

## 二次翻耕起垄与稻草还田对土壤养分和烟叶产质量的影响

曾祥难<sup>1</sup>, 袁彩云<sup>2</sup>, 李思<sup>2</sup>, 杨祝军<sup>1</sup>, 欧义<sup>3</sup>, 刘永斌<sup>3</sup>, 彭博<sup>1</sup>, 余育光<sup>1</sup>,  
范鹏<sup>3</sup>, 张赛<sup>3</sup>, 蔺万煌<sup>2</sup>, 韦建玉<sup>1\*</sup>

(1. 广西中烟工业有限责任公司, 中国广西 南宁 530001; 2. 湖南农业大学 生物科学技术学院, 中国湖南 长沙 410128;  
3. 湖南省烟草公司郴州市公司, 中国湖南 郴州 423000)

**摘要:** 为探讨二次翻耕起垄与稻草还田两种栽培措施及其相互作用对土壤养分和烟叶产质量的影响, 以烤烟品种 K326 为试验材料, 按照两种不同翻耕起垄方式(一次性翻耕起垄和先翻耕晒垡再二次翻耕起垄)与是否稻草还田进行随机区组设计, 在湖南宜章县烤烟种植区进行田间试验, 分析比较各处理间的土壤养分和烟叶产质量差异。结果表明, 与一次性翻耕起垄(T1+T2)和无稻草还田(T1+T3)相比, 二次翻耕起垄(T3+T4)和稻草还田(T2+T4)能显著增加土壤有机质含量, 提高烟叶糖碱比、氮碱比以及烟叶产量、产值和生产效益, 并且两者表现出显著的相互作用; 此外, 二次翻耕起垄还能显著提高烟叶总糖和还原糖含量, 并显著降低烟碱含量, 使得糖碱比和氮碱比更趋合理。在感官评吸方面, 稻草还田能显著提高烟叶感官评吸质量。从生产效益上分析, 由于二次翻耕增加了生产成本, 对于基础地力较好的砂质土壤, 开展一次性翻耕起垄结合稻草还田可获得更好的经济效益。研究结果为湖南烟稻轮作区烤烟种植提供了科学参考依据。

**关键词:** 耕作方式; 稻草还田; 土壤养分; 烤烟; 产量与质量

中图分类号: Q948.1, S572

文献标志码: A

文章编号: 1007-7847(2024)01-0056-09

## Effects of Double Ridge Tillage Combined with Straw Returning on Soil Nutrients and Tobacco Yield and Quality

ZENG Xiangnan<sup>1</sup>, YUAN Caiyun<sup>2</sup>, LI Si<sup>2</sup>, YANG Zhujun<sup>1</sup>, OU Yi<sup>3</sup>, LIU Yongbin<sup>3</sup>,  
PENG Bo<sup>1</sup>, YU Yuguang<sup>1</sup>, FAN Peng<sup>3</sup>, ZHANG Sai<sup>3</sup>, LIN Wanhuang<sup>2</sup>, WEI Jianyu<sup>1\*</sup>

(1. China Tobacco Guangxi Industrial Co., Ltd., Nanning 530001, Guangxi, China; 2. College of Bioscience and Biotechnology, Hunan Agricultural University, Changsha 410128, Hunan, China; 3. Chenzhou Branch of Hunan Provincial Tobacco Company, Chenzhou 423000, Hunan, China)

**Abstract:** To explore the effects of two cultivation measures of double ridge tillage and straw returning as well as their interaction on soil nutrients and tobacco yield and quality, the flue-cured tobacco variety K326 was used as the experimental material, and a field trial with randomized block design was conducted in a flue-cured tobacco planting area in Yizhang County, Hunan Province, based on two kinds of ridge tillage methods (one is one-time ridge tillage, and the other is the first ridge tillage followed by soil exposure to sunlight, and then the second ridge tillage) and whether rice straw returns to field or not. The results showed that, compared with one-time ridge tillage (T1+T2) and no straw returning (T1+T3), the double ridge tillage (T3+T4) and straw returning (T2+T4) significantly increased soil organic matter content, and improved the sugar-nicotine and nitrogen-nicotine ratios of tobacco leaves as well as the tobacco yield, output value and productivity. The positive interaction between double ridge tillage and straw returning was significant. In ad-

收稿日期: 2023-09-25; 修回日期: 2023-10-10; 网络首发日期: 2024-02-19

基金项目: 广西中烟工业有限责任公司项目“宜章植烟土壤肥力调控关键技术研究与应用”(2021450000340025)

作者简介: 曾祥难(1978—), 男, 广西来宾人, 硕士, 高级农艺师, 主要从事烟草栽培及质量管理, E-mail: 2205147232@qq.com; \* 通信作者: 韦建玉(1966—), 女, 广西柳州人, 博士, 研究员, 主要从事烟草栽培与营养生理研究, E-mail: jtx\_wjy@163.com。

dition, the double ridge tillage also significantly raised the total sugar and reducing sugar contents of tobacco leaves, and significantly lowered the nicotine content, leading to more suitable sugar-nicotine and nitrogen-nicotine ratios. In terms of sensory evaluation, rice straw returning could significantly improve the sensory quality of tobacco leaves. Due to a higher production cost resulted from double ridge tillage, for the sandy soil with good basic fertility, one-time ridge tillage combined with rice straw returning could achieve better economic returns. The study provides scientific evidence for better cultivation of flue-cured tobacco in tobacco-rice rotation areas in Hunan Province.

**Key words:** tillage method; rice straw returning; soil nutrient; flue-cured tobacco; yield and quality

(*Life Science Research*, 2024, 28(1): 056-064)

长期以来,我国烟草连作和农用化学品的高强度投入使得植烟土壤酸化板结、耕作层变浅、有机质下降、养分失衡和功能微生物菌群减少等,导致烟叶产质量下降时有发生<sup>[1-4]</sup>。有效消除土壤障碍因子、提升植烟土壤肥力质量是提高烟叶产质量,实现烟叶可持续发展的重要途径。有研究表明,土壤翻耕、深耕可加速土壤中氮素的转化,提高土壤有机质含量和微生物数量,促进烟株根系养分吸收,改善烟叶化学品质,减少烟草病虫害的发生<sup>[5-8]</sup>;稻草还田既可熟化土壤,提高土壤有机质含量和含水率,促进烟田速效养分释放,改善土壤微生物群落结构,提高烟叶品质,又可降低种植成本,减少因稻草焚烧带来的环境污染<sup>[9-12]</sup>。

湖南是我国重要的烤烟种植区之一,烟区耕地多以烟稻轮作为主,一般在晚稻收割后的冬季一次性机械翻耕起垄,于第二年春季移植烟苗。为改进烤烟常规耕作措施,充分利用烟稻轮作区丰富的稻草资源,节省劳动力成本,本试验比较分析了不同耕作方式与有无稻草还田各组合处理之间的土壤养分和烟叶产质量差异,以期获得耕作方式与稻草还田间的优化组合。研究结果可为改进湖南烟稻轮作区烤烟栽培措施提供科学参考依据。

## 1 材料和方法

### 1.1 试验材料

以烤烟品种 K326 为供试材料,大棚漂浮育

苗,2022 年 3 月上旬移植大田。高垄单行,行距 1.25~1.30 m,株距 45~50 cm,保持每 667 m<sup>2</sup> 种植烟株 1 100 株左右。

### 1.2 试验地基本情况

试验按相同方案在湖南省郴州市宜章县天塘镇和笆篱镇两地同时进行。两地位于湖南省南端,属亚热带季风气候,温度适宜,阳光充足,降雨量丰富。试验耕地烟稻轮作,烤烟种植多在冬季一次性翻耕起垄。试验前采集试验耕地土样进行分析测试,土壤基本理化性状和养分如表 1 所示。

### 1.3 试验设计

田间试验按照一次性翻耕起垄和先翻耕晒垡再二次翻耕起垄(后续简称二次翻耕起垄)2 种不同的翻耕起垄方式与是否稻草还田进行随机区组设计,共设有 4 个组合处理 T1~T4,具体如表 2 所示。以晚稻收割时留高茬进行稻草还田(如收割时未留高茬则需在翻耕前将收获稻草全部撤回田块以便翻耕时翻压入泥土中),以收割时不留茬作为无稻草还田的处理。T1 为一次性翻耕起垄与无稻草还田;T2 为一次性翻耕起垄结合稻草还田;T3 为二次翻耕起垄与无稻草还田;T4 为二次翻耕起垄结合稻草还田。试验各处理烟株大田生长期的水肥及田间管理均按当地烤烟栽培常规措施进行,具体施肥方案为:在烟苗移栽前 10~15 d,每 667 m<sup>2</sup> 将菜籽饼有机肥 30 kg 和烟草专用复合肥(N:P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>:K<sub>2</sub>O=8:17:7) 50 kg 作为基肥一次性施

表 1 供试土壤基础理化性状  
Table 1 Basic physical and chemical properties of the tested soils

试验地 Test plot	土壤质地 Soil texture	pH	有机质 Organic matter/(g·kg <sup>-1</sup> )	碱解氮 Alkali-hydrolyzable nitrogen/(mg·kg <sup>-1</sup> )	有效磷 Available phosphorus/(mg·kg <sup>-1</sup> )	速效钾 Available potassium/(mg·kg <sup>-1</sup> )
笆篱 Bali	壤质黏土 Loamy clay	7.78~7.89	39.58~54.30	174.55~234.69	38.45~48.94	286.73~416.82
天塘 Tiantang	砂质黏壤土 Sandy clay	7.79~7.88	50.28~68.90	189.51~244.79	32.72~43.70	207.86~284.44

入烟田;在烟苗移栽后的还苗期,按 8 kg/667 m<sup>2</sup> 施用提苗肥(N:P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>=20:9);在伸根期、旺长期,分 2~3 次共施加追肥(N:K<sub>2</sub>O=10:32) 60 kg/667 m<sup>2</sup> 和叶面微肥(P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>+K<sub>2</sub>O≥50%, B+Mo=0.2%~3%) 120 g/667 m<sup>2</sup>;在现蕾期至成熟期,按 20 kg/667 m<sup>2</sup> 追施硫酸钾(K<sub>2</sub>O≥50%)。

#### 1.4 样品采集与项目测试

##### 1.4.1 土壤样品采集与养分含量测定

在烟苗移栽前和烟叶成熟采收后分别采集天塘、笆篱两个基地各试验小区的土壤样品,并带回实验室。土壤经自然风干、去杂、粉碎、充分混匀后采用四分法取样,按照鲍士旦<sup>[13]</sup>的土壤农化分析方法测定各项指标。其中,土壤 pH 的测定采用酸度计电位法(水土比 2.5:1),有机质的测定采用重铬酸钾氧化-油浴加热法,碱解氮的测定采用碱解扩散法,有效磷的测定采用碳酸氢钠浸提-钼锑抗比色法,速效钾的测定采用醋酸铵浸提-火焰光度法。

##### 1.4.2 烟叶样品的采集与化学品质分析鉴定

分别采集两个基地经试验处理且烘烤后的中部、上部烟叶各 5~6 kg 带回实验室,按照国家烟草专卖局发布的烟草行业标准 YC/T 159—2002《烟草及烟草制品 水溶性糖的测定 连续流动法》、YC/T 160—2002《烟草及烟草制品 总植物碱的测定 连续流动法》、YC/T 161—2002《烟草及烟草制品 总氮的测定 连续流动法》、YC/T 173—2003《烟草及烟草制品 钾的测定 火焰光度法》和 YC/T 162—2002《烟草及烟草制品 氯的测定 连续流动法》测定总糖、还原糖、烟碱、总氮、钾和氯等的含量,并计算糖碱比、氮碱比、钾氯比等指标。烟叶感官质量鉴定参照 YC/T 138—1998《烟草及烟草制品 感官评价方法》,由 5 位专业评吸技术人员进行感官评吸,并按广西中烟工业有限责任公司

9 分制评吸标准计算总分(S),其计算公式如下:  $S=(A_{\text{香气质}}\times 0.3+A_{\text{香气量}}\times 0.3+O_{\text{杂气}}\times 0.08+I_{\text{刺激性}}\times 0.15+T_{\text{余味}}\times 0.17)\times 11.11$ 。

##### 1.4.3 烟叶经济性状的统计分析

按照 GB 2635—1992《烤烟》的分级标准和中国烟草总公司的烟叶收购价格对初烤烟叶进行分级、计产,并统计烟叶产量、产值、均价、上等烟比例等。

##### 1.5 数据统计分析

采用 Excel 2021 和 SPSS 25.0 对试验数据进行统计分析并绘图,其中应用 Duncan 法对数据进行显著性差异检验,差异显著水平为  $P<0.05$ ,差异极显著水平为  $P<0.01$ 。

## 2 结果与分析

### 2.1 二次翻耕起垄与稻草还田提高了土壤养分的有效性

本研究在大田烟苗移栽前、烟叶成熟采收后分别采集了天塘和笆篱两个基地各试验小区的土壤样品,分析测试了土壤中的 pH 以及有机质、碱解氮、有效磷和速效钾含量等指标,结果如表 3、表 4 所示,两个基地所得结果基本一致。试验各组合处理对土壤 pH 的影响很小,二次翻耕起垄(T3+T4)比一次性翻耕起垄(T1+T2)、稻草还田(T2+T4)比无稻草还田(T1+T3)的土壤 pH 略有上升,但均未达到统计学上的显著差异。二次翻耕起垄和稻草还田均能极显著提高土壤有机质含量,且二者具有极显著的互作关系。二次翻耕起垄和稻草还田增加了土壤碱解氮含量,但仅稻草还田达到了显著水平,且耕作方式与稻草还田对土壤碱解氮含量的影响无互作关系。二次翻耕起垄与稻草还田处理显著降低了种植一季烤烟后土壤有效磷和速效钾的含量,且表现出显著的互作关系,说明二次翻

表 2 不同耕作方式与稻草还田试验方案

Table 2 Experimental scheme of different tillage methods and rice straw returning

处理 Treatment	耕作方式 Tillage method	水稻秸秆 Rice straw	试验地面积 Test plot area/m <sup>2</sup>	
			笆篱 Bali	天塘 Tiantang
T1	一次性翻耕起垄 One-time ridge tillage	不留茬 No stubble left	1 000	1 050
T2		高茬还田 High-stubble straw returning	730	800
T3	二次翻耕起垄 Double ridge tillage	不留茬 No stubble left	320	630
T4		高茬还田 High-stubble straw returning	860	830

耕起垄与稻草还田都能显著提高土壤有效磷和速效钾的供给,这在表 5、表 6 二次翻耕起垄与稻草还田处理下烟叶钾含量的提高中也得到了证明。

## 2.2 二次翻耕起垄与稻草还田改善了烟叶的化学品质

烟草品质与烟叶中多种化学成分的含量及其比例密切相关。本试验分析测试了不同处理最具代表性的 C3F 烟叶中总糖、还原糖、总氮、烟碱、钾和氯的含量及糖碱比、氮碱比、钾氯比等,结果如表 5、表 6 所示。从表中可以看出,两地所得结

果的变化趋势基本一致。与一次性翻耕起垄(T1+T2)和无稻草还田(T1+T3)相比,二次翻耕起垄(T3+T4)和稻草还田(T2+T4)可提高烟叶中总糖、还原糖、总氮和钾的含量以及糖碱比、氮碱比,同时降低烟叶中的烟碱含量,但笆篱和天塘两地试验结果的显著性分析存在一定的差异,这可能与两试验基地土壤质地不同有关<sup>[6]</sup>。两地显著性分析保持一致的是,与一次性翻耕起垄(T1+T2)相比,二次翻耕起垄(T3+T4)显著或极显著提高了烟叶中的总糖和还原糖含量,并极显著降低了烟碱含量。

表 3 笆篱试验土壤理化性状和养分含量的变化

Table 3 Changes of physical and chemical properties and nutrients in soils of Bali test plot

采样时间 Sampling time	处理 Treatment	pH	有机质 Organic matter/(g·kg <sup>-1</sup> )	碱解氮 Alkali-hydrolyzable nitrogen/(mg·kg <sup>-1</sup> )	有效磷 Available phosphorus/(mg·kg <sup>-1</sup> )	速效钾 Available potassium/(mg·kg <sup>-1</sup> )
烟苗移栽前 Before tobacco seedling	T1	7.82 <sup>c</sup>	39.63 <sup>e</sup>	188.82 <sup>e</sup>	41.58 <sup>b</sup>	387.95 <sup>b</sup>
	T2	7.82 <sup>c</sup>	41.62 <sup>e</sup>	204.92 <sup>de</sup>	48.08 <sup>a</sup>	408.31 <sup>a</sup>
	T3	7.86 <sup>bc</sup>	45.18 <sup>d</sup>	207.56 <sup>de</sup>	41.04 <sup>b</sup>	303.01 <sup>c</sup>
transplanting	T4	7.83 <sup>c</sup>	53.91 <sup>b</sup>	221.44 <sup>cd</sup>	44.56 <sup>b</sup>	360.17 <sup>c</sup>
烟叶采收后 After tobacco leaf harvesting	T1	7.99 <sup>a</sup>	40.51 <sup>e</sup>	214.77 <sup>d</sup>	30.19 <sup>d</sup>	309.03 <sup>c</sup>
	T2	7.93 <sup>ab</sup>	49.61 <sup>c</sup>	239.27 <sup>bc</sup>	42.16 <sup>b</sup>	366.71 <sup>c</sup>
	T3	7.95 <sup>ab</sup>	49.99 <sup>c</sup>	258.01 <sup>b</sup>	34.37 <sup>c</sup>	269.91 <sup>f</sup>
	T4	7.95 <sup>ab</sup>	58.03 <sup>a</sup>	284.68 <sup>a</sup>	48.50 <sup>a</sup>	328.22 <sup>d</sup>
显著性检验(F 值) Significance test (F value)						
耕作方式 Tillage method		1.67	153.36 <sup>**</sup>	3.99	24.97 <sup>**</sup>	341.88 <sup>**</sup>
稻草还田 Straw returning		0.60	424.72 <sup>**</sup>	10.13 <sup>*</sup>	16.20 <sup>*</sup>	116.00 <sup>**</sup>
耕作方式×稻草还田 Tillage method × Straw returning		0.60	60.44 <sup>**</sup>	1.04	5.18 <sup>*</sup>	26.14 <sup>**</sup>

注: 同列中不同小写字母表示在  $P<0.05$  的水平上具有显著性差异, \* 表示在  $P<0.05$  的水平上具有显著性差异, \*\* 表示在  $P<0.01$  的水平上具有显著性差异, 下同。

Notes: Different lowercase letters in the same column indicate significant difference,  $P<0.05$ . \* significant difference,  $P<0.05$ ; \*\* extremely significant difference,  $P<0.01$ . And the same below.

表 4 天塘试验土壤理化性状和养分含量的变化

Table 4 Changes of physical and chemical properties and nutrients in soils of Tiantang test plot

采样时间 Sampling time	处理 Treatment	pH	有机质 Organic matter/(g·kg <sup>-1</sup> )	碱解氮 Alkali-hydrolyzable nitrogen/(mg·kg <sup>-1</sup> )	有效磷 Available phosphorus/(mg·kg <sup>-1</sup> )	速效钾 Available potassium/(mg·kg <sup>-1</sup> )
烟苗移栽前 Before tobacco seedling	T1	7.80 <sup>b</sup>	50.51 <sup>e</sup>	213.27 <sup>cd</sup>	43.10 <sup>a</sup>	275.93 <sup>a</sup>
	T2	7.86 <sup>ab</sup>	60.05 <sup>c</sup>	227.44 <sup>bc</sup>	40.00 <sup>b</sup>	259.28 <sup>ab</sup>
	T3	7.88 <sup>a</sup>	54.88 <sup>d</sup>	203.78 <sup>d</sup>	38.36 <sup>b</sup>	257.51 <sup>ab</sup>
transplanting	T4	7.86 <sup>ab</sup>	67.94 <sup>b</sup>	234.21 <sup>b</sup>	34.71 <sup>c</sup>	224.87 <sup>cd</sup>
烟叶采收后 After tobacco leaf harvesting	T1	7.87 <sup>ab</sup>	51.00 <sup>e</sup>	237.83 <sup>b</sup>	27.66 <sup>d</sup>	236.82 <sup>bc</sup>
	T2	7.91 <sup>a</sup>	67.74 <sup>b</sup>	268.82 <sup>a</sup>	21.46 <sup>e</sup>	208.24 <sup>d</sup>
	T3	7.88 <sup>a</sup>	56.19 <sup>d</sup>	235.95 <sup>b</sup>	27.66 <sup>d</sup>	209.76 <sup>d</sup>
	T4	7.93 <sup>a</sup>	75.33 <sup>a</sup>	282.22 <sup>a</sup>	27.19 <sup>d</sup>	221.70 <sup>cd</sup>
显著性检验(F 值) Significance test (F value)						
耕作方式 Tillage method		0.55	54.92 <sup>**</sup>	0.09	7.23 <sup>*</sup>	77.63 <sup>**</sup>
稻草还田 Straw returning		0.14	186.31 <sup>**</sup>	17.83 <sup>**</sup>	9.80 <sup>*</sup>	22.16 <sup>**</sup>
耕作方式×稻草还田 Tillage method × Straw returning		3.50	35.21 <sup>**</sup>	1.64	7.26 <sup>*</sup>	11.14 <sup>*</sup>

表 5 芭篱试验地不同处理下 C3F 烟叶化学品质成分含量的变化

Table 5 Changes of chemical components in C3F tobacco leaves under different treatments in Bali test plot

处理 Treatment	烟碱 Nicotine/(%)	总糖 Total sugar/(%)	还原糖 Reducing sugar/(%)	总氮 Total nitrogen/(%)	钾 K/(%)	氯 Cl/(%)	糖碱比 Sugar/nicotine	氮碱比 Nitrogen/nicotine	钾氯比 K/Cl
T1	3.34 <sup>a</sup>	19.51 <sup>c</sup>	17.34 <sup>a</sup>	1.87 <sup>b</sup>	1.77 <sup>c</sup>	0.42 <sup>b</sup>	5.18 <sup>c</sup>	0.56 <sup>c</sup>	4.33 <sup>ab</sup>
T2	3.05 <sup>ab</sup>	20.95 <sup>bc</sup>	19.74 <sup>bc</sup>	1.98 <sup>ab</sup>	2.38 <sup>b</sup>	0.70 <sup>a</sup>	6.50 <sup>b</sup>	0.65 <sup>b</sup>	3.44 <sup>ab</sup>
T3	2.85 <sup>b</sup>	23.03 <sup>ab</sup>	20.58 <sup>ab</sup>	2.00 <sup>ab</sup>	2.54 <sup>b</sup>	0.81 <sup>a</sup>	7.21 <sup>b</sup>	0.70 <sup>b</sup>	3.18 <sup>b</sup>
T4	1.86 <sup>c</sup>	24.50 <sup>a</sup>	22.74 <sup>a</sup>	2.30 <sup>a</sup>	3.10 <sup>a</sup>	0.70 <sup>a</sup>	12.25 <sup>a</sup>	1.23 <sup>a</sup>	4.45 <sup>a</sup>
显著性检验( <i>F</i> 值) Significance test ( <i>F</i> value)									
耕作方式 Tillage method	50.29 <sup>**</sup>	22.03 <sup>**</sup>	13.73 <sup>**</sup>	3.60	26.43 <sup>**</sup>	15.56 <sup>*</sup>	154.97 <sup>**</sup>	409.69 <sup>**</sup>	0.04
稻草还田 Straw returning	29.46 <sup>**</sup>	3.75	7.35 <sup>*</sup>	2.89	15.99 <sup>**</sup>	3.02	103.17 <sup>**</sup>	298.24 <sup>**</sup>	0.27
耕作方式×稻草还田 Tillage method × Straw returning	8.52 <sup>*</sup>	0.01	0.02	0.64	0.03	15.56 <sup>**</sup>	35.50 <sup>**</sup>	150.21 <sup>**</sup>	8.87 <sup>*</sup>

表 6 天塘试验地不同处理下 C3F 烟叶化学品质成分含量的变化

Table 6 Changes of chemical components in C3F tobacco leaves under different treatments in Tiantang test plot

处理 Treatment	烟碱 Nicotine/(%)	总糖 Total sugar/(%)	还原糖 Reducing sugar/(%)	总氮 Total nitrogen/(%)	钾 K/(%)	氯 Cl/(%)	糖碱比 Sugar/nicotine	氮碱比 Nitrogen/nicotine	钾氯比 K/Cl
T1	3.00 <sup>a</sup>	21.43 <sup>c</sup>	20.08 <sup>b</sup>	1.77 <sup>b</sup>	2.42 <sup>b</sup>	0.50 <sup>b</sup>	6.72 <sup>c</sup>	0.59 <sup>c</sup>	4.97 <sup>ab</sup>
T2	2.71 <sup>ab</sup>	22.81 <sup>bc</sup>	20.06 <sup>b</sup>	2.05 <sup>ab</sup>	2.52 <sup>ab</sup>	0.69 <sup>a</sup>	7.40 <sup>c</sup>	0.76 <sup>b</sup>	3.70 <sup>b</sup>
T3	2.42 <sup>bc</sup>	24.78 <sup>ab</sup>	21.40 <sup>ab</sup>	2.03 <sup>ab</sup>	2.54 <sup>ab</sup>	0.52 <sup>b</sup>	8.89 <sup>b</sup>	0.88 <sup>a</sup>	4.95 <sup>ab</sup>
T4	2.32 <sup>c</sup>	27.06 <sup>a</sup>	23.85 <sup>a</sup>	2.08 <sup>a</sup>	2.92 <sup>a</sup>	0.49 <sup>b</sup>	10.33 <sup>a</sup>	0.86 <sup>ab</sup>	5.99 <sup>a</sup>
显著性检验( <i>F</i> 值) Significance test ( <i>F</i> value)									
耕作方式 Tillage method	17.76 <sup>**</sup>	26.18 <sup>**</sup>	8.69 <sup>*</sup>	2.66	4.48	3.11	39.33 <sup>**</sup>	41.33 <sup>**</sup>	6.12 <sup>*</sup>
稻草还田 Straw returning	2.87	6.09 <sup>*</sup>	1.98	3.43	3.72	2.87	6.86 <sup>*</sup>	5.78 <sup>*</sup>	0.07
耕作方式×稻草还田 Tillage method × Straw returning	0.63	0.37	2.02	1.69	1.19	5.05	8.87 <sup>*</sup>	10.15 <sup>*</sup>	6.34 <sup>*</sup>

此外,二次翻耕起垄和稻草还田显著提高了烟叶中的糖碱比和氮碱比,并表现出显著的互作效应,说明耕作方式、稻草还田及其相互作用共同协调相关化学成分的含量,使得糖碱比、氮碱比更符合优质烟叶的要求。

### 2.3 二次翻耕起垄与稻草还田对烟叶感官评吸质量的影响

分别采集芭篱和天塘两个基地各试验处理中最具代表性的 C3F 烟叶样品进行切丝,充成烟支,并由专业评吸技术人员进行感官评吸鉴定,所得结果如表 7、表 8 所示。结果表明,芭篱和天塘两地所得结果一致。与一次性翻耕起垄(T1+T2)相比,二次翻耕起垄(T3+T4)除对烟叶评吸劲头有显著促进作用外,对其他评吸指标均无明显的影响。而稻草还田(T2+T4)则能显著提高烟叶的香气、杂气、透发性、柔细度、余味及评吸总分。此外,研究结果表明耕作方式与稻草还田对烟叶感官评吸

质量没有互作效应。

### 2.4 二次翻耕起垄与稻草还田提高了烟叶的经济性状

不同试验处理下烟叶的平均单叶重、产量、上等烟比例、均价、产值和生产效益等烤烟生产中的重要经济指标如表 9、表 10 所示。从两个表格数据可以看出,天塘和芭篱两试验基地所得结果基本一致。与一次性翻耕起垄(T1+T2)和无稻草还田(T1+T3)相比,二次翻耕起垄(T3+T4)和稻草还田(T2+T4)显著提高了单叶重、产量、产值、生产利润和生产效益,且二者表现出显著的互作关系。其中,二次翻耕起垄(T3+T4)比一次性翻耕起垄(T1+T2)在烟叶产量、上等烟比例、产值和生产效益上分别提高了 1.51%~2.32%、3.95%~10.05%、2.65%~2.89%和 4.32%~4.52%,稻草还田(T2+T4)比无稻草还田(T1+T3)在烟叶产量、上等烟比例、产值和生产效益上分别提高了 2.09%~2.69%、0.16%~

表 7 芭篱试验地不同处理下 C3F 烟叶的感官评吸质量  
Table 7 Sensory evaluation of C3F tobacco leaves under different treatments in Bali test plot

处理 Treatment	香气质 Aroma quality	香气量 Aroma quantity	杂气 Offensive taste	刺激性 Irritancy	透发性 Permea- bility	柔细度 Softness	余味 After- taste	浓度 Concen- tration	劲头 Physiological strength	总分 Total score
T1	5.70 <sup>b</sup>	5.73 <sup>a</sup>	5.60 <sup>ab</sup>	5.80 <sup>a</sup>	5.77 <sup>b</sup>	5.73 <sup>b</sup>	5.47 <sup>b</sup>	6.00 <sup>a</sup>	5.43 <sup>b</sup>	63.08 <sup>b</sup>
T2	5.90 <sup>a</sup>	5.83 <sup>a</sup>	5.80 <sup>a</sup>	5.90 <sup>a</sup>	5.83 <sup>ab</sup>	5.97 <sup>a</sup>	5.87 <sup>a</sup>	5.83 <sup>a</sup>	5.53 <sup>b</sup>	65.17 <sup>a</sup>
T3	5.77 <sup>b</sup>	5.83 <sup>a</sup>	5.53 <sup>b</sup>	5.73 <sup>a</sup>	5.73 <sup>b</sup>	5.70 <sup>b</sup>	5.57 <sup>ab</sup>	6.00 <sup>a</sup>	5.80 <sup>a</sup>	63.65 <sup>b</sup>
T4	5.90 <sup>a</sup>	6.00 <sup>a</sup>	5.80 <sup>a</sup>	5.90 <sup>a</sup>	5.97 <sup>a</sup>	5.80 <sup>b</sup>	5.73 <sup>ab</sup>	6.07 <sup>a</sup>	5.63 <sup>ab</sup>	65.48 <sup>a</sup>
显著性检验( <i>F</i> 值) Significance test ( <i>F</i> value)										
耕作方式 Tillage method	1.00	2.13	0.25	0.25	0.90	4.50	0.03	1.89	10.89 <sup>*</sup>	1.66
稻草还田 Straw returning	25.00 <sup>**</sup>	2.13	12.25 <sup>**</sup>	4.00	8.10 <sup>*</sup>	12.50 <sup>**</sup>	7.81 <sup>*</sup>	0.35	0.22	33.47 <sup>**</sup>
耕作方式×稻草还田 Tillage method × Straw returning	1.00	0.13	0.25	0.25	2.50	2.00	1.32	1.89	3.56	0.15

表 8 天塘试验地不同处理下 C3F 烟叶的感官评吸质量  
Table 8 Sensory evaluation of C3F tobacco leaves under different treatments in Tiantang test plot

处理 Treatment	香气质 Aroma quality	香气量 Aroma quantity	杂气 Offensive taste	刺激性 Irritancy	透发性 Permea- bility	柔细度 Softness	余味 After- taste	浓度 Concen- tration	劲头 Physiological strength	总分 Total score
T1	5.60 <sup>a</sup>	5.60 <sup>a</sup>	5.53 <sup>a</sup>	5.83 <sup>a</sup>	5.60 <sup>b</sup>	5.77 <sup>ab</sup>	5.70 <sup>ab</sup>	5.73 <sup>a</sup>	5.40 <sup>a</sup>	62.73 <sup>b</sup>
T2	5.77 <sup>a</sup>	5.73 <sup>a</sup>	5.70 <sup>a</sup>	5.87 <sup>a</sup>	5.77 <sup>ab</sup>	5.83 <sup>a</sup>	5.77 <sup>ab</sup>	5.77 <sup>a</sup>	5.50 <sup>a</sup>	64.06 <sup>ab</sup>
T3	5.57 <sup>a</sup>	5.60 <sup>a</sup>	5.57 <sup>a</sup>	5.73 <sup>a</sup>	5.60 <sup>b</sup>	5.67 <sup>b</sup>	5.63 <sup>b</sup>	5.73 <sup>a</sup>	5.60 <sup>a</sup>	62.36 <sup>b</sup>
T4	5.80 <sup>a</sup>	5.90 <sup>a</sup>	5.80 <sup>a</sup>	5.80 <sup>a</sup>	5.87 <sup>a</sup>	5.87 <sup>a</sup>	5.80 <sup>a</sup>	5.93 <sup>a</sup>	5.70 <sup>a</sup>	64.77 <sup>a</sup>
显著性检验( <i>F</i> 值) Significance test ( <i>F</i> value)										
耕作方式 Tillage method	0.01	0.68	0.62	1.39	0.82	0.57	0.13	0.36	5.33 <sup>*</sup>	0.08
稻草还田 Straw returning	8.47 <sup>*</sup>	4.57	5.54 <sup>*</sup>	0.50	15.36 <sup>**</sup>	9.14 <sup>*</sup>	6.13 <sup>*</sup>	0.70	1.33	9.76 <sup>*</sup>
耕作方式×稻草还田 Tillage method × Straw returning	0.24	0.68	0.15	0.06	0.82	2.29	1.13	0.36	0.01	0.82

表 9 芭篱试验地不同处理下烟叶经济指标的差异  
Table 9 Differences in economic indexes of tobacco leaves under different treatments in Bali test plot

处理 Treatment	单叶重 Single leaf weight/g	产量 Yield/ (kg/667 m <sup>2</sup> )	上等烟比例 Proportion of superior-class tobacco/(%)	均价 Average price/ (元·kg <sup>-1</sup> )	产值 Output value/ (元/667 m <sup>2</sup> )	生产成本 Production cost/ (元/667 m <sup>2</sup> )	生产利润 Production profit/ (元/667 m <sup>2</sup> )	生产效益提高 Production efficiency improvement/(%)
T1	9.20 <sup>c</sup>	147.20 <sup>c</sup>	62.80 <sup>c</sup>	35.64	5 246.21 <sup>d</sup>	3 550	1 696.21 <sup>c</sup>	0 <sup>c</sup>
T2	9.38 <sup>bc</sup>	150.18 <sup>bc</sup>	63.80 <sup>b</sup>	35.76	5 370.44 <sup>c</sup>	3 550	1 820.44 <sup>ab</sup>	7.32 <sup>ab</sup>
T3	9.41 <sup>b</sup>	150.51 <sup>b</sup>	66.20 <sup>a</sup>	35.94	5 409.33 <sup>b</sup>	3 630	1 779.33 <sup>bc</sup>	4.90 <sup>bc</sup>
T4	9.61 <sup>a</sup>	153.76 <sup>a</sup>	65.40 <sup>a</sup>	35.86	5 513.83 <sup>a</sup>	3 630	1 883.83 <sup>a</sup>	11.06 <sup>a</sup>
显著性检验( <i>F</i> 值) Significance test ( <i>F</i> value)								
耕作方式 Tillage method	305.31 <sup>**</sup>	305.31 <sup>**</sup>	465.89 <sup>**</sup>		541.95 <sup>**</sup>		60.56 <sup>**</sup>	81.00 <sup>**</sup>
稻草还田 Straw returning	432.69 <sup>**</sup>	432.69 <sup>**</sup>	0.29		456.02 <sup>**</sup>		456.21 <sup>**</sup>	625.00 <sup>**</sup>
耕作方式×稻草还田 Tillage method × Straw returning	22.23 <sup>**</sup>	22.23 <sup>**</sup>	52.81 <sup>**</sup>		57.29 <sup>**</sup>		57.31 <sup>**</sup>	81.00 <sup>**</sup>

3.55%、2.15%~3.10%和 6.74%~13.23%。此外,单从经济效益角度分析,由于二次翻耕起垄每 667 m<sup>2</sup>

增加了生产成本 80 元,而试验中对于天塘基地耕作层较浅的砂质黏壤土,表 10 显示:与一次性

表 10 天塘试验地不同处理下烟叶经济指标的差异

Table 10 Differences in economic indexes of tobacco leaves under different treatments in Tiantang test plot

处理 Treatment	单叶重 Single leaf weight/g	产量 Yield/ (kg/667 m <sup>2</sup> )	上等烟比例 Proportion of superior-class tobacco/(%)	均价 Average price/ (元·kg <sup>-1</sup> )	产值 Output value/ (元/667 m <sup>2</sup> )	生产成本 Production cost/ (元/667 m <sup>2</sup> )	生产利润 Production profit/ (元/667 m <sup>2</sup> )	生产效益提高 Production efficiency improvement/(%)
T1	7.77 <sup>b</sup>	124.27 <sup>b</sup>	61.40 <sup>b</sup>	37.38	4 645.21 <sup>c</sup>	3 550	1 095.21 <sup>c</sup>	0 <sup>c</sup>
T2	8.17 <sup>a</sup>	130.77 <sup>a</sup>	64.00 <sup>ab</sup>	37.55	4 910.41 <sup>b</sup>	3 550	1 360.41 <sup>a</sup>	24.21 <sup>a</sup>
T3	8.08 <sup>a</sup>	129.28 <sup>a</sup>	68.00 <sup>a</sup>	37.82	4 889.37 <sup>b</sup>	3 630	1 259.37 <sup>b</sup>	15.50 <sup>b</sup>
T4	8.10 <sup>a</sup>	129.60 <sup>a</sup>	70.00 <sup>a</sup>	37.96	4 919.62 <sup>a</sup>	3 630	1 289.62 <sup>ab</sup>	17.75 <sup>ab</sup>
显著性检验(F值) Significance test (F value)								
耕作方式 Tillage method	20.54 <sup>*</sup>	20.54 <sup>*</sup>	1 615.40 <sup>**</sup>		57.16 <sup>**</sup>		9.61 <sup>*</sup>	9.52 <sup>*</sup>
稻草还田 Straw returning	64.90 <sup>**</sup>	64.90 <sup>**</sup>	241.26 <sup>**</sup>		83.57 <sup>**</sup>		83.58 <sup>**</sup>	91.52 <sup>**</sup>
耕作方式×稻草还田 Tillage method × Straw returning	32.56 <sup>**</sup>	32.56 <sup>**</sup>	5.77		33.26 <sup>**</sup>		33.26 <sup>**</sup>	38.10 <sup>**</sup>

翻耕起垄结合稻草还田处理(T2)相比,二次翻耕起垄结合稻草还田处理(T4)的生产利润、生产效益出现降低。因此,针对不同的土壤质地和耕作层深度,应采取不同的耕作方式,以获得更好的经济效益。

### 3 讨论

#### 3.1 耕作措施对土壤肥力质量和烤烟产质量的影响

土壤是农业生产的基本条件,耕作土壤质量的优劣直接关系到农业生产发展和农产品质量的好坏。合理的耕作制度能够改善土壤的理化性质,增强土壤通透性,改善作物根系生长的微环境,对提高作物产量具有重要作用<sup>[14-16]</sup>。本试验采用的先翻耕晒垡再进行二次翻耕起垄的耕作方式可增加耕作层厚度,既改善了土壤理化性状和养分的供给,也提高了烟叶产量和品质,这与前人的研究结果<sup>[17-18]</sup>相一致。不同的耕作强度会对土壤理化性状和养分供给、作物的生理特性和生产力产生不同的影响,深耕起垄可为烤烟生长提供活土层,降低地下水位,并能抗涝防渍、加快土壤有机质矿化和速效养分供给,同时可促进烟草根系生长和干物质积累<sup>[19-20]</sup>。烟草是一种喜温作物,翻耕和深翻晒垡有助于提升土壤温度、酶活性和微生物量,降低土壤容重和紧实度,同时对防治根结线虫有较好的促进作用,从而有利于烟株的生长发育,以及烟叶生产经济效益的提高<sup>[5,7-8]</sup>。此外,深耕配合烟草专用有机肥施用有利于协调烤后烟叶化学成分和致香物质的组成<sup>[21]</sup>。

#### 3.2 稻草还田对土壤养分和烟草生产的影响

稻草与小麦、玉米、油菜等主要农作物的秸秆一样,是农作物收获后的副产物,富含大量有机质、氨基酸和矿质元素,是重要的可被直接利用的农业生物质资源<sup>[22-23]</sup>。有研究表明,稻草还田可改善土壤理化性状及结构,提高土壤总有机碳含量和土壤供肥能力,增加土壤微生物丰度,优化农田生态环境<sup>[24-25]</sup>。另有研究报道,稻草还田有利于植烟土壤烟叶成熟期烟株落黄,并且其能显著降低烟株青枯病以及根茎性病害的发生率,提高烟叶耐熟性,改善烤烟的经济性状<sup>[26-27]</sup>。本研究表明,稻草还田能显著提高土壤有机质、碱解氮含量和烟叶产量,改善烟叶的化学品质和感官评吸质量,这与前人的研究结果<sup>[26-29]</sup>基本一致。此外,有报道表明,耕作方式和稻草还田在稻田甲烷排放中具有显著的交互效应<sup>[30]</sup>。本研究发现,耕作方式和稻草还田在改善土壤养分供给和烟叶产质量方面存在明显的互作效应,这在以往的研究中少有报道。

#### 参考文献(References):

- [1] 王瑞, 邓建强, 谭军. 连作条件下植烟土壤保育与修复[J]. 中国烟草科学(WANG Rui, DENG Jianqiang, TAN Jun. Ecological protection and remediation of tobacco-growing soils in continuous cropping regions[J]. Chinese Tobacco Science), 2016, 37(2): 83-88.
- [2] 穆青, 刘洋, 展彬华, 等. 我国植烟土壤主要问题及其防控措施研究进展[J]. 江苏农业科学(MU Qing, LIU Yang, ZHAN Bin-hua, et al. Research progress on main problems of China's tobacco-growing soil and its prevention and control measures[J]. Jiangsu Agricultural Sciences), 2018, 46(21): 16-20.

- [3] 蔡秋燕, 阳显斌, 孟祥, 等. 不同连作年限对植烟土壤性状的影响[J]. 江西农业学报(CAI Qiuyan, YANG Xianbin, MENG Xiang, *et al.* Effects of continuous cropping years on properties of flue-cured tobacco soil[J]. *Acta Agriculturae Jiangxi*), 2020, 32(10): 93-98.
- [4] 刘艳霞, 付生华, 李想, 等. 化肥连续施用条件下植烟土壤微生物群落响应特征[J]. 中国烟草学报(LIU Yanxia, FU Shenghua, LI Xiang, *et al.* Response characteristics of microbial community structure in tobacco-planting soil under repeated application of chemical fertilizers[J]. *Acta Tabacaria Sinica*), 2022, 28(6): 104-114.
- [5] 刘红杰, 刁向银, 刘朝科, 等. 深翻耕和连作对植烟土壤养分及其生物活性的影响[J]. 福建农业学报(LIU Hongjie, XI Xiangyin, LIU Chaoke, *et al.* Effect of deep plowing and continuous cropping on nutrient level and biological activity in soil for tobacco plantation[J]. *Fujian Journal of Agricultural Sciences*), 2011, 26(2): 298-303.
- [6] FENG Q, AN C J, CHEN Z, *et al.* Can deep tillage enhance carbon sequestration in soils? A meta-analysis towards GHG mitigation and sustainable agricultural management[J]. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 2020, 133: 110293.
- [7] 孙敬国, 王昌军, 陈振国, 等. 不同耕作方式对土壤及烤烟的影响[J]. 湖北大学学报(自然科学版)(SUN Jingguo, WANG Changjun, CHEN Zhenguo, *et al.* The influence of different tillage on soil and flue-cured tobacco[J]. *Journal of Hubei University (Natural Science)*), 2017, 39(3): 299-304.
- [8] 汪安云, 陈庭慧, 雷丽萍, 等. 深翻晒垡防治根结线虫研究[J]. 安徽农业科学(WANG Anyun, CHEN Tinghui, LEI Liping, *et al.* Study on the prevention of root-knot nematode by deep plowing and sun mattress[J]. *Journal of Anhui Agricultural Sciences*), 2014, 42(25): 8608-8609, 8654.
- [9] 黄平娜, 秦道珠, 龙怀玉, 等. 连续 3 年稻草还田对烤烟产量品质及后茬晚稻产量影响[J]. 中国农学通报(HUANG Pingna, QIN Daozhu, LONG Huaiyu, *et al.* Effects of rice straw for three consecutive years to the yields and qualities of flue-cured tobacco and stalk return field late rice[J]. *Chinese Agricultural Science Bulletin*), 2010, 26(11): 194-199.
- [10] 刘青丽, 李志宏, 陈顺辉, 等. 稻草还田对烟田追肥气态氮损失及相关微生物的影响[J]. 农业工程学报(LIU Qingli, LI Zhihong, CHEN Shunhui, *et al.* Effects of rice-straw returning on gaseous nitrogen loss and microorganisms in tobacco field after topdressing[J]. *Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering*), 2020, 36(22): 246-253.
- [11] FAN H S, JIA S Q, YU M, *et al.* Long-term straw return increases biological nitrogen fixation by increasing soil organic carbon and decreasing available nitrogen in rice-rape rotation[J]. *Plant and Soil*, 2022, 479(1): 267-279.
- [12] 李久海, 董元华, 曹志洪. 稻草焚烧产生的多环芳烃排放特征研究[J]. 中国环境科学(LI Jiuhai, DONG Yuanhua, CAO Zhihong. Emission factors of PAHs from rice straw burning[J]. *China Environmental Science*), 2008, 28(1): 23-26.
- [13] 鲍士旦. 土壤农化分析[M]. 3 版. 北京: 中国农业出版社(BAO Shidan. *Soil and Agricultural Chemistry Analysis*[M]. 3rd ed. Beijing: China Agriculture Press), 2000: 24-88.
- [14] 董文杰, 邓小鹏, 徐照丽, 等. 不同耕作深度对土壤物理性状及烤烟根系空间分布特征的影响[J]. 中国生态农业学报(TONG Wenjie, DENG Xiaopeng, XU Zhaoli, *et al.* Effect of plowing depth on soil physical characteristics and spatial distribution of root system of flue-cured tobacco[J]. *Chinese Journal of Eco-Agriculture*), 2016, 24(11): 1464-1472.
- [15] 杨永辉, 武继承, 张洁梅, 等. 耕作方式对土壤水分入渗、有机碳含量及土壤结构的影响[J]. 中国生态农业学报(YANG Yonghui, WU Jicheng, ZHANG Jiemei, *et al.* Effect of tillage method on soil water infiltration, organic carbon content and structure[J]. *Chinese Journal of Eco-Agriculture*), 2017, 25(2): 258-266.
- [16] 杜满聪, 李江涛, 李淑玲, 等. 不同耕作方式对华南坡耕地土壤孔隙结构和抗穿透强度影响[J]. 广州大学学报(自然科学版)(DU Mancong, LI Jiangtao, LI Shuling, *et al.* Effects of different tillage methods on soil pore structure and penetration resistance of slope farmland in south China[J]. *Journal of Guangzhou University (Natural Science Edition)*), 2018, 17(6): 74-80.
- [17] 王娜, 兰建强, 王定伟, 等. 不同耕作深度对烤烟生长及产、质量的影响[J]. 西南农业学报(WANG Na, LAN Jianqiang, WANG Dingwei, *et al.* Effect of different plowing depths on growth-development, yield and quality of flue-cured tobacco[J]. *Southwest China Journal of Agricultural Sciences*), 2014, 27(4): 1737-1740.
- [18] 高建爽, 邹焱, 钱壮壮, 等. 土壤耕作深度对烤烟生长及产质量的影响[J]. 贵州农业科学(GAO Jianshuang, ZOU Yan, QIAN Zhuangzhuang, *et al.* Effects of soil tillage depth on growth, yield and quality of flue-cured tobacco[J]. *Guizhou Agricultural Sciences*), 2020, 48(5): 37-40.
- [19] WU P P, LI L J, WANG X. Shallow plough tillage with straw return increases rice yield by improving nutrient availability and physical properties of compacted subsurface soils[J]. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, 2023, 127: 69-83.
- [20] 徐天养, 赵正雄, 李忠环, 等. 耕作深度对烤烟生长、养分吸收及产量、质量的影响[J]. 作物学报(XU Tianyang, ZHAO Zhengxiong, LI Zhonghuan, *et al.* Effect of tilling depth on growth, nutrient uptake, yield and quality of flue-cured tobacco plant[J]. *Acta Agronomica Sinica*), 2009, 35(7): 1364-1368.
- [21] 文锦涛, 程传策, 张晓强, 等. 不同耕作方式配施有机肥对植烟土壤特性及烤烟品质的影响[J]. 江西农业学报(WEN Jintao, CHENG Chuance, ZHANG Xiaoliang, *et al.* Effects of different tillage methods combined with organic fertilizer on soil characteristics and flue-cured tobacco quality[J]. *Acta Agriculturae Jiangxi*), 2020, 32(6): 63-69.
- [22] 严东权, 薛颖昊, 徐志宇, 等. 我国农作物秸秆直接还田利用现状、技术模式及发展建议[J]. 中国农业资源与区划(YAN Dongquan, XUE Yinghao, XU Zhiyu, *et al.* Current utilization status, technical models and development proposals for direct crop straw returning to field in China[J]. *Chinese Journal of Agricultural Resources and Regional Planning*), 2023, 44(4): 1-14.
- [23] 黄锦文, 李日坤, 陈志诚, 等. 不同稻草还田技术对烟-稻轮作系统土壤养分、有机碳及微生物多样性的影响[J]. 中国水稻科学(HUANG Jinwen, LI Rikun, CHEN Zhicheng, *et al.* Effects of straw returning techniques on soil nutrients, organic carbon and microbial diversity in tobacco-rice rotation system[J]. *Chinese Journal of Rice Science*), 2023, 37(4): 415-426.
- [24] 林建麒, 张久权, 张瀛, 等. 稻草还田对土地整理后植烟土壤的改良效果[J]. 贵州农业科学(LIN Jianqi, ZHANG Jiuquan, ZHANG Ying, *et al.* Effect of rice straw mulching on improvement of tobacco-planting soil after land consolidation[J]. *Guizhou Agricultural Sciences*), 2018, 46(3): 76-80.
- [25] YAN S S, SONG J M, FAN J S, *et al.* Changes in soil organic carbon fractions and microbial community under rice straw return in Northeast China[J]. *Global Ecology and Conservation*, 2020, 22: e00962.
- [26] 李良勇, 李帆, 黄松青, 等. 稻草不同还田量和还田方式对烤烟养分吸收及产质的影响[J]. 福建农业学报(LI Liangyong, LI Fan, HUANG Songqing, *et al.* Effect of straw-returning amount and manner on the nutrient uptake, yield and quality of flue-cured tobacco[J]. *Fujian Journal of Agricultural Sciences*), 2007, 22(1): 10-14.

- [27] 郭金平, 邱志丹, 林桂华, 等. 不同稻草还田方式对烟叶产量的影响[J]. 中国烟草科学(GUO Jinping, QIU Zhidan, LIN Guihua, *et al.* Effects of different methods of returning straw to soil on yield and quality of flue-cured tobacco[J]. *Chinese Tobacco Science*), 2007, 28(3): 24–25, 34.
- [28] 李明德, 肖汉乾, 汤海涛, 等. 稻草还田对烟田土壤性状和烟草产量及品质的影响[J]. 中国土壤与肥料(LI Mingde, XIAO Hanqian, TANG Haitao, *et al.* Effect of incorporation straw into field on soil properties and tobacco yield and quality[J]. *Soil and Fertilizer Sciences in China*), 2006(6): 41–44.
- [29] 贾海江, 徐雪芹. 稻草还田对烤烟农艺性状和吸食品质的影响[J]. 湖北农业科学(JIA Haijiang, XU Xueqin. Influences of straw turning over into field on agronomic and smoking quality of tobacco[J]. *Hubei Agricultural Sciences*), 2015, 54(11): 2673–2675, 2766.
- [30] 秦晓波, 李玉娥, 万运帆, 等. 耕作方式和稻草还田对双季稻田 CH<sub>4</sub> 和 N<sub>2</sub>O 排放的影响[J]. 农业工程学报(QIN Xiaobo, LI Yu'e, WAN Yunfan, *et al.* Effect of tillage and rice residue return on CH<sub>4</sub> and N<sub>2</sub>O emission from double rice field[J]. *Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering*), 2014, 30(11): 216–224.

## 《生命科学研究》生态学专栏征稿启事

### 一、刊登范围

1. 群落结构及生物多样性的资源调查与维持或保护机制研究;
2. 基于生物有机体开展的生态系统空间分布格局与动态变化机制研究;
3. 基于动物、植物、微生物开展的生态系统对全球变化的响应与适应机制研究;
4. 生物地球化学循环与生物环境控制机制研究;
5. 生物防治和生态毒理方面的基础与应用研究;
6. 生物资源的开发与利用;
7. 生物资源在生态环境建设中的应用;
8. 聚焦生物生态学的各种技术手段的开发与应用;等等。

研究内容可从以上几方面考虑(但不局限于此)。

### 二、来稿要求及权益

1. 来稿均须原创,严禁抄袭,字数控制在 6 000 字左右,要求层次清晰,逻辑严谨,行文流畅,数据可靠,图片无版权纠纷,观点鲜明,创新性强,无政治性差错。

2. 来稿须使用规范汉字,严格按本刊格式要求规范撰写。

3. 来稿免收审稿费,通过本刊外审和终审的稿件,电子版于 15 个工作日内在“中国知网”网络首发平台全文出版,纸质版论文在 4 个月内优先发表。

4. 正式见刊的稿件均由本刊负责付费在同方知网平台上进行大力推广,增加曝光率和引用率。

### 三、联系方式

投稿网址:<http://smkx.hunnu.edu.cn>

E-mail: [smkxyj@hunnu.edu.cn](mailto:smkxyj@hunnu.edu.cn); [life@hunnu.edu.cn](mailto:life@hunnu.edu.cn)

地 址:长沙市湖南师范大学生命科学学院 1 号楼 105 房《生命科学研究》编辑部,邮编:410081

电 话:0731-88872616

《生命科学研究》编辑部