

不同增碳措施对丰都植烟土壤养分及烟叶产质量的影响

王东旭^{1,2}, 黄洋³, 汪代斌⁴, 江厚龙⁴, 李钠钾⁴, 胡丽涛⁵, 彭军⁵, 叶协锋¹, 武云杰^{1*}

(1. 河南农业大学烟草学院, 河南郑州 450002; 2. 贵州中烟有限责任公司遵义卷烟厂, 贵州遵义 563114; 3. 四川中烟工业有限责任公司, 四川成都 610000; 4. 重庆市烟草科学研究所, 重庆 400711; 5. 重庆市烟草公司丰都分公司, 重庆 408299)

摘要 [目的]在重庆市丰都县开展不同增碳措施研究其对当地植烟土壤质量及烟叶产质量的影响,以期筛选出适宜的增碳措施,达到增产增效目的,为指导当地烟叶生产提供数据支撑。[方法]测定各处理土壤理化质量和烟叶产质量,研究添加有机物料对植烟土壤质量及烟叶生长的影响。[结果]添加菇渣有机肥能明显提高土壤微生物量碳和土壤微生物量氮含量;添加高碳基肥能促进烟株生长、提升烟株干物质含量和经济性状;添加生物有机肥对土壤速效养分的提升最为明显。[结论]3种有机物料均可提升植烟土壤质量,高碳基肥对上部叶化学成分含量提升效果最优,而生物有机肥有助于提升中下部叶糖碱比、钾氯比。

关键词 烤烟;有机物料;土壤养分;质量;产量

中图分类号 S572 **文献标识码** A

文章编号 0517-6611(2022)21-0156-04

doi: 10.3969/j.issn.0517-6611.2022.21.037

开放科学(资源服务)标识码(OSID):



Effects of Different Carbonization Measures on Soil Nutrients, Yield and Quality of Tobacco in Fengdu

WANG Dong-xu^{1,2}, HUANG Yang³, WANG Dai-bin⁴ et al (1. College of Tobacco Sciences, Henan Agricultural University, Zhengzhou, Henan 450002; 2. Zunyi Cigarette Factory, China Tobacco Guizhou Industrial Co., Ltd., Zunyi, Guizhou 563114; 3. China Tobacco Sichuan Industrial Co., Ltd., Chengdu, Sichuan 610000; 4. Chongqing Tobacco Research Institute, Chongqing 400711)

Abstract [Objective] To investigate the effects of different carbon augmenting measures on soil quality, yield and quality of tobacco in Fengdu County, Chongqing, in order to screen out appropriate carbon augmenting measures to achieve the purpose of increasing yield and efficiency, and to provide data support for guiding local tobacco production. [Method] The physical and chemical quality of soil and tobacco yield were measured, and the effects of organic materials on soil quality and tobacco growth were studied. [Result] Adding mushroom residue organic fertilizer could significantly increase soil microbial biomass carbon and soil microbial biomass nitrogen content. The addition of high carbon base fertilizer could promote the growth of tobacco plant, improve the dry matter content and economic characters of tobacco plant. The increase of soil available nutrients was the most obvious with the addition of bio-organic fertilizer. [Conclusion] In a comprehensive view, the three kinds of organic materials can improve the soil quality of tobacco planting, high carbon base fertilizer has the best effect on the content of chemical components in the upper leaves, while bio-organic fertilizer can improve the ratio of sugar base and potassium chloride in the middle and lower leaves.

Key words Flue-cured tobacco; Organic materials; Soil nutrients; Quality; Yield

烟草作为重要的经济作物,在国家收入中占据较大比例^[1]。重庆市因其复杂的地形地貌和显著的海拔差异形成了独特的山区耕地资源和烟田区域,但这也使得土壤肥力空间分布受地形条件影响较大,呈现高度的空间异质性^[2]。长期以来,当地烟农在烤烟生产中常以化肥为主,连作为主,且过量施肥现象较为严重^[3],导致烤后烟品质下降,工业可用性逐年降低^[4-5],对土壤有机质含量、土壤养分、土壤微生物群落组成和多样性等方面土壤理化、生物性状也产生了不利影响,破坏了土壤微生态,对烟叶品质提升造成了消极影响^[6-7]。此外,施用过量化肥容易造成严重的环境污染及土壤板结等问题^[8]。

有机物料因其含有大量有机质及多种大中微量元素及其自身理化特性,可以改善土壤理化特性及生物学性状,改良酸性土壤^[6],促进烟株的生长发育。研究表明^[9-10],施用有机物料对过量施用化肥导致的土壤板结、土壤酸化等问题有明显改善、对土壤养分含量增加、土壤微生物群落改善、土壤保水保肥能力都有促进作用。聂庆凯等^[11]研究表明配施

高碳基肥对烤烟产量、产值提高幅度最大;刘魁等^[12]研究表明,烟田施用菇渣有机肥有利于烟株大田生长期长势,烟叶常规化学成分更加协调;且短期施用有机肥或有机无机肥适当配施可提高土壤有机碳含量和土壤碳库管理指数,有利于改善土壤质量^[13-14]。因此,笔者以云烟116为试验材料,在重庆市丰都县开展不同增碳措施对植烟土壤质量及烟叶产质量的影响,以期筛选出合适的增碳措施,加快增产增效目标实现。

1 材料与方法

1.1 试验地概况 试验于2020年在重庆市丰都县太平坝乡(108.17°E、29.72°N)进行。试验地土壤基础性状:pH 5.09,有机质 18.06 g/kg,全氮 1.92 g/kg,碱解氮 79.86 mg/kg,速效钾 218.83 mg/kg,有效磷 126.81 mg/kg。试验地肥力均匀一致,地势平坦,排灌方便。

1.2 试验材料 试验前作为均为烟草,试验品种为云烟116,采用随机区组试验,共设4个处理:CK为常规施肥(烟草复合肥 750 kg/hm²,硫酸钾 150 kg/hm²,菜籽饼肥 225 kg/hm²,牛粪 22 500 kg/hm²,硝铵锌 75 kg/hm²,硝酸钾 300 kg/hm²);T₁为常规施肥+菇渣有机肥 750 kg/hm²;T₂为常规施肥+高碳基肥 600 kg/hm²;T₃为常规施肥+生物有机肥 750 kg/hm²。常规施氮量为 111 kg/hm²,N:P₂O₅:K₂O 配比为 1:1:3。每个小区 67 m²,重复 3 次,行株距 120 cm×50 cm,试验于 4 月中

基金项目 中国烟草总公司重庆市烟草科学研究所“云产卷烟原料生产技术体系研究与构建”(A2020NY01-1303(1))。

作者简介 王东旭(1997—),男,河南安阳人,硕士研究生,研究方向:烟草栽培与生理生化。*通信作者,讲师,博士,从事烟草栽培生理与烟叶质量评价研究。

收稿日期 2021-11-08

旬施入基肥后起垄、覆膜,5月6日移栽。

1.3 指标测定

1.3.1 土壤理化性质。采集移栽后 120 d 耕层土壤样品,参照文献[15]测定土壤理化指标(碱解氮、有效磷、速效钾、有机质、全碳、全氮、微生物生物量碳、微生物生物量氮),采用国际腐殖酸协会(International humic substance society,IHSS)的分析方法^[16]测定腐殖酸、胡敏酸、富里酸含量。

1.3.2 烟叶样品的采集与测定。在移栽后 30、60、90、120 d 测定烟株农艺性状,并同时测定烟株根、茎、叶鲜干重。

1.3.3 烟叶经济性状统计。烘烤后烟叶按照 GB 2635—92 进行分级。每个小区单独统计产量,计算中上等烟叶比例、均价及产值。

1.3.4 烟叶常规化学成分测定。按照 YC/T 159—2002、YC/T 160—2002、YC/T 161—2002、YC/T 162—2002、YC/T

217—2007 标准,用 AA3 型全自动连续流动化学分析仪(德国 BRAN LUEBBE 公司)测定 B2F、C3F、X2F 烟叶总糖、还原糖、烟碱、总氮、氯、钾含量。

1.4 统计分析 数据分析采用 Excel 2020、SPSS 24.0。

2 结果与分析

2.1 不同增碳措施对土壤理化性状的影响 由表 1 可知,在移栽后 120 d 时,T₂ 全氮和全碳含量均低于 CK,T₃ 全氮含量最高,较对照提升 11.41%;T₁、T₂、T₃ 土壤有效磷含量分别较 CK 提高 72.89%、67.06%、68.42%;各处理土壤有机质含量表现为 T₁>T₃>T₂>CK,T₁、T₂、T₃ 与 CK 相比增幅分别为 12.22%、1.88%和 11.58%;各增碳处理土壤碳氮比与 CK 无显著差异,但均高于 CK 处理。CK 土壤有效磷含量与其他处理存在显著差异,CK 有机质含量仅与 T₁ 差异达显著水平。增碳处理碱解氮、有效磷、速效钾和有机质含量均高于 CK。

表 1 不同增碳措施对土壤理化性状的影响							
Table 1 Effects of different carbonization measures on soil physical and chemical properties							
处理 Treatment	全氮 Total nitrogen g/kg	全碳 Total carbon g/kg	碱解氮 Alkali hydrolyzed nitrogen mg/kg	有效磷 Available phosphorus mg/kg	速效钾 Rapidly available potassium mg/kg	有机质 Organic matter g/kg	碳氮比 Carbon nitrogen ratio
CK	1.84 a	14.01 a	74.15 a	106.19 b	540.00 a	23.41 b	7.61 a
T ₁	2.00 a	15.38 a	74.48 a	183.59 a	735.00 a	26.27 a	7.72 a
T ₂	1.73 a	13.96 a	78.80 a	177.40 a	787.50 a	23.85 ab	8.07 a
T ₃	2.05 a	15.60 a	81.45 a	178.85 a	847.50 a	26.12 ab	7.62 a

注:同列不同小写字母表示不同处理间差异显著(P<0.05)
Note:Different lowercase letters in the same column indicated significant difference between different treatments(P<0.05)

2.2 不同增碳措施对烟田土壤生物学性状的影响 由表 2 可知,不同增碳措施均提升了土壤腐殖酸含量,具体表现为 T₃>T₂>T₁。增施有机肥处理较 CK 明显提升了土壤富里酸含

量,但降低了胡敏酸含量。微生物生物量碳含量在移栽后 120 d 表现为 T₁>T₂>CK>T₃,微生物生物量氮含量在移栽后 120 d 表示为 T₁>T₂>CK=T₃。

表 2 不同增碳措施对土壤施肥效应的影响					
Table 2 Effects of different carbon intensification measures on soil fertilization					
处理 Treatment	腐殖酸 Humic acid mg/kg	富里酸 Fulvic acid g/kg	胡敏酸 Humic acid g/kg	微生物生物量碳 Microbial biomass carbon//mg/kg	微生物生物量氮 Microbial biomass nitrogen//mg/kg
CK	5.23 a	2.62 a	2.60 a	182.48 a	8.54 a
T ₁	5.87 a	3.57 a	2.30 a	222.21 a	13.02 a
T ₂	5.88 a	3.43 a	2.06 b	200.85 a	10.46 a
T ₃	5.94 a	3.51 a	2.43 a	152.02 a	8.54 a

注:同列不同小写字母表示不同处理间差异显著(P<0.05)
Note:Different lowercase letters in the same column indicated significant difference between different treatments(P<0.05)

2.3 不同增碳措施对烤烟生长发育的影响 由表 3 可知,在移栽后 30 d,株高以 T₁ 和 T₃ 最高,为 6.60 cm,T₁ 茎围最大,T₂ 最大叶长和最大叶宽最大;移栽后 60 d,T₂ 株高和茎围最大,仅 T₃ 株高和茎围低于 CK;在移栽 90 和 120 d,T₂ 与 CK 在株高上差异显著,增施有机物料处理最大叶宽均与 CK 差异显著,2 个时期最大叶长均呈自 CK 至 T₃ 逐渐增大的趋势,在移栽后 120 d 时,中部叶已进行采收,因此出现最大叶长、叶宽和有效叶数较移栽后 90 d 降低的现象。

由表 4 可知,移栽后 30 d,T₁ 处理根鲜、干重显著大于 CK 和 T₂;T₂ 处理茎和叶鲜、干重均大于其余处理。移栽后 60 d,T₃ 根鲜、干重最大,T₂ 茎、叶干重最大。移栽后 90 d,

T₁、T₂ 根鲜、干重显著高于其余各处理,CK 叶鲜、干重显著低于其余各处理。移栽后 120 d,CK 根和茎鲜、干重均显著低于其余处理,干物质积累量整体表现为 T₂ 最大。

2.4 不同增碳措施对烤烟化学品质及经济性状的影响 由表 5 可知,增施有机物料对上部叶烟碱、还原糖含量和两糖比具有提升作用,但降低了中下部烤后烟叶烟碱、还原糖、总糖、钾和氯的含量。烟碱含量在上部叶表现为 T₁>T₂>T₃>CK,T₂ 处理上部叶化学成分含量的提升效果最优;中部叶中,T₁、T₂、T₃ 处理两糖比和糖碱比差异显著,均表现为 T₃ 处理最高;下部叶中,烟叶糖碱比和钾氯比均表现为 T₃ 处理最高,分别为 7.46 和 27.25。

表 3 不同增碳措施对烤烟农艺性状的影响

Table 3 Effects of different carbonization measures on agronomic characters of flue-cured tobacco

移栽后天数 Days after transplanting//d	处理 Treatment	株高 Plant height cm	茎围 Stem circumference cm	最大叶长 Maximum leaf length//cm	最大叶宽 Maximum leaf width//cm	有效叶数 Effective number of leaves//片
30	CK	5.10 b	3.00 ab	21.20 a	10.00 b	6.50 a
	T ₁	6.60 a	3.20 a	23.30 a	10.30 b	7.20 a
	T ₂	5.70 a	3.00 ab	24.30 a	11.70 a	7.20 a
	T ₃	6.60 a	2.90 b	23.10 a	10.30 b	7.20 a
60	CK	59.96 ab	7.00 ab	60.70 a	22.20 a	15.60 a
	T ₁	63.50 a	7.20 ab	58.80 a	23.10 a	15.60 a
	T ₂	64.00 a	7.30 a	61.80 a	22.90 a	15.60 a
	T ₃	58.00 b	6.80 b	63.00 a	22.90 a	15.60 a
90	CK	80.77 b	8.00 a	70.07 a	22.47 b	16.00 a
	T ₁	85.00 ab	8.53 a	71.00 a	25.03 a	16.00 a
	T ₂	87.00 a	8.78 a	71.62 a	26.50 a	16.00 a
	T ₃	85.87 ab	8.62 a	73.00 a	26.13 a	16.00 a
120	CK	80.00 b	9.00 a	71.00 a	19.00 b	13.80 a
	T ₁	82.00 ab	9.00 a	73.20 a	21.10 a	13.00 a
	T ₂	85.60 a	9.20 a	74.00 a	22.00 a	13.40 a
	T ₃	81.00 ab	9.00 a	75.00 a	22.50 a	13.10 a

注:同列不同小写字母表示不同处理间差异显著($P<0.05$)
Note:Different lowercase letters in the same column indicated significant difference between different treatments($P<0.05$)

表 4 不同增碳措施对烤烟干物质积累的影响

Table 4 Effects of different carbonization measures on dry matter accumulation of flue-cured tobacco

移栽后天数 Days after transplanting//d	处理 Treatment	鲜重 Fresh weight//g			干重 Dry weight//g		
		根 Root	茎 Stem	叶 Leaf	根 Root	茎 Stem	叶 Leaf
30	CK	2.79 c	2.71 b	17.42 b	0.32 c	0.43 a	2.50 b
	T ₁	5.11 a	4.04 a	25.36 ab	0.60 a	0.51 a	3.82 a
	T ₂	3.33 bc	4.22 a	29.67 a	0.42 bc	0.58 a	4.28 a
	T ₃	4.25 ab	4.83 a	28.70 a	0.50 ab	0.57 a	4.26 a
60	CK	79.00 a	166.00 a	453.00 a	14.00 b	30.00 b	39.00 b
	T ₁	81.00 a	178.00 a	437.00 a	14.00 b	32.00 ab	41.00 ab
	T ₂	95.00 a	208.00 a	529.00 a	18.00 b	37.00 a	49.00 a
	T ₃	110.00 a	192.00 a	460.00 a	24.00 a	35.00 ab	42.00 ab
90	CK	133.33 b	255.56 b	561.54 b	40.00 b	46.00 b	73.00 b
	T ₁	246.67 a	282.00 b	884.62 a	74.00 a	46.67 b	115.00 a
	T ₂	216.67 a	348.00 a	815.38 a	65.00 a	54.67 a	106.00 a
	T ₃	156.67 b	296.00 a	738.46 a	47.00 b	53.33 a	96.00 a
120	CK	344.00 b	256.33 b	154.67 b	64.00 b	44.67 b	62.67 b
	T ₁	472.67 a	350.00 a	183.00 b	102.00 a	63.00 a	86.00 b
	T ₂	470.00 a	366.67 a	313.33 a	104.00 a	68.00 a	96.00 a
	T ₃	452.67 a	316.67 a	262.00 b	95.00 a	57.00 a	85.67 b

注:同列不同小写字母表示不同处理间差异显著($P<0.05$)
Note:Different lowercase letters in the same column indicated significant difference between different treatments($P<0.05$)

由表 6 可知,T₂ 产量、上等烟比例、产值和均价均最高。产量表现为 T₂>T₁>T₃>CK,T₁~T₃ 处理分别较 CK 增产 6.62%、9.08%、5.46%;各处理上等烟比例均较高,各处理间差异不显著,CK 上等烟比例最低;中等烟比例表现为 CK 最高,T₃ 处理次之;T₁~T₃ 处理产值分别较 CK 增加 7.39%、10.58%、5.89%;各处理均价差异不显著,其中以 T₂ 处理最高,T₁ 处理次之,CK 最低。

3 结论与讨论

土壤速效养分供应状况是影响烟株生长发育的重要因素之一^[17]。该试验结果表明,增施有机物料均能够明显提

高植烟土壤速效养分,其中生物有机肥对土壤速效养分的提升较其他有机物料处理高,这在一定程度上能够缓解山区烟田水土流失的现状^[18]。腐殖酸是动植物遗骸经过生物和非生物的降解、缩合等作用形成的一种天然高分子聚合物,对于植物吸收养分及细胞伸长有促进作用^[19]。该试验结果表明,增施有机肥处理较对照处理明显提升了腐殖酸和富里酸含量,并以菇渣有机肥和生物有机肥最优,原因在于有机肥施入土壤会活化土壤原有有机质且新形成的富里酸比原有土壤中富里酸的分解速度快,向胡敏酸转化的速度也比原有富里酸快^[20],菇渣有机肥对土壤微生物生物量碳及氮的提

升作用优于高碳基肥,可能是因为菇渣有机肥中含有较多的生物活菌,促进了土壤微生物对有机物的降解。

表 5 不同增碳措施对烤烟化学品质的影响

Table 5 Effects of different carbonization measures on flue-cured tobacco chemicals									
等级 Level	处理 Treatment	烟碱 Nicotine %	还原糖 Reducing sugar %	总糖 Total sugar %	钾 Potassium %	氯 Chlorine %	两糖比 Two sugar ratio	糖碱比 Sugar-nicotine ratio	钾氯比 Potassium- chloride ratio
B2F	CK	3.28 a	24.74 a	31.76 a	1.52 a	0.17 b	0.78 b	7.55 a	9.13 a
	T ₁	4.25 a	26.01 a	28.82 a	2.05 a	0.25 a	0.90 a	6.78 a	8.11 ab
	T ₂	3.93 a	29.48 a	33.98 a	1.80 a	0.23 ab	0.87 a	6.12 a	7.68 b
	T ₃	3.70 a	25.56 a	29.19 a	1.75 a	0.23 ab	0.88 a	6.93 a	7.68 b
C3F	CK	3.12 a	28.56 a	38.77 a	3.78 a	0.17 a	0.74 b	9.00 c	22.37 a
	T ₁	2.54 a	22.86 a	33.36 a	2.23 b	0.12 ab	0.69 d	9.14 c	19.18 a
	T ₂	2.57 a	24.37 a	34.57 a	2.73 ab	0.13 ab	0.70 c	9.46 b	20.84 a
	T ₃	2.43 a	29.73 a	37.02 a	2.09 b	0.09 b	0.80 a	12.26 a	23.43 a
X2F	CK	2.71 a	16.98 a	22.10 a	4.79 a	0.24 a	0.77 a	6.26 c	19.90 b
	T ₁	2.16 a	12.29 a	17.02 a	4.42 a	0.22 a	0.72 b	5.69 d	19.96 b
	T ₂	2.06 a	13.41 a	18.33 a	4.15 a	0.21 a	0.73 ab	6.50 b	19.87 b
	T ₃	2.18 a	16.27 a	21.29 a	3.41 a	0.13 b	0.76 a	7.46 a	27.25 a

注:同列不同小写字母表示不同处理间差异显著($P < 0.05$)
Note:Different lowercase letters in the same column indicated significant difference between different treatments($P < 0.05$)

表 6 不同增碳措施对烤烟经济性状的影响

Table 6 Effects of different carbonization measures on economic characters of flue-cured tobacco					
处理 Treatment	产量 Yield kg/hm ²	上等烟比例 Proportion of first- class smoke/%	中等烟比例 Proportion of secondary smoke/%	产值 Output value 元/hm ²	均价 Average price 元/kg
CK	2 072.40 b	67 a	32 a	59 953.80 b	28.91 a
T ₁	2 209.50 a	70 a	29 a	64 386.90 ab	29.14 a
T ₂	2 260.65 a	70 a	29 a	66 295.50 a	29.32 a
T ₃	2 185.65 a	68 a	31 a	63 484.05 ab	29.04 a

注:同列不同小写字母表示不同处理间差异显著($P < 0.05$)
Note:Different lowercase letters in the same column indicated significant difference between different treatments($P < 0.05$)

该试验移栽后 30~120 d,增施有机肥处理在各个阶段均对烟株生长以及干物质含量有较大促进作用,其中以高碳基肥效果最优,其次为生物有机肥,前人研究^[21-23]表明高碳基肥中的生物炭对土壤改良有一定作用,增加了土壤中营养物质的含量,促进烟株的碳氮代谢平衡,有利于植物的生长。高碳基肥对上部叶化学成分含量提升效果最优,而生物有机肥有助于提升中下部叶糖碱比、钾氯比。

参考文献

[1] 王成己,唐莉娜,胡忠良,等.生物炭和炭基肥在烟草农业的应用及展望[J].核农学报,2021,35(4):997-1007.
[2] 鲍金星,高明,秦建成.重庆市植烟土壤基础环境信息空间变异性分析[J].西南农业学报,2006,19(3):409-413.
[3] 杨超.重庆烟区主要生态因子特征及其对烤烟产质量的影响[D].重庆:西南大学,2015.
[4] 张璐,徐宸,石孝均,等.重庆市南川植烟区土壤养分演变趋势及施肥区划[J].西南大学学报(自然科学版),2020,42(8):17-25.
[5] 汪璇,吕家格,唐国祥,等.西南丘陵山区植烟土壤肥力空间分布及适宜性评价[J].西南大学学报(自然科学版),2013,35(7):106-114.
[6] 宗胜杰.生物炭用量对重庆酸性植烟土壤性状及烤烟品质的影响[D].郑州:河南农业大学,2016.
[7] 寇智瑞.有机物料对黄壤烟田土壤肥力特性及烟叶产质量的影响[D].重庆:西南大学,2020.
[8] 穆金丽,谭钧,刘国顺,等.腐植酸和氮肥用量及其互作对植烟土壤质量的影响[J].土壤,2017,49(1):27-32.
[9] 王源,朱毓蓉,欧阳铨人,等.有机肥施用对植烟农田土壤肥力及烟叶质量的影响研究进展[J].土壤通报,2020,51(4):1003-1009.

[10] 邱岭军,李亮,张翔,等.有机无机氮肥用量与配比对土壤生物学特性及烟叶品质的影响[J].土壤通报,2020,51(4):920-927.
[11] 聂庆凯,王静,孙兴广,等.有机肥部分替代化肥对植烟土壤生化特性和烤烟品质的影响[J].中国烟草科学,2020,41(4):26-32.
[12] 刘魁,田阳阳,王正旭,等.有机肥替代部分化肥对烤烟生长及烟叶质量的影响[J].湖南农业科学,2020(12):24-27,35.
[13] 张贵龙,赵建宁,宋晓龙,等.施肥对土壤有机碳含量及碳库管理指数的影响[J].植物营养与肥料学报,2012,18(2):359-365.
[14] 赵红,吕贻忠,杨希,等.不同配肥方案对黑土有机碳含量及碳库管理指数的影响[J].中国农业科学,2009,42(9):3164-3169.
[15] 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.
[16] TSUTSUKI K,KUWATSUKA S.Chemical studies on soil humic acids[J].Soil science & plant nutrition,1978,24(4):561-570.
[17] 阳显斌,李廷轩,张锡洲,等.烟蔸轮作与套作对土壤农化性状及烤烟产量的影响[J].核农学报,2015,29(5):980-985.
[18] 管赛赛.重庆石柱县坡地烟田保护性耕作技术研究[D].郑州:河南农业大学,2016.
[19] 赵文田.土壤养分、腐殖酸肥料和钾对烤烟产量和品质的影响[D].杨凌:西北农林科技大学,2009.
[20] 吴景贵,王明辉,姜亦梅,等.玉米秸秆还田后土壤胡敏酸变化的谱学研究[J].中国农业科学,2005,38(7):1394-1400.
[21] 汪坤,隆淮,姬小明,等.高碳基土壤修复肥对不同采收期邵阳烤烟上六片质量的影响[J].河南农业大学学报,2021,55(5):830-836.
[22] WANG H H,YAN S,REN T B,et al. Novel environmental factors affecting microbial responses and physicochemical properties by sequentially applied biochar in black soil[J]. Environmental science and pollution research international,2020,27(30):37432-37443.
[23] 孙鹏,李树利,董学鑫,等.高碳基土壤修复肥对烤烟生物学性状及经济性状的影响[J].安徽农业科学,2017,45(18):36-38.