

# 不同硒源处理对竹荪子实体营养成分的影响\*

陈新宇 王裕霞 徐斌 潘文 张卫华 廖焕琴

(广东省森林培育与保护利用重点实验室/广东省林业科学研究院, 广东广州 510520)

**摘要** 研究通过对比不同硒源处理中竹荪 *Dictyophora echinolvata* 硒子实体营养成分含量差异, 探讨不同硒源对竹荪子实体中营养成分含量的影响。试验设置纳米硒、富硒氨基酸液肥、螯合硒3种硒源, 每种硒源选择5、10 mg/L 2种施用浓度。结果表明: 施用5 mg/L的富硒氨基酸液肥利于促进竹荪子实体中蛋白质的合成, 施用5 mg/L的富硒氨基酸液肥、10 mg/L螯合硒利于竹荪子实体中粗多糖的合成, 施用10 mg/L纳米硒利于竹荪子实体中硒元素的吸收存储, 施用10 mg/L的螯合硒和纳米硒竹荪子实体中氨基酸总量较大, 施用5 mg/L纳米硒可以有效提高竹荪子实体中风味氨基酸占氨基酸总量的比例, 施用10 mg/L螯合硒、5 mg/L纳米硒后可以有效提高竹荪的抗氧化功能。

**关键词** 硒源; 竹荪; 富硒食用菌; 营养成分

**中图分类号:** S147.2 **文献标志码:** A **文章编号:** 2096-2053 (2021) 02-0021-06

## Differentiation of Nutrient Composition in A Selenium-Sources-Add Treatments of *Dictyophora echinolvata*

CHEN Xinyu WANG Yuxia XU Bin PAN Wen  
ZHANG Weihua LIAO Huanqin

(Guangdong Provincial Key Laboratory of Silviculture, Protection and Utilization/Guangdong Academy of Forestry, Guangzhou, Guangdong 510520, China)

**Abstract** To compared the influence of different selenium source treatments on nutritional composition in fruiting body of *Dictyophora echinolvata*, the affect of nutrient composition of *D. echinolvata* with different selenium sources was explored. Nano selenium, selenium-enriched fertilizer with amino acid and chelated selenium were chosen, and 5, 10 mg/L of each selenium source were designed. The results showed that applying 5 mg/L selenium-enriched fertilizer with amino acid would promote the synthesis of protein in fruiting body of *D. echinolvata*. Applying 5 mg/L selenium-enriched fertilizer with amino acid and 10 mg/L chelated selenium would promote the synthesis of coarse polysaccharide. Applying 10 mg/L nano selenium would conducive to the absorb and store of selenium. The total amount of amino acids applied with 10 mg/L nano selenium and chelated selenium was the largest. The content of flavoured amino acids in fruiting body of *D. echinolvata* was increased by applying 5 mg/L chelated selenium. The application of 5 mg/L nano selenium or 10 mg/L chelated selenium could effectively improve the antioxidant function of *D. echinolvata*. This study might be helpful to provide a useful reference for cultivate to selenium-enriched and selenium chosen of *D. echinolvata*.

**Key words** selenium sources; *Dictyophora echinolvata*; selenium-enriched edible fungi; nutritional composition

\* 基金项目: 广东省林业科技创新项目 (2017KJXC008)。

第一作者: 陈新宇 (1991—), 女, 助理研究员, 主要从事食用菌栽培研究, E-mail: chenxinyu2014@hotmail.com。

通信作者: 王裕霞 (1966—), 女, (教授级) 高级工程师, 主要从事竹类及食用菌栽培与资源开发利用研究, E-mail: 243737393@qq.com。

硒是人体所必需的微量元素之一, 缺乏或过量都会对人体产生伤害<sup>[1]</sup>, 摄入适量的硒元素则有利于增强人体免疫力、延缓衰老、预防癌症等<sup>[2]</sup>。中国是一个缺硒较严重的国家, 中华人民共和国国家卫生健康委员会建议正常成人每天最少摄入硒元素 50  $\mu\text{g}$ (中国卫生行业标准 WS/T 578.3—2017<sup>[3]</sup>), 但中国大部分地区达不到这一标准。膳食中补充硒元素是一种安全有效的方式, 因此将农作物作为硒元素的生物转化载体, 在栽培过程中添加硒元素, 可以有效提高人体对于硒元素的摄入。

目前水稻 *Oryza sativa*、芥菜 *Brassica juncea*、油菜 *Brassica campestris*、玉米 *Zea mays* 等农作物中已经进行了较多的富硒研究<sup>[4-7]</sup>。与其他农作物相比, 食用菌具有生长周期短、栽培条件可控等特点, 是一种很好的硒生物转化载体<sup>[7]</sup>。目前食用菌的富硒研究多集中在对硒元素的吸收规律、转化形态、生长产量等方面, 而栽培中添加外源硒对食用菌子实体的营养成分含量影响研究报道较少, 仅在茶树菇 *Agrocybe chaxinggu*、秀珍菇 *Pleurotus geesteranus* 中进行过相关研究<sup>[8]</sup>。研究表明在栽培中添加外源硒元素可以提高食用菌菌盖厚度与营养成分以及子实体中氨基酸的含量<sup>[9-10]</sup>。因此研究在食用菌栽培中添加外源硒可以提高食用菌的品质。

竹荪 *Dictyophora echinvolvata*, 又名竹笙、竹参, 是鬼笔目竹荪属的一种名贵的食药食用菌。研究表明, 竹荪营养丰富, 蛋白质含量高, 同时含有丰富的氨基酸、维生素、多糖以及微量元素<sup>[11-12]</sup>, 因此研究硒元素对竹荪子实体营养成分的影响具有较大的应用潜力与经济价值。本研究通过向竹荪栽培基质中添加不同硒源, 对不同处理中竹荪子实体中营养成分进行对比分析, 以此来了解不同硒源对竹荪的营养价值的影响, 为竹

荪的富硒研究提供参考。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验材料与种植方法

试验采用棘托竹荪 D-古优 1 号为菌种, 以竹片与木糠按体积比各 50% 混合, 按干重添加熟石灰及石膏各 1% 经堆沤作种植基料。供试竹荪栽培在广东省林业科学研究所内试验苗圃 (23°36'5"N、113°9'E)。选取成熟的小叶龙竹林 *Dendrocalamus barbatus*, 通过择伐清杂将竹林内郁闭度调整为 0.7, 并在林下的场地建畦, 土壤为沙质壤土, pH 为 6.0。设畦床长 3 m、宽 1.4 m, 每畦为 1 个试验处理 (种植面积约为 4 m<sup>2</sup>、使用基料 180 kg, 菌种 8 kg), 床内均匀铺料, 并在料床中间开沟 10 cm, 成双畦状。将 2/3 总量的基料铺于种植床后, 竹荪菌种按乒乓球样大小以块状均匀布置于基料上, 上面覆盖 1/3 总量的基料, 再按试验设计喷洒硒源, 然后盖上厚 3~5 cm 的表土及薄薄一层枯竹叶。最后在畦床上搭建高约 0.8 m 的小拱棚薄膜以保证温湿度, 并在小拱棚内均匀布装微喷设施。试验期间保持畦床覆土湿润, 小拱棚内空气湿度在菌丝体生长期控制为 70%~90%、在子实体成熟期为 90% 以上。2019 年 9 月上旬种植, 10 月底竹荪子实体开始开裙产出。

### 1.2 试验设计与取样方法

试验选用 3 种硒源, 纳米硒 (广东暨创硒源纳米研究院有限公司)、富硒氨基酸叶面液肥 (合肥香盛生物科技有限公司)、螯合硒 (郑州昔天农业科技有限公司)。每种硒源配制含硒 5、10 mg/L 两种浓度的水溶液, 每处理施用 2 L。施用方式为喷洒基料。试验共设置 6 个处理, 处理间互为对照, 具体处理见表 1。

于 2019 年 10—11 月产出盛期内取样。各处理分别取个体大小均匀、生长状态良好的新鲜开

表 1 不同硒源与施用浓度处理

Table 1 Treatment with different selenium sources and application concentrations

处理 Treatment	硒源 Selenium sources	浓度 / (mg · L <sup>-1</sup> ) Concentration
1	富硒氨基酸液肥	5
2	富硒氨基酸液肥	10
3	螯合硒	5
4	螯合硒	10
5	纳米硒	5
6	纳米硒	10

裙竹荪(含菌柄及菌裙)3朵,检测其营养成分含量及硒元素含量;另摘取已开裂的成熟竹荪蛋,在菌盖冒出时去除菌托菌盖,获得尚未开裙的竹荪花,经液氮冷冻3~5 min后于-80℃冰箱保存,用于测定竹荪子实体中抗逆性生理指标。

### 1.3 测定方法

1.3.1 竹荪子实体中蛋白质、粗多糖、硒元素含量测定 蛋白质含量测定:参照GB 5009.5—2016《食品中蛋白质的测定》<sup>[13]</sup>。

粗多糖含量测定:参照GB/T 15672—2009《食用菌中总糖含量的测定》<sup>[14]</sup>。

硒元素含量测定:参照GB 5009.93—2017《食品中硒的测定》<sup>[15]</sup>。

1.3.2 竹荪子实体中氨基酸含量测定 参照GB 5009.124—2016《食品中氨基酸的测定》<sup>[16]</sup>。

1.3.3 竹荪子实体中抗逆性生理指标测定 谷胱甘肽过氧化物酶活性采用比色法,用谷胱甘肽过氧化物酶试剂盒测定<sup>[17]</sup>。超氧化物歧化酶活性采用氮蓝四唑(NBT)法,用超氧化物歧化酶试剂盒测定<sup>[2]</sup>。过氧化物酶活性采用比色法,用过氧化物酶试剂盒测定<sup>[2]</sup>。多酚氧化酶活性采用多酚氧化酶试剂盒测定<sup>[2]</sup>。

### 1.4 数据分析

使用SPSS 25.0软件统计分析各指标的均值和标准误,对所有指标进行LSD与Dunnett检验差异显著性分析,所得统计结果使用R3.6.4进行图形绘制。

## 2 结果与分析

### 2.1 不同硒源处理中竹荪子实体营养成分分析

表2表明,处理1中竹荪子实体蛋白质含

量为17.57 g/100 g,极显著高于其他处理( $P < 0.01$ )。处理2、处理5中竹荪蛋白质含量分别为11.52、11.49 g/100 g,极显著低于其他处理。处理1、处理4两种处理中粗多糖含量分别为5.27、5.29 g/100 g,极显著高于其他处理中粗多糖含量,处理2、处理3、处理5中粗多糖含量分别为2.93、2.85、2.87 g/100 g,显著低于其他处理中粗多糖含量。处理6竹荪子实体中硒元素含量最高,为17.62 mg/kg,处理1、处理2硒元素含量为2.5、3.4 mg/kg,极显著低于其他处理。

### 2.2 不同硒源处理中竹荪子实体中氨基酸含量

表3表明,不同处理竹荪子实体中氨基酸含量丰富。必需氨基酸、半必需氨基酸及鲜味氨基酸含量较高。处理4、处理6中竹荪子实体氨基酸总量均达到1.64 g/100 g,高于其他处理中氨基酸总量。处理5中竹荪子实体氨基酸总量为0.96 g/100 g,低于其他处理氨基酸总量。处理4、处理6必需氨基酸与半必需氨基酸含量分别为0.83、0.79 g/100 g,高于其他处理必需氨基酸与半必需氨基酸含量,处理5中竹荪子实体必需氨基酸与半必需氨基酸含量为0.46 g/100 g,低于其他处理中含量。谷氨酸和天冬氨酸是食物中重要的鲜味成分,可以提高竹荪的口感和风味。处理5中谷氨酸和天冬氨酸较低,为0.25 g/100 g,处理4中竹荪子实体的谷氨酸和天冬氨酸含量较高,为0.39 g/100 g。

### 2.3 不同硒源处理中竹荪子实体必需氨基酸组成

表4显示,添加不同硒源后,竹荪子实体中含有的人体所需的必需氨基酸和半必需氨基酸占氨基酸总量的比例为48.17%~51.80%,均高于FAO/WHO模式下必需氨基酸和半必需氨基酸占

表2 不同硒源处理中竹荪子实体营养成分

Table 2 The content of main nutritional components in the fruit body of *Dictyophora echinvolvata* with different selenium sources

处理 Treatment	蛋白质 / (g · 100 mg <sup>-1</sup> ) Protein concentration	粗多糖 / (g · 100 mg <sup>-1</sup> ) Polysaccharide concentration	硒含量 / (mg · kg <sup>-1</sup> ) Selenium concentration
1	17.57 ± 0.26a	5.27 ± 0.14a	2.50 ± 0.53e
2	11.52 ± 0.05d	2.93 ± 0.20c	3.40 ± 0.26e
3	14.21 ± 0.26b	2.85 ± 0.18c	8.80 ± 0.17c
4	13.06 ± 0.21c	5.29 ± 0.19a	11.09 ± 0.10b
5	11.49 ± 0.49d	2.87 ± 0.34c	7.00 ± 0.50d
6	14.32 ± 0.28b	3.32 ± 0.03b	17.62 ± 0.34a

注:表中数值表示平均值 ± 标准误。同列不同字母表示处理间差异性极显著( $P < 0.01$ ),表中指标以干物质含量计。

Note: the data are mean ± SD, different letters mean significant difference( $P < 0.01$ ), traits in the table are calculated on a dry basis.

氨基酸总量的比例(40%),表明3种硒源均利于提高竹荪子实体中必需氨基酸的含量。其中处理1中必需氨基酸和半必需氨基酸总量占氨基酸总量比例最高,可达到51.80%,高于其他处理,处理5、处理6的必需氨基酸和半必需氨基酸总量占氨基酸总量比例分别为48.96%、48.17%,均低于其他处理。但是处理5中鲜味氨基酸(天冬氨酸、

谷氨酸)含量占氨基酸总量的26.04%,高于其他硒源处理,处理6鲜味氨基酸含量占氨基酸总量的21.95%,低于其他硒源处理。

#### 2.4 不同硒源处理中竹荪子实体抗逆性生理特性

图1表明,不同处理间竹荪子实体中超氧化物歧化酶活性差异显著( $P < 0.05$ ),处理5、处理4、处理2中超氧化物歧化酶活性分别为

表3 不同硒源处理中竹荪子实体氨基酸含量

$g \cdot 100 g^{-1}$

Table 3 The content of amino acid in the fruit body of *Dictyophora echinovolvata* with different selenium sources

氨基酸种类 Kinds of amino acid	氨基酸 Amino acid	处理1 Treatment 1	处理2 Treatment 2	处理3 Treatment 3	处理4 Treatment 4	处理5 Treatment 5	处理6 Treatment 6
必需氨基酸	赖氨酸	0.09	0.09	0.09	0.10	0.05	0.12
	苏氨酸	0.07	0.07	0.07	0.09	0.05	0.10
	缬氨酸	0.08	0.09	0.09	0.11	0.06	0.07
	蛋氨酸	0.06	0.07	0.05	0.06	0.04	0.06
	异亮氨酸	0.08	0.08	0.08	0.09	0.06	0.10
	亮氨酸	0.11	0.11	0.11	0.13	0.08	0.15
	苯丙氨酸	0.10	0.09	0.08	0.14	0.06	0.10
半必需氨基酸	胱氨酸	0.07	0.04	0.02	0.03	0.02	0.02
	酪氨酸	0.06	0.06	0.06	0.07	0.04	0.08
鲜味氨基酸	谷氨酸	0.19	0.19	0.19	0.23	0.16	0.20
	天冬氨酸	0.12	0.11	0.12	0.16	0.09	0.16
其他氨基酸	丙氨酸	0.08	0.09	0.08	0.10	0.06	0.12
	丝氨酸	0.07	0.07	0.07	0.09	0.05	0.10
	甘氨酸	0.06	0.06	0.06	0.08	0.05	0.09
	组氨酸	0.03	0.04	0.03	0.04	0.03	0.04
	精氨酸	0.07	0.06	0.06	0.07	0.03	0.08
	脯氨酸	0.04	0.05	0.03	0.05	0.03	0.07
氨基酸总量		1.39	1.36	1.30	1.64	0.96	1.64

表4 不同硒源处理中竹荪子实体中含有的各类氨基酸占氨基酸总量比例

%

Table 4 Amino acid in the fruit body of *Dictyophora echinovolvata* with different selenium sources

氨基酸种类 Kinds of amino acid	氨基酸 Amino acid	处理1 Treatment 1	处理2 Treatment 2	处理3 Treatment 3	处理4 Treatment 4	处理5 Treatment 5	处理6 Treatment 6
必需氨基酸	苏氨酸	5.04	5.15	5.38	5.49	5.21	6.10
	赖氨酸	6.47	6.62	6.92	6.10	5.21	7.32
	缬氨酸	5.76	6.62	6.92	6.71	6.25	4.27
	甲硫氨酸	4.32	5.15	3.85	3.66	4.17	3.66
	异亮氨酸	5.76	5.88	6.15	5.49	6.25	6.10
	亮氨酸	7.91	8.09	8.46	7.93	8.33	9.15
	苯丙氨酸	7.19	6.62	6.15	8.54	6.25	6.10
半必需氨基酸	胱氨酸	5.04	2.94	1.54	1.83	2.08	1.22
	酪氨酸	4.32	4.41	4.62	4.27	4.17	4.88
鲜味氨基酸	天冬氨酸、谷氨酸	22.30	22.06	23.85	23.78	26.04	21.95
必需氨基酸与半必需氨基酸总量		51.80	50.74	50.77	50.61	48.96	48.17

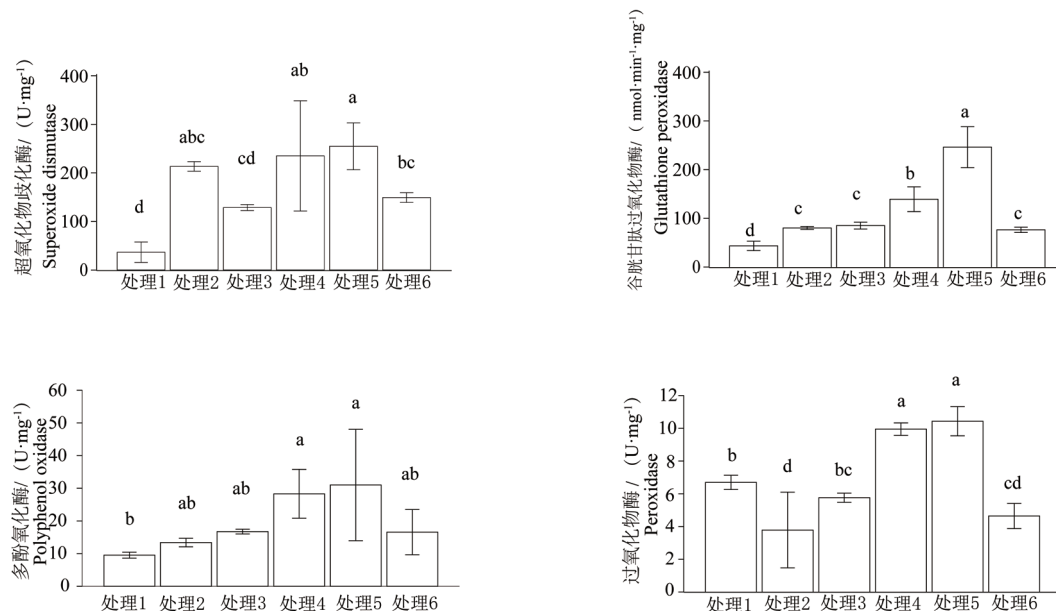
238.290、219.849、199.548 U/mg，高于其他处理，而处理1中，竹荪子实体中超氧化物歧化酶活性仅为34.149 U/mg，显著低于其他处理中超氧化物歧化酶活性。处理4、处理5两处理竹荪子实体中多酚氧化酶活性分别为29.775、32.606 U/mg，高于其他处理，处理1中多酚氧化酶活性为10.037 U/mg，显著低于其他处理。不同处理间谷胱甘肽过氧化物酶活性差异较大，处理5中竹荪子实体谷胱甘肽过氧化物酶活性为257.550 nmol/min/mg，显著高于其他处理，处理1中为43.308 nmol/min/mg，显著低于其他处理。各处理间过氧化物酶活性差异较大，处理4和处理5中过氧化物酶活性分别为10.907、11.441 U/mg，显著高于其他处理，处理2中竹荪子实体过氧化物酶活性为4.160 U/mg，显著低于其他处理。

### 3 结论与讨论

大量研究表明，硒元素有利于提高生物的光合效率、生物量积累、抗逆性等作用<sup>[18]</sup>。微生物吸收外界环境中的硒元素后以有机硒形态存储在

机体中，但对于不同种类硒源的吸收、转化、存储差异很大。因此筛选利于竹荪吸收、应用的硒源以及施用浓度可以为富硒竹荪生产提供理论基础。试验中选择了纳米硒、富硒氨基酸液肥、螯合硒3种硒源。纳米硒肥中硒的活性较高，富硒氨基酸液肥成本较低，而螯合硒肥中硒的利用率较高<sup>[19-20]</sup>。研究结果表明3种硒源处理间竹荪子实体中蛋白质、粗多糖、硒元素含量，氨基酸总量、必需氨基酸含量等指标差异明显，其中施用5 mg/L的富硒氨基酸液肥利于促进竹荪子实体蛋白质的合成，施用5 mg/L的富硒氨基酸液肥、10 mg/L螯合硒利于竹荪子实体中粗多糖的合成，施用10 mg/L螯合硒、10 mg/L纳米硒较利于竹荪子实体中硒元素的吸收存储，以及氨基酸的合成。

竹荪子实体中氨基酸含量较高、种类齐全、富含鲜味氨基酸，是优质的蛋白质食品<sup>[10]</sup>。必需氨基酸是指人体不能合成或者合成速度远不能适应机体需要，必须由食物蛋白质供给的氨基酸<sup>[21]</sup>。试验不同处理中竹荪子实体中必需氨基酸与半必需氨基酸占氨基酸总量的比例为48.17%~51.80%，均高



注：不同字母表示处理间差异性显著 ( $P < 0.05$ ), 其中处理1为5 mg/L富硒氨基酸液肥, 处理2为10 mg/L富硒氨基酸液肥, 处理3为5 mg/L螯合硒, 处理4为10 mg/L螯合硒, 处理5为5 mg/L纳米硒, 处理6为10 mg/L纳米硒。

Note: different letters mean significant difference ( $P < 0.05$ ), treatment 1 is 5 mg/L selenium-enriched fertilizer with amino acid, treatment 2 is 10 mg/L selenium-enriched fertilizer with amino acid, treatment 3 is 5 mg/L chelated selenium, treatment 4 is 10 mg/L chelated selenium, treatment 5 is 5 mg/L nano selenium, treatment 6 is 10 mg/L nano selenium.

图1 不同硒源处理竹荪子实体超氧化物歧化酶、多酚氧化酶、谷胱甘肽过氧化物酶、过氧化物酶活性变化

Figure 1 Effects of different selenium sources on the physiological traits with superoxide dismutase, polyphenol oxidase, glutathione peroxidase, peroxidase of *D. echinovolvata*

于FAO/WHO模式下必需氨基酸与半必需氨基酸占氨基酸总量的比例(40%),说明添加的3种硒源均利于竹荪中必需氨基酸与半必需氨基酸的合成,可以增加竹荪内蛋白质含量。谷氨酸和天冬氨酸是食物中重要的鲜味氨基酸。施加5 mg/L的纳米硒处理中鲜味氨基酸含量占氨基酸总量比例最高,可以显著提高竹荪的口感,此外谷氨酸可以作为碳氮营养参与机体代谢,天冬氨酸可以参与鸟氨酸的生理循环<sup>[22]</sup>。

逆境会导致微生物积累较多的自由基和过氧化物。过氧化物超量累积会造成脂质过氧化等氧化损伤等<sup>[23]</sup>。超氧化物歧化酶等抗氧化酶可以清除微生物中超氧阴离子自由基,分解过多的H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>,因此被广泛作为微生物抗逆性生理的重要指标<sup>[23]</sup>。添加硒源后,施用10 mg/L螯合硒、5 mg/L纳米硒的大部分抗氧化酶活性较高,可以提高竹荪对人体的抗氧化作用。

谷胱甘肽过氧化物酶是生物重要的抗氧化酶之一,同时是调控激素的重要信号分子<sup>[24]</sup>。但是谷胱甘肽过氧化物酶的活性需要硒来激活,因此筛选合适硒源可以有效提高竹荪体内谷胱甘肽过氧化物酶的活性。本研究处理4、处理5中谷胱甘肽过氧化物酶活性较高,这表明施用10 mg/L螯合硒、5 mg/L纳米硒后可以有效提高谷胱甘肽过氧化物酶活性,提高竹荪对人体的抗氧化作用。

### 参考文献

- [1] 李文栓, 李晓军, 李培军, 等. 富硒营养液喷施量对春小麦产量和品质的影响[J/OL]. 生态学杂志: 1-10[2020-09-17]. <https://doi.org/10.13292/j.1000-4890.202011.007>.
- [2] 王丹丹, 黄妍, 周中政, 等. 不同浓度硒酸钠对茶树的生长和生理指标的影响[J/OL]. 广西植物: 1-14[2020-09-17]. <http://kns.cnki.net/kcms/detail/45.1134.q.20200914.1759.007.html>.
- [3] 中华人民共和国国家卫生健康委员会. WS/T 578.3-2017 中国居民膳食营养素参考摄入量 第3部分: 微量元素[S]. 北京: 中国标准出版社, 2017.
- [4] YIN HANQIN, QI ZHENYU, LI MENGQI, et al. Selenium forms and methods of application differentially modulate plant growth, photosynthesis, stress tolerance, selenium content and speciation in *Oryza sativa* L[J]. *Eco-toxicol Environ Safety*, 2019(169): 911-917.
- [5] SHANKER K, MISHRA S, SRIVASTAVA S, et al. Effect of selenite and selenate on plant uptake of cadmium by maize (*Zea mays*) [J]. *Bull Environ Contam Toxicol*, 1996, 56(3): 419-424.
- [6] ULHASSAN Z, GILL R A, ALI S, et al. Dual behavior of selenium: Insights into physio-biochemical, anatomical and molecular analyses of four Brassica napus cultivars [J]. *Chemosphere*, 2019, 225: 329-341.
- [7] NAZ F, SALVA Y, MOHAMMAD Q, et al. Low level of selenium increases the efficacy of 24-epibrassinolide through altered physiological and biochemical traits of Brassica juncea plants[J]. *Food Chem*, 2015, 185: 441-448.
- [8] 胡婷, 惠改芳, 赵桂慎, 等. 富硒食用菌研究进展[J]. 食用菌学报, 2019, 26(1): 68-76.
- [9] 王世平, 毛慧玲, 欧阳涟, 等. 硒元素对茶树菇As-1菌丝营养成分的影响研究[J]. 食用菌, 2010, 32(2): 68-69; 73.
- [10] 兰凉英. 酵母硒对秀珍菇产量与主要营养成分含量的影响[J]. 食用菌, 2020, 42(5): 34-36.
- [11] 才晓玲, 刘洋, 何伟, 等. 竹荪营养成分及生物活性研究进展[J]. 食用菌, 2015, 37(5): 1-3.
- [12] 郭渝南, 刘晓玲, 范娟. 竹荪的营养与药用功效[J]. 食用菌, 2004(4): 44-45.
- [13] 中华人民共和国质量监督检验检疫总局. GB 5009.5—2016 食用菌中粗蛋白含量的测定[S]. 北京: 中国标准出版社, 2009.
- [14] 中华人民共和国质量监督检验检疫总局. GB/T 15672—2009 食用菌中总糖含量的测定[S]. 北京: 中国标准出版社, 2009.
- [15] 中华人民共和国国家卫生和计划生育委员会. GB 5009.93—2017 食品中硒的测定[S]. 北京: 中国标准出版社, 2009.
- [16] 中华人民共和国卫生部. GB 5009.124—2016 食品中氨基酸的测定[S]. 北京: 中国标准出版社, 2003.
- [17] 乔新荣, 张继英. 植物谷胱甘肽过氧化物酶(GPX)研究进展[J]. 生物技术通报, 2016, 32(9): 7-13.
- [18] 周世均, 古巧云, 刘珊. 硒对湿地松种子萌发和生长的影响[J]. 林业与环境科学, 2018, 34(2): 64-68.
- [19] 闫庆伟, 程兆东, 郑百行. 硒和富硒肥的应用研究[J]. 河南农业, 2016(16): 16.
- [20] 李飞, 黄明丽, 李玲玉, 等. 富硒肥对茶树的影响及新型硒肥研究进展[J]. 河南农业科学, 2019, 48(3): 1-7.
- [21] 王镜岩. 生物化学[M]. 北京: 高等教育出版社, 2002.
- [22] 苏德伟, 宋飞飞, 林辉, 等. 菌草竹荪子实体蛋白质营养价值评价[J]. 北方园艺, 2019(17): 133-139.
- [23] 王明洋, 方勇, 裴斐, 等. 硒对杏鲍菇营养品质和抗氧化酶活性的影响[J]. 食品科学, 2016, 37(11): 208-213.
- [24] 刘赛, 刘硕谦, 龙金花, 等. 茶树谷胱甘肽过氧化物酶编码基因CsGPX1功能分析[J]. 茶叶科学, 2019, 39(4): 382-391.