

皖南地区不同烤烟种植模式的土壤环境及经济效益分析^①

张继光¹, 姚忠达², 张忠锋¹, 孔凡玉¹, 刘新民¹, 刘潇潇¹, 朱启法³,
朱佩¹, 薛琳³, 郭建³, 汪季涛^{2*}

(1 中国农业科学院烟草研究所, 山东青岛 266101; 2 安徽中烟工业有限责任公司, 合肥 230088;

3 安徽皖南烟叶有限责任公司, 安徽宣城 242000)

摘要:通过实地调研和取样分析研究了皖南地区 5 种典型烤烟种植模式下耕层土壤环境质量及经济效益状况。结果表明:水旱轮作及不同作物的养分投入与吸收量不同造成了养分指标间的差异,其中 T2(烤烟-玉米复种连作)模式下的土壤有机质及碱解氮含量最低。除 Pb 外,As、Cd、Cr 和 Hg 4 种重金属在不同种植模式的耕层土壤中含量不同,但均符合国家食用农产品产地环境质量要求。此外,T1(烤烟-水稻复种连作)及 T4(烤烟-水稻→小麦-水稻→烤烟轮作)模式中二氯喹啉酸残留量相对较高(0.05 mg/kg)。在不同种植模式的总投入中,T1 模式投入最高,其租地、肥料、烘烤及雇工 4 项投入占总投入的 79.3%。T1 及 T2 模式均属“高投入高产出”类型,缺乏可持续性;T4 及 T5(烤烟-水稻→油菜-水稻→烤烟轮作)模式,属“低投入高产出”类型,具有较高的可持续生产能力。T3(烤烟-空闲单季连作)模式复种指数最低,需提高生态资源利用率。从土壤环境及经济效益方面综合考虑,T4 的烤烟-水稻-小麦-水稻烤烟轮作模式是皖南地区的较佳烤烟种植模式,可进一步推广应用。

关键词:烤烟;种植模式;重金属;二氯喹啉酸;产投比

中图分类号:S572.047;S34

烟稻水旱复种是我国南方烟区一种典型的种植模式,在减轻两种作物的病虫草害,提高土壤肥力,促进烟粮丰收等方面具有巨大优越性^[1]。但随着连作年限增加,连作障碍问题已成为制约南方稻区烟农增收和烟叶品质提升的主要因素^[2]。有研究表明,长期的烟稻复种连作,能导致土壤和烟叶中的中、微量元素含量呈下降趋势,不利于烤烟良好品质的形成^[3]。而烟稻轮作与连作相比,不仅可以提高植烟土壤细菌群落的丰富度和多样性^[4],而且在一定程度上能抑制因连作造成的土壤肥力衰退,促进土壤的可持续性利用^[5],此外,烤烟轮作可以有效减轻烟草土传病害,特别在提高烟叶产量和品质方面得到了许多学者的一致认可^[6-8]。但是不同轮作模式下烟田土壤环境变化及其经济效益方面的研究还少见报道,而这对于合理的烟草轮作模式建立及前后茬作物的搭配选择非常重要,对于推动现代烟草农业可持续发展和烟农的致富增收等方面具有重要指导意义。

皖南地区是我国“焦甜香”特色优质烟叶的代

表性产区,同时作为传统的双季稻产区,基于当地气候特征和茬口条件,烟农习惯在烤烟后茬种植一季晚稻^[9]。从促进烟叶质量提升及其可持续发展角度考虑,只有突破传统的复种连作模式,进一步筛选和完善烤烟轮作模式为不同作物相互创造营养条件,才能保障和提升烟田环境质量和烟农经济效益。为此,本研究针对皖南地区的典型烤烟种植模式,从不同烤烟种植模式对土壤环境的影响及投入产出角度进行综合分析,为皖南烤烟种植模式的合理选择及烟区现代农业的可持续发展提供理论和实践指导。

1 材料与方法

1.1 研究区概况

试验地点位于安徽省宣州区黄渡乡的“黄山”焦甜香皖南科技示范园内(30°40′49″N, 118°46′17″E),研究区地处皖南山区余脉与长江中下游冲积平原结合部,属低山丘陵区,亚热带湿润季风气候,年平均气温 15.9℃,年平均降雨量 1 294.4 mm,气候湿润温和,

基金项目:国家自然科学基金项目(41201291)、中国农业科学院科技创新工程项目(ASTIP-TRIC06)和安徽中烟工业有限责任公司科技项目(2013129, 2013130)资助。

* 通讯作者(22877515@qq.com)

作者简介:张继光(1980—),男,山东潍坊人,博士,副研究员,主要从事烟田土壤改良及其质量安全相关研究工作。E-mail: jiguang8002@163.com

无霜期 240 天；土壤类型为潴育性水稻土，土壤养分状况为：有机质含量 27.21 g/kg，全氮 1.38 g/kg，全磷 0.54 g/kg，全钾 7.55 g/kg，碱解氮 111.80 mg/kg，速效磷 27.35 mg/kg，有效钾 104.72 mg/kg，pH 5.63。

1.2 种植模式情况

研究区共有 5 种典型的烤烟种植模式，分别为：T1：烤烟-水稻复种连作；T2：烤烟-玉米复种连作；T3：烤烟-空闲单季连作；T4：烤烟-水稻→小麦-水稻→烤烟轮作；T5：烤烟-水稻→油菜-水稻→烤烟轮作。不同种植模式均按照当地常规施肥水平及管理水平进行。研究区烤烟的大田生育期为当年 3 月至 7 月，水稻及玉米的生长季相似，一般为当年 7 月至 10 月份，小麦及油菜的生长季一般为当年 10 月至翌年 5 月。本研究于 2011—2013 年连续 3 年对各烤烟种植模式进行了定点跟踪调查。

1.3 土壤取样与分析

在 2013 年烤烟起垄施肥前，分别从 5 种不同种植模式的田块中采集耕层(0~20 cm)土样，土样采集按“S”型布设采样点，在每个种植模式田块中取 1 个混合样，每个混合样品由 7~10 个代表性小样点组成，每种模式 5 个取样重复，共计取土样 25 个。土样风干后，分别研磨，过筛，待测。土壤化学性质指标的测定采用常规方法^[10]，其中，土壤 pH 采用 pH 计测定；土壤阳离子交换量(CEC)采用中性乙酸铵浸提法测定；土壤有机质采用 $K_2Cr_2O_7-H_2SO_4$ 氧化法测定；土壤全氮用半微量凯氏定氮法测定；土壤全磷用 HF-HClO₄ 消煮-钼锑抗比色法测定；土壤全钾用 HF-HClO₄ 消煮-火焰光度计法测定；碱解氮采用碱解扩散法测定；速效磷采用 HCl-NH₄F 浸提-钼锑抗

比色法测定；有效钾采用 1 mol/L NH₄OAc 浸提-火焰光度计法测定；As、Cr、Cd、Hg 和 Pb 等土壤重金属含量采用 HNO₃-HF-H₂O₂ 微波消解 ICP-MS 方法进行测定^[11]；除草剂二氯喹啉酸的残留量采用 0.05 mol/L 硼砂缓冲液浸提-高效液相色谱法测定^[12]。

1.4 经济效益分析

经济效益分析主要采用实地调查与取样分析相结合的方法，调查内容为各种种植模式的基本情况以及不同作物的肥料、农药、种(苗)等生产物资投入情况，种植管理过程所需要的雇工、机械、采收、烘烤等所花费成本，以及作物产量、产值及收入情况等农业经济信息，其他生产物资、雇工投入及产出产品价格均以宣城地区当年的市场平均价格计算，各个种植模式的总收入根据一个周期内各季作物产量和其市场平均价格来计算，其中烤烟的平均收购价格为 23.00 元/kg，水稻 2.46 元/kg，小麦 2.35 元/kg，玉米 2.30 元/kg，油菜为 5.00 元/kg。

2 结果与分析

2.1 不同种植模式对土壤化学性质的影响

不同种植模式下的土壤化学性质指标如表 1 所示。各烤烟种植模式下耕层土壤整体呈酸性，处于烟草生长的适宜土壤 pH 范围内，其中 T2 和 T5 处理的 pH 相对较高。土壤的 CEC 含量以 T3 处理为最高，其他处理相对较低且彼此间无显著差异。5 种植模式的土壤有机质含量较丰富，均值介于 22.98~28.48 g/kg，其中 T2 处理有机质及碱解氮含量最低，这主要是由于水田改旱田后土壤有机质的加速分解所致。

表 1 不同种植模式下的土壤化学性质
Table 1 Soil basic chemical properties in different tobacco planting patterns

种植模式	pH	CEC (cmol/kg)	有机质 (g/kg)	全氮 (g/kg)	全磷 (g/kg)	全钾 (g/kg)	碱解氮 (mg/kg)	速效磷 (mg/kg)	有效钾 (mg/kg)
T1	5.69 b	7.02 b	28.44 a	1.45 a	0.47 b	7.78 b	114.63 ab	25.16 b	107.98 c
T2	5.97 a	7.04 b	22.98 c	1.24 c	0.46 b	5.89 c	97.27 c	27.45 b	144.82 a
T3	5.62 b	7.95 a	26.43 ab	1.32 bc	0.56 a	7.34 b	111.22 b	20.73 c	126.67 b
T4	5.65 b	6.90 bc	28.48 a	1.45 a	0.47 b	8.33 a	119.92 a	24.93 b	94.72 d
T5	5.95 a	6.80 c	25.11 bc	1.36 ab	0.54 a	6.11 c	111.75 b	31.07 a	108.91 c

注：同列小写字母不同表示处理间差异显著($P<0.05$)，下同。

土壤的全量及速效养分含量随烤烟种植模式的不同而异，其中土壤全氮及碱解氮含量具有一致趋势且均在烤烟种植的适宜范围内。整体上，各处理的土壤速效磷含量较丰富，速效钾含量中等。其中 T1、T4 及 T5 处理土壤全钾含量较高，但速效钾含量较低，这可能与烤烟的后茬水稻较少施用钾肥有关。

2.2 不同种植模式对土壤安全性的影响

5 种植模式土壤重金属含量在不同种植模式下的含量不同(表 2)。其中 As 和 Cd 含量均是 T5 处理最高；Cr 含量 T3 处理最高，其他处理相对较低且无显著差异。Hg 含量以 T3 处理最低，仅为 0.07 mg/kg，显著低于其他处理，Pb 含量在各处理间差异不大。各种

表 2 不同种植模式下土壤重金属及除草剂残留情况
Table 2 Contents of soil heavy metals and herbicide quinclorac in different tobacco planting patterns

种植模式	As (mg/kg)	Cd (mg/kg)	Cr (mg/kg)	Hg (mg/kg)	Pb (mg/kg)	二氯喹啉酸 (mg/kg)
T1	3.10 b	0.13 ab	41.91 b	0.18 a	23.26 a	0.05 a
T2	4.77 ab	0.11 b	49.83 ab	0.16 a	24.07 a	0.00 c
T3	3.78 b	0.12 ab	57.23 a	0.07 b	25.90 a	0.02 b
T4	5.41 ab	0.17 ab	44.53 ab	0.20 a	24.31 a	0.05 a
T5	8.38 a	0.20 a	39.73 b	0.24 a	24.47 a	0.04 ab
限量标准	30	0.30	250	0.30	80	—

注：本研究的烟田土壤均为水田且 pH<6.5；土壤中重金属限量标准参照《食用农产品产地环境质量评价标准(HJ/T332-2006)》^[13]。

植模式中土壤的 5 种重金属含量均符合《食用农产品产地环境质量评价标准(HJ/T 332-2006)》的要求^[13]，其中 As、Cr 和 Pb 3 种重金属元素均远低于限量标准，属于安全级别。但 T5 处理的 Cd 和 Hg 含量分别达到了限量标准值的 66.7% 和 80%，是该模式下需要重点关注的两个重金属元素。

T1 及 T4 模式土壤中的二氯喹啉酸残留量最高为 0.05 mg/kg，已经超过对烟草生长发育产生抑制作用的阈值^[12](0.042 5 mg/kg)，会对烟草生长发育具有致畸形作用。其次是 T5 处理，最低的是 T2 处理(0.00 mg/kg)。可见烤烟-水稻复种连作处理及种植水稻轮作处理的二氯喹啉酸残留量较高，这与种植水稻时二氯喹啉酸类除草剂的不合理应用有关^[14]。

2.3 不同种植模式的经济效益分析

2.3.1 不同种植模式的投入情况 各种种植模式的投入中以 T1 模式的总投入最高(表 3)，为 66 447 元/hm²，T2 模式次之，为 64 362 元/hm²，然后是 T4 及 T5 模

式，但其总投入差异不大，总投入最低的是 T3 模式。由于种植烤烟的田间管理及烘烤加工等环节较多，造成各烤烟连作种植模式的总投入相对较高，而且其租地、肥料、雇工、烘烤及机械部分的投入均较高，其中 T1 模式中租地、肥料、烘烤及雇工 4 项投入占总投入的 79.3%。

2.3.2 不同种植模式的产出情况 2011—2013 年不同种植模式下各季作物的产量不同(表 4)，其中 2011 年第一季烤烟产量 T4 模式最高为 2 700 kg/hm²，其次是 T5 模式，T3 模式最低。2012 年第一季种植烤烟的 3 个模式中以 T2 产量相对最高为 2 400 kg/hm²，T1 次之，T3 最低，而且第二季的水稻产量也受种植模式的明显影响。从 2013 年不同种植模式的烤烟产量来看，T4 模式的烤烟产量最高，其次是 T5 及 T3 模式，而 T2 及 T1 处理相对最低。可见，不同种植模式明显影响不同作物特别是烤烟的产量，其中轮作模式的烤烟产量高于连作。

表 3 不同种植模式的投入情况(元/hm²)
Table 3 Inputs of different tobacco planting patterns

种植模式	种苗	肥料	农药	雇工	机械	烘烤	租地	总投入
T1	2 520	13 455	1 440	13 750	9 800	10 482	15 000	66 447
T2	1 365	11 205	1 080	20 430	4 800	10 482	15 000	64 362
T3	720	7 425	840	11 250	4 800	10 482	12 000	47 517
T4	2 610	12 570	1 200	8 875	8 900	5 241	10 500	49 894
T5	2 254	10 700	1 229	12 229	7 400	5 241	10 500	49 553

表 4 不同种植模式下各季作物的产量(kg/hm²)
Table 4 Yields of different crops in different tobacco planting patterns in 2011—2013

种植模式	2011 年		2012 年		2013 年
	第一季产量	第二季产量	第一季产量	第二季产量	烤烟季产量
T1	2 170	7 200	2 325	7 350	2 325
T2	2 175	5 400	2 400	5 465	2 400
T3	2 085	0	2 100	0	2 460
T4	2 700	7 875	7 500	7 950	2 700
T5	2 250	7 500	2 625	7 650	2 625

2.3.3 不同种植模式的产投比 各烤烟种植模式的投入产出及产投比情况如表 5 所示。总收入以 T1 处理最高为 139 178 元/hm², T2 处理次之, T3 处理最低。而扣除生产过程中的成本因素, 纯收入最高的是 T1 处理, 为 72 731 元/hm²; T4 处理次之, T3 处理最低,

为 48 738 元/hm²。烟稻复种连作处理的纯收入较高, 一方面该模式的复种指数高, 另一方面种植烤烟的收益也明显高于其他作物。总收入产投比及纯收入产投比的变化趋势一致, 产投比最高的为 T4 处理, 其次是 T5 处理, 而 T1、T3 及 T2 处理的产投比相对较低。

表 5 不同种植模式的产投比
Table 5 Ratios of output to input of different tobacco planting patterns

种植模式	总收入 (元/hm ²)	总收入 (元/hm ²)	纯收入 (元/hm ²)	总收入 产投比	纯收入 产投比
T1	66 447	139 178	72 731	2.09	1.09
T2	64 362	130 215	65 853	2.02	1.02
T3	47 517	96 255	48 738	2.03	1.03
T4	49 894	118 655	68 761	2.38	1.38
T5	49 553	108 894	59 342	2.20	1.20

3 讨论

皖南地区是以种植业为主的地区, 当地污染性工业企业较少, 总体生态环境良好, 有研究表明其灌溉水体及肥料中重金属含量均符合相关国家或行业标准^[15]。本研究中不同种植模式下土壤的 As、Cd、Cr、Hg 及 Pb 等重金属含量均符合国家食用农产品产地环境质量要求, 烟草种植模式改变没有对土壤重金属安全性产生显著影响。汤文光等^[16]的研究结果表明, 与冬闲-双季稻相比, 冬种模式有促进消减土壤部分重金属污染的趋势, 并能一定程度改善稻米品质和提高水稻产量。也有研究认为传统种植模式和多样化种植模式对土壤环境影响较小, 专业化单一种植方式风险较高, 虽然单位收益好, 但是长期应用易造成重金属元素在土壤中的积累, 影响农业生产可持续性^[17]。此外, 由于皖南地区地处传统双季稻产区, 水稻种植时常用防除稻田稗草的二氯喹啉酸类特效除草剂, 特别当前茬作物是水稻时, 后茬烟田的残留量依然较高。而且烟区土壤偏酸性, 二氯喹啉酸又是一种弱酸, 极不利于二氯喹啉酸残留的降解, 要消除二氯喹啉酸除草剂的危害, 一方面, 在翻耕起垄时施入适量生石灰或草木灰, 以调节土壤 pH, 使二氯喹啉酸在土壤微碱性条件下加速降解^[18]; 另一方面, 要筛选既有利于灭草又不影响烟叶生长的除草剂类型。同时要结合烤烟种植的可持续性, 实现用地和养地相结合, 投入产出和烟叶品质相协同, 进一步遴选和建立双季稻区合理的烤烟种植制度。

在不同烤烟种植模式中, 烤烟连作种植易导致烟草黑胫病、病毒病及青枯病的发生流行, 严重影响烟叶产量与质量, 使得烤烟种植的风险提高^[7, 19]。与连作相比, 烤烟轮作后可促进土壤中拮抗微生物活动,

使青枯病等土传病害的发病率明显降低^[20-21]。此外, 轮作系统与连作相比其生态学特征及资源利用率的差异^[22], 也是导致各烤烟种植模式下作物产量及其投入产出差异的重要原因。本研究中, 复种连作模式的烤烟产量比各轮作模式的产量降低, 这与烤烟连作后的病毒病及青枯病发病率较高, 严重制约了烤烟的产量形成有关。综合皖南地区不同烤烟种植模式的产投比、纯收入及当地传统种植情况, 烤烟-水稻的复种连作模式作为当地典型的种植模式之一, 有存在的现实基础和经济优势, 其纯收入最高为 72 731 元/hm², 但投入也高达 66 447 元/hm², 产投比为 2.09, 仅比 T2 及 T3 连作模式略高。这与各轮作种植模式相比, 其产投比明显降低, 比较效益下降, 且受制于连作障碍问题难以保障烤烟生产的可持续性^[6, 23]。因此, 目前的 3 种烤烟复种连作模式均不是最佳种植模式。而轮作模式的 T4 处理其产投比最高, 纯收入也相当可观, 同时符合烤烟生产的轮作种植及其土壤环境质量要求, 是适合当地烟草农业生产的较佳种植模式, 值得进一步推广应用。下一步, 可在此基础上深入研究不同轮作模式对烟叶质量及其香型风格的影响, 以综合生态环境、经济收益及烟叶质量等各方面的情况, 确立皖南地区最优的种植模式。

4 结论

1) 不同种植模式下土壤理化性质差异与水旱轮作及不同作物的养分投入与产出有关, 其中 T2 处理的土壤有机质及碱解氮含量最低。除 Pb 外, As、Cd、Cr 和 Hg 4 种重金属在不同种植模式的耕层土壤中含量不同, 但均符合我国食用农产品产地环境质量要求。

2) 烤烟-水稻复种连作模式及前茬种植水稻的烟田土壤中二氯喹啉酸残留量较高,这与水稻种植季二氯喹啉酸类除草剂的普遍应用有关,可以通过调节土壤 pH、调整种植模式及选择替代性除草剂来解决。

3) 根据 5 种烤烟种植模式的产投比及其土壤环境状况的综合分析,皖南地区植烟区较佳的烤烟种植模式为:烤烟-水稻 小麦-水稻 烤烟隔年轮作模式,后续可进一步推广应用。

参考文献:

- [1] 谈文, 赵松义. 再论烟稻轮作制[J]. 烟草科技, 1998, 128(1): 39-40
- [2] 顾怀胜, 郭亮, 曾中林, 等. 烤烟连作障碍的形成机制及调控技术研究进展[J]. 湖南农业科学, 2013, (1): 25-28
- [3] 梁文旭, 靳志丽, 莫凯明, 等. 烟稻复种连作对中、微量元素含量的影响效应研究[J]. 中国土壤与肥料, 2014, (2): 40-44
- [4] 贾志红, 易建华, 苏以荣, 等. 云南玉溪烟区轮作与连作土壤细菌群落多样性比较研究[J]. 应用与环境生物学报, 2011, 17(2): 162-168
- [5] 杨贤海, 齐绍武, 赵世浩, 等. 湘南地区烟稻轮作和不同年限烟薯套种对土壤微生物的影响[J]. 作物研究, 2013, 27(1): 46-49
- [6] 张继光, 申国明, 张久权, 等. 烟草连作障碍研究进展[J]. 中国烟草科学, 2011, 32(3): 95-99
- [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, 14(S1): 267-271
- [8] 黄光荣, 赵致. 烤烟与不同作物轮作对烤烟生长发育及产质量的影响[J]. 耕作与栽培, 2007, (6): 30-31
- [9] 祖朝龙, 许经年, 季学军, 等. 皖南烟区种植模式比较研究[J]. 安徽农业科学, 2004, 32(6): 1 195-1 196
- [10] 鲁如坤. 土壤农业化学分析方法[M]. 北京: 中国农业科技出版社, 2000: 146-195
- [11] 刘传娟, 刘凤枝, 蔡彦明, 等. 不同前处理方法 ICP-MS 测定土壤中的重金属[J]. 分析实验室, 2009, 28(6): 91-94
- [12] 国家烟草专卖局. YC/T 469-2013 植烟土壤及灌溉水二氯喹啉酸除草剂残留量的测定高效液相色谱法[S]. 北京: 中国标准出版社, 2013
- [13] 国家环境保护总局. 食用农产品产地环境质量评价标准 (HJ/T 332-2006) [S]. 北京: 中国环境科学出版社, 2007
- [14] 尹冬, 曾勇军, 章建其, 等. 稻烟轮作区二氯喹啉酸残留对烤烟药害研究进展[J]. 江西农业学报, 2012, 24(8): 38-40
- [15] 庄云, 武小净, 李德成, 等. 安徽省皖南烟区灌溉水体和肥料重金属含量研究[J]. 土壤, 2013, 45(1): 190-192
- [16] 汤文光, 唐海明, 罗尊长, 等. 不同种植模式对稻田土壤重金属含量及晚稻稻米品质的影响[J]. 作物学报, 2011, 37(8): 1 457-1 464
- [17] 李立. 传统农区不同种植模式对土壤重金属污染的影响[J]. 生态环境学报, 2012, 21(10): 1 756-1 762
- [18] 陈泽鹏, 邓建朝, 万树青, 等. 二氯喹啉酸致烟草畸形的解毒剂筛选与解毒效果[J]. 生态环境, 2007, 16(2): 453-456
- [19] 王峰吉, 尤垂淮, 刘朝科, 等. 不同连作年限植烟土壤对烤烟生长发育及产质量的影响[J]. 福建农业学报, 2014, 29(5): 443-448
- [20] 方树民, 唐莉娜, 陈顺辉, 等. 作物轮作对土壤中烟草青枯菌数量及发病的影响[J]. 中国生态农业学报, 2011, 19(2): 377-382
- [21] 时安东, 李建伟, 袁玲. 轮间作系统对烤烟产量、品质和土壤养分的影响[J]. 植物营养与肥料学报, 2011, 7(2): 411-418
- [22] 黄国勤, 熊云明, 钱海燕, 等. 稻田轮作系统的生态学分析[J]. 土壤学报, 2006, 43(1): 69-78
- [23] 靳志丽, 梁文旭, 李玉辉, 等. 烟稻复种连作对烤烟经济性状和品质的影响[J]. 中国烟草科学, 2014, 35(4): 22-27

Effects of Different Tobacco Planting Patterns on Soil Environment and Economic Benefits in South Anhui Province

ZHANG Jiguang¹, YAO Zhongda², ZHANG Zhongfeng¹, KONG Fanyu¹, LIU Xinmin¹,
LIU Xiaoxiao¹, ZHU Qifa³, ZHU Pei¹, XUE Lin³, GUO Jian³, WANG Jitao^{2*}

(1 Tobacco Research Institute of Chinese Academy of Agricultural Sciences, Qingdao, Shandong 266101, China; 2 China Tobacco Anhui Industrial Co., Ltd., Hefei 230088, China; 3 Anhui Wannan Tobacco Leaf Co. Ltd, Xuancheng, Anhui 242000, China)

Abstract: The proper tobacco planting pattern is very important to the sustainable development of tobacco agriculture. This study investigated soil nutrient properties, soil environmental quality and the economic benefits of 5 different tobacco planting patterns in tobacco fields of south Anhui Province by using the methods of questionnaire and sampling analysis. The results showed that the paddy-upland rotation and the variations between inputs and outputs of difference crops caused the differences in soil nutrients, the soil organic matter and alkali-hydrolyzable nitrogen in T2 (tobacco-maize tobacco-maize) treatment were significantly lower than those in other treatments. The contents of total As, Cd, Cr and Hg in tillage soil were different in different tobacco planting patterns except for the total Pb, but they all meet the criterion of farmland environmental quality evaluation standards for edible agricultural products. The values of herbicide quinclorac content in T1 (tobacco-rice tobacco-rice) and T4 (tobacco-rice wheat-rice tobacco) treatments were higher (0.05 mg/kg) among all planting patterns. Moreover, T1 treatment had the highest input among all the treatments. And the costs of renting land, fertilizing, baking and employee accounted for 79.3% of the total input. T1 and T2 both belonged to the “high input and high output” type, which would lead to an unsustainable status. T4 and T5 (tobacco-rice rape-rice tobacco) with higher ratios of output to input both belonged to the “low input and high output” type, which had higher tobacco sustainable production capacity. However, T3 (tobacco-fallow tobacco-fallow) had the lowest multiple-crop index and easily led to ecological resources to be wasted. All in all, T4 was the optimal cropping pattern and should be adapted to a large area in South Anhui Province according to its economic benefit and soil ecological environmental suitability.

Key words: Flue-cured tobacco; Planting pattern; Heavy metal; Quinclorac; Ratio of output to input