

DOI:10.11937/bfyy.201505025

矿区植物与丛枝菌根真菌共生效应

卢彦琦¹, 常社霞², 邢红霞², 李焱¹, 许春景³, 王正¹

(1. 河北工程大学 农学院, 河北 邯郸 056038; 2. 永年县农牧局, 河北 永年 056000; 3. 西北农林科技大学 植保学院, 陕西 杨凌 712100)

摘要:采用野外调查与室内分析相结合的方法,对邯郸武安煤矿区植物进行了菌根共生效应的研究,分析了20个科41种主要植物根系与丛枝菌根真菌(Arbuscular Mycorrhizae Fungi, AMF)的共生状况,筛选出该地区建群的优势植物,并探讨了不同科、植被间侵染率、侵染强度、孢子密度的关系。结果表明:18个科35种植物都能与丛枝菌根真菌形成共生关系,在不同科中,萝藦科、豆科、马鞭草科植物的侵染率较高;从植物种类上看,侵染率最高的是杠柳,其次是紫穗槐和牡荊,分别高达92.33%、85.30%和70.78%,不同植被类型中,乔木、灌木、草本类植被的菌根侵染率差异显著,从侵染强度上分析,不同植物间存在差异,但不显著;侵染率和孢子密度的关系因植物不同而异,二者没有严格的对应关系。

关键词:矿区;丛枝菌根真菌;共生

中图分类号:Q 949.32 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2015)05-0078-05

丛枝菌根(Arbuscular Mycorrhizae, AM)是自然界中分布最广泛的菌根,它是土壤真菌(Fungi)侵染植物根系形成的具有丛枝(Arbuscular)和泡囊(Vesicular)结构的共生体。丛枝菌根不仅能改善植物的营养状况,促进植物生长,提高植物的抗逆性和抗病性,同时对改善土壤结构、维持植物的多样性有重要作用。伴随着我国工农业的迅速发展,也带来了一系列资源、环境和生态问题。

第一作者简介:卢彦琦(1978-),女,河北人,硕士,讲师,现主要从事菌根生物技术等研究工作。E-mail: tongyongdi@163.com.

基金项目:河北省科技厅支撑计划资助项目(13226507D);邯郸市科技局资助项目(1222101057)。

收稿日期:2014-11-12

矿山的开发和开采使矿区土壤结构和功能受到破坏,抑制了植物的正常生长,土壤状况日益恶化,甚至威胁到农畜产品的安全性和农林牧业的可持续发展。因此,对脆弱地区土壤生态系统的改良和修复成为亟待解决的问题。许多国家都在发展环境修复技术,一种新的环境修复技术——生物修复技术,首先在欧洲一些国家得到研究和应用。菌根真菌作为生态系统中的重要成员,其生物修复作用颇引人注目。杜善周等^[1]通过对矿区杨树和白蜡接种丛枝菌根证实菌根真菌能明显促进植物生长,对降低煤矿区环境修复成本均有巨大作用;钱奎梅等^[2]对矿区废弃地接种丛枝菌根真菌,观测到接种后促进植物的生长,增加矿区复合基质的有机质的含量和加速其熟化;郭伟等^[3]通过在草原生态系统铜尾矿植被

depressed by 100 mM or less NaCl concentration. Contents of ABA, IAA, GA₃ were relatively stable. By measuring content of endogenous hormones, it was found that the *Salix psammophila* seedlings growth decreased under 100 mM NaCl salt stress, the impact of more than 100 mM NaCl concentration salt stress on *Salix psammophila* seedling was significant, the highest NaCl concentration that the cuttings could withstand was between 100 mM and 150 mM. Under 150 mM NaCl salt treatment, *Salix psammophila* seedlings between the first day and three days of metabolic disorders extent reached its limit of tolerable degree, the following days the plants gradually died. When the *Salix psammophila* seedlings at the brink of death, which did not increase significantly in ABA content, this was different from the common plants. The IAA, GA₃ showed in a short time quickly reached maximum content, their contents were reduced in the next few days. Under high concentrations of NaCl stress, the SOD activity decreased rapidly in a short period of time, and later continued substantial increase, when *Salix psammophila* seedling died, the SOD activity reached the highest. When the *Salix psammophila* seedlings were stressed by NaCl, its CAT was more sensitive than SOD and POD, the CAT activity been affected more significantly.

Keywords: morphological changes; enzyme solution macroscopic changes; enzyme activity; endogenous hormones

恢复中研究 5 种丛枝菌根真菌,筛选出接种效果好的丛枝菌根真菌,赵仁鑫等^[4]对丛枝菌根真菌在不同类型煤矸石山植被恢复中的作用进行了研究,证实了丛枝菌根真菌对于增强玉米适应不同类型煤矸石复合逆境,以及在草原生态系统不同类型煤矸石废弃地上重建植被均具有一定潜在的作用。

目前,国内学者对丛枝菌根真菌在改良土壤方面的研究主要集中在接种后的效应上,被污染脆弱地区植被和菌根真菌的亲合性,及优势植物的筛选上相对较少,现通过对邯郸武安煤矿区植被与丛枝菌根真菌共生情况进行调查研究,以期为探讨矿区污染地区优势植被的筛选提供参考。

1 材料与方法

1.1 试验地概况

试验样地选在邯郸武安煤矿区,地处东经 113°45′~113°22′、北纬 36°28′~36°01′,位于河北省西南部,太行山东麓。境内为太行山东麓低山丘陵区,四面环山,海拔在 1 000 m 以上。年均降水量 590 mm,年均温 12.7℃,1 月均温 -3.4℃,7 月均温 26.3℃,属暖温带大陆性季风气候。

1.2 试验方法

2013 年 3—10 月,采集邯郸武安煤矿区内植物根系样品,每种植物随机采集 3 个样点,固定于 FAA(95%乙醇 50 mL,40%甲醛 5 mL,冰醋酸 5 mL,蒸馏水 35 mL)溶液中。

1.3 项目测定

1.3.1 根系侵染率^[5]和侵染强度^[6]的测定 将 FAA 中的根系样品用清水冲洗 2~3 次,在 10%的 KOH 中浸泡,并于 90℃水浴锅中加热 1 h,再放入碱性过氧化氢于室温下浸泡 20 min,清洗后,放入 5%的乳酸溶液中浸泡

3 min,再放入酸性品红溶液中于 90℃水浴锅中加热 30 min,最后脱色、制片、在显微镜下观测侵染率;同时在显微镜下检查每条根段的侵染情况给出每条根段的侵染级别,记录丛枝、泡囊和菌丝典型菌根结构,并用“+”和“-”表示典型结构的存在与否,依下列公式计算该样品菌根的侵染率和侵染强度:菌根侵染率 $Fa(\%) = \text{侵染根段数} / \text{全部根段数} \times 100\%$;菌根侵染强度 $Ma(\%) = [(95n_5 + 70n_4 + 30n_3 + 5n_2 + n_1) / \text{全部根段数}] \times 100\%$ 。式中, n_5 表示 5 级侵染的根段数, n_4 表示 4 级侵染的根段数, n_3 表示 3 级侵染的根段数,以此类推。

1.3.2 丛枝菌根真菌孢子密度的测定 采用湿筛倾析-蔗糖离心法^[7]对 50 g 风干土壤中的丛枝菌根真菌孢子进行分离,在体视显微镜下对丛枝菌根真菌孢子进行计数。

1.4 数据分析

试验数据采用 SPSS 12.0 软件进行统计分析。

2 结果与分析

2.1 矿区植物丛枝菌根形成情况

在植物生长期,共有 20 科 41 种植物存在于邯郸矿区土壤中,试验对植被类型、根系菌根结构类型、侵染强度、侵染率和孢子密度进行了研究(表 1)。结果表明,在 41 种植物中,35 种都能形成典型的泡囊或丛枝结构,占有植物的 85.37%,6 种植物未见任何菌根结构,侵染率为 0,占有植物的 14.63%,它们分别隶属于藜科(Chenopodiaceae)、十字花科(Cruciferae)、大戟科(Euphorbiaceae)和菊科(Compositae),其中,藜科和十字花科中所有植物都没有被侵染,大戟科和菊科只是其中一种植物没有被侵染。

表 1 矿区植物与丛枝菌根真菌共生状况

Table 1 The symbiotic relationship between plant and AMF in coal mine areas

植物种类 Plant specie	植被类型 Vegetation form	丛枝 Arbus-cular	泡囊 Vesi-cular	菌丝 Hyp-he	侵染强度 Colonization intensity	侵染率 Infection rate/%	孢子密度 Spore density/个·(50g) ⁻¹ 土
榆科 Ulmaceae						37.50	169.00
榆树 <i>Ulmus pumila</i>	乔木	+	+	+	高	37.50	169.00
桑科 Moraceae						26.27	99.33
构树 <i>Broussonetia papyrifera</i>	乔木	-	+	+	中	22.50	152.00
葎草 <i>Humulus scandens</i>	草本	-	+	+	中	38.70	94.00
大麻 <i>Cannabis sativa</i>	草本	-	+	+	中	17.60	52.00
蓼科 Polygonaceae						12.50	193.00
羊蹄 <i>Rumex japonicus</i>	草本	-	+	+	中	12.50	193.00
藜科 Chenopodiaceae						0	115.00
灰绿藜 <i>Chenopodium glaucum</i>	草本	-	-	-	0	0	136.00
藜 <i>Chenopodium album</i>	草本	-	-	-	0	0	94.00
苋科 Amaranthaceae						10.20	60.00
反枝苋 <i>Amaranthus retroflexus</i>	草本	-	+	+	低	11.29	53.00
凹头苋 <i>Amaranthus lividus</i>	草本	-	+	+	低	9.10	67.00

续表 1

Table 1 continued

植物种类 Plant specie	植被类型 Vegetation form	丛枝 Arbus-cular	泡囊 Vesi-cular	菌丝 Hyp-he	侵染强度 Colonization intensity	侵染率 Infection rate/%	孢子密度 Spore density/个·(50g) ⁻¹ 土
罂粟科 Papaveraceae						61.70	213.00
秃疮花 <i>Dicranostigma leptopodum</i>	草本	+	+	+	高	61.70	213.00
十字花科 Cruciferae						0	74.50
独行菜 <i>Lepidium apetalum</i>	草本	—	—	—	0	0	86.00
芥 <i>Capsella bursa-pastoris</i>	草本	—	—	—	0	0	63.00
蔷薇科 Rosaceae						36.21	125.00
苹果 <i>Malus pumila</i>	乔木	—	+	+	中	36.21	125.00
豆科 Leguminosae						71.26	181.50
紫穗槐 <i>Amorpha fruticosa</i>	灌木	+	+	+	高	85.30	196.00
槐 <i>Sophora japonica</i>	乔木	—	+	+	中	57.22	167.00
大戟科 Euphorbiaceae						4.67	82.00
地构叶 <i>Speranskia tuberculata</i>	草本	—	—	—	0	0	68.00
地锦 <i>Euphorbia humifusa</i>	草本	—	+	+	低	9.33	96.00
漆树科 Anacardiaceae						15.00	143.00
火炬树 <i>Rhus typhina</i>	乔木	—	+	+	中	15.00	143.00
萝藦科 Asclepiadaceae						76.25	282.00
鹅绒藤 <i>Cynanchum chinense</i>	草本	—	+	+	中	60.17	199.00
杠柳 <i>Periploca sepium</i>	灌木	+	+	+	高	92.33	365.00
茜草科 Rubiaceae						6.66	103.00
茜草 <i>Rubia cordifolia</i>	草本	—	+	+	中	6.66	103.00
旋花科 Convolvulaceae						33.33	78.33
牵牛 <i>Pharbitis nil</i>	草本	+	+	+	高	45.45	109.00
田旋花 <i>Convolvulus arvensis</i>	草本	—	+	+	中	25.12	69.00
圆叶牵牛 <i>Pharbitis purpurea</i>	草本	—	+	+	中	29.41	57.00
马鞭草科 Verbenaceae						70.78	227.00
牡荆 <i>Vitex, negundo</i> var. <i>camabi folia</i>	灌木	+	+	+	高	70.78	227.00
茄科 Solanaceae						23.56	112.00
曼陀罗 <i>D. stramonium</i>	草本	+	+	+	高	23.56	112.00
车前科 Plantaginaceae						51.21	77.00
车前 <i>Plantago asiatica</i>	草本	—	+	+	中	51.21	77.00
菊科 Compositae						19.82	88.00
黄顶菊 <i>Flaveria bidentis</i>	草本	+	+	+	高	60.00	102.00
牛尾蒿 <i>Artemisia dubia</i>	草本	+	—	+	中	21.35	56.00
猪毛蒿 <i>Artemisia scoparia</i>	草本	—	+	+	中	16.36	64.00
茵陈蒿 <i>Artemisia capillaris</i>	草本	—	+	+	中	20.32	156.00
黄花蒿 <i>Artemisia annua</i>	草本	+	+	+	高	16.67	52.00
长裂苦苣菜 <i>Sonchus brachyotus</i>	草本	—	—	+	0	0	63.00
鬼针草 <i>Bidens pilosa</i>	草本	—	+	+	低	12.50	110.00
飞蓬 <i>Erigeron acer</i>	草本	—	+	+	低	11.36	101.00
禾本科 Gramineae						56.07	96.80
狗尾草 <i>Setaria viridis</i>	草本	—	+	+	中	62.50	103.00
荻 <i>T. sacchari flora</i>	草本	—	+	+	中	30.00	68.00
牛筋草 <i>Eleusine indica</i>	草本	+	+	+	高	58.33	86.00
虎尾草 <i>Chloris virgata</i>	草本	—	+	+	低	33.33	106.00
狗牙根 <i>Cynodon dactylon</i>	草本	—	+	+	高	63.51	121.00
莎草科 Cyperaceae						8.60	65.00
球穗藎草 <i>C. amgunensis</i>	草本	—	+	+	低	8.60	65.00

注:孢子密度为每 50 g 土中的孢子个数。

Note: Spore density was defined as the number of spores per 50 g of soil.

2.2 矿区植物间丛枝菌根侵染的差异性

从表 1 可以看出,矿区植物间丛枝菌根侵染状况存在明显差异,在不同科植物中,萝藦科(Asclepiadaceae)、豆科(Leguminosae)、马鞭草科(Verbenaceae)、罂粟科(Papaveraceae)、禾本科(Gramineae)、车前科(Plantagi-

naceae)植物侵染率在 40%以上,表明以上 6 科作为矿区的伴生植物对菌根真菌具有较高的亲和性,菌根侵染率变化表现为:萝藦科>豆科>马鞭草科>罂粟科>禾本科>车前科,尤其是萝藦科、豆科、马鞭草科和罂粟科均超过了 60%,分别达到了 76.25%、71.26%、70.78%和

61.70%。从植物种类上看,侵染率最高的是杠柳(*Periploca sepium*),其次是紫穗槐(*Amorpha fruticosa*)和牡荆(*Vitex negundo* var. *cannabifolia*),分别高达92.33%、85.30%和70.78%,且方差分析表明,不同植物种类间的侵染率存在显著性差异($F=1.729, P=0.01983<0.05, df=40$),表明在所调查的植物中,这3种植物与丛枝菌根真菌亲和性高,较适合在矿区污染的土壤中生长的植物种类。

不同伴生植物类型中,乔木、灌木、草本类植被的菌根侵染率存在一定的差异,乔木类5种和灌木类3种均被侵染,菌根侵染100%,草本类共33种,27种被侵染,侵染比率为81.82%,未被侵染的6种植物为一年生或二年生草本,其中藜科和十字花科被认为不能侵染或很难被侵染,虽然有学者在2种藜科植物的根系中曾经观察到了泡囊的存在^[8],但目前仍认为该科植物是非菌根植物;大戟科和菊科植物为菌根植物,但地构叶(*Speranskia tuberculata*)和长裂苦苣菜(*Sonchus brachyotus*)没有被侵染,这可能是采样时期正处于植物生长发育的衰老期,植物本身的营养状况不足,难以供给真菌形成菌根,具体原因还有待进一步研究。另外,方差分析结果显示,丛枝菌根侵染率在乔木、灌木、草本植被类型之间差异显著($F=7.245, P=0.0022<0.05, df=2$)。

从侵染强度上分析,苋科(Amaranthaceae)、大戟科(Euphorbiaceae)和莎草科(Cyperaceae)较低,其余科侵染强度中等或均有分布,不同科和不同植物种类间存在差异,但不显著。侵染强度的不同,反映了丛枝菌根真菌对不同宿主植物在特定的生境中保持的活性及亲和性上的差异。

从孢子密度上看,萝藦科的孢子密度最高,每50 g土达到282个,苋科最低,50 g土仅有60个,但不同科之间孢子密度的变化并不显著;从不同植物种类上分析,孢子密度间的差异达到了显著水平($F=1.679, P=$

$0.02578<0.05, df=40$),杠柳的孢子密度最高,其次是秃疮花(*Dicranostigma leptopodum*),黄花蒿(*Artemisia annua*)最低;不同植被类型间的孢子密度差异不明显。侵染率和孢子密度的关系因植物科属不同存在一定差异(图1)。相对而言,藜科、藜科植物侵染率低或无,但产孢能力较高,车前科、禾本科侵染率较高,但孢子密度较低,除此以外,其它科植物二者之间总体呈正相关。

3 讨论

丛枝菌根是菌根中最普遍的类型,除少数几科不能或不易形成菌根外,世界上大约90%的有花植物及蕨类和苔藓植物都具有丛枝菌根,因此,它们的寄主范围最广。随着对菌根研究的越来越深入,发现原先被认为不能形成菌根的苋科、莎草科植物也能被侵染,这在该研究中也得到了证实。十字花科被认为是一种非菌根植物,有研究证明,十字花科的根系分泌物中缺乏类黄酮等信号物质,而类黄酮在菌根侵染中可能起信号识别作用^[9-10],而且十字花科植物还可以通过芥子油葡萄糖苷的合成来阻止丛枝菌根的形成^[11],因此,十字花科植物很难被侵染。藜科植物一些种类的根系中也会产生降低丛枝菌根真菌感染的物质,导致该科不易被侵染,具体是哪一类物质及是否还有其它因素的影响有待进一步研究。试验中,大戟科的地构叶(*Speranskia tuberculata*)和菊科的长裂苦苣菜(*Sonchus brachyotus*)未被丛枝菌根真菌侵染,它们均在可被侵染的科属中,说明,虽然丛枝菌根真菌的寄主范围很广,但菌根的形成受多种因素影响,比如寄主植物和真菌亲和性、二者的选择性及孢子发育情况等。

丛枝菌根的典型特征是在植物根系细胞中产生泡囊和丛枝结构,在该研究结果中,并不是所有植物都产生这2种结构。在自然条件下,由于生态及发育阶段千差万别,丛枝菌根结构并没有完全表现出来是很正常的,但并不表示没有这种结构,原因是丛枝菌根的典型解剖结构在植物根系中存在的状态与多种因素有关,比如寄主植物的种类、植物生长时期、菌根真菌本身的种类和气候、土壤、根围生物及采样方式等。泡囊是目前研究较少的菌根结构,对其不同发育阶段还没有完全了解,有研究表明,泡囊的发育与植物的发育时期和植物种类关系密切^[12];丛枝结构不能在调查的所有植物中观察到的原因主要是:存活的时间较短,根据植物种类的不同,只存活5~25 d后便开始衰老、退化、消解,因此,丛枝结构是较难观察到的一种菌根结构;菌丝存在的时间较长,一般缠绕在根系表面或沿着根表面似匍匐茎状生长、扩展,多处发生分枝,它还可以菌丝桥的形式将2株或多株相同或不同植物种类的根系连接起来,形成大的网络系统,进行物质的运输和传递,基于菌丝的这些

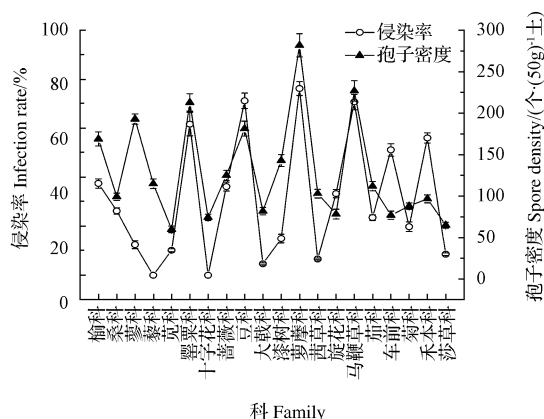


图1 不同科的侵染率和孢子密度

Fig.1 Infection rate and spore density from different family

特点,菌丝结构在植物中容易观察^[13]。

目前,国内外学者对侵染率和孢子密度之间的关系研究较多,有结果显示,当丛枝菌根真菌侵染率高时,常常伴随着较高的产孢能力^[14-15],也有一些结果证实,二者不存在相关性^[16-17],该研究结果表明,侵染率和孢子密度的关系会因植物种类的不同而存在差异。所调查的植物中,多数表现为侵染率和孢子密度呈相同的变化趋势,而蓼科(Polygonaceae)植物的羊蹄(*Rumex japonicus*)、藜科植物的灰绿藜(*Chenopodium glaucum*)和藜(*Chenopodium album*)、车前科的车前(*Plantago asiatica*)和禾本科的荻(*T. sacchariflora*)、牛筋草(*Eleusine indica*)等则表现出侵染率和孢子密度变化相反的趋势。说明二者之间并不存在严格的对应关系,甚至即使植物没有被侵染时,孢子也会存在,只是由于一些原因真菌不能侵染植物形成菌根而已。

在生态被破坏地区,丛枝菌根真菌不同程度的影响着生态系统中的植物,当生态系统中的优势群恰是筛选出的对菌根真菌具有依赖性的寄主植物时,人为的引入丛枝菌根真菌来加速生物群落尤其是植被的恢复,将是一个行之有效的方法。该研究筛选出杠柳、紫穗槐和牡荆为邯郸矿区最主要的建群植物,这将为下一步利用菌根生物技术恢复矿区生态系统提供一个初步参考。

参考文献

- [1] 杜善周,毕银丽,吴王燕,等. 丛枝菌根对矿区环境修复的生态效应[J]. 农业工程学报,2008,24(4):113-116.
- [2] 钱奎梅,王丽萍,李江,等. 矿区废弃地生态修复中丛枝菌根接种效应[J]. 环境科技,2010,23(4):6-10.
- [3] 郭伟,赵文静,赵仁鑫,等. 5种丛枝菌根真菌在草原生态系统铜尾矿植被恢复中的作用[J]. 安全与环境学报,2013,13(4):54-59.

- [4] 赵仁鑫,郭伟,付瑞英,等. 丛枝菌根真菌在不同类型煤矸石山植被恢复中的作用[J]. 环境科学,2013,34(11):4447-4454.
- [5] Phillips J M, Haymen D S. Improved procedures for clearing and attaining parasitic and vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi for rapid assessment of infection[J]. Transactions British Mycological Society, 1970, 55: 158-161.
- [6] 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,1997:139.
- [7] Dalpe Y. Vesicular-arbuscular mycorrhiza//Carter M R. Soil sampling and methods of analysis[J]. Lewis Publishers, Boca Raton, Florida, 1993:287-301.
- [8] O'Connor P J, Smith S E, Smith F A. Arbuscular mycorrhizal associations in the simpson desert[J]. Pakistan Journal of Botany, 2001, 49: 493-499.
- [9] 董昌金,赵斌. 类黄酮物质 apigenin 和 daidzein 诱导 AM 真菌侵染十字花科植物芥菜[J]. 科学通报,2004,49(10):953-959.
- [10] Buee M, Rossignol M, Jauneau A. The pre-symbiotic growth of arbuscular mycorrhizal fungi is induced by a branching factor partially purified from plant root exudates[J]. Molecular Plant-Microbe Interactions, 2000, 13(6): 693-698.
- [11] 李晓琳,冯固. 丛枝菌根生态生理[M]. 北京:华文出版社,2001:106-135.
- [12] Chen Y L, Dell B, Malajczuk N. Effect of *Scleroderma* spore density and age on mycorrhiza formation and growth of containerized *Eucalyptus* and *E. urophylla* seedlings[J]. New Forests, 2006, 31: 453-467.
- [13] 刘润进,陈应龙. 菌根学[M]. 北京:科学出版社,2007:78-134.
- [14] Ebberts B C, Anderson R C, Liberta A E. Aspects of the mycorrhizal ecology of prairie dropseed *Sporobolus heterolepis* (Poaceae) [J]. American Journal of Botany, 1987, 74: 564-573.
- [15] Siguenza C, Espejel I, Allen E B. Seas on ality of mycorrhizae in coastal sand dunes of Baja California[J]. Mycorrhiza, 1996, 6: 151-157.
- [16] Fontenla S, Godoy R, Rosso P, et al. Root associations in Austrocedrus forests and seasonal dynamics of arbuscular mycorrhizas [J]. Mycorrhiza, 1998, 8: 29-33.
- [17] 赵丹丹,梁昌聪,赵之伟. 金沙江支流普渡河、小江干热河谷的丛枝菌根[J]. 云南植物研究,2006,28(3):250-256.

Symbiosis Effect of Arbuscular Mycorrhizal Fungi on Plants in Coal Mine Areas

LU Yan-qi¹, CHANG She-xia², XING Hong-xia², LI Yan¹, XU Chun-jing³, WANG Zheng¹

(1. College of Argiculture, Hebei University of Engineering, Handan, Hebei 056038; 2. Yongnian Agriculture and Animal Husbandry Bureau, Yongnian, Hebei 056000; 3. College of Plant Protection, Northwest Science and Technology University of Agricultural and Forestry, Yangling, Shaanxi 712100)

Abstract: Arbuscular mycorrhizae fungi and their symbiotic relationship with 41 plant species which belongs 20 family from coal mining areas in Wu'an were studied in this paper. Fieldwork and experimental analyses were carried out. Dominant plant community were elected and cleared up the relationship of infection rate, colonization intensity and spore density. The results showed that 35 plant species were infected by arbuscular mycorrhizae fungi and the infection rate of Asclepiadaceae, Leguminosae, Verbenaceae were the best ones. Talking about the most optimal plant-species were *Periploca sepium*, *Amorpha fruticosa*, *Vitex. negundo* var. *cannabifolia*, which were 92.33%, 85.30%, 70.78% respectively. There were significant differences among vegetation forms, and it had not significant difference in plant species at colonization intensity. The infection intensity was different between different plants. The relationship of infection rate and spore density varied with the plant species.

Keywords: coal mine areas; arbuscular mycorrhizal fungi; symbiosis