

绿肥轮作对植烟土壤酶活性与微生物量碳和有机碳的影响

官会林¹, 郭云周², 张云峰³, 孙世中¹, 陈晓波¹

1. 云南师范大学能源与环境科学学院, 云南 昆明 650092; 2. 云南省农科院农业环境资源研究所, 云南 昆明 650205;

3. 云南师范大学生命科学学院, 云南 昆明 650092

摘要:为探讨绿肥作物改良土壤的生态作用, 试验以冬闲连作地为对照, 在云南曲靖和晋宁烟草种植区, 研究了小麦轮作收获后留根茬(20 cm 左右)翻压后种植烟草(麦-烟), 紫花苕子收获后留根茬(30 cm 左右)翻压后种植烟草(绿-烟)及豆类轮作(豆-烟)收获后根茬及秸秆全部移除地外种植烟草的 4 种轮作模式, 结果表明: 绿-烟和豆-烟复种模式下, 植烟生长期根区土壤酶活性(SEA)、土壤微生物量碳(SMBC)及土壤有机碳(SOC)均高于麦-烟复种及冬闲连作地, 并且差异达显著或极显著水平; 不同复种模式的 SMBC、SOC 及 SMBC/SOC 间呈显著相关性, 对提高土壤 SEA、SMBC 与 SOC 质量分数影响为: 绿-烟 > 豆-烟 > 麦-烟 > 冬闲地。研究认为, SEA 及 SMBC/SOC 可作为评价轮作模式影响烟地红壤质量变化的生物学指标。

关键词: 绿肥轮作; 土壤酶活性; 土壤微生物量碳; 土壤有机碳; 生物学评价

中图分类号: S142

文献标识码: A

文章编号: 1674-5906 (2010) 10-2366-06

土壤微生物量碳(Soil microbial biomass carbon, SMBC)是土壤有机质中最为重要的活性部分, 可代表土壤微生物生物量的大小^[1-2], 而土壤有机碳(Soil organic carbon, SOC)是指土壤中的各种含碳有机化合物, 可作为土壤衰退及土壤变化过程中土壤质量变化的预警指标。尽管 SMBC 在土壤全碳中所占比例很小, 但其比例的大小可反映出微生物利用土壤碳源进行繁殖及其解体、碳化的过程。土壤酶活性(Soil enzyme activities, SEA)是土壤生物活性的重要指标, 土壤酶和土壤微生物一起共同推动土壤的代谢过程。近年来, 随着植烟年限及连作年限的延长, 植烟土壤的衰退已成为制约云烟产业发展的重要障碍因素^[3]。烟地土壤的肥力及质量变化受耕作方式及施肥因素等多种因素影响, 其中土壤微生物对土壤结构改良、土壤养分利用率和抗病性的提高、优质烟叶生产等方面具有重要作用^[4]。烟地复种是消除植烟土壤障碍因子的重要措施, 目前对烟地复种的研究报道较多的集中在施肥种类、施肥方式及土壤类型方面影响的研究^[5-7], 而对不同复种模式对植烟地 SEA、SMBC 及 SOC 的影响鲜见报道。因此, 课题研究采用定位监测结合室内分析, 研究了不同复种模式对红壤烟地 SEA、SMBC 及 SOC 的影响, 希望能从土壤生物学指标的角度, 探究复种在烟地红壤营养代谢及其功能变化中的作用, 为烟地土壤质量的维持及建立烟地合理复种模式提供支撑依据。

1 材料与方法

1.1 试验设计

试验在云南曲靖越州及晋宁云烟生产种植基地进行, 并于 2009 年 4 月进行整地翻压, 4 月 26 至 5 月 2 日移栽烟苗, 10 月中旬试验结束。试验区域内夏季常年种植烤烟(*Nicotiana tabacum* L.), 秋冬季节轮作以小麦(*Triticum aestivum* L.)及饲料绿肥光叶紫花苕(*Vicia sativa* L.)为主, 零星分布有蚕豆(*Vicia faba* L.)、蔬菜及薯类等轮作品种。试验以冬季休闲的连作地为对照(CK), 选择了小麦轮作收获后留根茬翻压种植烟草(麦-烟), 紫花苕子收获后留根茬翻压种植烟草(绿-烟)及豆类轮作(豆-烟)收获后根茬及秸秆全部移除地外种植烟草的 4 种轮作模式, 定位研究了 4 种不同复种模式对植烟地 SEA、SMBC 及 SOC 的影响, 各种模式设置 3 个重复区。供试土壤曲靖、晋宁区的全 N 分别为 1.55、1.48 g·kg⁻¹, 全 P 分别为 1.02、1.16 g·kg⁻¹, 全 K 分别为 16.62、15.84 g·kg⁻¹、速效 N 分别为 105.29、103.57 mg·kg⁻¹, 速效 P 分别为 5.34、5.27 mg·kg⁻¹, 速效 K 分别为 22.06、21.63 mg·kg⁻¹, 微生物量碳分别为 208.34、212.31 mg·kg⁻¹, 有机质分别为 12.31、11.95 g·kg⁻¹。

在当季植烟全生育期内, 分别在烤烟起垄移栽前、团棵期、旺长期、成熟期及采收后期采用蛇形法多点采取 0~20 cm 根区土样, 剔除新鲜土样中石砾及植物残茬等杂物, 装入自封塑料袋, 一部分土样 4 °C 冰箱保存用于测定微生物量碳, 另部分土样

基金项目: 国家公益性行业(农业)科研专项(200803029-04); 国家自然科学基金项目(40861019); 国家水体污染控制与治理科技重大专项(2009zx07102-004)

作者简介: 官会林(1964年生), 男, 教授, 主要从事农业生物环境与水土工程, E-mail: gh10871@yahoo.com.cn

收稿日期: 2010-10-14

表 1 定位监测区试验设置情况
Table 1 The design of experiment in location monitoring area

试验区	轮作模式	植烟方式	地理位置	海拔/m	面积/hm ²	施肥量与植烟规格
曲靖	前作：光叶紫花苕（绿-烟）	前作根茬翻压垄作，双行条栽	N 25°16'8.2" E 103°52'13.2"	1 841.0	0.18	种植绿肥的地块：N、P ₂ O ₅ 、K ₂ O 施用量分别为 75、75、150 kg·hm ⁻² ； 种植麦类的地块：N、P ₂ O ₅ 、K ₂ O 为 90、90、180 kg·hm ⁻² ； 烟草株行距 60 cm×120 cm
	前作：蚕豆（豆-烟）	前作根茬移除垄作，双行条栽	N 25°16'8.9" E 103°52'13.5"	1 840.5	0.25	
	前作：小麦（麦-烟）	前作根茬翻压垄作，双行条栽	N 25°16'10.2" E 103°52'12.7"	1 841.2	0.20	
	冬闲后连作（C K）	双行条栽	N 25°16'12.9" E 103°52'16.2"	1 841.6	0.12	
晋宁	前作：光叶紫花苕（绿-烟）	前作根茬翻压垄作，双行条栽	N 24°36.651' E 102°40.915'	1 908.0	0.21	施肥量同上
	前作：小麦（麦-烟）	前作根茬翻压垄作，双行条栽	N 24°36.002' E 102°40.915'	1 922.2	0.19	
	前作：豌豆（豆-烟）	前作根茬翻压垄作，双行条栽	N 24°36.103' E 102°40.982'	1 924.6	0.17	
	冬闲后连作（C K）	双行条栽	N 24°36.103' E 102°40.982'	1 924.3	0.17	

经混匀风干处理后分别过 2 和 1 mm 筛，备用土壤酶活性和土壤化学指标的测定。

1.2 测试分析方法

土壤酸性磷酸酶采用磷酸苯二钠比色法(乙酸缓冲液)，土壤过氧化氢酶采用高锰酸钾滴定法，脲酶采用靛酚蓝比色法，多酚氧化酶采用邻苯三酚比色法^[8]。土壤微生物生物量碳(SMBC)的测定参照 Vance^[9]、章家恩^[10]及吴金水^[11]的方法，采用氯仿熏蒸-K₂SO₄ 提取方法。称取 30 g 新鲜土样(测定时混均，过 2 mm 筛，调节至土壤湿度为 40%的持水量)，在真空干燥器中用氯仿蒸汽熏蒸 24 h，反复抽真空方法除去残存氯仿后，再用 60 mL 0.5 mol·L⁻¹ K₂SO₄ 溶液，在 25 °C 下振荡 30 min，然后离心过滤，用自动分析仪测定有机碳(TOC)质量分数。熏蒸土壤和未熏蒸土壤提取的有机碳测定值之差(F_c)，除以转换系数 $K(0.45)$ ，即得土壤微生物碳质量分数(C_{mic} , mg·kg⁻¹)。即 $C_{mic} = F_c/K_c = F_c/0.45$ ，土壤有机碳采用重铬酸钾-浓硫酸外加热氧化法。

1.3 数据处理分析

采用 Excel 及 SPSS 17.0 进行数据分析。

2 结果与分析

2.1 不同复种模式对植烟土壤酶活性 (SEA) 的影响

2.1.1 土壤脲酶和磷酸酶的变化

土壤脲酶和磷酸酶是土壤中主要的水解酶类。脲酶是土壤氮素循环中唯一作用于尿素的土壤酶类，是一种将酰胺态有机氮化物水解转化为植物可直接吸收利用的无机态氮化物的酶^[12]，其活性能反映土壤的供氮能力与水平。磷酸酶是土壤中磷素循环的重要酶类，其活性高低直接影响着土壤中有机磷的分解转化及其生物有效性。

从表 2 看出，无论是曲靖还是晋宁试验区，绿-烟、豆-烟及麦-烟 3 种模式的土壤脲酶和酸性磷酸酶活性均高于冬闲连作地(CK)。在曲靖区 3 种模式的土壤脲酶分别比 CK 提高 1.6、0.97、0.41 mg·g⁻¹，酸性磷酸酶分别提高 0.96、0.66、0.02 mg·g⁻¹，并且脲酶和酸性磷酸酶在绿-烟与 CK 模

表 2 不同轮作方式对土壤酶活性的影响
Table 2 Effects of crop rotation modes on soil enzyme activity

试验区	轮作模式	w_1 (脲酶)(以 NH ₄ N 计)/(mg·g ⁻¹)	w_1 (酸性磷酸酶)(以酚计)/(mg·g ⁻¹)	过氧化氢酶(以 KMO ₄ 计)/(mL·g ⁻¹ ·h ⁻¹)	w_1 (多酚氧化酶)/(mg·kg ⁻¹)
曲靖	绿-烟	4.18±0.56 aA	1.94±0.22 aA	5.62±0.45 a	12.44±1.02 a
	豆-烟	3.55±0.23 a	1.64±0.28 a	5.11±0.52 a	11.04±1.16 a
	麦-烟	2.99±0.29 b	1.00±0.24bB	4.74±0.38 a	10.50±0.89 a
	冬闲地	2.58±0.32 cB	0.98±0.08 cC	3.16±0.21 b	8.29±0.67 b
晋宁	绿-烟	3.44±0.39 aA	1.95±0.27 aA	5.39±0.39 a	12.34±1.43 aA
	豆-烟	2.89±0.31 a	1.85±0.41 a	4.80±0.47 a	10.34±1.21 a
	麦-烟	2.52±0.24 a	1.07±0.29 bB	4.19±0.51 a	9.15±0.87 a
	冬闲地	1.37±0.17 bB	1.02±0.05 cC	3.43±0.26 b	7.53±0.55 bB

同列不同小写字母表示差异达 0.05 显著水平，不同大写字母表示差异达 0.01 显著水平，以下相同

式间的变化差异均达到极显著水平($P<0.01$), 尿酶在绿-烟与麦-烟间的变化差异达到显著水平($P<0.05$), 酸性磷酸酶的变化差异达到极显著水平($P<0.01$), 但是尿酶和酸性磷酸酶在绿-烟和豆-烟模式间变化差异不显著; 在晋宁区表现出的规律与曲靖区基本相似, 3种模式的土壤尿酶分别比CK提高2.07、1.52、1.15 $\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$, 酸性磷酸酶分别提高0.93、0.83、0.05 $\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$, 尿酶在绿-烟模式与CK间的变化差异达到显著水平($P<0.05$), 在绿-烟、豆-烟及麦-烟3种模式间的变化差异不显著, 绿-烟与麦-烟及CK比较, 酸性磷酸酶的变化差异均达到极显著水平($P<0.01$), 尿酶和酸性磷酸酶在绿-烟和豆-烟模式间变化差异不显著。因此, 前作为绿肥和豆类作物的轮作模式, 对烟地红壤尿酶与酸性磷酸酶的提高具有明显的促进作用。

2.1.2 土壤过氧化氢酶和多酚氧化酶

土壤过氧化氢酶和多酚氧化酶属氧化还原酶类, 在土壤物质和能量转化中占有重要地位。过氧化氢酶活性表征土壤腐殖化强度大小和有机质的积累程度, 多酚氧化酶是表征土壤腐殖质化程度的专性酶, 其活性与胡敏酸, 富里酸的比值相关, 它参与腐殖质组分芳香族有机化合物的转化^[13]。

土壤过氧化氢酶和多酚氧化酶的变化与尿酶和酸性磷酸酶的变化规律基本相似, 也是绿-烟、豆-烟及麦-烟3种模式的土壤酶活性高于冬闲连作地(CK)。在曲靖区, 3种模式的土壤过氧化氢酶分别比CK提高2.48、1.95、0.58 $\text{mL}\cdot\text{g}^{-1}$, 多酚氧化酶分别提高4.15、2.75、2.21 $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$, 2种酶活性在绿-烟模式与CK间的变化差异均达到显著水平($P<0.05$), 绿-烟与豆-烟及麦-烟模式间的差异均不显著; 在晋宁区, 绿-烟、豆-烟及麦-烟3种模式的土壤过氧化氢酶分别比CK提高1.96、1.37、0.76 $\text{mL}\cdot\text{g}^{-1}$, 多酚氧化酶分别提高4.81、2.81、1.62 $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ 。绿-烟与CK比较, 过氧化氢酶变化差异均达到显著水平($P<0.05$), 多酚氧化酶变化差异达到极显著水平($P<0.01$), 2种酶活性在绿-烟与豆-烟及麦-烟模式间的差异均不显著。以上研究发

现, 无论是曲靖还是晋宁试验区, 冬闲连作地(CK)的4种酶活性均为最低值, 麦茬翻压后对土壤过氧化氢酶和多酚氧化酶的提高具有一定的作用效果, 但作用效果低于绿肥轮作翻压地。因此, 红壤烟地轮作光叶紫花苜蓿绿肥, 对提高土壤酶活性同样具有明显的促进作用。

2.2 不同复种模式对植烟土壤 SMBC 的影响

分别对2个定位监测区不同复种模式的植烟根区土壤微生物量碳(SMBC)进行S-N-K检验分析, 从表3可以看出: 在植烟当季, 从烟叶生长团棵期至采收末期的各生育阶段, 2个试验区的绿-烟复种模式的土壤SMBC值, 均高于豆-烟、麦-烟复种模式及冬闲后连作地(CK), 并且不同复种模式间SMBC差异均达到显著水平($P<0.05$)或极显著水平($P<0.01$)。其中曲靖区的绿-烟复种模式SMBC的总平均值分别比豆-烟和麦-烟复种模式及冬闲地(CK)提高200.08、258.13、268.21 $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$; 在晋宁区也表现出相似的规律, 绿-烟模式的SMBC总平均值分别比豆-烟、麦-烟模式及冬闲地提高80.17、183.92、220.25 $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ 。2个区域的绿-烟与麦-烟及冬闲地的均值差异均达到极显著水平($P<0.01$)。因此, 红壤烟地在秋冬季节轮作紫花苜蓿留根茬翻压或轮作豆科类作物的复种模式, 对提高烟地土壤SMBC质量分数具有显著的促进作用, 不同复种模式对提高烟地SMBC的影响效果为: 绿-烟 > 豆-烟 > 麦-烟 > 冬闲地。

从不同复种模式SMBC数值分布的峰度来看, 峰度值表示数值分布曲线的陡缓程度, 峰值为正数表示数据分布更为陡峭, 说明SMBC在根区土壤中分布不均匀, 并集中于某点区域。峰值为负数, 表示数据趋于正态平缓分布, 说明SMBC在根区土壤中分布较均匀, 并且峰值负数的绝对值越大, 其SMBC在根区土壤中的分布越均匀。因此, 在曲靖区绿-烟及豆-烟复种模式的SMBC的峰值为负数, 分别为-1.219及-1.331, 且峰值负数的绝对值最大, 说明绿-烟及豆-烟复种模式, 更能促进烟地土壤中SMBC的均匀分布, 其

表3 不同复种模式对土壤微生物碳质量分数的影响

Table 3 The effect of differencnt rotation on SMBC contents at different monitoring sits

$\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$

试验区	轮作模式	均值	样本数	标准差	最小值	最大值	峰度
曲靖	绿-烟	487.69 aA	15	116.13	316.32	652.18	-1.219
	豆-烟	287.61 bA	15	46.12	235.38	367.98	-1.331
	麦-烟	229.56 cB	15	29.57	185.34	281.75	-0.358
	冬闲地	219.48 dC	15	32.15	148.56	247.85	-0.227
晋宁	绿-烟	468.08 aA	15	101.45	289.53	585.21	-0.594
	豆-烟	387.91 bA	15	47.99	330.25	461.37	-1.538
	麦-烟	284.16 cB	15	62.69	215.36	386.67	-1.190
	冬闲地	247.83 dC	15	43.65	156.21	375.43	0.573

土壤中 SMBC 的均匀分布对根区土壤生物活力的全面提高具有重要作用。在晋宁区,除冬闲地(CK)的峰值为正数外,其余 3 种复种模式的峰值均为负数,说明 3 种复种模式均能促进土壤中 SMBC 趋于正态的均匀分布发展,但绿-烟模式土壤中 SMBC 的峰值负数绝对值小于豆-烟和麦茬翻压的麦-烟模式,或许因绿肥品种影响,导致绿肥长势及根茬翻压分布不均匀。

2.3 不同复种模式对植烟红壤 SOC 的影响

土壤有机碳(SOC)对土壤的物理、化学、生态性状和土壤肥力具有决定性作用和深刻的影响,其含量及变化是评价土壤质量的重要指标^[14-15]。分别对 2 个定位监测区不同模式的土壤有机碳(SOC)进行 S-N-K 检验分析,从表 4 看出:无论是曲靖还是晋宁试验区,不同复种模式间的土壤有机碳(SOC)变化虽然不存在显著性差异($P>0.05$),但 2 个试验区的绿-烟复种模式的 SOC 质量分数均高于豆-烟、麦-烟及冬闲地模式。其中曲靖试验区的绿-烟复种模式的 SOC 质量分数比豆-烟、麦-烟及冬闲地模式分别提高 1.0、0.78、0.83 $\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$,变幅为 $(13.50\pm 2.5)\sim(14.50\pm 2.84)$ $\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$,差异不大;晋宁试验区的绿-烟复种模式的 SOC 质量分数分别比麦-烟、豆-烟及冬闲地模式提高 1.60、1.29、1.66 $\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$,变幅为 $(13.77\pm 2.68)\sim(15.43\pm 3.11)$ $\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$,并且 3 种复种模式的 SOC 质量分数均高于冬闲地。因此,秋冬季节轮作绿肥品种或作物根茬翻压,对提高夏季烟草种植期的 SOC 质量分数具有明显促进作用,并有利于 SOC 的积累。或许是绿肥作物大量的枯枝落叶及根茬翻压后增加了土壤有机质的原故。

表 4 不同复种模式对植烟土壤有机碳的影响

Table 4 The effect of different rotation on the SOC contents at at different monitoring sites $\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$

试验区	轮作模式	均值	样本数	标准差	最小值	最大值
曲靖	绿-烟	14.50 a	15	2.84	10.87	19.04
	豆-烟	13.50 a	15	2.50	10.12	17.24
	麦-烟	13.72 a	15	2.30	10.53	17.03
	冬闲地	13.67 a	15	2.45	10.21	17.56
晋宁	绿-烟	15.43 a	15	3.11	11.17	20.12
	麦-烟	13.83 a	15	2.67	10.58	17.89
	豆-烟	14.14 a	15	2.36	10.58	17.89
	冬闲地	13.77 a	15	2.68	10.74	18.53

2.4 不同复种模式植烟土壤微生物商的变化

土壤微生物商是指土壤微生物量碳与土壤有机碳总量的百分比(SMBC/SOC),其比值大小是反映土壤生态系统中碳平衡的指标^[16]。以往研究表明,土壤 SMBC/SOC 在 0.5~4.0 之间^[17],而本研究在曲靖区为 1.45~3.18 之间,晋宁区为 1.73~3.06

之间。从表 5 看出:无论是曲靖还是晋宁试验区,不同复种模式间的土壤微生物商均表现出明显差异性,并以绿-烟和豆-烟复种模式最高。利用 SPSS 对 SMBC、SOC 及 SMBC/SOC 进行相关性分析,表明 3 者间均有较高的相关性(表 6),并且 SMBC/SOC 与 SMBC 及 SOC 的相关系数分别为 0.845、0.541。因此绿-烟和豆-烟模式中土壤微生物商增加,表明土壤中微生物碳库增加,土壤生态系统中碳素平衡比麦-烟及冬闲连作地(CK)更稳定,并且 SOC 的积累对 SMBC 具有重要的影响。

表 5 不同复种模式土壤微生物商

Table 5 The ratio of SMBC/SOC under different rotation

试验区	轮作模式	SMBC/SOC	样本数	标准差	最小值	最大值
曲靖	绿-烟	3.18 aA	15	0.59	2.76	4.36
	豆-烟	2.14 b	15	0.22	1.78	2.46
	麦-烟	1.69 cB	15	0.18	1.43	2.04
	冬闲地	1.45 dC	15	0.23	1.32	2.10
晋宁	绿-烟	3.06 aA	15	0.56	2.46	4.14
	麦-烟	1.83 cB	15	0.43	1.92	3.39
	豆-烟	2.00 b	15	0.16	1.77	2.35
	冬闲地	1.73 cC	15	0.18	1.69	2.21

表 6 土壤微生物商、土壤微生物量碳和土壤有机碳之间的相关性

Table 6 Correlation between SMBC/SOC, SMBC and SOC

	SMBC	SOC	SMBC/SOC
SMBC	1.000	0.523	0.845
SOC	0.523	1.000	0.541
SMBC/SOC	0.845	0.541	1.000

在曲靖区,绿-烟复种模式 SMBC/SOC 分别比豆-烟、麦-烟及冬闲后连作地提高 1.04、1.49、1.73;在晋宁区,分别比麦-烟、豆-烟及冬闲后连作地提高 1.23、1.06、1.33;在 2 地试验区,绿-烟复种模式与麦-烟及 C K 模式间的差异均达到极显著水平($P<0.01$)。因此,绿-烟或豆-烟复种模式,对提高土壤微生物商,促进土壤中微生物碳库增加方面具有明显的作用,不同复种模式对烟地 SMBC/SOC 大小的影响效果为:绿-烟 > 豆-烟 > 麦-烟 > 冬闲地。

3 结论

(1)不同复种模式对提高烟地土壤酶活性(SEA),促进土壤微生物量碳(SMBC)与有机碳(SOC)的积累和分布具有明显差异性,绿肥轮作根茬翻压(绿-烟)及豆科作物轮作(豆-烟)对提高土壤 SEA、SMBC 与 SOC 质量分数具有显著的促进作用,其数值均高于麦-烟及冬闲地,差异达显著或极显著水平。

(2)不同复种模式下,土壤微生物量碳(SMBC)、有机碳(SOC)及微生物商(SMBC/SOC)间

呈显著相关性,不同模式对提高 SEA、SMBC 与 SOC 质量分数是的影响为:绿-烟 > 豆-烟 > 麦-烟 > 冬闲地。

(3)土壤微生物量碳(SMBC)可以作为衡量不同时期根区土壤生态状况的功能指标,土壤酶活性(SEA)及土壤微生物商(SMBC/SOC)可作为评价轮作模式影响烟地土壤质量变化的生物学指标。

(4)烟地连作后冬季休闲(CK),对恢复地力具有一定效果,但短期内对地力的恢复和土壤的培肥效果不明显。若轮作冬小麦作物,收获时留根茬(20 cm左右)翻压,对提高土壤 SEA、SMBC 与 SOC 质量分数具有一定效果,但作用功效低于紫花苜蓿轮作根茬翻压地。结合云南山地红壤丘陵区的烟草种植,在山地红壤肥力恢复过程中,除施肥外,利用冬季休闲空间发展旱地绿肥轮套种植,可作为提高土壤质量、改善烟地土壤环境、实现烟叶生产可持续发展的一个重要措施。

参考文献:

- [1] 宇万太, 姜子绍, 柳敏, 等. 不同土地利用方式对土壤微生物生物量碳的影响[J]. 土壤通报, 2008, 39(2): 282-286.
YU Wentai, JIANG Zishao, LIU Ming, et al. Effect of different land use patterns on soil microbial biomass carbon[J]. Chinese Journal of Soil Science, 2008, 39(2): 282-286. (in Chinese)
- [2] ARAUJO A S, MONTEIRO R T. Microbial biomass and activity in a brazilian soil amended with untreated and composted textile sludge[J]. Chemosphere, 2006, 64(6): 1043-1046.
- [3] 李天福, 王彪, 王树会. 云南烤烟轮作的现状分析与保障措施[J]. 中国烟草科学, 2006, 27(2): 48-51.
LI Tianfu, WANG Biao, WANG Shuhui. The current situations, problems and measures of tobacco rotation in Yunnan. Chinese Tobacco Science, 2006, 27(2): 48-51.
- [4] 殷金玉, 王岩, 赵铭钦, 等. 我国植烟土壤微生物研究进展[J]. 中国烟草科学, 2009, 30(1): 73-77.
YING Quanyu, WANG Yan, ZHAO Mingqin, et al. Research progress on microorganism in tobacco planting soil[J]. Chinese Tobacco Science, 2009, 30(1): 73-77.
- [5] 杨超, 刘国顺, 邱立友, 等. 不同植烟土壤微生物数量调查研究[J]. 中国烟草科学, 2007, 28(5): 31-36.
YANG Chao, LIU Guoshun, QIU Liyou, et al. The investigation of microbe mounts in different category tobacco planting field[J]. Chinese Tobacco Science, 2007, 28(5): 31-36.
- [6] 刘国顺, 杨超, 祖朝龙, 等. 不同类型植烟土壤微生物动态变化分析[J]. 中国烟草学报, 2007, 13(5): 38-43.
LIU Guoshun, YANG Chao, ZHU Chaolong, et al. Study on edaphon dynamics in four types of soil[J]. Chinese Tobacco Science, 2007, 13(5): 38-43.
- [7] 杨宇虹, 杨丽萍, 赵正雄, 等. 有机肥料种类及其施用时间对烟田土壤微生物群落的影响[J]. 中国农学通报, 2007, 23(1): 292-295.
YANG Yuhong, YANG Liping, ZHAO Zhengxiong, et al. Effect of different kinds of organic manure and application time on microorganism in flued-cured tobacco planting soil[J]. Chinese Agricultural Science Bulletin, 2007, 23(1): 292-295.
- [8] 李振高, 骆永明, 滕应. 土壤与环境微生物研究法[M]. 北京: 科学出版社, 2008: 90-96.
LI Zhenggao, LUO Yongming, TENG Ying. The Methods for Studying Soil and Environmental Microbial Biomass[M]. Beijing: Science Press, 2008: 90-96.
- [9] VANCE E D, JENKINSON D S, et al. An extraction method for measuring soil microbial biomass C[J]. Soil Biological Biochemistry, 1987, 19: 703-707.
- [10] 章家恩, 蔡燕飞, 高爱霞, 等. 土壤微生物多样性实验研究方法概述[J]. 土壤通报, 2004, 36(3): 346-350.
ZHANG Jia'en, CAI Yanfei, GAO Aixia, et al. Progress of the methods for studying soil microbial diversity[J]. Chinese Journal of Soil Science, 2004, 36(3): 346-350.
- [11] 吴金水. 土壤有机质及其周转动力学[C]//何电源. 中国南方土壤肥力及栽培作物施肥. 北京: 科学出版社, 1994: 28-62.
WU Jingshui. The soil organic matter and its turnover dynamics[C]//HE Dianyuan: The Soil Fertility of China Southern Area and Fertilization of Crops. Beijing: Science Press, 1994: 28-62.
- [12] 邱莉萍, 刘军, 和文祥, 等. 长期培肥对土壤酶活性的影响[J]. 干旱地区农业研究, 2003, 21(4): 44-47.
QIU Liping, LIU Jun, HE Wenxiang, et al. Effect of long-term fertilization on soil enzymatic activities. Agricultural Research in the Arid Areas, 2003, 21(4): 44-47.
- [13] 杨招弟, 蔡立群, 张仁陟, 等. 不同耕作方式对旱地土壤酶活性的影响[J]. 土壤通报, 2008, 39(3): 143-151.
YANG Zhaodi, CAI Liqun, ZHANG Renzhi, et al. Soil enzymatic activities under different tillages practices in dryland. Chinese Journal of Soil Science, 2008, 39(3): 143-151.
- [14] CLARK E. Influence of the nature of soil organic matter on the sorption behaviour of pentadecane as determined by PLS analysis of mid-infrared DRIFT and solid-state ^{13}C NMR spectra[J]. Environ Pollut, 2010, 158(1): 285-91.
- [15] GRYNDLER M. Influence of soil organic matter decomposition on arbuscular mycorrhizal fungi in terms of asymbiotic hyphal growth and root colonization[J]. Mycorrhiza, 2009, 19(4): 255-66.
- [16] 陈岗. 楚雄州土壤养分状况与烟叶品质及致香物质相关性研究[J]. 云南烟草, 2003, 4: 19-30.
CHEN Gang. The study on soil nutrition state in Chuxiong area and its relationship with the aroma-material[J]. Yunnan Tobacco, 2003, 4: 19-30.
- [17] 何振立. 土壤微生物量及其在养分循环和环境质量评价中的意义[J]. 土壤通报, 1997, 29(2): 61-69.
HE Zhengli. The microbial biomass and its significance of soil nutrient cycle and environmental quality evaluation[J]. Soil, 1997, 29(2): 61-69.

Effect of green manure rotation soil enzyme activities and soil microbial biomass carbon and soil organic carbon in tobacco field

GUANG Huilin¹, GUO Yunzhou², ZHANG Yunfeng³, SUN Shizhong¹, CHEN Xiaobo¹

1. Faculty of Energy and environment, Yunnan Normal University, Kunming 650092, China;

2. Agricultural Environment & Resources Institute Yunnan Academy of Agricultural Sciences, Kunming 650205, China;

3. School of Biological Science, Yunnan Normal University, Kunming 650092, China

Abstract: In the tobacco growing regions in Yunnan, cultivated lands were usually used to grow wheat, light purple sweet potato leaves(green manure), beans, vegetables and other crops in the fall and winters and grow tobacco in summers. To investigate the effect of green manure on the improvement of soil ecological environment, four rotation modes: wheat-tobacco, green-tobacco, beans-tobacco, were tested in Qujin and Jinning as compared with the mode of no-planting in the winter mode with aiming at investigating effects of different tobacco rotation modes on the content of soil enzyme activities (SEA) and organic carbon (SOC) and micro-biomass carbon (SMBC) in the soil within tobacco root regions. Results showed that contents of SEA and SOC or SMBC in the soil for the Green-tobacco and beans-tobacco modes were significantly higher than those for wheat-tobacco, and no planting in the winter modes. It was also found that the content of SOC and SMBC was related to the ratio of SMBC to SOC for all modes, the green-tobacco and beans-tobacco modes were favorable for increasing contents of SOC and SMBC and lasting the activation of soil, contents of SMBC were peaked in the tobacco ripe period for the green-tobacco and beans-tobacco modes and peaked in the fast growing period for other modes. The effects of different mode on the SEA and SOC and SMBC ranked in the order from strong and weak as: green – tobacco, bean– tobacco, wheat-tobacco, no planting in winters. A conclusion can be drawn that the content of SEA or SMBC/SOC can be regarded to be an indication to evaluate soil biological environment for the growing of tobacco.

Key words: green manure rotation; soil enzyme activities; soil microbial biomass carbon; soil organic carbon; biological evaluation