

辽宁丹东地区柞树菌根真菌生态分布的研究*

王 惠¹ 代力民^{1*} 邵国凡^{1,3} 郎庆龙² 杨宝山² 邓红兵¹ 王庆礼¹

(¹ 中国科学院沈阳应用生态研究所, 沈阳 110016; ² 辽宁省蚕业科学研究所, 凤城 118100;

³ Department of Forestry and Natural Resources, Purdue University, West Lafayette, IN47907, USA)

【摘要】 通过5年连续调查研究,发现辽宁丹东地区天然次生柞林中及部分柞树经济林中柞树菌根菌种类共有36种,隶属于7个科13个属。在此基础上研究分析了柞树菌根菌的生态分布与共生树种、树龄及季节的关系。结果表明,与蒙古栎共生的菌根菌种类最多,达29种;红菇属种类与柞树共生的树龄范围最广,鹅膏属种类偏重于与树龄较大的柞树共生;夏季的7、8月份为菌根菌发生的高峰期,75%的种类在7月份发生,100%的种类在8月份发生。8月中下旬菌根菌发生的相对密度最高,分别为19.5%和18.4%。

关键词 柞树 菌根真菌 生态分布

文章编号 1001-9332(2003)12-2149-04 **中图分类号** Q949.3, S718.5 **文献标识码** A

Ecological distribution of mycorrhizal fungi associated with oak in Dandong district of Liaoning Province. WANG Hui¹, DAI Limin¹, SHAO Guofan^{1,3}, LANG Qinglong², YANG Baoshan², DENG Hongbing¹, WANG Qingli¹ (¹ Institute of Applied Ecology, Chinese Academy of Sciences, Shenyang 110016, China; ² Institute of Liaoning Sericultural Science, Fengcheng 118100, China; ³ Department of Forestry and Natural Resources, Purdue University, West Lafayette, IN47907, USA). -Chin. J. Appl. Ecol., 2003, 14(12): 2149~2152.

With plot cruising and rout investigation methods, 36 species of ectomycorrhizal fungi associated with oaks were found in natural secondary oak forest in Dandong district of Liaoning Province. They were subordinated to 7 families, 13 genera. Studies on the relationship of the ecological distribution of mycorrhizal fungi with tree species, tree age and seasons showed that 29 species mycorrhizal fungi preferred to grow with *Q. mongolica*. The species of *Russula* were associated with a wider tree ages of oak, and the species of *Amanita* were most likely to grow with old tree. July and August were the occurrence peak of mycorrhizal fungi. 75% species occurred in July, and 100% species occurred in August. The relative density of the occurrence number was the highest in mid-August (19.5%) and last-August (18.4%).

Key words Oak forest, Mycorrhizal fungi, Ecological distribution.

1 引言

菌根(Mycorrhiza)是植物与其根部微生物在共同生活过程中进化形成的营养共生体。据统计,在植物界有280种树木能与30个科81个属535种真菌形成外生菌根。我国已报道的外生真菌约600种,隶属于28个科63个属^[19]。菌根的形成扩大了植物根部与土壤的接触面积,提高了植物对养分的吸收和利用,菌根真菌的活动改善了植物的根际微环境,从而增强了植物的抗病与抗逆能力^[5]。

柞树(*Quercus* spp.)作为我国暖温带落叶阔叶林的优势树种之一,因其具有发达的根系,较强的抗旱、耐瘠薄的特性,常被作为涵养水源、防止水土流失的先锋树种^[3]。柞树林作为相对稳定的植被群落,在丹东地区森林生态系统中具有重要地位^[17]。在以长白山余脉、吉林哈达岭南延山地为骨架的辽宁丹东山区,天然次生柞树纯林达 $40 \times 10^5 \text{ hm}^2$,其中部分柞林为放养柞蚕为主的经济林。Singer等^[13]

研究表明,柞树属外生菌根树种,没有菌根菌与其共生就不能很好生长。关于我国几大林区菌根菌资源的调查和菌根菌对林木的有益功能等方面的研究已有诸多报道^[1,2,4,7,10,12,14,15,18,20,23],但对于辽宁丹东地区天然次生柞林内菌根菌资源的研究还少见报道^[6]。本研究探讨了辽宁丹东地区柞树菌根真菌的生态分布,为开发利用这些菌根菌资源,进一步将其用于退化柞树林生态恢复和解决柞树经济林生产力退化提供科学依据。

2 研究地区与研究方法

2.1 研究地区概况

研究地点位于辽宁丹东地区的山地丘陵地带($123^{\circ}22' \sim 124^{\circ}32' \text{ E}$, $39^{\circ}45' \sim 41^{\circ}05' \text{ N}$),属温带大陆性气候。坡度为 $10^{\circ} \sim 35^{\circ}$,海拔50~350 m,年平均气温在 $6.8 \sim 8.7^{\circ} \text{ C}$,夏季

* 国家“十五”科技攻关项目(2001BA5107, 2002BA516A20)和中国科学院知识创新工程资助项目(KZCX2-406, SCXZD0101)。

** 通讯联系人。

2003-04-16收稿,2003-06-06接受。

平均气温达 25℃, 土壤为棕色森林土, 森林覆盖率为 61.6%, 地带性植被为落叶阔叶林, 天然次生柞林和柞树经济林都为纯林, 研究地区柞树树龄为 1~30 年。

2.2 研究方法

采取标准地调查和不同乡镇踏查相结合的方法, 1997~2001 年, 在辽宁丹东地区不同县市的天然次生柞林和柞树经济林中共设标准样地 200 个(每个面积为 20 m×30 m), 范围包括凤城市鸡冠山镇、宝山乡、凤山乡及凤凰山风景区附近, 宽甸满族自治县长甸乡、永甸乡、虎山镇, 东港市合隆满族乡, 丹东振安区。按照不同季节定期进行子实体调查。详细记载子实体的分布、数量、最近树种、树龄, 挖取子实体、树种菌根, 追踪菌索。部分子实体进行现场分离, 对采集到的所有子实体做干湿标本, 根据文献报道^[5,7,16]及显微观察进行鉴定, 确定其科、属、种, 对采集的菌根做菌根横切切片, 结合室内回接试验确定是否为菌根菌。

3 结果与分析

3.1 柞树菌根真菌种类及对共生树种的选择

辽宁丹东地区全年温和湿润, 森林覆盖率较高, 天然次生柞林的生态环境适宜大型真菌的生长。经调查研究, 共采集并确定柞树菌根真菌种类 36 种(表 1), 隶属于 7 个科 13 个属。在单一地区, 天然次生纯林中调查到柞树菌根真菌种类如此之多, 但文献中还未见报道。

不同的菌根菌在相同的培养基上的生长状况不相同^[8]。不同种类的菌根菌对其生长环境的要求也不相同。一些广谱性宿主真菌既能同针叶树种形成外生菌根又能与阔叶树种形成外生菌根。但对一些专性宿主真菌只能同少数几种植物或某一种植物共生^[5]。由表 1 可以看出, 本研究所调查到的 36 种菌根真菌中有 20 种能与 2 种或 2 种以上的栎属树种共生, 其中与麻栎(*Quercus acutissima*)共生的有 18 种, 隶属于 6 个科 7 个属; 与蒙古栎(*Q. mongolica*)共生的有 29 种, 隶属于 8 个科 11 个属; 与辽东栎(*Q. liaotungensis*)共生的有 9 种, 隶属于 5 个科 6 个属; 与槲栎(*Q. aliena*)共生的有 5 个种, 隶属于 5 个科 5 个属; 与槲栎(*Q. dentata*)共生的有 6 种, 隶属于 4 个科 4 个属。菌根真菌对树种的选择性表明了不同柞树树种根部生理和营养状况的差异。这种同种菌根菌可与两种或两种以上栎属树种共生, 以及同种树种有多种菌根菌共生而形成的地下菌丝网系统, 使 C、N、P 等营养物质及其他的生物信息更容易在柞树之间、柞树和不同的土壤生物之间传递, 有利于维持土壤生态系统的稳定性, 促进柞树和微生物的协调生长。

表 1 辽宁丹东地区柞树菌根真菌种类与共生柞树树种

Table 1 List of mycorrhizal fungi species associated with *Quercus*

菌根真菌种类 Mycorrhiza species	共生树种 Species of oak tree				
	麻栎 <i>Q. acu- tissima</i>	蒙古栎 <i>Q. mong- olica</i>	辽东栎 <i>Q. liaot- ungensis</i>	槲栎 <i>Q. ali- ena</i>	槲栎 <i>Q. den- tata</i>
灰托柄菇 <i>Amantia vaginata</i>	+	+			+
毒鹅膏 <i>A. phalloides</i>	+				
橙盖伞 <i>A. caesarea</i>	+	+			+
橙黄鹅膏 <i>A. citrina</i>			+		
豹斑毒伞 <i>A. pantherina</i>	+	+		+	
美味牛肝菌 <i>Boletus edulis</i>	+	+	+	+	+
红脚牛肝菌 <i>B. queletii</i>	+	+	+		
鸡油菌 <i>Cantharellus cibarius</i>	+	+	+		
锈色丝膜菌 <i>Cortinarius subferrugineus</i>				+	
漆蜡菌 <i>Laccaria laccata</i>	+	+			
辣乳菇 <i>Lactarius piperatus</i>	+	+	+		
劣味乳菇 <i>L. insulsus</i>	+	+			+
多汁乳菇 <i>L. volemus</i>		+			
桔色乳菇 <i>L. aurantiacus</i>		+			+
绒白乳菇 <i>L. vellereus</i>		+	+		
橙黄疣柄牛肝菌 <i>Laccinum aurantiacum</i>					+
粉紫香蘑 <i>Lepista personata</i>		+		+	
高大环柄菇 <i>Macrolepiota procera</i>		+			
粘绿菇 <i>Russula foecata</i>		+			
绿菇 <i>R. virescens</i>	+	+			
毒红菇 <i>R. emetica</i>		+			
脆红菇 <i>R. fragilis</i>	+	+			
鹿形红菇 <i>R. pertinata</i>			+	+	
同型红菇 <i>R. sororia</i>		+			
茶褐红菇 <i>R. sororia</i>		+			
黄孢红菇 <i>R. xerampelina</i>	+	+			
怡红菇 <i>R. amoena</i>	+	+			
黑紫红菇 <i>R. atropurpurea</i>		+			
密褶黑菇 <i>R. densifolia</i>	+	+			
稀褶黑菇 <i>R. nigricans</i>	+				+
厚环乳牛肝菌 <i>Suillus grevillei</i>			+		
褐环乳牛肝菌 <i>S. luteus</i>			+		
茶色粉孢牛肝菌 <i>Tylopilus tubacinus</i>		+			
红绒盖牛肝菌 <i>Xerocomus chrysenteron</i>	+	+	+		
褐绒盖牛肝菌 <i>X. badus</i>	+				
砖红绒盖牛肝菌 <i>X. spadiceus</i>		+			
种类总数 Total of species	18	29	9	5	6

3.2 柞树菌根真菌的生态分布与柞树树龄的关系

研究表明, 菌根真菌在不同发育时期的共生植物上存在着自然演替现象^[5]。Jummpponen 等^[9]对特定林型下外生菌根类型自然演替现象的研究表明, 从幼龄林到成熟林, 外生菌根类型有所变化。对辽宁丹东地区天然次生柞林中柞树菌根真菌的种类分布与共生柞树树龄的关系研究表明, 随着共生柞树树龄的变化, 共生真菌在种类上出现了较大的差异。由表 2 可以看出, 随着柞树树龄的升高, 与柞树共生的菌根菌种类呈现出增多的趋势, 而且共生菌根菌的科、属也逐渐丰富。当共生柞树达到一定树龄段时, 菌根菌种类又开始下降。红菇属的种类在 4 个树龄段的柞树上都有共生, 其中在 5~15 年生柞树和 15~25 年生柞树的树龄段上, 其种类所占的比例均为最高, 分别为 33.3% 和 27.3%。鹅膏属在前两个树龄段的柞树上没有共生, 在 15~25 年生和 25

表 2 菌根真菌的生态分布与柞树树龄的关系

Table 2 Relation between ecological distribution of mycorrhizal fungi species and the tree age of oak

树龄 Age	科 Family	属 Genera	树龄段菌根 真菌种类总数 Total of fungi species in the age group	每属菌根真 菌种类数 Number of fungi specis	所占比例 Percentage of species in the age group(%)
5 年生以下 Ages under 5	红菇科 Russulaceae	红菇属 Russulla	8	2	25.0
		乳菇属 Lactarius		3	37.5
	牛肝菌科 Boletaceae	乳牛肝属 Suillus		2	25.0
		蜡蘑属 Laccaria		1	12.5
5~15 年生 Ages of 5 to 15	丝膜菌科 Cortinariaceae	丝膜菌属 Cortinarius	15	1	6.7
		乳菇属 Lactarius		3	20.0
		红菇属 Russulla		5	33.3
	口蘑科 Tricholomataceae	蜡蘑属 Laccaria		1	6.7
		大环柄菇属 Macrolepiota		1	6.7
	蘑菇科 Agaricaceae	乳牛肝菌属 Suillus		2	13.3
		牛肝菌属 Boletus		1	6.7
	牛肝菌科 Boletaceae	疣柄牛肝菌属 Leccinum		1	6.7
15~25 年生 Ages of 15 to 25	牛肝菌科 Boletaceae	牛肝菌属 Suillus	22	2	9.1
		疣柄牛肝菌属 Leccinum		1	4.5
		乳牛肝菌属 Suillus		1	4.5
		绒盖牛肝菌属 Xerocomus		3	13.6
		粉孢牛肝菌属 Tylopilus		1	4.5
	红菇科 Russulaceae	乳菇属 Lactarius		1	4.5
		红菇属 Russulla		6	27.3
		鹅膏属 Amanita		5	22.7
	鸡油菌科 Cantharellaceae	鸡油菌属 Cantharellus		1	4.5
		丝膜菌属 Cortinarius		1	4.5
	丝膜菌科 Cortinariaceae				
25 年生以上 Ages over 25	口蘑科 Tricholomataceae	香蘑属 Lepista	13	1	7.7
		鸡油菌属 Cantharellus		3	7.7
	鹅膏科 Amanitaceae	鹅膏科 Amanita		1	30.8
		牛肝菌属 Suillus		4	15.4
	牛肝菌科 Boletaceae	绒盖牛肝菌属 Xerocomus		2	15.4
		红菇属 Russulla		2	23
	红菇科 Russulaceae	红菇属 Russulla			

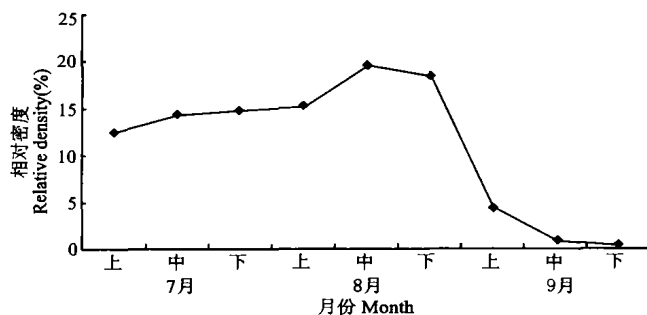


图 1 季节对柞树菌根菌发生数量的影响

Fig. 1 Effects of seasons on the numbers of occurrence of mycorrhiza associated *Quercus*.

上: 上旬 First ten days; 中: 中旬 Middle ten days; 下: 下旬 Last ten days.

年生以上柞树上才有共生, 而且在 25 年生以上柞树上共生的种类所占的比例为最高, 达 30.8%。进一步表明红菇属菌根菌对共生柞树树龄的要求范围较广, 而且与柞树共生的能力也较强。鹅膏属菌根菌偏重于树龄较大的柞树上共生, 而且其共生能力在树龄较大的柞树上较强。菌根菌的生态分布随着柞树树龄增长的变化情况, 表明随着树龄的变化其根部的生理环境和营养状况也发生了变化, 导致菌根真

菌的种类随之发生变化。

3.3 季节对柞树菌根真菌生态分布的影响

季节对柞树菌根真菌生态分布的影响主要表现在菌根菌发生的种类和数量上。5 年中, 对辽宁丹东地区天然次生柞林柞树菌根菌的研究发现, 其发生时间主要集中在 7~9 月份, 即夏、秋两季。而且夏季的 7、8 月份又为其发生高峰期, 有 27 种菌根菌在 7 月份发生, 占 36 种柞树菌根菌的 75%; 8 月份 36 种菌根菌都可发生; 9 月份发生的种类较少, 占丹东地区所有柞树菌根菌种类的 27.8%。气象资料记载辽宁丹东地区夏季平均气温达 25℃, 这与研究中对分离的柞树菌根菌进行纯培养, 菌种生长良好的温度相一致, 由此可以推断, 丹东地区夏季的 7、8 月份温度和雨水等气候条件比较适宜柞树菌根菌的共生, 因此发生的种类十分丰富。秋季的 9 月份, 由于气温和降水等综合因素的影响, 发生种类较少, 仅有 10 种菌根菌发生。季节对柞树菌根菌发生数量的影响与其发生种类相似。由图 1 可见, 7 月上旬开始, 柞树菌根菌发生的相对密度呈上升趋势, 8 月中旬

发生的相对密度最高,达19.5%,之后逐渐降低,9月下旬最低,仅有0.3%。当环境温湿度适宜时,菌根菌发生的种类比较丰富,其发生的数量也较大。

4 讨 论

菌根真菌是群落演替过程的指示者,也是这一过程的参与者和推动者^[11]。丹东地区的森林处于长白山和华北两大植物区系的过渡带上。本研究中发现与蒙古栎共生的菌根菌种类最多,其次为麻栎和辽东栎。而蒙古栎为丹东地区长白山植物群落的代表树种之一,麻栎和辽东栎为华北植物群落的代表树种的一部分。进一步研究这些树种的菌根菌的演替规律,对研究两个植物群落的演替规律具有重要的参考意义。

调查发现,有16种菌根菌只与一种树种共生,其中毒鹅膏为文献报道的麻栎专性共生菌,其他15种是否能与栎属其他树种共生,还有待于进一步研究。可以推测,这16种菌根菌的专化性可能较强。

多数的柞树菌根菌都有重要的食用和药用价值^[16]。本研究中,对部分可食用的菌根菌进行分离培养,二级培养产物具有浓浓的果香型味道。表明对其进一步处理,加工成饮料或添加剂类制品,可以满足人们对绿色食品的需求。连续调查中发现,在居民区附近和柞树经济林中菌根菌子实体种类和数量有减少的趋势。这除了与气候变化对菌根菌的生态分布有较大影响外,还与附近居民为了食用和经济利益,在子实体孢子还未成熟就过早采摘、柞树经济林中人类活动频繁,改变了林中的自然生态植被有关。因此,保护森林植被、保护菌根真菌这些宝贵的生物资源是一项长期而艰巨的任务。

参考文献

- Bai S-L(白淑兰), Yan W(闫伟), Ma R-H(马荣华), et al. 2001. Investigation of ecm fungi resource in Mt. Daqing and Mt. Manhan. *J Mount Sci* (山地学报), 19(1): 44~47(in Chinese)
- Chen Z-D(陈忠东), Jia Y(贾云), Zhang L-P(张利萍), et al. 1999. Investigation and analysis of macrofungi resources in Benxi district. *Chin J Ecol* (生态学杂志), 18(1): 30~33(in Chinese)
- Dixon RK, Wright GM, Behrens GT, et al. 1980. Water deficits and root growth of ectomycorrhizal white oak seedlings. *Can J For Res*, 10: 545~548
- Gong M-Q(弓明钦), Chen Y-L(陈应龙), Zhong C-L(仲崇禄). 1997. Mycorrhizal Research and Application. Beijing: China Forestry Press. 1~223(in Chinese)
- Guo X-Z(郭秀珍), Bi G-C(毕国昌). 1989. Forest Mycorrhiza and Its Applied Technology. Beijing: China Forestry Press. 43~62(in Chinese)

- Han G-Y(韩桂云), Zhao S-Q(赵淑清), He X-Y(何兴元), et al. 1999. Utilization of carbon and nitrogen nutrients by mycorrhizal fungi in oak forest. *Chin J Appl Ecol* (应用生态学报), 10(3): 338~340(in Chinese)
- Hua X-M(花晓梅). 1995. Studies on Mycorrhiza of Forest Trees. Beijing: China Science and Technology Press. 21~34(in Chinese)
- Ji D-Q(纪大千), Gu Z-R(顾真荣). 1988. The research of ectomycorrhizal fungi culture. *Edible Fung* (食用菌), (2): 5~6(in Chinese)
- Jumpponen A, Trappe JM, Cázares E. 1999. Mycorrhizal fungi in lyman Lake Basin: A comparison between primary and secondary successional sites. *Mycology*, 91(4): 575~582
- Li W-H(李文虎), Qin S-Y(秦松云). 1991. The investigation on macrofungi resources in Sichuan. *Acta Mycol Sin* (真菌学报), 10(3): 208~216(in Chinese)
- Liang Y(梁宇), Guo L-D(郭良栋), Ma K-P(马克平). 2002. The role of mycorrhizal fungi in ecosystems. *Acta phytoecol Sin* (植物生态学报), 26(6): 739~745(in Chinese)
- Meng F-R(孟繁荣), Shao J-W(邵景文). 2001. The ecological distribution of ectomycorrhizal fungi in main coniferous forests in Northeast China. *Mycosystem* (菌物系统), 20(3): 413~419(in Chinese)
- Singer R, Morello J. 1960. Ecotropic tree mycorrhiza and forest communities. *Ecology*, 41: 549~551
- Thompson GM, Medue RJ. 1984. Effects of aluminium and manganese on the growth of mycorrhizal fungi. *Appl Environ Microbiol*, 43(3): 556~606
- Wu C-H(吴重华), Wang J-R(王吉忍), Yang J-X(杨俊秀), et al. 2001. A study on the resource of AMF in Taibai nature preserve. *J Northwest For Univ* (西北林学院学报), 16(2): 35~39(in Chinese)
- Xie Z-X(谢志锡), Wang Y(王云), Wang B(王柏). 1986. Illustrations of Agarics of Changbai Mountain. Chanchun: Jilin Science and Technology Press. 1~268(in Chinese)
- Yan X-F(阎秀峰), Wang Q(王琴). 2002. Ectomycorrhizal formation in seedlings of *Quercus liaotungensis* (China). *Acta Phytoecol Sin* (植物生态学报), 26(1): 64~68(in Chinese)
- Yan X-F(阎秀峰), Wang Q(王琴). 2002. Effects of ectomycorrhizal inoculation on the seedling growth of *Quercus liaotungensis*. *Acta Phytoecol Sin* (植物生态学报), 26(6): 701~707(in Chinese)
- Yu F-Q(于富强), Liu P-G(刘培贵). 2002. Reviews and prospects of the ectomycorrhizal research and application. *Acta Ecol Sin* (生态学报), 22(12): 2217~2225(in Chinese)
- Zhao Z-P(赵志鹏), Guo X-Z(郭秀珍). 1989. Ecological studies on mycorrhizal fungi in pure cultures. *For Res* (林业科学研究), 2(2): 136~141(in Chinese)
- Zhuang X-Y(庄雪影), Chen H-Y(陈红跃), Huang Y-F(黄永芳), et al. 2000. Ectomycorrhizas of the dominant species in four plant communities Chebaling national nature reserve. *J South China Agric Univ* (华南农业大学学报), 21(1): 68~71(in Chinese)
- Zhu T-H(朱天辉), Zhang J(张健), Hu T-X(胡庭兴), et al. 2001. The study on ectomycorrhizal fungi associated with *Eucalyptus* in Sichuan. *J Sichuan Agric Univ* (四川农业大学学报), 19(2): 137~140(in Chinese)
- Zhu T-H(朱天辉), Zhang J(张健), Hu T-X(胡庭兴), et al. 2001. Mycorrhiza type associated with *Eucalyptus* in Sichuan and effect of forest density on mycorrhizal fungi. *J Sichuan Agric Univ* (四川农业大学学报), 19(3): 222~224(in Chinese)

作者简介 王惠,女,1972年1月出生,在读博士,助理研究员,主要从事林业生态、森林资源信息管理方面研究,发表论文3篇。Tel:024-83970327, E-mail:hwang118@163.com