

烤烟连作对耕层土壤酶活性及微生物区系的影响^①

李鑫, 张秀丽, 孙冰玉, 岳冰冰, 张会慧, 许楠, 朱文旭, 孙广玉*

(东北林业大学生命科学学院, 哈尔滨 150040)

摘要: 以烤烟品种“龙江911”为材料, 在大田试验条件下分别测定了连作1年和5年的烤烟耕层土壤酶活性及微生物区系变化。结果表明: 烤烟连作1年的耕层土壤酸性磷酸酶与脲酶活性高于正茬(大豆-小麦-烤烟), 而烤烟连作5年的土壤酸性磷酸酶与脲酶活性低于连作1年。在0~10 cm土层内, 烤烟连作1年和连作5年的土壤过氧化氢酶活性均比正茬低, 且连作5年土壤比连作1年土壤降低了35.47%。10~20 cm土层内, 烤烟连作1年和5年的土壤蔗糖酶活性分别比正茬降低了30.27%和52.14%。烤烟连作减少了土壤细菌和放线菌数量, 增加了真菌数量, 细菌主要以土壤氨化细菌、好气性自生固氮菌和好气性纤维素分解菌降低为主。因此, 烤烟连作破坏了微生物种群的平衡及降低土壤酶活性可能是引起烤烟连作障碍的主要原因之一。

关键词: 烤烟; 连作; 土壤酶; 土壤微生物

中图分类号: S154.2

烤烟是一种忌连作的叶用作物, 但由于经济利益的驱动烤烟连作在烟叶生产中普遍存在。烤烟连作会引起土壤理化性状的恶化, 土壤肥力下降, 抗病能力降低, 烤烟产量与品质明显下降, 限制了烤烟的可持续发展^[1]。因此, 研究烤烟连作障碍发生机理与控制技术已经成为烤烟生产中亟待解决的问题。目前, 有关烤烟连作的研究已有很多报道。植烟年限增加土壤pH下降^[2], 不同土壤类别烤烟连作表现不同^[3-4]。烤烟连作引起障碍的原因概括起来主要有土壤养分转化造成土壤肥力下降^[5-6]; 根系分泌物的自毒作用^[7]; 病原微生物数量增加^[8]。近年来, 一些学者研究认为, 连作烤烟的黑胫病和赤星病的发病率升高^[1], 并发现烤烟连作后土壤微生物总量和酶活性降低^[9]。黑龙江省是我国填充型烤烟的生产基地, 烟农受到经济利益驱动, 烤烟连作已较为普遍。但是, 针对填充型烤烟连作对耕层土壤微生物和酶的研究鲜见报道。为此, 本文研究了不同连作年限对烤烟土壤酶活性及微生物区系的影响, 以期改善烟地土壤肥力, 克服连作障碍提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 供试材料

试验于2003—2008年在位于黑龙江省牡丹江市

宁安县的东北烟草试验站(牡丹江烟草研究所)进行。该区属于第二积温带, 地理位置E 129°06', N 44°58', 无霜期130~140天, 烤烟大田生长期(5—9月份)年均降雨量约450 mm。土壤类型为河淤土, 土壤质地为壤土, 此土壤为东北填充型烤烟的主要植烟土壤, 土壤有机质含量27.7 g/kg, 碱解氮87 mg/kg, 速效磷36 mg/kg, 速效钾300 mg/kg, 全氮1.9 g/kg, 全磷1.6 g/kg, 全钾13.0 g/kg。本试验烤烟供试品种为龙江911。

1.2 试验处理和取样

连作试验设在烤烟轮作区, 从2003年开始小区连作试验。试验处理分为5年连作、1年连作和正茬(大豆-小麦-烤烟, 设为对照处理CK)。田间试验设计采用随机区组法, 3次重复, 株行距1.07 m×0.5 m, 行长6 m, 每小区栽植48株烟, 施用纯氮90 kg/hm², 饼肥112.5 kg/hm², 氮、磷、钾的比例1:2:3。在烤烟现蕾期取样, 分别采集0~10 cm和10~20 cm耕层土壤样本, 剔除石砾和植物残根等杂物, 每个处理随机取6个点。土样自然风干后, 研磨过2 mm筛后, 放置备用。

1.3 测定方法

1.3.1 土壤酶活性的测定 酸性磷酸酶采用磷酸苯二钠比色法; 蔗糖酶采用3,5-二硝基水杨酸比色法; 过氧化氢酶采用KMnO₄滴定法; 脲酶采用苯酚钠比

①基金项目: 国家自然科学基金项目(30771746, 31070307)和黑龙江省烟草专卖局项目(2007, 2009)资助。

* 通讯作者(sungy@vip.sina.com)

作者简介: 李鑫(1986—), 女, 黑龙江绥化人, 硕士研究生, 主要从事植物生理学研究。E-mail: lxl1986@sina.com

色法^[10]。

1.3.2 土壤微生物数量的测定 细菌、真菌和放线菌分别以牛肉膏蛋白胨琼脂、马铃薯-蔗糖琼脂 (PDA)、改良高氏 1 号作为培养基,按常规的稀释分离平皿菌落计数法测定细菌、真菌、放线菌的活菌数量。氯化细菌、好气性自生固氮菌和好气性纤维素分解菌生理类群微生物的培养基分别使用蛋白胨氯化培养基、Ashby 培养基和 Hutchinson 培养基,最大可能数法 (MPN 法) 计数^[11]。

1.4 数据处理和统计方法

采用 Excel2003 和 DPS 软件对试验数据进行方差分析,采用单因素方差分析 (One-way ANOVA) 和最小显著差异法 (LSD) 比较不同数据组间的差异。

2 结果与分析

2.1 烤烟连作对土壤酶活性的影响

由图 1 可以看出,连作 1 年和 5 年的土壤酸性磷酸酶与脲酶活性均高于正茬土壤,而且连作 5 年土壤

酸性磷酸酶与脲酶活性均低于连作 1 年土壤,二者差异达极显著水平 ($P < 0.01$)。0~10 cm 土层,连作 5 年土壤酸性磷酸酶和脲酶的活性分别比连作 1 年土壤降低 11.42% 和 9.72%; 10~20 cm 土层,连作 5 年土壤比连作 1 年分别降低 23.37% 和 21.97%; 各处理两土层间的差异均不显著 ($P > 0.05$)。0~10 cm 土层的过氧化氢酶活性表现为:连作 5 年 < 连作 1 年 < 正茬,连作 5 年的土壤过氧化氢酶活性分别比连作 1 年和正茬的土壤降低 35.47% 和 60.09%,且差异均达极显著水平 ($P < 0.01$); 10~20 cm 土层的过氧化氢酶活性连作土壤高于正茬土壤,但差异并未达显著水平 ($P > 0.05$); 3 个处理的过氧化氢酶活性 10~20 cm 土层均高于 0~10 cm 土层,且随连作年限的增加,差异越显著。连作 1 年和 5 年的土壤蔗糖酶活性在 0~10 cm 土层内变化不大 ($P > 0.05$),而 10~20 cm 土层内连作降低了蔗糖酶活性,连作 1 年和 5 年分别比正茬降低了 30.27% 和 52.14%,且差异均达极显著水平 ($P < 0.01$)。

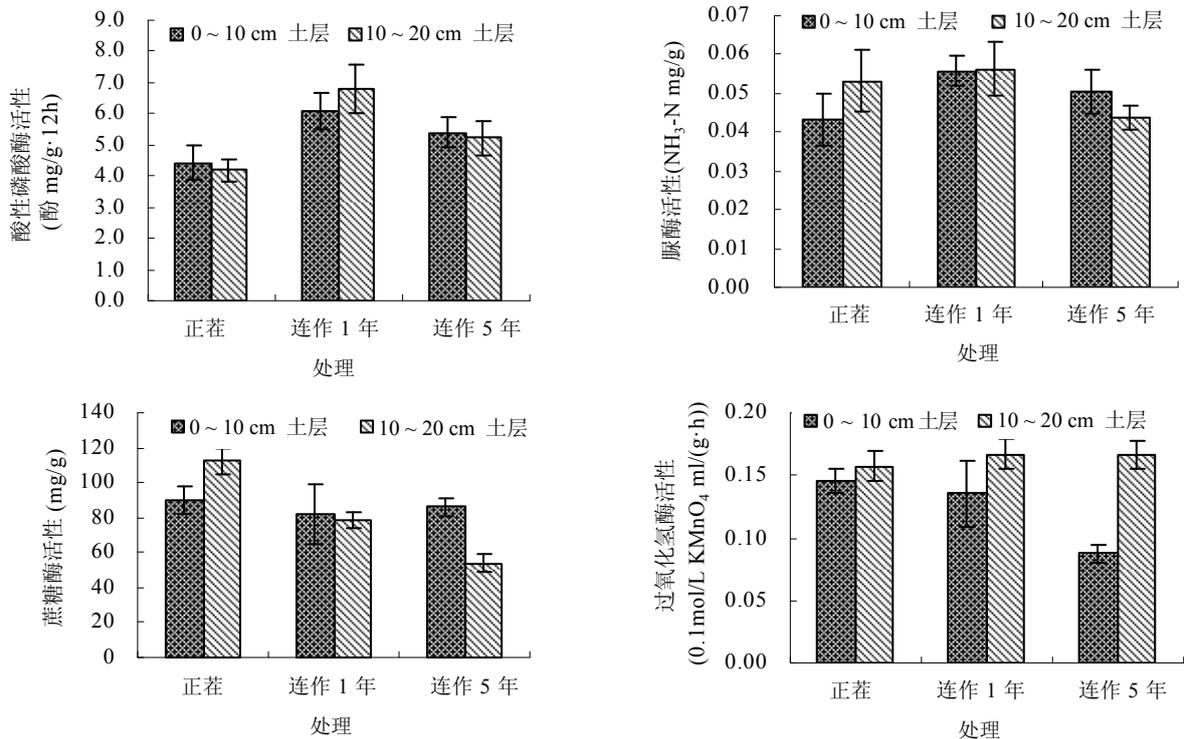


图 1 连作烤烟耕层土壤酶活性的变化

Fig. 1 Changes of soil enzyme activities in the plowed layers of soils of continuous cropping of flue-cured tobacco

2.2 烤烟连作对土壤微生物种群数量的影响

表 1 结果表明,烤烟连作 1 年和 5 年土壤细菌总量分别比正茬减少了 64.52% 和 67.49%,差异达极显著水平 ($P < 0.01$),但连作 1 年和 5 年二者细菌总量

差异不显著 ($P > 0.05$)。连作也降低了烤烟耕层土壤的放线菌数量,连作 1 年和 5 年的土壤放线菌数量比正茬分别减少了 1.97% 和 13.69%,差异达显著水平 ($P < 0.05$)。真菌总量变化趋势则与细菌和放线菌相

反, 连作增加了 0~10 cm 和 10~20 cm 土层真菌数量以及真菌总量。在不同土层中, 0~10 cm 土层微生物数量高于 10~20 cm 土层。10~20 cm 土层内, 连作 5 年的土壤真菌、细菌和连作 1 年的真菌数量降幅

较大, 分别比 0~10 cm 土层减少了 58.90%、46.11% 和 51.90%, 差异达极显著水平 ($P<0.01$), 结果中连作 5 年 10~20 cm 土层内放线菌数量虽然比 0~10 cm 土层有所增加, 但差异并未达显著水平 ($P>0.05$)。

表 1 连作烤烟耕层土壤微生物数量变化

Table 1 Variations of microorganism in the plowed layers of soils of continuous cropping of flue-cured tobacco

处理	土层 (cm)	细菌 (10^5 CFU/g干土)	真菌 (10^5 CFU/g干土)	放线菌 (10^5 CFU/g干土)
正茬	0~10	759.24 ± 32.37 aA	0.43 ± 0.11 aA	7.47 ± 0.53 aA
	10~20	648.18 ± 31.81 bA	0.27 ± 0.05 bB	5.25 ± 0.55 bB
	0~20	1407.42 ± 61.58 aA	0.71 ± 0.08 bB	12.71 ± 1.00 aA
连作 1 年	0~10	252.70 ± 37.50 aA	0.79 ± 0.14 aA	6.34 ± 0.27 aA
	10~20	246.65 ± 21.65 aA	0.38 ± 0.04 bB	6.12 ± 0.35 aA
	0~20	499.35 ± 30.83 bB	1.17 ± 0.17 aA	12.46 ± 0.40 abA
连作 5 年	0~10	297.03 ± 15.06 aA	0.73 ± 0.07 aA	5.00 ± 0.54 aA
	10~20	160.06 ± 18.89 bB	0.30 ± 0.03 bB	5.97 ± 0.24 aA
	0~20	457.50 ± 20.32 bB	1.03 ± 0.09 aAB	10.97 ± 0.72 bA

注: 表中差异显著性分析是分每一个处理的不同土层 (0~10 cm 和 10~20 cm) 和不同处理的 0~20 cm 土层进行的。不同小写字母表示在 $P<0.05$ 水平差异显著, 不同大写字母表示在 $P<0.01$ 水平差异显著。下同。

2.3 烤烟连作对土壤细菌类群的影响

由表 2 可以看出, 氨化细菌、好气性自生固氮菌和好气性纤维素分解菌总量变化趋势基本一致, 均随着连作年限的增加菌数量减少。好气性自生固氮菌和好气性纤维素分解菌数量变化趋势为连作 5 年 < 连作 1 年 < 正茬, 并且三者间差异均达显著性水平 ($P<0.05$), 连作 5 年土壤的好气性自生固氮菌和好气性纤维素分解菌数量分别比连作 1 年土壤减少 46.7% 和 30.5%。而连作 1 年的土壤中氨化细菌数量分别是连作 5 年和正茬土壤的 2.26 倍和 1.38 倍, 三者间的

差异达极显著水平 ($P<0.01$)。

在不同土层中, 氨化细菌、好气性自生固氮菌和好气性纤维素分解菌数量变化趋势一致, 0~10 cm 土层氨化细菌、好气性自生固氮菌和好气性纤维素分解菌总量高于 10~20 cm 土层, 除连作 1 年土壤的氨化细菌在两土层间差异不显著 ($P>0.05$) 外, 其余各处理在两土层间差异均达极显著性水平 ($P<0.01$), 特别是连作 5 年土壤 10~20 cm 土层中氨化细菌、正茬和连作 1 年土壤的好气性自生固氮菌数量降低更为明显, 分别比 0~10 cm 土层降低了 50.00%、49.00% 和 39.28%。

表 2 连作烤烟耕层土壤微生物类群变化

Table 2 Variations of microbial population in the plowed layers of soils of continuous cropping of flue-cured tobacco

处理	土层 (cm)	氨化细菌 (10^5 CFU/g干土)	好气性自生固氮菌 (10^5 CFU/g干土)	好气性纤维素分解菌 (10^5 CFU/g干土)
正茬	0~10	8.27 ± 0.76 aA	26.90 ± 1.70 aA	76.77 ± 1.03 aA
	10~20	6.90 ± 0.19 bB	13.72 ± 1.10 bB	57.21 ± 1.59 bB
	0~20	15.17 ± 0.70 bB	40.61 ± 2.64 aA	133.98 ± 2.47 aA
连作 1 年	0~10	10.89 ± 1.03 aA	6.11 ± 0.40 aA	60.27 ± 0.70 aA
	10~20	10.02 ± 0.86 aA	3.71 ± 0.27 bB	51.87 ± 0.78 bA
	0~20	20.91 ± 1.87 aA	9.82 ± 0.12 bB	112.14 ± 1.47 bB
连作 5 年	0~10	6.16 ± 0.25 aA	3.06 ± 0.23 aA	42.88 ± 1.75 aA
	10~20	3.08 ± 0.35 bB	2.17 ± 0.17 bA	35.06 ± 0.47 bA
	0~20	9.24 ± 0.45 cC	5.23 ± 0.33 cB	77.94 ± 2.20 cC

3 讨论与结论

土壤酶是表征土壤生产力和土壤质量水平的一个重要生物指标, 其活性与土壤的理化性质和土壤类型等密切相关。本试验中的酸性磷酸酶与脲酶的活性变化趋势一致, 表现为正茬土壤酶活性最低, 连作1年土壤酶活性增强, 连作5年土壤酶活性减弱。土壤酶和微生物活性影响到土壤有效态氮^[12], 烤烟连作1年提高了土壤的生物活性, 有利于尿素氮和有机氮的水解矿化作用, 而提高烟田土壤无机氮的供应能力, 这与大豆连作结果相似^[13]。连作使0~10 cm土层中过氧化氢酶活性降低(图1), 氧化作用减弱, 抑制了土壤中过氧化氢的分解, 说明连作会提高土壤过氧化氢的含量而对烤烟根系活性产生毒害作用, 并且随着连作年限的增加, 毒害作用加剧。本试验中连作5年土壤的10~20 cm土层中蔗糖酶活性比连作1年和正茬的减弱, 且10~20 cm土层低于0~10 cm土层, 这可能是由于连作过程中根系分泌物的过多残留和积累以及长期施肥和农药抑制了10~20 cm土层蔗糖酶活性, 这与贾新民等^[14]研究大豆连作的结果相似。

土壤微生物是土壤中活的有机体, 是最活跃的土壤肥力因子之一。本试验中, 烤烟连作使土壤细菌和放线菌数量减少, 真菌数量增多(表1), 细菌型土壤向真菌型土壤转变, 这与花生连作障碍的主要特征相似^[15], 而真菌的增加主要以镰刀菌、青霉菌和立枯丝核菌占多数。土壤中细菌是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, 它们比整个微生物群体更容易遭受土壤生态系统变化的影响^[16], 烤烟连作中的细菌数量下降, 真菌数量增加也说明了连作促使土壤微生物从高肥的“细菌型”向低肥的“真菌型”土壤转化。在细菌的组分中, 烤烟连作主要降低了氨化细菌、好气性自生固氮菌和好气性纤维素分解菌的数量, 土壤中好气性自生固氮菌和好气性纤维素分解菌的降低不利于植物氮素营养的转化, 也不利于土壤有机质的分解和碳素的循环, 降低了土壤肥力, 影响了土壤的供肥能力。而氨化细菌数量的降低则减弱了土壤中有有机氮的矿化作用, 不利于含氮有机物的分解和转化, 土壤供氮能力下降。因此, 烤烟连作土壤中各种有益细菌生理类群的数量锐减, 可能是根系分泌的一些化感物质积累到一定程度破坏了烤烟土壤中的微生物群落及其结构的平衡。

综上所述, 烤烟连作1年土壤酸性磷酸酶与脲酶活性有所上升, 连作5年下降, 而烤烟连作使蔗糖酶和过氧化氢酶活性降低。烤烟连作降低了土壤中细菌

数量, 增加了真菌数量, 细菌种类中以氨化细菌、好气性自生固氮菌与好气性纤维素分解菌等有益微生物生理类群降低的较为明显。因此, 东北烤烟连作降低了与土壤肥力相关的土壤酶活性以及土壤微生物群落结构和功能, 从而影响烤烟的产量和质量。

参考文献:

- [1] 晋艳, 杨宇虹, 段玉琪, 孔光辉. 烤烟轮作、连作对烟叶产量质量的影响. 西南农业学报, 2004, 17(增刊): 267-271
- [2] 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
- [3] 王鑫, 刘建新. 黄土高原沟壑区烟草连作对土壤腐殖质性质的影响. 水土保持学报, 2007, 21(6): 126-130
- [4] 刘方, 何腾兵, 刘元生. 长期连作黄壤烟地养分变化及其施肥效应分析. 烟草科技, 2002(6): 30-34
- [5] Lithourgidis AS, Damalas CA, Gagianas AA. Long-term yield patterns for continuous winter wheat cropping in northern Greece. European Journal of Agronomy, 2006, 3(25): 208-214
- [6] Hati KuntaM, Swarup Anand, Dwivedi AK, Misra AK, Bandyopadhyay KK. Changes in soil physical properties and organic carbon status at the topsoil horizon of a vertisol of central India after 28 years of continuous cropping, fertilization and manuring. Agriculture, Ecosystems and Environment, 2007, 119(1/2): 127-134
- [7] 张淑香, 高子勤. 连作障碍与根际微生态研究II. 根系分泌物与酚酸物质. 应用生态学报, 2000, 11(1): 152-156
- [8] 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
- [9] 丁海兵, 郭亚利, 黄建国, 袁玲, 李明海, 冯光群. 连作烤烟不同粒级土壤酶活性研究. 耕作与栽培, 2005(5): 13-15
- [10] 关松荫. 土壤酶及其研究法. 北京: 农业出版社, 1986: 14-19
- [11] 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
- [12] 田秀平, 薛菁芳, 韩晓日. 长期轮作和连作对白浆土中氮素的影响. 水土保持学报, 2007, 21(1): 185-187
- [13] 傅慧兰, 杨振明, 邹永久, 王树起, 韩丽梅. 大豆连作对土壤酶活性的影响. 植物营养与肥料学报, 1996, 2(1): 374-377
- [14] 贾新民, 于泉林, 郑玉龙, 赵萍, 高和顺. 大豆连作土壤酶与土壤微生物和基础肥力关系研究. 现代化农业, 1995, 10: 31-32
- [15] 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):

617-620

丽. 烤烟不同生育期土壤酶及微生物活性的变化. 土壤, 2010,

[16] 张友杰, 刘国顺, 叶协锋, 李琰琰, 何川, 李伟, 孟颖梅, 袁冰

42(1): 39-44

Effects of Continuous Cropping in Flue-cured Tobacco on Soil Enzyme Activities and Microbial Flora in Arable Layers of Soils

LI Xin, ZHANG Xiu-li, SUN Bing-yu, YUE Bing-bing, ZHANG Hui-hui, XU Nan, ZHU Wen-xu, SUN Guang-yu

(College of Life Science, Northeast Forest University, Harbin 150040, China)

Abstract: Using flue-cured tobacco variety “Longjiang 911” as test material, this paper studied the variations of soil enzyme activities and microbial flora in different arable layers (0-10 cm and 10-20 cm) under continuous cropping of flue-cured tobacco for 1 and 5 in field experimental conditions. The results showed that activities of acidic phosphatase and urease in soil for 1a-continuous cropping was enhanced compared to rotational cropping (soybean-wheat- tobacco), but decreased significantly for 5a-continuous cropping. Soil catalase activity of 5a-continuous cropping decreased by 35.47% compared with 1a-continuous cropping in 0-10 cm layer. The soil sucrase activities of flue-cured tobacco continuous cropping for 1a and 5a showed a greater decrease trend in 0-20 cm layer, which decreased by 30.27% and 52.14% respectively compared to the rotational cropping. Continuous cropping of flue-cured tobacco decreased the numbers of soil bacteria and actinomyces while increased the numbers of soil fungi. The amounts of ammonifying bacteria, aerobic azotobacter and anaerobic cellulose-decomposer decreased for 5a-continuous cropping compared to 1a continuous cropping. Thus, the balance destruction of soil microbial communities and decreases of soil enzyme activity could be attributed to one of the reasons for the continuous cropping obstacle in flue-cured tobacco production.

Key words: Flue-cured tobacco, Continuous cropping, Soil enzyme, Soil microbe