

不同培育方式对红菇子实体质量的影响

谢裕红

(福建省将乐县林木种苗站,福建 将乐 353300)

摘要:为了探究如何提高红菇的营养价值,选择最佳生长条件,先以红菇本地种和驯化种为研究对象,分析了本地种和驯化种之间的差异;其次选择了营养价值较高的红菇驯化种,比较在不同的共生树种(米槎、红锥、甜槠、栲树)和不同菌丝接种深度(0,0.2,0.5,0.7 m)种植条件下以及是否杀菌浇水等人工管理措施下红菇含水率、干质量、红色饱和度、多糖含量、可溶性多糖含量和蛋白质含量等指标的差异。结果显示:(1)驯化种和本地种差异显著,驯化种的红色饱和度、多糖含量和可溶性多糖含量均极显著高于本地种(P 值分别为0.004 4、小于0.000 1和0.000 5);(2)驯化种接种在米槎和红锥周围的红菇红色饱和度均极显著高于接种在甜槠周围的红菇红色饱和度(P 值分别为0.002 4和0.004 8);接种在红锥周围的红菇多糖、可溶性多糖和蛋白质含量均极显著高于接种在米槎、甜槠和栲树周围的红菇(P 值均小于0.000 1);(3)驯化种在接种深度0—0.7 m范围内,红色饱和度在0.5 m达到最大值,极显著高于深度0 m($P=0.001$ 8);多糖含量、可溶性多糖和蛋白质含量均极显著高于接种深度为0,0.2,0.7 m的红菇(P 值均小于0.000 1);(4)驯化种进行杀菌和浇水处理极显著提高红菇的多糖含量、可溶性多糖含量和蛋白质含量(P 值分别为0.006 9、小于0.000 1、小于0.000 1和0.002 2)。综上所述,选择红菇驯化种接种在红锥周围,且深度为0.5 m,并对其进行杀菌和浇水处理可获得颜色较深且营养价值和经济价值较高的红菇。该研究对红菇的野外标准化栽培技术的总结与推广、发展林下经济和实现农村经济的振兴有着重要的理论和现实意义。

关键词:红菇;干质量;红色饱和度;种植条件;管理措施

中图分类号:S646

文献标志码:A

doi:10.3969/j.issn.1001-7380.2023.06.004

Effect of different cultivation mode on *Russula* carpophore product quality

Xie Yuhong

(Jiangle Country Forest Seedling Station, Jiangle 353300, China)

Abstract: In order to explore how to improve the nutritional value of *Russula* product with the different growth conditions, the local species and the domesticated species were taken as the research object. Then by use of the species with higher nutritional value, water content, dry weight, red saturation, polysaccharide content, soluble polysaccharide content and protein content of *Russula* product were compared under different symbiotic tree species (*Castanopsis carlesii*, *C. hystrix*, *C. eyrei*, *C. fargesii*) and different mycelial inoculation depths (0, 0.2, 0.5, 0.7 m). The results showed that: (1) There were significant differences between domesticated species and local species. The red saturation, polysaccharide content and soluble polysaccharide content of domesticated species were significantly higher than those of local species ($P=0.004$ 4, <0.000 1 and 0.000 5, respectively); (2) The red saturation of *Russula* inoculated around *C. carlesii* and *C. hystrix* was significantly higher than that inoculated around *C. eyrei* ($P=0.002$ 4 and 0.004 8, respectively). The contents of polysaccharide, soluble polysaccharide and protein in *Russula* inoculated around *C. hystrix* were significantly higher than those inoculated around *C. carlesii*, *C. eyrei* and *C. fargesii* (all P values were less than 0.000 1). (3) In the range of 0—0.7 m, the red saturation of domesticated species reached the maximum at 0.5 m, which was significantly higher than that at 0 m ($P=0.001$ 8). The contents of polysaccharide, soluble polysaccharide and protein were significantly higher than those with inoculation depths of 0, 0.2, 0.7 m ($P < 0.000$ 1). (4) Sterilization and watering treatment significantly increased the

收稿日期:2023-10-20;修回日期:2023-11-29

基金项目:三明市林业科技项目“将乐县红菇菌种筛选与培育技术”(2021-MLKJ-04)

作者简介:谢裕红(1972—),女,福建浦城人,大学本科毕业,高级工程师。主要研究方向为森林资源培育和林下经济发展。

polysaccharide content, soluble polysaccharide content and protein content of (*P* values were 0.006 9, less than 0.000 1, less than 0.000 1 and 0.002 2, respectively). In conclusion, the *Russula* domesticated species could be selected to be inoculated around the *C. hystrix*, with the depth of 0.5 m. After sterilization and watering treatment, the *Russula* with darker color and higher nutritional value and economic value could be obtained.

Key words: *Russula*; Dry weight; Red saturation; Growth condition; Management measure

红菇 (*Russula* spp.) 广泛分布于我国 30 个省区, 共有 90 种余, 可食用的约达 60 种, 福建地区主要分布在三明、宁德、莆田、南平^[1]。红菇具有极高的生态价值、营养价值以及经济价值, 红菇属外生菌根真菌, 需与宿主形成共生菌根才能正常生长, 共生理极为复杂^[2]。红菇的种植对于发展林下经济和实现乡村经济振兴具有重要的作用。红菇作为外生菌根真菌, 已成为林木生长不可缺少的因子, 当红菇与林木幼苗共生后可提高苗木移植于造林区的成活率^[2]。红菇属真菌, 多数可食用, 味道鲜美, 富含多种人体必需的营养物质, 可食药兼用, 可单方或复方入多种中药, 有着减轻肝损伤、保护肝功能、治疗失血性贫血等作用^[3]。

对于红菇人工培育, 研究多数集中在林分郁闭度、林地覆盖物、空气湿度、光照条件等一系列生境条件。相关研究表明, 少量的光照即可满足大红菇的生长发育, 过多的光照反而会抑制其生长, 当林地郁闭度为 0.8, 灌草盖度为 20%, 落叶厚度为 2.0 cm 时, 其光照强度、通气量、土壤湿度最适合大红菇菌丝生长、扭结成原基并出菇, 产量增加较为显著, 且品质佳^[4]。但是关于接种深度、共生物种和人工管理措施(灭菌、浇水等)是否会对红菇的质量产生影响少有研究。相关研究表明, 土壤深度构成被视为是土壤性质的生态过滤器, 沿着剖面形成了高度异质性的梯度环境, 影响着土壤微生物群落的多样性、组成和功能^[5], 即微生物在不同土壤深度具有不同的分布格局和组成结构^[6]。周再知等人的研究也表明, 大红菇的出菇和生长离不开与其共生的红椎树木根系, 与林木根系共生时, 菇柄基部着生多条索状菌丝, 呈“根系”分布, 与植物根系缠绕相连, 结合成为共生菌根; 菌丝扩大了林木根系的吸收表面积, 根系又为大红菇的生长提供了微量元素、氮化合物、碳水化合物等营养物质, 共生根系的量直接决定了大红菇的产量^[2, 7]。相反, 红菇种植在其共生物种周围, 是否又会通过对土壤的影响而对其共生物种产生影响? 相关研究表明, 种植过地球盖菇的土样 pH 值、全盐量降低, 有机质、速效钾

和铵态氮含量显著增加, 土壤中的氮、磷、钾含量直接反映土壤的肥力^[8]。玫瑰红菇和灰肉红菇 2 种红菇根际土壤微生物与非根际土壤微生物群落结构具有显著差异^[9]。有研究表明, 粗放管理措施和常规管理措施会对土壤理化性质产生相应的影响, 土壤中的真菌菌群会发生改变^[10], 这对于生长在土壤中的生物会有所影响。土壤的酸碱性直接影响土壤中元素的存在形式和转化状态, 也能够影响土壤中的微生物^[8]。比如, 草菇喜欢在偏碱性环境中生长, 最适 pH 为 7—7.8, 该范围内, 菌丝生长最快^[11]。

本文拟通过改变共生条件、菌丝接种深度和人为管理措施, 检测红菇的含水率、干质量、红色饱和度、多糖含量、可溶性多糖含量以及蛋白质含量, 来评价种植条件与人为管理措施对人工培育红菇质量的影响, 从而达成对红菇栽培技术的总结与推广, 对于发展林下经济和实现农村经济的振兴有着重要的理论和现实意义。

1 材料与方法

根据驯化种半仿生红菇和本地种的差异分析比较结果, 选择较为优良的种类进行不同共生物种、不同接种深度和杀菌浇水试验, 以探究红菇最佳生长条件。半仿生是指培育的环境完全在野外适合红菇的地方, 但是菌种和一些管理措施是人为控制的。

1.1 试验地点

试验地点位于福建省将乐县高唐镇常口村, 纬度为北纬 26°46′38.61″, 经度为东经 117°33′52.55″, 地处福建中部, 武夷山脉东南坡, 属中亚热带季风气候, 四季分明, 温暖适中, 夏无酷暑, 冬无严寒, 日照充足, 雨量充沛, 林地面积 1 266.7 万 hm^2 , 耕地面积 80 hm^2 , 为农林类经济作物的生长提供了一个良好的生长环境。

1.2 驯化种和本地种差异分析

驯化种采自福建省将乐县桃村(北纬 26°42′59.62″, 东经 117°25′44.40″), 本地种采自福建省将

乐县常口村(北纬 26°46′38.61″,东经 117°33′52.55″)。6月下旬,在常口村选择3块坡度、坡位和坡向相同的红菇林样地,每块样地面积为3 m×3 m,分别接种驯化种(人工培育条件下生长)和本地种(自然条件下生长)各50株,栽培深度均为0.5 m,栽培方式为在袋装红菇菌种的周围扎几个密集的小孔,置放在红锥周围进行培养,后续浇水频率为5 d 1次,周边泥土状态潮湿。8月中旬,待红菇生长完成,分别取驯化种和本地种的红菇子实体,并对其进行干质量、含水率、红色饱和度、多糖含量、可溶性多糖含量和蛋白质含量的测量。

1.2.1 干质量测定 将每块地采集的驯化种、本地种红菇子实体分别置于桌上,去除表面的杂质,比如泥等,称取其鲜质量,并分别求每块地驯化种和本地种的鲜质量平均值,在6 h内经60℃烘箱处理16—18 h,即可求得其干质量平均值。

1.2.2 含水率测定 含水率的测定即是用鲜质量与干质量的差,与鲜质量的比值。

1.2.3 红色饱和度的测定 红色饱和度的测定结果是通过图像分析所得到的:红色饱和度=[(红色通道最大值255-目标区域红色通道值)/红色通道最大值255]×100%,其中目标区域红色通道测量值就是提取目标物RGB图像中红色通道的光谱值(0—255)。

1.2.4 多糖、可溶性多糖和蛋白质含量的测定 采用蒽酮比色法测定红菇的多糖和可溶性多糖含量^[12-13],考马斯亮蓝法测定蛋白质含量^[14]。

1.3 种植条件对红菇生长的影响

1.3.1 共生物种对红菇生长的影响 6月下旬,在常口村将驯化种红菇分别播种在3株米槠(*C. carlesii*)、3株红锥(*C. hystrix*)、3株甜槠(*C. eyrei*)和3株栲树(*Castanopsis fargesii*)的根周围,每株周围播种20株驯化种红菇,栽培深度、栽培方式、灌溉方法等与驯化种和本地种差异试验相同。8月中旬,待红菇生长完成,分别取驯化种的红菇子实体,并对其指标进行测量,测量方法一致。

1.3.2 菌丝的接种深度对红菇生长的影响 6月下旬,在常口村选择3块坡度、坡位和坡向相同的红菇林样地,每块样地面积为3 m×3 m,以林地地面为基准,分别将驯化种红菇菌丝接种0,0.2,0.5,0.7 m 4个处理,每块样地中每个处理分别接种25株驯化种红菇菌丝在红锥周围,栽培方式、灌溉方法等均相同。8月中旬,待红菇生长完成,分别取驯

化种的红菇子实体,并对其指标进行测量,测量方法一致。

1.4 人为管理措施(杀菌浇水)对红菇生长的影响

6月下旬,在常口村选择3块坡度、坡位和坡向相同的红菇林样地,每块样地分为4个小区,每个小区的面积为1 m×1 m,每个小区种植25株驯化种红菇在红锥周围,分别进行杀菌、浇水、杀菌+浇水和撂荒(对照)处理,栽培深度为0.5 m,栽培方式、灌溉方法等均相同。8月中旬,待红菇生长完成,分别取驯化种的红菇子实体,并对其指标进行测量,测量方法一致。

2 结果与分析

2.1 驯化种和本地种差异

图1展示了驯化种和本地种红菇子实体在外观形态上的差异。从图1中可以看出,驯化种和本地种红菇的整个子实体大小相差不大,菌盖和菌柄的直径、长度也无较大差别,但是可以明显发现,驯化种红菇的菌盖颜色较深,偏呈暗红色,并且菌柄部分也呈现出较大面积的粉红色,红菇红色饱和度的测定可以验证这一现象。图2数据表明,驯化种和本地种的平均含水率、干质量和蛋白质含量无明显差异;驯化种的红色饱和度、多糖含量和可溶性多糖含量均极显著高于本地种,*P*值分别为0.004 4、小于0.000 1和0.000 5。

2.2 种植条件对红菇生长的影响

2.2.1 共生物种对红菇生长的影响 福建省红菇主要依存在亚热带常绿阔叶林中,主要宿主为壳斗科树木,即米槠(*Castanopsis carlesii*)、格氏栲(*Castanopsis kawakamii*)、苦槠(*Castanopsis sclerophylla*)、栲树(*Castanopsis fargesii*)、红锥(*Castanopsis hystrix*)和甜槠(*Castanopsis eyrei*),试验选取米槠、红锥、甜槠、栲树4种共生树种为对象,探究其对红菇生长的影响。图3a显示,接种在米槠、红锥、甜槠和栲树4种不同的共生物种周围,红菇的含水率未呈现出显著性差异,接种这4种不同的共生物种并不能影响红菇的含水率;图3b,c显示,接种在米槠周围的红菇干质量和红色饱和度均显著高于接种在栲树上的红菇的干质量和红色饱和度,*P*值分别为0.026 6和0.022 9;图3b中显示,接种在红锥周围的红菇干质量显著高于接种在栲树上的红菇干质量,*P*=0.030 0;图3c显示,接种在米槠周围的红菇红色饱和度极显著高于接种在甜槠上的红菇红色饱和度,

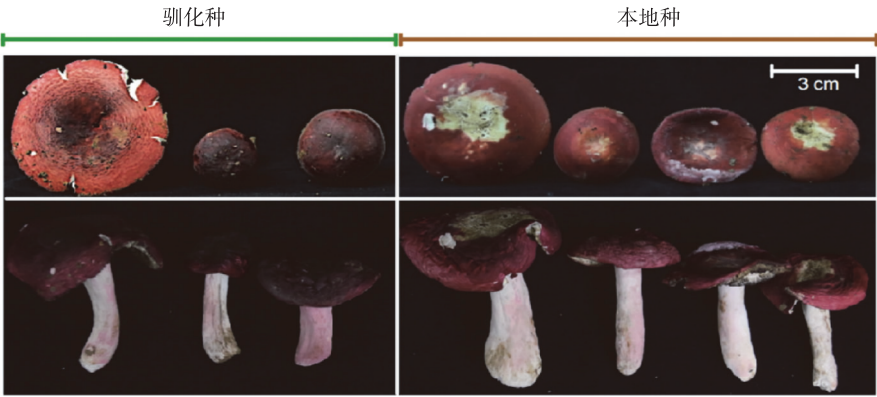
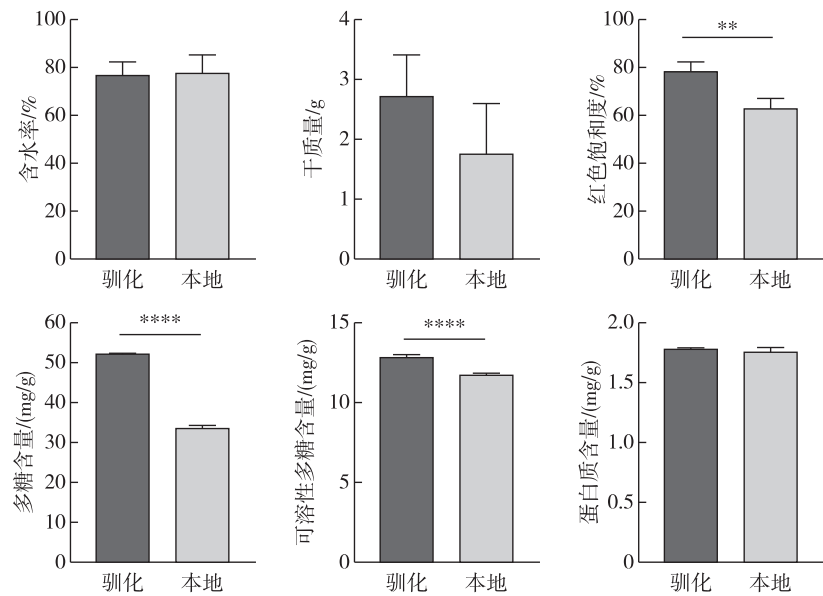


图 1 驯化种与本地种外观形态差异



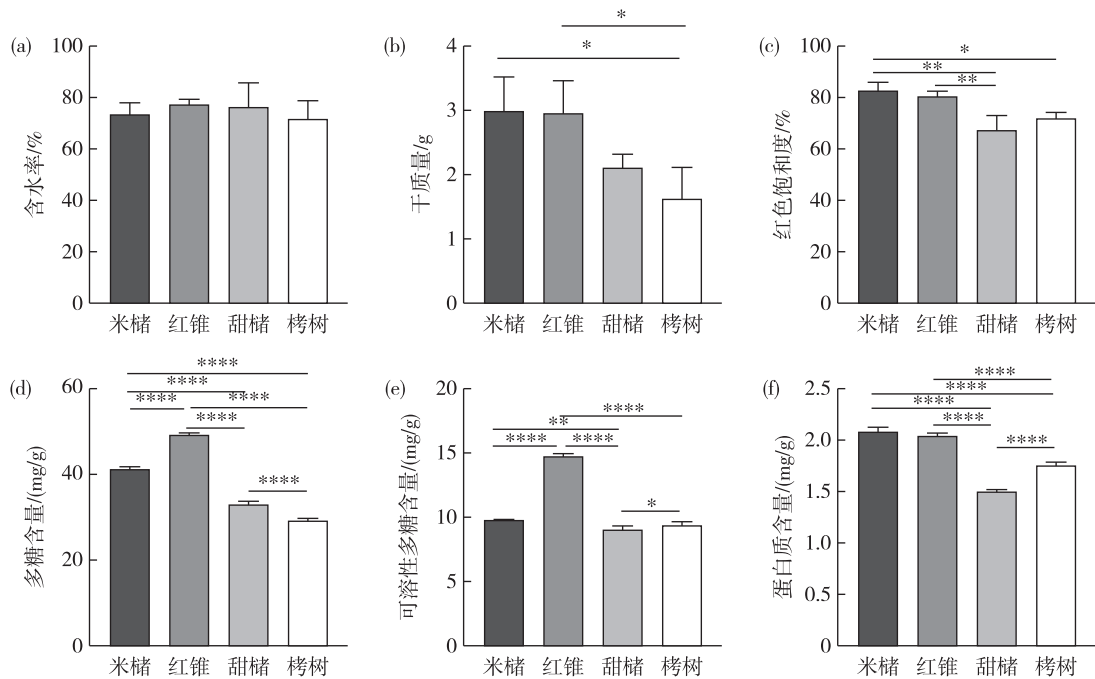
图中的横线和星号代表横线两端不同红菇物种在相关指标上呈现的差异程度。

图 2 驯化种与本地种营养成分分析

$P=0.0024$;接种在红锥周围的红菇红色饱和度极显著高于接种在甜槠上的红菇红色饱和度, $P=0.0048$;图 3d,e 显示,接种在红锥周围的红菇多糖、可溶性多糖和蛋白质含量均极显著高于接种在米槠、甜槠和栲树周围的红菇, P 值均小于 0.0001。图 3f 显示,接种在米槠和红锥周围的红菇蛋白质含量不存在差异,均极显著高于接种在甜槠和栲树周围的红菇, P 值均小于 0.0001。相对,生长在红锥周围的红菇营养价值更高。

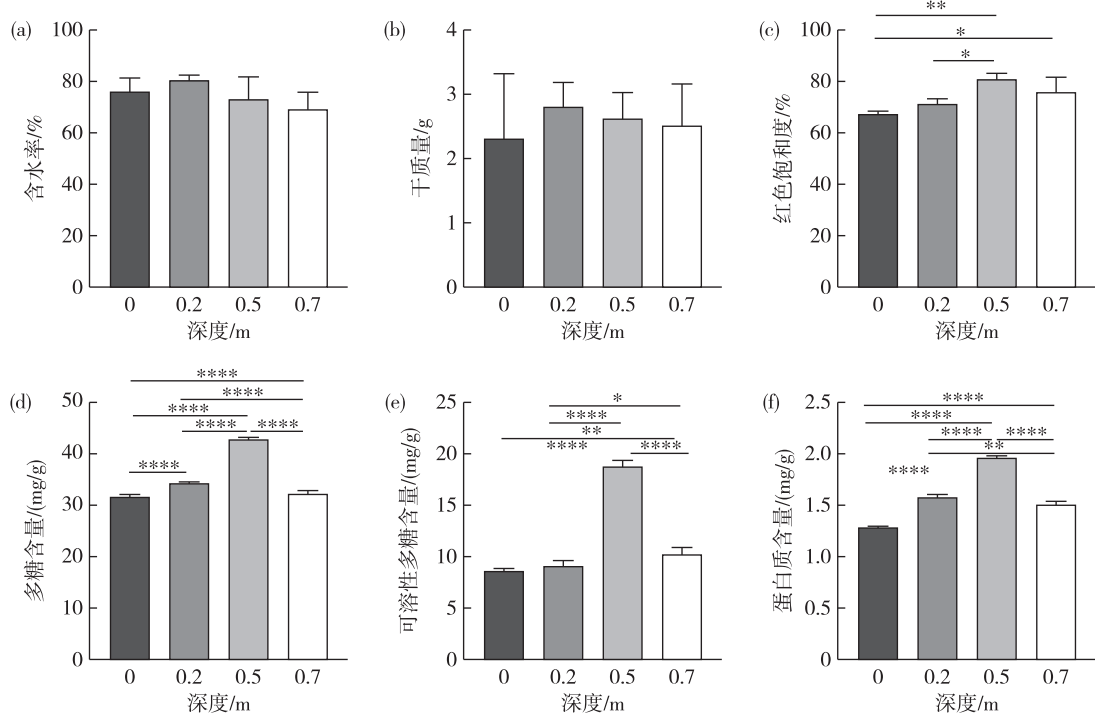
2.2.2 菌丝接种深度对红菇生长的影响 菌丝的接种深度以除去腐殖层的裸露地面为基准,分为 0, 0.2, 0.5, 0.7 m 4 个处理。图 4a,b 显示,不同的接种深度,红菇的含水率和干质量未呈现出显著性差异,菌丝的接种深度不能影响红菇的含水率和干质

量;c 显示,接种深度为 0 m 的红菇红色饱和度极显著低于接种深度为 0.5 m 的红菇, $P=0.0018$;接种深度为 0 m 的红菇红色饱和度显著低于接种深度为 0.7 m 的红菇, $P=0.0279$;接种深度 0.2 m 的红菇红色饱和度显著低于接种深度为 0.5 m 的红菇, $P=0.0134$;接种深度 0.5 m 的红菇多糖含量、可溶性多糖和蛋白质含量均极显著高于接种深度为 0, 0.2, 0.7 m 的红菇, P 值均小于 0.0001;结果表明,菌丝的接种深度影响红菇的红色饱和度,在 0.2—0.7 m 之间达到最大值,且在接种深度为 0.5 m 时其多糖、可溶性多糖和蛋白质 3 种营养物质含量相对达到最大值,则在 0—0.7 m 范围内,接种深度为 0.5 m 时更适宜红菇的生长。



图中的横坐标均代表不同的共生物种,横线和星号代表横线两端不同共生物种周围接种,红菇在相关指标上呈现的差异程度

图3 不同共生物种对红菇营养成分的影响



图中的横线和星号代表横线两端不同深度接种,红菇在相关指标上呈现的差异程度

图4 菌丝的接种深度对红菇营养成分的影响

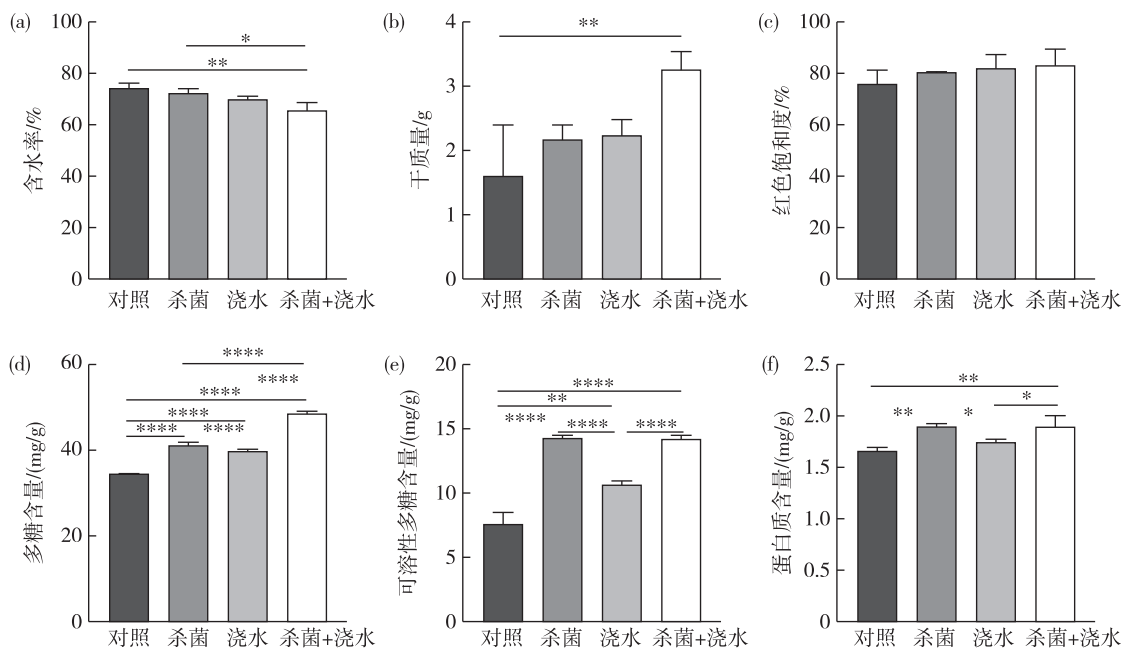
2.3 管理措施(杀菌浇水)对红菇生长的影响

图5显示,同时进行杀菌和浇水处理的红菇含水率极显著低于对照组, $P=0.0027$,但是干质量却

极显著高于对照组, $P=0.0069$;同时进行杀菌和浇水处理的红菇含水率显著低于仅仅进行杀菌处理的红菇, $P=0.0103$;不同管理措施并不影响红菇的

红色饱和度;分别进行杀菌、浇水和同时进行杀菌和浇水处理的红菇多糖和可溶性多糖均极显著高于对照, P 值均小于 0.000 1;进行浇水处理的红菇蛋白质含量与对照组之间不存在差异,进行杀菌处理和同时进行杀菌和浇水处理的红菇蛋白质含量之间也不存在显著差异,但这 2 种不同处理的红菇蛋白质含量均显著高于浇水处理的红菇, P 值分别为 0.030 2 和 0.032 9,极显著高于对照组的红菇, P 值分别为 0.002 0 和 0.002 2,说明浇水处理虽能影

响红菇的蛋白质含量,但达不到显著差异,而杀菌处理能够极显著地提高红菇蛋白质含量。综合分析,进行杀菌处理不会显著影响红菇的含水率、干质量和红色饱和度,但是可以极显著提高红菇的多糖含量、可溶性多糖含量和蛋白质含量。与对照组相比,在红菇生长过程中,进行杀菌和浇水处理极显著地提高红菇的干质量、多糖含量、可溶性多糖含量和蛋白质含量。



图中的横线和星号代表横线两端不同管理措施处理之后,红菇在相关指标上呈现的差异程度

图 5 不同管理措施对红菇营养成分的影响

3 讨论

结果显示,驯化种的红色饱和度、多糖含量和可溶性多糖含量均极显著高于本地种, P 值分别为 0.004 4、小于 0.000 1 和 0.000 5。接种在米槠和红锥周围的红菇红色饱和度均极显著高于接种在甜槠周围的红菇红色饱和度, P 值分别为 0.002 4 和 0.004 8,接种在红锥周围的红菇多糖、可溶性多糖和蛋白质含量均极显著高于接种在米槠、甜槠和栲树周围的红菇, P 值均小于 0.000 1,这与周再知等人的研究相类似^[7]。在接种深度 0—0.7 m 范围内,红菇的红色饱和度在 0.5 m 达到最大值,极显著高于 0 m, $P=0.001 8$;多糖含量、可溶性多糖和蛋白质含量均极显著高于接种深度为 0,0.2,0.7 m 的红菇, P 值均小于 0.000 1。多人研究表明,不同地层

中的微生物种类、pH、湿度等都存在不同^[4-6],后续可对不同深度的泥土进行相关探究,以找到影响红菇生长的具体因素。进行杀菌和浇水处理极显著提高红菇的多糖含量、可溶性多糖含量和蛋白质含量, P 值分别为 0.006 9、小于 0.000 1 和 0.002 2,这与红菇不同接种深度类似,环境因素的改变导致了红菇指标的变化。

Kim 等的研究发现,平菇子实体的菌盖颜色因品种不同而有很大差异,常见的颜色有白色、灰色、灰白色、灰黑色、黄色、桃红色等,其中深色平菇含有大量的花青素、蛋白质、维生素等物质^[5],红菇的红色饱和度是否与其营养价值有一定的相关性,后续可进行证实。有相关文献指出,红菇的红色素具有在一定的温度、pH、金属离子和食品添加剂等因素影响下的稳定性,可作为天然红色素的微生物资

源加以开发利用^[15],红菇多糖可用于抗肿瘤、降血脂、降血糖、抗氧化等方面^[16-17],还可用于抑制细菌的生长,其中对革兰氏阴性菌抑菌活性强于革兰氏阳性菌^[18]。关于红菇中蛋白质的氨基酸组成尚未看到有文献报道,但在平菇中,其蛋白质含量高达36.4%,由赖氨酸、苏氨酸、缬氨酸等多种必需氨基酸组成,是难得的优质蛋白^[19],以此推测,红菇中可能也含有多种必需氨基酸。

研究发现,将红菇接种在红锥周围,且深度为0.5 m,并对其进行杀菌和浇水处理可获得颜色较深的红菇,能够提高红菇的营养价值和经济价值,对于实现乡村的振兴发展有一定的促进作用。但是对于红菇红色素、多糖以及蛋白质的性质和用途还欠缺研究,可作为后续研究的方向。

参考文献:

- [1] 李国杰,文华安.中国红菇属分类研究进展[J].菌物学报,2009,28(2):303-309.
- [2] 许旭萍,李惠珍,黄德鑫.红菇生态的研究[J].中国食用菌,2001(2):25-27.
- [3] 李国杰,李赛飞,文华安.中国红菇属物种资源经济价值[J].食用菌学报,2010(增刊):155-160.
- [4] 丘献娟,陈国龙,廖芳贤,等.野生大红菇人工促繁增产试验[J].中国食用菌,2022,41(8):86-89.
- [5] KIM H M, LEE M J, JUNG J Y, et al. Vertical distribution of bacterial community is associated with the degree of soil organic matter decomposition in the activelayer of moist acidic tundra [J]. Journal of Microbiology, 2016, 54(11): 713-723.
- [6] 刘株秀,刘俊杰,胡晓婧,等.土壤剖面微生物群落分布规律研究进展[J].土壤与作物,2022,11(2):129-138.
- [7] 周再知,陈羽,坤南,等.乡土用材树种与红菇菌根菌高效共生体的筛选研究[J].中南林业科技大学学报,2011,31(2):7-14.
- [8] 杨宗德吉,李梦秋,马闯,等.种植大球盖菇对盐碱土的改良作用研究[J].天津农学院学报,2022,29(4):17-21.
- [9] 田文慧,李若凡,江坤,等.云南野生大红菇(*Russula vinosa*)红色素的制取、抗氧化性研究及其成分分析[J].食品与发酵工业,2020,46(10):100-108.
- [10] 王金凤,陈金霞.草菇生长条件及其栽培技术[J].安徽农学通报,2013,19(22):61,69.
- [11] 郭慧阳,王彤,胡惠萍,等.富集微量元素食用菌的研究进展[J].中国食用菌,2022,41(4):1-8.
- [12] 翁霞,辛广,李云霞.蒽酮比色法测定马铃薯淀粉总糖的条件研究[J].食品研究与开发,2013,34(17):86-88.
- [13] 丁雪梅,张晓君,赵云,等.蒽酮比色法测定可溶性糖含量的试验方法改进[J].黑龙江畜牧兽医(科技版),2014(12):230-233.
- [14] 蒋大程,高珊,高海伦,等.考马斯亮蓝法测定蛋白质含量中的细节问题[J].实验科学与技术,2018,16(4):143-147.
- [15] 刘株秀,刘俊杰,胡晓婧,等.土壤剖面微生物群落分布规律研究进展[J].土壤与作物,2022,11(2):129-138.
- [16] 禹飞,梁俊峰.玫瑰红菇和灰肉红菇对根际土壤微生物群落结构的影响[J].林业科学研究,2022,35(6):52-63.
- [17] 宋镇,姬长英,张波.基于高光谱技术融合图像信息的杏鲍菇干燥过程中含水率检测[J].江苏农业学报,2019,35(2):436-444.
- [18] 陈健,申超群,贺婷,等.正红菇多糖的抗癌和免疫调节活性研究[J].现代食品科技,2016,32(11):16-21.
- [19] 魏杰,张潇,张国坤,等.红菇多糖对小鼠肝脏衰老的抑制效果[J].食品科学技术学报,2017,35(3):50-54.

· 简讯 ·

《江苏林业科技》2023 年入编科学引文数据库

本刊讯 《江苏林业科技》2023 年入编科学引文数据库 (Science Citation Database, 简称 SCD), 欢迎广大高校师生订阅、踊跃投稿。