

烤烟不同生育期土壤酶及微生物活性的变化^①

张友杰, 刘国顺*, 叶协锋, 李琰琰, 何川, 李伟, 孟颖梅, 袁冰丽

(国家烟草栽培生理生化研究基地, 河南农业大学烟草学院, 郑州 450002)

摘要: 在盆栽条件下研究了烤烟不同生长发育阶段土壤酶和微生物的变化规律。结果发现: 随着烤烟的生长, 过氧化氢酶活性、碱性磷酸酶活性、细菌数量以及砂壤土条件下的硝化细菌和解磷细菌都表现为先降后升再降的规律; 硝酸还原酶活性、砂壤土条件下的氨化细菌和壤土下的解钾细菌数量表现为先升后降后期有所回升的规律; 淀粉酶活性、真菌、放线菌、壤土条件下的解磷细菌和砂壤土下的解钾细菌数量表现先降后升。除碱性磷酸酶外, 所测的土壤酶和微生物在烤烟不同生育阶段差异极显著。这说明在烤烟-土壤-土壤酶及微生物相互作用的系统中, 土壤酶活性和微生物数量明显受到烤烟生长发育的影响。

关键词: 烤烟; 土壤酶; 微生物

中图分类号: S154.1

土壤酶和微生物是土壤的重要组成部分, 它们的存在使土壤具有同生物体相似的组织代谢能力^[1-2]。土壤酶在土壤生态系统的物质循环和能量转化中起着非常重要的作用, 其活力是土壤肥力和土壤养分转化能力的重要标志^[3-4]。土壤酶参与土壤中的一切生物化学过程, 其活性直接影响土壤养分的供应和储备, 是土壤生物活性强度的标志之一^[5]。过氧化氢酶为氧化还原酶, 它能将生物呼吸和有机物生物化学反应产生的过氧化氢分解为分子氧和水, 防止 H₂O₂ 在土壤中的积累, 解除其对生物体产生的毒害作用^[6]; 蔗糖酶(转化酶或β-呋喃果糖苷酶^[7]), 主要参与高分子有机物的分解, 酶促蔗糖水解为葡萄糖和果糖, 改善土壤C素营养状况^[8], 其活性可以反映土壤中C的转化和呼吸强度^[7]; 淀粉酶能使淀粉水解生成糊精和麦芽糖, 它是参与自然界C素循环的一种重要的生物活性物质^[1]; 碱性磷酸酶能促进土壤中有机P化合物水解, 生成能为植物所利用的无机态P^[8], 其活性反映土壤供应有效P的潜在能力^[9]; 硝酸还原酶是一种与N有关的氧化还原酶^[10]。土壤微生物是土壤生物活性最敏感的指标之一, 它们的生命活动使土壤有机质和矿物质成分不断变化, 这些变化对于土壤的肥沃性和农业生产具有十分重要的意义^[11], 其种类、数量及其变化在一定程度上反映了土壤有机质的矿化速度及各种养分的存在状态, 从而直接影响土壤的供肥状况^[12]。细菌在三大微生物类群中占主要部分, 在植物根系的微生态环境

中对物质和能量的转化起主要作用。多数学者研究指出, 连作会导致土壤由细菌型向真菌型演变, 真菌数量越多肥力越差^[13-17]。放线菌不借植物根分泌物为营养进行生活, 而积极参与根残体分解过程, 同时放线菌在生长过程中分泌的抗生素可以抑制其他有害病原微生物的生长^[18]。土壤中氨化细菌的数量直接反映了氨化作用的强度^[17]。土壤中的硝酸盐是植物的最好N素养料, 它在土壤中的累积主要是硝化细菌活动的结果, 土壤中硝化细菌数量的多少反映了土壤NO₃⁻-N的供应状况^[17]。解磷菌和解钾菌分别可以提高土壤的供P和供K能力。对于植烟条件下的土壤酶及微生物的研究, 主要集中在不同植烟年限^[19-20]、不同土壤类型^[21-22]、不同肥力条件下^[23]等, 对不同土壤类型下烤烟不同生育期的变化规律研究未见报道。本研究旨在了解土壤酶及微生物在烤烟不同生育期的变化, 结合土壤酶及微生物的作用, 人为去影响其活性和含量, 为生产优质烟叶和开展其他相关研究提供一定帮助。

1 材料和方法

1.1 供试土壤及试验设计

试验于 2008 年在河南农业大学科教园区防虫网内进行, 试验用的壤土和砂壤土均取自河南郑县烟田耕层土, 土壤类型为黄褐土。经自然风干后过筛, 每盆装土 20 kg, 并与肥料充分混匀后装入塑料花盆。花

①基金项目: 河南省烟草专卖局重点科技攻关项目(HYKJ200703)资助。

* 通讯作者(liugsh1851@163.com)

作者简介: 张友杰(1985—), 男, 河南民权人, 硕士研究生, 主要从事烟草栽培生理生化研究。E-mail: zhangyoujie1985@163.com

盆上口径 30 cm, 底直径 25 cm, 高 30 cm。每盆用 N 4.5 g, N:P₂O₅:K₂O 比例为 1:2:3, 基追肥比例为 6:4。于 5 月 11 日移栽, 品种为 K326。每个处理植烟 50 株, 株距 50 cm, 行距 120 cm。移栽后 30 天开始每隔 15 天即于烤烟团棵期(移栽后 30 天)、旺长期(45 天)、现蕾期(60 天)、圆顶期(75 天)、成熟采收期(90 天)各取一次土壤样品。

1.2 分析方法

过氧化氢酶活性测定采用高锰酸钾滴定法^[24], 淀粉酶^[1]、硝酸还原酶^[24]、蔗糖酶^[25]、碱性磷酸酶活性的测定^[25]用比色法。用 1 g 土消耗 0.02 mol/L 高锰酸钾毫升数表示过氧化氢酶的活性, 以 24 h 后 1 g 土中葡萄糖的质量表示蔗糖酶的活性, 淀粉酶活性以 24 h 后 1 g 土中麦芽糖的毫克数表示, 硝酸盐还原酶活性以 24 h 后 10 g 土在嫌气条件下被还原的硝酸根毫克数表示, 用 24 h 后 1 g 土中释出的酚的质量表示碱性磷酸酶的活性。土壤微生物按常规的稀释分离平皿菌落计数法测定^[25-26]。

1.3 数据处理与统计分析

实验数据采用 Excel2007 和 SPSS15.0 进行处理和统计分析。

2 结果与分析

2.1 烤烟不同生育期土壤酶活性的变化

土壤酶是一种生物催化剂, 它们参与土壤系统中诸多重要代谢过程, 包括土壤发生与发育、土壤肥力的形成、土壤净化等^[27], 施肥、重金属、除草剂以及大气 CO₂ 浓度等都可以影响土壤酶活性^[28-31]。

从表 1 可知, 在两种土壤质地条件下, 土壤过氧化氢酶在烤烟移栽后缓慢下降, 移栽后 45 天与 30 天相比, 砂壤土与壤土分别降低了 18.91% 和 19.91%, 前后差异达到了极显著水平。随着烤烟的生长发育, 酶活性逐步上升, 到 75 天时比 30 天增加了 7.12% (砂壤土) 和 10.91% (壤土), 前后差异达到了极显著水平, 这是因为此时烤烟根系发达, 呼吸作用增强导致有机生物化学反应加快, 酶活性也出现高峰。随着烤烟的继续生长, 根系活力逐渐降低, 过氧化氢酶活性开始下降, 移栽后 90 天时的酶活性仅为 30 天时的 31.82% (砂壤土) 和 37.01% (壤土)。从表 1 还可以看出, 过氧化氢酶活性受土壤质地影响较小, 这表明在植烟条件下土壤中过氧化氢酶活性受烤烟生长发育影响较大。

表 1 烤烟不同生育期土壤酶活性的变化

Table 1 Soil enzyme activities at different tobacco growing stages

土壤酶	土壤类型	移栽后天数					平均值	标准 偏差	变异系数 (%)
		30 d	45 d	60 d	75 d	90 d			
过氧化氢酶(0.02 mol/L KMnO ₄ ml/g)	砂壤土	5.50 bA	4.46 cBC	4.67 cB	6.10 aA	3.75 dC	4.89	0.88	18
	壤土	5.62 bB	4.50 dD	5.08 cC	6.02 aA	3.54 eE	4.95	0.91	18
淀粉酶(麦芽糖 mg/(g·24h))	砂壤土	4.07 cC	3.43 cdCD	2.92 dD	5.40 bB	8.20 aA	4.80	1.98	41
	壤土	4.69 bB	4.96 bB	2.76 dC	3.50 cC	5.92 aA	4.37	1.19	27
硝酸还原酶(硝酸根 mg/(10g·24h))	砂壤土	13.73 bA	16.44 bA	6.66 cB	15.07 bA	20.46 aA	14.47	4.99	34
	壤土	15.58 abA	15.56 abA	3.75 cB	12.90 bA	18.47 aA	13.25	5.46	41
蔗糖酶(葡萄糖 mg/(g·24h))	砂壤土	4.45 cC	11.13 bBC	14.29 bAB	5.33 cC	18.93 aA	10.82	5.97	55
	壤土	5.43 dC	5.46 dC	19.05 cB	27.54 bA	32.69 aA	18.24	11.54	63
碱性磷酸酶(酚 mg/(g·24h))	砂壤土	16.70 aA	14.74 aA	16.77 aA	15.79 aA	13.62 aA	15.52	1.63	11
	壤土	26.33 aA	24.52 abA	25.46 aA	23.56 bA	16.31 cB	23.23	3.78	16

注: 表中同行不同字母表示方差分析差异显著(大写字母表示 $p \leq 0.01$, 小写字母表示 $p \leq 0.05$), 下同。

淀粉酶活性变化与过氧化氢酶类似, 在烤烟移栽后的前中期逐步下降, 移栽后 60 天降到最低值, 分别比 30 天时降低 28.26% (砂壤土) 和 41.15% (壤土); 随着烤烟继续生长, 土壤淀粉酶活性迅速增加, 到移栽后 90 天时达到峰值, 分别比移栽后 30 天增加了 101.47% (砂壤土) 和 26.23% (壤土)。砂壤土淀粉酶活性平均值比壤土高 9.84%, 变异系数高

51.85%, 这说明淀粉酶活性受土壤质地影响较大, 且壤土淀粉酶活性比砂壤土淀粉酶活性稳定。

硝酸还原酶活性变化与过氧化氢酶和淀粉酶不同, 在移栽后前期不同的土壤条件下表现不同, 其中砂壤土移栽后 45 天比 30 天高 19.74%, 而壤土中却低 0.13%, 但差异均未达到显著水平; 移栽后 60 天时出现最低值, 其活性只有移栽后 30 天的 48.51%

(砂壤土)和 24.07% (壤土), 前后差异均达到极显著水平; 随着烤烟的继续生长, 硝酸还原酶活性逐步回升, 至 90 天 时达到最高值, 与移栽后 60 天相比, 砂壤土和壤土分别是其活性的 3.01 倍和 3.53 倍。

蔗糖酶活性在砂壤土条件下烤烟移栽后前期活性急剧增强, 至 60 天时其活性比 30 天时高 221%, 前后差异达极显著水平; 随后至移栽后 75 天时淀粉酶活性迅速降低, 只有 60 天的 37.30%, 前后差异达极显著水平; 至烤烟成熟期 (移栽后 90 天) 时, 其活性有所回升, 比 75 天时高 255%。但蔗糖酶活性在壤土中初期较为稳定 (移栽后 30 天和 45 天); 以后其活性逐步提高, 至移栽后 60、75 和 90 天时分别为 30 天时的 3.51 倍、5.01 倍和 6.02 倍, 且两两差异均达到了显著水平, 其中 90 天、75 天与 60 天、30 天之间以及 60 天与 30 天之间差异均达到了极显著水平。比较砂壤土和壤土中蔗糖酶的活性可以发现, 不同之处有两点: ①在砂壤土中其活性在整个生育期表现为上升 (至移栽后 60 天)-下降 (移栽后 60 天到 75 天)-上升 (至移栽后 90 天) 的变化规律, 而在壤土中则表现为一个逐步增高的过程; ②壤土的平均值高于砂壤土 68.58%, 变异系数高于砂壤土 14.55%。二者相同之处为均表现为末期 (移栽后 90 天) 蔗糖酶活性最高。

土壤中碱性磷酸酶活性的变化规律和过氧化氢酶类似, 表现为高-低-高-低, 不同的是过氧化氢酶的第二个峰值出现在移栽后 75 天而碱性磷酸酶出现在 60 天。移栽后初期 (45 天) 碱性磷酸酶活性略有降低, 砂壤土和壤土分别比移栽后 30 天降低了 11.74% 和 3.33%; 随后其活性有所提高, 移栽后 60 天的活性分别比 45 天时高 13.77% (砂壤土) 和 3.83% (壤土), 此时烤烟生长处于较为旺盛的时期, 对养分的需求量大, 碱性磷酸酶活性的增加可以加速土壤有机P的脱P速度, 改善速效P的供应水平, 有利于烤烟的生长^[1]; 随着烤烟的继续生长, 其土壤碱性磷酸酶活性逐渐下降, 至成熟期 (移栽后 90 天) 最低, 为 30 天时的 81.56% (砂壤土) 和 61.94% (壤土)。土壤碱性磷酸酶活性同时还受土壤性质的影响, 砂壤土碱性磷酸酶活性较低, 平均为 15.52 mg/(g·24h), 壤土的平均值为 23.23 mg/(g·24h), 后者比前者高 49.68%。

从以上分析可知, 碱性磷酸酶活性在这几种酶中波动最小, 尤其在砂壤土中整个生育期均不具有显著差异。其余几种土壤酶在烤烟生长的各个阶段具有不同的活性, 除过氧化氢酶活性在砂壤土中烤烟移栽后

的 45 天与 60 天、蔗糖酶活性在壤土中的 30 天与 45 天以及淀粉酶与硝酸还原酶活性在 30 天与 45 天外, 其余各酶活性在烤烟的相邻生育期差异均达到了显著或极显著水平。过氧化氢酶、蔗糖酶和碱性磷酸酶在壤土中的活性高于砂壤土, 淀粉酶和硝酸还原酶则相反。

2.2 烤烟不同生育期土壤微生物数量的变化

土壤微生物是土壤生物的三个组成部分之一, 其种类丰富、数量巨大, 参与土壤有机质的分解和合成、养分的释放和固定等^[32]。从表 2 可知, 砂壤土条件下烤烟移栽后的前一阶段细菌含量随烤烟的生长逐步增加且保持较高的水平, 到移栽后 45 天达到最高水平, 与移栽 30 天时相比, 砂壤土和壤土中细菌含量分别增加了 37.94% 和 38.01%; 随着烤烟的继续生长, 细菌含量逐步降低。至移栽后 75 天降至最低, 为移栽初期 (30 天) 的 21.68% (砂壤土) 和 69.66% (壤土); 随后在两种土壤中均有所回升, 其中壤土细菌回升至初期 (30 天) 的 110.86%, 砂壤土细菌含量回升至 24.47%。

土壤中真菌数量与细菌数量比较表现不完全相同。烤烟移栽后前 60 天逐渐下降, 至 60 天降至最低, 壤土降至 30 天时的 71.43%, 砂壤土降低至 41.97%; 随后与细菌相同开始增加, 至 90 天达最高值, 分别为 5.50×10^4 个/g干土 (砂壤土) 和 9.99×10^4 个/g干土 (壤土)。从平均值来看两种土壤中真菌含量差异不大, 但壤土的变异系数是砂壤土的 2.53 倍, 这说明砂壤土真菌含量受植烟环境影响较小。

与真菌含量变化规律相似, 放线菌含量也表现为先下降后上升, 与真菌 90 天时最高不同的是放线菌移栽后 30 天时最高。烤烟移栽后, 放线菌数量逐渐下降, 至 60 天时降至最低值, 比 30 天时低 65.47% (砂壤土) 和 56.10% (壤土); 随着烤烟的继续生长, 放线菌数量逐步回升, 至 90 天时砂壤土和壤土分别回升至 30 天时的 38.38% 和 53.21%。

两种土壤氨化细菌的含量变化不同, 其中移栽后 60 天前砂壤土和壤土表现相同规律。烤烟移栽后 60 天前氨化细菌数量逐渐下降, 60 天时的含量只是 30 天时的 71.32% (砂壤土) 和 88.85% (壤土); 随后 (移栽后 75 天) 砂壤土中氨化细菌数量升至最高值 3.33×10^6 个/g干土, 而壤土中氨化细菌含量则降至最低值 1.79×10^6 个/g干土; 随着烤烟的继续生长, 砂壤土中氨化细菌数量有所降低, 而在壤土中却急剧增加至最高值 4.00×10^6 个/g干土。从整个生育期的氨化细菌含量来看, 壤土的最低值和最高值

表 2 烤烟不同生育期微生物含量的变化

Table 2 Amounts of soil microorganism at different tobacco growing stages

微生物	土壤类型	移栽后天数					平均值	标准 偏差	变异系数 (%)
		30 d	45 d	60 d	75 d	90 d			
细菌 ($\times 10^7$ 个/g干土)	砂壤土	5.72 bB	7.89 aA	2.42 cC	1.24 dD	1.40 dD	3.73	2.72	73
	壤土	5.34 cC	7.37 aA	2.64 eE	3.72 dD	5.92 bB	5.00	1.72	34
真菌 ($\times 10^4$ 个/g干土)	砂壤土	4.67 bB	3.92 cC	1.96 eE	3.00 dD	5.50 aA	3.81	1.29	34
	壤土	2.03 cC	1.70 dD	1.45 eE	4.14 bB	9.99 aA	3.87	3.32	86
放线菌 ($\times 10^5$ 个/g干土)	砂壤土	7.53 aA	4.86 bB	2.44 dD	2.60 dD	2.89 cC	4.06	2.00	49
	壤土	9.34 aA	7.80 bB	3.23 eE	4.10 dD	4.97 cC	5.89	2.39	41
氨化细菌 ($\times 10^6$ 个/g干土)	砂壤土	2.72 bB	2.08 cdC	1.94 dC	3.33aA	2.23 cC	2.46	0.53	22
	壤土	3.05 bB	2.96 bBC	2.71 cC	1.79dD	4.00 aA	2.90	0.74	26
硝化细菌 ($\times 10^5$ 个/g干土)	砂壤土	3.12 dD	6.51 aA	2.53 eE	3.49 cC	4.18 bB	3.97	1.43	36
	壤土	5.29 bB	5.83 aA	3.05 cC	2.72 dD	2.46 eE	3.87	1.45	37
解磷细菌 ($\times 10^5$ 个/g干土)	砂壤土	0.93 bB	1.40 aA	0.84 bB	0.56 cC	0.97 bB	0.94	0.29	31
	壤土	1.13 cC	0.86 dD	0.72 dD	2.01 bB	2.80 aA	1.50	0.82	55
解钾细菌 ($\times 10^5$ 个/g干土)	砂壤土	1.85 bB	1.40 cC	1.31 cC	1.97 bB	6.33 aA	2.57	1.96	76
	壤土	1.67 cC	1.36 dD	0.86 eE	4.32 aA	3.48 bB	2.34	1.38	59

都比砂壤土晚了一个阶段,这可能是在壤土中氨化细菌对植烟土壤微生态环境反应较砂壤土中的慢的原因。

移栽后初期(45天前),硝化细菌含量在两种土壤中都表现为增加,其中砂壤土的增加幅度 108.65% 远远大于壤土的 10.21%,且前后差异均达到了极显著水平;随着烤烟的生长,二种土壤表现不同的规律,其中砂壤土在 60 天时降到最低值 2.53×10^5 个/g干土,随后开始回升,至末期(90天)回升至 30 天时的 133.97%,而壤土中硝化细菌则继续下降,至 90 天时降到最低值 2.46×10^5 个/g干土。两种土壤中硝化细菌含量在烤烟生长的各个过程中差异均达到了极显著水平。

两种土壤解磷细菌含量变化表现不同。其中砂壤土条件下与细菌的表现相同,均为增高-降低-增高的过程,且其最高值和最低值都出现在移栽后 45 天和 75 天;壤土中解磷细菌含量变化与真菌和放线菌在两种土壤中的表现均相同,表现为先降低后增高的过程,且其最高值和最低值都出现在移栽后 90 天和 60 天。这说明这几种菌可能受到某一种或几种因素的共同作用或者它们之间有某种相互作用或联系。

与细菌、氨化细菌、硝化细菌和解磷细菌相同,解钾细菌在两种土壤中表现不同的变化规律。烤烟移栽前后 75 天解钾细菌数量都表现为先降低后增加的

过程,随后砂壤中解钾细菌急剧增加而在壤土中却是缓慢下降。

以上结果表明,细菌在微生物中数量最多,其次为放线菌、硝化细菌、氨化细菌、解钾细菌和解磷细菌,真菌数量最少。经方差分析可知,除了砂壤土中放线菌在烤烟移栽后 60 天和 75 天、解钾细菌在 45 天和 60 天之间以及壤土中氨化细菌在 30 天与 45 天、解磷细菌在 45 天与 60 天之间外,其他微生物在不同土质条件下烤烟相邻生育期间差异均达到了显著或极显著水平。其次,烤烟地上部分的生长发育和地下部分土壤微生物之间存在着较为复杂的关系。同一植物在不同的生长发育时期,不仅根际分泌物的数量有差异,而且分泌物的种类也不同。这些分泌物不仅是微生物很好的培养基,而且一些分泌物可能抑制或有利于甚至刺激某些微生物的繁殖,从而导致土壤微生物种群结构的变化。所以,在烤烟的不同生长发育阶段,各微生物的数量和结构不同,有时不同的土壤质地也有不同表现。

3 结果与讨论

在烤烟-土壤-土壤酶及土壤微生物相互作用的体系中,不同的土壤酶及微生物随着烤烟生长发育表现不同的规律,而且在不同土壤质地下有些土壤酶和微生物表现也不同。过氧化氢酶和碱性磷酸酶活性表现

为降低-升高-再降低的规律; 与其相反, 蔗糖酶活性在砂壤土条件下和硝酸还原酶活性都表现为升高-降低-再升高的过程; 淀粉酶活性表现为先降低后升高的过程。微生物中除真菌、细菌和放线菌在两种土壤中表现同样的规律外, 氨化细菌、硝化细菌、解磷细菌和解钾细菌等在不同的土壤条件下表现不同。这是因为这几种微生物都是具有特定功能且生物化学性质相似的微生物类群, 它们受外界影响条件较为单一, 不同的土壤提供完全不同的微生物生活环境进而影响其含量。而细菌、真菌和放线菌属于微生物的三大类群, 其数量大小的影响因素较多, 仅土壤质地一个条件还不能决定其含量。

参考文献:

- [1] 关松荫. 土壤酶及其研究法. 北京: 农业出版社, 1986: 278-280
- [2] 郭兰萍, 黄璐琦, 蒋有绪, 陈美兰, 吕冬梅, 曾燕. 栽培苍术根际土壤微生物变化. 中国药学杂志, 2007, 32(12): 1131-1133
- [3] 周礼恺. 土壤酶活性的总体在评价土壤肥力水平中作用. 土壤学报, 1983, 20(4): 413-418
- [4] 周礼恺. 土壤酶学. 北京: 科学出版社, 1987
- [5] 叶功富, 侯杰, 张立华, 卢昌义, 陈胜, 黄荣钦. 不同年龄木麻黄林根际土壤养分含量和酶活性动态. 水土保持学报, 2006, 20(4): 86-89
- [6] 李朝海, 王小星, 王群, 郝四平. 不同质地土壤玉米根际微生物活性研究. 中国农业科学, 2007, 40(2): 412-418
- [7] 常学秀, 文传浩, 沈其荣. 锌厂 Pb 污染农田小麦根际与非根际土壤酶活性特征研究. 生态学杂志, 2001, 20(4): 5-8
- [8] 张昱, 程智慧, 徐强, 李娟. 玉米/蒜苗套作系统中土壤微生物和土壤酶状况分析. 土壤通报, 2007, 38(6): 1136-1140
- [9] 何斌, 秦武明. 刘运化, 梁机, 覃永华, 玉峙强. 马占相思人工林根际土壤化学性质及酶活性的变化. 东北林业大学学报, 2007, 35(2): 35-37
- [10] 黄树辉, 吕军. 烤田对土壤中氮素和与氮有关的酶活性影响. 水土保持学报, 2004, 18(3): 102-105
- [11] 陈华癸. 土壤微生物学. 北京: 高等教育出版社, 1958: 1-7
- [12] 孙淑荣, 吴海燕, 刘春光, 张桂芝. 玉米连作对中部农区主要土壤微生物区系组成特征影响的研究. 玉米科学, 2004, 12(4): 67-69
- [13] 陈慧, 郝慧荣, 熊君, 齐晓辉, 张重义, 林文雄. 地黄连作对根际微生物区系及土壤酶活性的影响. 应用生态学报, 2007, 18(12): 2755-2759
- [14] 胡元森, 刘亚峰, 吴坤, 窦慧娟, 贾新成. 黄瓜连作土壤微生物区系变化研究. 土壤通报, 2006, 37(1): 126-129
- [15] 齐文娟, 龙瑞军, 冯瑞章, 徐松鹤, 周万海. 江河源区不同建植年限人工草地土壤微生物及酶活性研究. 水土保持学报, 2007, 21(4): 145-149
- [16] 孙秀山, 封海胜, 万书波, 左学青. 连作花生田主要微生物类群与土壤酶活性变化及其交互作用. 作物学报, 2001, 27(5): 617-621
- [17] 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): 1370-1375
- [18] 李琼芳. 不同连作年限麦冬根际微生物区系动态研究. 土壤通报, 2006, 37(3): 563-565
- [19] 胡汝晓, 赵松义, 谭周进, 肖汉乾, 巢进, 屠乃美, 周清明. 烟草连作对稻田土壤微生物及酶的影响. 核农学报, 2007, 21(5): 494-497
- [20] 娄翼来, 关连珠, 王玲莉, 胡克伟, 何琳. 不同植烟年限土壤 pH 和酶活性的变化. 植物营养与肥料学报, 2007, 13(3): 531-534
- [21] 沈笑天, 冯云, 刘国顺, 介晓磊, 邱立友, 徐传快, 李荣平, 贾保顺. 烟区烟草根际与非根际土壤微生物的生态因子作用分析. 生态环境, 2007, 16(5): 1504-1511
- [22] 杨远平, 曾世文. 毕节地区烟地土壤中磷酸酶活性研究. 土壤肥料, 2001(5): 41-42
- [23] 杨远平. 贵州毕节地区烟地土壤酶活性研究. 土壤通报, 2003, 34(4): 594-596
- [24] 严昶升. 土壤肥力研究方法. 北京: 农业出版社, 1988
- [25] 姚槐应, 黄昌勇. 土壤微生物生态学及其实验技术. 北京: 科学出版社, 2006
- [26] 中国科学院南京土壤研究所生物室. 土壤微生物研究法. 北京: 科学出版社, 1985: 44-50
- [27] 杨红飞, 严密, 王友保, 刘登义. 安徽主要水稻土中重金属形态分布与土壤酶活性研究. 土壤, 2007, 39(5): 753-759
- [28] 路磊, 李忠佩, 车玉萍. 不同施肥处理对黄泥土微生物量碳和酶活性的影响. 土壤, 2006, 38(3): 309-314
- [29] 孙庆业. 尾矿污染与几种土壤酶活性. 土壤, 2000, 32(1): 54-56
- [30] 马爱军, 何任红, 蒋新宇, 林玉锁. 毒死蜱与乙草胺单一污染和复合污染对土壤酶活性及微生物生物量碳的影响. 生态与农村环境学报, 2008, 24(2): 57-60
- [31] 武术, 林先贵, 尹睿, 胡君利, 毛婷婷, 冯有智, 朱建国. 大气 CO₂ 浓度升高对添加麦秸条件下稻田土壤酶活性的影响. 生态与农村环境学报, 2008, 24(4): 32-36
- [32] 曹慧, 崔中利, 李顺鹏. 中国土壤生物学研究的回顾与展望. 土壤学报, 2008, 45(5): 830-836

Changes of Soil Enzyme Activities and Microorganism Amounts at Different Growing Stages of Flue-Cured Tobacco

ZHANG You-jie, LIU Guo-shun, YE Xie-feng, LI Yan-yan, HE Chuan, LI Wei, MENG Ying-mei, YUAN Bing-li

(National Tobacco Cultivation and Physiology and Biochemistry Research Center, Tobacco College of Henan

Agricultural University, Zhengzhou 450002, China)

Abstract: A pot experiment was conducted to study the changes of soil catalase, sucrose, nitrate reductase, amylase, alkaline phosphatase, the amounts of soil bacteria, fungi, actinomycete, ammonifier, nitrobacteria, phosphate-dissolving bacteria and potassium-dissolving bacteria at different development stages of flue-cured tobacco. The results showed that during tobacco growth, soil catalase, alkaline phosphatase activity and the amounts of soil bacteria and ammonifier in sandy loam descended first, then ascended and descended again. But soil nitrate reductase, ammonifier in loam soil and potassium-dissolving bacteria in sandy loam significantly ascended at the early stages and then declined during tobacco growth, but ascended slightly again at the end. Soil sucrose, fungi, actinomycete, phosphate-dissolving bacteria in loam soil and potassium-dissolving bacteria in sandy loam descended at the early stages then ascended. Except for soil alkaline phosphatase, the variance analysis showed that all the test materials reached the extremely significant level ($p \leq 0.01$) at different growing stages. It suggests that soil enzyme activity and the amount of microorganism could be affected obviously by tobacco growth under the interaction system of the tobacco, soil and microorganisms.

Key words: Flue-cured tobacco, Soil enzyme, Microorganism