

DOI:10.11937/bfyy.201503037

# 油松外生菌根真菌名录

魏 杰, 闫 伟

(内蒙古农业大学 林学院, 内蒙古 呼和浩特 010018)

**摘 要:**该文对 30 多年来对油松外生菌根真菌的调查结果进行了总结,油松外生菌根真菌隶属于 2 个门、2 个亚门、4 个纲、10 个目、20 个科、27 个属,其中已定名的种有 43 种。旨在了解油松外生菌根真菌的多样性,并为今后高效外生菌根真菌菌剂的开发提供依据。

**关键词:**油松;外生菌根;真菌

**中图分类号:**Q 949.32 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2015)03-0126-05

油松是中国特有树种,其根系发达,适应性强,有良好的保持水土和涵养水源效能,是我国华北、西北及东北南部的主要造林树种之一。油松是典型的外生菌根树种,大量的研究表明,外生菌根真菌可以促进油松生长、增加油松生物量<sup>[1-9]</sup>,显著促进油松对环境中的磷的吸收<sup>[7,9-11]</sup>,提高抗逆性<sup>[6]</sup>,大大提高油松对干旱胁迫的抵抗能力<sup>[12]</sup>,增加油松叶绿素含量,促进游离脯氨酸在油松体内的累积<sup>[1,13]</sup>,显著增加油松土壤微生物种群数量<sup>[2,4]</sup>,显著降低油松体内的重金属积累浓度,减少重金属由根部向植物茎叶部分的转运<sup>[3]</sup>,增强油松对重金属毒害的耐受性<sup>[14]</sup>,防治油松猝倒病<sup>[8]</sup>,从而提高造林成活率<sup>[9,13]</sup>。由于土壤环境受到的干扰越来越严重,自然界中的菌根真菌流失严重,菌根生物技术在油松造林中的应用越来越受到重视。

菌根生物技术成败的关键在于对最佳菌根真菌的筛选。许多学者对油松的外生菌根真菌进行了调查。早在 1983 年,王云等<sup>[15]</sup>就对油松的外生菌根真菌进行了初步调查,迄今为止已对油松主要分布区的外生菌根多样性进行了广泛的调查研究。该文对油松的外生菌根真菌进行了归纳和整理,外生菌根真菌的中文名称参照戴玉成等<sup>[16-17]</sup>、李传华等<sup>[18]</sup>命名方式。并根据李跃进等<sup>[19]</sup>对中国食用菌的分类系统对油松外生菌根真菌进行了系统排列。同时根据文献的记录,将油松的外生菌根真菌的采集地点进行了标注。该文的结果可以为油

松高效外生菌根真菌菌剂的开发提供一些依据。

## 1 系统排列

子囊菌门 Ascomycota

盘菌亚门 Pezizomycotina

锤舌菌纲 Leotiomycetes

柔膜菌目 Helotiales

Helotiales sp. 小龙门林场,北京<sup>[20]</sup>

Helotiaceae sp. 小龙门林场,北京<sup>[20]</sup>

盘菌纲 Pezizomycetes

盘菌目 Pezizales

马鞍菌科 Helvellaceae

马鞍菌属 *Helvella*

灰褐鞍菌 *Helvella ephippium* Lév. 大青山,呼和浩特市<sup>[21]</sup>;蛮汗山,乌兰察布市<sup>[21]</sup>

盘菌科 Pezizaceae

\* Pezizaceae sp. 1 小龙门林场,北京<sup>[20]</sup>

\* Pezizaceae sp. 2 小龙门林场,北京<sup>[20]</sup>

火丝盘菌科 Pyronemataceae

\* Pyronemataceae sp. 小龙门林场,北京<sup>[20]</sup>

地孔菌属 *Geopora*

\* “*Pinirhiza daqingensis*”大青山,呼和浩特市<sup>[22]</sup>

\* “*Pinirhiza geoporoides*”大青山,呼和浩特市<sup>[22]</sup>

盾盘菌属 *Humaria*

\* “*Pinirhiza humarioides*”贺兰山,阿拉善盟<sup>[22]</sup>

长毛盘菌属 *Trichophaea*

\* “*Pinirhiza trichophaeoides*”贺兰山,阿拉善盟<sup>[22]</sup>

疣杯菌属 *Tarzetta*

\* *Tarzetta* sp. 小龙门林场,北京<sup>[20]</sup>

块菌科 Tuberaceae

块菌属 *Tuber*

\* 辽东块菌 *Tuber liaotungense* Y. Wang 黑里河国

**第一作者简介:**魏杰(1980-),男,博士,实验师,现主要从事外生菌根真菌分类与应用等研究工作。E-mail:weijie\_211@163.com.

**基金项目:**国家自然科学基金资助项目(31360010);教育部高等学校博士学科点专项科研基金资助项目(20131515120015);内蒙古自治区自然科学基金资助项目(2013MS0520);内蒙古自治区教育厅青年科技英才支持计划资助项目(NJYT-14-B06)。

**收稿日期:**2014-11-12

家自然保护区,赤峰<sup>[23]</sup>

\*“*Pinirhiza pubulata*”大青山,呼和浩特市<sup>[23]</sup>;乌拉山,巴彦淖尔市<sup>[23]</sup>

\*“*Pinirhiza puborchii*”黑里河国家自然保护区,赤峰<sup>[23]</sup>

\* *Tuber* sp. 1 小龙门林场,北京<sup>[20]</sup>

\* *Tuber* sp. 2 小龙门林场,北京<sup>[20]</sup>

\* *Tuber* sp. 3 小龙门林场,北京<sup>[20]</sup>

座囊菌纲 Dothideomycetes

空团菌属 *Cenococcum*

土生空团菌 *Cenococcum geophilum* Fr. 大青山,呼和浩特市<sup>[24-25]</sup>

担子菌门 Basidiomycota

伞菌亚门 Agaricomycotina

伞菌纲 Agaricomycetes

伞菌目 Agaricales

鹅膏科 Amanitaceae

鹅膏属 *Amanita*

姜黄柄鹅膏菌 *Amanita flavipes* S. Imai. 东白石头沟,呼和浩特市<sup>[25]</sup>

灰鹅膏 *Amanita vaginata* (Bull.) Lam. 东北地区<sup>[26]</sup>

球盖菇科 Strophariaceae

滑锈伞属 *Hebeloma*

荷叶滑锈伞 *Hebeloma sinuosum* (Fr.) Quél. 乌拉山,巴彦淖尔市<sup>[27]</sup>

口蘑科 Tricholomataceae

口蘑属 *Tricholoma*

棕灰口蘑 *Tricholoma terreum* (Schaeff.) P. Kumm. 小龙门林场,北京<sup>[20]</sup>

条纹口蘑 *Tricholoma virgatum* (Fr.) P. Kumm. 蛮汗山,乌兰察布市<sup>[21]</sup>;大青山,呼和浩特市<sup>[21,27]</sup>;黑里河国家自然保护区,赤峰<sup>[27]</sup>;乌拉山,巴彦淖尔市<sup>[27]</sup>;贺兰山,阿拉善盟<sup>[27]</sup>

\*“*Pinirhiza tricholomoides*”大青山,呼和浩特市<sup>[28]</sup>

丝盖伞科 Inocybaceae

丝盖菌属 *Inocybe*

污白丝盖伞 *Inocybe geophylla* (Sow. :Fr.) Kummer 黑里河国家自然保护区,赤峰<sup>[27]</sup>

淡紫丝盖伞 *Inocybe lilacina* (Boud.) Kauffm. 大青山,呼和浩特市<sup>[21]</sup>;蛮汗山,乌兰察布市<sup>[21]</sup>

\*“*Pinirhiza inocyboides*”黑里河国家自然保护区,赤峰<sup>[29]</sup>

阿太菌目 Atheliales

阿太菌科

Atheliaceae sp. 小龙门林场,北京<sup>[20]</sup>

鸡油菌目 Cantharellales

锁瑚菌科 Clavulinaceae

锁瑚菌属 *Clavulina*

*Clavulina* sp. 小龙门林场,北京<sup>[20]</sup>

鸡油菌科 Cantharellaceae

鸡油菌属 *Cantharellus*

近白鸡油菌 *Cantharellus subalbidus* A. H. Sm. & Morse 黑里河国家自然保护区,赤峰<sup>[27]</sup>

喇叭菌属 *Craterellus*

管型喇叭菌 *Craterellus tubaeformis* (Fr.) Quél. 东白石头沟,呼和浩特市<sup>[25]</sup>

牛肝菌目 Boletales

牛肝菌科 Boletinellaceae

牛肝菌属 *Boletus*

红牛肝菌 *Boletus chrysenteron* Bull. 大青山,呼和浩特市<sup>[21,30]</sup>;蛮汗山,乌兰察布市<sup>[21]</sup>

红网牛肝菌 *Boletus luridus* Schaeff. 九峰山,包头<sup>[25]</sup>

朱红牛肝菌 *Boletus rubellus* Krombh. 大青山,呼和浩特市<sup>[21]</sup>;蛮汗山,乌兰察布市<sup>[21]</sup>

细绒牛肝菌 *Boletus subtomentosus* L. 蛮汗山,乌兰察布市<sup>[21]</sup>

亚绒柄牛肝菌 *Boletus subvelutipes* Peck 蛮汗山,乌兰察布市<sup>[21]</sup>;大青山,呼和浩特市<sup>[21,30]</sup>

疣柄牛肝菌属 *Leccinum*

裂皮疣柄牛肝菌 *Leccinum extremiorientale* (Lar. N. Vassiljeva) Singer 喇嘛洞,呼和浩特市<sup>[25]</sup>

褐疣柄牛肝菌 *Leccinum scabrum* (Bull.) Gray 东北地区<sup>[26]</sup>

粉孢牛肝菌属 *Tylopilus*

黑盖粉孢牛肝菌 *Tylopilus alboater* (Schwein.) Murrill 大青山,呼和浩特市<sup>[21]</sup>;蛮汗山,乌兰察布市<sup>[21]</sup>

色钉菇科 Gomphidiaceae

色钉菇属 *Chroogomphus*

色钉菇 *Chroogomphus rutilus* (Schaeff.) O. K. Mill. 采集地点不详<sup>[15]</sup>;黑里河国家自然保护区,赤峰<sup>[27]</sup>;辽宁千山<sup>[31]</sup>

圆孔牛肝菌科 Gyroporaceae

圆孢牛肝菌属 *Gyroporus*

蓝圆孢牛肝菌 *Gyroporus cyanescens* (Bull.) Quél. 蛮汗山,乌兰察布市<sup>[21]</sup>;东北地区<sup>[26]</sup>

乳牛肝菌科 Suillaceae

乳牛肝菌属 *Suillus*

粘盖乳牛肝菌 *Suillus bovinus* (Pers.) Roussel 黑里河国家自然保护区,赤峰<sup>[27]</sup>;大青山,呼和浩特市<sup>[30]</sup>

短柄乳牛肝菌 *Suillus brevipes* (Peck) Kuntze 蛮汗山, 乌兰察布市<sup>[21]</sup>; 大青山, 呼和浩特市<sup>[21,30]</sup>

黄乳牛肝菌 *Suillus flavidus* (Fr.) J. Presl 东北地区<sup>[26]</sup>

点柄乳牛肝菌 *Suillus granulatus* (L.) Roussel 采集地点不详<sup>[15]</sup>; 大青山, 呼和浩特市<sup>[27]</sup>; 贺兰山, 阿拉善盟<sup>[27,32]</sup>; 辽宁千山, 沈阳东陵<sup>[31]</sup>

褐环乳牛肝菌 *Suillus luteus* (L.) Roussel 采集地点不详<sup>[15]</sup>; 小龙门林场, 北京<sup>[20]</sup>; 乌拉山, 巴彦淖尔市<sup>[27]</sup>; 辽宁沈阳东陵<sup>[31]</sup>

亚褐环乳牛肝菌 *Suillus subluteus* (Peck) Snell 井尔沟、古路板林场、喇嘛洞, 呼和浩特市<sup>[25]</sup>

垂登乳牛肝菌 *Suillus tridentinus* (Bres.) Singer 东北地区<sup>[26]</sup>

须腹菌科 Rhizopogonaceae

根须腹菌属 *Rhizopogon*

淡黄根须腹菌 *Rhizopogon luteolus* Fr. & Nordholm 喇嘛洞, 呼和浩特市<sup>[25]</sup>; 贺兰山, 阿拉善盟<sup>[32]</sup>

红菇目 Russulales

红菇科 Russulaceae

乳菇属 *Lactarius*

松乳菇 *Lactarius deliciosus* (L.) Gray 小龙门林场, 北京<sup>[20]</sup>; 黑里河国家自然保护区, 赤峰<sup>[27]</sup>

红汁乳菇 *Lactarius hatsuake* Nobuj. Tanaka 采集地点不详<sup>[15]</sup>

血红乳菇 *Lactarius sanguifluus* (Paulet) Fr. 小井沟, 呼和浩特市<sup>[25]</sup>

香亚环乳菇 *Lactarius subzonarius* Hongo 喇嘛洞, 呼和浩特市<sup>[25]</sup>

红菇属 *Russula*

橙黄红菇 *Russula aurea* Pers. 东北地区<sup>[26]</sup>

大红菇 *Russula alutacea* (Fr.) Fr. 黑里河国家自然保护区, 赤峰<sup>[27]</sup>

臭黄菇 *Russula foetens* (Pers.) Pers. 大青山, 呼和浩特市<sup>[21]</sup>; 蛮汗山, 乌兰察布市<sup>[21]</sup>

大朱红菇 *Russula rubra* (Fr.) Fr. 黑里河国家自然保护区, 赤峰<sup>[27]</sup>

钉菇目 Gomphales

钉菇科 Gomphaceae

枝瑚菌属 *Ramaria*

黄枝瑚菌 *Ramaria flava* (Schaeff.) Quél. 劈叉沟、喇嘛洞, 呼和浩特市<sup>[25]</sup>

革菌目 Thelephorales

革菌科 Thelephoraceae

革菌属 *Thelephora*

石竹色革菌 *Thelephora caryophyllaea* (Schaeff.) Pers. 大青山, 呼和浩特市<sup>[27]</sup>

毛(棉)革菌属 *Tomentella*

\* 铁锈色毛革菌 *Tomentella ferruginea* (Pers.) Pat. 小龙门林场, 北京<sup>[20]</sup>

\* 赫孢毛革菌 *Tomentella umbrinospora* M. J. Larsen 小龙门林场, 北京<sup>[20]</sup>

\* 蜡毛革菌 *Tomentella galzinii* Bourdot 小龙门林场, 北京<sup>[20]</sup>

\* *Tomentella* sp. 1 小龙门林场, 北京<sup>[20]</sup>

\* *Tomentella* sp. 2 小龙门林场, 北京<sup>[20]</sup>

\* *Tomentella* sp. 3 小龙门林场, 北京<sup>[20]</sup>

\* *Tomentella* sp. 4 小龙门林场, 北京<sup>[20]</sup>

\* *Tomentella* sp. 5 小龙门林场, 北京<sup>[20]</sup>

\* “*Pinirhiza tomentelloides*” 乌拉山, 巴彦淖尔市<sup>[33]</sup>; 贺兰山, 阿拉善盟<sup>[33]</sup>

\* “*Pinirhiza acuminata*” 贺兰山, 阿拉善盟<sup>[34]</sup>

\* “*Pinirhiza fibulocystidiata*” 贺兰山, 阿拉善盟<sup>[34]</sup>

\* “*Pinirhiza heilimensis*” 黑里河国家自然保护区, 赤峰<sup>[34]</sup>

*Tomentella* sp. 凉城, 乌兰察布市<sup>[35]</sup>

蜡壳菌目 Sebaciniales

蜡壳菌科 Sebacinaceae

蜡壳菌属 *Sebacina*

\* *Sebacina* sp. 1 小龙门林场, 北京<sup>[20]</sup>

\* *Sebacina* sp. 2 小龙门林场, 北京<sup>[20]</sup>

\* *Sebacina* sp. 3 小龙门林场, 北京<sup>[20]</sup>

\* *Sebacina* sp. 4 小龙门林场, 北京<sup>[20]</sup>

\* “*Pinirhiza multifurcata*” 贺兰山, 阿拉善盟<sup>[36]</sup>

\* “*Pinirhiza nondextrinoidea*” 黑里河国家自然保护区, 赤峰<sup>[36]</sup>

(注: \* 表明该外生菌根菌为外生菌根形态特征分类结合分子方法鉴定结果。)

## 2 讨论

30 多年的油松外生菌根真菌调查研究大致经历了 2 个发展阶段: 第 1 个阶段是林子下实体调查、分类, 第 2 个阶段是外生菌根形态特征分类结合分子方法鉴定。在第 1 个阶段, 完全通过子实体的调查和分类, 不能全面反映油松的外生菌根情况, 很多外生菌根真菌没有被记录, 如子囊菌门的块菌属 *Tuber*、地孔菌属 *Geopora* 和长毛盘菌属 *Trichophaea* 的真菌, 因为这些真菌的子实体生长在地下, 很难被发现, 而土生空团菌 *Cenococcum geophilum* 则不产生子实体。再如担子菌门的毛(棉)革菌属 *Tomentella* 和蜡壳菌属 *Sebacina* 的子实体都是平伏状, 很容易被忽视。而通过第 2 个阶段的调查研究,

能使课题组更详尽、更准确地了解油松外生菌根多样性。但这个阶段的研究也遇到了一些困难和问题。一是外生形态鉴定工作量较大,且要求操作者有比较丰富的经验,同时目前发表的数据很有限,这些因素制约了形态特征在外生菌根分类鉴定上的应用<sup>[20]</sup>;二是很多通过分子鉴定的外生菌根只能鉴定到属或属以上水平,而不能鉴定到种,原因在于我国学者对这些真菌的研究较少,因此一些常用国际数据库(European Molecular Biology Laboratory (EMBL, <http://www.embl.de/index.php>), National Centre of Biotechnology Information (NCBI, <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/>), DNA Data Bank of Japan (DDBJ, <http://www.ddbj.nig.ac.jp/>), UNITE database (<http://unite.ut.ee/>))中提交的可用于比对的序列很少。但通过外生菌根形态特征分类结合分子方法鉴定对外生菌根真菌进行调查研究,可以了解我国哪些真菌种类的研究还属于空白、哪些真菌的研究还需要加强,因此也为今后外生菌根真菌的研究提供了契机。

### 参考文献

- [1] 陈桂梅. 油松菌根共生真菌与外生菌根真菌的互作研究[D]. 杨凌: 西北农林科技大学, 2011.
- [2] 丛敬心. 外生菌根真菌促进油松人工幼林生长试验[J]. 防护林科技, 2012(1): 50-52.
- [3] 黄艺, 彭博, 李婷, 等. 外生菌根真菌对重金属铜镉污染土壤中油松生长和元素积累分布的影响[J]. 植物生态学报, 2007, 31(5): 923-929.
- [4] 林鹤鸣, 周玉芝, 姜凤岐, 等. 外生菌根真菌促进油松人工幼林生长的应用研究[J]. 沈阳农业大学学报, 2001, 32(4): 274-277.
- [5] 李静. 灰鹅膏菌和交联聚丙烯酰胺对油松抗旱性的影响[D]. 西安: 西北农林科技大学, 2013.
- [6] 王昌温, 罗晓芳, 雷增普. 外生菌根菌对油松苗木生物产量的影响[J]. 林业科学, 1985, 21(4): 375-382.
- [7] 于萌. 接种外生菌根真菌对油松幼苗生长的影响[D]. 重庆: 西南大学, 2011.
- [8] 张茹琴, 唐明, 张海涵. 四种外生菌根真菌对油松幼苗的抗猝倒病和促生作用[J]. 菌物学报, 2011, 30(5): 812-816.
- [9] 赵志鹏, 郭秀珍, 张良谱. 外生菌根菌剂在油松育苗造林中的应用[J]. 林业科学, 1993, 29(5): 401-407.
- [10] 邵东华, 杨喜平, 张晓东, 等. 浅黄根须腹菌侵染油松形成外生菌根[J]. 生态学杂志, 2013, 32(1): 78-81.
- [11] 蔚晓燕, 李静, 唐明. 施氮与接种外生菌根真菌对油松幼苗生物量和光合特性的影响[J]. 西北农林科技大学学报, 2013, 41(10): 42-48, 58.
- [12] 姚庆智. 内蒙古大青山地区油松菌根生物应用技术的研究[D]. 呼和浩特: 内蒙古农业大学, 2004.
- [13] 郭渊, 唐明, 王亚军, 等. 外生菌根真菌对油松幼苗的接种效应[J]. 西北林学院学报, 2006, 21(5): 116-119.
- [14] 李芳. 外生菌根真菌吸附重金属特性及其对油松耐性的影响[D]. 北京: 中国农业大学, 2003.
- [15] 王云, 谢支锡. 我国部分造林树种外生菌根真菌的初步调查研究[J]. 真菌学报, 1983, 2(1): 59-61.
- [16] 戴玉成, 杨祝良. 中国药用真菌名录及部分名称的修订[J]. 菌物学报, 2008, 27(6): 801-824.
- [17] 戴玉成, 周丽伟, 杨祝良, 等. 中国食用菌名录[J]. 菌物学报, 2010, 29(1): 1-21.
- [18] 李传华, 曲明清, 曹晖, 等. 中国食用菌普通名名录[J]. 食用菌学报, 2013, 20(3): 50-72.
- [19] 李跃进, 何晓兰, 李泰辉. 中国食用菌已知科属的系统排列[J]. 食用菌学报, 2010, 17(3): 78-86.
- [20] 王琴, 郭良栋. 油松外生菌根的形态解剖特征[J]. 林业科学, 2013, 49(2): 100-107.
- [21] 白淑兰, 闫伟, 马荣华, 等. 大青山、蛮汉山外生菌根真菌资源调查[J]. 山地学报, 2001, 19(1): 44-47.
- [22] Wei J, Peršoh D, Agerer R. Four ectomycorrhizae of Pyrenopezizomycetes on Chinese Pine (*Pinus tabulaeformis*): morpho-anatomical and molecular-phylogenetic analyses[J]. Mycological Progress, 2010, 9: 267-280.
- [23] Wei J, Agerer R. Three tuber ectomycorrhizae associated with Chinese Pine in North China-morpho-anatomical and molecular-phylogenetic analyses[J]. Nova Hedwigia, 2014, 98: 409-424.
- [24] 乌仁陶格斯. 大青山油松人工林地外生菌根分布与立地条件关系[J]. 内蒙古林业调查设计, 2013, 36(6): 101-104.
- [25] 白淑兰. 内蒙古大青山外生菌根真菌分布与筛选的研究[D]. 北京: 北京林业大学, 2006.
- [26] 王淑清, 徐丽华. 东北主要用材树种外生菌根真菌资源调查研究[J]. 辽宁林业科技, 2002(3): 17-20.
- [27] Wei J. Ectomycorrhizal diversity of Chinese pine (*Pinus tabulaeformis*) in North China [D]. Munich: University of Munich, 2010.
- [28] Wei J, Agerer R. "*Pinirhiza tricholomoides*" + *Pinus tabulaeformis* Carr. [J]. Descriptions of Ectomycorrhizae, 2008, 11(12): 103-112.
- [29] Wei J, Agerer R. "*Pinirhiza inocyboides*" + *Pinus tabulaeformis* Carr. [J]. Descriptions of Ectomycorrhizae, 2008, 11/12: 89-96.
- [30] 刘培贵. 内蒙古大青山高等真菌[J]. 山地研究, 1992, 10(1): 19-24.
- [31] 周崇莲, 韩桂之, 周玉芝, 等. 几种松树外生菌根真菌的研究[J]. 生态学报, 1983, 3(2): 103-109.
- [32] 宋刚, 王黎元, 杨文胜. 贺兰山高等真菌的分类研究(二)[J]. 阴山学刊(自然科学版), 1994, 12(3): 30-44.
- [33] Wei J, Agerer R. "*Pinirhiza tomentelloides*" + *Pinus tabulaeformis* Carr. [J]. Descriptions of Ectomycorrhizae, 2008, 11(12): 97-102.
- [34] Wei J, Agerer R. Three Ectomycorrhizae of Thelephoraceae on Chinese Pine (*Pinus tabulaeformis*) and a key to thelephoroid Ectomycorrhizae[J]. Nova Hedwigia, 2010, 91: 165-186.
- [35] 魏杰. 呼和浩特市及周边地区苗圃油松外生菌根调查[D]. 呼和浩特: 内蒙古农业大学, 2006.
- [36] Wei J, Agerer R. Two sebacinoid ectomycorrhizae on Chinese Pine [J]. Mycorrhiza, 2011, 21: 105-115.

## A Checklist of Ectomycorrhizal Fungi of Chinese Pine

WEI Jie, YAN Wei

(College of Forestry, Inner Mongolia Agricultural University, Huhhot, Inner Mongolia 010018)



# 复方二氧化氯对平菇褐斑病原菌的杀菌效果及机理

马玉琳<sup>1</sup>, 谷娜<sup>2</sup>, 池惠荣<sup>3</sup>, 王奎涛<sup>4</sup>

(1. 河北科技大学 化学与制药工程学院, 河北 石家庄 050018; 2. 河北科技大学 理学院, 河北 石家庄 050018; 3. 河北省农业科学院 遗传生理研究所, 河北 石家庄 050050; 4. 河北省药用分子化学重点实验室, 河北 石家庄 050018)

**摘要:**以平菇为试材,将采集到的平菇褐斑病标本进行了细菌菌株的分离纯化,纯化后的细菌菌株经回接感染试验和细菌形态学鉴定确定致病病原菌。通过悬液定量杀菌试验研究不同配方复方二氧化氯食用菌杀菌剂对平菇褐斑病病原菌的杀菌效果,筛选出有效的复方二氧化氯食用菌杀菌剂配方。最后从细菌细胞微观形态和细胞膜渗透性变化2个方面分析了复方二氧化氯的杀菌机理。结果表明:5 mg/L 二氧化氯和 2.3 mg/L 的烷基糖苷的复配后对平菇褐斑病病原菌杀灭对数值可以达到 5,杀菌作用显著。复方二氧化氯中的杀菌增效剂烷基糖苷对二氧化氯杀菌起到协同增效作用,可以降低二氧化氯的用量,复方二氧化氯对病原菌细胞超微结构和内含物的破坏能力大于二氧化氯,杀菌效果更好。

**关键词:**食用菌;细菌性病害;褐斑病;复方二氧化氯;杀菌

**中图分类号:**S 436.46 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2015)03-0130-05

食用菌病害一直困扰着食用菌行业健康发展。食用菌生长发育所需要的环境条件,同样适合多种病害的生长繁殖,尤其细菌性病害,一旦发生,会造成大量减产,甚至绝产<sup>[1-2]</sup>。2011年通过对河北省规模化种植基地的调查显示,平菇、金针菇、鸡腿菇褐斑病普遍存在,严重时损失可达50%以上,被农户称为食用菌癌症,被食用菌界人士称之为国际性难题<sup>[3]</sup>。目前市场上虽有一些防治药物,但在治病的同时会形成毒性物质残留,产品无法出口,并造成多起食品安全事件。二氧化氯是一种广谱、高效的杀菌消毒剂,在杀死微生物的过程不产生有害物质,被世界卫生组织(WHO)确认为A1级广

谱、安全、高效消毒剂<sup>[4-7]</sup>。在美国和欧盟已被允许用于食品、果蔬等农产品的保鲜和种植过程中的细菌性病害的防治。复方二氧化氯食用菌杀菌剂以二氧化氯为主要成分,添加生物表面活性剂作为杀菌增效剂,减少了药剂使用量,从而降低对食用菌菇体的影响。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验材料

供试菌种品种为“宝丰19”,取自肥乡县路堡村丰硕食用菌种植有限公司平菇产区菇病。

供试培养基:1)牛肉膏蛋白胨液体培养基:蛋白胨 10 g,牛肉膏 5 g,氯化钠 5 g,1 000 mL 蒸馏水中,待其完全溶解后,用10%氢氧化钠溶液调 pH 7.2~7.4,分装,于121℃压力蒸汽灭菌器内灭菌 20 min 后,置于冰箱备用<sup>[8]</sup>。2)牛肉膏蛋白胨固体培养基:蛋白胨 10 g,牛肉膏 5 g,氯化钠 5 g,1 000 mL 蒸馏水中,待其完全溶解后,用10%氢氧化钠溶液调 pH 7.2~7.4,加入 15 g 琼脂粉,继续搅拌,加热溶解,分装,于121℃压力蒸汽灭菌器内灭

**第一作者简介:**马玉琳(1989-),女,硕士研究生,研究方向为食用菌病害防治。E-mail:804066070@qq.com.

**责任作者:**王奎涛(1962-),男,教授,研究方向为食用菌病害防治。E-mail:xiaoyuan41@126.com.

**基金项目:**河北省科技支撑计划资助项目(11230908D-4-4)。

**收稿日期:**2014-11-11

**Abstract:** In this paper, ectomycorrhizal fungi of Chinese pine which have been studied over 30 years was summarized, these ectomycorrhizal fungi belonged to two phyla, two sub-phyla, four classes, 10 orders, 20 families, 27 genera, and 43 species have been named among them. The aim of this paper is to better learn the ectomycorrhizal fungal diversity of Chinese pine, and is to provide the basis for the development of efficient ectomycorrhizal fungal inoculums in the future.

**Keywords:** *Pinus tabulaeformis*; ectomycorrhiza; fungus