

文章编号: 1008-2786-(2007)3-351-08

藏北草原主要植物 AM 真菌的初步研究

薛会英, 张永青, 彭岳林

(西藏农牧学院资源与环境系, 西藏 林芝 860000)

摘要: 通过调查藏北草原 AM 真菌种质资源及菌根侵染率, 对藏北特定生态环境条件下, 各种类型草原主要植物 AM 真菌的多样性及其与不同生态环境因子之间的相互关系进行了分析。从藏北草原主要植物根围土壤中共分离出 4 属 AM 真菌。总体上, 孢子密度、分离频度、相对多度和重要值显著的 *Glomus* > *Acaulospora* > *Paraglomus* > *Scutellospora* 趋势。其中 *Glomus*、*Acaulospora* 均为优势属, *Glomus* 的优势属地位极为突出; 寄主植物、海拔、土壤条件对于 AM 真菌的种类组成、孢子密度及分离频度均有显著影响。

关键词: AM 真菌; 生物多样性; 藏北草原

中图分类号: Q939.96

文献标识码: A

自然界普遍存在着植物与真菌的共生现象, 而 AM 真菌 (Arbuscular mycorrhizal fungi AMF) 能够与绝大多数显花植物形成菌根 (Meyer 1973)^[1]。AM 真菌分布非常广泛, 几乎存在于陆地所有的生境中 (Barea et al., 1997)^[2]。目前, 国内已有大量针对盐碱地、重金属污染地或煤矿复垦地^[3-5]等的相关研究, 但有关西藏草地的研究较少 (蔡晓布等, 2005)^[6]。青藏高原作为青藏高原的主体, 以其独特的地质历史和自然条件, 成为地球上一个独具特色的地理单元。因此, 研究 AM 真菌在青藏高原尤其是西藏草原的种类、分布情况及与生态环境因子之间的关系, 不仅对建立我国西藏高原极端环境下的 AM 真菌种质资源库具有极为重要的科学和实践意义, 同时也为西藏退化草地生态系统的生物修复与重建提供必要的理论依据和应用基础。

1 研究区域与研究方法

1.1 研究区域概况

西藏是我国五大牧区之一, 全区可利用的天然草场占全区土地总面积的 69.1%, 其中以那曲地区

面积最大, 占全区草场总面积的 34.1%, 是西藏面积最大的一个纯天然草原, 俗称羌塘草原, 或藏北草原。

藏北草原位于昆仑山脉、唐古拉山脉和冈底斯山脉之间, 平均海拔在 4 500 m 以上, 面积超过 60×10⁴ km²。这里地形地貌多变, 草原、高山草甸、戈壁、湖泊、山川遍布其间。本区属亚寒带气候区, 年平均气温为 -0.9℃ ~ -3.3℃, 年相对湿度为 48% ~ 51%, 年降水量 380 mm 年日照时数为 2 852.6 ~ 2 881.7 h 全年无绝对无霜期。每年的 11 月至次年的 3 月, 是干旱的刮风期, 气候干燥, 温度低, 风沙大; 5 ~ 9 月相对温暖, 降雨量占全年的 80%, 绿色植物生长期全年约为 100 d 全部集中在这个季节。

研究区域位于 30° ~ 34°N, 90° ~ 94°E 海拔在 4 208 ~ 5 220 m 之间。研究的草地类型主要为该区域广泛分布的高寒草原、高寒草甸草原及高寒草甸。高寒草甸草原的主要建群植物为大嵩草或小嵩草, 高寒草原则以丛生禾草类为主要建群种, 高寒草甸主要建群植物为矮生嵩草。

1.2 研究方法

1.2.1 样品采集

收稿日期 (Received date): 2006-10-15; 改回日期 (Accepted): 2007-01-30

基金项目 (Foundation item): 国家自然科学基金项目 (编号: 30260055, 40461005) [The project of national natural science foundation of China (No 30260055, 40461005)]

作者简介 (Biography): 薛会英 (1970-) 女, 汉族, 助理研究员, 从事农业资源与环境教学工作 [Xue Huíyíng (1970-), female, the Han Nationality, the assistant researcher is engaged in the agricultural resources and environment teaching work]

于各类型草地随机布点,采集建群种或常见种根围 2~20 cm深带根土样(各土样均为 3 次重复)。所有采样点均用 GPS 测定其地理位置及海拔(表 1)。

1.2.2 AM 真菌的筛选分离及鉴定

将采集的土样,采用湿筛倾倒蔗糖浮选法筛选出 AM 真菌孢子混合物,置于培养皿的蒸馏水中,于解剖镜下观测并记录孢子个数(个 100/g 土,一个孢子果按一个孢子计数)。然后用微吸管吸出不同种类的孢子置于载玻片上,选用蒸馏水作为浮载剂,在 200 倍显微镜下观察分类特征,根据 Schenck & Perez 的《VA 菌根真菌鉴定手册》表鉴定到属。

1.2.3 寄主植物菌根侵染率的测定

将根系从土壤中取出并仔细清洗干净后剪成 1 cm 左右长的根段;用 Phillips 和 Hayman 染色方法测定根系的菌根侵染率。

1.2.4 土壤理化性质测定

土壤 pH 值、有机质、有效磷的测定分别采用电位法、重铬酸钾容量法——外加热法、NaHCO₃ 浸提——钼锑抗比色法;土壤质地分类按中国土壤质

地分类法进行。

1.2.5 数据分析

根据 Trouvelot 等 (1986) 的方法,按菌根侵染和丛枝丰度分级标准,采用 MYCOCALC 软件计算菌根侵染率 (F%)。孢子密度:指单位风干原始根围土样 (20 g 土) 中所有 AM 真菌的孢子总数。分离频度 (F): 某 AM 真菌属在样本总体中的出现频率,即 $F = \text{AM 真菌某属的出现次数} / \text{土样数} \times 100\%$ 。据此将 AM 真菌划分为 4 个优势度等级,即分离频度 > 50% 为优势属, > 30% <= 50% 为最常见属, >= 10% <= 30% 为常见属, < 10% 为稀有属。相对多度 (RA): 某样点 AM 真菌某属的孢子数 / 某样点 AM 真菌总孢子数 $\times 100\%$ 。重要值 (I): 某采样点中 AM 真菌属的分离频度、相对多度的平均值,即 $I = (F + RA) / 2$ 。

2 结果与讨论

2.1 寄主植物根系的侵染情况

不同植物种类之间菌根侵染率的差异与植物和

表 1 不同草地类型各采样点基本情况
Table 1 Sample sites at different types of steppe

草地类型 Steppe types	海拔 Altitude (m)	寄主植物 Host species	孢子密度 Spore density (个 /20 g 土)	菌根侵染率 Infection rate Rate (%)
高寒草甸草原 Frigid meadow grassland	522.0	青藏苔草 <i>Carex moorcroftii</i>	30	40
	513.8	长尖莎草 <i>Cyperus cuspidatus</i>	16	0
	500.6	高山嵩草 <i>Kobresia pygmaea</i>	16	16.67
	489.7	青藏嵩草 <i>Kobresia pusilla</i>	189	0
	489.6	高山早熟禾 <i>Poa alpina</i>	2	66.67
	473.8	西藏嵩草 <i>Kobresia schoenoides</i>	16	3.33
	471.7	小嵩草 <i>Kobresia parva</i>	87	3.33
高寒草原 Frigid grassland	462.6	冷地早熟禾 <i>Poa crymophila</i>	38	36.67
	453.8	紫羊毛 <i>Festuca rubra</i>	32	16.67
	451.0	青藏苔草 <i>Carex moorcroftii</i>	79	10
	483.7	藏北早熟禾 <i>Poa borealis-tibetica</i>	26	10
	463.6	紫羊毛 <i>Festuca rubra</i>	91	13.33
	454.3	藏北嵩草 <i>Kobresia littledalei</i>	8	10
	460.3	高山嵩草 <i>Kobresia pygmaea</i>	70	0
	469.2	紫羊毛 <i>Festuca rubra</i>	28	13.33
	420.8	固沙草 <i>Orinus thordii</i>	10	65.52
	448.0	藏沙蒿 <i>Artemisia welbyi</i>	21	26.67
高寒草甸 Frigid meadow	478.9	矮生嵩草 <i>Kobresia humilis</i>	14	3.33
	455.9	矮生嵩草 <i>Kobresia humilis</i>	72	25.93

AM 真菌的亲合程度有关 (Dodd & Thomson 1994), 同时, 各种生态环境因子也深刻地影响着 AM 真菌对植物的侵染力^[7-11]。对藏北草原 3 科 15 种草地植物的研究表明 (见表 1), 禾本科、菊科植物根系均可被 AM 真菌侵染; 青藏苔草 (*Carex moorcroftii*)、西藏嵩草 (*Kobresia schoenoides*)、小嵩草 (*Kobresia parva*)、矮生嵩草 (*Kobresia humilis*)、藏北嵩草 (*Kobresia littledalei*) 等莎草科植物亦可形成菌根, 但长尖莎草 (*Cyperus cuspidatus*)、青藏嵩草 (*Kobresia pusilla*)、高山嵩草 (*Kobresia pygmaea*) 根系未见 AM 真菌侵染。本研究所涉及的 3 科 15 种草地植物中, 80% 受到

AM 真菌侵染, 但菌根侵染率普遍不高。

2.2 寄主植物根围土壤的 AM 真菌

从研究的 3 科 15 种藏北草地植物根围土壤中共分离出 4 属 AM 真菌: *Glomus* *Acaulospora* *Paraglomus* *Scutellospora*

4 属 AM 真菌的孢子密度、分离频度、相对多度和重要值均呈显著的 *Glomus*> *Acaulospora*> *Paraglomus*> *Scutellospora* 趋势; *Glomus* *Acaulospora* 均为优势属, *Glomus* 的优势属地位非常突出 (表 2), *Paraglomus* *Scutellospora* 则同为常见属。

表 2 AM 真菌各属孢子密度* (个·20/g 土)、分离频度、相对多度和重要值
Table 2 Spore density isolation frequency relation abundance and importance value of AM fungal genera

AM 真菌属 AMF genera	孢子密度 (1) Spore density	分离频度 Isolation frequency (%)	相对多度 Relation abundance (%)	重要值 Importance value
<i>Acaulospora</i>	10.20±2.22 b	60.00	23.48	41.74
<i>Glomus</i>	26.95±7.28 a	95.00	62.03	78.52
<i>Paraglomus</i>	5.35±4.65 c	15.00	12.30	13.65
<i>Scutellospora</i>	0.95±0.56 d	15.00	2.19	8.60

* 平均值 ± 标准差 (p<0.05 下同)

2.3 AM 真菌多样性与生态环境因子之间的关系

2.3.1 草地类型与 AM 真菌多样性

在本研究所涉及的不同草地类型中, 高寒草原 AM 真菌属的多样性相对丰富, 并在很大程度上反映了其不均衡性 (表 4)。*Glomus* 于各类草地中均为优势属, 在高寒草原中的优势地位尤为突出; *Acaulospora* 在各类草地中也均为优势属, 但其孢子密度、相对多度和重要值基本呈高寒草甸草原大于高寒草原的趋势; *Scutellospora* 属真菌在高寒草甸草原未见分布, 而在高寒草原中则为常见属; *Paraglomus* 属主

要分布于高寒草甸草原, 少量见于高寒草原环境。由表可见, AM 真菌属的多样性呈高寒草原>高寒草甸草原的趋势。

2.3.2 海拔与 AM 真菌多样性

海拔对 AM 真菌的种类组成有较明显的规律性。统计分析表明, 藏北高原生态条件下海拔与 AM 真菌孢子密度、菌根侵染率均呈不同程度的负相关 (r 分别为 -0.478、-0.197)。同时, 海拔对 AM 真菌多样性亦具显著影响 (表 5)。于海拔 4 000 ~4 600 m 地带, 分离出 4 属 AM 真菌, 而在高于

表 4 不同草地类型 AM 真菌属的的多样性
Table 4 Diversity of AM fungal genera in different steppe types

草地类型 Steppe types	AM 真菌属 AMF genera	孢子密度 Spore density (个 20/g 土)	分离频度 Isolation frequency (%)	相对多度 relation abundance (%)	重要值 Importance value
高寒草甸草原 Frigid meadow grassland	<i>Acaulospora</i>	22.60±6.75 a	60.00	44.31	52.16
	<i>Glomus</i>	18.80±3.64 a	70.00	36.86	53.43
	<i>Paraglomus</i>	9.60±2.83 b	20.00	18.83	19.42
高寒草原 Frigid grassland	<i>Acaulospora</i>	9.38±2.49 b	61.54	23.78	42.66
	<i>Glomus</i>	27.77±5.65 a	100.00	70.37	85.19
	<i>Paraglomus</i>	0.85±0.41 c	7.69	2.14	4.92
	<i>Scutellospora</i>	1.46±0.97 c	23.08	3.71	13.40

表 5 海拔对 AM 真菌多样性的影响

Table 5 Diversity of AM fungal genera in soil different in altitude

海拔 Altitude(m)	AM 真菌属 AMF genera	孢子密度 Spore density (个 20 /g±)	分离频度 Isolation frequenc (%)	相对多度 relation abundanc (%)	重要值 Importance value
4 000~4 600	Acaulospora	18.33±5.10 a	75.00	48.67	61.84
	Glomus	16.50±3.89 a	141.67	43.81	92.74
	Paraglomus	0.92±0.92 b	8.33	2.43	5.38
	Scutellospora	1.92±0.60 b	41.67	5.09	23.38
4 600~5 220	Acaulospora	13.14±4.52 b	78.57	28.44	53.51
	Glomus	26.21±6.44 a	192.86	56.72	124.79
	Paraglomus	6.86±5.16 c	14.29	14.84	14.57

4 600 m地带,则分离出 3 属 AM 真菌,其中, Glomus Acaulospora属在各海拔均为优势属,但 Glomus 在海拔>4 600 m时的孢子密度、分离频度和重要值显著高于海拔 4 000~4 600 m地带,表现出随海拔增加而显著升高的趋势, Acaulospora属则呈相反趋势; Paraglomus属真菌在海拔 4 000~4 600 m地带为稀有属,在海拔>4 600 m时则为常见属; Scutellospora属真菌仅见于海拔 4 000~4 600 m地带,高于 4 600 m则无该属出现。

2.3.3 寄主植物与 AM 真菌多样性

本研究所采集的 3 科 15 种植物样本中,莎草科植物受 AM 真菌侵染达到了 75%。这与莎草科植物不能或很少形成丛枝菌根结论明显不同。从莎草科植物根围土壤中分离出 Glomus Acaulospora, Paraglomus Scutellospora 4 属 AM 真菌。其中 Glomus Acaulospora同为优势属, Paraglomus Scutellospora均为常见属。

禾本科植物和菊科植物具有很高的 AM 真菌侵染率。从禾本科植物根围土壤中分离出 Glomus

Acaulospora Scutellospora 3 属植物,其中 Glomus Acaulospora为优势属, Scutellospora为常见属。从菊科植物根围土壤中分离出 Glomus Paraglomus 2 属植物,两者均为优势属。

寄主植物对 AM 真菌的多样性起着直接的影响作用。调查的 3 种植物根围土壤中 AM 真菌的孢子密度、分离频度,物种多样性在总体上表现为:莎草科>禾本科>菊科。但莎草科植物的菌根侵染率普遍不高(表 6),由此可见 AM 真菌的孢子密度与菌根侵染率之间没有相关性。这与国内外相关研究的结论相同^[9 10 12 16]。 Glomus为广泛分布属,寄主范围广,在群落中占十分优势的主导地位。

2.3.4 土壤条件与 AM 真菌多样性

2.3.4.1 土壤质地与 AM 真菌多样性

将所有土壤样本按质地分为壤土、砂土两种。上述 4 属 AM 真菌在壤土、砂土中均有分布。由表 7 可见,不同质地土壤中 AM 真菌孢子密度、分离频度、相对多度和重要值均呈显著的 Glomus> Acaulospora> Paraglomus> Scutellospora属的趋势。 Glomus

表 6 寄主植物对 AM 真菌多样性的影响

Table 6 Diversity of AM fungal genera in soil different in host species

寄主植物 Host species	AM 真菌属 AMF genera	孢子密度 Spore density (个 20/g±)	分离频度 Isolation frequenc (%)	相对多度 relation abundanc (%)	重要值 Importance value
莎草科	Acaulospora	11.2	75.0	22.3	48.7
	Glomus	30.0	191.7	59.9	125.8
	Paraglomus	8.0	16.7	16.0	16.3
	Scutellospora	0.9	16.7	1.8	9.3
禾本科	Acaulospora	10.0	57.1	30.8	44.0
	Glomus	21.3	200.0	65.6	132.8
	Scutellospora	1.1	14.3	3.5	8.9
菊科	Glomus	10.0	300.0	47.6	173.8
	Paraglomus	11.0	100.0	52.4	76.2

表 7 不同质地土壤中 AM 真菌属的多样性
Table 7 Diversity of AM fungal genera in soil different in soil texture

土壤质地 Soil textures	AM 真菌属 AMF genera	孢子密度 Spore density (个 20 /g±)	分离频度 Isolation frequenc (%)	相对多度 relation abundanc (%)	重要值 Importance value
壤土	Acaulospora	13. 40±3. 41	70. 00	21. 10	45. 55
	Glomus	23. 80±15. 72	100. 00	62. 50	81. 25
	Paraglomus	9. 60±2. 93	20. 00	15. 14	17. 56
	Scutellospora	0. 80±0. 80	10. 00	1. 26	5. 63
砂土	Acaulospora	7. 00±2. 61	50. 00	29. 92	39. 96
	Glomus	14. 2±7. 25	90. 00	60. 68	75. 34
	Paraglomus	1. 10±1. 10	10. 00	4. 70	7. 35
	Scutellospora	1. 10±0. 82	20. 00	4. 70	12. 35

Acaulospora属虽同为优势属, 但 Acaulospora在壤土中的孢子密度、分离频度明显高于砂土, Glomus却呈相反趋势; Paraglomus Scutellospora均为常见属, 但 Scutellospora在砂土中的孢子密度、分离频度及重要值均高于壤土, 这与张美庆等 (1999)^[8]、Day et al (1987)^[13] 的研究结论一致。

2. 3. 4. 2 土壤 pH 与 AM 真菌的分布

不同土壤 pH 条件下, AM 真菌属的构成与分布明显不同 (表 8)。在 pH6. 5~7. 5 范围内, AM 真菌的多样性较为丰富, 从根围土壤中分离出的 4 属 AM 真菌中, 孢子密度、分离频度、相对多度及重要值均呈 Glomus> Acaulospora> Paraglomus> Scutellospora 的趋势; 而在 pH7. 5~8. 5 范围内, 从根围土壤中分离出 3 属 AM 真菌, 其孢子密度、分离频度、相对多度及重要值呈现出 Glomus> Acaulospora> Scutellospora 的趋势。Glomus Acaulospora Scutellospora 属对不同土壤 pH 表现出了较好的适应性, 并随土壤 pH 的变化发生一定规律性的变化特征。不同土壤 pH 条件下, Glomus Acaulospora Scutellospora

属均有分布, 其中 Glomus Acaulospora随土壤碱性增强而出现越多; Scutellospora的分离频度则有中性高于碱性土壤的趋势。Paraglomus属仅见于中性土壤环境。Glomus是一个庞大的属, 属内不同种的特性及对生态环境因子的要求很不一样, 调查区域不同酸度的土壤内 Glomus属内种的构成可能不同, 这还需要进一步进行研究。

2 3. 4. 3 土壤中有有效磷含量与 AM 真菌多样性

土壤中有有效磷的含量对于 AM 真菌的种类构成及分布有着一定的影响。在低磷条件下, 从根围土壤中分离出 Acaulospora Glomus Paraglomus 3 属 AM 真菌, 而在有效磷含量较高的情况下, 从寄主植物根围土壤中分离出了 Acaulospora Glomus Paraglomus Scutellospora 4 属 AM 真菌。Scutellospora仅发现于土壤有效磷较高的情况。过去普遍认为 AM 真菌在土壤中受高浓度磷抑制, 但在本研究中却发现, 高磷条件下 AM 真菌的多样性大于低磷条件, 并且 Glomus和 Paraglomus的分离频度有随着土壤有效磷含量增加而升高的趋势 (表 9)。这可能与 AM 真菌属

表 8 不同酸度土壤中 AM 真菌属的多样性
Table 8 Diversity of Am fungal genera in soil different in pH level

pH	AM 真菌属 AMF genera	孢子密度 Spore density (个 20/g±)	分离频度 Isolation frequenc (%)	相对多度 relation abundanc (%)	重要值 Importance value
6. 5~7. 5	Acaulospora	9. 00b	60. 00	21. 95	40. 98
	Glomus	19. 70a	150. 00	48. 05	99. 03
	Paraglomus	10. 70b	30. 00	26. 10	28. 05
	Scutellospora	1. 60c	20. 00	3. 90	11. 95
7. 5~8. 5	Acaulospora	11. 40b	70. 00	24. 84	47. 42
	Glomus	34. 20a	250. 00	74. 51	162. 26
	Scutellospora	0. 30c	10. 00	0. 65	5. 33

表 9 不同有效磷含量土壤中 AM 真菌属的多样性
Table 9 Diversity of AM fungal genera in soil different in available P

土壤有效磷 Available P (mg /kg)	AM 真菌属 AMF genera	孢子密度 Spore density (个 20 /g±)	分离频度 Isolation frequenc (%)	相对多度 relation abundanc (%)	重要值 Importance value
1. 0~ 10. 0	Acaulospora	9. 91 ±2. 73	63. 64	22. 24	42. 94
	Glomus	26. 18 ±10. 76	90. 91	58. 78	74. 85
	Paraglomus	8. 45 ±8. 45	9. 09	18. 98	14. 04
10. 0~ 30. 0	Acaulospora	10. 56 ±3. 80	55. 56	25. 07	40. 32
	Glomus	27. 89 ±10. 09	100	66. 23	83. 12
	Paraglomus	1. 56 ±1. 23	22. 22	3. 69	13. 00
	Scutellospora	2. 11 ±1. 16	33. 33	5. 01	19. 17

内不同种对土壤有效磷含量的适应性不同有关。这与蔡晓布等的研究结论不同^[6-14],其原因有待于进一步研究。

2. 3. 4. 4 土壤中有有机质含量与 AM真菌多样性

土壤有机质对 AM真菌多样性的影响不大,对某些属的分布特征有着一定的影响。由表 10可见,在土壤有机质含量不同的土壤中均分离出 Acaulospora、Glomus Paraglomus Scutellospora 4 属 AM 真菌。不论有机质含量多寡,Glomus Acaulospora均为优势属;Scutellospora则为常见属。Paraglomus主要分布在有机质含量较低的土壤中。随着有机质含量的升高,Acaulospora的分离频度表现为升高的趋势,Glomus Paraglomus属则表现出下降的趋势。Scutellospora受土壤有机质含量影响不大。Glomus属真菌在不同有机质含量的土壤中均占有绝对的优势,这与张美庆等^[8-15]的研究结果一致,但与蔡晓布等的研究结论不同^[9],有待于进一步验证、研究。

表 10 不同有机质含量土壤中 AM真菌各属分离频度 (%)
Table 10 Isolation frequency of AM fungal genera in soil different in organic matter content

有机质 Organic matter (g /kg)	AM 真菌属 AMF genera	分离频度 Isolation frequency (%)
0. 5~ 20. 0	无梗囊霉属 Acaulospora	50. 00
	球囊霉属 Glomus	100. 00
	类球囊霉属 Paraglomus	25. 00
	盾巨孢囊霉属 Scutellospora	12. 50
> 20. 0	无梗囊霉属 Acaulospora	66. 67
	球囊霉属 Glomus	91. 67
	类球囊霉属 Paraglomus	8. 33
	盾巨孢囊霉属 Scutellospora	16. 67

3 结论与讨论

1. 从藏北草原主要植物根围土壤中共分离出 4 属 AM 真菌。其中,Glomus、Acaulospora均为优势属。孢子密度、分离频度、相对多度和重要值在总体上呈显著的 Glomus> Acaulospora> Paraglomus> Scutellospora趋势;AM 真菌在不同类型草地中的多样性呈高寒草原>高寒草甸草原,其中 Glomus Acaulospora Paraglomus 于 2 类草地中均有分布,Scutellospora属真菌仅见于高寒草原,在高寒草甸草原未见分布。

2. 藏北草原生态系统中,AM 真菌群落的分离频度和相对多度受生态环境条件的制约。由于 AM 真菌对寄主植物及生态环境条件的长期相互选择,不同生态环境条件下 AM 真菌的多样性不同,尽管优势属均为 Glomus和 Acaulospora但在不同生态环境条件下,两者的孢子密度、相对多度、分离频度以及重要值均具显著差异,这是藏北草原生态环境各种因子综合作用的结果。

3. 在研究中发现,高海拔条件下,Glomus Paraglomus属的孢子密度、分离频度、相对多度及重要值比低海拔条件下均有所增加,但不利于 AM 真菌多样性和菌根侵染率的提高。孢子密度和菌根侵染率之间没有相关性。Mohammad等的研究结果表明高温能促进 AM 真菌产孢^[12-17-18],但在本研究中却发现 Glomus Paraglomus属的孢子密度随海拔升高而增加,其原因有待于进一步研究。

4. 研究表明,青藏苔草 (Carex macrocarpa)、西藏嵩草 (Kobresia schoenoides)、小嵩草 (Kobresia parva)、矮生嵩草 (Kobresia humilis)、藏北嵩草 (Kobresia littledalei)等莎草科植物均可形成菌根,但菌根侵染

率不高。长尖莎草 (*Cyperus cuspidatus*)、青藏嵩草 (*Kobresia pusilla*)、高山嵩草 (*Kobresia pygmaea*) 根系未见 AM 真菌侵染。

本次研究对 AM 真菌仅鉴定到属, 属内不同种对于生态环境的适应性和要求各不相同, 因此, 要深入挖掘藏北特定生态条件下的 AM 真菌资源, 探索其对环境的适应机理还需进一步进行研究。

参考文献 (References)

- [1] Meyer FH. Distribution of ectomycorrhizae in native and manmade forests[A]. In: GC Marks and TT Kozlowski. Ectomycorrhizae[C]. New York: USA Academic Press. 2003. 79~105
- [2] Barea JM., C Azcon-Aguilar & R. Azcon. Interactions between mycorrhizal fungi and rhizosphere microorganisms and within the context of sustainable soil-plant systems [C]. In: Gange A. C & V. K. Brown eds. Multitrophic Interactions in Terrestrial Systems[A]. Cambridge: Cambridge University Press. 1997. 65~77
- [3] Wang F.Y., Liu R. J. A preliminary survey of arbuscularmycorrhizal fungi in saline-alkaline soil of the Yellow River Delta[J]. Biodiversity Science. 2001, 9(4): 389~392[王发园, 刘润进. 黄河三角洲盐碱土壤中 AM 真菌的初步调查[J]. 生物多样性, 2001 9(4): 389~392]
- [4] Kong Famei, Feng Gu, Li Xiaolin. Effect of heavy metal pollution on arbuscularmycorrhizal fungi sporulation[J]. Chinese Journal of Applied & Environmental Biology. 2004 10(2): 218~222[孔凡美, 冯固, 李晓林. 土壤重金属污染对丛枝菌根真菌产孢量的影响[J]. 应用与环境生物学报, 2004 10(2): 218~222]
- [5] Wang F.Y., Liu R.J., Lin X.G. et al. Comparison of diversity of arbuscularmycorrhizal fungi in difference ecological environments[J]. Acta Ecologica Sinica. 2003 23(12): 2666~2671[王发园, 刘润进, 林先贵, 等. 几种生态环境中 AM 真菌多样性的比较研究[J]. 生态学报, 2003 23(12): 2666~2671]
- [6] Cai X.B., Peng Y.L., Feng Gu. AM fungidiversity and their environmental factors in altilano grassland and in Tibet[J]. Acta Pedologica Sinica. 2005 42(4): 642~651[蔡晓布, 彭岳林, 冯固. 西藏高原草地植物 AM 真菌多样性及其环境影响因子研究[J]. 土壤学报, 2005 42(4): 642~651]
- [7] Dodd J.C. and Thomson B. D. The screening and selection of inoculant arbuscular mycorrhizal and ectomycorrhizal fungi[J]. Plant and Soil. 1994 159: 149~158
- [8] Zhang M. Q., Wang Y. S., Xing L. J. The relationship between the distribution of AM fungi and environmental factors[J]. Mycosystema. 1999 18(1): 25~29[张美庆, 王幼珊, 刑礼军. 环境因子和 AM 真菌分布的关系[J]. 菌物系统, 1999 18(1): 25~29]
- [9] Liu Y. J., Li X. L. Arbuscular Mycorrhizae and Application[M]. Beijing: Science Press. 2000. 93~97, 148~169[刘润进, 李晓林. 丛枝菌根及其应用[M]. 北京: 科学技术出版社, 2000. 93~97, 148~169]
- [10] Gai J. P., Liu R. J. Effects of soil factors on arbuscular mycorrhizal fungi around roots of wild plants[J]. Chinese Journal of Applied Ecology. 2003 14(3): 470~472[盖京萍, 刘润进. 土壤因子对野生植物 AM 真菌的影响[J]. 应用生态学报, 2003 14(3): 470~472]
- [11] Wang F.Y., Liu R. J. Effects of environmental factors on the diversity of arbuscularmycorrhizal fungi[J]. Biodiversity Science. 2001 9(3): 301~305[王发园, 刘润进. 环境因子对 AM 真菌多样性的影响[J]. 生物多样性, 2001 9(3): 301~305]
- [12] Zhang Y., Guo L.D., Liu R. J. Diversity and ecology of AM fungi in Dujiangyan[J]. Acta Phytocologica Sinica. 2003 27(4): 537~544[张英, 郭良栋, 刘润进. 都江堰地区丛枝菌根真菌多样性与生态研究[J]. 植物生态学报, 2003 27(4): 537~544]
- [13] Day L.D., Sylvia D.M. and Collins M.E. Interactions among vesicular-arbuscularmycorrhizae soil and landscape position[J]. Soil Science Society of America Journal. 1989 151: 633~639
- [14] Graham J.H. Membrane-mediated decrease in root exudation responsible for phosphorus inhibition of vesicular-arbuscular mycorrhiza formation[J]. Plant Physiol. 1981 68: 548~552
- [15] Zhang M. G., Wang Y. S., Zhang C. The ecological distribution characteristics of some genera and species of VAM fungi in Northern China[J]. Acta Mycol. Sin., 1994 13(3): 166~172[张美庆, 王幼珊, 张驰. 我国北方 AM 真菌某些属和种的生态分布[J]. 真菌学报, 1994 13(3): 166~172]
- [16] Molina R.J., Trappe J.M., Strickler G.S. Mycorrhizal fungi associated with Festuca in the western United States and Canada[J]. Canadian Journal of Botany. 1978 56: 1691~1695
- [17] Mchannad M.J., Pan W.L., Kennedy A.C. 1998. Seasonal mycorrhizal colonization of winter wheat and its effect on wheat growth under dry land field conditions[J]. Mycorrhiza. 1998 8: 139~144
- [18] Borges R.G., Chaney W.R. Root temperature affects mycorrhizal efficiency in Fraxinus pensylvanica Marsh[J]. New Phytologist. 1989 112: 411~417

Arbuscular Mycorrhizal Fungi Diversity and Their Eco-environmental Factors of Main Plant Species in Prairie in Northern Tibet

XUE Huiying, ZHANG Yongqing, PENG Yuelin

(Department of Resource and Environment, Tibet Agricultural and Animal Husbandry College, Linzhi 860000, Tibet, China)

Abstract: An investigation was conducted of the AM fungus resources and the infection rate of main plant species in each kind of type prairie in the Northern Tibet, and carried on the analysis to diversity of AM fungi and the reciprocity of AM fungi diversity to eco-environmental factors under the specific eco-environmental condition. Soil samples with roots (2 kg each), were collected from the rooting-zone of 22 dominant plants at a depth of 2 ~ 30 cm and each samples had three replicates. Then the soil samples were air-dried, sieved through a 2 mm sieve and stored at 4°C. The root samples were rinsed with tap water, soaked in 10% (w/v) KOH (30 min, 90°C), acidified in lactic acid (10 min), and stained with 0.5% trypan-blue. Thirty 0.5 to 1 cm root fragments were examined per sample for their arbuscular mycorrhizal status under a compound microscope ($\times 200$). A hundred grams of soil were taken from each sample and wet sieved. Then AM fungi spores were counted on a grid pattern dish under a binocular stereomicroscope. The result shows that four genera of AM fungi were collected and identified in the sampled soils. In terms of spore density, isolation frequency, relative abundance and important value, they are in order of *Glomus* > *Acaulospora* > *Paraglomus* > *Sclerotiospora*. *Glomus*, *Acaulospora*, they are all prominent genus in the investigation area and *Glomus* is to be extremely prominent, and the composition of genus, spore density and isolation frequency of AM fungi were greatly influenced by host plant, altitude above sea level and soil factors.

Key words: Arbuscular mycorrhizal fungi; biodiversity; prairie; the northern Tibet