

延边地区三种类型植烟土壤酶活力、速效养分根际效应研究^①

殷全玉^{1,2}, 郭夏丽¹, 赵铭钦², 王 岩^{1*}

(1 郑州大学化工与能源学院, 郑州 450001; 2 河南农业大学烟草学院, 郑州 450002)

摘 要: 在大田环境条件下, 采用随机区组设计, 研究延边地区 3 种类型土壤烤烟全生育期根际和非根际土过氧化氢酶、脲酶和转化酶活性, pH 值, 碱解氮、速效钾和速效磷含量动态变化。结果表明: 延边地区植烟土壤根际土过氧化氢酶、脲酶和转化酶活性平均为 0.60U, 0.48U 和 22.09U, 根际效应在不同土壤间存在差异: 过氧化氢酶 ($R/S = 1.08$) < 脲酶 ($R/S = 1.14$) < 转化酶 ($R/S = 1.51$)。暗棕壤烟株根际土 3 种酶活性和酶活根际效应均高于其他两种类型土壤。烟株根际土 pH 值、碱解氮、速效磷和速效钾含量分别为 5.42、72.52 mg/kg、33.36 mg/kg 和 402.04 mg/kg, 根际效应表现为: pH ($R/S = 0.91$) < 碱解氮 ($R/S = 0.98$) < 速效磷 ($R/S = 1.99$) < 速效钾 ($R/S = 2.46$)。烟株根际土 pH 值、碱解氮和速效钾含量均表现为: 暗棕壤 > 黑砂土 > 白浆土, 根际土速效磷含量与此相反。结论: 暗棕壤烟株根际效应较大, 酶活性较高、养分富集较多, 为烟株生长提供了良好的养分供应环境, 是暗棕壤烟叶质量优于黑砂土和白浆土的原因之一。

关键词: 烤烟; 土壤类型; 土壤酶; 速效养分; 根际效应

中图分类号: S572; S158.3

“根际”是指受植物根系活动影响, 在物理、化学和生物学性质上不同于土体的那部分微域土区^[1]。根际是植物根系吸收营养元素和形成代谢的场所, 根际环境与植物根系发育、产量形成密切相关^[2-3]。根际土壤酶的种类和活性对土壤养分的有效化产生影响, 从而影响作物的吸收利用^[4]。已有的研究表明土壤酶活性能够比土壤有机质更为动态地反映管理及培肥措施对土壤肥力的影响^[5]。某些土壤酶(磷酸酶、转化酶、脲酶)与作物产量之间存在相关关系^[5-6], 根际土壤比非根际土壤更能增加磷酸酶、多酚氧化酶、蔗糖转化酶、脲酶、过氧化氢酶、蛋白酶等土壤酶活性^[7-9]。

烤烟是我国生产上大面积种植的烟草类型, 土壤养分和酶活性的根际效应明显。刘方等^[10]研究证明烤烟根际 pH、有机质、氮、磷、钾等与非根际土差异较大, 表现为根际土 pH 下降, 有机质积累, 氮、磷、钾含量增加。江玉平等^[11]报道烟株大田生育前期, 根际土脲酶和磷酸酶活性显著高于非根际土, 而过氧化氢酶活性略低于非根际土, 多酚氧化酶活性根际效应不明显。

吉林省延边烟区 3 种类型土壤(暗棕壤、黑砂土和白浆土)上烟草生长状况、烟叶品质差异较大, 以暗棕壤为最好, 黑砂土次之, 白浆土较差。为探讨土壤微生态环境与烟叶品质形成关系, 在烟草主要生育期内, 采集了 3 种类型土壤烟株根际和非根际土, 对其酶活力状况和土壤养分含量进行研究, 为从土壤酶、土壤养分及其根际效应层面研究烟株根系微生态环境与烟叶品质关系积累材料。

1 材料与方法

1.1 供试材料

供试烟草: 选择吉林省主栽烤烟品种吉烟 9 号作为供试烟株, 2008 年 3 月上旬托盘育苗, 4 月上旬假植, 5 月中旬移栽。烟田管理按当地常规方法进行。

供试土壤: 在吉林省延边地区敦化县, 选择植烟面积较大且烟叶质量风格迥异的 3 种土壤类型: 暗棕壤、黑砂土和白浆土作为供试土壤, 土壤基本肥力如表 1 所示。烟田地势平坦, 灌溉便利, 前茬作物为大豆。

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。

* 通讯作者(wangyan371@zzu.edu.cn)

作者简介: 殷全玉(1975—), 女, 河南固始人, 讲师, 博士研究生, 主要从事烟草化学与品质生态方向研究。E-mail: quanyuy@126.com

表 1 供试土壤基本肥力

Table 1 Nutrient contents in experimental soil

土壤类型	有机质 (g/kg)	碱解氮 (mg/kg)	速效磷 (mg/kg)	速效钾 (mg/kg)	pH 值
暗棕壤	208.3 ± 5.49 a	89.6 ± 3.15 a	10.9 ± 0.67 b	207.5 ± 6.79 a	6.6 ± 0.04 a
黑砂土	131.2 ± 5.05 b	71.3 ± 3.00 b	20.3 ± 0.87 a	147.4 ± 5.57 b	5.6 ± 0.07 b
白浆土	103.2 ± 4.17 c	64.7 ± 2.66 b	21.5 ± 0.95 a	122.5 ± 4.02 c	5.2 ± 0.10 c

1.2 试验方法

从每种类型土壤中选取一块面积约 1 亩的地块作为试验用地。移栽后每 20 天分别取烟株根际土和非根际土各一次，共取 5 次。试验采用随机区组设计，3 次重复，小区面积 222 m²。

根际土取样方法：每种类型土壤上，随机选取 15 株健壮无病烤烟，去掉 0 ~ 2 cm 的表土，挖出烟草根系，除去根围附近较大土壤团块，小心抖动并收集黏附在烟草根表面 0 ~ 4 mm 的土壤，混合 5 株根系为一个样品。

非根际土取样方法：随机在烟地选取无根系生长的垄沟土，去除表层 0 ~ 2 cm 土，取 0 ~ 20 cm 深土层，5 点法取样。土壤样品带回实验室，晾干，粉碎过 20 号筛，进行分析测定。

1.3 土壤酶活性测定方法

过氧化氢酶活性测定采用滴定法，将 1 g 土壤于 37℃ 条件下，20 min 消耗 1 ml 0.02 mol/L 高锰酸钾定义为 1 个酶活单位 (1U)^[12]；脲酶活性测定采用比色法，将 1 g 土壤 37℃ 恒温培养 24 h 生成 1 mg NH₃-N 定义为 1U^[13]；蔗糖转化酶活性测定采用 3,5-二硝基水杨酸比色法，将 1 g 土壤 37℃ 恒温培养 24 h 生成 1 mg 葡萄糖定义为 1U^[14]。3 次平行，并设无基质对照和无土对照。

1.4 土壤 pH 值和养分测定方法

土壤有机质含量用重铬酸钾外加热容量法测定^[15]，碱解氮用碱解扩散法测定^[15]，速效磷含量用碳酸氢钠法测定^[15]，速效钾含量用火焰光度法测定^[15]，pH 值用 1:1 水浸土壤，pH 计测定^[15]。

采用 Microsoft Excel 和 SPSS 17.0 统计软件对数据进行分析处理。

2 结果与分析

2.1 不同类型土壤烟株根际土酶活性变化情况

在烟株主要生育期内，测定了延边地区 3 种类型植烟土壤烟株根际土过氧化氢酶、脲酶和转化酶活性的变化情况 (表 2)。延边地区植烟土壤根际土过氧化氢酶、脲酶和转化酶活性平均为 0.60U，0.48U 和 22.09U (3 种土壤平均值)，但在土壤类型间存在显著差异。暗棕壤烟株根际土过氧化氢酶、脲酶和转化酶活性均高于黑砂土和白浆土。暗棕壤烟株根际土过氧化氢酶活性变化范围是 0.68U ~ 0.80U，平均为 0.74U，较黑砂土和白浆土分别高 39.62% 和 37.04%；脲酶活性变化范围是 0.45U ~ 0.64U，平均为 0.52U，较黑砂土和白浆土分别高 15.56% 和 10.64%；转化酶活性变化范围是 25.79U ~ 43.26U，平均为 35.40U，较黑砂土和白浆土分别高 68.09% 和 260.86%。

表 2 不同类型土壤烟株根际土酶活性 (U) (平均值 ± SE, n = 3, 下表同)

Table 2 Tobacco plant rhizosphere enzyme activities in the three soils

土壤酶	土壤类型	采样时期					平均
		6 月 21 日	7 月 11 日	7 月 30 日	8 月 16 日	9 月 2 日	
过氧化氢酶	暗棕壤	0.71 ± 0.015 a	0.73 ± 0.015 a	0.80 ± 0.010 a	0.76 ± 0.006 a	0.68 ± 0.017 a	0.74
	黑砂土	0.46 ± 0.010 c	0.48 ± 0.010 c	0.54 ± 0.025 b	0.57 ± 0.026 b	0.58 ± 0.017 b	0.53
	白浆土	0.51 ± 0.012 b	0.53 ± 0.01 b	0.56 ± 0.015 b	0.54 ± 0.015 b	0.55 ± 0.015 b	0.54
脲酶	暗棕壤	0.45 ± 0.012 a	0.47 ± 0.06 b	0.64 ± 0.012 a	0.54 ± 0.015 a	0.52 ± 0.015 a	0.52
	黑砂土	0.35 ± 0.012 b	0.53 ± 0.01 a	0.51 ± 0.010 b	0.46 ± 0.015 b	0.40 ± 0.015 b	0.45
	白浆土	0.43 ± 0.015 a	0.48 ± 0.01 b	0.53 ± 0.010 b	0.50 ± 0.015 ab	0.39 ± 0.015 b	0.47
转化酶	暗棕壤	37.76 ± 0.67 a	43.26 ± 1.967 a	38.34 ± 1.448 a	31.85 ± 1.702 a	25.79 ± 1.562 a	35.40
	黑砂土	22.53 ± 0.282 b	24.81 ± 1.192 b	23.09 ± 0.940 b	18.82 ± 1.238 b	16.07 ± 1.124 b	21.06
	白浆土	9.47 ± 0.716 c	13.57 ± 0.965 c	11.34 ± 1.278 c	8.01 ± 0.379 c	6.66 ± 0.404 c	9.81

根际过氧化氢酶活性在烟株生育期间变化幅度较小,变化趋势在土壤类型间存在差异:暗棕壤和白浆土表现出先升后降趋势,峰值出现在7月30号,黑砂土呈现缓慢上升趋势。烟株根际脲酶活性生育期内表现出先升后降的变化趋势,暗棕壤和白浆土峰值出现在7月30号,黑砂土峰值出现在7月11号。3种类型土壤烟株根际土转化酶活性均表现出先增后降趋势,7月11号酶活性最大(表2)。

2.2 不同类型土壤烟株根际土酶活性根际效应分析

延边地区植烟土壤过氧化氢酶、脲酶和转化酶根际效应如表3所示。3种土壤酶活性均表现出根际正效应。根际效应在土壤酶活性间存在明显差异,表现

为:过氧化氢酶(1.08) < 脲酶(1.14) < 转化酶(1.51)(3种土壤类型根际效应平均值),但在不同类型土壤间存在差异,如白浆土中转化酶活性根际效应($R/S = 1.05$)低于脲酶($R/S = 1.06$)。3种酶活性根际效应在土壤类型间均表现为暗棕壤 > 黑砂土 > 白浆土(表3)。暗棕壤过氧化氢酶活性 R/S 值变化范围是 1.04 ~ 1.26,平均为 1.14,较黑砂土和白浆土分别高 8.97% 和 9.60%;暗棕壤脲酶活性 R/S 值变化范围是 1.01 ~ 1.45,平均为 1.24,较黑砂土和白浆土分别高 13.09% 和 17.14%;暗棕壤转化酶活性 R/S 值变化范围是 1.78 ~ 2.51,平均为 2.11,较黑砂土和白浆土分别高 53.64% 和 100.38%。

表 3 不同类型土壤烟株根际土酶活性的根际效应 (R/S)

Table 3 Rhizosphere effects of enzyme activities in the three soils

土壤酶	土壤类型	采样时期					平均
		6月21日	7月11日	7月30日	8月16日	9月2日	
过氧化氢酶	暗棕壤	1.09 ± 0.051 a	1.08 ± 0.033 a	1.26 ± 0.061 a	1.24 ± 0.024 a	1.04 ± 0.016 a	1.14
	黑砂土	1.02 ± 0.045 a	1.03 ± 0.051 a	1.02 ± 0.072 b	1.09 ± 0.042 b	1.08 ± 0.005 a	1.05
	白浆土	1.01 ± 0.034 a	1.03 ± 0.009 a	1.10 ± 0.038 b	1.13 ± 0.036 b	0.94 ± 0.038 a	1.04
脲酶	暗棕壤	1.30 ± 0.11 a	1.32 ± 0.084 a	1.45 ± 0.073 a	1.14 ± 0.027 a	1.01 ± 0.032 a	1.24
	黑砂土	1.09 ± 0.037 b	1.36 ± 0.022 a	1.16 ± 0.029 b	0.93 ± 0.021 b	0.96 ± 0.069 ab	1.10
	白浆土	1.11 ± 0.092 b	1.37 ± 0.027 a	1.08 ± 0.020 b	0.97 ± 0.022 b	0.89 ± 0.030 b	1.06
转化酶	暗棕壤	1.85 ± 0.17 a	2.38 ± 0.102 a	2.51 ± 0.047 a	2.02 ± 0.167 a	1.78 ± 0.036 a	2.11
	黑砂土	1.27 ± 0.065 b	1.36 ± 0.136 b	1.42 ± 0.118 b	1.43 ± 0.125 b	1.38 ± 0.032 b	1.37
	白浆土	1.04 ± 0.070 b	1.14 ± 0.052 b	1.12 ± 0.120 c	1.05 ± 0.081 b	0.91 ± 0.058 c	1.05

在烟株生育期间,过氧化氢酶活性根际效应(R/S 值)在 1.0 ~ 1.2 之间上下波动,7月30号之前根际效应较小,此后略有增加,但变化幅度不大。3种类型土壤的脲酶活性根际效应随生育期推进均表现为先升后降的变化趋势,暗棕壤在7月30号达到最大,黑砂土和白浆土在7月11号达到最大。转化酶活性根际效应变化趋势与脲酶相似(表3),但变幅趋缓。

2.3 不同类型土壤烟株根际土 pH 和速效养分变化情况

在烟草生育期间,延边地区植烟土壤烟株根际土 pH 值、碱解氮、速效磷和速效钾含量分别为 5.42、72.52 mg/kg、33.36 mg/kg 和 402.04 mg/kg(3种土壤平均值),但在土壤类型间差异较大,烟株根际土 pH 值、碱解氮和速效钾含量均表现为:暗棕壤 > 黑砂土 > 白浆土,根际土速效磷含量与此相反(表4)。

烟株生育期内,3种类型土壤烟株根际土 pH 值变幅均较小,暗棕壤在 5.66 ~ 5.91 之间,黑砂土和白浆土变化范围分别在 5.28 ~ 5.42 和 4.96 ~ 5.18 之间;烟株根际土碱解氮、速效磷和速效钾在生育期内均表现出下降的变化趋势,且速效磷和速效钾降幅大于碱解氮(表4)。根际碱解氮含量在7月30日前下降速度较慢,此后快速降低;速效磷和速效钾含量则与此相反,6月21日到7月30日陡降(白浆土根际速效钾为7月11日),此后变幅减缓。

2.4 不同类型土壤烟株根际土 pH 和速效养分根际效应分析

在烟草生育期内,土壤 pH 值表现出根际负效应($R/S < 1$)。暗棕壤根际负效应最明显($R/S = 0.87$),其次为黑砂土($R/S = 0.92$),白浆土根际负效应较小($R/S = 0.95$)。随烟草生育期推进,白浆土 pH 根际效应有逐渐增加的趋势(表5)。

表 4 不同类型土壤烟株根际土 pH 值及速效养分含量 (mg/kg)

Table 4 Tobacco plant rhizosphere pH and nutrient contents in the three soils

项目	土壤类型	采样时期					平均
		6 月 21 日	7 月 11 日	7 月 30 日	8 月 16 日	9 月 2 日	
pH 值	暗棕壤	5.9 ± 0.015 a	5.7 ± 0.01 a	5.8 ± 0.01 a	5.7 ± 0.006 a	5.9 ± 0.012 a	5.8
	黑砂土	5.4 ± 0.006 b	5.3 ± 0.006 b	5.3 ± 0.0153 b	5.4 ± 0.006 b	5.4 ± 0.012 b	5.4
	白浆土	5.0 ± 0.025 c	5.2 ± 0.006 c	5.1 ± 0.006 c	5.2 ± 0.012 c	5.1 ± 0.017 c	5.1
碱解氮	暗棕壤	102.2 ± 1.039 a	101.4 ± 2.936 a	97.7 ± 3.205 a	86.2 ± 3.329 a	74.2 ± 2.443 a	92.4
	黑砂土	79.2 ± 1.692 b	78.3 ± 1.250 b	71.3 ± 3.261 b	56.9 ± 2.378 b	50.2 ± 2.215 b	67.2
	白浆土	75.4 ± 1.781 b	66.8 ± 1.265 c	60.4 ± 2.091 b	42.1 ± 1.990 c	45.6 ± 3.07 b	58.1
速效磷	暗棕壤	53.0 ± 0.68 a	35.4 ± 0.35 b	26.3 ± 0.62 a	24.3 ± 0.97 b	16.8 ± 0.58 c	31.2
	黑砂土	51.6 ± 1.22 a	40.9 ± 1.00 a	26.2 ± 0.87 a	25.6 ± 0.69 b	21.7 ± 0.78 b	33.2
	白浆土	49.0 ± 1.41 a	41.2 ± 1.16 a	28.7 ± 1.07 a	31.0 ± 1.10 a	28.7 ± 0.23 a	35.7
速效钾	暗棕壤	939.6 ± 5.83 a	702.2 ± 4.573 a	479.9 ± 9.201 a	419.8 ± 6.658 a	402.3 ± 10.546 a	588.8
	黑砂土	527.4 ± 3.648 b	362.4 ± 3.866 b	232.5 ± 7.861 c	274.9 ± 4.061 b	279.9 ± 6.378 b	335.4
	白浆土	372.3 ± 2.198 c	272.5 ± 3.600 c	265.0 ± 6.123 b	262.4 ± 3.103 b	237.5 ± 10.30 c	281.9

表 5 不同类型土壤烟株根际土 pH 值和速效养分根际效应 (R/S)

Table 5 Rhizosphere effects of pH and nutrient among the three soils

项目	土壤类型	采样时期					平均
		6 月 21 日	7 月 11 日	7 月 30 日	8 月 16 日	9 月 2 日	
pH 值	暗棕壤	0.90 ± 0.004 b	0.85 ± 0.003 b	0.88 ± 0.004 b	0.85 ± 0.014 b	0.86 ± 0.006 c	0.87
	黑砂土	0.92 ± 0.004 a	0.91 ± 0.004 a	0.91 ± 0.008 b	0.93 ± 0.011 a	0.92 ± 0.007 b	0.92
	白浆土	0.91 ± 0.005 b	0.93 ± 0.016 a	0.96 ± 0.013 a	0.96 ± 0.010 a	0.99 ± 0.001 a	0.95
碱解氮	暗棕壤	1.16 ± 0.013 a	1.13 ± 0.032 a	0.99 ± 0.035 a	0.85 ± 0.021 a	0.64 ± 0.006 c	0.95
	黑砂土	1.10 ± 0.047 a	1.16 ± 0.067 a	1.05 ± 0.069 a	0.83 ± 0.073 a	0.75 ± 0.025 b	0.98
	白浆土	1.13 ± 0.021 a	1.14 ± 0.059 a	1.09 ± 0.075 a	0.87 ± 0.059 a	0.88 ± 0.030 a	1.02
速效磷	暗棕壤	4.90 ± 0.158 a	3.46 ± 0.032 a	2.40 ± 0.039 a	2.08 ± 0.212 a	1.32 ± 0.048 a	2.83
	黑砂土	2.56 ± 0.102 b	1.98 ± 0.043 b	1.31 ± 0.048 b	1.32 ± 0.015 b	1.07 ± 0.007 b	1.65
	白浆土	2.27 ± 0.052 b	1.66 ± 0.038 c	1.15 ± 0.005 c	1.21 ± 0.037 b	1.14 ± 0.031 b	1.49
速效钾	暗棕壤	4.54 ± 0.101 a	3.71 ± 0.094 a	1.92 ± 0.024 b	1.77 ± 0.014 b	1.66 ± 0.019 b	2.72
	黑砂土	3.54 ± 0.101 b	2.22 ± 0.025 c	1.82 ± 0.024 b	1.80 ± 0.055 b	1.90 ± 0.073 a	2.27
	白浆土	3.74 ± 0.135 b	2.57 ± 0.098 b	2.22 ± 0.062 a	2.08 ± 0.051 a	1.30 ± 0.042 c	2.38

延边地区植烟土壤碱解氮、速效磷和速效钾根际效应如表 5 所示, 表现为: 碱解氮 (0.98) < 速效磷 (1.99) < 速效钾 (2.46) (3 种类型土壤根际效应平均值), 但在不同类型土壤间存在差异, 如暗棕壤速效磷根际效应 (R/S = 2.83) 高于速效钾 (R/S = 2.72)。

土壤碱解氮根际效应在土壤类型间差异不大, 主要受烟草生育时期影响。在 7 月 30 日之前表现出微弱的根际正效应, 此后则转为根际负效应 (表 5)。土壤速效磷表现出明显的根际正效应, 且在土壤类型间和烟株不同生育时期均存在明显差异, 表现为: 暗棕壤 (R/S = 2.83) > 黑砂土 (R/S = 1.65) > 白浆土 (R/S = 1.49); 随生育期推进, 根际效应下降较快 (表 5)。土壤速效钾也具有非常明显的根际正效应, 在土壤类

型间和烟草生育期间均存在较大差异。在 7 月 30 日之前, 3 种类型土壤速效钾根际效应随生育期推进迅速下降, 且暗棕壤根际效应显著高于黑砂土和白浆土, 此后根际效应变化趋缓, 保持在一个稳定水平 (表 5)。

3 结论与讨论

(1) 研究表明延边地区植烟土壤中过氧化氢酶、脲酶和转化酶活性具有根际正效应, 且根际效应依次增大, 过氧化氢酶仅具有微弱的根际效应, 转化酶根际效应较明显。土壤过氧化氢酶主要来自微生物和植物根系分泌物, 过氧化氢则是土壤生物呼吸过程中有机物质化学氧化的产物, 过氧化氢酶活性在一定程度上表征了土壤氧化过程的强弱。过氧化氢酶根际效应

不明显,根际和非根际土酶活性差异不大^[11,16],可能表明土壤氧化过程受烟草根系生长影响不大,而更多的受土壤基本素质影响。脲酶和转化酶活性根际效应明显,这与孟亚利^[20]、江玉平等^[11]的研究结果相一致,表明烟草根际土生化过程较旺盛,碳、氮等养分转化较活跃,可为烟草根系提供更多的养分。

(2) 根际土酶活性增强有助于土壤养分的释放和作物对养分的吸收^[17-18]。在供试 3 种类型土壤中,暗棕壤烟株根际土酶活性和酶活根际效应均较高,更有利于土壤矿质元素转化分解,可为烟株生长提供更多有效养分。

(3) 在烟株生长期间,土壤 pH 值表现出明显的根际负效应,即根际土 pH 值低于非根际土,这与刘方等^[10]研究结果相一致,根际土 pH 降低的原因主要是根系吸收阴阳离子相对比值不同引起的,其次是根系呼吸作用产生 CO₂ 溶于土壤溶液中使土壤酸度增强以及根系分泌有机酸的影响^[10,19]。暗棕壤 pH 值根际负效应较其他两种土壤大,可能暗示暗棕壤上生长的烟株根系活力较强,呼吸作用产生较多 CO₂,同时向土壤中排出更多根系分泌物。

(4) 在烟株生长期间,土壤速效磷和速效钾根际效应明显,碱解氮根际效应较小,表现为:碱解氮<速效磷<速效钾,这与刘方等人^[10]的研究结果相一致。暗棕壤烟株根际土碱解氮、速效钾含量均高于黑砂土和白浆土,速效磷含量低于后两者,可能与暗棕壤相对较高的 pH 值有关。暗棕壤速效磷和速效钾根际效应显著大于黑砂土和白浆土,与暗棕壤根际土酶活性较高,更有利于矿质营养活化和有机质矿化有关。

综上所述,暗棕壤根际酶活性较高、pH 根际效应较大,创造了一个有利于土壤酶分解的环境,提高了土壤新陈代谢活性,烟株根际速效养分富集较多,为烟株生长提供良好的养分供应,促进烟株生长,这可能是暗棕壤烟叶质量优于黑砂土和白浆土的原因之一。

参考文献:

- [1] Pandey A, Palni LMS. The rhizosphere effect of tea on soil microbes in a Himalayan monsoonal location. *Biology and Fertility of Soil*, 1996, 21: 131-137
- [2] 张亮,程智慧,周艳丽,董小艳,魏玲.百合生育期根际土壤微生物和酶活性的变化. *园艺学报*, 2008, 35(7): 1031-1038
- [3] 刘世亮,介晓磊,李有田,安志装,胡著邦.不同磷源对作物根际效应影响的研究. *土壤*, 2003, 35(4): 325-329
- [4] 韩富根,宋鹏飞,董祥洲,王初亮,王校辉,沈铮.延边烟区不同土壤的根际土壤微生物生态效应研究. *土壤*, 2010, 42(1): 33-38
- [5] 周毅峰,何义发,田国政,刘华中,周健,熊丽珍.不同生境薇菜根际土壤养分与酶活力研究. *中国土壤与肥料*, 2010(3): 8-10
- [6] 张成娥,陈小利.林地砍伐开垦对土壤酶活性及养分的影响. *生态学杂志*, 1998, 17(6): 18-21
- [7] 吉艳芝,冯万忠,陈立新,段文标,张笑归.落叶松混交林根际与非根际土壤养分、微生物和酶活性特征. *生态环境*, 2008, 17(1): 339-343
- [8] 齐泽民,杨万勤.苞箭竹根际土壤微生物数量与酶活性. *生态学杂志*, 2006, 25(11): 1370-1374
- [9] 方昉,吴承祯,洪伟,范海兰,宋萍.植物根际、非根际土壤酶与微生物相关性研究进展. *亚热带农业研究*, 2007, 3(3): 209-215
- [10] 刘方,刘元生,何腾兵.烤烟根际土壤特性研究: I. 烤烟根际与非根际土壤化学性质. *耕作与栽培*, 1996(6): 59-60
- [11] 江玉平,冯玮,刘义新,郑武平.烟草大田生育前期根际几种酶活性初探. *烟草科技*, 1997(4): 38-39
- [12] 周礼恺. *土壤酶学*. 北京: 科学出版社, 1987
- [13] 丰晓,段建平,蒲小鹏,邹雨,李春荣.土壤脲酶活性两种测定方法的比较. *草原与草坪*, 2008, 127(2): 70-72
- [14] 关松荫,张德生,张志明. *土壤酶及其研究法*. 北京: 农业出版社, 1986: 274-338
- [15] 鲍士旦. *土壤农化分析*. 3 版. 北京: 中国农业出版社, 2000
- [16] 江玉平,刘义新,冯伟,郑武平.烟草普通花叶病株根际几种酶活性的测定. *中国烟草科学*, 1997(4): 18-19
- [17] Diamantidis G, Effosse A, Potier P, Bally R. Purification and characterization of the first bacterial laccase in the rhizospheric bacterium *Azospirillum lipoferum*. *Soil Biology & Biochemistry*, 2000, 32(7): 919-927
- [18] 李文革,刘志坚,谭进周,谢桂先.土壤酶功能的研究进展. *湖南农业科学*, 2006(6): 34-36
- [19] 涂书新,吴佳.植物根系分泌物研究方法评述. *生态环境学报*, 2011, 19(9): 2493-2500
- [20] 孟亚利,王立国,周治国,陈兵林,王瑛,张立桢,卞海云,张思平.麦棉两熟复合根系群体对棉花根际非根际土壤酶活性和土壤养分的影响. *中国农业科学*, 2005, 38(5): 904-910

Study on Tobacco Rhizosphere Effects of Soil Enzyme Activities and Available Nutrients in Three Soil Types in Yanbian

YIN Quan-yu^{1,2}, GUO Xia-li¹, ZHAO Ming-qin², WANG Yan¹

(1 School of Chemical Engineering and Energy, Zhengzhou University, Zhengzhou 450001, China;

2 College of Tobacco Science, Henan Agricultural University, Zhengzhou 450002, China)

Abstract: In this study, three types of soil and flue cured tobacco of Yanbian area with randomized block design in the field were used to investigate the activities of catalase, urease and invertase, and the contents of alkali-hydrolyzable N, available P and K in rhizosphere and non-rhizosphere soils, and pH values, soil enzymes and nutrients at different developmental stages of tobacco plant. Results indicated that the average activities of catalase, urease and invertase in rhizosphere soils for planting tobacco were 0.60U, 0.48U and 22.09U, respectively. The rhizosphere effect of soil enzyme were obvious different, i.e. catalase ($R/S = 1.08$) < urease ($R/S = 1.14$) < invertase ($R/S = 1.51$). pH value and the contents of alkali-hydrolyzable N, available P and K of rhizosphere soils were 5.42, 72.52 mg/kg, 33.36 mg/kg and 402.04 mg/kg, respectively. The rhizosphere effect was in an order of pH ($R/S = 0.91$) < alkali-hydrolyzable N ($R/S = 0.98$) < available P ($R/S = 1.99$) < available K ($R/S = 2.46$). pH value and the contents of alkali-hydrolyzable N, available P and K in rhizosphere and non-rhizosphere soils were in an order of dark brown soil > black sandy soil > albic Soil. Therefore, dark brown soil had higher rhizosphere effect and could provide more favorable environment including nutrition for planting tobacco, which might be one of the important reasons that dark brown earths was better than other two soils for tobacco growth.

Key words: Flue-cured tobacco, Soil type, Soil enzyme, Available nutrient, Rhizosphere effect