜晚黑暗 9 h,20℃培养;同时同样以 0 lx、20℃培养且菌丝已长至瓶底的良好蛹虫草栽培菌瓶置入人工气候箱,设置与平板同样光照及培养条件,并进一步以适宜条件栽培出草,分别观察各平板菌落及菌瓶菌丝在不同光照强度下的菌丝形态、色泽、生长速度、生长趋势、出草情况等,并以出草产量、质量为主要指标,探索不同光照强度对蛹虫草菌丝转色及出草性能的影响及规律。

1.2.4 不同光照强度对原基分化的影响 以上述 300 lx 光照及 20℃培养、已完成良好转色的栽培菌瓶,置入人工气候箱,分别设置白昼 50、100、200、300、500、1 000 lx 光照 12 h 及黑夜 12 h,保持昼 20℃、夜 15℃温差培养,分别观察各菌瓶原基分化数量及形态,并进一步以适宜条件栽培出草,以出草产量、质量为主要指标,探索不同光照强度对蛹虫草原基分化及原基性能的影响及规律。

1.2.5 不同光照强度对子实体生长的影响 以上述 200 lx 光照及一定昼夜温差、已良好形成原基的栽培菌瓶,置入人工气候箱,分别设置白昼 50、100、200、300、500、1 000 lx 光照 12 h 及黑夜 12 h、20℃培养至子实体成熟,以出草子实体形态、产量、质量等为主要指标,探索不同光照强度对蛹虫草子实体生长发育的影响及规律。以黑布遮光、在培养室及人工气候箱或生化培养箱上部改建和悬挂日光灯等方式调节光照强度;平板培养 10 皿重复,栽瓶 20 瓶重复。

1.3 数据分析

试验结果及数据以 SPSS 10.0 进行差异显著性分析。

2 结果与分析

2.1 不同光照强度对液体菌种制作及性能的影响

蛹虫草液体菌种是蛹虫草人工栽培的直接栽培用种,是决定菌丝生长发育及出草性能的直接源泉^[12-13]。不同光照强度对蛹虫草液体菌种生长及其性能的影响见表 1 及图 1。

表 1 不同光照强度与制备液体菌种的性能结果

| Table 1 Effect of different light intensities on the qualities of preparation of liquid strain | | | | | | |
|--|-----------------------|------------------------------|----------------------|--|--|---------------------------------|
| 光照强度 Light intensity/lx | 成熟时间 Mature time/d | 菌丝球形态 Mycelial morphology | 菌液状况 Liquid state | 菌丝生物量 Mycelium biomass/(mg · mL ⁻¹) | 出草结果 Results of grass 形态 Morphology | 产量 Yield/(g · 瓶 ⁻¹) |
| 0 | 7 | 浓密、细小、乳白色 | 粘稠 | 3.62aA | 典型 | 16.7aA |
| 50 | 7 | 浓密、细小、乳白色 | 粘稠 | 3.58abA | 典型 | 16.1abA |
| 100 | 7 | 浓密、细小、乳白色 | 粘稠 | 3.49bB | 典型 | 14.2bB |
| 200 | 8 | 细小、较稀疏、浅白色 | 较清澈 | 3.17cC | 短小细弱 | 4.7dD |
| 500 | 10 | 较粗大、稀疏、暗白色 | 清澈 | 2.69dD | 不出草 | — |

注:表中字母分别为 0.01 及 0.05 水平差异显著性。下同。

Note: Letters in the table mean at 0.01 and 0.05 level significant difference. The same below.

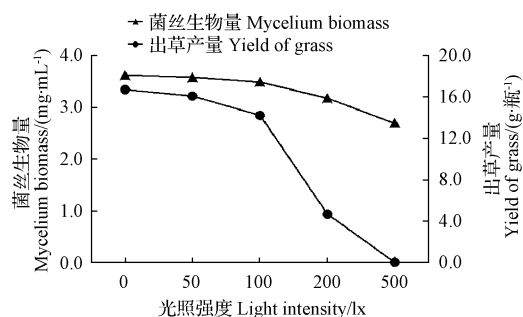


图1 不同光照强度对液体培养菌丝主要性能的影响

Fig. 1 Effect of different light intensities on the qualities of preparation of liquid mycelium

从表1可以看出,当光照强度为0~50 lx,液体菌种菌丝形态、色泽、菌液状况、菌丝生物量、菌种成熟时间及栽培出草产量、形态等基本一致,而当光照强度达100 lx及以上时,则菌液状况、菌丝形态、色泽、生物量等呈较明显下降趋势,尤其出草产量及形态下降更为显著。当光照强度达200 lx时,不仅菌丝生物量出现明显下降,菌丝球亦呈现较明显稀疏、色深、菌液清澈、菌种成熟时间延长等菌丝生长性能减弱趋势,出草子实体短小细弱,产量仅为4.7 g/瓶,较0~50 lx时出草产量减少约12 g/瓶,达极显著差异水平;同时,500 lx光照试验不仅表现出菌液清澈、菌丝球粗大稀疏,更在栽培出草过程中表现出菌种菌丝吃料明显较缓慢、菌丝瘦弱、铺

表2 不同光照强度及菌丝生长结果

Table 2 Effect of different light intensities on the growth of mycelium

| 光照强度 Light intensity /lx | 平板生长菌丝形态及生长速度 Mycelial morphology and growth rate on plate/(mm·d ⁻¹) | | 栽培瓶满瓶时间及菌丝形态 Mycelium morphology and the time with the cultivation bottle filled | | 出草结果 Result of grass 产量 Yield of grass | |
|--------------------------------|---|------------------|---|--------------------|--|--|
| | 形态 Morphology | 生长速度 Growth rate | 时间 Time/d | 形态 Morphology | 形态 Morphology | 产量 Yield of grass /(g·瓶 ⁻¹) |
| | | | | | | |
| 0 | 洁白有光泽、浓密健壮、匍匐 | 4.12 aA | 7 | 洁白有光泽、健壮、浓密、匍匐 | 典型 | 16.4aA |
| 5 | 白色、浓密健壮、匍匐 | 4.09 abA | 7 | 洁白、健壮、浓密、匍匐 | 典型 | 16.1aA |
| 10 | 浅黄色、浓密、较瘦弱、略呈倒伏 | 4.02 bB | 7 | 白、健壮、较浓密、匍匐 | 典型 | 14.6bB |
| 20 | 浅黄色、稀疏瘦弱、倒伏 | 3.84 cC | 7 | 淡黄色、较稀疏、较瘦弱、略倒伏 | 矮小 | 7.2cC |
| 50 | 中间菌丝黄色、周围色浅、稀疏、瘦弱、倒伏 | 3.41 dD | 8 | 淡黄色、稀疏、瘦弱、倒伏 | — | — |
| 100 | 整体呈黄色、瘦弱、稀疏、倒伏、紧贴培养基 | 2.76 eE | 9 | 浅黄色、稀疏、瘦弱、倒伏、紧贴培养基 | — | — |

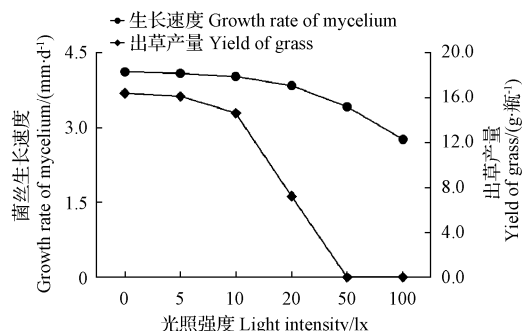


图2 不同光照强度对菌丝生长性能的影响

Fig. 2 Effect of different light intensities on the growth of mycelium

面不易、转色浅或不转色、基本不出草,说明过强光照可严重影响菌种性能,以黑暗或较低光照利于保持和制备性能优良菌种。0~50 lx光照为液体菌种适宜培养和制备光强条件。

2.2 不同光照强度对发菌及菌丝生长的影响

蛹虫草发菌及菌丝生长是蛹虫草菌丝吸收营养进行营养生长的重要阶段,是蛹虫草进一步进入生殖生长的前提和基础^[8,15]。不同光照强度对蛹虫草发菌、菌丝生长及其性能的影响见表2及图2。

从表2可以看出,不同光照强度对菌丝形态、色泽、生长速度及出草结果等影响明显。0~5 lx光照,菌丝健壮浓密洁白匍匐,生长速度较快,出草产量较高、草体形态典型,说明蛹虫草菌丝营养生长以0~5 lx的黑暗或较黑暗条件为最佳。当光照强度为20 lx及以上时,菌丝瘦弱、稀疏、生长速度明显减慢,色泽逐步加深为浅黄色或黄色、倒伏状,出草草体畸形、产量显著下降或不出草,甚至至100 lx光强时菌丝倒伏呈紧贴培养基状,说明光照尤其较强光照不仅抑制菌丝生长,甚至还抑制和影响菌丝性能,出草产量显著下降或不出草(图2)。试验中发现,栽培瓶菌丝生长形态、色泽、生长速度等优于同等光照条件下的平皿生长,可能与菌丝于栽培瓶及培养基内生长、可遮挡一定光线的影响有关。综合表2及图2,菌丝栽培瓶等容器生长以0~10 lx光照较为适宜,菌丝良好生长并保持优良性能以完全黑暗或较为黑暗为宜。

2.3 不同光照强度对菌丝转色的影响

转色是蛹虫草菌丝进入生殖生长及表现生殖生长性能的重要标志^[8,14]。不同光照强度对蛹虫草菌丝转色及其性能的影响见表3、图3。

由图3、表3可以看出,不同光照强度对菌丝转色及出草性能影响明显。300~500 lx时,菌丝能在较短的时间内转色至橙黄色,进一步栽培出草子实体形态典型,产量较高,依次为16.7、17.1 g/瓶;而光照强度为50~100 lx时,光照转色时间较长、转色较浅,气生菌丝生长较旺,出草子实体较瘦弱、稀疏、不整齐,产量较低,其中100 lx光照虽明显好于50 lx光照,但产量仍然明显较低,说明过低光照条件显然不利于菌丝良好转色和出

草。分析其原因,可能为过低光照较为有利于菌丝营养生长而不利生殖生长所致。当光照强度继续升高至 1 000 lx,转色时间虽可进一步缩短至约 3 d,但出草有一定程度降低,说明增强光照虽可加快菌丝转色,但对出草性能有一定影响,可能与过强光照可对菌丝进一步生长和发育产生一定抑制作用有关。转色以 300~500 lx 光照为宜。

表 3 不同光照强度及菌丝转色结果

Table 3 Effect of different light intensities on the pigmented mycelium

| 光照强度 Light intensity/lx | 转色时间 Time of the pigmented mycelium/d | 色泽 Color | 菌丝形态 Mycelium morphology | 出草结果 Result of grass 形态 Morphology | 产量 Yield of grass /(g·瓶 ⁻¹) |
|-------------------------------|--|-------------|--------------------------------|---|---|
| 50 | 13aA | 浅黄 | 气生菌丝旺盛 | 稀疏、瘦弱、不整齐 | 5.8aA |
| 100 | 8bB | 黄 | 气生菌丝略旺盛 | 较稀疏、较瘦弱 | 11.3bB |
| 200 | 6cC | 橙黄 | 浓密、较匍匐 | 较典型、整齐 | 13.9cC |
| 300 | 4dD | 橙黄 | 浓密、匍匐 | 典型、整齐 | 16.7dD |
| 500 | 4dD | 橙黄 | 浓密、匍匐 | 典型、整齐 | 17.1deE |
| 1 000 | 3deD | 橙黄 | 浓密、匍匐 | 典型、整齐 | 15.4fF |

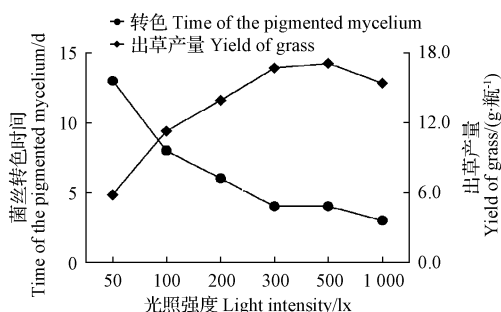


图 3 不同光照强度对菌丝转色性能的影响

Fig. 3 Effect of different light intensities on the pigmented mycelium

2.4 不同光照强度对原基分化的影响

原基分化是蛹虫草草体形成的必需步骤,其数量和性能直接决定出草产量乃至质量^[4,16]。由图 4 可以看出,不同光照强度对蛹虫草原基形成及其出草结果有较大影响。当光照强度由低逐渐增强时,蛹虫草原基数及出草产量也明显随之增加,且增加较显著,至 200~300 lx 时原基数目增加较迅速且达到峰值,出草产量也较高;随着光照强度进一步增加,原基数目呈下降趋势,出草产量也随之一定程度下降。同时,试验中还观察到,50~100 lx 光照下原基萌出较晚,进入出草生长阶段可继续萌出少量芽基,导致先萌出草体较粗大、后续草体细小瘦弱而出草不整齐;而 200~300 lx 光照下原基萌出较迅速、出草子实体生长整齐,形态典型、色泽金黄,有较高的商品价值。500~1 000 lx 光照原基萌出较少,可能与较高光照抑制菌丝生长、一定程度影响菌丝扭结形成原基有关。结合表 3 和图 3,说明经较高光照完成转色

后,可适当降低光照至 200~300 lx,较为适合蛹虫草原基大量分化和形成。

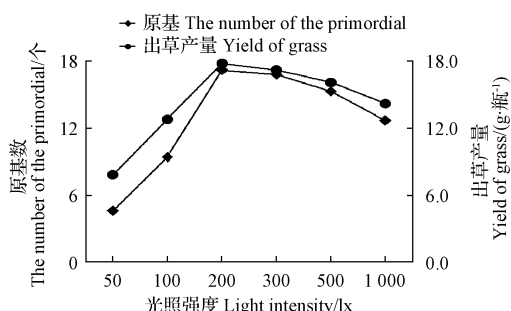


图 4 不同光照强度对原基分化结果的影响

Fig. 4 Effect of different light intensities on the differentiation of the primordial

2.5 不同光照强度对子实体生长的影响

从表 4 可以看出,当光照强度较低(100 lx 以下),尽管出草子实体可达 7~9 cm,但因直径较细,草体显细长瘦弱、产量较低,色泽亦呈淡黄或浅黄,商品性能较差;当光照强度达到 200~300 lx,出草子实体色泽橙黄,形态典型、草体较长,商品性能良好,产量可达 17~18 g/瓶的较高水平。当光照强度进一步增加至 500~1 000 lx,草体子实体产量不仅较明显下降,出草子实体亦较粗壮矮小、一定弯曲、色泽加深。说明光照过强,不仅可一定程度抑制出草子实体生长而呈“矮、粗”化趋势,还加快草体成熟、老化,颜色加深,降低草体商品价值;过低,尽管草体生长较迅速,但纤细瘦弱、颜色过浅,不仅产量较低,降低草体品质。子实体生长以 200~300 lx 光照为较为适宜。

表 4 不同光照强度对子实体生长的影响

Table 4 Effect of different light intensities on the growth of fruit body

| 光照强度 Light intensity/lx | 成熟时间 Mature time/d | 形态 Morphology | 出草产量 Yield of grass /(g·瓶 ⁻¹) | 色泽 Color | 商品性能 Prospect as commodities |
|-------------------------------|--------------------------|------------------|---|-------------|------------------------------------|
| 50 | 24 | 细长瘦弱,长约 7~9 cm | 14.7aA | 淡黄 | 较差 |
| 100 | 22 | 较细长瘦弱,长约 8~9 cm | 15.4abA | 浅黄 | 较好 |
| 200 | 21 | 典型,长约 9~10 cm | 17.3bB | 橙黄 | 好 |
| 300 | 21 | 典型、略粗,长约 9~10 cm | 18.2bcB | 橙黄 | 好 |
| 500 | 21 | 较粗、较典型,8~9 cm | 16.3cC | 橙黄 | 较好 |
| 1 000 | 19 | 粗、一定弯曲,长约 5~7 cm | 14.8dD | 暗黄 | 较差 |

3 讨论与结论

实践中,蛹虫草人工栽培可分为液体菌种制作、发菌及菌丝体生长、转色、原基分化、子实体生长等几个阶段。光照强度不仅是蛹虫草菌丝及子实体生长过程中重要条件,更是能否出草、出草优劣的重要保证。光照尤其较强光照在对菌丝生长产生抑制作用的同时,也是菌丝转色、原基分化及子实体生长的影响因素。试验证实,液体菌种制备以 0~50 lx 光照为佳,发菌及菌丝

体生长以 0~10 lx 为佳。这是由于蛹虫草菌丝及其细胞在液体培养基中生长阶段,液体培养基可较好阻挡和吸收光线,大大减轻了光照对菌丝生长的影响,从而较好延续和保持菌种优良性能;而在栽培发菌及菌丝体生长阶段,菌丝及其细胞可接受较多光线,只有黑暗或较黑暗条件下才可良好保持菌丝进一步发育及生长性能。

菌丝转色、原基分化、子实体生长是蛹虫草生殖生长及栽培出草的主要阶段。试验证实,300~500 lx 光照,菌丝转色快、转色性能好,出草子实体形态典型,产量高;光照过强,尽管转色时间可进一步缩短,但过强光照可对菌丝进一步生长及发育产生一定影响,出草产量有一定程度降低;光照较弱,不仅延长了转色时间,且转色性能及出草产量明显较低,说明较低光照不利于菌丝良好转色和出草,不光照则不转色、不出草。同时,不同光照强度对原基分化及子实体生长亦有较大影响。以 200~300 lx 光照,原基数目分化较多,过低光照原基数目可显著较少,过强光照原基有减少趋势;与王兰珍等^[16]研究结果较为一致而出草亦以 200~300 lx 光照为宜,此光照条件下,子实体生长典型、商品价值较高;光照弱,则子实体生长细长瘦弱、色浅、产量较低,商品性能较差;光照过强,则且草体粗壮矮小、色泽加深,降低商品价值,产量亦较明显下降。王兰珍等^[16]、林群英等^[17]研究认为,过高光照可抑制原基分化及子实体生长,与该试验研究结果较为一致。

该试验结果对蛹虫草栽培实践有较大指导意义。菌种制作及生长发菌阶段,以黑暗或较黑暗为佳,尤其于菌丝生长阶段易于接受较多光线时应以适当方式遮挡光线,以促进菌丝保持良好性能;课题组亦多次于制备和扩繁试管母种时,证实以完全黑暗可良好保证菌丝生长及菌种性能。栽培实践中,菌丝经过良好营养生长阶段,即可以较

强光照促进菌丝良好转色,然后适当降低光照强度,促进原基分化和子实体生长,提高经济效益。

参考文献

- [1] 中国科学院中国孢子植物志编辑委员会(梁宗琦). 中国真菌志(第三十二卷·虫草属)[M]. 北京:科学出版社,2007.
- [2] 张平,朱述钧,钱大顺,等. 北冬虫夏草功能成分及保健作用分析[J]. 江苏农业科学,2003(6):105-107.
- [3] 曾宏彬,宋斌,李泰辉. 蛹虫草研究进展及其产业化前景[J]. 食用菌学报,2011,18(2):70-74.
- [4] 郑壮丽,黄春华,梅彩英,等. 蛹虫草国内外研究的新进展[J]. 环境昆虫学报,2011,33(2):225-233.
- [5] 张胜友. 新法栽培蛹虫草[M]. 武汉:华中科技大学出版社,2010.
- [6] 牟雪,贾成发,陈帅,等. 光照时数对蛹虫草生长发育的影响[J]. 河北农业科学,2010,14(12):20-21.
- [7] 方华舟,李淑玲,左雪枝,等. 北冬虫夏草液体菌种制备工艺研究[J]. 北方园艺,2011(14):164-167.
- [8] 方华舟. 蛹虫草菌种培养性状与出草结果关系的研究[J]. 北方园艺,2013(12):161-164.
- [9] 锁现民,蔡树威,张现法. 浅谈蛹虫草栽培菌种制作及鉴定[J]. 食用菌,2009(4):41-42.
- [10] 胡事君,张善信,郑贵朝. 蛹虫草菌种与培养方法相互筛选技术和应用效果[J]. 中国食用菌,2009,28(1):18-19.
- [11] 方华舟,董海波,肖习明,等. 冷藏温度、时间及代次对蛹虫草菌种质量的影响[J]. 荆楚理工学院学报,2011,26(2):5-10.
- [12] 薛变丽,刘勇男,杨杰,等. 工厂化北冬虫夏草菌种分离试验[J]. 山西农业大学学报(自然科学版),2013,33(2):136-139,153.
- [13] 李亚洁,王鹤,孟楠,等. 蛹虫草菌种复壮技术的研究[J]. 食用菌,2006,28(2):23-26.
- [14] 程红艳,孙绪春,常鼎然,等. 蛹虫草盒式栽培条件的优化[J]. 核农学报,2012,26(1):182-185.
- [15] 何晓红,赵欢欢,刘飞,等. 蛹虫草菌种退化机理及预防措施研究进展[J]. 食用菌,2012(6):1-3.
- [16] 王兰珍,林桂荣. 不同培养条件对蛹虫草原基形成的影响[J]. 福建农业科技,2009(4):44-45.
- [17] 林群英,李泰辉,黄浩,等. 广东虫草人工栽培的光温条件研究[J]. 华南农业大学学报,2009,30(1):42-45.

Effect of Different Light Intensities on the Growth of Hyphal and Sporocarp in *Cordyceps militaris*

ZUO Xuezhil¹, ZHU Yunying², FANG Huazhou¹

(1. College of Bioengineering, Jingchu University of Technology, Jingmen, Hubei 448000; 2. Jingmen City Square Garden Management Office, Jingmen, Hubei 448000)

Abstract: *Cordyceps militaris* D1 strain was used as the experimental strain. Different light intensities were set in several single factor comparison tests during preparation of liquid strain, spawn running, growth rate, coloring, hyphal growth and other main growth periods. The forms of mycelia and fruit body, color, growth trend, yield and quality were compared and the most suitable light intensity though actual cultural production and commodity performance detection was explored. The results showed that the growth and development of *Cordyceps militaris* was very well during different growth stages when the light intensities were 0—50 lx, 0—10 lx, 300—500 lx, 200—300 lx, respectively. These results suggested that performing different light intensities during different stages in cultivation of *Cordyceps militaris* could elevate its yield and quality.

Keywords: *Cordyceps militaris*; light intensity; yield