

药用植物白芷根际 AM 真菌与土壤因子调查

曹栋贤, 赵金莉

(河北大学 生命科学学院, 河北 保定 071002)

摘要: 研究白芷根际 AM 真菌时空分布和土壤因子之间的相关性, 结果表明, 白芷能与 AM 真菌形成良好的共生关系。AM 真菌菌丝定殖率、丛枝定殖率与土壤速效磷呈显著正相关; AM 真菌菌丝定殖率、总定殖率与土壤有机质呈显著正相关; AM 真菌总定殖率、菌丝定殖率、丛枝定殖率与土壤 pH 值呈显著负相关。

关键词: AM 真菌; 空间分布; 土壤因子; 白芷

中图分类号: S435.67 文献标识码: A 文章编号: 1000-7091(2007)增刊-0047-04

The Investigation of Arbuscular Mycorrhizal Fungi and Soil Factors from the Rhizosphere of Medicinal Plant *Angelica Dahurica*

CAO Dong-xian, ZHAO Jin-li

(College of Life Sciences, Hebei University, Baoding 071002, China)

Abstract: the correlation of temporal and spatial distribution of colonization of AM fungi round the rhizosphere of *Angelica dahurica* and soil factors was analyzed. The result indicates that the good symbiosis between AM fungi and *Angelica dahurica* were formed. Soil available P had a appositiv correlation with hypha colonization rate and arbuscule colonization rate. Soil organic matte had a appositiv effect on hypha colonization rate and total percent colonization. Soil pH value had a significant negative correlation with total percent colonization, vesicular percent colonization and arbuscule colonization rate.

Key words: AM fungi; Spatial distribution; Soil factors; *Angelica dahurica*

AM 真菌是一类能与植物形成菌根的真菌, 它可以促进植物的生长, 提高产量和品质。大量研究表明 AM 真菌的侵染和分布更多地依赖于环境而不是共生植物, 各种生态因子均不同程度地影响着 AM 真菌的分布、侵染、产孢及其生理效应。张美庆、吴铁航等、盖京苹等研究证实土壤质地及其理化性质是影响 AM 真菌侵染、孢子密度和种、属分布的重要生态因子。本研究就药用植物白芷土壤质地、土壤 pH 值、有机质和有效磷等土壤因子对药用植物白芷根围土壤 AM 真菌的影响进行了初步研究。

本试验以河北道地药材祁白芷为研究材料, 2006 年在白芷药用根生长旺盛的 8 月和 10 月选取白芷主产地 4 个不同土壤质地的样地, 研究了大田条件下白芷根际 AM 真菌空间分布及与土壤因子的相关性。为充分利用 AM 真菌资源, 揭示白芷道地性形成原因, 为白芷生产发展及产区规划提供科学

依据。

1 材料和方法

1.1 研究区域概况

河北省安国市位于冀中平原, 东经 $115^{\circ}20'$, 北纬 $38^{\circ}24'$ 。气候温和, 四季分明, 属于暖温带半湿润季风气候, 适合野生和人工栽培中药材植物的生长。安国市年平均气温为 12.2°C ; 年大于 10°C 积温 4349°C ; 年日照为 2563 h ; 年平均降水量 570 mm 。年无霜期约为 210 d 。

1.2 样品采集

选取安国市土壤质地不同的 4 个样地, 土壤质地分别是齐村(砂土)、小营(轻壤土)、大营(壤土)、郭北庄(粘土)。2006 年 8 月和 10 月在所选样地分别随机选取 4 株白芷, 去除表层浮土, 按 $0\sim 10\text{ cm}$, $10\sim 20\text{ cm}$, $20\sim 30\text{ cm}$, $30\sim 40\text{ cm}$ 4 个土层分别在其

收稿日期: 2007-04-21

基金项目: 河北大学校内青年基金项目(Z200405)

作者简介: 曹栋贤(1973-), 男, 山东莘县人, 硕士, 中教一级教师, 主要从事环境生态学、药用植物菌根生物技术研究工作。

根际采集土样约 1 kg, 统一编号, 装袋密封。土样带回实验室过 2 mm 筛, 用于土壤理化成分和真菌孢子密度测定。收集的根样切成 1 cm 根段, 用于 AM 真菌定殖率测定。

1.3 试验方法

AM 真菌定殖率按 Phillips 和 Hayman^[1] 方法测定。菌根类型依据 Smith 等^[2] 的方法进行 AM 真菌孢子密度测定: 取 20 g 风干土壤, 用湿筛倾析-蔗糖离心法分离 AM 真菌孢子^[3], 体视显微镜下记录孢子数量, 计算每 100 g 风干土中所含孢子量, 即为孢子密度。

土壤有机质用重铬酸钾氧化法, 土壤 pH 用 pH

计, 土壤速效 N 用碱解扩散法, 土壤速效 P 用碳酸氢钠- 钼锑抗比色法^[4]。

数据处理采用 SPSS 13.0 软件进行统计分析。

2 结果与分析

2.1 不同样地间 AM 真菌和土壤因子的空间分布

见表 1, 有机质、速效氮、速效磷、孢子密度在不同样地间没有显著差异。pH、泡囊、丛枝、菌丝、总定殖率在不同样地间有显著差异。pH 齐村显著低于其他 3 个样地, 泡囊齐村最高, 郭北庄次之, 但显著高于小营、大营。丛枝、菌丝、总定殖率齐村显著高于其他 3 个样地。

表 1 不同样地白芷根际 AM 真菌和土壤因子的方差分析

Tab. 1 Multivariate analysis of variance for AM fungi and soil condition in the different sites									
样地 Site	有机质/ % Organic matter	速效氮/ (μg/g) Available N	速效磷/ (μg/g) Available P	pH	泡囊/ % Vesicule	丛枝/ % Arbuscule	菌丝/ % Hypha	总/ % Total	孢子密度 /(个/ 100g 土) Spore density
齐村	2.32a	56.37a	12.14a	7.93a	29.06b	4.58b	50.21b	60.10b	640.25a
小营	2.42a	66.64a	18.09a	8.16b	10.00a	1.25a	34.89a	39.12a	485.75a
大营	2.34a	60.15a	15.49a	8.15b	10.10a	2.81a	31.98a	37.19a	498.75a
郭北庄	2.86a	67.09a	8.8a	8.09b	20.73ab	2.50a	27.80a	38.75a	704.75a

2.2 不同月份白芷根际 AM 真菌和土壤因子的空间分布

8~ 10 月, 四样地的泡囊、丛枝、菌丝、总定殖

率、孢子密度均呈显著升高趋势; 各土壤因子的变化趋势均不明显(表 2)。

表 2 不同月份白芷根际 AM 真菌和土壤因子的方差分析

Tab.2 Multivariate analysis of variance for AM fungi and soil condition in the different month										
样地 Site	月份 Month	有机质/ % Organic matter	速效氮/ (μg/g) Available N	速效磷/ (μg/g) Available P	pH	泡囊/ % Vesicule	丛枝/ % Arbuscule	菌丝/ % Hypha	总/ % Total	孢子密度 / (个/ 100g 土) Spore density
齐村	8	1.95a	54.90a	11.60ab	7.93a	8.74ab	2.71a	45.42ab	49.99b	612bc
	10	2.70a	57.84a	12.49ab	7.93a	49.37d	6.46b	55.00b	70.21c	668c
小营	8	2.48a	80.72a	26.81c	8.11bc	6.87a	1.25a	28.33a	31.58a	440ab
	10	2.36a	52.56a	9.58a	8.22c	13.12ab	1.25a	41.45ab	46.67ab	531bc
大营	8	2.64a	62.03a	6.70a	8.20c	3.33a	2.49a	31.66a	35.83ab	457ab
	10	2.05a	58.27a	24.28bc	8.10bc	16.87b	3.12ab	32.29a	38.54ab	540bc
郭北庄	8	3.53b	61.50a	12.37ab	8.19c	6.66a	1.66a	27.08a	31.25a	301a
	10	2.20a	72.68a	5.22a	8.00ab	34.79c	3.33ab	28.33a	46.25ab	1108d

2.3 不同土层白芷根际 AM 真菌与土壤因子的空间分布

有机质随土层加深呈下降趋势, 31~ 40 cm 土层的有机质显著低于其他土层; 速效氮随土层加深呈下降趋势, 在 0~ 30 cm 土层间变化明显, 0~ 10 cm 土层明显高于其他土层, 但 31~ 40 cm 土层与 20~

30 cm 土层差别不显著; 丛枝随土层加深呈下降趋势, 在 0~ 30 cm 土层间变化明显, 0~ 10 cm 土层明显高于其他土层, 但 31~ 40 cm 土层与 20~ 30 cm 土层差别不显著; 速效磷、pH、泡囊、菌丝、总侵染率、孢子密度在各土层间没有显著差异(表 3)。

表 3 不同土层白芷根际 AM 真菌与土壤因子的方差分析

Tab. 3 Multivariate analysis of variance for AM fungi and soil condition in different soil layer									
样地 Site	有机质/ % Organic matter	速效氮/ (μg/g) Available N	速效磷/ (μg/g) Available P	pH	泡囊/ % Vesicule	丛枝/ % Arbuscule	菌丝/ % Hypha	总/ % Total	孢子密度 /(个/ 100g 土) Spore density
0~ 10	2.89b	80b	16.48a	8.03a	17.08a	4.79b	44.06a	48.86a	533.75a
11~ 20	2.69b	65.74ab	18.79a	8.08a	16.46a	3.12ab	38.12a	45.84a	660.50a
21~ 30	2.49b	55.85a	11.04a	8.10a	20.93a	1.77a	33.85a	43.44a	613.25a
31~ 40	1.90a	48.67a	8.23a	8.14a	15.41a	1.45a	28.75a	37.04a	522a

注: 同一列数据中字母不同者表示在 P< 0.05 水平上差异显著

Note: means 5% significant differences

2.4 白芷根际 AM 真菌与土壤因子之间的相关性

由表 4 可知,AM 真菌菌丝定殖率、丛枝定殖率与土壤速效磷呈显著正相关;AM 真菌菌丝定殖率、总定殖率与土壤有机质呈显著正相关;AM 真菌总

定殖率、菌丝定殖率、丛枝定殖率与土壤 pH 值呈显著负相关;其他各土壤因子与 AM 真菌的各项指标间无显著相关性。

表 4 白芷根际 AM 真菌与土壤因子之间的相关性分析

Tab. 4 Relative analysis between soil factor and percent colonization of AM fungi

项目 Item	速效磷 Available N	碱解氮 Alkali hydrolyzable hitrogeh	有机质 Organic matter	pH	孢子密度 Spore density
孢子密度 Spore density	0.012	0.518	0.376	- 0.063	1
总定殖率 Total	0.935	0.864	0.997**	- 0.966**	0.312
泡囊定殖率 Vesicule	- 0.049	- 0.121	0.273	- 0.104	0.348
菌丝定殖率 Hypha	0.993**	0.844	0.952**	- 0.995**	0.113
丛枝定殖率 Arbuscule	0.991**	0.793	0.849	- 0.961**	- 0.073

注: * 表示两者之间在 P< 0.05 水平显著; ** 表示两者之间在 P< 0.01 水平显著
Note: * means 5% significant differences; ** means 1% significant differences

3 讨论

调查表明,白芷根际 AM 真菌的平均定殖率达 43.79%;孢子密度平均 562 个/100 g 土。药用植物白芷能与 AM 真菌形成良好的共生关系。经鉴定,白芷根际 AM 真菌有球囊霉属(*Glomus*)、无梗囊霉属(*Acaulospora*)和盾巨孢囊霉属(*Scutellospora*)的种类,具体情况将另文报道。白芷菌根结构类型是重楼型(*Paris-type*),即细胞内有圈索菌丝的类型。研究认为菌根结构类型与寄主植物的生活型、根系类型及菌根侵染率关系不密切,植物种类决定菌根结构类型。

3.1 AM 真菌的时间分布

统计结果表明,AM 真菌的各项定殖率在时间分布上呈显著增高趋势,这与 8~10 月白芷根系的旺盛生长有关,植物生长须根较多,有利于真菌的侵染。贺学礼等^[5]研究认为随着 AM 真菌发育时间延长,其定殖率呈递增趋势。这是由于泡囊、菌丝在植物体内存活时间较长,通常新泡囊和菌丝的产生伴随着老泡囊的存在,因此,在同一根段中可以看到不同时期产生的泡囊,其定殖率也随时间延长呈递增趋势。

3.2 AM 真菌的空间分布

在空间分布上,白芷根际 AM 真菌的各项定殖率差别不显著,但随土层的加深呈现一定的降低趋势。泡囊定殖率、孢子密度、总定殖率、菌丝、丛枝定殖率均在 0~30 cm 土层有最大值。这是由于土壤通气特性直接影响着土壤生物的分布,而土壤真菌对低氧环境特别敏感的缘故^[6]。

3.3 AM 真菌与土壤因子的相关性分析

相关性分析表明:AM 真菌菌丝定殖率、丛枝定殖率与土壤速效磷呈显著正相关;研究认为在缺磷

的情况下,提高磷的供应会促进菌根真菌的生长发育,超过了一定磷水平,则开始抑制其生长。中国北方碱性土壤磷普遍缺乏,AM 真菌能促进植物对磷的吸收。因为 AM 真菌侵染植物后,与植物的幼根形成吸收共同体,能增进植物的吸磷作用;其次帮助植物有效利用土壤中难吸收的磷酸盐。其原因在于 AM 真菌活化难溶性无机磷酸盐。菌丝分泌的有机酸可以酸化菌丝际,活化难溶性磷酸盐,从而促进植物的生长。AM 真菌能活化土壤有机磷。有机磷必须水解成正磷酸盐后才能被植物利用。AM 真菌菌丝可以改变土壤的 pH,加速土壤中难溶性磷的转化。AM 真菌可刺激菌丝际磷细菌和真菌的繁殖,从而溶解更多的磷,为植物利用。这就增强了根系对磷的吸收作用,促进植物的生长发育,从而也促进了 AM 真菌的侵染。本试验证明对低磷养分的白芷主产地土壤,AM 真菌的侵染率随磷水平的提高而提高。

AM 真菌菌丝定殖率、总定殖率与土壤有机质呈显著正相关;相关研究也表明有机质含量与菌根侵染率、菌根强度、丛枝丰度和丛枝定殖率间均呈不同程度的正相关^[7]。一定范围内土壤有机质含量的提高对 AM 真菌菌丝生长和菌根发育具有不同程度的促进作用^[8]。

宿主植物的氮营养状况对菌根真菌的生长发育也会有一定影响,本试验中,碱解氮与菌根真菌生长发育没有表现出显著的相关性,说明白芷主产地氮素营养不是影响菌根真菌生长发育的主要原因。

AM 真菌总定殖率、菌丝定殖率、丛枝定殖率与土壤 pH 值呈显著负相关;这在一定程度上反映了白芷主产地土壤理化指标的变化,说明 AM 真菌能够在一定程度上改良土壤结构。

菌丝定殖率、丛枝定殖率、泡囊定殖率、总定殖

率齐村都显著高于其他 3 个样地,不同土壤质地条件下寄主植物根围土壤 AM 真菌的变化特征,表明 Am 真菌更适宜在土壤质地相对较轻的砂质土壤中生活,究其原因可能在于土壤质地对土壤通透性能所具有的直接影响所致。

统计分析表明,白芷根际土壤孢子密度与菌根侵染率无相关性,这与国内外许多研究相一致。本试验再次证明 AM 真菌的最大侵染率并不伴有最大孢子密度。

在检测和评估白芷主产地土壤生态状况和植物形成菌根能力等方面,AM 真菌不同结构的定殖程度是十分有用的指标,本试验中,AM 真菌菌丝定殖率、丛枝定殖率与土壤速效磷呈显著正相关;AM 真菌菌丝定殖率、总定殖率与土壤有机质呈显著正相关。土壤质地对 AM 真菌不同结构定殖率有显著影响。表明在药用植物白芷主产地河北安国,种植白芷要选择砂质土壤,土壤质地轻,利于白芷良好的外观质量(根形)的形成;增施有机肥,促进 AM 真菌的定殖;要推行先进的白芷幼苗菌根化栽培,提高对土壤磷的吸收利用。

参考文献:

- [1] 贺学礼,李生秀.泡囊—丛枝菌根生态学研究进展[J].干旱地区农业研究,1996,14(1):35-39.
- [2] Smith F A,Smith S E. Structural diversity in vesicular-arbuscular mycorrhizal symbioses [J] New Phytologist, 1997, 137: 373-388.
- [3] Ianson D C, Allen M F. The effects of soil texture on extracion of vesicular arbuscular mycorrhizal spores from arid soils[J]. Mycologia, 1986, 78: 164-168.
- [4] 中国土壤学会农业化学专业委员会.土壤农业化学简易分析方法[M].北京:科学出版社,1983.
- [5] 贺学礼, Yosef Steinberger. 丛枝霸王(*Zygophyllum dumosum*) 根际 AM 真菌生态学研究[J]. 西北植物学报, 2001, 21(6): 1070-1077.
- [6] Brundret M. Mycorrhizas in natural ecosystems[J]. Advances in Ecological Reserch, 1991, 21: 171-313.
- [7] 蔡晓布,彭岳林,钱成,等.土壤因子对西藏高原草地植物 AM 真菌的影响[J].水土保持学报,2004,18(5):6-9.
- [8] 张勇,曾明,熊丙全,等.丛枝菌根(AM)生物技术在现代农业体系中的生态意义[J].应用生态学报,2003,14(4):613-617.