

烤烟根际微生物群落结构及其动态变化的研究*

湛方栋^{1,3} 陆引罡¹ 关国经² 唐远驹² 张永春² 黄建国¹

(1 西南农业大学资源与环境学院, 重庆 400716)

(2 贵州省烟草科学研究所, 贵州福泉 550500)

(3 云南农业大学资源与环境学院, 昆明 650201)

摘要 选择贵州省三种典型的植烟土壤——中性紫色土、黄壤和黄色石灰土为对象, 研究了烤烟根际微生物群落结构及其动态变化。结果表明, 在烤烟生长过程中, 根际细菌的数量在团棵期最低, 然后逐渐增加, 现蕾期达到峰值, 进而又逐渐减少; 放线菌和真菌数量从团棵期到成熟期呈增长趋势。土壤类型不同, 根际细菌和放线菌的数量不一样, 黄壤 > 黄色石灰土 > 中性紫色土; 真菌数量, 中性紫色土 > 黄壤 > 黄色石灰土。烤烟根际微生物的种群多样性及其变化在不同土壤中表现也不一样, 相对于黄壤和黄色石灰土, 在中性紫色土中, 根际微生物的优势种群数目较多, 根际细菌和放线菌种群更具多样性, 而且较稳定, 表明其群落结构更为合理, 这可能与中性紫色土上的烟草青枯病发生率较低有一定关系。

关键词 烤烟; 根际微生物; 种群多样性; 群落结构

中图分类号 S182 文献标识码 A

烤烟是我国重要的经济作物, 烤烟的产量与质量和烤烟病害的发生程度密切相关^[1]。研究表明, 作物病害的发生, 尤其是土传病害的发生与根际微生物的数量、区系组成和群落结构关系密切^[2~7]。对烤烟根际微生物的研究报道着重于施肥施药等耕作措施对烤烟根际微生物数量和对根际真菌区系组成及前作、病毒病害等对真菌区系影响方面的研究^[8~16], 缺少较全面的对大田烤烟不同生育期, 不同植烟土壤上根际微生物的研究。

我们在贵州烤烟的生产实践中发现, 黄壤短时间的连作烤烟就会使其发生严重的青枯病, 即使在长时期内不再种植烤烟, 也难于恢复正常; 而在中性紫色土上, 多年连作烤烟之后, 烟草青枯病的发病率仍很低, 如果轮作其他作物, 中性紫色土可在短期内恢复正常; 黄色石灰土的情况居于上述二者之间。在中性紫色土上生长的烟叶质量通常优于其他土壤上的烟叶质量^[17]。

为此, 选择贵州省三种典型的黄壤、黄色石灰土和中性紫色土为对象, 研究烤烟在不同生育时期、不同类型植烟土壤上的根际微生物数量、区系组成和

群落结构等的变化与差异, 丰富烤烟根际微生态方面的内容, 并为研究烤烟根际微生物与土传病害发生发展之间的关系, 以及这种关系对烤烟产量品质的影响提供理论基础。

1 材料与方法

1.1 样品采集与根际土悬浊液制备

试验在贵州省烟草科学研究所实验农场进行, 以多年种植烤烟的泥岩发育的中性紫色土、砂岩发育的黄壤和黄色石灰土为研究对象, 土壤基本理化性质见表 1, 其分析方法参见文献^[18]。烤烟品种为贵州广泛种植的 K326, 并对实验地烤烟进行相同的施肥、施药、灌溉等田间常规管理, 分别在烤烟的团棵期、现蕾期和成熟期, 田间采集烤烟的根际土壤。在每种土壤上, 随机选取 15 株健壮烤烟, 先去掉 0~5 cm 的表土, 然后取出 5~40 cm 土层中的根系, 轻轻抖动除去粘附在根表面的土壤, 混合 5 株根系为一样品, 用灭菌的塑料纸包扎密封, 带回实验室。称取 8.0 g 新鲜根系, 置于盛有 100 ml 无菌水

* 国家烟草专卖局科学研究与技术开发基金项目“连作烟地土壤障碍因子的发生机理及改良技术研究”(合同号 110200401011)资助

- 通讯作者, E-mail: jianguo@ hotmail. com

作者简介: 湛方栋(1980~), 男, 江西赣县人, 从事农业微生物方向的研究

收稿日期: 2004-06-09; 收到修改稿日期: 2004-12-10

的三角瓶中, 振荡 15 min, 捞出根系获得烤烟的根际土壤悬浊液^[19], 用于有关微生物的测定。

表 1 土壤基本理化性质

Table 1 Basic physical and chemical properties of the soils

土壤 Soil	pH	有机质	全氮	全磷	全钾	碱解氮	速效磷	速效钾	粒级 Fractions		
		Organic matter (g kg ⁻¹)	Total N (g kg ⁻¹)	Total P (g kg ⁻¹)	Total K (g kg ⁻¹)	Alkalitic N (mg kg ⁻¹)	Readily available P (mg kg ⁻¹)	Readily available K (mg kg ⁻¹)	1~0.05 mm	0.05~0.01 mm	<0.001 mm
									(%)		
中性紫色土 Neutral purplish soil	7.68	10.30	0.91	0.65	22.97	89	4.35	193	9.97	32.11	16.32
黄壤 Yellow earth	5.96	32.91	1.71	2.28	13.59	216	66.4	206	6.90	18.93	34.71
黄色石灰土 Yellow rendzina	7.13	47.76	1.91	2.14	14.68	193	117	152	11.18	28.73	18.29

1.2 根际微生物的分离计数

采用稀释平板法, 在牛肉膏蛋白胨琼脂培养基、改良高氏一号培养基和马丁氏(Martin)培养基上, 分别对烤烟根际细菌、放线菌和真菌进行分离计数。并在在最高稀释度平板上出现的 5~10 个菌落的菌株作为根际中的优势菌株^[19]。

用已经在 105℃ 的烘箱中烘了 6~8 h 的、至恒重的滤纸过滤根际土悬浊液, 获得的根际土进行与滤纸相同的处理, 烘干至恒重, 得到根际土的干重, 从而获得微生物计数的基本单位 CFU g⁻¹ 干土 (CFU, colony forming unit)。

1.3 根际微生物种群的鉴定方法

根际细菌进行革兰氏染色、好氧性测定、葡萄糖氧化发酵反应、芽孢染色、氧化酶反应、过氧化氢酶反应、M.R 反应、V.P 反应、甘乳醇和乳糖发酵反应, 并测定是否具有分解尿素、淀粉和明胶, 产 H₂S 和吡啶, 以及利用柠檬酸盐的能力。通过这些形态和生理生化反应进行初步鉴定^[20]。

根际放线菌和真菌于 28℃ 分别培养 11 d 和 6 d, 采用显微形态观察, 初步分类^[20-22]。

1.4 群落结构特征计算

分离频率(Isolation frequency) = 某土样中某种群的分离数/土样总菌数。

种群多样性(Community diversity)^[23]: Shannon 多样性指数 $H = -\sum p_i \log p_i$, Simpson 多样性指数 $D = 1 - \sum p_i^2$, McIntosh 多样性指数 $D_{mc} = (N - \sqrt{\sum N_i^2}) / (N - \sqrt{N})$; 其中 p_i 为分离频率, N 为某样本微生物个体数, N_i 为 i 种群微生物个体数。

2 结果与分析

2.1 烤烟根际微生物数量及其变化

如图 1、图 2、图 3 所示, 烤烟根际微生物数量为细菌 > 放线菌 > 真菌。但土壤类型不同, 微生物的数量也不一样。烤烟根际的细菌和放线菌数量在黄壤中最多, 中性紫色土中最少, 前者分别是后者的 2.23 倍(细菌)和 1.97 倍(放线菌), 两种土壤之间的差异达到显著水平($p < 0.05$)。尽管三种土壤根际中的真菌数量差异不显著, 但其中性紫色土中最多, 黄色石灰土中最少。从根际微生物(细菌、放线菌和真菌)的总数看, 黄壤最多, 黄色石灰土次之, 中性紫色土最少。

烤烟根际微生物的数量随生育期不同也有变化。在烤烟生长过程中, 根际细菌的数量在团棵期最少, 然后逐渐增加, 现蕾期达到峰值, 进而减少, 现蕾期和其余两个时期(团棵期和成熟期)的根际细菌的数量差异极显著($p < 0.01$)。根际放线菌和真菌数量在成熟期达到最多, 并与前两个时期(团棵期和现蕾期)的根际放线菌和真菌的数量差异极显著($p < 0.01$)。此外, 土壤类型对烤烟根际微生物数量的变化也存在一定程度的影响, 试验中, 烤烟根际微生物数量的变化在中性紫色土中较稳定, 在黄壤和黄色石灰土中变化较剧烈。

植物根系的分泌物和脱落物是根际微生物的主要营养源和能源, 对根际微生物的数量和组成具有决定性作用。烤烟从团棵期到现蕾期, 处于旺长阶段, 根系分泌作用强烈, 而细菌对根系分泌物的利用

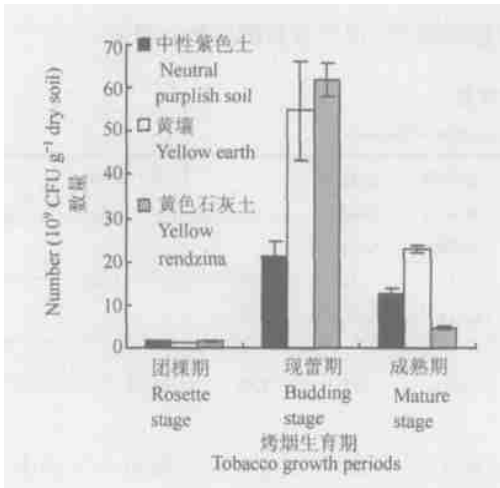


图1 烤烟根际细菌数量动态变化

Fig. 1 Dynamics of bacteria in the rhizosphere of flue-cured tobacco

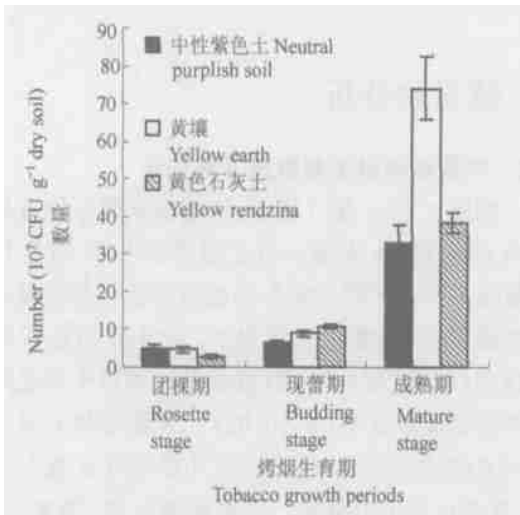


图2 烤烟根际放线菌数量动态变化

Fig. 2 Dynamics of actinomycetes in the rhizosphere of flue-cured tobacco

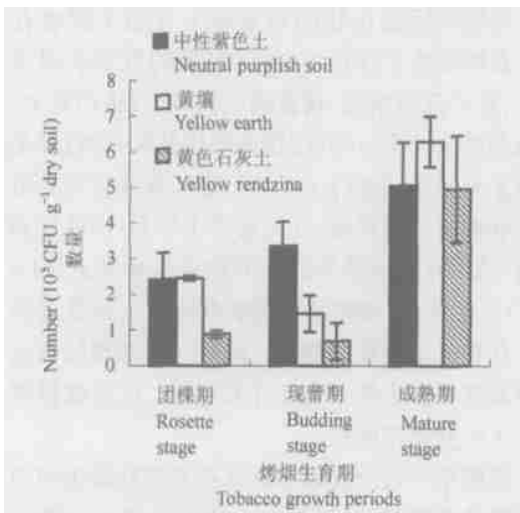


图3 烤烟根际真菌数量动态变化

Fig. 3 Dynamics of fungi in the rhizosphere of flue-cured tobacco

率和敏感性远远超过放线菌和真菌,所以在现蕾期,出现细菌数量高峰;而从现蕾期至成熟期,烤烟处于衰败阶段,根系分泌作用减弱,并出现有害代谢产物的累积,导致根际环境的恶化,细菌对此很敏感,导致数量剧减,其对营养源和能源的竞争也剧烈下降,使得放线菌和真菌能够得到相对较多的营养源和能源,从而有利于抗逆性较强的放线菌和真菌的繁殖增长。表明烤烟可以通过根分泌作用来调节根际微生物数量,使根际微生物的变化与作物的生育期相一致。

另外,把试验的结果与三种土壤耐烤烟连作的能力和连作后烟草青枯病发病的程度结合起来,发现在黄壤中,烤烟根际细菌和放线菌数量最多,这与 Miller 等^[2]认为在作物根际中,较多的细菌数量容易使作物发生病害的观点相符,而与李洪连等^[3]关于在棉花根际中,真菌和放线菌的数量与作物对病害的抗性呈正相关的结论有所差异。

2.2 烤烟根际优势微生物种群

烤烟根际微生物的群落在种群组成上具有多样性。试验分离获得 165 株细菌、123 株放线菌和 100 株真菌,其中 331 株菌鉴定到属,另 57 株菌未能鉴定确切,涉及细菌的 14 个属,真菌的 11 个属,放线菌中链霉菌属的 8 个类群。

19 株根际优势细菌中,11 株为假单胞杆菌(见表 2),这与其高分离率(29.7%)是相对应;但具有高分离率(25.5%)的芽孢杆菌,却只有 2 株菌为优势菌株,且均分离自中性紫色土。前人研究认为假单胞杆菌和芽孢杆菌为土壤典型的发酵类型微生物^[24],它们对植物根系的分泌物和脱落物反应迅速,生长繁殖很快,从植物根际中可以广泛的分离出来,因而通常具有很高的分离率。另外,在中性紫色土中分离到 8 株根际优势细菌,为 3 株假单胞杆菌、芽孢杆菌属和气单胞菌属细菌各 2 株,1 株微球菌属细菌;而从黄壤和黄色石灰土中分离获得的 11 株根际优势细菌中,8 株为假单胞杆菌;可以看出,相对黄壤和黄色石灰土而言,在中性紫色土中根际细菌优势种群的分布和组成更为均匀。

白孢类群和吸水类群为烤烟根际放线菌的优势类群,其分离率分别为 33.3% 和 30.9%;其次为金色类群、灰褐类群和灰灰类群,它们的分离率为 5%~10%。有报道认为,青海保护地里的辣椒根际放线菌以链霉菌为主,其优势类群为金色类群,其次为白孢类群和灰褐类群^[25];而春小麦根际中的链霉菌主要是白孢类群和金色类群,其次是灰褐类

群^[26]; 这与本试验结果有一定差异, 表明根际微生物种群区系的组成具有植物基因型的差异。

14 株根际优势真菌中, 11 株为青霉属, 这与其高分离率(28%) 相一致, 表明青霉属真菌是烤烟根际的优势真菌; 毛霉属、木霉属、腐霉属、镰刀菌属和曲霉属的分离率介于 6%~9% 之间。对真菌

而言, 平板稀释法是一种孢子真菌的分离方法, 应用这种方法分离到的真菌几乎全部为丝孢纲的半知菌, 所测得的结果也大致相同, 青霉属、木霉属、曲霉属和镰刀菌属是各种作物根际中的常见真菌^[27~29]。

表 2 烤烟根际优势微生物

Table 2 Dominant microorganisms in the rhizosphere of flue cured tobacco

微生物 Microorganisms	菌株鉴定 Identification	中性紫色土 Neutral purplish soil			黄壤 Yellow earth			黄色石灰土 Yellow rendzina			总数 Sum
		团棵期 Rosette stage	现蕾期 Budding stage	成熟期 Mature stage	团棵期 Rosette stage	现蕾期 Budding stage	成熟期 Mature stage	团棵期 Rosette stage	现蕾期 Budding stage	成熟期 Mature stage	
		细菌 Bacteria	<i>Pseudomonas</i>	1	—	2	2	1	1	2	
	<i>Xanthomonas</i>	—	—	—	—	—	—	1	—	—	1
	<i>Aeromonas</i>	1	1	—	—	—	—	—	—	—	2
	<i>Alcaligenes</i>	—	—	—	1	—	—	1	—	—	2
	<i>Bacillus</i>	1	—	1	—	—	—	—	—	—	2
	<i>Micrococcus</i>	—	1	—	—	—	—	—	—	—	1
放线菌 Actinomycetes	<i>Albosporus</i>	1	1	2	—	1	—	—	—	—	5
	<i>Hygroscopicus</i>	1	—	—	2	—	—	—	2	2	7
	<i>Aureus</i>	—	1	1	—	1	1	—	—	—	4
	<i>Cinereus</i>	—	—	—	—	—	—	1	—	—	1
	<i>Griseofuscus</i>	—	—	—	1	—	—	—	—	—	1
真菌 Fungi	<i>Penicillium</i>	1	1	1	2	2	1	1	1	1	11
	<i>Apergillus</i>	—	—	—	—	—	—	1	—	—	1
	<i>Trichoderma</i>	—	—	—	—	—	—	—	1	—	1
	<i>Ciránella</i>	—	—	—	—	—	—	1	—	—	1

2.3 烤烟根际微生物的种群多样性

烤烟根际微生物的种群多样性随烤烟的生长而出现变化(见表 3)。从团棵期到成熟期, 根际细菌种群多样性逐渐减小; 真菌种群多样性逐渐增大; 而放线菌种群多样性变化趋势因土壤不同而异, 在黄壤中, 其多样性随烤烟生长而增大, 在紫色土中的变化与前者相反, 在黄色石灰土中的变化又有差别, 其多样性在团棵期最大, 成熟期次之, 现蕾期最小。由于根系的分泌物和脱落物对微生物具有选择和富集的作用, 影响根际微生物的组成, 烤烟生长过程中, 根系的分泌物和脱落物的种类和数量出现变化, 这必然会导致烤烟根际微生物出现种群多样性的变化。

此外, 生物多样性是衡量生态系统稳定和健康的的一个重要指标^[30], 一般而言, 生境条件越适宜, 群

落稳定性就大, 其多样性也越高, 即生物群落的多样性可以用来衡量环境的优劣。在烤烟根际中, 细菌和放线菌种群多样性为中性紫色土> 黄壤> 黄色石灰土, 真菌种群多样性为黄色石灰土> 黄壤> 中性紫色土, 而且相对于黄壤和黄色石灰土, 在中性紫色土中, 不同生育期的细菌和放线菌种群多样性的变化较稳定, 根际真菌数量最多和真菌/细菌数量的比值最大, 根际微生物的优势种群数目最多, 分布较平均, 可以认为, 在中性紫色土上, 烤烟根际微生物的群落结构更为合理。进而联系到在中性紫色土上的烟草青枯病发生率较低这一田间情况, 说明烤烟合理的根际微生物群落结构可能对烟草青枯病的发生发展有一定抑制作用。这与 Nishiyama 等^[4]、Shiomi 等^[5]关于在微生物多样性高和群落结构比较合理的

番茄根际中, *Ralstonia solanacearum* 的生长繁殖受到一定程度的抑制, 这可能是青枯病在特定土壤上发病率较低的主要原因的结论基本相同, 也与 Outi

等^[6]、Bekwe 等^[7]认为土壤真菌数量多和真菌/细菌数量的比值高可以较好地指示土壤的健康程度的观点相一致。

表3 烤烟根际微生物种群多样性

Table 3 Population diversity of microorganisms in the rhizosphere of flue cured tobacco

微生物 Microorganisms	多样性指数 Diversity Index	中性紫色土 Neutral purplish soil			黄壤 Yellow earth			黄色石灰土 Yellow rendzina		
		团棵期 Rosette stage	现蕾期 Budding stage	成熟期 Mature stage	团棵期 Rosette stage	现蕾期 Budding stage	成熟期 Mature stage	团棵期 Rosette stage	现蕾期 Budding stage	成熟期 Mature stage
		细菌 Bacteria	Shannon	0.835	0.887	0.531	0.893	0.826	0.465	0.862
	Simpson	0.813	0.853	0.680	0.844	0.814	0.648	0.851	0.770	0.582
	McIntosh	0.756	0.801	0.579	0.773	0.723	0.543	0.811	0.675	0.458
放线菌 Actinomycetes	Shannon	0.618	0.588	0.523	0.389	0.594	0.727	0.616	0.473	0.583
	Simpson	0.722	0.680	0.602	0.459	0.694	0.755	0.710	0.582	0.695
	McIntosh	0.665	0.579	0.487	0.361	0.640	0.689	0.639	0.515	0.597
真菌 Fungi	Shannon	0.527	0.661	0.654	0.752	0.880	0.836	0.736	0.736	0.837
	Simpson	0.656	0.765	0.76	0.781	0.860	0.828	0.800	0.800	0.836
	McIntosh	0.640	0.774	0.746	0.736	0.915	0.811	0.808	0.808	0.793

3 结论

试验表明, 烤烟根际微生物的数量、群落结构、优势种群和种群多样性及它们的变化受生育期和植烟土壤类型的影响。不过, 影响根际微生物的因素很多, 包括植物类型、生育期及长势、土壤类型、土壤处理、叶面处理、环境因素和微生物的相互作用等, 这些影响因素的影响程度, 以及通过什么途径施加影响等问题, 还有待进一步研究。此外, 蔡燕飞等通过施用某些特定的有机肥, 调控土壤微生物的群落结构, 从而提高了土壤质量, 减少番茄青枯病的发生^[31~33]。表明可以通过一些耕作措施, 调控作物根际微生物的群落结构, 从而达到控制土传性病害的发生程度, 这为将来的研究提供一个参考和方向, 对烤烟的生产实践也具有一定的指导意义。

参考文献

- [1] 朱贤朝, 王彦亭, 王智发. 中国烟草病害. 北京: 中国农业出版社, 2002. 151~162. Zhu X C, Wang Y T, Wang Z F. eds. Tobacco Diseases in China (In Chinese), Beijing: China Agricultural Press, 2002. 151~162
- [2] Miller H L, Henken G, van Veen J V. Variation and composition bacteria populations in the rhizospheres of maize, wheat and grass

cultivars. Can. J. Microbiol., 1989, 35: 656~660

- [3] 李洪连, 王守正, 张明智. 棉花抗、感枯萎病品种根际微生物数量研究. 河南农业大学学报, 1990, 24(1): 49~56. Li H L, Wang S Z, Zhang M Z. Cotton varieties resistant and susceptible to wilting and their rhizosphere microorganism quantity (In Chinese). Acta Agriculturae Universitatis Henanensis, 1990, 24(1): 49~56
- [4] Nishiyama M, Shiomi Y, Suzuki S, et al. Suppression of growth of *Ralstonia solanacearum*, tomato bacterial wilt agent, on/in tomato seedlings in a suppressive soil in Japan. Soil Sci. Plant Nutr., 1999, 45: 79~87
- [5] Shiomi Y, Nishiyama M, Onizuka T, et al. Comparison of bacterial community structures in the rhizosphere of tomato plants grown in soils suppressive and conducive towards bacterial wilt. Applied and Environmental Microbiology, 1999, 365(9): 996~1001
- [6] Outi P, Susan G, Risto H T. Microbial community structure and characteristics of the organic matter in soil under *Pinus sylvestris*, *Picea abies* and *Betula pendula* at two forest sites. Biology Fertility of Soil, 2001, 33: 17~24
- [7] Bekwe A M, Kennedy A C, Frohne P S, et al. Microbial diversity along a transect of agronomic zone. FEMS Microbiology Ecology, 2002, 39: 183~191
- [8] Ulacio D, Perez C, Pineda J B. Mycoflora in tobacco plant roots (*Nicotiana tabacum*) in Portuguesa state, Venezuela. Bioagro, 1997, 9(1): 3~11
- [9] Peshakov G, Ampova G, Toskov N, et al. Effect of certain herbicides on microorganisms, isolated from the rhizosphere of different crops (wheat, maize, tobacco, tomatoes, apples). Soil Science and

- Agrochemistry, 1976, 11(5): 93~ 99
- [10] Luke P, Vani M A M. Rhizosphere and rhizoplane mycoflora of *Nicotiana tabacum* L. (Tobacco). Mysore J. Agr. Sci., 1972, 6 (2): 204~ 206
- [11] Ampova G, Milianchev I. Changes in the rhizosphere microflora of tobacco affected by vetch and pea predecessors. Pochvozn Agrokhim, 1972, 7 (2): 99~ 103
- [12] Balakrishnan S, Raj J S. Effect of TMV and certain chemicals on the rhizosphere microflora of tobacco. Agric. Res. J. Kerala, 1970, 8 (2): 114~ 120
- [13] Prakash D, Naqvi Q A, Rashed A, et al. Influence of brinjal mild mosaic virus on the rhizosphere and rhizoplane mycoflora of eggplant and tobacco. Acta Bot. Indica, 1978, 6 (2): 198~ 201
- [14] 张晓海, 杨春江, 王绍坤, 等. 烤烟施用菜籽饼后根际微生物数量变化研究. 云南农业大学学报, 2003, 18(1): 14~ 19. Zhang X H, Yang C J, Wang S K, et al. Studies on microbe quantity changes around flue-cured tobacco roots after rape cake application (In Chinese). Journal of Yunnan Agricultural University, 2003, 18 (1): 14~ 19
- [15] 刘卫群, 姜占省, 郭红祥, 等. 芝麻饼肥用量对烤烟根际土壤生物活性的影响. 烟草科技, 2003, 6: 31~ 34. Liu W Q, Jiang Z S, Gou H X, et al. Effects of sesame cake fertilizer on soil biological activity in the rhizosphere of flue-cured tobacco (In Chinese). Tobacco Science and Technology, 2003, 6: 31~ 34
- [16] 刘卫群, 姜占省, 郭红祥, 等. 黄褐土、潮土中不同氮素形态对比对烤烟根际土壤微生物数量的影响. 土壤通报, 2004, 35 (1): 43~ 47. Liu W Q, Jiang Z S, Gou H X, et al. Effect of different nitrogen forms on the microbial number in rhizosphere of flue-cured tobacco planted in yellow cinnamon soil and fluvo-aquic soil (In Chinese). Chinese Journal of Soil Science, 2004, 35 (1): 43~ 47
- [17] 唐远驹. 贵州烟草生产合理布局. 贵阳: 贵州科技出版社, 1995. 25~ 36. Tang Y J. ed. Reasonably Layout of Tobacco Production in Guizhou Province (In Chinese). Guiyang: Guizhou Science and Technology Press, 1995. 25~ 36
- [18] 鲍士旦. 土壤农化分析. 北京: 中国农业出版社, 2000. Bao S D. ed. Agrochemical Soil Analysis (In Chinese). Beijing: China Agriculture Press, 2000
- [19] 中国科学院南京土壤研究所微生物室. 土壤微生物研究法. 北京: 科学出版社, 1985. Microbiology Laboratory, Institute of Soil Science, Chinese Academy of Sciences. ed. Study Methods of Soil Microbiology (In Chinese). Beijing: Science Press, 1985
- [20] 中国科学院微生物所《伯杰细菌鉴定手册》翻译组译. 伯杰细菌鉴定手册(第八版). 北京: 科学出版社, 1984. Buchanan R E, Gibbons N E. Bergey's Manual of Determinative Bacteriology. 8th Ed. Baltimore: The Williams & Wilkins Company, 1974
- [21] 阎逊初. 放线菌的分类和鉴定. 北京: 科学出版社, 1992.
- Yuan X C. ed. Taxonomy and Identification of Actinomycetes (In Chinese). Beijing: Science Press, 1992
- [22] 魏景超. 真菌鉴定手册. 上海: 上海科学技术出版社, 1979. Wei J C. ed. Manual of Fungi Taxonomy (In Chinese). Shanghai: Shanghai Science and Technology Press, 1979
- [23] 赵志模, 郭依泉. 群落生态学原理与方法. 重庆: 重庆科技文献出版社, 1990. Zhao Z M, Guo Y Q. eds. Principle and Methods of Community Ecology (In Chinese). Chongqing: Chongqing Publishing House of Scientific and Technical Documentation, 1990
- [24] Harris P J. Soil Condition & Plant Growth (Wild A ed). UK: Longman, 1988. 449~ 471
- [25] 蔡艳, 薛泉宏, 陈占全, 等. 青海省保护地辣椒根际土壤和根表放线菌研究. 应用与环境生物学报, 2003, 9(1): 92~ 96. Cai Y, Xue Q H, Chen Z Q, et al. Actinomycetes in chilli rhizosphere soil and on surface of chilli root from protectorate in Qinghai, China (In Chinese). Chin. J. Appl. Environ. Biol., 2003, 9(1): 92~ 96
- [26] 刁治民. 西宁地区春小麦土壤微生物根际效应的研究. 土壤肥料, 1996, (2): 27~ 30. Diao Z M. Soil microorganisms rhizosphere effect of spring wheat in Xining area (In Chinese). Soil Fertilizer, 1996, (2): 27~ 30
- [27] Curl E A, Truelove B. The Rhizosphere. Advanced Series in Agricultural Sciences 15. Berlin: Springer Verlag, 1986
- [28] Gadgil P D. Distribution of fungi on living roots of certain graminace and the effect of root decomposition on soil structure. Plant and Soil, 1965, 22: 239~ 259
- [29] Parkinson D, Clarke J H. Studies on fungi in the root region. Root surface fungi of three species of *Allium*. Plant and Soil, 1964, 20: 166~ 174
- [30] Bertollo P. Assessing landscape health: A case study from Northeastern Italy. Environmental Management, 2001, 27: 349~ 365
- [31] 蔡燕飞, 廖宗文, 董春, 等. 番茄青枯病的土壤微生物生态防治研究. 农业环境保护, 2002, 21(5): 417~ 420. Cai Y F, Liao Z W, Dong C, et al. Soil microbial regulation for controlling bacterial wilt of tomato (In Chinese). Agro-environmental Protection, 2002, 21 (5): 417~ 420
- [32] 蔡燕飞, 廖宗文, 章家恩, 等. 生态有机肥对番茄青枯病及土壤微生物多样性的影响. 应用生态学报, 2003, 14 (3): 349~ 353. Cai Y F, Liao Z W, Zhang J E, et al. Effect of ecological organic fertilizer on tomato bacterial wilt and soil microbial diversities (In Chinese). Chinese Journal of Applied Ecology, 2003, 14(3): 349~ 353
- [33] 蔡燕飞, 廖宗文. FAMEs 法分析施肥对番茄青枯病抑制和土壤健康恢复的效果. 中国农业科学, 2003, 36(8): 922~ 927. Cai Y F, Liao Z W. Effect of fertilization on the control of tomato bacterial wilt and soil health restoration using FAME analysis (In Chinese). Scientia Agricultura Sinica, 2003, 36(8): 922~ 927

COMMUNITY STRUCTURES OF MICROORGANISMS AND THEIR DYNAMICS IN THE RHIZOSPHERE OF FLUE-CURED TOBACCO

Zhan Fangdong^{1,3} Lu Yingang¹ Guan Guojing² Tang Yuanju² Zhang Yongchun² Huang Jianguo¹

(1 *Resource and Environment Department of Southwest Agricultural University, Chongqing 400716, China*)

(2 *Tobacco Science Research Institution of Guizhou Province, Fuquan, Guizhou 550500, China*)

(3 *Resource and Environment Department of Yunnan Agricultural University, Kunming 650201, China*)

Abstract Yellow earth, yellow rendzina and neutral purplish soil are typical soils for tobacco cultivation in Guizhou province and selected for studying community structures of microorganisms and their dynamics in the rhizosphere of flue-cured tobacco. During the growing periods of tobacco plants, the lowest count of bacteria was found at the rosette stage. Thereafter, it increased and peaked at the budding stage and then decreased till the mature stage. Actinomycetes and fungi showed a constantly increasing tendency from the rosette stage to the mature stage. The count of bacteria and actinomycetes in the rhizosphere differed between the soils, which are in the sequence of yellow earth > yellow rendzina > neutral purplish soil. In regard to the count of fungi, there existed the following tendency: neutral purplish soil > yellow earth > yellow rendzina. The microorganism population diversities and their dynamics in the tobacco rhizosphere also varied from soil to soil. In purplish soil, the number of dominant microbial populations in the rhizosphere was greater than in the other two soils, and the population diversities of bacteria and actinomycetes were even greater and more constant, suggesting that the community structures of microorganisms in neutral purplish soil were more reasonable than in both yellow earth and yellow rendzina, which was probably related to the low incidence of tobacco bacterial wilt in the neutral purplish soil.

Key words Flue-cured tobacco; Rhizosphere microorganism; Population diversity; Community structures