

# 富硒平菇栽培的应用研究

王新风, 张艳军  
李 扬, 徐光凤

(江苏淮阴师范学院生物系, 淮安 223300)

**摘要:**在缺硒或贫硒地区采用低浓度的亚硒酸钠溶液, 直接向子实体表面喷施和添加到培养料中的方法, 将无机硒富集到平菇体内, 结果表明, 使用  $1\sim 9\mu\text{g/mL}$  (微克/毫升) 的硒溶液, 直接喷施到子实体表面, 其菇体内硒的富集量随着喷施浓度的增加而增加, 硒含量最高达  $13.8681\mu\text{g/mg}$  (微克/毫克) ( $9\mu\text{g/mL}$  (微克/毫升) 组), 且随着喷施时间的延长, 同一处理组后期采收的子实体内硒的含量与早期采收比, 都存在不同程度的增加, 其范围在 17.02% 到 45.43% 之间, 最高为 75.24% ( $1\mu\text{g/mL}$  (微克/毫升) 组), 但这种方式各处理组都会导致平菇总产量的下降; 按  $20\text{ mg/kg}\sim 40\text{ mg/kg}$  (毫克/公斤) 添加量将硒添加到培养料中时, 仅头潮菇产量就可增产 3 成左右, 菇体内硒的富集量可达  $12\mu\text{g/g}$  (微克/克) 干重左右, 按每人每天进食  $100\text{ g}\sim 200\text{ g}$  (克) 鲜平菇汁, 未超出我国营养学会推荐的成年人摄入量为  $50\mu\text{g/d}\sim 200\mu\text{g/d}$  (微克/天) 的标准, 且采收的鲜菇不需经特殊处理即可上市出售, 采用此法, 可为食用菌产业带来新的市场。

**关键词:** 硒; 富集; 平菇栽培

中图分类号: S646.1<sup>+</sup>4 文献标识码: B

文章编号: 1001-0009(2005)04-0090-03

硒是人体必需的微量元素, 缺硒会显著降低机体免疫力, 缺硒地区易发生克山病、大骨节病等地方病及心脑血管病。适量补硒对癌症、白内障、儿童营养不良有着显著改善的作用, 并可避免心脑血管壁发生纤维病变而导致的动脉硬化、高血压、心肌梗塞、老年性神经功能不全、记忆和智力障碍等疾病的发生。补硒可消除体内自由基, 降低全血粘度, 血浆粘度; 补硒有利促进儿童生长发育; 对老年人补硒可防治动脉硬化、脑血栓等疾病; 补硒对肺、肝、结肠、前列腺、乳腺等器官的癌症和白血病均有明显的预防和防治作用。

我国约有 72% 的地区不同程度的缺硒, 特别是从东北到西南的 15 个省市自治区的部分地区构成了“贫硒地带”, 还有苏、皖、鲁、甘、宁等省、自治区的部分地区也相对贫硒<sup>[1,2]</sup>, 着手开发与生产富硒食品, 人工加硒生产富硒食物, 是解决缺硒问题的有效方法。目前市场上已经出现多种富硒保健食品<sup>[3~5]</sup>, 但其较为昂贵的价格限定了消费群体, 而难以被广大普通消费者所接受。食用菌的富硒研究也有报道<sup>[4,5]</sup>, 它们多从最大富集量着手, 其富集了硒的食用菌产品, 往往因硒含量太高而不能直接食用<sup>[5]</sup>, 因此, 开发经济、方便、适合直接食用的富硒食用菌产品具有广阔的前景。本实验通过施硒方

式的研究和菇体中硒富集量的测定, 找到了适宜平菇栽培生产中的施硒方式和硒的添加浓度。

## 1 材料和方法

### 1.1 主要仪器与试剂

Optima2000DV 电感耦合等离子体发射光谱仪(美国 Perkin-Elmer 公司)、Sartorius BS210S 电子天平、多功能食品加工机(上海帅佳电子科技有限公司)

微量元素标准溶液: 国家钢铁材料测试中心钢铁研究总院配制, 浓度值均为  $1000\text{ mg/L}$  (毫克/升)。亚硒酸钠(AR);  $\text{HNO}_3$ (GR);  $\text{HClO}_4$ (GR); 三重蒸馏水; 氩气(纯度 99.99%)。

### 1.2 菌种

平菇菌种, 淮安市食用菌研究所提供。

### 1.3 栽培料配方

棉籽壳 86%、麸皮 10%、石灰 2%、多菌灵 0.1%、二铵+硫酸镁(2:1)2%、料水比 1:1.3。

### 1.4 硒标准储备液的配制

准确称取  $105\text{ }^\circ\text{C}$  烘干至恒重的市售亚硒酸钠  $2.19\text{ g}$  (克), 定容至  $1000\text{ mL}$  (毫升), 得浓度为  $1\text{ mg/mL}$  (毫克/毫升) 的标准储备液, 备用。

### 1.5 施硒方法

**1.5.1 子实体喷硒处理** 子实体经母种, 原种, 栽培种常规培育, 采用熟料袋栽方式, 每袋装干料  $0.5\text{ kg}$  (公斤),  $0.1035\text{ MPa}$  (兆帕) 灭菌  $2\text{ h}$  (小时)。常规接种,  $25\text{ }^\circ\text{C}$  发菌, 待菌丝长满全袋后, 移入大棚内每处理组 10 袋, 堆垛出菇。出菇温度为  $10\text{ }^\circ\text{C}\sim 18\text{ }^\circ\text{C}$ , 湿度保持在 80%~90%, 并增强通风, 以促进原基形成和子实体快速生长。在菌蕾直径为  $5\text{ mm}\sim 10\text{ mm}$  (毫米) 时, 分别用含硒量为  $1\mu\text{g/mL}$ 、 $3\mu\text{g/mL}$ 、 $5\mu\text{g/mL}$ 、 $7\mu\text{g/mL}$  和  $9\mu\text{g/mL}$  (微克/毫升) 的亚硒酸钠溶液每天 2 次直接喷施到菇体和料面上。当子实体成熟后, 及时采收, 并记录各种数据。

**1.5.2 培养料添硒处理** 在栽培料拌料时, 按每公斤培养料添加不同的硒标准液, 制成含硒量分别为  $0\text{ mg/kg}$ 、 $1\text{ mg/kg}$ 、 $3\text{ mg/kg}$ 、 $5\text{ mg/kg}$ 、 $7\text{ mg/kg}$  和  $9\text{ mg/kg}$  (毫克/公斤) 的栽培料(同时还处理了一批含硒量分别为  $10\text{ mg/kg}$ 、 $20\text{ mg/kg}$ 、 $30\text{ mg/kg}$ 、 $40\text{ mg/kg}$  和  $50\text{ mg/kg}$  (毫克/公斤) 的栽培料), 每个处理组 10 袋, 每袋装干料  $0.5\text{ kg}$  (公斤), 灭菌, 接种, 培育、出菇与管理方法同喷硒处理。在发菌阶段, 定时观察并记录菌丝生长情况。

### 1.6 生物量的测定

在菌丝满袋后, 在堆垛出菇时, 用刀片在栽培袋两端各切  $3\sim 4$  个  $2\text{ cm}$  (厘米) 左右的小口, 两头出菇, 统计菇的产量。喷施组考虑到可能因硒的富集而导致的影响, 共统计了  $45\text{ d}$  (天) 加硒组, 只统计了头潮菇的产量。

### 1.7 硒含量的测定

**1.7.1 样品处理** 将采收的鲜菇, 去除残次菇和培养基残渣, 流水洗涤(去除可溶性硒)后, 于  $65\text{ }^\circ\text{C}$  烘箱中, 烘至恒重(干), 用食品加工机粉碎, 装瓶保存, 备用。准确称取  $1.0\text{ g}$  (克) 经预处理的平菇干粉, 置于  $50\text{ mL}$  (毫升) 的烧杯中, 加入  $10\text{ mL}$  (毫升)  $\text{HNO}_3$  和  $\text{HClO}_4$  ( $V:V=4:1$ ) 混合液浸泡  $24\text{ h}$  (小时), 次日将烧杯上加盖表面皿在调温电炉上加热, 确保消解液不沸腾, 消化至样品完全溶解, 不再冒白烟为止, 冷至室温

\*基金项目: 江苏省教育厅自然科学基金资助项目(02KJD10008)

收稿日期: 2005-03-13

后,用三重水洗涤,过滤,最后定容至25 ml(毫升),供测定。

1.7.2 检测方法 电感耦合等离子体发射光谱(ICP—AES)<sup>[9]</sup>。

2 结果

2.1 施硒浓度和方式对平菇生物量的影响

试验中我们分别采用直接喷施到子实体上和添加到培养料中的两种施硒方式。考虑到直接喷施到子实体上的方式中可能因连续喷施而带来的浓度累积的影响,我们用1 μg/mL、3 μg/mL、5 μg/mL、7 μg/mL和9 μg/mL(微克/毫升)的低浓度处理,实验中我们发现低浓度的硒溶液的喷施处理后,在实验的早期阶段,3 μg/mL(微克/毫升)的硒浓度处理有促进子实体的发育和增产的作用,但在后期各处理组都出现了不同程度上的出菇周期延长,产量下降的现象,我们分别对不同出菇阶段的产量进行了统计,共分析了近45 d(天)的数据,结果见图1。我们认为随着喷硒的过程,硒在栽培袋两端培养料中富集,当达到一定浓度时,影响了子实体原基的形成和发育,从而导致产量下降。

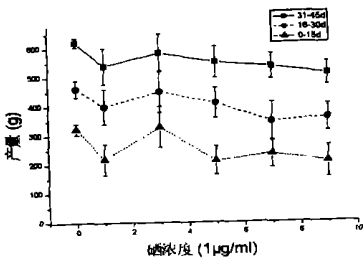


图1 喷硒浓度对子实体产量的影响(15 d 30 d 45 d)

在将硒添加到培养料中的试验组中,我们在采取与上述相同的1 mg/kg、3 mg/kg、5 mg/kg、7 mg/kg和9 mg/kg(毫克/公斤)低硒浓度处理的同时,参照文献[4,5]的研究,还选用了10 mg/kg、20 mg/kg、30 mg/kg、40 mg/kg和50 mg/kg(毫克/公斤)较高浓度进行了处理,各处理组不同生长阶段的产量见图2—1和图2—2。由图2—1和2—2可知,对照组出菇整齐,周期短,在10 d(天)之内头潮菇就采收完毕,而采用不同硒浓度的处理组,在出菇早期相对于对照组,其平均产量

略有下降,但由统计的结果我们也发现,这一结果,相对于样本的标准偏差较大,且随着出菇周期的延长,每袋在头潮菇采收完后,统计的产量都明显高于对照,最高可达140.03%~156.79%倍(50 mg/kg(毫克/公斤)组相对偏差较大)。由此我们认为,在试验中所采用的硒浓度处理,对平菇的增产都有较好的作用。

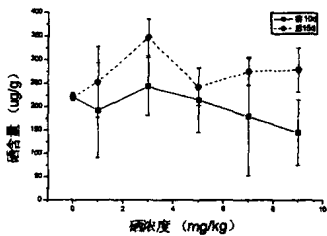


图2.1 1~9 mg/kg(毫克/公斤)硒处理组不同阶段产量

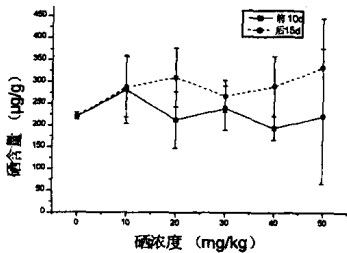


图2.2 10~50 mg/kg(毫克/公斤)硒处理组不同阶段产量

2.2 施硒浓度对菌丝萌发和生长的影响

对培养料中直接添加硒的试验组,接种后观察菌丝萌发和生长情况,并记录。结果见表1。由表1可知,不同的硒添加浓度与空白对照相比,菌丝的萌发和生长与硒的添加浓度无明显的正相关。但我们也发现,在采用的硒添加浓度中,40 mg/kg和50 mg/kg(毫克/公斤)组菌丝长满栽培袋的天数要比对照组晚近4 d(天),这表明在一定的浓度范围内,菌丝的萌发和生长与硒的添加量无明显的相关性,但超过一定浓度,菌丝的萌发和生长就会受到影响。

2.3 施硒方式和浓度对菇体硒含量的影响

表1		施硒浓度对菌丝萌发和生长的影响									
硒浓度(mg/kg)	0	1	3	5	7	9	10	20	30	40	50
菌丝满袋天数(d)	25.33±1.51	26.00±1.67	26.33±1.97	25.67±3.01	27.00±1.51	27.33±3.20	25.56±1.23	25.67±2.07	26.00±2.1	29.00±2.81	29.33±2.66
最早出菇时间(d)	0	2	0	-1	2	2	1	-1	2	2	2

\*最早出菇时间以对照组出菇时间记为“0”,提前记为“-”,推迟记为“+”

按1.7.1的方法处理经称重统计后的平菇样品。将喷硒组的平菇干粉按不同的硒浓度处理分前20 d(天)采收组和后20 d(天)采收组分别混匀后保存,待测;培养料加硒组只按不同硒浓度处理保存平菇干粉,待测。硒含量测定采用ICP—AES法,参见文献[9]。喷硒组结果见表2。由表2可知,随着喷施时间的延长,同一浓度处理组的菇体中硒含量呈增加的

趋势,1 μg/mL(微克/毫升)处理组增加幅度最大,达75.24%,其它不同浓度的喷硒处理组硒含量的增加在17.02%到45.43%之间,且增幅无明显规律,由这一结果,我们推测低浓度的喷硒处理,随着喷硒时间的延长,菇体内硒的富集量呈一定的正相关,当硒含量达一定浓度时硒的富集与硒处理的浓度无线性关系。

表2		喷硒组硒浓度对子实体中硒富集量前后的影响									
硒浓度(μg/ml)	0	1		3		5		7		9	
		前20d	后20d	前20d	后20d	前20d	后20d	前20d	后20d	前20d	后20d
硒含量(μg/g)	未检出	1.1469	2.0098	2.6880	3.1456	5.6054	7.1229	10.9444	9.9161	9.5357	13.8681

施硒组结果见表3。由表3可知,同样浓度的硒添加到培养料中和直接喷施,其菇体中硒富集量有明显的差异,这与

表 3  
培养料加硒组硒浓度对子实体中硒富集量的影响

硒浓度(mg/kg)	0	1	3	5	7	9	10	20	30	40	50
硒含量( $\mu\text{g/g}$ )	未检出	0.5729	1.9901	2.8884	3.4199	6.4404	7.1083	11.0790	11.0185	11.7965	20.0920

### 3 讨论

#### 3.1 施硒方式对平菇菇体内的硒含量的影响

无论是采用喷施还是直接向培养料中加硒的方法, 都可以达到富硒的目的。直接将低浓度( $1 \mu\text{g/ml} \sim 9 \mu\text{g/ml}$ (微克/毫升))的含硒溶液喷施到菇体和料面上的方法, 其菇体中硒的富集量比同样情况下将硒加到培养料中的处理组高出许多, 最高可达 3.5 倍( $1 \mu\text{g/ml}$ (微克/毫升)处理组), 通常都在 2 倍左右。这是因为喷施组, 是将硒直接喷施到菇体表面和培养料的料面上, 从而导致栽培袋两端培养料中出现硒的积累, 最终出现出菇后期采收的菇体中的硒含量比早期菇体中要明显高的现象。试验中我们发现, 采用  $1 \mu\text{g/ml} \sim 9 \mu\text{g/ml}$ (微克/毫升)低硒浓度的喷施处理, 菇体中硒的含量在采收的后期, 最高可达  $13.8681 \mu\text{g/g}$ (微克/克)干重( $9 \mu\text{g/ml}$ (微克/毫升)组), 这与直接向培养料中添加  $20 \mu\text{g/ml} \sim 40 \mu\text{g/ml}$ (微克/毫升)硒处理组中的硒含量相近, 如按每人每天进食  $100 \text{g} \sim 200 \text{g}$ (克)鲜菇计, 并未超出我国营养学会推荐的成年人摄入量为  $50 \mu\text{g/d} \sim 200 \mu\text{g/d}$ (微克/天)标准<sup>[7]</sup>, 但考虑到该种喷施方式会影响产量, 因此建议此法可作为应急时使用。

#### 3.2 施硒方式对平菇产量的影响

由图 1 可知, 即使采用很低浓度的硒进行喷施处理, 最终都会导致平菇的产量下降, 这是因为, 喷施会引起栽培袋两端的培养料内产生局部高硒积累, 从而影响了子实体原基的发育和生长。向培养料中直接添加  $50 \text{mg/kg}$ (毫克/公斤)以下

施硒的浓度无关, 在硒浓度达  $50 \mu\text{g/g}$ (微克/克)时, 菇体中硒的富集量明显增加, 可达  $20.0920 \mu\text{g/g}$ (微克/克)干重。

的低浓度硒都可以增加平菇的产量, 最高可达  $140.03\% \sim 156.79\%$ 倍, 且加硒浓度在  $20 \text{mg/kg} \sim 50 \text{mg/kg}$ (毫克/公斤)范围内的菇产量达  $131.29\% \sim 156.79\%$ 。

综合考虑到硒的富集量和菇产量, 我们认为在缺硒或贫硒的地区, 采用直接向培养料中添加  $20 \text{mg/kg} \sim 40 \text{mg/kg}$ (毫克/公斤)的硒作为富硒平菇栽培的方式具有较高的应用价值。采用此法, 可使菇体中硒的富集量达  $100 \sim 200 \mu\text{g/100g}$ (微克/百克)鲜重, 菇产量可增产 3 成左右, 且采收的鲜菇不需经特殊处理即可上市出售。考虑到各地采用的培养料和水中可能的不同含硒量, 建议不同地理区域的生产单位采用此法时先做个预实验。

#### 参考文献:

- [1] 陈铭, 刘更另. 高等植物的硒营养及在食物链中的作用[J]. 土壤通报, 1996, 1, 27(4): 185~188.
- [2] 布和敖尔. 土壤硒区环境地分异及安全域值的研究[J]. 土壤学报, 1995, 1, 32(2): 186~193.
- [3] 汪志君, 蒋士龙, 李式军. 麦芽富硒及其生化特性的研究[J]. 扬州大学学报(农业与生命科学版), 2002, 23(2): 74~78.
- [4] 王新风. 富硒食用菌栽培技术[J]. 中国食用菌, 2002, 21(3): 13~15.
- [5] 孙悦迎. 平菇富硒能力的研究[J]. 中国食用菌, 1, 15(6): 28.
- [6] 段玉云, 周家齐, 曾黎琼. ICP-AES 同时测定野生菌中多种元素[J]. 中国食用菌, 1, 13(4): 44~47.
- [7] 陈历程, 杨方美, 胡秋辉等. 南京市主要食物中含硒量分析及居民硒营养水平评价[J]. 食品科学, 2000, 21(10): 57~59.

## 夏种草菇须六防

阴”的阳光能照得到的稀疏林荫下为宜。

四防温度不适。草菇原产于热带及亚热带, 是一种高温型伞菌, 菌丝体生长的温度范围为  $20^\circ\text{C} \sim 40^\circ\text{C}$ , 最适温度为  $32^\circ\text{C}$  左右。子实体生长的最适气温在  $30^\circ\text{C} \sim 32^\circ\text{C}$ 。草堆内的温度以  $35^\circ\text{C} \sim 38^\circ\text{C}$  最适于子实体发育。因此, 当菌丝体或子实体在生长过程中低于或超过其温度范围时, 应立即采取有力措施, 使其恢复正常生长温度。

五防空气流通过快。草菇是喜气性腐生菌, 足够的氧气是草菇正常生长发育的重要条件。若氧气不足, 二氧化碳积累太多, 菇蕾常因呼吸受抑制而导致生长停止或死亡; 但如通气量过大, 水分散失太快, 对草菇生长也不利。因此, 最好选空气缓慢对流的地方栽培草菇。

六防酸碱度失衡。酸碱度是影响草菇生长发育的一个重要因素, 实践证明, 草菇菌丝生长发育的最适酸碱度为  $7.2 \sim 7.5$ , 子实体形成与生长的最适酸碱度为  $7.4$  左右, 孢子萌发的最适酸碱度为  $7.4 \sim 7.6$ 。如酸碱度过大, 都会影响草菇的正常生长发育。

一防营养不足。营养是草菇生长发育的物质基础, 是高产优质的重要条件。草菇的营养主要是氮源、碳水化合物、矿物质和生理活动物质等。在营养充足的菌床或草堆中, 菌丝体生长旺盛, 子实体肥大, 产菇期长, 产量和质量均较好。因此, 在栽培草菇时, 应选择优质、呈金黄色的稻草, 不宜使用霉烂变质的稻草, 并在稻草堆中增加一些黄豆秸、鸡、鸭、猪、牛的粪干粉等有机物, 以补充氮源, 有利于高产、优质。

二防水分不足。水不仅是构成草菇的重要组成部分, 而且所有营养物质只有溶解在水中才能被菌丝吸收利用, 草菇的代谢产物也要溶于水才能排出体外, 水分不足, 将阻碍草菇的生长发育, 甚至使其干枯死亡。但如果水分过多, 则会影响培养料的通气, 抑制呼吸过程, 导致菌丝和菌蕾大量死亡。实践证明: 基质或稻草中的含水量以  $65\%$  左右适合草菇菌丝的生长发育。菇床四周空气的相对湿度以  $85\% \sim 90\%$  最适于草菇子实体生长。

三防阳光照射。草菇的孢子萌发及菌丝生长, 一般都不需要阳光, 但子实体的形成却需要阳光。在完全黑暗的条件下很难形成子实体, 漫射光能促进子实体的形成, 并促使其健壮生长, 增加对病虫害的抵抗能力, 促进色素的转化积累, 使子实体的颜色较深。但强烈的直射光对子实体却有抑制作用。因此, 露地栽培草菇必须覆盖草被, 场地以选择“三分阳七分