

# 延边烟区不同土壤的根际土壤微生物生态效应研究<sup>①</sup>

韩富根<sup>1</sup>, 宋鹏飞<sup>2</sup>, 董祥洲<sup>1</sup>, 王初亮<sup>1</sup>, 王校辉<sup>1</sup>, 沈铮<sup>1</sup>,

(1 河南农业大学, 郑州 450002; 2 红塔烟草(集团)有限责任公司, 云南玉溪 653100)

**摘要:** 为揭示烤烟根际微生物数量及酶活性的变化规律, 阐明烤烟-土壤-微生物之间的协同作用机理, 在延边烟区采集不同土壤类型的烤烟根际土壤, 研究了烤烟根际土壤微生物生态效应。结果表明: 不同土壤条件下烤烟各时期根际微生物区系和微生物生理菌群数量存在着较大的差异, 其中暗棕壤黏土和暗棕壤黑砂土比白浆土更适合细菌和解钾菌的生长, 白浆土真菌数的变化幅度较大可能是引起烟叶质量变差的原因之一, 暗棕壤黏土和暗棕壤黑砂土在烤烟生育期内放线菌数量的变化较大, 明显大于白浆土; 自生固氮菌在移栽后 60 天前数量均较低, 60 天后急剧升高, 100 天时暗棕壤黏土和暗棕壤黑砂土自生固氮菌数量显著高于白浆土; 氯化菌生长的最适宜期出现的早晚顺序为: 暗棕壤黏土>暗棕壤黑砂土>白浆土; 生育期内根际土壤解磷菌数变化较大, 暗棕壤黏土烟株在旺盛生长时期的解磷菌数显著高于其他 2 种类型土壤。过氧化氢酶活性的变化规律很大程度上受土壤类型的影响, 而转化酶和多酚氧化酶变化受土壤类型影响较小, 但两者的大小受土壤类型的影响。

**关键词:** 烤烟; 土壤类型; 微生物; 生态效应

**中图分类号:** S572

土壤微生物是土壤生态系统的主要组成部分, 能够直接或间接参与并促进土壤中一系列复杂的生理生化反应, 同时也是土壤生态系统发育成熟与否和系统资源能否高效持续利用的重要标志<sup>[1]</sup>。根际植物活根影响的土壤微区, 在物理、化学和生物学特性上不同于原土体的特殊土壤微区, 是作物、土壤和微生物相互作用的重要界面, 也是物质和能量交换的节点, 是生物能不断累积和扩张的一个重要区域, 是土壤中活性最强的小环境<sup>[2-6]</sup>。深入研究根际土壤性质对深入了解作物对土壤养分的吸收、循环和转化以及作物自身产量和品质的形成具有重要意义。

目前, 有关烤烟根际微生物区系、微生物生理类群、微生物生物量及酶活性的研究已有不少报道<sup>[7-11]</sup>, 但大多局限于烤烟生长的某一时期, 而关于整个生育期不同土壤类型烤烟根际土壤微生物和土壤酶活性的研究及其关系报道较少<sup>[12-13]</sup>。本研究测定了烤烟各生育期根际土壤的微生物区系、微生物生理类群数量及酶活性, 以期揭示不同土壤类型烤烟根际土壤微生物数量及酶活性的变化规律, 阐明不同土壤类型条件下烤烟-土壤-微生物之间的协同作用机理, 为烤烟生产上平衡施肥及合理选择和培育植烟土壤提供参考依据。

## 1 材料与与方法

### 1.1 试验材料与试验基本情况

供试品种为吉烟 9 号, 栽培密度 120 cm × 50 cm, 亩施纯 N 量 4.5 kg, N: P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>: K<sub>2</sub>O=1:1.24:3, 其中 50% N 素由腐熟芝麻饼肥提供 (上海烟草专用有机肥), 全部有机肥和 70% 的化肥作为底肥, 于烟田起垄时双开沟条施; 另外 30% 化肥作为追肥。其他按当地优质烤烟栽培技术进行管理。

各样点采用统一栽培方式, 以减少品种、栽培措施所造成的影响。田间试验布置采用大区对比, 3 次重复, 每处理面积不得低于 667 m<sup>2</sup>, 烟叶成熟采收, 按三段式烘烤工艺进行。

### 1.2 试验设计

试验于 2008 年在吉林省延边朝鲜族自治州进行, 选取 3 个有代表性试验田进行多点试验。取样点分别为 T1-暗棕壤黏土 (敦化市雁鸣湖镇杨木嘴子村)、T2-暗棕壤黑砂土 (敦化市雁鸣湖镇腰甸村)、T3-白浆土 (敦化市官地镇基地村)。在移栽当天、移栽后 20、40、60、80 和 100 天, 采用 5 点取样法取 0~20 cm 根际田间土层土样, 将其根系区土壤用铁锹挖出, 抖掉根系外围土, 取贴紧在根表附近的土样装入无菌纸袋, 立即带回实验室, 研磨过 1 mm 筛后分别于 4℃ 冰箱保存备用。

### 1.3 测定方法

**1.3.1 根际土壤微生物区系的测定<sup>[14]</sup>** 细菌培养采用葡萄糖牛肉膏蛋白胨培养基, 放线菌培养采用

①基金项目: 吉林省烟草工业有限责任公司重大科技攻关项目 (JY2006012) 资助。

作者简介: 韩富根 (1953—), 男, 河南鄢陵人, 副教授, 主要从事烟草栽培生理研究。E-mail: hlsh118@163.com

高氏 1 号培养基, 真菌培养采用马丁氏培养基。细菌、真菌、放线菌计数采用稀释涂抹平板法。微生物数量以每 g 土壤样品所含的菌数表示。每 g 土壤样品所含的菌数=同一个稀释度几次重复的菌落平均数  $\times 10 \times$  稀释倍数。

**1.3.2 根际土壤微生物生理类群的测定<sup>[14]</sup>** 自生固氮菌用阿须贝式培养基, 氨化细菌采用蛋白胨氨化培养基, 解钾菌和解磷菌采用各生理群的特定培养基。

以上细菌的计数均采用最大或然计数法 (MPN)。

**1.3.3 根际土壤酶活性的测定<sup>[15]</sup>** 过氧化氢酶活性采用高锰酸钾滴定法 (0.1 mol/L  $K_2MnO_4$ , 30

min) 测定; 转化酶活性采用 3,5-二硝基水杨酸比色法测定 (37℃ 培养 4 h, 以葡萄糖计); 多酚氧化酶活性采用没食子素比色法测定 (邻苯二酚培养 2 h, 以没食子素计)。

**1.3.4 数据统计分析** 数据分析采用 Excel 和 SPSS 软件进行。显著性分析用 Duncan 检验完成。表中数据均为 3 次重复测定值的算术平均数。

## 2 结果与分析

### 2.1 不同土壤类型的根际土壤微生物区系变化

由表 1 可知, 不同土壤条件下烤烟各时期根际微生物区系存在着较大的差异。

表 1 不同土壤条件下烤烟根际微生物区系

Table 1 Soil rhizosphere microbial flora in different soil types of flue-cured tobacco

项目	土壤类型	移栽当天	移栽后 20 天	移栽后 40 天	移栽后 60 天	移栽后 80 天	移栽后 100 天
细菌( $\times 10^7/g$ )	T1	5.24 a	35.62 a	19.71 a	84.41 a	84.10 a	12.90 a
	T2	8.90 a	9.74 b	10.13 b	72.14 b	66.26 b	14.72 a
	T3	9.63 a	3.63 c	14.45 b	43.46 c	12.72 b	4.49 b
真菌( $\times 10^4/g$ )	T1	5.42 a	5.36 b	2.91 b	6.79 a	5.10 b	4.91 b
	T2	4.19 a	2.78 c	4.11 b	5.45 a	10.64 a	3.32 b
	T3	6.96 a	14.52 a	11.91 a	2.61 b	6.17 b	7.88 a
放线菌( $\times 10^4/g$ )	T1	3.49 b	32.99 a	1.72 b	15.09 a	7.95 b	20.22 a
	T2	2.62 b	23.35 b	3.26 b	12.08 b	14.49 a	11.99 b
	T3	6.96 a	11.94 c	10.72 a	10.18 b	4.56 c	3.78 c

注: 同一种菌不同土壤类型间数据字母不同表示差异显著 ( $p < 0.05$ ), 下同。

从细菌数量可知, 移栽当天, 不同土壤的细菌数差异未达到显著水平; 移栽后 100 天, T1 和 T2 差异不显著, 但均显著高于 T3; 除此之外, 其他时期均表现为 T1 显著高于 T2 和 T3, T2 在移栽后 20 天和 60~100 天显著高于 T3, 表明移栽后 20~100 天之间暗棕壤黏土和暗棕壤黑砂土土壤环境下比白浆土更适合细菌的生长。从表 1 还可以看出, 尽管随着生育期的延长, 不同土壤条件下细菌数的变化差异较大, 但均在 60 天达到最大值, 说明移栽后 60 天的田间土壤的温度和湿度条件较为适宜, 此时也是烟株生长最为旺盛的时期, 这可能是土壤-烤烟-微生物相互作用影响的结果<sup>[3]</sup>。

不同土壤条件下, 细菌数的变化规律有所不同, 其中 T1 在 0~20 天迅速上升, 20~40 天有所下降, 40~60 天急剧上升, 60~80 天细菌数保持较高水平, 80~100 天急剧下降; T2 在 0~40 天变化不大, 在

40~100 天变化趋势与暗棕壤基本一致; 白浆土 0~20 天稍有降低, 之后不断上升, 至 60 天达到最大值, 60~100 天呈下降趋势。这表明不同土壤类型细菌数的变化较大, 各土壤类型在移栽后 60 天左右不同土壤类型的细菌数达到最大, 且暗棕壤黏土和暗棕壤黑砂土的土壤环境比白浆土更适合细菌的生长。

表 1 中, 与细菌数变化不同, 生育期内不同土壤的真菌数最大值出现时间不同, 其中 T1 出现在移栽后 60 天, T2 出现在移栽后 80 天, T3 在移栽后 20 天; 就生育期内各土壤真菌数的变化幅度而言,  $T3 > T2 > T1$ 。从真菌数的变化规律来看, T1 在 0~20 天变化不大, 20~40 天有所下降, 40~60 天迅速上升, 60~100 天缓慢下降; T2 在 0~20 天缓慢下降, 20~60 天又缓慢上升, 60~80 天迅速上升, 80 天后迅速下降; T3 在 0~20 天迅速上升, 至 20 天出现最大值, 20~40 天缓慢下降, 40~60 天下降速度加快, 至 60

天出现最小值, 60 天后缓慢上升。

放线菌具有改善土壤团粒结构, 转化N、P等元素的功能, 其代谢产物中含有刺激动植物生长的有效物质; 可产生抗生素, 调节土壤微生物区系, 抑制病原菌, 控制病、虫、草害发生, 并在细菌、真菌之后降解土壤中难以分解的物质, 如纤维素、木质素、甲壳素等, 从而降解腐殖质, 加速养分的转化<sup>[16]</sup>。表 1 中, 不同土壤放线菌的变化不同, 其中 T1 和 T2 在生育期内放线菌的变化幅度较大, 明显大于 T3; T1 在 0~20 天数量急剧上升, 20~40 天又急剧下降, 40~60 天又有小幅升高, 60~80 天缓慢减少, 80~100 天又

继续上升; T2 在 60 天以前变化趋势与暗棕壤一致, 60 天后变化有所不同, 60~100 天较为平稳, 测定值之间差别不大; T3 在 0~20 天迅速增加, 20~60 天测定值变化不大, 60~80 天迅速下降, 之后保持较低水平; 生育期内, T1 和 T2 最大值均出现在移栽后 20 天, T3 出现在 40 天。

## 2.2 不同土壤类型的根际土壤微生物生理类群变化

根际土壤微生物生理类群的变化是根际土壤微生物生态的物质代谢能力的重要指标<sup>[17]</sup>。由表 2 可知, 生育期内, 不同土壤的根际微生物生理菌群的变化不同, 且土壤之间菌群数的差异显著。

表 2 不同土壤条件下烤烟根际微生物生理类群

Table 2 Cultivated microbial physiological flora in different soil types of flue-cured tobacco

项目	土壤类型	移栽当天	移栽后 20 天	移栽后 40 天	移栽后 60 天	移栽后 80 天	移栽后 100 天
自生固氮菌 ( $\times 10^6/g$ )	T1	0.98 b	1.61 a	1.25 a	1.76 a	25.23 a	22.35 a
	T2	2.03 a	1.06 b	2.68 a	1.25 a	13.94 b	22.16 a
	T3	1.07 b	3.44 a	3.26 a	0.73 a	13.96 b	12.49 b
氨化细菌 ( $\times 10^7/g$ )	T1	2.75 a	15.05 a	15.43 b	2.36 c	3.38 a	3.54 a
	T2	3.02 a	7.47 b	19.58 a	15.37 b	2.58 a	3.48 a
	T3	1.61 a	7.75 b	10.72 c	36.03 a	3.86 a	2.50 a
解钾菌 ( $\times 10^5/g$ )	T1	15.64 a	17.26 b	27.42 a	22.33 a	21.70 a	21.98 a
	T2	9.63 b	32.92 a	20.96 b	9.82 b	10.74 c	13.58 b
	T3	10.74 b	9.69 c	17.15 c	5.44 c	15.97 b	9.30 b
解磷菌 ( $\times 10^5/g$ )	T1	9.77 b	16.08 b	52.51 a	27.61 a	13.23 a	22.35 a
	T2	20.31 a	10.58 c	26.81 c	12.46 b	13.94 a	4.32 c
	T3	10.66 b	34.37 a	42.63 b	7.31 c	13.96 a	12.49 b

由自生固氮菌可以看出(表 2), 移栽后 0~60 天, 不同土壤的自生固氮菌变化不同, 但数量均较低, 生育期内变化均较小, 60 天后急剧升高, 其中 T1 在 80 天达到最大值, 80~100 天稍有下降; T2 持续升高至 100 天达到最大值; T3 的最大值也出现在 80 天, 80~100 天呈缓慢下降趋势。100 天时暗棕壤黏土和暗棕壤黑砂土菌数较高, 显著高于白浆土。

与自生固氮菌不同, 不同土壤的氨化菌数在 0~40 天均呈上升趋势, 80~100 天变化不大, 且不同土壤菌数之间的差异未达到显著水平; 40 天后变化有所不同, 其中 T1 在 40~60 天氨化菌数迅速下降, 60~100 天变化较平稳; T2 在 40~60 天缓慢下降, 60~80 天迅速下降; T3 在 40~60 天急剧上升, 60~80 天又急剧降低。就生育期内不同土壤类型菌数的最大值而言, T1 和 T2 出现在移栽后 40 天, T3 出现在 60 天。20 天各土壤类型菌数表现为: T1>T2 和 T3, T1 与 T2 和 T3 的差异达到显著水平, 40 天时 T2

>T1>T3, 60 天时 T3>T2>T1, 差异达到显著水平, 这表明氨化菌数生长的适宜期高峰出现的早晚顺序为: T1>T2>T3。

由解钾菌的变化可知, T1 在 0~20 天缓慢上升, 20~40 天迅速增加, 40~60 天开始下降, 60~100 天较为平稳, 菌数变化不大; T2 在 0~20 天迅速增加, 20~60 天持续下降, 60~100 天有所回升; T3 在 0~20 天稍有下降, 20~40 天开始升高, 40~60 天迅速下降, 60~80 天又有所回升, 80~100 天呈下降趋势。就不同土壤的解钾菌数而言, T1 和 T3 的最大值均出现在 40 天, T2 在 20 天。另外, 除 0~40 天解钾菌数大小在不同土壤间变化规律不明显外, 60~100 天时 T1 显著高于 T2 和 T3, 表明暗棕壤黏土环境下中后期更为适宜解钾菌的生长。

由解磷菌数的变化(表 2)可知, 生育期内根际土壤解磷菌数变化较大, 不同土壤变化趋势有所不同。其中 T1 在 0~20 天稍有增加, 20~40 天急剧上升,

40~80 天迅速下降, 80 天后又有所回升; T2 在 0~20 天有所下降, 20~60 天变化趋势与 T1 一致, 60~80 天变化较平稳, 80~100 天又稍有降低; T3 在 0~40 天持续上升至 40 天, 40~60 天急剧下降, 60~100 天变化较平稳; 生育期内最大值均出现在移栽后 40 天; 从烟株生长最为旺盛的 40~60 天的解磷菌数来看, T1 显著高于 T2 和 T3。

### 2.3 不同土壤类型的根际土壤过氧化氢酶、转化酶和多酚氧化酶活性变化

土壤过氧化氢酶活性与土壤肥力诸要素密切相关, 是影响土壤肥力的一个关键酶, 可促进土壤中多种化合物氧化, 防止过氧化氢积累对生物体造成毒害<sup>[18]</sup>。由表 3 可知, 不同土壤间的过氧化氢酶活性存在

着显著的差异, 其中移栽当天和移栽后 20 天, T1 显著高于 T2 和 T3, T2 与 T3 之间差异不显著, 表明烟株生长前期暗棕壤黏土的根际微生物活性强度较高; 移栽后 40 天, T1>T2>T3, 差异均达到显著水平; 移栽后 60~100 天, T3 显著高于 T1 和 T2, T1 与 T2 之间差异不显著, 表明白浆土根际微生物活性在前期较低, 中后期较高, 这与烟株对土壤养分吸收规律相反。就不同土壤过氧化氢酶活性变化而言, T1 和 T2 在 0~20 天缓慢增加, 20~40 天急剧增加, 40~60 天迅速下降, 之后缓慢下降; T3 在 0~20 天稍有降低, 之后持续上升至 60 天, 60 天后一直下降。T1 和 T2 最大值出现在移栽后 40 天, T3 出现在 60 天。

表 3 不同土壤条件下烤烟根际土壤酶活性

Table 3 Soil rhizosphere enzyme activities in different soil types of flue-cured tobacco

项目	土壤类型	移栽当天	移栽后 20 天	移栽后 40 天	移栽后 60 天	移栽后 80 天	移栽后 100 天
过氧化氢酶 (0.1mol/L K <sub>2</sub> MnO <sub>4</sub> ml/g 干土)	T1	1.02 a	1.03 a	1.53 a	1.19 b	0.94 b	0.76 b
	T2	0.73 b	0.76 b	1.30 b	1.12 b	0.89 b	0.62 b
	T3	0.83 b	0.82 b	1.06 c	1.45 a	1.23 a	1.19 a
转化酶(G mg/g 干土)	T1	7.75 b	8.16 b	9.79 b	11.83 b	10.20 b	4.89 a
	T2	9.60 a	10.11 a	12.13 a	14.65 a	12.63 a	6.06 a
	T3	4.45 c	4.68 c	5.62 c	6.79 c	5.86 c	5.11 a
多酚氧化酶 (Benzenetriol(3), mg/g 干土)	T1	0.81 a	0.97 a	1.01 b	0.98 a	0.97 a	0.79 a
	T2	0.70 b	0.84 b	1.14 a	0.95 b	0.71 b	0.54 b
	T3	0.55 c	0.58 c	0.66 c	0.67 c	0.48 c	0.33 c

转化酶是至今研究最多的土壤酶之一, 能够反映土壤呼吸强度; 土壤的肥力水平和生物学强度在转化酶上反应得最明显<sup>[19]</sup>。由表 3 看出, 在 0~80 天的转化酶活性均表现为: T2>T1>T3, 差异达到显著水平, 表明在 0~80 天暗棕壤黑砂土的根际土壤呼吸强度最大, 其次是暗棕壤黏土, 白浆土最小。生育期内不同根际土壤的变化趋势相同, 移栽 60 天前持续上升, 60 天后持续下降, 最大值均出现在移栽后 60 天。

多酚氧化酶主要催化酚类物质氧化成醌, 而醌可与氨基酸或肽缩合, 最终形成腐殖酸, 进行土壤有机碳的累积过程, 能改善土壤结构状况和其他物理性状<sup>[18]</sup>。由多酚氧化酶活性(表 3)可知, 整个生育期内, 不同土壤均表现为 T1>T2>T3, 且差异达到显著水平。从表 3 还可以看出, 生育期内根际土壤多酚氧化酶的变化趋势和最大值与过氧化氢酶一致。

### 3 结论与讨论

土壤微生物是衡量土壤质量、维持土壤肥力和作物生产力的一个重要指标, 其参与土壤有机质分解、腐殖质形成、土壤养分转化和循环等过程。土壤微生物是土壤有机质中最活跃和最易变化的部分。土壤微生物含有一定量的 C、N、P 和 S 等, 对土壤养分转化与作物吸收具有调节和补偿作用, 被看作是土壤养分的储备库<sup>[20]</sup>。土壤微生物在生长过程中也向土壤分泌一些胞外酶, 这部分酶是土壤酶的主要来源之一, 另外, 土壤酶还来源于植物根系分泌物和动植物残体腐解过程中释放的酶。通过土壤微生物和酶指标可以直接或间接反映土壤生态系统的健康状况<sup>[18]</sup>。

本研究分别测定了不同土壤烤烟根际微生物区系数量、微生物生理类群数量及酶活性。结果表明: 不同土壤条件下烤烟各时期根际微生物区系存在着较大的差异, 移栽后 20~100 天之间暗棕壤黏土和暗棕壤黑砂土土壤环境下比白浆土更适合细菌的生长, 且移栽后 60 天的田间土壤的温度和湿度条件较为适宜,

细菌数量最大值均出现在移栽后 60 天; 而生育期内不同土壤的真菌数最大值出现时间不同, 且真菌数的变化幅度大小为白浆土最大, 其次是暗棕壤黑砂土, 暗棕壤黏土变化幅度最小, 结合该区植烟实际情况可知, 白浆土烤烟质量明显差于暗棕壤黏土和暗棕壤黑砂土, 推测生育期内真菌数的大幅变化可能是引起烟叶质量变差的原因之一, 需进一步研究; 放线菌的变化与细菌和真菌不同, 暗棕壤黏土和暗棕壤黑砂土在生育期内放线菌数量的变化较大, 明显大于白浆土, 前 2 种土壤放线菌数量最大值早于白浆土。自生固氮菌数变化表现为: 不同土壤条件下, 移栽后 0~60 天, 数量均较低且变化较小, 60 天后急剧升高, 100 天时暗棕壤黏土和暗棕壤黑砂土菌数较高, 显著高于白浆土; 氨化菌数生长的最适宜期出现的早晚顺序为: 暗棕壤黏土>暗棕壤黑砂土>白浆土; 不同土壤解钾菌数量最大值出现时间也不相同, 暗棕壤黏土环境下更为适宜其生长; 生育期内根际土壤解磷菌数变化较大, 暗棕壤黏土烟株在旺盛生长时期的解磷菌数显著高于其他 2 种类型土壤。这些说明根际土壤中微生物数量的变化可能是作物-土壤-微生物系统相互作用的结果<sup>[2]</sup>。

土壤酶活性是土壤生物活性的总体现, 反映了土壤的综合肥力特征及土壤养分转化进程, 也可作为衡量土壤肥力水平高低的较好指标。本研究表明: 生育期内, 不同土壤间的过氧化氢酶、转化酶和多酚氧化酶活性均存在着显著的差异, 其中由过氧化氢酶活性可以得出: 烟株生长前期暗棕壤黏土的根际微生物活性强度较高, 后期减弱, 白浆土在前期较低, 中后期较高, 暗棕壤黑砂土介于二者之间, 而实际生产中不同土壤的烟叶质量表现为暗棕壤黏土最优, 暗棕壤黑砂土次之, 白浆土最差。一般而言, 烤烟生长对土壤肥力的需求应符合“少时富, 老来贫”的需肥规律, 即前期过氧化氢酶活性较高, 土壤肥力供应充足, 后期活性降低, 土壤肥力下降。由此得出, 在烤烟-土壤-酶生态系统中, 过氧化氢酶活性的变化规律很大程度上受土壤类型的影响。另外, 试验结果还显示, 生育期内不同根际土壤转化酶活性的变化趋势相同, 转化酶和多酚氧化酶活性的变化受土壤类型的影响较小, 最大值都出现在移栽后 60 天; 其中由转化酶的分析可知, 在 0~80 天暗棕壤黑砂土的根际土壤呼吸强度最大, 其次是暗棕壤黏土, 白浆土最小; 多酚氧化酶活性大小表现为: 暗棕壤黏土>暗棕壤黑砂土>白浆土。

根际土壤微生物生态效应是一个复杂的问题, 近年来已成为众多科研工作者研究的热点。与此同时, 随着人类文明的发展, “吸烟与健康”问题日益受到人们的关注, 而提高卷烟吸食安全性, 首先要提高土壤根际生态环境的质量, 烟叶生长与土壤生态有密切联系, 深入研究根际土壤微生物数量的变化规律和微生物生态安全, 对完善根际土壤微生物生态系统理论和提高烤烟生产安全性具有重要意义。

#### 参考文献:

- [1] 陆雅海, 张福锁. 根际微生物研究进展. 土壤, 2006, 38(2): 113-121
- [2] 韩艳洁, 张秋良. 胡杨根际土壤微生物区系研究. 干旱区资源与环境, 2008, 22(11): 185-190
- [3] 张福锁, 龚元石, 李晓林. 土壤与植物营养研究新动态(第3卷) 北京: 中国农业出版社, 1995
- [4] 张福锁. 环境胁迫与植物根际营养. 北京: 中国农业出版社, 1998: 21-75
- [5] 乔洁, 毕利东, 张卫建, 沈仁芳, 张斌, 胡锋, 刘艳丽. 长期施用化肥对红壤性水稻土中微生物生物量、活性及群落结构的影响. 土壤, 2007, 39(5): 772-776
- [6] 郭朝晖, 张杨珠, 黄子蔚. 根际微域营养研究进展(二). 土壤通报, 1992, 30(2): 85-88
- [7] 胡国松, 郑伟, 王震东. 烤烟营养原理. 北京: 科学出版社, 2000, 58-59
- [8] 杜秉海, 李贻学, 宋国菡, 李新举, 宋承鉴. 烟田土壤微生物区系分析. 中国烟草科学, 1996(2): 30-32
- [9] 刘卫群, 姜占省, 郭红祥, 关利霞. 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(3): 31-34
- [10] 武雪萍, 刘增俊, 赵跃华, 刘国顺, 杨超, 郭伟玲, 荆冬梅. 施用芝麻饼肥对植烟根际土壤酶活性和微生物碳、氮的影响. 植物营养与肥料学报, 2005, 11(4): 541-546
- [11] 刘国顺, 杨超, 祖朝龙, 邱立友, 冯云. 不同类型植烟土壤微生物动态变化分析. 中国烟草学报, 2007, 13(5): 38-43
- [12] 刘卫群, 姜占省, 郭红祥, 刘建利. 黄褐土、潮土中不同氮素形态配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
- [13] 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
- [14] 关松荫. 土壤酶及其研究法. 北京: 科学出版社, 1987
- [15] 解玉萍, 赵正雄, 王月桃, 刘冬梅. 化肥与不同有机物料配施对烟田土壤微生物数量的影响. 云南农业大学学报, 2006, 21(增), 144-148
- [16] 杨东, 陈鸿飞, 游晴如, 王志赋, 谢鸿光, 卓传营, 谢华安. 不

- 同施 N 方式对水稻根际土壤微生物生态效应的影响. 西北农林科技大学学报(自然科学版), 2008, 36(12): 88-94
- [17] 苏永春. 农田土壤酶活性生态背景的灰色分析. 常熟高专学报, 2001, 15(2): 51-58
- [18] 张焱华, 吴敏, 何鹏, 余贵连, 吴炳孙, 韦家少. 土壤酶活性与土壤肥力关系的研究进展. 安徽农业科学, 2007, 35(34): 11139-11142
- [19] Schnure J, Rosswall T. Mineralization of nitrogen from <sup>15</sup>N labeled fungi, soil microbial biomass and roots and its uptake by barely plant. *Plant and Soil*, 1987, 102: 71-78
- [20] 张秀玲, 李君剑, 石福臣. 速生杨人工林对土壤碳氮含量及微生物生物量的影响. 生态与农村环境学报, 2008(2): 32-35

## Ecological Effects of Different Soil Types on Soil Rhizosphere Microbes in Yanbian Area

HAN Fu-gen<sup>1</sup>, SONG Peng-fei<sup>2</sup>, DONG Xiang-zhou<sup>1</sup>, WANG Chu-liang<sup>1</sup>, WANG Xiao-hui<sup>1</sup>, SHEN Zheng<sup>1</sup>

(1 *Henan Agricultural University, Zhengzhou 450002, China*; 2 *Hongta Tobacco Group Co., Ltd., Yuxi, Yunnan 653100, China*;)

**Abstract:** This paper focused on revealing the mutative regularity of rhizosphere microbe and enzyme activity of flue-cured tobacco, expounding the concerted effect mechanism among flue-cured tobacco, soil and microbe, and disclosing the ecological effects of photosphere microbes in different soil types of flue-cured tobacco. The results showed that there were significant differences in soil rhizosphere microbial flora and cultivated microbial physiological flora between different soil types and different growing periods of flue-cured tobacco, bacteria and potassium bacteria were more suitable in the clayed soil and the sand soil of dark brown forest soil, and the great changes of fungi amount in Albic Planosol might be the reason of poor flue-cured tobacco quality. The changes of actinomycetes in the clayed soil and the sand soil of dark brown forest soil were greater than in Albic Planosol. The most appropriate growing period of ammonifying bacteria was in the following order of clayed soil of dark brown forest soil, sand soil of dark brown forest soil and Albic Planosol. Phosphorus bacteria amount in the clayed soil of dark brown forest soil was significantly higher than in the other two soil types, and abioigenous azotobacter amounts in the clayed soil and the sand soil of dark brown forest soil were significantly higher than in Albic Planosol in the 100st day after transplanting. Furthermore, the results showed that the change of hydrogen peroxidase activity was greatly affected by soil types, and the changes of invertase and polyphenol oxidase activity were less affected by soil types, but their amounts were influenced by soil types.

**Key words:** Flue-cured tobacco, Soil types, Microbe, Ecological effect