

doi:10.11937/bfyy.20173615

# 山西双孢蘑菇主栽品种抗铅、铬、镉 重金属污染能力比较

周 林<sup>1</sup>, 郭 尚<sup>1</sup>, 刘 欣<sup>1</sup>, 刘晓刚<sup>2</sup>, 郭霄飞<sup>1</sup>, 赵照林<sup>1</sup>

(1. 山西省农业科学院 食用菌研究所, 山西 太原 030031; 2. 山西农业大学 园艺学院, 山西 太谷 030801)

**摘 要:**以 6 个双孢蘑菇栽培品种为试材, 采用原子吸收分光光度计和原子荧光光度计测定方法, 研究了双孢蘑菇不同品种对铅、铬、镉等重金属的富集特性以及对重金属污染的抵抗能力。结果表明: 供试 6 个双孢蘑菇品种均检测出铅、铬、镉, 但是均符合食品安全国家标准。供试品种抵抗重金属污染能力的测定结果表明, ‘ACCC50554’ 和 ‘UA15’ 对 3 种重金属污染是综合抗性能力强的品种, ‘F56’ 是较弱的品种。

**关键词:**双孢蘑菇; 重金属元素; 富集特性; 重金属污染; 抗污染品种

**中图分类号:**S 646.1<sup>+</sup>4 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2018)18-0138-06

中国是世界最大的食用菌生产国、消费国及出口国。2015 年我国的食用菌生产总量(鲜品计)已达 3 476 万 t, 产量占全球总产量的 70%<sup>[1-3]</sup>。双孢蘑菇 (*Agaricus bisporus*) 是世界代表性食用菌种类之一, 其栽培的主要原料是农作物附属材料农秸秆、玉米芯、牛粪等, 这些原料由于来源不同, 其中很多含有重金属成分, 主要包括铅、砷、汞、镉等。近年来, 食用菌产品的重金属元素污染研究多数集中于不同食用菌种类<sup>[4]</sup>, 不同栽培方式<sup>[5]</sup>以及不同地区<sup>[6-7]</sup>的食用菌产品, 对于双孢蘑菇不同栽培品种的重金属污染以及抗污

染能力的报道却很少。该试验选择 6 个在山西栽培的代表品种, 研究了这些品种对重金属铅、铬、镉的富集特性以及抵抗污染能力, 以期选出在山西栽培环境下抗重金属污染能力较强的品种, 从栽培品种环节上减轻双孢蘑菇重金属污染的危害。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验材料

供试材料来自于保存在山西省农业科学院食用菌研究所菌种室的双孢蘑菇品种, 具体信息见表 1。

供试仪器为原子吸收分光光度计和原子荧光光度计。

表 1 供试品种及来源

Table 1 Tested varieties and sources		
品种编号 Cultivar number	品种名称 Cultivar name	品种来源 Cultivar source
1	‘ACCC50554’	中国农业微生物菌种保藏中心购入 (德国引进)
2	“2796 高邮”	江苏高邮食用菌研究所购入
3	‘F56’	山西省农业科学院食用菌研究所保存
4	“白茶菇”	山西省农业科学院食用菌研究所保存
5	“沐野 1 号”	山西省农业科学院食用菌研究所选育
6	美国品种 ‘UA15’	美国引进

**第一作者简介:**周林(1958-), 男, 博士, 现主要从事食用菌资源和菌根食用菌共生机理及食(药)用菌生产技术与质量管理等研究工作。E-mail: nkysyj301@126.com.

**责任作者:**郭尚(1967-), 男, 博士, 研究员, 现在主要从事食药菌资源利用与生产技术等研究工作。E-mail: gs0351@sohu.com.

**基金项目:**山西省食用菌种质资源共享服务平台建设资助项目(201705D121012); 山西省政府购买科技公共服务资助项目; 山西省煤基重点科技攻关资助项目(FT2014-03); 山西省农业科学院博士基金资助项目(YBSJJ1616); 山西省农业科学院科技自主创新能力提升工程资助项目(2015zzcx-20)。

**收稿日期:**2018-04-07

1.2 试验方法

试验在山西省山阴县宇昊蘑菇种植场进行。栽培原料采用玉米芯、牛粪为主要原料,经过 1 次、2 次隧道发酵后,在棚室层架上进行出菇管理,以泥炭土作为覆土材料。栽培管理按照该种植场常规管理方法。

1.3 项目测定

1.3.1 双孢蘑菇样品中铅、铬、镉的测定

双孢蘑菇样品中铅、铬、镉由山西省农业科学院农业环境与资源研究所测定,方法分别为 GB 5009.12-2010 食品安全国家标准食品中铅的测定<sup>[8]</sup>、GB 5009.123-2014 食品安全国家标准食品中铬的测定<sup>[9]</sup>、GB 5009.15-2014 食品安全国家标准食品中镉的测定<sup>[10]</sup>。依据 GB 2762-2012 食品安全国家标准食品中污染物限量的规定制表<sup>[11]</sup>,此项无食用菌及其制品单列标准,此处使用蔬菜及其制品标准,具体限量值见表 2。

表 2 食用菌质量安全评估标准

Table 2 Standard of edible mushrooms quality safety assessment

项目/限量值	铅 Pb	铬 Cr	镉 Cd
Item/limited value	/(mg·kg <sup>-1</sup> )	/(mg·kg <sup>-1</sup> )	/(mg·kg <sup>-1</sup> )
食用菌及其制品	1.0	蔬菜及其制品 0.5	新鲜食用菌(香菇和姬松茸除外) 0.2
			香菇 0.5
			食用菌制品(姬松茸制品除外) 0.5

1.3.2 食用菌重金属单项污染指数评价

依据 NY/T 398-2000《农、畜、水产品污染监测技术规范》<sup>[12]</sup>,采用单项污染指数法评价食用菌中单项重金属的污染程度。 $P_i=C_i/S_i$ ,其中, $P_i$  为食用菌中重金属  $i$  的单项污染指数,反映重金属  $i$  的污染程度; $C_i$  为食用菌中重金属  $i$  的实测数据; $S_i$  为食用菌中重金属  $i$  的限量值。

1.3.3 食用菌产品质量等级划分

依据 NY/T 398-2000《农、畜、水产品污染监测技术规范》制表<sup>[12]</sup>,在同一监测样品中若存在多种污染物时,按该样品中污染物最高质量分级数来确定该样品的质量分级,即以最高限制因素来计算。根据单项污染指数评定食用菌的等级,分级标准见表 3。

表 3 农畜水产品质量分级标准

Table 3 Standard of quality grade in produces of agriculture, animal husbandry and fishery

等级划分	单项污染	污染水平
Pollution grade	指数 $P_i$	Pollution index
一级产品	$\leq 0.6$	有污染物残留产品,污染物含量接近背景值或略高于背景值
二级产品	$0.6\sim 1.0$	污染物残留较多的产品
三级产品	$\geq 1.0$	污染产品,污染物含量超过食品卫生标准,品质下降,影响食用和出口等

1.3.4 重金属富集特性及其抗重金属污染能力综合评价

将每个供试品种对重金属元素铅(Pb)、铬(Cr)、镉(Cd)的富集特性和抗污染能力强弱进行评价比较,按照各品种对单项重金属元素的单项污染指数,将评比结果从高到低打分,最高得 6 分,最低得 1 分,得分高的品种为抗重金属污染能力强的品种,并将各个单项抗重金属污染能力得分总加起来,作为综合抗性能力评价依据,判断各品种的抵抗重金属污染能力。

评价原则 1:在同一监测样品中若存在多种污染物时,按该样品中污染物最高质量分级数来确定该样品的质量分级,即以最高限制因素来计算。

评价原则 2:在同一种污染物的抗性比较中,污染指数最低的品种评为抗性最高品种,得分 6 点,次位得分 5 点,依次类推,污染指数最高的品种为不抗品种,得分 1 点。

评价原则 3:综合得分计算方法是将各个品种的所有重金属污染种类的抗性得分点数累加后的总和定为综合得分评价基准。

2 结果与分析

2.1 双孢蘑菇不同品种的含铅(Pb)量及其抗污染性比较

从表 4 可以看出,所有供试的 6 个品种均被重金属铅(Pb)污染。第 1 潮出菇子实体的样品测试结果表明,5 号品种含铅(Pb)量(平均值,以下同)为  $0.047\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ ,受污染最轻,表现出低富集特性,抗铅(Pb)污染的能力较强。其次是 6 号品种,含铅(Pb)量为  $0.078\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ ,其余 4 个品种的含铅(Pb)量均在  $0.1\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$  以上。第 2 潮出菇子实体的测试结果表现出,3 号品种

含铅(Pb)量测试值为  $0.146 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ , 是最高的, 其余品种的含量都较低, 均在  $0.1 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$  以下, 供试的 6 个品种均符合 GB 2762-2012 食品安全国家标准的食物中污染物限量规定。

第 1 潮菇与第 2 潮菇的含铅(Pb)量单项污染指数结果显示, 所有品种的污染指数均在 0.6 以下, 都属于一级产品。5 号品种第 1 潮菇与第 2

潮菇的含铅(Pb)量单项污染指数是量单项污染指数分别为 0.047 和 0.083, 6 号品种分别为 0.078 和 0.067, 这 2 个品种是抗铅(Pb)污染力较强的品种。3 号品种的单项污染指数在所有供试品种中最高, 表现出较低的抗铅(Pb)污染能力, 其余品种的单项污染指数都在 0.1 以下。

表 4 双孢蘑菇不同品种含铅(Pb)量及抗性比较

Table 4 The content of lead (Pb) in different varieties of *Agaricus bisporus*

品种 Variety	第 1 潮产品测定浓度 The first tide products concentration determination /( $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ )	第 2 潮产品测定浓度 The second tide products concentration determination /( $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ )	超标率 Ratio over than standard /%	第 1 潮产品单项 污染指数 $P_i$ The first tide products single pollution index $P_i$	第 2 潮产品单项 污染指数 $P_i$ The second tide products single pollution index $P_i$	抗性比较排序 Resistance comparison sorting
1	0.114	0.060	0	0.114	0.060	5
2	0.111	0.057	0	0.111	0.057	4
3	0.110	0.146	0	0.110	0.146	6
4	0.101	0.064	0	0.101	0.064	3
5	0.047	0.083	0	0.047	0.083	2
6	0.078	0.067	0	0.078	0.067	1
平均值 Average	0.094	0.080				
标准差 SD	0.026	0.034				
变异系数 CV/%	27.94	42.40				

## 2.2 双孢蘑菇不同品种的含铬(Cr)量及其抗污染性比较

从表 5 可以看出, 供试 6 个品种均测出了铬(Cr)。第 1 潮菇测定结果表明, 3 号、4 号、5 号品种含铬(Cr)量较低分别为  $0.187$ 、 $0.186$ 、 $0.197 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ , 对铬(Cr)的富集性较低, 抗铬(Cr)污染能力较强。而其它品种含铬(Cr)量均较高, 在  $0.2 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$  以上, 特别是 2 号品种含铬(Cr)量在  $0.303 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ , 对铬(Cr)金属富集

性最强, 抵抗铬(Cr)污染能力最弱。第 2 潮菇的含铬(Cr)量均比较高, 除 1 号品种为  $0.183 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ , 其余均在  $0.2 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$  以上, 最高达  $0.288 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$  (6 号品种), 但均未超出国家标准。

单项污染指数结果显示, 6 个品种的  $P_i$  均较高, 2 号品种最高为 0.606, 按照 NY/T 398-2000 标准划分, 超出 0.6 (表 3), 属于二级产品。其余的品种虽然为一级产品, 但其污染指数较高。

表 5 双孢蘑菇不同品种含铬(Cr)量及抗性比较

Table 5 The content of chromium (Cr) in different varieties of *Agaricus bisporus*

品种 Variety	第 1 潮产品测定浓度 The first tide products concentration determination /( $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ )	第 2 潮产品测定浓度 The second tide products concentration determination /( $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ )	超标率 Ratio over than standard /%	第 1 潮产品单项 污染指数 $P_i$ The first tide products single pollution index $P_i$	第 2 潮产品单项 污染指数 $P_i$ The second tide products single pollution index $P_i$	抗性比较排序 Resistance comparison sorting
1	0.216	0.183	0	0.433	0.367	1
2	0.303	0.229	0	0.606	0.458	6
3	0.187	0.260	0	0.373	0.519	4
4	0.186	0.219	0	0.371	0.438	2
5	0.197	0.249	0	0.395	0.498	3
6	0.201	0.288	0	0.403	0.576	5
平均值 Average	0.215	0.238				
标准差 SD	0.045	0.036				
变异系数 CV/%	20.73	15.17				

2.3 双孢蘑菇不同品种含镉(Cd)量及其抗污染性比较

从表 6 可知,第 1 潮出菇的供试子实体含镉(Cd)量以 5 号品种最高,为 $0.008\ 18\ \text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ ,其余品种均在 $0.005\ 00\ \text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ 左右。第 2 潮出菇的供试样品含镉(Cd)量也是 5 号品种最高,为 $0.007\ 52\ \text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ ,4 号品种次之,其它品种在 $0.003\sim 0.004\ \text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ 。

所有供试品种均测出含有重金属镉(Cd),但

均未超出食品安全国家标准 GB 2762-2012 的食品中污染物限量规定。

单项污染指数计算结果显示,5 号品种的镉(Cd)富集能力较大,单项污染指数为 0.041,表现出抗镉(Cd)污染的能力较弱,其次是 4 号品种,单项污染指数为 0.033。1 号品种镉(Cd)的富集能力最小,单项污染指数为 0.021,抗镉(Cd)污染能力较强。

表 6 双孢蘑菇不同品种含镉(Cd)量及抗性比较

Table 6 The content of cadmium (Cd) in different varieties of *Agaricus bisporus*

品种 Variety	第 1 潮产品测定浓度 The first tide products concentration determination /( $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ )	第 2 潮产品测定浓度 The second tide products concentration determination /( $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ )	超标率 Ratio over than standard /%	第 1 潮产品单项 污染指数 $P_i$ The first tide products single pollution index $P_i$	第 2 潮产品单项 污染指数 $P_i$ The second tide products single pollution index $P_i$	抗性比较排序 Resistance comparison sorting
1	0.004 29	0.003 84	0	0.021	0.019	1
2	0.005 06	0.003 59	0	0.025	0.018	2
3	0.005 66	0.003 80	0	0.028	0.019	4
4	0.005 13	0.006 59	0	0.026	0.033	5
5	0.008 18	0.007 52	0	0.041	0.038	6
6	0.005 23	0.003 30	0	0.026	0.017	3
平均值 Average	0.005 59	0.004 77				
标准差 SD	0.001 34	0.001 80				
变异系数 CV/%	24.03	37.75				

2.4 双孢蘑菇不同品种的重金属富集特性及其抗重金属污染能力综合评价

表 7 综合评价结果显示,对于铅(Pb)、铬

(Cr)、镉(Cd)这 3 种类重金属污染的综合抗性能力强弱依次是 1 号、6 号、4 号、5 号、2 号、3 号品种。

表 7 双孢蘑菇不同品种的重金属富集特性及其抗重金属污染能力综合评价

Table 7 Heavy metal accumulation characteristics and quality safety evaluation of *Agaricus bisporus*

指标 Index	品种 Variety					
	1	2	3	4	5	6
铅(Pb)单项污染指数 $P_i$ Single pollution index $P_i$	0.114	0.111	0.146	0.101	0.083	0.078
抗污染能力排名 Resistance comparison sorting	5	4	6	3	2	1
抗性能力判定得分 Evaluation score of resistance ability	2	3	1	4	5	6
铬(Cr)单项污染指数 $P_i$ Single pollution index $P_i$	0.433	0.606	0.519	0.438	0.498	0.576
抗污染能力排名 Resistance comparison sorting	1	6	4	2	3	5
抗性能力判定得分 Evaluation score of resistance ability	6	1	3	5	4	2
镉(Cd)单项污染指数 $P_i$ Single pollution index $P_i$	0.021	0.025	0.028	0.033	0.041	0.026
抗污染能力排名 Resistance comparison sorting	1	2	4	5	6	3
抗性能力判定得分 Evaluation score of resistance ability	6	5	3	2	1	4
抗性能力综合得分 Comprehensive score of resistance ability	14	9	7	11	10	12
抗性比较综合排序 Resistance comparison sorting	1	5	6	3	4	2

3 讨论

食用菌对重金属元素具有富集作用最早是

STIJVE 等<sup>[13]</sup>在研究蘑菇属(*Agaricus*)食用菌对重金属镉(Cd)的积累时发现的。以后又有很多的研究发现大型真菌其中包括很多种食用菌都具

有富集重金属的特性,从而造成重金属污染,其受害程度远远超过绿色植物<sup>[16-17]</sup>。

该试验中,除极少数的测试处理以外,所有供试双孢蘑菇品种均测出重金属,但供试双孢蘑菇的6个品种基本上均未超出国家标准的限值,总体来说这些品种的重金属含量较低,质量安全风险较小,可以放心食用。

铬(Cr)是人体必需的微量元素,在低浓度时对人体有好处,浓度过高就会对人体产生毒害,对人体身体有很大的害处,造成皮肤、肾脏等各种疾病。食用菌产品对铬(Cr)具有一定的富集特性,卢文芸等<sup>[16]</sup>的研究指出,贵阳市和铜仁市生产的香菇、蘑菇、木耳、金针菇4种食用菌中都检测到了铜、锰、铬、镍这4种重金属,4种食用菌中铬的含量全部超过国家标准,而且蘑菇对重金属的富集能力要强于其它几种食用菌。林少美等<sup>[17]</sup>研究了食用菌鲜品和干品积累铬的特性,结果显示铬在鲜食用菌中含量很低,均未超过 $0.10\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ ,但在干制食用菌产品中则存在较大差异,铬平均值为 $0.70\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ ,最高值为 $5.1\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ 。不同种类的食用菌产品的铬含量存在很大的差异,海鲜菇是否鲍菇的34倍,干制食用菌产品中木耳是茶树菇的60倍,其铬含量的变异系数在生鲜品和干制品中分别为90.6%和136.9%。在该试验中,所有供试6个双孢蘑菇品种均测出有铬(Cr)污染,虽然所有品种均未超出国家标准,但综合分析两潮菇出菇产品的含铬(Cr)量测定值,计算单项污染指数结果显示,供试6个品种均有较高值,2号品种最高为 $0.303\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ ,属于二级产品。其余的品种为一级产品,但也均显示出了较高的污染指数。GB 2762-2012 食品安全国家标准食品中污染物限量规定中,在食用菌及其制品中无铬(Cr)的单列标准,因此,该试验中采用了蔬菜及其制品标准,对双孢蘑菇品种进行评价,今后应该对食用菌产品的铬(Cr)积累现象加强研究,并制定相应的有关铬(Cr)的限定标准。另外,在试验中没有测定铬(Cr)的价位,也未对铬的安全风险进行评价,这一点有待于今后进一步研究。

很多研究证明,不同种类的食用菌产品对于重金属元素的积累特性和抵抗富集的能力是不同的,同一种类食用菌内的不同品种间、对于重金属元素的积累特性也具有很大差异<sup>[4,18]</sup>。郑伟华

等<sup>[4]</sup>对7种主要食用菌种类的重金属含量进行了研究,指出双孢蘑菇对汞、砷、镉的富集性较大,黑木耳对铅的富集性较高,阿魏菇对铅的富集性较低。胡时荣<sup>[18]</sup>在研究双孢蘑菇菌丝体的重金属吸附试验中发现,不同品种吸附重金属的能力不同。在该试验中,供试6个双孢蘑菇品种,对于3种重金属元素表现出了不同的富集反映,品种之间差异最小的是对铬(Cr)元素的富集程度,其各品种的含铬(Cr)量检测值的变异系数为15.17%,各品种之间差异表现最明显的是对铅(Pb)元素的富集特性,其变异系数高达42.40%。这个试验结果与上述研究者的结果相一致,预示不同遗传背景的品种表现出了对重金属的富集特性和抵抗重金属污染能力有所差异,利用这些差异性是可以筛选出重金属富集性低的抗重金属污染品种。

综合分析该试验供试品种对重金属元素的富集特性及抵抗重金属污染能力的结果表明,1号品种‘ACCC50554’和6号品种‘UA15’对于这3种类重金属污染是综合抗性能力强的品种,3号品种是抗重金属污染综合能力较弱的品种。6号品种‘UA15’是引进的美国品种,1号品种是从中国农业微生物菌种保藏中心购入‘ACCC50554’,根据这个品种的有关资料得知,这个品种是中国农业大学食用菌实验室由原西德(德国)引进,这2个双孢蘑菇品种均具有国外品种的遗传背景,因此推测该结论是否与国外品种选育中对于重金属元素抗性因素予以一定的考虑有关,国外对于食用菌品质性状的选育是比较重视的。5号品种“沐野1号”,是该研究所从野生双孢蘑菇中选育的品种,具有良好的农艺形状,在该试验中对5种重金属的抵抗性表现良好。课题组未进行野生沐野蘑菇与选育品种“沐野1号”的重金属积累特性比较试验,因此对于野生种类和从其野生种类选育出来的品种之间的重金属积累特性无法进行比较,今后将在这方面进行一些试验研究。

## 参考文献

- [1] 张金霞,陈强,黄晨阳,等. 食用菌产业发展历史现状与趋势[J]. 菌物学报,2015,34(4):524-540.
- [2] 李贺,许修宏,王相刚. 我国食用菌技术标准的现状问题及对策研究[J]. 中国食用菌,2015,34(3):1-6.
- [3] 张俊彪,李波. 对我国食用菌产业发展的现状与政策思考[J]. 华中农业大学学报(社会科学版),2012,101(5):13-21.

- [4] 郑伟华,王成,张红艳,等. 7 种食用菌铅、镉、汞、砷含量监测及质量安全风险评价[J]. 西南农业学报, 2016, 29(2): 396-401.
- [5] 李艳艳,李维琳,边银丙. 湖北省双孢蘑菇子实体中重金属铅镉含量及来源分析[J]. 菌物学报, 2011, 30(4): 624-629.
- [6] 强承魁,秦越华,魏峰,等. 徐州地区双孢蘑菇子实体重金属含量调查与分析[J]. 浙江农业学报, 2013, 25(1): 53-58.
- [7] 强承魁,周保亚,魏峰,等. 徐州地区双孢蘑菇覆土中重金属含量测定及其污染评价[J]. 河南农业科学, 2013, 42(1): 55-58, 70.
- [8] 食品安全国家标准 食品中铅的测定: GB 5009. 12-2017[S]. 中华人民共和国国家卫生和计划生育委员会, 2017-04-06.
- [9] 食品安全国家标准食品中铬的测定: GB 5009. 123-2014[S]. 中华人民共和国国家卫生和计划生育委员会, 2015-07-28.
- [10] 食品安全国家标准食品中镉的测定: GB 5009. 15-2014[S]. 中华人民共和国国家卫生和计划生育委员会, 2015-07-28.
- [11] 食品安全国家标准 食品中污染物限量: GB 2762-2017[S]. 中华人民共和国国家卫生和计划生育委员会, 2017-09-17.
- [12] 农、畜、水产品污染监测技术规范: NY/T 398-2000[S]. 中华人民共和国农业部批准, 2000-12-01.
- [13] STIJVE T, ROSCHINC R. Mercury and methyl mercury content of different species of fungi[J]. Mitt GebLebensmitteluntersHyg, 1974, 65: 209-220.
- [14] 余红英,曹海军,宋鹏,等. 3 种常见食用蕈菌对重金属的耐受与富集研究[J]. 四川大学学报(自然科学版), 2008(5): 1263-1268.
- [15] 时圣刚. 重金属对环境与人体健康影响浅议[J]. 安徽农业科学, 2013(14): 6425-6426.
- [16] 卢文芸,陈昂,李洪庆. 几种食用菌中重金属含量的测定与分析[J]. 安徽农业科学, 2015, 45(32): 181-183.
- [17] 林少美,尚晓虹,刘丽萍,等. 北京市朝阳区市售食用菌中重金属污染状况及分析[J]. 卫生研究, 2015, 44(5): 837-840.
- [18] 胡时荣. 湖北省双孢蘑菇重金属残留量及其污染源初步研究[D]. 武汉: 华中农业大学, 2009.

## Cumulation Characteristics and Resisitance to Heavy Metal Pollution of *Agaricus bisporus* Varieties in Shanxi

ZHOU Lin<sup>1</sup>, GUO Shang<sup>1</sup>, LIU Xin<sup>1</sup>, LIU Xiaogang<sup>2</sup>, GUO Xiaofei<sup>1</sup>, ZHAO Zhaolin<sup>1</sup>

(1. Institute of Edible Fungi, Shanxi Provincial Academy of Agricultural Sciences, Taiyuan, Shanxi 030031; 2. College of Horticulture, Shanxi Agricultural University, Taigu, Shanxi 030801)

**Abstract:** Six varieties of *Agaricus bisporus* were used as test materials. The enrichment characteristics of heavy metals such as lead, chromium and cadmium were studied by atomic absorption spectrophotometer and atomic fluorescence photometer, and the resistance to heavy metal pollution were studied. The results showed that lead, chromium and cadmium were detected in 6 samples of *Agaricus bisporus*, but they all met the national food safety standards. The test results of resistance to heavy metals showed that the ‘ACCC50554’ variety and ‘UA15’ variety had strong comprehensive resistance to 3 kinds of heavy metals, and the ‘F56’ variety was weak.

**Keywords:** *Agaricus bisporus*; heavy metals; cumulation characteristics; heavy metal pollution; resistant pollution variety