田亚琴,宋　爽,牛玉蓉,等. 林地香菇立栽和地栽模式比较分析[J]. 江苏农业科学,2019,47(18):168 - 171.
doi:10.15889/j.issn.1002 - 1302.2019.18.036

林地香菇立栽和地栽模式比较分析

田亚琴, 宋　爽, 牛玉蓉, 杨　丽, 刘　宇, 黄振兴, 王守现
(北京市农林科学院植物保护环境保护研究所/农业农村部华北都市农业重点实验室/北京市食用菌工程技术研究中心,北京 100097)

摘要:为了比较不同栽培模式下林地香菇的产量和品质,选用近年来的主栽香菇品种 L18,开展立棒栽培模式和地栽模式的研究,测定 2 种栽培模式下的产量、子实体形态特征(菌盖大小、菌盖厚度、菌盖硬度、菌柄长度、菌柄直径、菌柄硬度)、子实体单菇干质量和湿质量,并检测其重金属含量. 结果表明,地栽模式的香菇单袋产量为 641.11 g,略低于立棒栽培模式(751.16 g),但地栽模式的商品性状优于立栽模式,综合效益高;2 种栽培模式下铅、砷、汞、镉 4 种重金属含量均符合 GB 2762—2017《食品安全国家标准　食品中污染物限量》,立栽模式还符合 NY/T 749—2012《绿色食品　食用菌》。

关键词:林地香菇;立棒栽培;地栽;重金属
中图分类号: S646.1+20.4　　**文献标志码:** A　　**文章编号:**1002 - 1302(2019)18 - 0168 - 04

香菇[*Lentinula edodes*(Benk)Sing],别称花菇、香菌,俗称中国蘑菇,属担子菌门伞菌纲伞菌目脐菇科香菇属[1]。据中国食用菌协会统计,2016 年全国香菇产量为 898.3 万 t,较 2015 年增长了 17.17%,是产量最高的食用菌种类。香菇子实体中等大至稍大,菌盖直径 5 ~ 12 cm,有时可达 20 cm,幼时呈半球形,后呈扁平至稍扁平状,表面菱色、浅褐色、深褐色至深肉桂色,中部往往有深色鳞片,而边缘常有白色毛状或絮状鳞片[2]。香菇子实体菌肉为白色,肉质细嫩、香气浓郁、味美可口,不仅有很好的营养价值,还有重要的药用价值和经济价值[3-5]。香菇富含维生素、铁、钾等,其中蛋白质含量高达 20%,含有 7 种人类必需氨基酸[6]。香菇多糖具有抗疲劳、抗肿瘤、抗辐射、抗糖尿病、增强免疫力等多方面的生物活性[7-10]。我国人工栽培香菇的历史悠久,有 800 多年的历史,栽培模式多样化,不同的栽培模式各具优缺点[11]。因此,结合各地区气候特点,因地制宜,选择适宜的栽培模式,有利于提高香菇的产量和品质。本研究开展了北京地区夏季林地香菇不同栽培模式(地栽和立栽)的比较试验,测定子实体产量、形态特征(菌盖大小、厚度、菌柄长度、菌盖硬度、菌柄硬度)及重金属含量等指标,筛选适宜的栽培模式以指导生产。

1　材料与方法

1.1　试验时间和地点

试验时间为 2015 年 5 月,地点为北京市通州区永乐店镇老槐庄基地。

1.2　试验材料

本试验所用的香菇菌种为较耐高温、抗病、高产的 L18。

1.3　试验条件

菌棒统一由通州永乐店菌棒生产中心生产。菌棒标准为料柱长度为 45 cm,直径为 9 cm。香菇固体培养基配方:硬杂木屑 78%、麦麸 20%、石膏 2%。每袋湿质量为 2.25 kg,含水量为 60%,干质量为 900 g。

1.4　试验方法

立棒栽培香菇的方法:参照王会森的方法[12],将接种好的菌棒放于发菌棚内,整个发菌期的气温保持在 8 ~ 32 ℃,发菌棚内空气相对湿度为 30% ~ 70%。转色期间控制温度为 18 ~ 25 ℃,棚内每天定期换气,保持充足的氧气量,同时保持棚内空气相对湿度在 70% 左右。转色完全后,将菌棒运至出菇棚,脱外袋。菇蕾发生后,提高出菇棚内湿度达 90% 以上,控制温度在 18 ℃以下。出菇期间注意控温控湿控风,每潮次出菇后注水再出菇。

地栽香菇方法:参照杨如成的香菇地栽法[13]。选择地势开阔、交通方便、排水方便、水源充足、通风良好的地块搭建钢架塑料大棚作为出菇棚。在菌袋下田出菇前 10 ~ 15 d,用生石灰进行消毒,并灌水浸泡。待菌丝表面凸起、出现红棕色斑块时,开始练筒,7 ~ 15 d 后破袋下地。在整好的畦面上浇透水,将面上 5 ~ 7 cm 的土层扒成泥浆,再将脱袋的菌棒压入畦面,2 个菌筒之间由泥浆填满。菌筒下地 7 ~ 10 d 可出菇。

1.5　采样及品质评价方法

1 个采集点分设 5 个采集小区,1 个小区包含 72 个菌袋棒,每种栽培模式共有 360 个菌棒。出菇潮次按 3 潮次计。采摘所有菌棒上成熟的子实体,称质量,并计算生物学效率。从每个小区随机挑选 21 个子实体,测定子实体的形态特征(菌盖大小、菌盖厚度、菌盖硬度、菌柄长度、菌柄直径、菌柄硬度)和湿质量、干质量,计算子实体含水量,并检测鲜子实体重金属含量。硬度的测定参照 Wang 等的方法[14]。重金属含量的测定:重金属铅、砷、汞、镉含量分别参照文献[15 - 18]的方法测定。

收稿日期:2018 - 05 - 26
基金项目:现代农业产业技术体系北京市食用菌创新团队项目(编号:BAIC05 - 2016);北京市农林科学院科技创新能力建设专项(编号:KJCX20170703、KJCX20151408)。
作者简介:田亚琴(1992—),女,甘肃张掖人,硕士,主要从事食用菌生物技术与遗传育种研究。E - mail:tianyaqin19920902@126.com。
通信作者:王守现,博士,副研究员,主要从事食用菌栽培育种工作。E - mail:wangshouxian@ipepbaafs.cn。

1.6　数据处理

参照文献[19－20]对不同栽培模式下产生的香菇子实体重金属含量进行分析。子实体产量及品质试验数据用 Origin 8.5 进行统计,使用 SPSS 17.0 进行差异性分析。

2　结果与分析

2.1　不同栽培模式对林地香菇产量的影响

立棒栽培和地栽 2 种栽培模式下,林地香菇的产量和生物学效率如表 1 所示。可以看出,立棒栽培模式香菇总产量和每袋产量分别为 54 084.10 g 和 751.16 g,均高于地栽模式(46 160.12 g 和 641.11 g)。立棒栽培模式的生物学效率为 83.46%,是地栽模式生物学效率(71.23%)的 1.17 倍。

表 1　不同栽培方式对香菇产量的影响

栽培方式	总产量(g)	生物学效率(%)	每袋产量(g)
地栽	46 160.12 ±1 650.24	71.23 ±2.55	641.11 ±22.91
立栽	54 084.10 ±991.13	83.46 ±1.52	751.16 ±13.77

2.2　不同栽培方式对林地香菇商品性状的影响

2.2.1　对林地香菇中干物质的影响　不同栽培模式下林地香菇单菇鲜质量、干质量及含水量的变化如表 2、图 1 所示。在单菇鲜质量方面,第 3 潮菇立棒栽培模式的单菇鲜质量为 27.50 g,略大于地栽模式下的单菇鲜质量(26.86 g),但二者差异不显著,其余 2 潮菇的单菇鲜质量均为地栽模式大于立栽模式;在单菇干质量方面,3 潮菇均为地栽模式高于立栽模式;在含水量方面,地栽模式均低于立栽模式,从而与单菇干质量相对应。不同潮次间立栽模式下香菇的含水量高,子实体干质量均低于地栽模式,主要是因为立栽模式出菇前需要注水刺激子实体形成。由此表明,林地香菇在地栽模式下,其鲜质量、干质量及含水量均优于立棒栽培模式。

表 2　不同栽培方式对香菇干物质的影响

潮次	栽培方式	单菇鲜质量(g)	单菇干质量(g)	含水量(%)
第 1 潮	地栽	40.20 ±0.98a	5.98 ±1.11a	83.45 ±0.22e
	立栽	36.04 ±1.20a	2.99 ±0.60d	87.49 ±0.35c
第 2 潮	地栽	40.29 ±1.04a	5.10 ±0.77ab	86.26 ±0.28d
	立栽	38.37 ±3.10a	4.26 ±0.95b	89.36 ±0.16a
第 3 潮	地栽	26.86 ±1.53b	4.24 ±1.05b	85.49 ±0.91d
	立栽	27.50 ±3.68b	3.83 ±1.03c	88.36 ±0.15b

注:同列数据后标有不同小写字母表示在 0.05 水平上差异显著。

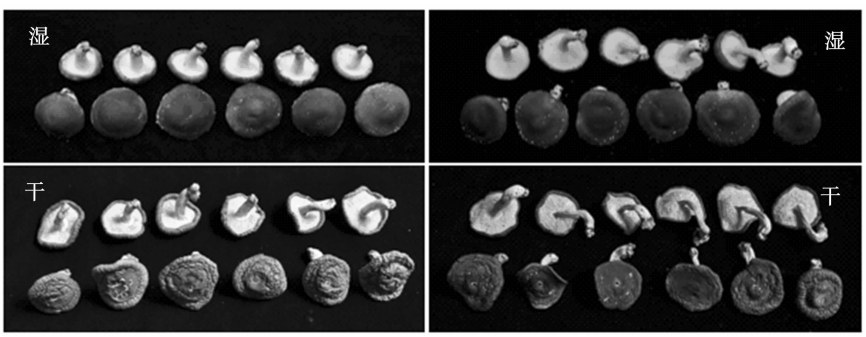
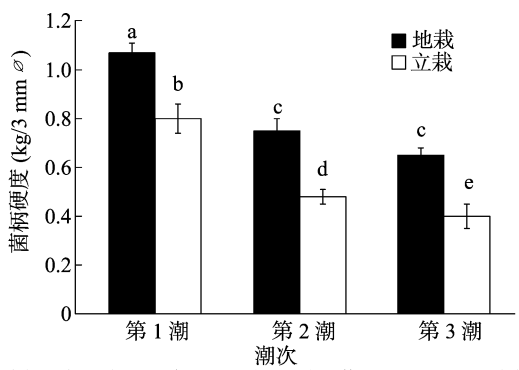


图1　林地香菇地栽(左)和立栽(右)模式对比

2.2.2　对林地香菇菌柄硬度的影响　比较在不同栽培模式下林地香菇第 1 潮、第 2 潮、第 3 潮的菌柄硬度。由图 2 可以看出,在地栽模式下,林地香菇 3 个潮次菇的菌柄硬度均高于立棒栽培模式,且 2 种栽培方式间差异显著($P<0.05$)。在第 1 潮时,地栽模式下的菌柄硬度为 1.07 kg/3 mm Ø,立棒栽培模式下的菌柄硬度为 0.80 kg/3 mm Ø,前者较后者高 0.27 kg/3 mm Ø。在第 2 潮时,地栽模式下的菌柄硬度是立棒栽培模式下菌柄硬度的 1.59 倍。在第 3 潮时,地栽模式下的菌柄硬度 0.65 kg/3 mm Ø,立棒栽培模式下的菌柄硬度是 0.40 kg/3 mm Ø,前者是后者的 1.62 倍。由此表明,林地香菇在地栽模式下的菌柄硬度高于立棒栽培模式。



不同小写字母表示对应的处理间差异显著($P<0.05$)。下图同

图2　香菇菌柄硬度比较

2.2.3　对林地香菇菌柄长度的影响　在立棒栽培和地栽 2 种栽培模式下,林地香菇 3 潮菇的菌柄长度比较见图 3。可以看出,地栽模式下的菌柄长度均低于立棒栽培模式。第 1 潮时,地栽模式下林地香菇的菌柄长度为 43.05 mm,立棒栽培下的菌柄长度为 53.14 mm;第 2 潮时,地栽模式下林地香菇的菌柄长度比立棒栽培下的菌柄长度短 8.44 mm,第 1 潮和第 2 潮菇间及不同栽培模式间差异显著($P<0.05$)。第 3 潮时,地栽模式下的菌柄长度与立棒栽培下的菌柄长度差异不显著。因此可见,林地香菇在地栽模式下,商品性状更好。

2.2.4　对林地香菇菌柄直径的影响　由图 4 可以看出,林地香菇第 1 潮、第 2 潮、第 3 潮的菌柄直径因栽培模式不同有所差异。第 1 潮时,2 种栽培模式下的菌柄直径分别为 16.34、16.36 mm,差异不显著。第 2 潮和第 3 潮时,二者之间存在显著差异($P<0.05$);第 2 潮时,地栽、立棒模式下栽培林地香菇的菌柄直径分别为 18.17、17.44 mm,前者比后者增加了 0.73 mm;第 3 潮时,地栽、立棒栽培模式下香菇的菌柄直径分别为 15.01、14.55 mm。由此表明,林地香菇在地栽模式下

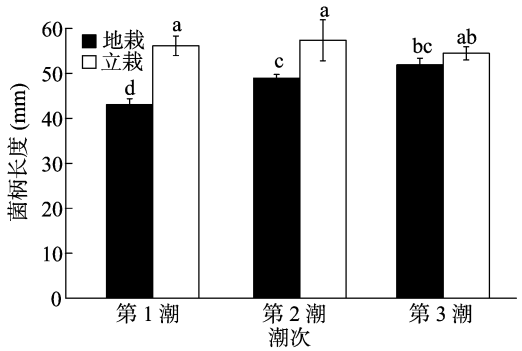


图3　香菇菌柄长度的比较

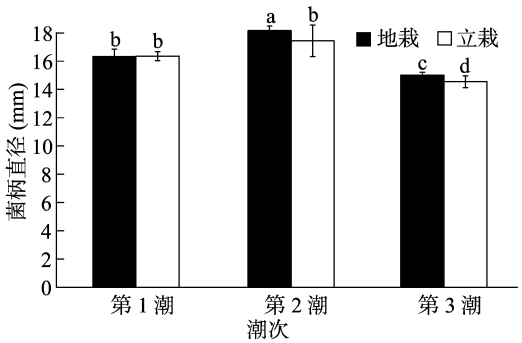


图4　香菇菌柄直径的比较

的菌柄直径略大于立棒栽培下的菌柄直径。

2.2.5　对林地香菇菌盖厚度的影响　图 5 比较了立栽和地栽模式下,林地香菇第 1 潮、第 2 潮、第 3 潮的菌柄厚度。可以看出,第 1 潮时,在 2 种栽培模式下,地栽模式、立栽模式的菌盖厚度分别为 25.12、19.28 mm,前者是后者的 1.3 倍,差异显著($P < 0.05$);第 2 潮时,菌盖厚度分别为 24.81、23.55 mm;第 3 潮时,菌盖厚度分别为 17.32、17.68 mm,二者之间的差异不显著。总体来看,林地香菇在地栽模式下的菌盖厚度优于立棒栽培模式。

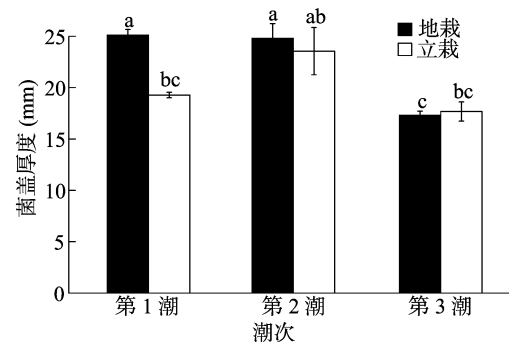


图5　香菇菌盖厚度的比较

2.2.6　对林地香菇菌盖硬度的影响　在立栽和地栽 2 种模式下,林地香菇第 1 潮、第 2 潮、第 3 潮的菌盖硬度见图 6。可以看出,第 1 潮时,地栽模式下林地香菇的菌盖硬度是 0.85 kg/6 mm Ø,立棒栽培下的菌盖硬度为 0.36 kg/6 mm Ø,前者是后者的 2.36 倍。第 2 潮时,地栽模式下林地香菇的菌盖硬度为 0.55 kg/6 mm Ø,立棒栽培下的菌盖硬度为 0.39 kg/6 mm Ø。第 3 潮时,2 种栽培模式下的菌盖硬度均为 0.38 kg/6 mm Ø,二者间不存在差异。综合考虑,林地香菇在地栽模式下的菌盖硬度优于立棒栽培模式。

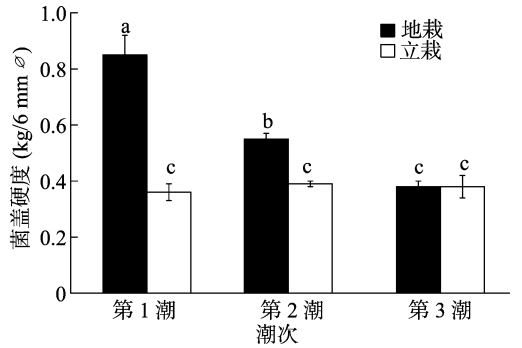


图6　香菇菌盖硬度的比较

2.2.7　对林地香菇菌盖直径的影响　在 2 种模式下,林地香菇第 1 潮、第 2 潮、第 3 潮的菌盖直径比较见图 7。可以看出,2 种栽培模式下第 2 潮时林地香菇的菌盖直径较其他 2 潮大,其中地栽模式下林地香菇的菌盖直径为 65.48 mm,立棒栽培下的菌盖直径为 64.06 mm,前者比后者大 1.42 mm。第 1 潮时,地栽模式、立棒栽培下的菌盖直径分别为 59.98、60.13 mm;第 3 潮时,菌盖直径分别为 62.37、60.1 mm。综合分析表明,2 种栽培模式林地香菇的菌盖直径差异不显著。

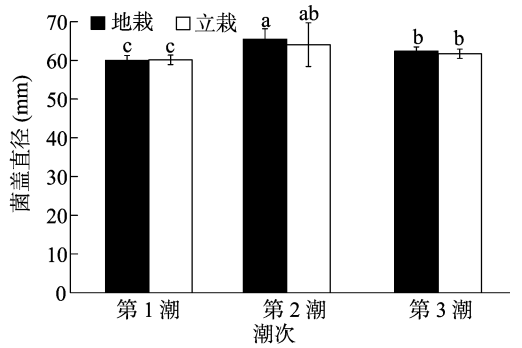


图7　香菇菌盖直径的比较

2.3　林地香菇中的重金属含量

在立棒栽培和地栽 2 种模式下,林地香菇中重金属的含量如表 3 所示,可以看出,立棒栽培模式林地香菇中的铅、砷、汞、镉 4 种重金属含量均低于地栽模式。在 2 种栽培模式下,林地香菇中镉的检出量均为最高,其中地栽模式为 0.238 0 mg/kg,立栽模式为 0.047 5 mg/kg;林地香菇中汞的检出量均为最低,地栽模式、立栽模式分别为 0.001 4、0.000 4 mg/kg;所检测铅、砷、汞、镉 4 种重金属的含量均低于 GB 2762—2017《食品安全国家标准 食品中污染物限量》中 1.0、0.5、0.1、0.5 mg/kg 的标准,其中立栽模式下,重金属镉含量为 0.045 7 mg/kg,低于 NY/T 749—2012《绿色食品 食用菌》中 0.2 mg/kg 的标准。

3　结论与讨论

我国是世界第一大香菇生产国,筛选适宜的栽培方式获得更高的生产效益已成为研究的热点[21]。陈斌等比较了架栽、立栽、地栽、林下覆土栽培模式下香菇菌棒的养分利用变化,结果表明,菌棒越接近地面,其营养元素的转化率越高[22]。本研究通过对比地栽和立棒栽培模式下林地香菇的产量、子实体商品性状、干品率以及重金属含量,综合分析结果表明,地栽模式的林地香菇产量略低于立棒栽培模式,但地

表 3　不同栽培方式下香菇中重金属含量

栽培方式	重金属含量(mg/kg)			
	铅	砷	汞	镉
地栽	0.021 6 ±0.002 1	0.097 9 ±0.001 2	0.001 4 ±0.000 5	0.238 0 ±0.005 7
立栽	0.017 9 ±0.001 2	0.036 3 ±0.001 5	0.000 4 ±0.000 2	0.047 5 ±0.002 1

栽模式香菇的菌柄较短,菌盖较厚,菌柄、菌盖硬度较大,水分含量低,干物质多,商品性状优于立栽模式,销售单价较立栽模式高约 2.0 ~ 3.0 元/kg,综合效益高。周新等研究表明,香菇地栽时产量好,并具有菇柄短、菇肉厚、香气浓郁等优点[23]。赵志顺的研究也表明,抚顺东部地区的香菇栽培以地栽模式为主,经济效益高,已成为该地区的支柱产业[24]。

针对重金属残留问题,本研究测定了 2 种栽培模式林地香菇中的铅、砷、汞、镉 4 种重金属含量,结果表明,地栽模式的香菇重金属含量均高于立棒栽培模式,但远低于国家标准,这可能是由于地栽模式中的香菇菌丝从周围环境(如土壤等)中富集了一定量的重金属;此外,在立栽模式中铅、砷、汞、镉 4 种重金属的含量均符合绿色食品标准。龚艳等对湖北地区干香菇中汞、砷、铅、镉进行检测,发现重金属含量处于较低水平,认为居民从干香菇中摄入汞、砷、铅、镉的风险在可接受范围内[25]。曹群等测定了浙江省干香菇中铅、镉、砷的重金属背景值,并通过单因子污染指数法和综合因子污染指数法,确定干香菇中的铅和砷属于非污染等级,镉处于警戒等级[26]。李淑芳等发现,香菇中的镉主要来源于培养基质,栽培者可以通过控制栽培料中的重金属限量来控制子实体中的镉含量[27]。因此,在香菇栽培过程中,通过选用无重金属污染的原料和栽培环境,或者选用重金属富集能力弱的菌种可有效避免重金属超标问题[28]。

对林地香菇地栽和立栽 2 种模式的综合比较表明,地栽的林地香菇子实体的商品性状更好,综合效益更高,更便于管理,产品符合国家标准。因此,建议在周围环境较好的地区发展香菇地栽模式种植。

参考文献:

[1]李月梅. 香菇的研究现状及发展前景[J]. 微生物学通报,2005,32(4):149 - 152.

[2]杨铭铎,龙志芳,李　健. 香菇风味成分的研究[J]. 食品科学,2006,27(5):223 - 226.

[3]张　锋. 香菇栽培技术研究进展[J]. 食品工程,2008(2):28 - 30,40.

[4]尹向前. 香菇多糖的抗肿瘤活性研究[J]. 数理医药学杂志,2009(3):337 - 338.

[5]惠丰立,褚学英,谢风超. 秸秆袋料香菇主要病虫害及防治技术[J]. 河南农业科学,2003(8):69 - 70.

[6]Zepeda - Bastida A, Ojeda - Ramírez D, Soto - Simental S, et al. Comparison of antibacterial activity of the spent substrate of *Pleurotus ostreatus* and *Lentinula edodes*[J]. Journal of Agricultural Science, 2016,8(4):43 - 49.

[7]孙晓钰. 香菇栽培技术[J]. 现代农业科技,2011(2):158 - 162.

[8]杨　娟,吴谋成,张声华,等. 香菇蛋白多糖抗疲劳作用研究[J]. 营养学报,2001,23(4):350 - 353.

[9]杜志强,王建英. 猴头菇多糖抗氧化活性及耐缺氧功能的研究[J]. 江苏农业科学,2011,39(5):398 - 399.

[10]Xu H, Zou S W, Xu X J, et al. Anti - tumor effect of β - glucan from *Lentinula edodes* and the underlying mechanism[J]. Scientific Reports,2016,6:28802.

[11]Zhang Y, Li Q, Wang J F, et al. Polysaccharide from *Lentinus edodes* combined with oxaliplatin possesses the synergy and attenuation effect in hepatocellular carcinoma[J]. Cancer Letters, 2016, 377(2):117 - 125.

[12]王会森. 平泉县立袋香菇高效栽培新技术[J]. 食用菌,2014(6):44 - 45.

[13]杨如成. 钢架塑料大棚地栽香菇生产技术[J]. 温室园艺,2017(6):30 - 32.

[14]Wang S X, Zhao S, Huang Z X, et al. Development of a highly productive strain of *Pleurotus tuoliensis* for commercial cultivation by crossbreeding[J]. Scientia Horticulturae, 2018, 234: 110 - 115.

[15]中华人民共和国国家卫生和健康委员会,国家食品药品监督管理总局. 食品安全国家标准　食品中铅的测定:GB 5009.12—2017[S]. 北京:中国标准出版社,2017.

[16]中华人民共和国国家卫生和健康委员会. 食品安全国家标准　食品中总砷及无机砷的测定:GB 5009.11—2014[S]. 北京:中国标准出版社,2015.

[17]中华人民共和国国家卫生和健康委员会. 食品安全国家标准　食品中总汞及有机汞的测定:GB 5009.17—2014[S]. 北京:中国标准出版社,2015.

[18]中华人民共和国国家卫生和健康委员会. 食品安全国家标准　食品中镉的测定:GB 5009.15—2014[S]. 北京:中国标准出版社,2015.

[19]中华人民共和国农业农村部. 绿色食品　食用菌:NY/T 749—2018[S]. 北京:中国农业出版社,2018.

[20]中华人民共和国国家卫生和健康委员会,国家食品药品监督管理总局. 食品安全国家标准　食品中污染物限量:GB 2762—2017[S]. 北京:中国标准出版社,2017.

[21]康占稳. 地栽香菇栽培模式与管理[J]. 中国果菜,2016,36(6):64 - 66.

[22]陈　斌,李　青,韩鹏远,等. 不同栽培模式下香菇菌棒养分利用的变化[J]. 中国食用菌,2016,35(4):28 - 30,34.

[23]周　新,栾东强. 香菇露地优质栽培[J]. 河南科技,2002(6):14.

[24]赵志顺. 香菇露地栽培对比试验[J]. 食用菌,2000(5):33 - 34.

[25]龚　艳,彭立军,王明锐,等. 基于背景值研究的湖北省香菇重金属风险评估[J]. 农产品质量与安全,2017(2):33 - 38.

[26]曹　群,吴学谦,柴振林,等. 浙江省干香菇重金属背景值及安全质量评价研究[J]. 浙江林业科技,2008,28(6):6 - 10.

[27]李淑芳,尹海燕,司敬沛,等. 河南地区香菇中重金属镉含量检测及风险分析[J]. 食品安全质量检测学报,2017,8(1):324 - 330.

[28]何旭孔. 香菇中镉富集因素与机理的研究[D]. 南京:南京农业大学,2012.