

太白山自然保护区外生菌根及菌根真菌调查研究^{*}

吴重华¹, 王吉忍², 杨俊秀¹, 吴国华³

(1 西北农林科技大学 资源环境学院, 陕西 杨陵 712100; 2 太白山自然保护区管理局, 陕西眉县 722300; 3 甘肃省静宁县县委 743400)

[摘 要] 报道了太白山自然保护区外生菌根及菌根真菌的调查研究结果。共获得外生菌根真菌 28 种, 隶属 6 科 18 属; 查明主要菌根树种是巴山冷杉(*A. bis fargesii* Franch) 和太白红杉(*L. arix chinensis* Beissn)。主要菌根真菌是红菇(*Russulaceae*) 和牛肝菌(*B. oletaceae*)。并对其生态分布进行了分析, 以亚高山(Subalpine belt) 南坡 2 850~3 300 m、北坡 3 000~3 200 m 区带最适合于菌根(Mycorrhiza) 及菌根真菌子实体(Mycorrhiza fungi fruit bodies) 的形成。

[关键词] 外生菌根; 菌根真菌; 生态分布; 太白山

[中图分类号] S718.81

[文献标识码] A

[文章编号] 1000-2782(2001)02-056-05

太白山地处我国南北气候的分界——秦岭山脉的中段, 位于东经 107°41'23"~107°51'40", 北纬 33°49'31"~34°08'11", 在地质构造过程中, 形成地形复杂的高大山体。其最低点海拔 720 m, 最高点海拔 3 767 m, 相对高差达 3 000 余米。太白山居我国东部湿润平原之西, 青藏高原之东, 暖温带之南缘, 亚热带之北界。冬季受蒙古冷气团的控制, 夏季受太平洋高压带的影响。南北交接气候过渡, 形成华北、华中、华西植物区系的交汇点。植物种类繁多, 生物资源丰富。由于山体高大, 水热条件随着地势的升高而呈规律性的变化, 植被景观亦呈明显的垂直带分布。由下而上依次为栓皮栎林带(*Quercus variabilis* Bl forest belt)、锐齿栎林带(*Q. aliena* Bl var. *acuteserrata* Maxim forest belt)、辽东栎林带(*Q. liaotungensis* Koidz forest belt)、红桦木林带(*Betula albo-sinensis* Burk forest belt)、牛皮桦林带(*B. utilis* D. DD forest belt)、巴山冷杉林带(*A. bis fargesii* Franch forest belt)、太白红杉林带(*L. arix chinensis* Beissn forest belt)^[1]。以往对太白山自然保护区的病原真菌、食用菌、药用菌调查比较多, 但对外生菌根真菌的系统调查还未见报道。本研究的目的在于系统调查太白山自然保护区外生菌根及菌根真菌资源, 探明菌根及菌根真菌的生态分布, 为外

生菌根真菌的应用提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 野外调查

于 1997~1999 年多次对太白山自然保护区外生菌根及菌根真菌, 根据不同的立地条件、植被、树种等情况, 按照路线调查和随机踏查相结合的方法进行了调查, 并对主要树种采取随机挖取根样的方法以扩大被调查树种的调查样本数。采用菌索追踪的方法, 以确定真菌与树木的关系。对于形成菌根的树木, 取其侧根目测估计菌根感率。收集清洗标本, 用 FAA 液固定, 并记录有关结果^{[2](P105~110)}。

1.2 室内研究

对菌根作徒手切片, 并进行染色^{[2](P110~113)}, 然后在显微镜下观察菌根的菌套、哈氏网形成情况以及菌丝是否侵入宿主根部皮层细胞来判断菌根类型^{[2](P14~16)}。对真菌按照子实体的形态特征并结合显微特征鉴定到种^[3~16]。

2 结果与分析

2.1 太白山自然保护区外生菌根调查结果

对栓皮栎(*Quercus variabilis* Bl)、锐齿栎(*Q. aliena* Bl var. *acuteserrata* Maxim.)、辽东栎(*Q. liaotungensis* Koidz)、牛皮桦(*Betula utilis* D. DD)、红桦(*B. albo-sinensis* Burk)、巴山冷杉(*A. bis fargesii* Franch)、金背杜鹃(*Rhododendron*

* [收稿日期] 2000-10-09

[基金项目] 世行 GEF 资助项目(GEFSRG9704)

[作者简介] 吴重华(1970-), 男, 陕西乾县人, 讲师, 主要从事微生物教学和研究, 吴国华系本校九八届毕业生。

clementinae Forest ex W. W. Smith subsp. aureodorsale W. P. Fang)、太白红杉 (*Larix chinensis* Beissn.) 林分中主要树种调查发现: 太白红杉、巴山冷杉在南坡 2 850~ 3 300 m、北坡 3 000~ 3 200 m 区带菌根组合情况最好(菌根感染率高达 40%), 且菌根分布普遍(在该区域随机挖取这 2 种树木的树根, 发现都形成了典型的外生菌根); 在北坡 2 700~ 3 000 m 的巴山冷杉菌根组合较差, 外生菌根不易发现, 发现的感染率只有 5%。

表 1 太白山自然保护区菌根分布

区 域 A rea	树 种 The plant species	菌根感染率/% M ycorrhiza infection incidence
南坡 South aspet 2 850~ 3 300 m	太白红杉 <i>L arix chinensis</i> Beissn. 巴山冷杉 <i>A bies fargesii</i> Franch	40
北坡 North aspect 3 000~ 3 200 m	金背杜鹃 <i>Rhododendron clemantinae</i> Forest ex w. w. Smith subsp. aureodorsale W. P Fang 高山柳 <i>Salix capularis</i> Rehd	< 2
北坡 North aspect 2 700~ 3 000 m	巴山冷杉 <i>A. fargesii</i> Franch 金背杜鹃 <i>R. clemantinae</i> Forest ex w. w. Smith subsp. aureodorsale W. P Fang	< 5 无 Nothing
北坡 North aspect 2 300~ 2 700 m	红 桦 <i>Betula albo-sinensis</i> Burk 华山松 <i>Pinus amandi</i> Franch 牛皮桦 <i>B. utilis</i> D. DD	< 2 < 2 < 2
北坡 North aspect 780~ 2 300 m	栎 木 <i>Quercus</i>	无 Nothing
南坡 South aspect < 2 850 m	桦 木 <i>Betula</i> 、铁 杉 华 山 松 <i>Tsuga chinensis</i> Franch Pritz、华 山 松 <i>P. amandi</i> Franch、栎 木 <i>Quercus</i>	无 Nothing

2 2 太白山自然保护区外生菌根真菌调查结果

2 2 1 太白山自然保护区外生菌根真菌资源 本次调查共获外生菌根真菌 28 种, 隶属 7 科 18 属。其中以牛肝菌科(Boletaceae)和红菇科(Russulaceae)

在海拔 3 000~ 3 300 m 的巴山冷杉林下发现金背杜鹃与高山柳(*Salix upularis* Rehd)的菌根感染率比较低(< 2%), 而在北坡 2 700~ 3 000 m 的金背杜鹃纯林中未发现外生菌根感染^[17]。在北坡 2 700 m 以下菌根的形成情况更差, 虽在红桦林与华山松林发现有菌根形成, 但感染率都很低(< 2%)。南坡 2 850 m 以下, 典型外生菌根树种桦类、栎类并未发现有外生菌根形成(如表 1)。

的种类最多。实地调查观察发现, 红菇科的子实体数量还多于牛肝菌类, 而且主要集中分布在南坡 2 850~ 3 000 m 和北坡 3 000~ 3 200 m 的区带, 如表 2、表 3。

表 2 太白山自然保护区外生菌根真菌

菌种代号 Fungous numble	名 称 Fangous name	学 名 Scientific name
	牛肝菌科	Boletaceae
√1	黄空柄牛肝	<i>Gyroporus cyanescens</i> (Bull ex Fr.) Quel
√2	红绒盖牛肝菌	<i>Xerocomus chrysenteron</i> (Bull ex Fr.) Quel
√3	黄粉牛肝菌	<i>Pulveroboletus ravenelii</i> Berk. et curt
√4	网孢小牛肝	<i>Boletinus retisporus</i>
√5	大孢牛肝菌	<i>Boletus projectillus</i>
√6	黄褐牛肝菌	<i>Boletus impolitus</i> Fr.
√7	华美牛肝菌	<i>Boletus speciosus</i> Frost
√8	锈盖粉孢牛菌	<i>Tylopilus ballouii</i> (Pk.) Sing
√9	黑盖粉孢牛肝	<i>Tylopilus alboater</i> (Schow.) Murr
√10	皱盖疣柄牛肝	<i>Lecinum rugosiceps</i> (Pk.) Sing
√11	褐环粘盖牛肝	<i>Suillus luteus</i> (L. Ex Fr.) Gray.
√12	亚褐环粘盖牛肝	<i>Suillus subluteus</i> (Peak.) Snell ex Slipp & Snell
√13	点柄粘盖牛肝	<i>Suillus granulatus</i> (L. ex Fr.) O. Kuntze
	红菇科	Russulaceae
√14	大白菇	<i>Russula delica</i> Fr.
√15	紫红菇	<i>Russula foetens</i> (Pers.) Fr.
√16	白乳菇	<i>Lactarius piperatus</i> (Scop.) Fr.
√17	苍白乳菇	<i>Lactarius pallidus</i> (Pers.) Fr.
√18	松乳菇	<i>Lactarius deliciosus</i> (L.) Fr.

续表 2 Continue Table 2

√ 19	稀褶乳菇	<i>Lactarius hygrophoroides</i>
	毒伞菌科	Amantaceae
20	金盖环锈伞	<i>Pholiota aurea</i> (Mutush ex Fr.)
21	小孢毛锈伞	<i>Inocybe foetigiella</i>
22	纹缘毒伞	<i>Amanita spreta</i>
23	灰托柄菇	<i>Amanita Uaginata</i> (Bol ex Fr.) V iff
	口蘑科	Tricholomataceae
√ 24	鳞盖口蘑	<i>Tricholoma imbricatum</i> (Fr ex Fr.) Kumm.
√ 25	灰紫香蘑	<i>Lepista glaucocana</i> (Bres.) Sing
	蜡伞科	Hygrophoraceae
√ 26	粉红蜡伞	<i>Hygrophorus pudorinus</i> Fr.
	桩菇科	Paxillaceae
√ 27	卷边网褶菌	<i>Paxillus involutus</i> (Botsch ex Fr.) Fr.
	珊瑚菌科	Clavariaceae
28	扫帚菌	<i>Aphelania dendroides</i> (Jungh) corner

注: √ 表示该菌种可以食用。

Note: √ Means it is a edible species

由表 2 知, 28 种外生菌根真菌中大部分可食, 而且点柄粘盖牛肝(*Suillus granulatus*)、白乳菇(*Lactarius piperatus*)、紫红菇(*Russula foetens*)等还有药用价值, 如果能在多雨季节适当采摘, 将可获得可观的经济效益^[13, 14, 18]。

2 2 2 真菌与共生树种的关系 在已知的 28 种外生菌根真菌中, 与太白红杉共生的有 12 种, 与巴山冷杉共生的 20 种, 与金背杜鹃共生的 3 种, 与红桦共生的 1 种, 与高山柳共生的 1 种, 与华山松共生的 1 种。而且许多真菌可以与多种树木共生, 如表 3。

表 3 真菌与菌根树种的关系及其垂直分布

Table 3 Mutual-relation between ectomycorrhizal fungi and Hoster changes with elevation

菌根树种 The host	菌根真菌分布区域 Mycorrhiza fungi distribution area	菌根真菌代号 Mycorrhiza fungous numble
太白红杉 <i>Larix chinensis</i> Beissn	南坡 South aspect 2 850~ 3 300 m 北坡 North aspect 3 000~ 3 200 m	1, 9, 10, 13, 14, 16, 18, 19, 20, 22, 23, 26
巴山冷杉 <i>Abies fargesii</i> Franch	南坡 South aspect 2 850~ 3 300 m 北坡 North aspect 3 000~ 3 200 m 南坡 South aspect 2 000~ 2 850 m 北坡 North aspect 2 700~ 3 000 m	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 11, 14, 16, 18, 20, 21, 24, 25, 27 无 Nothing 12, 17, 28
金背杜鹃 <i>Rhododendron clementinae</i> Forrest ex W. Sm. Subsp. <i>aureodorsale</i> W. P. Fang	南坡 South aspect 2 850~ 3 300 m 北坡 North aspect 3 000~ 3 200 m 混交林 Mingle forest 北坡 North aspect 2 700~ 3 000 纯林 Pure forest	3, 12, 27 无 Nothing
高山柳 <i>Salix cupularis</i> Rehd	3 000~ 3 300 混交林 Mingle forest	15
红桦 <i>Betula albo-sinensis</i> Burk	南坡 South aspect 2 700~ 3 100 m 北坡 North aspect 2 300~ 2 700 m	无 Nothing 15
牛皮桦 <i>Betula utilis</i> D. DD	北坡 North aspect 2 400~ 3 100 m	7, 27
华山松 <i>Pinus amandi</i> Franch	南坡 South aspect 2 700~ 3 100 m 北坡 North aspect 2 300~ 2 700 m	无 Nothing 15, 25

由表 3 可知: 紫红菇(*R. foetens*)可以与高山柳、红桦、华山松形成菌根; 与金背杜鹃共生的 3 种真菌黄粉牛肝(*P. ravenelii*)、亚褐环粘黄牛肝(*S. subluteus*)、卷边网褶菌(*P. involutus*), 也是能够与巴山冷杉形成菌根的真菌; 既能与巴山冷杉形成菌根又能与太白红杉形成菌根的真菌有: 黄空柄牛肝(*G. cyanescens*)、白乳菇(*L. piperatus*)、松乳菇(*L. deliciosus*)、金盖环锈伞(*P. aurea*) 4 种。

2 2 3 太白山自然保护区的外生菌根真菌的垂直分布 由表 1、表 3 知, 已知的 28 种外生菌根真菌, 其垂直分布与菌根的分布相同。24 种分布在亚高山(南坡 2 850~ 3 300 m、北坡 3 000~ 3 200 m)区域, 有 4 种分布在北坡(2 700~ 3 000 m)区域, 只有 1 种分布在北坡(2 300~ 2 700 m)区域, 其中紫红菇(*R. foetens*)分布跨度较大, 从北坡 2 300~ 3 200 m 和南坡 3 000 m 都有分布。

2 3 太白山自然保护区外生菌根和菌根真菌的分布背景

山从上到下划分成: 南坡 2 850~ 3 300 m, 北坡 3 000~ 3 200 m; 北坡 2 300~ 3 000 m; 北坡 780~ 2 300 m; 南坡< 2 750 m 4 个区域。这 4 个区域的生态背景描述如表 4。

太白山自然保护区菌根真菌与外生菌根的生态分布相同。从表 1 中外生菌根分布的情况可将太白

表 4 太白山保护区外生菌根及菌根真菌分布的生态条件^[1]

Table 4 The condition of the distribution areas of Ectomycorrhiza and Mycorrhiza fungi in Taibaimountain nature reserve

区 域 A rea	气 温 Temperature	土壤水分/ (g · kg ⁻¹) Moisture contentr	凋落层/cm The wilt layer	pH	土壤类型 Soil type
南坡 South slope 2 850~ 3 300 m 北坡 North aspect 3 000~ 3 200 m	6~ 9 月中旬均温 14~ 10 , 中午约 20 The average temperature during 6 ~ 9 months is about at 14~ 10 , but 20 at noon	400~ 500	10~ 20	6 34	草甸森林土 Subalpine meadow forest soil
北坡 North slope 2 300~ 3 000 m	干燥寒冷 6~ 9 月均温 14~ 10 It's dry and cold, the average temperature during 6~ 9 months is about at 14~ 10	< 100	10~ 20	6 27	暗棕壤 Dark brown forest soil
北坡 North slope 780~ 2 300 m	气候温和, 干湿季分明, ≥ 10 积温 3 200~ 4 000 It's with amoderate climate, the wet and dry seasons are easy to be discerned, the cumulative temperature above 10 . is about 3 200~ 4 000	< 100	几近无 Little	6 0	1 250 ~ 2 300 m 为棕壤 Blown forest soil, 780 ~ 1 250 m~ 为褐土
南坡 South slope 1 500~ 2 850 m	气候湿润, ≥ 10 积温 1 950~ 3 500 It's a skicky weather, the cumulative temperature above 10 is about 1950 ~ 3500	200~ 300	5	6 27	2 300~ 2 850 m 为暗棕壤 Dark brown forest soil; 1 400 ~ 2 300 m 为棕壤 Brown forest soil

注: 表中土壤水分是调查时用手捏水根据经验而得。

Note: The water keeping in the soil in the upper table was gained by the experience of holding it in hand

从表 4 与表 1、表 3 对比可知, 太白红杉、巴山冷杉在南坡 2 850~ 3 300 m、北坡 3 000~ 3 200 m 区域内之所以菌根感染率较高, 而且分布较普遍, 菌根真菌种类与数量都比较多, 这与这一区域的气温、土壤、湿度、pH 以及凋落层等条件都比较适宜菌根的形成有关^{[2](P38~ 47)}, 而且在这一区域光辐射较强, 也对菌根的形成有利^{[2](P47)}。

2 3 1 pH 值 区域土壤 pH 6 34, 是比较适合外生菌根真菌的生长和菌根的形成^{[2](P46)}。

2 3 2 温度 区域在 6 月中旬到 9 月中旬均温约 14~ 10 , 白天中午在 20 左右。在这一时期内, 温度是比较适合于真菌孢子萌发(大多数最适温度 20~ 25)、菌丝的生长、子实体的形成以及菌根的形成^{[2](P45~ 46)}。

2 3 3 土壤水分 区域寒冷湿润, 蒸发量< 降水量, 土壤水分在 400~ 600 g/kg, 这样的水分含量对真菌孢子萌发、菌丝生长、子实体形成和菌根的形成都是最有利的^{[2](P46~ 47)}。然而作者在实地调查时发现, 在渍水的条件下, 太白红杉和巴山冷杉的根系仍然形成大量的新鲜外生菌根(30% 左右), 但在其附近并未发现任何真菌子实体, 在落叶层和土壤中也未发现明显的菌索和菌丝, 这一点却未见前人报道。

2 3 4 凋落层 区域常年温度比较低, 落叶腐枝不易腐烂, 因此凋落层较厚(20~ 30 cm)。较厚的落叶腐枝对真菌繁殖体的产生和菌根的形成是有利的。这是因为: 其一方面有利于保护土壤水分和土壤疏松透气, 另一方面菌根真菌也有一定的腐生性^{[2](P38~ 39)}。且在实地调查时也发现, 落叶腐枝层存在大量的与子实体和树根相连的菌索和菌丝。

2 3 5 松 龄 区域太白红杉树龄一般在 25~ 145 年, 多为 80 年左右, 以成熟林为主; 巴山冷杉树龄为 80 年左右, 多为近成熟林。就树龄阶段来讲, 也是比较适宜于菌根的形成^{[2](P37)}。但是在幼龄的巴山冷杉(十几年树龄)根系, 却未发现菌根感染, 这与郭秀珍^[19]所述的情况(土壤水分过多限制菌根的形成; 根系菌根感染率在幼龄时较高。随着树龄增大, 菌根感染率有所下降)不大一致, 有待进一步研究。

3 小 结

太白山自然保护区气候类型、土壤类型的多样性, 蕴育了生物物种的多样性。此次调查共查明太白红杉、巴山冷杉、金背杜鹃、红桦、华山松、牛皮桦、高山柳 7 种主要树种形成外生菌根, 共获得菌根真菌 28 种, 隶属 6 科 18 属。外生菌根及菌根真菌主要分

布在亚高山带的南坡 2 850~ 3 300 m、北坡 3 000~ 3 200 m 区带,主要外生菌根树种只有太白红杉和巴山冷杉;而在中山和低山,典型外生菌根树种铁杉、桦类和栎类等树林很少发现菌根真菌和外生菌

根。这是由于亚高山的气温、湿度、土壤 pH 值、凋落层等综合条件比较适合于菌根的形成,而在其他调查区域零星发现外生菌根真菌和外生菌根,则是由于该调查地微环境的综合条件比较适合。

[参考文献]

- [1] 李家梭 太白山自然保护区综合考察论文集[M] 西安: 陕西师范大学出版社, 1989 115- 194
- [2] 弓明钦, 陈应龙, 仲崇禄 菌根研究及应用[M] 北京: 中国林业出版社, 1997.
- [3] 应建浙, 赵继鼎, 卯晓岚, 等 食用蘑菇[M] 北京: 科学出版社, 1982
- [4] 应建浙, 邱晓岚, 马启明, 等 中国药用真菌图鉴[M] 北京: 科学出版社, 1987.
- [5] 邓淑群 中国的真菌[M] 北京: 科学出版社, 1963
- [6] 戴芳澜 中国真菌总汇[M] 北京: 科学出版社, 1979
- [7] 魏景超 真菌鉴定手册[M] 上海: 上海出版社, 1979
- [8] 黄年来 中国大型真菌原色图鉴[M] 北京: 中国农业出版社, 1998
- [9] 中国科学院微生物研究所真菌组 青霉菌[M] 北京: 科学出版社, 1979
- [10] 孟繁荣, 邵景文, 赵云喜, 等 在高寒地区樟子松育苗中应用外生菌根真菌的效应[J] 林业科学研究, 1991, 4(5): 523- 526
- [11] 花晓梅 我国南方松外生菌根资源调查[J] 南京林业大学学报, 1995, 19(3): 29- 36
- [12] 吴俊奎, 李静丽 陕西大型真菌资源的初步研究[J] 西北大学学报, 1996, 26(5): 435- 438
- [13] 李文虎 四川大型真菌资源调查研究[J] 真菌学报, 1991, 10(3): 208- 216
- [14] 王 云 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
- [15] 毕国昌 滇西北高山针叶林区主要林型下外生菌根真菌的分布[J] 北京: 林业科学研究, 1989, 2(3): 247- 253
- [16] 弓明钦, 陈 羽 华南地区松、桉树种外生菌根调查[J] 北京: 林业科学研究, 1991, 4(3): 323- 327.
- [17] 吴重华, 王吉忍, 杨俊秀, 等 太白山自然保护区金背杜鹃菌根调查研究[J] 西北农林学院学报 2000, (3): 68- 70
- [18] 唐 明 陕西林木菌根研究[M] 西安: 西安地图出版社, 2000 206- 210
- [19] 郭秀珍 林木菌根及技术应用[M] 北京: 中国林业出版社, 1989 66- 67.

A study on ectomycorrhiza and mycorrhiza fungi in Taibai Mountain Nature Reserve

WU Chong-hua¹, WANG Ji-ren², YANG Jun-xiu¹, WU Guo-hua³

(1 College of Resources and Environment, Northwest Science and Technology University of Agriculture and Forestry, Yangling, Shaanxi 712100, China;

2 Management Office of Taibai Mountain Nature Reserve, Meixian County, Shaanxi 722300, China;

3 Party Committee of Jingning County, Gansu Province, Jingning, Gansu 743400, China)

Abstract: An investigation result on Ectomycorrhiza and Ectomycorrhiza fungi in Taibai Mountain Nature Reserve is reported in this paper. 28 species of Ectomycorrhiza fungi are found, they belong to 18 genus of 6 subjects; and *Abies forgesii* Franch and *Larix chinensis* are found to be the major hosts, and Russulaceae and Boletaceae are major mycorrhiza fungi. The Ecologic distribution of Ectomycorrhiza and Mycorrhiza Fungi are also studied, it is most suit to form mycorrhiza and mycorrhiza fungi fruit bodies in the south slope between 2 850~ 3 300 m and the north slope between 3 000~ 3 200 m area of subalpine belt.

Key words: ectomycorrhiza; mycorrhiza fungi; ecologic distribution; Taibai Mountain