

亚热带草地生态系统中植物多样性 与 AM 真菌互作的研究

朱红惠¹, 姚 青², 羊宋贞¹, 龙良 鯤¹

(1 广东省微生物研究所, 广东省菌种保藏与应用重点实验室, 广东 广州 510070;

2 华南农业大学 园艺学院, 广东 广州 510642)

摘要: 为了揭示草地生态系统中植物多样性与 AM 真菌的相互关系, 对三块亚热带草地生态系统中植被和 AM 真菌的多样性进行了调查. 结果表明, 不同草地的 AM 真菌多样性没有差异, 而植被多样性存在显著差异, 植被 Shannon—Weiner 多样性指数分别为 0.460、0.614 和 1.703. 三块草地的 AM 真菌孢子密度分别是 4.7、2.1 和 5.2 g⁻¹, 表明土壤中 AM 真菌孢子密度高的草地, 其植被多样性指数也高. 植被的多样性指数与孢子密度的相关系数为 0.658 ($P < 0.01$), 植被的物种丰度与孢子密度的相关系数为 0.543 ($P < 0.05$). 该研究表明, 孢子密度是 AM 真菌影响植被多样性的一个重要因子.

关键词: 亚热带草地; 植物多样性; AM 真菌; 互作; 孢子密度

中图分类号: Q948.155

文献标识码: A

文章编号: 1001—411X (2005) 02—0062—04

Study on the interaction between plant diversity and AM fungi in subtropical grassland ecosystem

ZHU Hong-hui¹, YAO Qing², YANG Song-zhen¹, LONG Liang-kun¹

(1 Guangdong Institute of Microbiology, Guangdong Provincial Key Laboratory of Microbial Culture Collection and Application, Guangzhou 510070, China; 2 College of Horticulture, South China Agric. Univ., Guangzhou 510642, China)

Abstract: In order to reveal the relationship between plant diversity and AM fungi, the diversities of vegetation and AM fungi in three subtropical grassland ecosystems were investigated. Results indicated that there was no significant difference between AM fungi diversities of three grasslands, but significant difference was observed between plant diversities, with the Shannon-Weiner diversity indexes of 0.460, 0.614 and 1.703, respectively. The spore densities of three grasslands were 4.7, 2.1 and 5.2 g⁻¹, respectively. This indicated that plant diversity was higher in the grassland with higher AM fungal spore density. The coefficient between plant diversity and spore density was 0.658 ($P < 0.01$), and that between plant species richness and spore density was 0.543 ($P < 0.05$). The present research showed that spore density is one important AM fungal factor influencing plant diversity.

Key words: subtropical grasslands; plant diversity; AM fungi; interaction; spore density

我国长江以南的亚热带草山草坡面积达到7 958 万 hm², 占土地总面积的 30.51%, 其中可利用面积占 70% 以上. 然而近年来, 由于采矿、水土流失等因素, 部分地区出现了不同程度的退化. 合理利用固然可以减缓或防止草地的退化, 但是提高草地生态系统

中植被的多样性则可以更积极地防止草地退化, 因为多样性指数高的植被生态系统退化的速度远远小于多样性指数低的生态系统. 因此, 如何提高南方亚热带草山草坡的植被多样性是关系到能否防止草地进一步退化的关键.

影响植被多样性的因素很多, 包括生物因子^[1]、生态因子^[2]等。然而最近越来越多的研究表明, 植被的多样性很大程度上取决于土壤因子^[3], 其中 AM 真菌成为研究热点^[4]。作为土壤真菌的一类, AM 真菌几乎可以和 85% 以上的陆地植物建立共生关系, 形成 AM 菌根, 进而影响宿主植物对许多生物胁迫和非生物胁迫的反应^[5], 在此基础上对植物生态系统产生影响。Heijden 等^[6]的研究发现, 随着土壤中 AM 真菌种数的增加, 植物的多样性指数也相应提高, 因此, 他们明确指出 AM 真菌的多样性决定了植物的多样性。Little 等^[7]的研究表明, AM 真菌的侵染提高对线虫的抗性, 使得该植物成为优势种。不仅如此, AM 真菌还影响了植被的多样性与生产力的关系。没有 AM 真菌参与的生态系统中, 植被的物种丰度与生产力呈线性正相关, 而在 AM 真菌参与的生态系统中, 植被的物种丰度与生产力成指数正相关, 而且, 生产力的大小与菌种有关^[8]。这些结果明确地表明了植物多样性与 AM 真菌之间的密切关系。

本研究在前人研究结果的基础上, 以亚热带草山草坡为对象, 调查不同草地生态系统中植被的多样性与 AM 真菌的相互关系, 初步揭示两者之间的作用途径, 为利用 AM 真菌对亚热带草山草坡退化区域进行修复提供依据。

1 材料与方法

在华南农业大学附近选择 3 块草地, 分别称为自然草地 A、自然草地 B 和果园草地。从 3 块草地中分别选取 5 个有代表性的微区 (0.4 m×0.4 m), 用铁丝界定四边后再用铁丝将每个微区分割成相等的 16 个方格 (0.1 m×0.1 m)。统计每个微区中植物的种数^[9], 并目测每个小方格中各种植物的覆盖度, 最后取地上部, 烘干至恒质量后测量生物量; 用土钻从每个微区的四角和中心共 5 点取土柱 (d 2.5 cm×20 cm), 均匀混合后风干, 取 15 g 风干土样, 用蔗糖悬浮离心法收集 AM 真菌孢子, 根据孢子大小、颜色、着丝点形状和附着胞的有无等形态特征^[10]对孢子进行分类, 并统计每种(类)孢子的数量。

根据上述所得数据, 计算每个微区植被和 AM 真菌的 Shannon-Weiner 多样性指数, 利用 SPSS11.0 统计软件, 对植被生物量、植被物种丰度、植被多样性指数、AM 真菌孢子密度、AM 真菌菌种丰度、AM 真菌多样性指数 6 个指标进行 Spearman 非参数相关分析, 对所有数据通过单因子方差分析进行多重比较。

2 结果与分析

2.1 植被的多样性特征

表 1 的数据表明, 亚热带草地生态系统的生产力较高, 3 块草地的植被地上部生物量为 136.94 ~ 175.63 g/m²。尽管生物量最高和最低的草地之间生物量的差异为 28%, 但是 3 块草地的生物量差异未达到显著水平。与生物量类似, 3 块草地的植被覆盖度也没有差异, 均在 70% 左右。

表 1 不同地点植被的生物量、覆盖度和物种丰度¹⁾
Tab 1 Biomass coverage and species richness of vegetation in different sites

| 地点 sites | 地上部生物量 植被覆盖度 植被的物种丰度 | | |
|---------------------------|------------------------------|------------|-------------------|
| | aboveground | vegetation | plant species |
| | biomass/(g·m ⁻²) | coverage/% | richness(species) |
| 果园草地 orchard grassland | 175.63a | 74.4a | 5.4a |
| 自然草地A natural grassland A | 183.88a | 67.4a | 7.4b |
| 自然草地B natural grassland B | 136.94a | 70.4a | 9.8c |

1) 同列数据后具不同字母者示差异达到显著水平 (LSD, $P < 0.05$)

表 1 的数据还表明, 3 块草地的植被种数存在显著的差异。果园草地中植被的物种丰度平均为 5.4, 显著低于其他 2 块草地; 自然草地 A 中植被的物种丰度平均为 7.4, 显著低于自然草地 B; 自然草地 B 中植被的物种丰度平均为 9.8。果园草地中共发现 8 种植物, 其中藿香蓟 *Ageratum conyzoides* 是明显的优势种, 其地上部生物量占总生物量的 84.1%, 而其他植物地上部生物量均低于总生物量的 10%; 自然草地 A 中共发现 11 种植物, 有 2 种植物的地上部生物量高于总生物量的 10%, 明显的优势种为两耳草 *Paspalum conjugatum*, 其地上部生物量占总生物量的 84.4%; 自然草地 B 中共发现 13 种植物, 有 4 种植物的地上部生物量高于总生物量的 10%, 优势种并不明显, 生物量最大的狗牙根 *Cynodon dactylon* 仅占总生物量的 37.0%。

尽管 3 块草地中植被的地上部生物量、覆盖度没有显著的差异, 但是由于物种丰度存在显著差异, 使得其多样性指数也存在显著差异 (图 1)。果园草地的多样性指数最低, 仅为 0.460, 与自然草地 A 之间没有显著差异, 后者的多样性指数为 0.614, 但是自然草地 B 的多样性指数显著地高于前两者, 达到 1.703。

2.2 土壤中 AM 真菌的多样性特征

从果园草地的土壤中共收集到 5 种(类)AM 真菌孢子, 平均菌种丰度为 3.8; 自然草地 A 的土壤中共收集到 5 种(类)AM 真菌孢子, 平均菌种丰度也为

3.8; 自然草地 B 的土壤中共收集到 4 种(类)AM 真菌孢子, 平均菌种丰度为 3.6(表 2)。三者的菌种丰度没有显著差异, 但是其孢子密度的差异达到显著水平。自然草地 A 土壤中的孢子密度为 2.1 g^{-1} , 显著低于自然草地 B 和果园草地, 而后两者之间没有显著差异(表 2)。与菌种丰度类似, 3 块草地土壤中 AM 真菌的多样性均在 0.8 左右, 没有显著差异(图 1)。

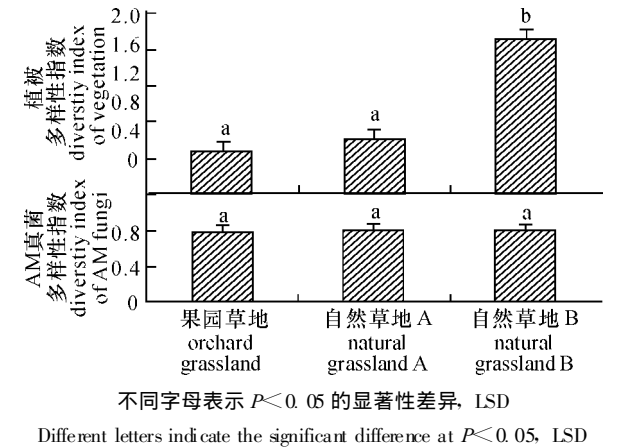


图 1 3 块草地中植被和 AM 真菌的 Shannon-Weiner 多样性指数
Fig. 1 Shannon-Weiner diversity indexes of plant and AM fungi in 3 grasslands

| 表 3 植被与 AM 真菌的有关参数之间的相关系数 | | | | | | |
|---|----------|---------------|-----------|-------------|----------------|-----------|
| Tab. 3 Correlation efficiencies between parameters of plant vegetation and AM fungi | | | | | | |
| 参数 parameters | 植被生物量 | 植被物种丰度 | 植被多样性 | AM 真菌孢子密 | AM 真菌菌种 | AM 真菌多样 |
| | plant | plant species | 指数 plant | 度 AMF spore | 丰度 AMF species | 性指数 AMF |
| | biomass | richness | diversity | density | richness | diversity |
| 植被生物量 plant biomass | 1.000 | −0.104 | −0.557 * | −0.488 | 0.205 | 0.139 |
| 植被物种丰度 plant species richness | −0.104 | 1.000 | 0.769 ** | 0.543 * | −0.147 | 0.124 |
| 植被多样性指数 plant diversity index | −0.557 * | 0.769 ** | 1.000 | 0.658 ** | −0.182 | 0.014 |
| AM 真菌孢子密度 AMF spore density | −0.488 | 0.543 * | 0.658 ** | 1.000 | 0.042 | −0.071 |
| AM 真菌菌种丰度 AMF species richness | 0.205 | −0.147 | −0.182 | 0.042 | 1.000 | 0.443 |
| AM 真菌多样性指数 AMF diversity index | 0.139 | 0.124 | 0.014 | −0.071 | 0.443 | 1.000 |

3 讨论

植物生态系统中不同个体对资源的竞争是群落动态变化的诱因。光、水、气、热等地上部资源对植物群落结构的影响已有许多研究, 而关于土壤养分资源对植物群落结构的影响近年来正逐渐受到重视^[11]。AM 真菌有助于宿主植物根系对土壤养分(尤其是根系难以利用的养分)的吸收和利用, 因此必然对植物群落结构产生一定的影响。前人的研究已经证实, 土壤中 AM 真菌的菌种丰度越多, 则植物的多样性指数就越高^[6]。本研究中所调查的 3 块草地土壤中 AM 真菌的菌种丰度没有差异, 但是植被的多样

表 2 三块草地土壤中 AM 真菌的孢子密度和菌种丰度¹⁾
Tab. 2 Spore density and species richness of AM fungi in soil from three grassland

| 地点 sites | 孢子密度 spore density / (g^{-1}) | 菌种丰度 species richness (species) |
|---------------------------|--|---------------------------------------|
| 果园草地 orchard grassland | 4.7b | 3.8a |
| 自然草地A natural grassland A | 2.1a | 3.8a |
| 自然草地B natural grassland B | 5.2b | 3.6a |

1) 同列数据后具不同字母者示差异达到显著水平(LSD, $P < 0.05$)

2.3 植被与 AM 真菌的有关参数的相关分析
对植被的生物量、物种丰度、多样性指数和 AM 真菌的孢子密度、菌种丰度、多样性指数进行相关分析(表 3), 发现植被的多样性指数与植被的物种丰度和 AM 真菌的孢子密度有极显著的正相关关系, 即植被的物种丰度和 AM 真菌的孢子密度越大, 则植被的多样性指数就越高, 而与植被的生物量有显著的负相关关系。此外, 植被的物种丰度也与 AM 真菌的孢子密度有显著的正相关关系, 表明孢子密度越大则植被的物种丰度就越高。

性仍然存在显著的差异, 表明菌种丰度不是唯一的能够决定植物多样性的 AM 真菌因素。相关分析表明, 随着孢子密度的增加, 植被的物种丰度相应增加, 也能提高植被的多样性指数。自然草地 B 的土壤中孢子密度最高, 因而其植被的多样性指数也最大; 果园草地的土壤中孢子密度虽然也很高, 但是其植被的多样性指数较低, 这可能是由于受人为干扰较严重, 其优势种群为藿香蓟似乎也能说明这一点, 因为藿香蓟的化感物质能抑制果园中病虫害^[13], 果农倾向于保留此种植物。土壤中 AM 真菌的孢子密度越大则植被的多样性程度越高, 这是对前人结论的补充。

不论是AM 真菌的菌种丰度还是孢子密度, 其实两者影响植被多样性的本质应该是一致的, 即都是通过影响根系对土壤中养分的吸收来实现的。前人的研究发现, 随着土壤中菌种丰度的增加, 菌丝长度也增加, 而土壤中磷水平同时降低, 植物磷水平则提高^[6]。本研究中, 虽然没有测定土壤中菌丝长度, 但是可以推测孢子密度较高的土壤中菌丝长度必然也较长。此外, 盆栽试验也表明 AM 真菌对 3 块草地中不同植物的磷营养有不同的影响(另文发表)。

另一个值得注意的问题是植物生态系统中多样性与生产力的关系。尽管许多研究认为, 多样性程度越高则生产力(生物量)越大^[13], 但是也有观点认为多样性程度与生产力(生物量)之间并没有一定的相关性^[14], 而在本研究中, 两者之间存在显著的负相关关系。如前所述, 多样性指数高的自然草地 B 中没有明显的优势种, 总生物量最低, 而多样性指数低的自然草地 A 和果园草地中有明显的优势种, 总生物量较高。在农田生态系统中, 比如玉米地, 其多样性指数极低, 但是生产力极高。这表明在植物生态系统中, 如果存在非常适宜优势种生长的条件时, 即使多样性程度低, 也会有较高的生产力。本研究中, 自然草地 A 和果园草地中分别适于优势种(两耳草和藿香蓟)生长的因子就是 AM 真菌, 盆栽试验表明这两种草对 AM 真菌土著菌种的生长反应远大于其他劣势草种(另文发表)。可见, AM 真菌可能改变植被多样性与生产力之间关系的观点是正确的。

参考文献:

[1] ABO TT R J. Sex, sunflowers and speciation[J] . Science, 2003, 301: 1 189—1 190.
[2] RAHB EK C, GRAVES G R. Multiscale assessment of patterns of avian species richness[J] . Proc Natl Acad Sci, 2001, 98: 4 534—4 539.

[3] COPLEY J. Ecology goes underground[J] . Nature, 2000, 406: 452—454.
[4] READ D. Biodiversity: plants on the web[J] . Nature, 1998, 396: 22—23.
[5] SMITH S E, READ D J. Mycorrhizal Symbiosis[M] . 2nd ed. London: Academic Press, 1997. 5—97.
[6] ven der HEIJ DEN M G A, KLIRONOMOS J N, URSIC M. Mycorrhizal fungal diversity determines plant biodiversity, ecosystem variability and productivity[J] . Nature, 1998, 396: 69—72.
[7] LITTLE L R, MAUN M A. The ‘*Amnophila* problem’ revisited: A role for mycorrhizal fungi[J] . Journal of Ecology, 1996, 84: 1—7.
[8] KLIRONOMOS J N, MCCUNE J, HART M. The influence of arbuscular mycorrhizae on the relationship between plant diversity and productivity[J] . Ecology Letters, 2000, 3: 137—141.
[9] 王枝荣. 中国农田杂草图谱[M] . 北京: 中国农业出版社, 1990. 1—291.
[10] MORTON J. Species description from reference cultures[DB/OL] . <http://invas.caf.wvu.edu/fungi/taxonomy/speciesID.htm>, 2003—06—12.
[11] 安树青, 王峥峰, 朱学雷, 等. 土壤因子对次生森林群落物种多样性的影响[J] . 武汉植物研究, 1997, 15 (2): 143—150.
[12] 孔垂华, 黄寿山, 胡 飞. 胜红蓟化感作用研究 V—挥发油对真菌、昆虫和植物的生物活性及其化学成分[J] . 生态学报, 2001, 21(4): 584—587.
[13] TILMAN D, CLARENCE L, THOMPSON K T. Plant diversity and ecosystem productivity: Theoretical considerations [J] . Proc Natl Acad Sci, 1997, 94: 1 857—1 861.
[14] HUSTON M A, AARSSSEN L W, AUSTIN M P. No consistent effect of plant diversity on productivity[J] . Science, 2000, 289: 1 255—1 256.

【责任编辑 柴 焰】