

深翻耕和连作对植烟土壤养分及其生物活性的影响

刘红杰¹, 习向银², 刘朝科^{1,3}, 张 涛³, 古 力¹, 赵志鹏¹, 张重义¹

(1. 河南农业大学, 河南 郑州 450002; 2. 西南大学, 重庆 400715;

3. 川渝中烟工业公司, 四川 成都 610000)

摘要: 采用池栽试验对不同处理土壤的养分及其生物活性的动态变化进行研究。结果表明: (1) 烟草长期连作使土壤养分不均衡, 土壤脲酶、蔗糖酶和磷酸酶活性下降, 微生物量氮含量、细菌和真菌数量减少, 而土壤微生物量碳含量逐渐变大。(2) 深翻耕促进了土壤氮素转化, 减缓了土壤酸化, 提高了土壤有机质含量, 这有利于烟草生长; 深翻耕明显提高了土壤磷酸酶和蔗糖酶活性, 但对过氧化氢酶活性影响较小, 而对脲酶活性有负面影响; 深翻耕增加了土壤微生物数量和微生物量碳氮含量, 这有利于促进土壤养分转化和土壤酶活性提高。

关键词: 烟草; 深翻耕; 连作; 土壤养分; 土壤生物活性

中图分类号: S 572; S154. 3

文献标识码: A

Effect of Deep Plowing and Continuous Cropping on Nutrient Level and Biological Activity in Soil for Tobacco Plantation

LIU Hong-jie¹, XI Xiang-yin², Liu Chao-ke^{1,3}, ZHANG Tao³, GU Li¹, ZHAO Zhi-peng¹,
ZHANG Zhong-yi¹

(1. Henan Agricultural University, Zhengzhou, Henan 450002, China; 2. Southwest University,
Chongqing 400715, China; 3. China Tobacco chuan yu Industrial Corporation, Chengdu,
Sichuan 610031, China)

Abstract: Isolated pools were used to study the dynamic changes of nutrients and biological activity in soil. The results showed that (1) long-term cropping could result in soil nutrient imbalance, reduced urease, phosphatase and sucrase activities, lowered microbial biomass nitrogen, lessened number of bacteria and fungi, and increased microbial biomass carbon; and (2) deep plowing could promote nitrogen transformation, relieve acidification, and increase organic matters in the soil, conducive to tobacco growth. Furthermore, deep plowing could significantly increase soil phosphatase and sucrase activities. It had little effect on hydrogen peroxidase activity, and a negative effect on urease. Deep plowing could increase quantity of microbial biomass carbon and nitrogen in soil, which could promote the soil nutrient transformation and enzyme activities. Thus, it appeared that deep plowing could off set the harms of long-term continuous cropping on a tobacco plantation providing a significant direction for an improvement on the agricultural practice.

Key words: tobacco; deep plowing; continuous cropping; soil nutrients; soil biological activity

随着现代农业的推进, 规模化和专业化的作物生产组织不断涌现, 给作物耕作制度的改革带来了革命性的挑战, 使得同一地块连续多年种植同一作物不可避免。大力发展以“规模化种植、集约化经营、专业化分工、信息化管理”为主要特点的现代烟草农业, 使得烟草连作(或复种连作, 轮作方式单一)种植方式更加普遍。烟草作为一种以收获营

养器官为主的嗜好性叶用经济作物, 具有不耐连作的特点, 有研究表明^[1-5], 烤烟长期连作使烟田病害严重, 产量质量都会受到影响。晋艳等^[6]研究发现烟草长期连作, 其主要经济性状指标均呈下降趋势。同时烟草连作导致烟叶中的总糖、还原糖和钾含量随连作年限逐年下降, 而烟碱含量则逐年增加^[6-7]。烤烟连作也能引起土壤养分含量发生变化, 随着连作年限的增加土壤全氮、速效钾含量减

收稿日期: 2010-08-18 初稿; 2010-10-28 修改稿

作者简介: 刘红杰(1984-), 男, 在读硕士, 研究方向: 烟草生理生态(E-mail: liuhj84@163.com)

通讯作者: 张重义(1963-), 男, 教授, 研究方向: 作物生理生态学(E-mail: hauzzy@163.com)

基金项目: 川渝中烟工业公司科技项目(2009YYJD)

少, 而全磷和速效磷含量则增加^[8-9]。娄翼来等^[10]在研究不同连作年限土壤pH和酶活性时发现, 随着植烟年限的增加表层和次表层的pH值均有呈现下降趋势, 表层土壤过氧化酶、转化酶、脲酶、中性磷酸酶活性均表现为先增强后减弱, 而次表层土壤则呈下降趋势。

目前关于烤烟连作造成的危害研究较多, 但对烟草连作障碍的消减技术研究较少。有研究表明, 土壤翻耕可以疏松耕层, 提高土壤的通气性, 促进土壤养分的转化和作物根系的伸展, 能够将地表的作物根系分泌的化感自毒物质、残茬、杂草、病菌孢子、害虫卵块等埋入深土层, 抑制病、虫、草生长繁育^[11-13]; 翻耕能改善土壤的理化性状, 有利于作物的增产^[14-15]; 翻耕使土壤三相比更加协调, 能够为土壤微生物活动提供良好的环境^[16]。因此, 本试验采用池栽与田间观察、室内分析相结合, 研究了连作烟田深翻耕和不同连作年限对土壤养分和土壤生物活性的影响, 目的是寻求解决或缓解烤烟连作障碍的对策, 为促进全国优质烟叶生产的可持续发展提供技术参考。

1 材料与方法

1.1 试验材料

1.1.1 试验地点 武隆县和顺镇青木池村川渝中烟科技示范园连作池。

1.1.2 试验处理 试验设3个处理, 即处理1: 深翻耕土(将连作7年35 cm以下土壤, 翻转到表层); 处理2: 连作2年土; 处理3: 连作7年土。除深翻耕处理外, 其他处理均采用当地旋耕方式进行耕作。每小区面积500 cm×220 cm, 3次重复, 采用随机区组试验。移栽期为5月16日, 行株距为120 cm×55 cm, 留叶数为22片。施纯氮量为105 kg·hm², 氮磷钾比例为1:1.5:2.5。纯氮60%于移栽前条施, 肥料种类为烟草专用肥和硝酸钾; 40%按当地追肥习惯于团棵期追施。供试品种为云烟87。

1.2 土样采集

烤烟各生育期耕层土壤样品的采集时间为移栽后团棵(43 d)、旺长(63 d)、现蕾(73 d)、打顶(96 d)、成熟(108 d)采收期。采集方法为五点法。样土混合后分两部分保存, 一部分风干、研磨, 过60目筛, 供土壤养分分析; 一部分于4℃保存, 供土壤生物活性分析。

1.3 土壤养分及生物活性测定

1.3.1 土壤养分测定 土壤有机质、碱解氮、有

效磷、速效钾、pH值均采用常规分析方法测定^[17]。

1.3.2 微生物区系分析 细菌、放线菌和真菌的计数采用平板计数法^[18], 细菌在36℃条件下, 在牛肉膏蛋白胨琼脂培养基中培养30 h, 放线菌和真菌在28~30℃条件下, 分别用高氏1号培养基和马丁氏培养基培养5 d。

1.3.3 土壤酶活性的测定 脲酶采用比色法, 其活性用24 h后1 g土壤中NH₃-N的毫克数表示; 过氧化氢酶采用滴定法, 其活性用20 min后1 g土壤的0.1 mol·L⁻¹ K₂MnO₄的毫升数表示; 蔗糖酶采用比色法, 其活性用24 h后1 g土壤葡萄糖的毫克数表示; 磷酸酶采用比色法, 其活性用24 h后1 g土壤释放出的酚的毫克数表示^[19]。

1.3.4 微生物C、N量的测定 采用氯仿熏蒸浸提法^[20](FE)进行测定。取新鲜土样(烘干后约25 g)3份, 放入真空干燥器内, 同时放入盛有无醇氯仿的烧杯。抽真空使氯仿沸腾5 min, 在25℃下放置24 h后, 取出烧杯反复抽真空以排除氯仿, 随后用0.5 mol·L⁻¹ K₂SO₄ 100 mL振荡30 min, 过滤后测定提取液的C、N含量, 与此同时未灭菌土壤也按同样的方法测定。

测定浸提液的C、N含量, 并按下式计算:

土壤中微生物量C(Bc)=2.64Ec, Ec=K₂SO₄提取灭菌土壤中的有机C-K₂SO₄提取的未灭菌土壤中的有机C; 土壤中微生物量N(Bn)=2.22Ec, Ec=K₂SO₄提取灭菌土壤中的有机N-K₂SO₄提取的未灭菌土壤中的有机N; K₂SO₄提取液中的有机C用重铬酸钾氧化—硫酸亚铁滴定法; 全N用开氏法测定^[19]。

1.4 数据分析

采用Microsoft Excel 2007和DPS7.50统计软件作数据统计分析。

2 结果与分析

2.1 不同处理对土壤养分的动态影响

由表1看出, 连作2年土与连作7年土相比, 在移栽后73 d前, 连作7年的土壤碱解氮含量高于连作2年土的, 而在成熟期(108 d时)连作7年的土壤碱解氮含量迅速下降, 低于连作2年土的; 在烤烟整个生育期连作2年的土壤有效磷含量都低于连作7年土的, 两处理间存在显著差异。连作7年土的有效磷含量在移栽108 d时达到了55.83 mg·kg⁻¹, 比连作2年的增加53.93%; 土壤中的有效钾含量变化一般在20~250 mg·kg⁻¹,

而在本试验中, 连作 7 年的最大速效钾含量达到 $280.80 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$, 且与连作 2 年的存在显著差异。这充分说明长期连作会使土壤中的有效钾发生积累现象; 土壤中的有机质含量一般在 $5 \sim 100 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$, 连作 2 年的土壤有机质含量在各个生育期都高于连作 7 年的, 两处理的土壤有机质, 除移栽 63 d 时外, 都存在显著差异。由此可以得出结论, 长期连作会使土壤有机质含量下降; 在移栽 63 d 之前, 连作 2 年的 pH 稍高于连作 7 年土的, 而在移栽 73 d 后连作 2 年的 pH 与连作 7 年的差距变大。所以, 长期连作会引起土壤 pH 值降低。

连作 7 年与其深翻耕后相比, 在移栽后 73 d 前, 深翻耕的土壤碱解氮含量低于连作 7 年土的, 但只在移栽 73 d 时存在显著差异, 而在移栽 73 d 后连作 7 年的土壤碱解氮含量下降很快, 且低于连作 2 年土的。在烤烟整个时期深翻耕土的土壤碱解氮含量变化不是很大, 在 $100 \sim 124 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 之间变化, 而连作 7 年的土壤碱解氮含量在 $80 \sim 145 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 之间变化。

$\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 之间变化。可见, 深翻耕后碱解氮含量更适合烟叶生长; 连作 7 年的土壤有效磷含量在生育期期间保持在 $36 \sim 56 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$, 而深翻耕后有效磷含量偏少, 且两处理的土壤有效磷存在显著差异。从基础土壤肥力指标可看出, 在烤烟的生长前期有效磷含量一直偏低, 移栽 73 d 后, 土壤有效磷含量明显增加, 比较适中, 这可能是由于深翻耕后土壤中的磷酸酶作用 (表 2); 深翻耕土中的有效钾含量比较高, 且与其他处理存在显著差异。因此可以推断出, 由于烤烟长期连作, 使深层土壤的有效钾存在一定的积累, 但仍要低于连作 7 年土的; 在烤烟整个生育期, 除了 $63 \sim 96 \text{ d}$ 时土壤有机质含量相差不多外, 其他时期深翻耕土都要优于连作 7 年, 且两处理间存在显著差异; 深翻耕土的 pH 比连作 7 年土的稍大, 说明深翻耕可以缓解连作造成 pH 变小的问题。综上, 深翻耕可以促进土壤氮素的转化, 减缓连作土壤酸化, 提高土壤有机质含量, 这将有利于烤烟的生长发育。

表 1 不同处理对植烟土壤养分和 pH 值的动态影响

Table 1 Effect of treatments on soil nutrients and pH

指标	处理	移栽后天数				
		43 d	63 d	73 d	96 d	108 d
碱解氮 ($\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$)	深翻耕土	115.15 cd	120.70 bed	123.69 bc	113.72 cd	104.25 cd
	连作 2 年土	102.72 bc	114.51 cd	119.94 bed	111.26 cd	103.78 d
	连作 7 年土	125.32 bed	136.20 ad	144.94 a	100.82 cd	83.96 d
有效磷 ($\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$)	深翻耕土	6.68 h	9.76 gh	14.91 f	29.39 d	34.70 c
	连作 2 年土	12.06 fg	21.48 e	24.96 de	26.64 d	36.27 c
	连作 7 年土	36.60 c	48.00 b	54.96 a	46.21 b	55.83 a
有效钾 ($\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$)	深翻耕土	186.59 de	170.29 ef	173.00 ef	230.98 bc	230.98 bc
	连作 2 年土	63.41 i	95.11 h	108.00 h	150.36 fg	142.21 g
	连作 7 年土	218.30 c	182.07 de	204.71 cd	280.80 a	249.01 b
有机质 ($\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$)	深翻耕土	10.71 cde	9.65 e	11.53 cd	10.52 cde	9.41 e
	连作 2 年土	12.12 bc	10.79 cde	14.22 a	13.82 a	13.32 ab
	连作 7 年土	7.21 f	9.71 e	10.03 de	10.66 cde	7.21 f
pH 值	深翻耕土	6.11 a	6.07 a	6.08 a	5.84 abc	5.87 abc
	连作 2 年土	6.05 ab	5.99 abc	6.02 ab	5.89 abc	5.85 abc
	连作 7 年土	5.93 abc	5.97 abc	5.94 abc	5.77 bc	5.72 c

注: 同一指标数据后不同字母表示在 0.05 水平差异, 下同。

2.2 不同处理对土壤生物活性的动态影响

2.2.1 不同处理对土壤酶活性的动态影响 土壤酶活性不仅能够体现土壤的生物学活性, 且表征土

壤的综合肥力及土壤养分转化进程。通常用脲酶、磷酸酶、蔗糖酶、过氧化氢酶活性等来评价土壤肥力和肥效。由表 2 看出, 连作 2 年的土壤脲酶活性

要高于连作7年土的,且存在显著差异。深翻耕土和连作7年土相比,在移栽43 d时,深翻耕土的脲酶活性要高于连作7年土的,且存在显著差异;在移栽63 d后的脲酶活性小于连作7年土的,但只在73 d和96 d时存在显著差异,其他时期差异不显著。

连作2年的土壤磷酸酶活性高于连作7年土的,且存在显著差异,两处理的土壤磷酸酶活性并随植株的生长有逐渐减小的趋势,并在成熟期达到最小,说明长期连作会造成土壤中的磷酸酶活性下降。深翻耕土的磷酸酶在移栽73 d前活性较低,

之后其活性迅速提高。

深翻耕土的有效磷含量迅速增加;连作7年土的蔗糖酶活性明显低于连作2年土的,且存在显著差异。因此,可以推断,长期连作会造成土壤蔗糖酶活性下降,由于土壤蔗糖酶是与土壤肥力息息相关,所以土壤肥力也会因此下降,而且深翻耕土的蔗糖酶活性与连作7年的相比较高,且除73 d时之外,两处理间存在显著差异,因此认为,其土壤肥力高于连作7年土的。在移栽前期和后期连作7年土的过氧化氢酶活性较低,其他时期与连作2年土和深翻耕土的差距不大。

表2 不同处理对土壤酶活性的动态影响

Table 2 Effect of treatments on soil biological activity

指标	处理	移栽后天数				
		43 d	63 d	73 d	96 d	108 d
土壤脲酶 (NH ₃ -N, mL·(g·24 h) ⁻¹)	深翻耕土	2.03 d	1.29 ef	0.92 h	0.90 h	0.95 gh
	连作2年土	3.26 c	3.12 c	4.17 a	3.74 b	3.01 c
	连作7年土	1.18 efg	1.42 e	1.49 e	1.26 efg	1.05 fgh
土壤磷酸酶 (酚, mL·(g·24 h) ⁻¹)	深翻耕土	2.65 fg	2.91 defg	2.57 g	3.38 cd	3.22 cde
	连作2年土	4.35 a	4.08 ab	3.62 bc	3.94 ab	3.60 bc
	连作7年土	3.19 cde	2.86 efg	3.08 def	3.16 cde	2.88 defg
土壤蔗糖酶 (葡萄糖, mL·(g·24 h) ⁻¹)	深翻耕土	2.63 c	1.93 e	1.49 f	2.29 d	2.40 cd
	连作2年土	3.18 b	3.01 b	4.13 a	3.82 a	1.86 e
	连作7年土	1.12 gh	0.99 gh	1.3 fg	1.18 fgh	0.87 h
土壤过氧化氢酶 (0.01mol KMnO ₄ , mL·(g·20 min) ⁻¹)	深翻耕土	18.96 bc	20.36 bc	19.13 bc	20.8 abc	21.49 ab
	连作2年土	18.44 bc	20.75 abc	20.53 bc	21.33 ab	23.78 a
	连作7年土	17.68 c	19.91 bc	20.97 ab	20.86 abc	20.81 abc

2.2.2 不同处理对土壤微生物数量和微生物量碳氮的动态影响 由表3可知,深翻耕土的土壤细菌和真菌数量都大于连作2年土和连作7年土的,且与连作2年土和连作7年土的存在显著差异。深翻耕土为连作7年土的深层土,因此认为连作对土壤深层土的细菌和真菌数量影响不大。连作2年土的土壤细菌和真菌数量大于连作7年的,但土壤细菌数量只在43 d和73 d时,土壤真菌数量只在43 d时,连作2年土的与连作7年土的存在显著差异。说明随着连作年限的增加土壤中的细菌和真菌数量会减小;深翻耕土的土壤放线菌数量大于连作2年土和连作7年土的,且除63 d外,都与其他处理存在显著差异,但连作2年土与连作7年土的土壤放线菌数量相差不大。

土壤微生物量碳氮不仅是土壤碳氮循环中重要

环节,而且也是土壤碳氮循环的驱动力,因此土壤微生物量碳氮对土壤肥力有很大影响。由表3看出,连作2年土与连作7年土相比,连作2年土的土壤生物量碳氮的含量都高于连作7年土的,但两者只在63 d和108 d时存在显著差异,其他时期差异不显著,而土壤生物量氮的含量,除43 d之外,均存在显著差异。说明长期连作会使土壤生物量碳氮的含量降低。深翻耕土与连作7年土的相比,深翻耕土的土壤生物量碳氮的含量都大于连作7年土,但土壤生物量碳的含量只在43 d和96 d时存在显著差异,其他时期差异不明显,而土壤生物量氮的含量在烤烟生育期内均存在显著差异。综上,长期连作降低了微生物量碳氮的含量,而深翻耕则有利于土壤微生物量碳氮的含量增加。

表 3 不同处理对土壤微生物数量和微生物碳氮量的动态影响
Table 3 Effect of treatments on microbial quantity and microbial biomass C and N

指标	处理	移栽后天数				
		43 d	63 d	73 d	96 d	108 d
细菌 (10^5 cfu \cdot g $^{-1}$)	深翻耕土	10.2 b	12.4 a	12.5 a	10.9 b	7.2 d
	连作 2 年土	6.3 def	6.7 de	7.4 cd	5.2 fgh	4.8 ghi
	连作 7 年土	8.4 c	5.9 efg	4.5 hi	4.1 hi	3.9 i
真菌 (10^5 cfu \cdot g $^{-1}$)	深翻耕土	5.5 a	4.9 bc	5.7 a	5.2 ab	4.1 def
	连作 2 年土	4.5 cd	3.1 hij	4.3 de	2.9 ij	3.2 hij
	连作 7 年土	3.7 fgh	2.8 j	3.8 efg	3.5 ghi	3.1 hij
放线菌 (10^4 cfu \cdot g $^{-1}$)	深翻耕土	6.0 b	3.7 de	4.8 c	4.1 d	6.8 a
	连作 2 年土	2.2 hi	2.3 hi	3.2 efg	2.5 hi	2.7 gh
	连作 7 年土	2.4 hi	3.6 def	2.1 i	3.4 ef	3.1 fg
微生物量碳 (mg \cdot kg $^{-1}$)	深翻耕土	275.8 f	288.6 ef	345.9 bcd	334.0 cde	349.5 bed
	连作 2 年土	222.1 gh	392.7 ab	363.5 bc	351.0 fg	427.2 a
	连作 7 年土	213.3 h	306.9 def	323.3 cde	264.6 fg	339.1 cd
微生物量氮 (mg \cdot kg $^{-1}$)	深翻耕土	40.6 a	36.3 b	41.9 a	24.5 cd	16.1 e
	连作 2 年土	25.2 cd	22.0 d	34.9 b	33.1 b	26.1 c
	连作 7 年土	28.0 c	14.9 ef	13.8 ef	17.7 e	11.8 f

3 讨论与结论

3.1 研究结果发现: 烟草长期连作导致土壤养分不均衡, 土壤碱解氮和有机质含量均呈现不同程度的亏缺, pH 值变小, 而有效磷和有效钾含量则呈现不同程度的积累。随着烤烟连作年限增加, 土壤脲酶、蔗糖酶和磷酸酶活性下降, 这将直接影响土壤养分的转化, 进而影响烟株对土壤养分的有效吸收, 阻碍烟株的生长。过氧化氢酶活性提高, 表明土壤分解过氧化氢和转化有机质的能力增强, 在一定程度上缓解了烤烟连作障碍。

3.2 连作 2 年土与连作 7 年土的土壤微生物数量分析表明, 长期连作能使土壤细菌和真菌数量减少, 放线菌数量增加, 这与陈慧等^[22]研究结果类似。在烤烟生育期内深翻耕土的土壤微生物数量都大于连作 7 年土的, 说明深翻耕可以为土壤微生物活动提供更加有利的环境, 促进了土壤微生物数量的迅速增加, 这与罗奥等^[16]研究结果类似。何振立、曹志平等^[23-24]研究认为土壤微生物量是生活在土壤中微生物活体的总量, 土壤微生物数量与土壤微生物量密切相关。因此, 由不同处理土壤微生物数量分析结果可推断, 深翻耕土的土壤微生物量氮碳大于连作 2 年和连作 7 年的, 这与本研究结果一致。

3.3 深翻耕可促进深层土壤的熟化, 加速土壤氮

素的转化, 减缓连作土壤酸化, 提高土壤 pH 值。由于深翻耕土为连作 7 年土的深层土, 土壤熟化程度稍差, 在烤烟生育期内土壤的有效磷和有效钾含量都较其他处理低, 因此在烟田深翻耕后应该注重磷肥和钾肥的施用。深翻耕能够改善土壤有机质含量, 这与李明德等^[14]的研究结果相符。

3.4 深翻耕对土壤磷酸酶和蔗糖酶活性影响较大, 可以明显提高其活性, 在烤烟生育期内深翻耕土中的土壤磷酸酶和蔗糖酶活性高于连作 7 年土的; 而深翻耕对过氧化氢酶活性影响较小; 深翻耕对脲酶有负影响, 土壤脲酶活性连作 7 年土的大于其深翻耕后的土壤, 其原因有待进一步研究。

参考文献:

- [1] 晋艳, 杨宇虹, 段玉琪. 长期连作黄壤烟地养分变化及其施肥效应分析 [J]. 烟草科技, 2002, (1): 30-33.
- [2] 张翼, 张长华, 王振民, 等. 连作对烤烟生长和烟地土壤酶活性的影响 [J]. 中国农学通报, 2007, 23 (12): 211-215.
- [3] 张长华, 王智明, 陈叶君, 等. 连作对烤烟生长及土壤氮磷钾养分的影响 [J]. 贵州农业科学, 2007, 35 (4): 62-65.
- [4] 陈卫华. 烟草连作病害多 [J]. 农家参谋, 2002, (3): 91.
- [5] 关国经, 张长华, 冯光群, 等. 发病史、品种和轮作组合预防烤烟青枯病试验 [J]. 贵州农业科学, 2006, 34 (B07): 41-42.
- [6] 晋艳, 杨宇虹, 段玉琪, 等. 烤烟连作对烟叶产量和质量的影响研究初报 [J]. 烟草科技, 2002, (1): 41-45.
- [7] 晋艳, 杨宇虹, 段玉琪, 等. 烤烟轮作、连作对烟叶产量质量

- 的影响 [J]. 西南农业学报, 2004, 17 (B05): 267- 271.
- [8] 王连君, 谷思玉. 烤烟连作对土壤养分的影响 [J]. 烟草科技, 2004, (9): 40- 43.
- [9] 刘方, 何腾兵, 刘元生, 等. 长期连作黄壤烟地养分变化及其施肥效应分析 [J]. 烟草科技, 2002, (6): 30- 33.
- [10] 娄翼来, 关连珠, 王玲莉, 等. 不同植烟年限土壤 pH 和酶活性的变化 [J]. 植物营养与肥料学, 2007, 13 (3): 531- 534.
- [11] 陈明霞, 查轩, 丁光敏. 翻耕对花岗岩坡地水分转化及产流产沙特征影响研究 [J]. 水土保持通报, 2005, 25 (3): 6- 9.
- [12] 董全中. 大豆菌核病的发生规律及综合防治 [J]. 大豆通报, 2003, (3): 13.
- [13] 王兆斌. 深翻耕作对重茬棉田的增产效果研究 [J]. 现代农业科技, 2009, (2): 139, 141.
- [14] 李明德, 刘琼峰, 吴海勇, 等. 不同耕作方式对红壤旱地土壤理化性状及玉米产量的影响 [J]. 生态环境学报, 2009, 18 (4): 1522- 1526.
- [15] 李旭, 闫洪奎, 曹敏建, 等. 不同耕作方式对土壤水分及玉米生长发育的影响 [J]. 玉米科学, 2009, 17 (6): 76- 78, 81.
- [16] 罗奥, 崔红秋, 杨富江, 等. 不同耕法的土壤理化及农艺学效应研究进展 [J]. 黑龙江八一农垦大学学报, 2008, 20 (3): 34- 36.
- [17] 鲁如坤. 土壤农业化学分析法 [M]. 北京: 中国农业科技出版社, 1998.
- [18] 关松荫. 土壤酶及其研究法 [M]. 北京: 农业出版社, 1986.
- [19] 王岩, 沈其荣, 史瑞和. 有机无机肥料施用后土壤生物量 C、N、P 的变化及 N 素转化 [J]. 土壤学报, 1998, 35 (2): 227- 233.
- [20] 中国土壤学会. 土壤农业化学分析方法 [M]. 北京: 中国农业科技出版社, 2000.
- [21] 陈慧, 郝慧荣, 熊君, 等. 地黄连作对根际微生物区系及土壤酶活性的影响 [J]. 应用生态学报, 2007, 18 (12): 2755- 2759.
- [22] 何振立. 土壤微生物量及其对养分循环和环境质量评估中的意义 [J]. 土壤, 1997, 29 (2): 61- 69.
- [23] 曹志平, 胡诚, 叶钟年, 等. 不同土壤施肥措施对华北高产农田土壤微生物生物量碳的影响 [J]. 生态学报, 2006, (5): 1486- 1493.

(责任编辑: 柯文辉)