

光照对灰树花农艺性状及质构品质的影响

龚凤萍, 李杰, 王子良, 竹玮, 段庆虎, 黄冬丽, 张应香

(信阳市农业科学院 河南信阳 464000)

摘要:为探究灰树花生长发育过程中需要的最适光照度,以灰树花菌株 HSH4 为供试材料,在菌丝生长阶段分别采用 LED 白光 50、100、200、500、1000 lx 光照度进行发菌培养,0 lx (黑暗)作对照;在出菇阶段分别采用 LED 白光 0、50、100、200、500、1000 lx 光照度进行出菇管理,以散射日光 200 lx 为对照,探索光照度对灰树花菌丝生长、子实体农艺性状及质构品质的影响。结果表明,菌丝生长阶段 50~100 lx 的 LED 白光照射时菌丝长速、长势明显优于暗光对照;出菇阶段 500~1000 lx 的 LED 白光较 0~200 lx 处理产量高,菇形好;散射日光 200 lx 处理产量最高,单袋产量为 615.33 g,菇硬度为 105.8,酪氨酸酶活性为 668 U·g⁻¹。试验得出结论,灰树花在发菌期间需要 50~100 lx 的 LED 白光,在出菇阶段散射日光较 LED 白光所有处理菇质硬度高,色泽偏灰褐色,菇形较好。

关键词:灰树花;光照度;农艺性状;质构品质;子实体色泽

中图分类号:S646

文献标志码:A

文章编号:1673-2871(2024)07-111-08

Effects of light on the agronomic traits and texture quality of *Grifola frondosa*

GONG Fengping, LI Jie, WANG Ziliang, ZHU Wei, DUAN Qinghu, HUANG Dongli, ZHANG Yingxiang

(Academy of Agricultural Science of Xinyang, Xinyang 464000, Henan, China)

Abstract: To explore the optimal light intensity required for the growth and development of *Grifola frondosa*, the strain HSH4 was used as the test material. During the mycelial growth stage, LED white light with 50, 100, 200, 500, and 1000 lx was used, 0 lx (dark) as control. During the mushroom stage, LED white light with 0, 50, 100, 200, 500, and 1000 lx and sunlight with 200 lx were used to explore the effects on the growth of mycelial, agronomic traits, texture quality and fruiting color of *Grifola frondosa*. The results showed that the mycelial growth rate and growth potential of *Grifola frondosa* were significantly better when irradiated with LED white light at 50-100 lx during the mycelial growth stage than when irradiated with dark light. The stage of fruiting body growth, LED white light at 500-1000 lx had higher yield than treatment with 0-200 lx, and the fruiting body shape was better. The treatment with scattered sunlight at 200 lx had the highest yield, with single bag yield of 615.33 g, and hardness is 105.8, tyrosinase activity is 668 U·g⁻¹. The mushroom quality was firmer and darker in color. The results showed that 50~100 lx of LED white light was required during the growth of the fungus, and the scattered sunlight at the stage of mushroom emergence made the fungus had higher hardness, with grayish brown color and better shape.

Key words: *Grifola frondosa*; Light intensity; Agronomic traits; Texture quality; Fruiting body color

灰树花 (*Grifola frondosa*), 隶属于担子菌门 (Basidiomycota) 层菌纲 (Hymenomycetes) 非褶菌目 (Aphylophorales) 多孔菌科 (Polyporales), 又称贝叶多孔菌 (*Polyporus frondosus*)、栗蘑 (中国河北)、千佛菌 (中国四川)、重菇 (中国福建)、舞茸 (日本), 是

著名的食药兼用蕈菌^[1]。其富含蛋白质、多糖、膳食纤维等多种营养成分, 味道鲜美, 素有“华北人参”和“食用菌王子”之美誉^[2-3]。相关研究表明, 灰树花富含具有抗氧化、降血压、免疫调节等药用功效的活性物质。Chen 等^[4]从灰树花中提取了一种新型的

收稿日期: 2023-12-19; 修回日期: 2024-02-26

基金项目: 河南省现代农业产业技术体系信阳综合试验站专项资金 (HARS-22-08-Z3); 河南省科技攻关项目 (222102110316); 信阳市重点研发与推广专项 (20220059)

作者简介: 龚凤萍, 女, 副研究员, 研究方向为食用菌品种选育与栽培技术。E-mail: fumengmeng518@163.com

通信作者: 李杰, 男, 副研究员, 研究方向为食用菌产业发展战略。E-mail: lijie@163.com

GFP-A 多糖,具有抗肿瘤功效。张文岭等^[5]发现了灰树花多糖对乳腺癌细胞 MCF-7 的凋亡作用。此外,灰树花还有较强的抑菌功能,季洋^[6]研究表明,灰树花对金黄色葡萄球菌和蜡样芽孢杆菌具有较强的抑菌活性。随着人们对灰树花食药价值的发现,食用灰树花保健功能越来越受到重视,其开发应用前景将更加广阔。目前,国内灰树花栽培产区集中在河北迁西和浙江庆元,采用覆土栽培或一季地摆一季覆土出菇模式,会带来重茬或土地利用率低的问题,不利于灰树花产业化、标准化发展。龚凤萍等^[7]探索灰树花层架式栽培可以解决上述问题,但是研究发现该模式在灰树花生长发育不同阶段对光照有特殊的要求,处理不妥会带来畸形菇或不出菇的问题。

光照是真菌生长发育过程中必要的环境因子,食用菌菌丝体和子实体生长阶段对光照度的要求不同^[8]。笔者通过若干年的栽培试验发现,光照等环境因素对灰树花的生长发育影响很大,光照度不适宜会造成幼菇分化畸形或不分化等现象。相关研究表明,不同食用菌对光质和光照度要求不同。卢颖颖等^[9]报道,秀珍菇在工厂化栽培出菇环节采用红色 LED 光源、光照度为 400 lx 为最佳组合。周会明等^[10]报道光胁迫对星孢寄生菇菌丝生长会产生不利影响,但对子实体发育有正负两方面的影响。高晓梅等^[11]报道 50~100 lx 弱光对蛹虫草原基分化、子实体诱导有促进作用,1000 lx 光照处理可促进子实体生长和产量提高。余昌霞等^[12]报道绿蓝光对草菇菌丝生长有利,促进菇蕾形成。上官端琳等^[13]研究发现,LED 白光不同光照度对平菇的子实体色泽、酪氨酸酶活性具有显著影响。笔者在试验中还发现,不同环境条件下灰树花子实体颜色深浅、朵形、菌管长短差别较大,口感也有较大差别。易琳琳等^[14]、吕明亮等^[15]研究表明,香菇子实体质地影响香菇的货架期、品质和食用口感,是衡量其商品性状好坏的重要指标。姜宁等^[16]研究指出,绿光和蓝光照射下香菇子实体农艺性状和质构品质好。目前,光照对灰树花菌丝和子实体生长发育的影响及子实体产量、品质提升的相关研究报道较少。

笔者的研究在灰树花不同生长阶段采用 LED 白光进行光照培养,探索不同光照度对灰树花菌丝生长及子实体农艺性状、质构品质的影响,以期获得灰树花层架式规模化栽培优质菇所需的最佳光照条件。

1 材料与方 法

1.1 材 料

1.1.1 供试菌株和培养基 供试灰树花品种为 HSH4,由河南省农业科学院植物营养与资源环境研究所提供。

PDA 培养基:马铃薯(去皮)200 g,葡萄糖 20 g,琼脂 20 g,水 1000 mL。

栽培袋培养基:板栗(麻栎)木屑 60%,板栗栗苞 19%,麸皮 15%,石膏 1%,生土 5%。

培养料含水量 50%~53%,pH 值 6~6.5。

1.1.2 菌袋制作与培养 采用 18 cm×60 cm×0.006 cm(折径×长度×厚度)的聚乙烯塑料袋,全自动装袋机装袋,108 °C 维持 12 h 灭菌后冷却至常温接种。接种时沿料袋纵向打穴 4 个,穴径 2.5 cm,穴深 3.0 cm,菌种掰开塞入穴中填满压实,置于 25 °C 恒温暗光培养。

1.2 方 法

1.2.1 试验时间与地点 试验于 2021 年 11 月至 2022 年 9 月在信阳市农业科学院湖东试验示范区进行,采用层架式栽培出菇方式进行试验管理,参照龚凤萍等^[7]的方法。

1.2.2 光照度对菌丝生长的影响指标测定 在倒入 PDA 培养基的培养皿中心部位等量接种经活化过的灰树花母种,置于 25 °C 条件下暗光培养。待接种块萌发至菌落直径 1 cm 以上时进行不同光照度处理,光照度为 50、100、200、500、1000 lx,对照为暗光(0 lx)处理。观察记录不同光照度对菌丝生长速度和菌丝长势的影响,菌丝生长速度测定采用十字划线法。每个处理放置 5 个平板,3 次重复,菌丝生长速度每 7 d 测一次数据,结果取平均值。

1.2.3 光照度对子实体农艺性状的影响 发菌满袋后挑选发菌均匀一致的菌袋随机摆放在出菇层架上进行管理。为减少层架上下不同层位置温度不同给试验带来的误差,各个处理菌袋均置于出菇架同一层。试验采用 LED 白光不同光照度(0、50、100、200、500、1000 lx)进行照射处理,不同处理采用遮光网隔挡,以散射日光 200 lx 为对照。光照处理周期为 07:00—19:00,其余时间暗光处理。在菌袋正上方 30 cm 处安装 LED 白光源灯带,调节光带数量和灯珠数量使其达到设计的光照度。每个处理 10 袋,3 次重复。观察记录不同光照度处理后菌袋出菇动态。参照灵芝 DUS 测试标准^[17],测定菇高、菇直径、菌管长度及叶片厚度、长度、宽度,统计出菇袋数

及出菇产量。

1.2.4 光照度对灰树花子实体质构品质的影响 参照姜宁等^[6]的方法测定不同光照度对子实体质地的影响。待测样品(鲜菇)5 g,菌孔向下,采用质构仪测定其质构特性,包括硬度、弹性、胶黏性、黏附性、咀嚼性、内聚性等指标。测定条件:P/75 探头,TPA 测试,测前速度、测试速度和测后速度分别为 10.0、2.0 和 10.0 mm·s⁻¹,压缩比 40%,2 次压缩间隔时间 5 s,自动触发类型,触发力 5.0 g。每组重复测定 10 次,结果取平均值。

1.2.5 光照度对灰树花子实体色泽和酪氨酸酶活性的影响 参照上官端琳等^[13]的方法测定不同光照度下灰树花子实体色泽和酪氨酸酶活性。灰树花子实体色泽分为白色、灰白色、灰褐色、灰黑色 4 个级别。酪氨酸酶活性测定方法:取待测样品(鲜菇)5.0 g,加入 pH 7.2 的 Na₂HPO₄-HCl(0.1 mol·L⁻¹)缓冲溶液 20 mL,4 °C、200 r·min⁻¹ 提取 4 h,4 °C、8000 r·min⁻¹ 离心 10 min,取上清液,即为粗酶液。在试管中加入 0.5 mL 0.01 mol·L⁻¹ 的多巴溶液和 2.5 mL pH 6.0 磷酸缓冲液,30 °C 水浴 10 min,加 1 mL 粗酶液摇匀,立即于分光光度计 480 nm 处测定吸光度值 *A*。以吸光度值增加 0.001 为 1 个酶活性单位,不加多巴溶液(以磷酸缓冲液替代)为对照,计算子实体中酪氨酸酶活力。

$$U_1 = (A - A_{\text{对照}}) / (t \times 0.001 \times V_1); \quad (1)$$

$$U_2 = U_1 \times V/m. \quad (2)$$

式中: U_1 为粗酶液酶活力(U·mL⁻¹); U_2 为样品中酪氨酸酶活力(U·g⁻¹); A 为样品吸光度值($A_{\text{对照}}$); t 为反应时间(min); V_1 为反应体系中粗酶液体积(mL); V 为粗酶液总体积(mL); m 为样品质量(g)。

1.3 数据处理

使用 Excel 2007 对试验数据进行处理和作图,应用 SPSS 17.0 进行相关性分析。

2 结果与分析

2.1 光照度对灰树花菌丝生长的影响

由表 1 可看出,光照对灰树花菌丝生长速度有一定的影响,表现为:在暗光培养时日均生长速度为 0.165 cm·d⁻¹,50 lx 时为 0.18 cm·d⁻¹,200 lx 时为 0.25 cm·d⁻¹,500 lx 时为 0.22 cm·d⁻¹,500 lx 之后随着光照度增加菌丝生长速度下降。由图 1 可看出,光照对灰树花菌丝长势的影响较为明显,表现为:在暗光(0 lx)时较差,菌落边缘不整齐,在 50~100 lx 范围内菌丝长势较好,菌丝生长均匀一致,菌落边缘较均匀一致;当光照度增加至 200 lx 及以上时,菌落边缘不整齐,气生菌丝较多。结果表明,灰树花菌丝生长阶段给予 LED 白光 50~100 lx 菌丝生长较快,长势较好。

2.2 光照度对灰树花农艺性状的影响

从图 2 可看出,光照对子实体形态有一定的影响,0~50 lx 光照度子实体叶片表面会出现较多瘤状突起,不平整,随着光照度增加,子实体表面凸起较

表 1 不同光照度对灰树花菌丝生长速度和长势的影响

Table 1 Effects on the mycelial growth rate and status of *Grifola frondosa* under different illumination intensity

光照度 Illumination intensity/lx	菌丝生长速度 Mycelial growth rate/(cm·d ⁻¹)	菌丝长势 Mycelial growth vigor
0(CK)	0.165±0.003 2 b	菌丝生长不均匀,菌落边缘不整齐 Mycelial growth is uneven, Colony edge is not neat
50	0.170±0.004 5 b	菌丝生长均匀一致,气生菌丝较多,菌落边缘较整齐 Mycelial growth is uniform, aerial mycelial is more, the colony edge is more neat
100	0.180±0.005 7 ab	菌丝生长均匀一致,气生菌丝较多,菌落边缘较整齐 Mycelial growth is uniform, with more aerial mycelial and more neat colony edges
200	0.250±0.022 0 a	菌丝生长不均匀,气生菌丝多,菌落边缘菌丝稀疏 Mycelial growth is uneven, with many aerial mycelial and sparse mycelial at the edge of the colony
500	0.220±0.037 0 ab	菌丝生长不均匀,气生菌丝多,菌落边缘菌丝稀疏 Mycelial growth is uneven, with many aerial mycelial and sparse mycelial at the edge of the colony
1000	0.210±0.020 0 ab	菌丝生长不均匀,气生菌丝多,菌落边缘菌丝稀疏 Mycelial growth is uneven, with many aerial mycelial and sparse mycelial at the edge of the colony

注:不同小写字母表示处理间在 0.05 水平差异显著。下同。

Note: Different small letters indicate significant difference among different treatment at 0.05 level. The same below.

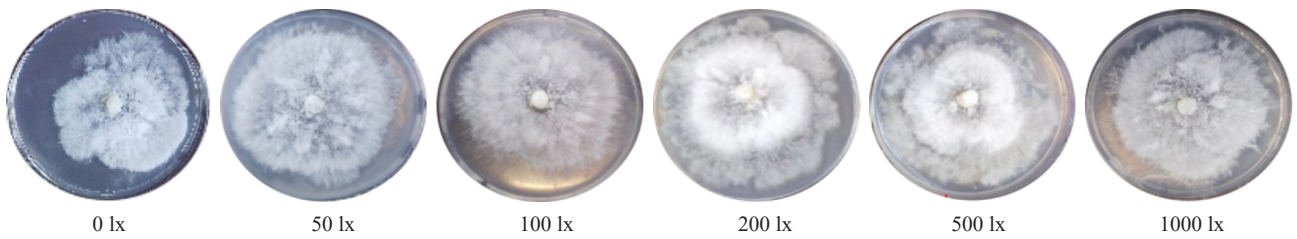


图1 不同光照度灰树花菌丝生长形态

Fig. 1 Morphology of *Grifola frondosa* mycelial under different illumination intensity



注:A-G 依次是 LED 白光 0、50、100、200、500、1000 lx 及散射日光 200 lx(CK)处理的子实体图片。

Note: The sub entity images in the figure, A-G are processed with LED white light intensity of 0, 50, 100, 200, 500, 1000 lx, and sunlight of 200 lx(CK).

图2 不同光照度对灰树花子实体形态的影响

Fig. 2 Effects on fruiting body morphology of *Grifola frondosa* under different illumination intensity

少,较为平整。暗光与 LED 白光处理子实体颜色较浅,为灰白色。对照散射日光 200 lx 处理子实体分化完全,呈灰褐色,叶片圆整,边缘有灰白相间的生长圈。

由图 3 可以看出,不同处理对菇高影响表现为:在 LED 白光 50~200 lx 时菇高为 7.4~7.63 cm,与暗光 and 对照差异不显著,当白光强度增加至 500 lx 时菇高开始增加至 8.27 cm,1000 lx 处理菇高为 8.57 cm,较对照及其他处理(除 500 lx 外)差异显著,表明 LED 白光 500 lx 以上会显著影响菇高。不同处理对菇直径影响表现为:LED 白光 0~200 lx 时菇直径随着光照度增加而增加,在 200 lx 时数值最大,为 19.23 cm,之后随着光照度增加呈现降低趋势,在 500~1000 lx 时,为 16.4~18.77 cm,仍高于对照 15.23 cm。试验结果表明 LED 白光在 200~1000 lx 处理菇直径比对照大,在 200~500 lx 菇直径显著大于对照。不同处理对子实体叶片长度影响表现为,LED 白光不同光照处理叶片长度与光照度呈现递增趋势(100 lx 除外),0 lx 时为

8.23 cm,50 lx 时为 8.17 cm,200 lx 时为 9.1 cm,在 1000 lx 达到最高,为 10.97 cm,LED 白光处理均显著高于对照组的 5.7 cm。不同处理对叶片宽度影响表现为:200 lx 时叶片宽度最大,为 4.5 cm,0 lx 时为 4.33 cm,50 lx 时为 3.17 cm,试验结果表明叶片宽度与光照度没有明显相关性。不同处理对叶片厚度影响表现为:叶片厚度在 0 lx 时为 0.76 cm,在 LED 白光 50~1000 lx 时为 0.56~0.68 cm,在散射日光 200 lx 时为 0.38 cm,表明 LED 白光光照越弱,叶片越厚,所有处理均比对照叶片厚,且与对照差异显著。不同处理对叶片菌管长度影响表现为:菌管长度在 LED 白光 100 lx 时最小,为 0.26 cm,200~500 lx 时达到 0.3 cm,均高于对照(散射日光 200 lx)处理的 0.15 cm,表明 LED 白光较对照处理菌管偏长。现原基的袋数占比在暗光(0 lx)时为 27%,在 LED 白光处理时为 41%~80%,散射日光 200 lx 处理时为 95%,表明菌袋现原基与光照关系极为密切,在

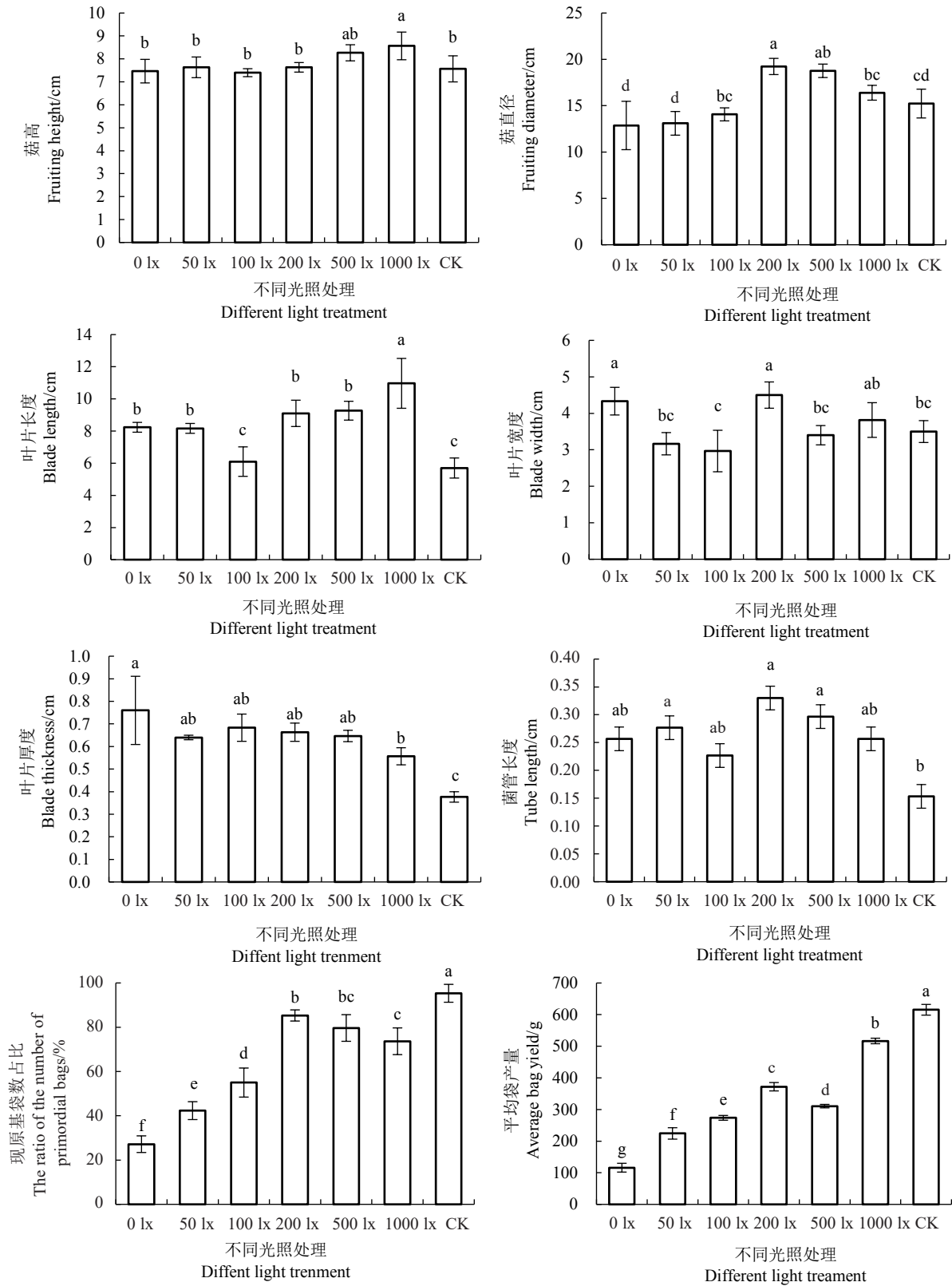


图3 不同光照度对灰树花农艺性状的影响

Fig. 3 Effects on agronomic traits of *Grifola frondosa* under different illumination intensity

菌袋发菌透料后一定要给予光照促进原基形成。平均袋产量结果显示,暗光培养产量最低,为116 g,LED白光50 lx时为224.33 g,1000 lx产量增加至516.67 g,散射日光200 lx处理产量为615.33 g,表明在各处理中光线越强,菇产量越高,散射日光处理菇产量高于暗光和LED白光处理。

综合结果表明,光线对灰树花农艺性状影响差别较大,在试验处理的范围内,光线越强,菇形越好,产量越高。散射日光200 lx效果优于暗光和LED白光。

从表2可以看出,菌管长度与叶片厚度呈显著正相关,与平均袋产量、现原基袋数占比均呈极显著负相关,菌管越长叶片越厚,反之叶片越薄。试验中发现菌管过长的菇会出现畸形,不适宜的环境会造成个别菌袋不出菇或出菇畸形,进而影响平均袋产量。叶片厚度与平均袋产量呈极显著负相关,结合叶片厚度与菌管长度呈正相关,表明环境条件不适宜会出畸形菇,从而导致整体产量不高。平均袋产量与现原基袋数占比呈显著正相关,表明现原基袋数越多,平均袋产量会越高。

表2 不同光照度的灰树花农艺性状相关性分析

Table 2 Correlation coefficients 8 agronomic traits of *Grifola frondosa* under different illumination intensity

性状编码 Traits code	A	B	C	D	E	F	G	H
A	1	0.303	0.020	0.697	-0.069	0.169	0.041	-0.242
B		1	-0.332	0.508	0.329	-0.048	0.385	0.519
C			1	0.368	0.241	0.762*	-0.880**	-0.892**
D				1	0.529	0.317	-0.088	-0.351
E					1	0.162	-0.064	-0.173
F						1	-0.895**	-0.645
G							1	0.813*
H								1

注:表中A、B、C、D、E、F、G、H分别表示菇高、菇直径、菌管长度、叶片长度、叶片宽度、叶片厚度、平均袋产量、现原基袋数占比。*表示 $p < 0.05$ 差异显著水平;**表示 $p < 0.01$ 差异极显著水平。

Note: A, B, C, D, E, F, G, H respectively fruiting height, fruiting diameter, tube length, blade length, blade width, blade thickness, average bag yield, the ratio of the primordial bags of *Grifola frondosa*. * means significant difference at $p < 0.05$; ** means extremely significant difference at $p < 0.01$.

2.3 光照度对灰树花质构的影响

从图4可看出,LED白光0 lx处理菇硬度最低,为62.8,之后随光照度增加而增大,对照散射日光200 lx处理硬度最大,为105.8,试验结果表明,LED白光处理硬度均低于对照。弹性测试结果表现为在100 lx时最高,为0.73,显著高于其他处理。LED白光各处理菇内聚性均低于对照,且随着光照度增加呈先降低后增加趋势。LED白光处理菇胶黏性高于暗处理,不同光照度条件下胶黏性呈现不规则波动趋势,在1000 lx时达到最高,为32.82,与对照31.16差异不显著。咀嚼性表现为所有LED白光处理高于暗培养,差异不显著,但均显著低于对照,黏附性在50 lx时最高,超过0.08,之后随着光强增加而降低,呈现不规则波动趋势。

结果表明,LED白光处理的菇弹性、胶黏性、黏附性较好,但是菇硬度、咀嚼性、内聚性低于对照(散射日光200 lx)处理。

2.4 光照度对灰树花子实体酪氨酸酶活性及颜色的影响

从表3可看出,LED白光处理子实体酪氨酸酶活性在257.00~440.33 $U \cdot g^{-1}$ 之间,对照组(散射日光200 lx)酪氨酸酶活性为668 $U \cdot g^{-1}$ 。从图2可以看出对照组色泽偏灰褐色,LED白光所有处理菌盖色泽为灰白色。结果表明,酪氨酸酶活性在LED白光处理下随光照度变化不明显,均显著低于对照组(散射日光200 lx)。也可以看出LED白光处理的菇中酪氨酸酶仍具有一定的活性,但是低于668 $U \cdot g^{-1}$ 时子实体偏白色,可能是LED白光处理酪氨酸酶活性较低、黑色素积累偏少的缘故。

3 讨论与结论

灰树花在菌丝生长阶段需要一定的LED白光照射,适宜的光照可以提高菌丝生长速度,增强菌丝长势。这与白光可促进白灵菇^[18]、灵芝^[19]菌丝生长,菌丝生物量高的结论较为一致。试验中光照过

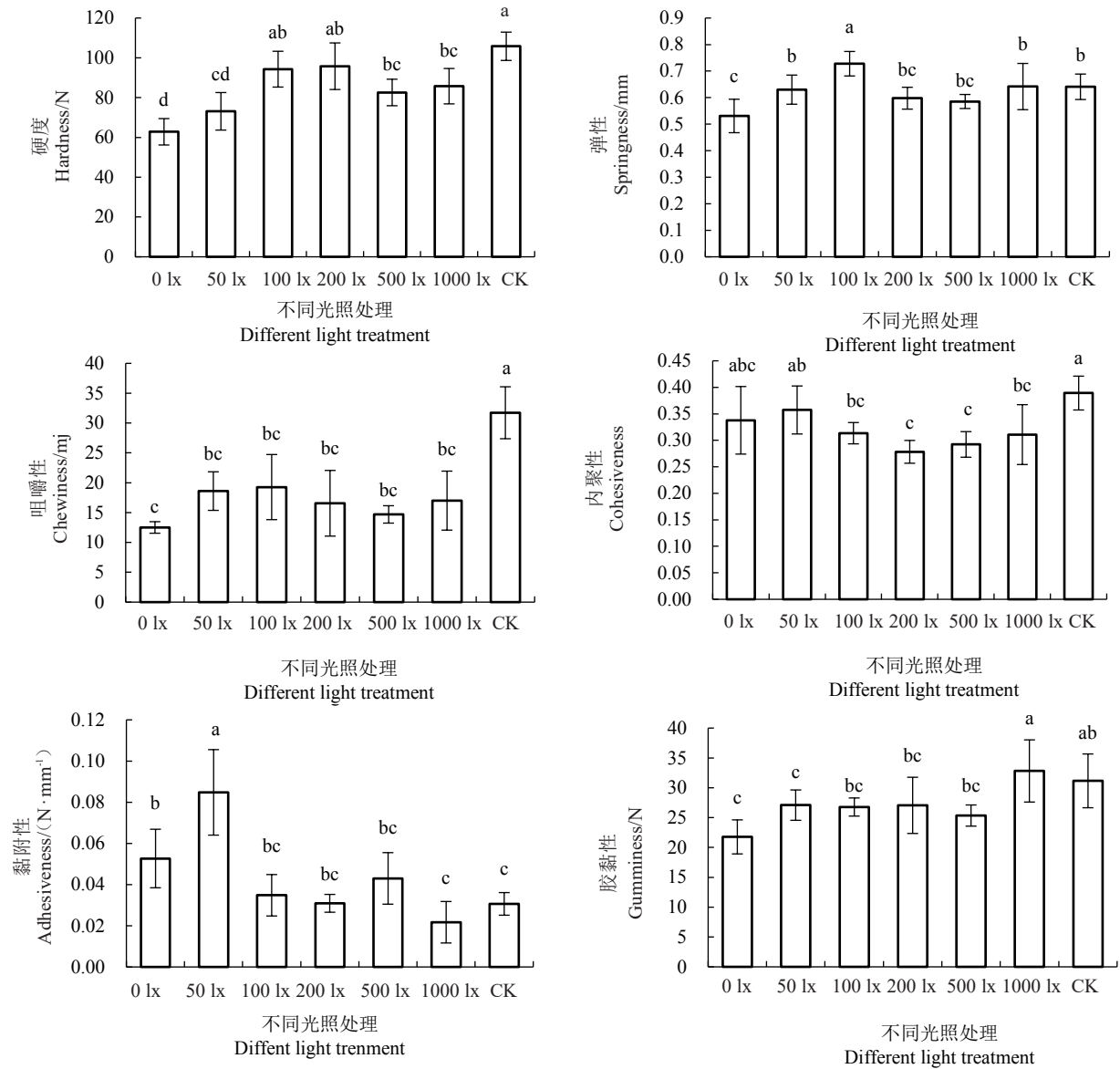


图 4 不同光照度对灰树花子实体品质的影响

Fig. 4 Effects on texture quality of fruiting bodies of *Grifola frondosa* under different illumination intensity

表 3 不同光照度对子实体酪氨酸酶活性及颜色的影响
Table 3 Effects on fruiting body of *Grifola frondosa* tyrosinase activity and color under different illumination intensity

光照度 Illumination intensity/lx	酪氨酸酶活性 Tyrosinase activity/(U·g ⁻¹)	子实体颜色 Fruiting body color
50	257.00±12.77 d	灰白色 Off-white
100	410.00±7.51 bc	灰白色 Off-white
200	440.33±21.95 b	灰白色 Off-white
500	372.67±20.51 c	灰白色 Off-white
1000	415.33±4.53 b	灰白色 Off-white
CK	668.00±8.89 a	灰褐色 Taupe

强或过弱均会影响灰树花菌丝生长,段庆虎等^[8]的研究表明,真菌所需光强一般为几十到 1500 lx 不等,

不同真菌种类所需最佳光强不同。只有创造灰树花适宜的光照度才能满足其正常生长需要。试验还发现一定光照度能促进大量气生菌丝产生,为后期的菌丝扭结形成子实体创造条件。所以,在灰树花催菇阶段给予一定光照十分必要。

光照度对灰树花农艺性状、质构品质及子实体色泽的影响较为明显。研究发现,同一光质情况下(LED白光)光线越强,菇产量越高,菇形越好,但是,菇色泽偏灰白色,酪氨酸酶活性较低,对照组酪氨酸酶活性较高,菇色泽较深,这与上官端琳^[13]结论一致。林标声等^[20]研究表明,白光和自然光条件下红平菇成菇率高、子实体颜色鲜艳。这与本试验结果不太一致,可能是不同菇类对光质和光强要求不

同导致的。靖云阁等^[21]研究表明,白光可提高白灵菇出菇率;黄兵^[22]研究指出,白光可促进白灵菇菌柄生长;郝俊江^[19]研究表明,白光下灵芝产量高、形状好;刘文科等^[23]研究表明,白光下蟹味菇菌柄较长。这些报道显示,白光可以促进食用菌菌柄生长,笔者的试验结果也表明,LED白光处理的菌盖较长,菇高偏高。由于灰树花没有菌柄,光照环境不适宜时,子实体向四周伸展长度不一致导致菇形较差,所以本研究结果与上述结论有相似之处。散射光照射处理的菇分化展片好,色泽深,与洪沛等^[24]研究的自然光(日光)较其他光更利于平菇子实体健壮生长的结论一致。

不同光质对菇的质构品质影响较大。散射日光 200 lx 处理的出菇品质明显优于 LED 白光及暗光处理,硬度高、咀嚼性好,口感好。与姜宁^[16]等研究的蓝光和绿光下香菇品质较好的结论不太一致。洪沛等^[24]报道不同食用菌对光照要求具有专一性,这可能是不同菇类对光质要求不同导致的结果。本研究结果表明,灰树花在出菇阶段散射日光 200 lx 处理较好,该处理下灰树花质构品质明显优于其他光照处理。

综上所述,灰树花菌丝生长阶段给予 LED 白光光照度为 50~100 lx 照射时,菌丝生长较快,长势较好;在子实体生长阶段散射日光 200 lx 光质较 LED 白光光质处理菇产量高、菇形好、菇质量较硬,色泽较深。在工厂化层架式栽培生产出菇阶段要选择与日光波长较为接近的光源,可保证灰树花高产优质。

参考文献

- [1] 甘长飞. 灰树花及其药理作用研究进展[J]. 食用菌, 2014, 22(5):264-267.
- [2] 赵瑞蒲, 杨志娟, 周程艳. 灰树花及其多糖的研究进展和应用前景[J]. 华北煤炭医学院学报, 2002, 4(5):573-574.
- [3] 郑传奇, 王勋, 陈华, 等. 灰树花化学成分及质量标准研究进展[J]. 现代食品, 2021(6):23-27.
- [4] CHEN X Y, JI H Y, ZHANG C F. Structural characterization and antitumor activity of a novel polysaccharide from *Grifola frondosa*[J]. Journal of Food Measurement and Characterization, 2020, 14(1):272-282.
- [5] 张文岭, 赵飞飞, 张兆波, 等. 灰树花多糖对乳腺癌细胞 MCF-7 的凋亡作用[J]. 菌物学报, 2022, 41(12):2048-2056.
- [6] 季洋. 灰树花抑菌活性物质的研究[D]. 江苏无锡: 江南大学, 2022.
- [7] 龚凤萍, 段庆虎, 竹玮, 等. 灰树花层架式高效栽培关键影响因素研究[J]. 中国食用菌, 2022, 41(9):80-85.
- [8] 段庆虎, 张应香, 龚凤萍, 等. 光对真菌影响的研究进展[J]. 北方园艺, 2014(18):213-219.
- [9] 卢颖颖, 李嘉懿, 彭强, 等. 光照对工厂化秀珍菇产量和品质的影响[J]. 中国食用菌, 2023, 42(1):80-84.
- [10] 周会明, 王朝雯, 李加豪, 等. 不同光质 LED 光源对星孢寄生菇生长发育的影响[J]. 中国瓜菜, 2024, 37(2):32-37.
- [11] 高晓梅, 陈月仍. 光照对人工培养蛹虫草子实体形成和生长的影响[J]. 广东农业科学, 2006(6):31-32.
- [12] 余昌霞, 李正鹏, 查磊, 等. 不同光质对草菇菌丝生长及子实体性状的影响[J]. 食用菌学报, 2021, 28(3):72-77.
- [13] 上官端琳, 龚凤萍, 段庆虎, 等. 温度和光照对平菇酪氨酸酶活力的影响及与子实体颜色的关系[J]. 中国食用菌, 2021, 40(11):52-55.
- [14] 易琳琳, 应铁进. 食用菌采后品质劣变相关的生理生化变化[J]. 食品工业科技, 2012, 33(24):434-436.
- [15] 吕明亮, 李伶俐, 薛振文, 等. 香菇“丽香 2 号”的选育报告[J]. 菌物学报, 2020, 39(6):1193-1195.
- [16] 姜宁, 余昌霞, 董浩然, 等. 不同光质光照对香菇子实体农艺性状与质构品质的影响[J]. 菌物学报, 2021, 40(12):3169-3181.
- [17] 上海市农业科学院. 植物新品种特异性、一致性和稳定性测试指南 灵芝[S]. 全国植物新品种测试标准化技术委员会, 2014.
- [18] 张耀玲, 孙瑞泽, 李珍, 等. 白灵菇生长发育的光效应研究[J]. 陕西农业科学, 2019, 65(5):32-34.
- [19] 郝俊江. 不同光质对灵芝生长生理和有效成分的影响及灵芝抗氧化酶的开发研究[D]. 北京: 北京协和医学院, 2011.
- [20] 林标声, 胡晓冰, 张苑, 等. 红平菇生产栽培中光质、光照条件研究[J]. 东北农业大学学报, 2013, 44(5):42-46.
- [21] 靖云阁, 邹亚杰, 杨小红, 等. 菌丝生理成熟期温度和光质对白灵侧耳生长的影响[J]. 食用菌学报, 2019, 26(1):18-22.
- [22] 黄兵. 不同光质 LED 对白灵菇商品性状及产量的影响[D]. 长春: 吉林农业大学, 2015.
- [23] 刘文科, 杨其长, 赵姣姣. LED 光质对蟹味菇子实体生长的影响[J]. 中国食用菌, 2014, 33(1):42-43.
- [24] 洪沛, 舒黎黎, 李天来, 等. 光环境对食用菌生长发育的影响[J]. 食用菌学报, 2021, 28(4):108-115.