DOI:10.11766/trxb201809180395

特制酒糟有机肥对喀斯特烟区烤烟生长与品质的影响*

陈　雪[1]　翟　欣[1]　杨振智[2]　符德龙[1]　潘金华[3]　徐胜祥[3†]　王美艳[3]　史学正[3]

（1 贵州省烟草公司毕节市公司，贵州毕节　551700）

（2 贵州毕节市烟草公司金沙公司，贵州金沙　551800）

（3 土壤与农业可持续发展国家重点实验室（中国科学院南京土壤研究所），南京　210008）

摘　要　为研究适合贵州喀斯特地区烤烟生产的特制酒糟有机肥用量，通过大田小区分析并比较了不同类型和用量的特制酒糟有机肥措施：常规酒糟有机肥3 t·hm^{-2}（CK）、特制酒糟有机肥3 t·hm^{-2}（T1）、特制酒糟有机肥3.6 t·hm^{-2}（T2）、特制酒糟有机肥3.6 t·hm^{-2}+钾肥300 kg·hm^{-2}（T3）、特制酒糟有机肥1 t·hm^{-2}+化肥2 t·hm^{-2}（T4）对烤烟生态及产质量的影响。结果表明，与对照相比，从烤烟生态来看，T1、T2及T4处理均不同程度增加烤烟株高、茎围及叶面积指标；T1、T2、T3处理的根鲜重、根干重及根体积均较CK有所增加，T4处理的各项根际指标均显著高于CK；T1、T2处理的黑胫病发病率较CK降低49.8%，T1、T3、T4处理的气候斑点病发病率分别较CK降低62.5%、37.5%及25%，T2、T3、T4处理的花叶病均未发现。添加特制酒糟有机肥处理中T4产量最高，达到1 623 kg·hm^{-2}，T2处理为1 434 kg·hm^{-2}，T1～T4处理的增产率为10.4%～25.0%；所有试验处理的烟碱、全氮、总糖、还原糖、磷、钾、氯离子含量均处于优质烟叶适宜范围，其中，施用特制酒糟有机肥能降低烟碱、全氮含量，提高磷、钾离子含量，使烤烟内在品质渐趋合理。

关键词　喀斯特；黄壤；特制酒糟；有机肥；烤烟生态；产质量

中图分类号　S141.5；S314；S572　　**文献标识码**　A

喀斯特地貌即水对碳酸盐类岩石进行以化学溶蚀作用为主，流水冲蚀、潜蚀和崩塌等机械作用为辅等地质作用形成的岩溶地貌。我国的喀斯特地貌区约有5.4×10^5 km^2，贵州省喀斯特分布面积约有1.3×10^5 km^2[1]，该区地理环境较适合烤烟生长，种植烤烟已成为该区域农民最主要经济收入之一。贵州省是全国重要的烤烟产地之一，其中产量位居全国第二[2]。贵州烟叶生产中施用有机肥呈逐年增长的趋势，其中主要分布在金沙县、仁怀县、道真县等地[2]。西南喀斯特地区由于其自身的物质基础和特殊的二元结构，成为我国四大生态环境脆弱区之一，随着人为活动的增加，喀斯特土壤退化问题日益严重[3]，同时，由于受到微地形和立体气候等因素的影响，喀斯特土壤也存在空间高度异质性的特点[4]。所以在喀斯特烟区施加有机肥，探讨其对土壤性状及其烤烟生态及产质量的影响具有重要的科学意义。

研究发现，施用定量的有机肥能够在一定程度上提升土壤有机质，同时由于不同用量及类型的有机肥在组成及性状上的差异，施用后对土壤肥力性

* 贵州省烟草公司毕节市公司科技专项（省市院合2015-06）和中国烟草总公司贵州省公司科技项目（201703）共同资助
Supported by the Bijie Branch Company, Guizhou Tobacco Company（No. SSY2015-06）and the Science and Technology Foundation of Guizhou Tobacco Monopoly Bureau of China（No. 201703）

† 通讯作者 Corresponding author，E-mail：sxxu@issas.ac.cn

作者简介：陈　雪（1967—），女，贵州黔西人，硕士，高级农艺师，主要从事烤烟生产技术研究。E-mail：248366944@qq.com

收稿日期：2018-09-18；收到修改稿日期：2019-03-08；优先数字出版日期（www.cnki.net）：2019-03-26

状影响程度也存在较大差异[5]。此外，许多研究发现，单施化肥后，有机质含量下降60.5%，碱解氮含量下降62.5%，速效钾含量下降70.7%，同时，长期单施化肥会造成土壤黏重，物理性状变差，土壤容重增加5.1%，土壤孔隙度降低2.1%[6]。由于不合理施用化肥，一方面造成了投入成本的增加，另一方面有增加土壤氮素淋失的风险从而造成肥料利用率的下降，导致土壤环境问题日益严峻[7]。同时，当前普通有机肥的研究仍存在施用过程中的局限性，如有机肥发酵不彻底[8-9]，长期施用后土壤过氧化氢酶活性降低，前期养分释放慢，速效养分偏低等[10]，从而导致烟田土壤前期供氮不足，后期供氮过多，这与烤烟生长“前期多，后期少”的氮肥需求规律相违背[11]。

本研究的特点是在利用当地普通酒糟有机肥原料的基础上，经过特殊发酵技术充分腐熟转化为速效养分较高的有机肥，通过田间小区试验以期验证该特制酒糟有机肥在喀斯特烟区大田环境下对烤烟生长与产质量的影响。随着特制有机肥的添加，不同用量的特制有机肥对喀斯特烟区土壤性状及烤烟生态及产质量的影响需要进一步探讨和论证。

1 材料与方法

1.1 供试土壤

试验于2017年在贵州省毕节市金沙县烟草科技园基地进行（106°22′E，27°49′N），气候属于亚热带温暖湿润性气候，年均气温为12.5℃～16.5℃，年均降水量为1 050 mm，年日照时长为1 098 h。土壤为页岩发育的黄壤，质地为粉砂质黏壤土。试验烟田土壤的基本理化性状：有机质 22.8 $g·kg^{-1}$，速效磷 22.1 $mg·kg^{-1}$，速效钾 325 $mg·kg^{-1}$，有效硫 71.7 $mg·kg^{-1}$，氯离子 21.3 $mg·kg^{-1}$，pH 6.32。土壤颗粒组成：黏粒（<0.002 mm）45.1%，粉粒（0.002～0.05 mm）42.1%，砂粒（0.005～2.0 mm）12.8%。

1.2 试验设计

试验共设常规酒糟有机肥3 $t·hm^{-2}$（CK）、特制酒糟有机肥3 $t·hm^{-2}$（T1）、特制酒糟有机肥3.6 $t·hm^{-2}$（T2）、特制酒糟有机肥3.6 $t·hm^{-2}$+钾肥300 $kg·hm^{-2}$（T3）、特制酒糟有机肥1 $t·hm^{-2}$+化肥2 $t·hm^{-2}$（T4）等5个处理，其中特制酒糟有机肥为深度腐熟的酒糟有机肥（全氮含量约为40 $g·kg^{-1}$）。每个处理设3个重复，采取随机区组排列，每个小区面积为70 m^2，共计15个小区，烟苗行株距为1.1 m×0.55 m。供试烤烟品种为当地适宜的烤烟种植品种K326。所有试验处理的施肥均按照贵州烟草公司的有关技术规范实施，首先将有机肥料进行条施，然后起垄移栽烟苗，移栽当天每个小区施入烟草专用提苗肥。

1.3 烤烟农艺性状及病害调查

分别在团棵期、旺长期、成熟期测定烤烟株高、茎围、有效叶片数及叶面积等农艺性状，每个小区随机观测记录10棵烟株。同时进行烤烟病害调查，参照烟草病虫害分级及调查方法[12]，分别调查各处理烤烟的病害发生情况，并计算烤烟发病率[13]。

发病率（%）=（发病烟株数）/（调查总烟株数）×100

1.4 烤烟根际指标测定

每个小区各选取3株长势均匀一致的代表性烟株，截取烟株根部供实验分析，首先称取新鲜烟株根部重量，然后在105℃高温下杀青15 min，然后再以65℃烘至恒重，分别记录根部的新鲜态和干物质的质量。按照《烟草农艺性状调查方法》（YC/T142—1998）中的要求，采用排水法测定烟株根部体积[14]。

1.5 烟叶常规化学成分分析

烟叶成熟时分小区进行采收和编竿，在当地烤房按照三段式烘烤工艺进行挂牌烘烤调制，烤后由毕节市烟草公司技术人员按照国家标准进行分级，分级后统计各校区烟叶总质量和各等级烟叶质量。根据2017年贵州省毕节市烟叶收购价格计算烤烟产值，并计算各小区烟叶均价及上、中等烟叶比例。最后，收集烤后中部烟叶作为测定样品，在45℃条件下烘干至恒重，粉碎、过60目筛，测定氮、磷、钾、氯、烟碱、总糖、还原糖等常规化学成分指标含量，分析方法参照文献［15］。

1.6 统计分析

采用Microsoft Office Excel 2016进行数据处理及作图，并运用IBM SPSS Statistics 22.0进行统计分析，采用LSD法进行数据间差异的多重比较，Duncan检验进行单因素显著性检验（$P<0.05$）。

2 结　果

2.1 特制酒糟有机肥处理对烤烟生长的影响

从烤烟农艺性状来看（表1），烟苗移栽大田后进入团棵期，T2处理的株高显著低于CK处理（$P<0.05$，下同），T1处理的茎围显著高于T3处理，T1处理的叶面积显著高于T2处理，其他处理间均无显著差异；在烤烟进入旺长期后，烟株生长加快，除T2处理的茎围与叶面积显著低于其他处理，其余各处理均无显著差异；当烤烟进入成熟期时，T4处理的株高和茎围分别显著高于T3、T2处理，T2处理的叶面积显著低于其他处理，其余各处理之间并无显著差异。

表1　不同特制酒糟有机肥处理对烤烟农艺性状的影响

Table 1　Effects of specialized vinasse organic manure on agronomic traits of flue-cured tobacco relative to treatment in the experiment

生长期 Growth period	处理 Treatment	株高 Plant height /cm	茎围 Stem girth /mm	有效叶数 Effective leaf number	叶面积 Leaf area /cm^2
团棵期 Rosette stage	CK	44.3a	19.5ab	12.4a	710.3b
	T1	42.5ab	20.2a	12.1a	833.4a
	T2	40.9b	19.4ab	12.4a	738.1b
	T3	41.5ab	19.0b	11.9a	769.1ab
	T4	40.3b	19.5ab	12.2a	751.3b
旺长期 Fast growing stage	CK	75.5a	20.2bc	16.7a	995.7ab
	T1	75.9a	20.9ab	15.8a	1057a
	T2	75.8a	19.8c	16.0a	905.5b
	T3	74.3a	21.1ab	15.9a	999.0ab
	T4	79.2a	21.4a	16.9a	1059a
成熟期 Maturing stage	CK	117.3ab	22.5ab	19.5a	1263a
	T1	115.2ab	22.4ab	19.9ab	1296a
	T2	117.9ab	21.8b	20.0ab	1144b
	T3	113.3b	22.4ab	20.7a	1271a
	T4	121.5a	23.1a	20.3ab	1299a

注：不同小写字母表示不同处理间的差异呈显著或极显著水平（$P<0.05$）。下同 Note：Different lowercase letters mean significant or extremely significant difference between treatments ($P<0.05$). The same below

由表2可知，T4处理的烤烟根鲜重、根干重及根体积均显著高于其他各处理，其余各处理之间差异不显著，不同有机肥处理的根鲜重表现为T4>T3>T1>T2>CK；根干重表现为T4>T2>T1>T3>CK；根体积表现为T4>T3>T1>T2>CK。

表2　不同特制酒糟有机肥处理的烤烟根际指标

Table 2　Effects of the use of specialized vinasse organic manure on rhizoshpere indices of flue-cured tobacco

处理 Treatment	根鲜重 Root fresh weight /（g·plant^{-1}）	根干重 Root dry weight /（g·plant^{-1}）	根体积 Root volume /（cm^3·plant^{-1}）
CK	181.1b	60.7b	183.3c
T1	217.8b	74.7b	268.9b
T2	211.1b	78.7ab	236.7b
T3	220.1b	71.5b	275.6ab
T4	301.7a	96.3a	320.1a

由表3可知，根鲜重、根体积与叶面积、株高、茎围、叶片数等指标呈正相关，但相关性不显著。根鲜重、根体积、根干重相互之间均呈现显著正相关，其中根干重与根鲜重的相关系数高达0.932；茎围与叶面积、叶片数与株高相互之间均呈显著正相关，根干重与叶面积、叶片数呈现负相关，但相关性不显著。

表3 烤烟根系指标与地上部形态指标的相关系数

Table 3 Correlation coefficients between root indices and shoot indices of flue-cured tobacco

	根体积 Root volume	根干重 Root dry weight	叶面积 Leaf area	株高 Plant height	茎围 Stem girth	叶片数 Number of leaf
根鲜重 Root fresh weight	0.880**					
根体积 Root volume	0.932**	0.816**				
根干重 Root dry weight	0.006	0.079	−0.133			
叶面积 Leaf area	0.305	0.246	0.129	0.094		
株高 Plant height	0.385	0.349	0.274	0.736**	0.042	
茎围 Stem girth	0.075	0.238	−0.143	0.287	0.693**	0.057

注：**P<0.01 Note: **P<0.01

2.2 不同特制酒糟有机肥处理对烤烟产量的影响

不同酒糟有机肥处理的烤烟产量T4处理产量最高，为1 623 kg·hm^{-2}（表4），其次是T3处理，为1 533 kg·hm^{-2}，再次是T1处理，为1 463 kg·hm^{-2}，之后是T2处理，为1 434 kg·hm^{-2}，CK处理最低，为1 299 kg·hm^{-2}。与CK相比，各处理的产量均有不同幅度的增加，T1、T2、T3、T4处理使产量分别增加12.6%、10.4%、18.1%和25.0%。每千克烟叶均价以T1处理最高，为22.8元，其次是T2处理和CK处理，为22.6元，最低是T3处理和T4处理，为21.7元。每公顷烟叶产值以T4处理最高，为35 219元，其次是T1处理和T3处理，分别为33 356元、33 266元，再次是T2处理，为32 408元，CK处理最低，为29 357元；同时，每公顷烟叶的增收值分别为3 999、3 051、3 909、5 862。从烟叶结构等级来看，T1和T2处理的上等烟叶比例较CK处理提高了13.6%、5.5%。

表4 不同特制酒糟有机肥处理对烤烟产量的影响

Table 4 Effects of specialized vinasse organic manure on yield of flue-cured tobacco

处理 Treatment	烟叶产量 Yield /(kg·hm^{-2})	增产率 Growth ratio /%	烟叶均价 Average price /(Yuan·kg^{-1})	烟叶产值 Output value /(Yuan·hm^{-2})	增收值 Income value /(Yuan·hm^{-2})	结构等级比例 Proportion of structure grade/%	
						上等烟叶 Upper grade	中等烟叶 Mid-grade
CK	1 299	—	22.6	29 357	—	39.7	40.2
T1	1 463	12.6	22.8	33 356	3 999	45.1	35.6
T2	1 434	10.4	22.6	32 408	3 051	41.9	43.1
T3	1 533	18.1	21.7	33 266	3 909	37.3	40.2
T4	1 623	25.0	21.7	35 219	5 862	37.9	39.3

2.3　不同特制酒糟有机肥处理对烤烟病害的影响

由表5可知，T4处理的黑胫病发病率最高，为7%，其次是T3处理，为5%，再次是CK处理，发病率为3.33%，最低是T1和T2处理，发病率均为1.7%；从气候斑点病的结果来看，T2处理的气候斑点病发病率最高，达到33%，其次为CK处理，为13%，再次是T4处理，也有10%的发病率，T3处理的发病率为8.3%，最低是T1处理，发病率为5%；花叶病的发病情况与黑胫病、气候斑点病均存在差异，除CK处理（发病率：1.7%）与T1处理（3.3%）呈现出发病情况外，其余各处理均未出现该病害的发生。

表5　不同特制酒糟有机肥处理对烤烟病害的影响

Table 5　Effects of the use of specialized vinasse organic manure on plant disease of flue-cured tobacco

处理 Treatment	黑胫病 Black shank disease		气候斑点病 Climate spot disease		花叶病 Mosaic disease	
	发病率/%	显著性	发病率/%	显著性	发病率/%	显著性
CK	3.3	c	13	b	1.7	b
T1	1.7	d	5.0	e	3.3	a
T2	1.7	d	33	a	0	c
T3	5.0	b	8.3	d	0	c
T4	7.0	a	10	c	0	c

2.4　不同特制酒糟有机肥处理对烟叶常规化学成分的影响

从表6的结果来看，所有处理的烟碱含量范围为1.78%～2.91%，其中有机肥处理的T1为1.78%、T2为2.59%、T3为2.62%处理的烟碱含量均低于CK处理（2.70%），而T4处理的烟碱含量最高，达到2.91%。从总氮含量的结果来看，除T4处理（1.54%）的总氮含量高于1.5%之外，其余处理均低于1.5%。从总磷含量来看，各处理的总磷含量大小排序为T1>T3>T2>CK>T4，与总氮含量变化相反。从总钾含量来看，不同处理的总钾含量大小排序为T1>T4>T3>T2>CK，所有处理的总钾含量均低于2%，比较烟碱、总氮、总磷、总钾的结果来看，各处理之间均无显著差异。烤烟的总氯含量变化除T4处理（0.06%）显著低于CK处理（0.10%）和T3处理（0.10%）外，其余各处理间无显著差异。烤烟的总糖含量与还原糖含量的变化呈现出一致性，均表现为T1>CK>T2>T3>T4，其中T1处理最高，分别为21.3%、17.7%，T4处理最低，分别为14.7%、12.5%，且T1处理与T4处理存在显著差异，其余各处理均无显著差异。

表6　不同特制酒糟有机肥处理对烟叶化学成分的影响

Table 6　Effects of the use of specialized vinasse organic manure on chemical composition of flue-cured tobacco

处理 Treatment	烟碱 Nicotine /%	总氮 Total N /%	总磷 Total P /%	总钾 Total K /%	总氯 Total Cl /%	总糖 Total sugar /%	还原糖 Reducing sugar /%
CK	2.70a	1.45a	0.17a	1.54a	0.10a	19.5ab	16.1ab
T1	1.78a	1.22a	0.20a	1.91a	0.08ab	21.3a	17.7a
T2	2.59a	1.37a	0.18a	1.59a	0.09ab	17.7ab	16.0ab
T3	2.62a	1.48a	0.19a	1.73a	0.10a	17.0ab	13.9ab
T4	2.91a	1.54a	0.15a	1.77a	0.06b	14.7b	12.5b

3 讨 论

3.1 特制酒糟有机肥的添加对烤烟生态的影响

烤烟生育期间的农艺性状与肥料施用存在一定程度的相关性，从研究结果来看，添加不同有机肥后，进入团棵期表现出叶面积的提升，在旺长期，则表现为株高、茎围和叶面积的综合提升，进入成熟期后，有利于叶片数和叶面积等性状的提升，从而有利于叶片干物质的积累和转化。这可能是由于使用了适量的有机肥后，有利于土壤速效养分的提升，使之进入大田生育期后有机肥能长期、持续、平稳地为烟株提供所需养分[16]。优质烟叶的生长发育应符合“前期早发、中期快长、后期落黄”的生长特征[11]，通过有机肥的添加能够使烤烟农艺性状呈现出生长优势，然而某些指标与对照没有明显优势，主要原因可能是由于不同用量及类型的有机肥释放速度存在着差异，同时不同有机肥存在着腐熟程度和配置比例的差异，均会对烤烟的生长发育造成影响[17]。

从烤烟根系指标的结果来看，不同有机肥的施入促进根系重量和体积的提升，主要原因可能是有机肥的施入提升了土壤肥力及改善了烟株根际土壤环境，曹仕明等[18]发现，施用腐熟秸秆肥增加了土壤细菌、放线菌、硝化细菌和氨化细菌的数量，在烤烟旺长期达到最高值；同时也增加了土壤磷酸酶和脲酶的活性。曾宇等[19]认为，通过大田实验施加腐熟秸秆后，土壤含水率可增加0.66%～44.1%，土壤容重降低可达1.59%～12.2%，且容重随秸秆用量的增加而降低，同时，对根系的影响体现在垂直方向上的生长，增加了根冠比。李艳平等[20]认为，有机肥的施用对土壤根际生态区域的影响关系密切，提高了烤烟根系活力，于移栽后60d较对照提高了200%；同时土壤脲酶、蔗糖酶和微生物生物量碳分别较对照提高了53.5%、34.0%和61.9%。高家合等[21]发现，增施腐熟有机肥促进了烤烟一级和二级侧根的发生发育，一级和二级侧根的长度、数量、体积及干重显著提高。

从烤烟病害的调查结果来看，添加不同有机肥后，烤烟病害状况有着不同程度的改善。张子颖等[22]发现，添加一定量的碳基肥料后，气候斑点病发病率下降13.4%～47.3%，花叶病发病率下降5.04%～39.7%。吕达[23]经过大田试验的研究发现，有机肥配施化肥对黑胫病、气候斑病、花叶病均有很好的抗性。羊小洪等[24]则认为烤烟病害的发生也与有机肥的种类与施用时间存在相关性，腐熟秸秆有机肥较腐熟猪粪和菜籽饼有机肥对烟叶花叶病的发病率和病情指数有更好的控制。窦玉青等[25]发现，配施有机肥可以增加烟株抗病性，减少烟叶发病率，其中黑胫病的平均发病率可以减少84.6%。

3.2 特制酒糟有机肥的添加对烤烟产质量的影响

从烤烟的产量结果来看，施加特制酒糟有机肥后，烟叶产量均呈增加趋势，最高产量为T4处理，达到1 623 kg·hm^{-2}，最低为T2处理，为1 434 kg·hm^{-2}；在增产率方面，施加特制酒糟有机肥处理的烟叶增产率为10.4%～25.0%。韩小斌等[26]发现，有机肥和饼肥的添加可以显著提高烟叶产量，较不施有机肥处理的产量提高12.3%，有机肥处理的产量最高可达到2 195 kg·hm^{-2}。王洪云等[27]通过添加腐熟菜籽油枯发现，烟叶产量产值均呈上升趋势。此外，有些学者则认为有机肥添加效应存在差异，如马坤等[28]则认为，虽然产量方面有机肥配施无机肥达到最高，而单施有机肥处理的产量则呈现出下降的趋势，但烟叶品质则出现改善，烟叶质量效应高于产量效应。刘月华等[29]的田间试验结果显示，不同种类有机肥处理的烟叶则较对照出现下降趋势，减产幅度最大达到了38.2%。

从烤烟的内在品质结果来看，施加特制酒糟有机肥后，促进植烟土壤养分的协调，提高烟株对土壤及肥料养分的吸收，其中烟叶氮和烟碱含量趋于协调，呈现降低的趋势；磷、钾含量呈现升高的趋势，氯含量则进一步降低；同时影响糖类的积累，改善了烟叶的协调性。这与杨云高等[30]、毛君杰等[31]的结果基本一致，这可能是因为有机肥的添加可以提高氮素的矿化率，但有机肥配施化肥的氮矿化率仍可能低于单施化肥处理，土壤氮素矿化量与有机质、全氮储量、活性炭、氮组分均呈显著的线性相关，同时氮矿化率随有机质及全氮含量的提高而提高后基本趋于稳定[32]。而黄志浩等[33]通过田间试验发现，化肥配施有机肥处理的土壤硝态氮淋溶累积量均显著高于有机肥替代化肥处理。此外也有学者认为，有机肥的输入会在不同程度上增

加烤烟生育期根际土壤有机质、水溶性碳含量、微生物生物量碳和氮含量，烟株根际土壤有机质和水溶性碳含量随有机碳输入量的增加而增加，而微生物生物量碳和氮则呈先增加后下降的趋势，这与生育前期对氮素吸收和累积的增加，生育后期显著降低的结论是一致的[34]。

4 结　论

本试验立足于喀斯特烟区土壤质地黏重，养分含量下降等基本状况，综合考虑了4种特制酒糟有机肥施入方式对喀斯特烟区土壤环境的影响，研究其对烤烟农艺性状、根际指标、抗病性和烟叶品质等方面的影响。试验发现，不同特制酒糟有机肥施入后，有利于土壤养分的提高，提高烟株生长发育和根系指标及对烟株病害的抗性，增加烟叶产量，降低烤烟的烟碱、全氮及糖分含量，提高磷、钾离子的含量，进一步协调烟叶内部化学品质。特制酒糟有机肥适宜在喀斯特烟区推广应用，可以有效利用当地丰富的酒糟资源，实现烟草农业的绿色、生态与循环发展。但关于不同土壤类型下特制酒糟有机肥的种类选取及合理施用量的确定仍需进一步探究。

参 考 文 献

[1] 岳跃民，王克林，张兵，等. 喀斯特石漠化信息遥感提取的不确定性. 地球科学进展，2011， 26（3）：266—274
Yue Y M，Wang K L，Zhang B，et al. Uncertainty of remotely sensed extraction of information of Karst rocky desertification（In Chinese）. Advances in Earth Science，2011，26（3）：266—274

[2] 石俊雄. 贵州省烤烟施肥现状、问题与对策. 贵州农业科学，2004，32（3）：91—92
Shi J X. Present situation，problem and counter measures for fertilizer application of tobacco in Guizhou（In Chinese）. Guizhou Agricultural Sciences，2004，32（3）：91—92

[3] 龙健，江新荣，邓启琼，等. 贵州喀斯特地区土壤石漠化的本质特征研究. 土壤学报，2005，42（3）：419—427
Long J，Jiang X R，Deng Q Q，et al. Characteristics of soil rocky desertification in the Karst region of Guizhou Province（In Chinese）. Acta Pedologica Sinica，2005，42（3）：419—427

[4] 刘方，王世杰，罗海波，等. 喀斯特森林生态系统的小生境及其土壤异质性. 土壤学报，2008，45（6）：1055—1062
Liu F，Wang S J，Luo H B，et al. Micro-habitats in Karst forest ecosystem and varibility of soils （In Chinese）. Acta Pedologica Sinica，2008，45（6）：1055—1062

[5] HE Z Q，Pagliari P H，Waldrip H M. Applied and environmental chemistry of animal manure：A review. Pedosphere，2016，26（6）：779—816

[6] 艾天成，李方敏，万健民，等. 不同有机肥对土地平整后土壤肥力及水稻生育的影响. 湖北农学院学报，2002，22（3）：206—209
Ai T C，Li F M，Wan J M，et al. The effect of different organic fertilizers on soil fertility of the recovered land and the growth of rice （In Chinese）. Journal of Hubei Agricultural College，2002，22（3）：206—209

[7] Hansen E M，Eriksen J. Nitrate leaching in maize after cultivation of differently managed grass-clover leys on coarse sand in Denmark. Agriculture Ecosystems & Environment，2016， 216：309—313

[8] 高明，郭灵燕，席宇，等. 烟梗生物发酵制造有机肥. 烟草科技，2010，39（12）：57—60
Gao M，Guo L Y，Xi Y，et al. Organic fertilizer production from tobacco stem by microbial fermentation（In Chinese）. Tobacco Science & Technology，2010，39（12）：57—60

[9] 王强义，阳显斌，彭友，等. 烟用酒糟生物有机肥生产工艺探究. 天津农业科学，2016，22（1）：82—86
Wang Q Y，Yang X B，Peng Y，et al. Production technology of lees bio-organic fertilizer for tobacco（In Chinese）. Tianjin Agricultural Sciences，2016，22（1）：82—86

[10] 张璐，石林，蔡泽江，等. 有机肥与化肥不同比例配施下水稻土铵态氮释放特征. 中国土壤与肥料，2015，47（4）：15—22
Zhang L，Shi L，Cai Z J，et al. The ammonium nitrogen release characteristic of paddy soil with mixed application of different ratios of organic and inorganic fertilizer（In Chinese）. Soil and Fertilizer Sciences in China，2015，47（4）：15—22

[11] 曹志洪. 优质烤烟生产的土壤与施肥. 南京：江苏科学技术出版社，1991
Cao Z H. Soil and fertilizer of high quality flue-cured tobacco production （In Chinese）. Nanjing：Jiangsu Science and Technology Press，1991

[12] 李想，刘艳霞，陆宁，等. 综合生物防控烟草青枯病及其对土壤微生物群落结构的影响. 土壤学报，

2017，54（1）：216—226
Li X，Liu Y X，Lu N，et al. Integrated bio-control of tobacco bacterial wilt and its effect on soil microobial community structure（In Chinese）. Acta Pedologica Sinica，2017，54（1）：216—226

［13］ 黄化刚，班国军，陈垚，等. 多孔改良剂对毕节烟区土壤性状及烤烟产质量的影响. 土壤学报，2017，54（6）：1427—1437
Huang H G，Ban G J，Chen Y，et al. Effects of porous soil amendments on soil properties，yield and quality of flue-cured tobacco in Bijie（In Chinese）. Acta Pedologica Sinica，2017，54（6）：1427—1437

［14］ 胡娟，邱慧珍，张文明，等. 微生物有机肥配施氮肥对烤烟SPAD值、烟叶酶活性及根系活力的影响. 土壤学报，2012，49（3）：620—623
Hu J，Qiu H Z，Zhang W M，et al. Effects of combined application of bio-organic fertilizer and nitrogen fertilizer on SPAD value，enzyme activity and root activity in flue-cured tobacco（In Chinese）. Acta Pedologica Sinica，2012，49（3）：620—623

［15］ 潘金华，庄舜尧，史学正，等. 施用改良剂对皖南旱坡地土壤性状及烤烟产量和品质的综合效应. 土壤，2016，48（5）：978—983
Pan J H，Zhuang S Y，Shi X Z，et al. Effects of soil amendments on yield and quality of tobacco and soil properties of slope upland in south Anhui（In Chinese）. Soils，2016，48（5）：978—983

［16］ 周文亮，赖洪敏，仝建华，等. 施用复合有机肥对烤烟生长和烟叶品质的影响. 西南农业学报，2013，26（2）：647—652
Zhou W L，Lai H M，Tong J H，et al. Effects of compound bio-organic fertilizer on growth and quality of flue-cured tobacco（In Chinese）. Southwest China Journal of Agricultural Sciences， 2013，26（2）：647—652

［17］ 刘雪琴，仝瑞建，石孝均，等. 不同品种有机肥对烤烟产量和品质的影响. 中国农学通报，2013，29（25）：151—155
Liu X Q，Tong R J，Shi X J，et al. Different varieties organic fertilizer on yield and quality of flue-cured tobacco（In Chinese）. Chinese Agricultural Science Bulletin，2013，29（25）：151—155

［18］ 曹仕明，廖浩，张翼，等. 施用腐熟秸秆肥对烤烟根系土壤微生物和酶活性的影响. 中国烟草学报，2014，20（2）：75—79
Cao S M，Liao H，Zhang Y，et al. Effects of decayed straw manure on microbe and enzyme activities in soil around tobacco roots（In Chinese）. Acta Tabacaria Sinica，2014，20（2）：75—79

［19］ 曾宇，叶协锋，符云鹏，等. 施加腐熟小麦秸秆对土壤容重及烤烟根系生长的影响. 中国烟草学报，2014，20（3）：68—72
Zeng Y，Ye X F，Fu Y P，et al. Effects of fertilizing rotten wheat straw on soil bulk density and root growth of flue-cured tobacco（In Chinese）. Acta Tabacaria Sinica，2014，20（3）：68—72

［20］ 李艳平，刘国顺，丁松爽，等. 混合有机肥用量对烤烟根系活力及根际土壤生物特性的影响. 中国烟草科学，2016，37（1）：32—36
Li Y P，Liu G S，Ding S S，et al. Effects of mixed organic fertilizer amount on root vigor and rhizosphere soil biological characteristics of flue-cured tobacco（In Chinese）. Chinese Tobacco Science，2016，37（1）：32—36

［21］ 高家合，杨祥，李梅云，等. 有机肥对烤烟根系发育及品质的影响. 中国烟草科学，2009，30（6）：38—41
Gao J H，Yang X，Li M Y，et al. Effect of organic manure application on flue-cured tobacco root development and leaf quality（In Chinese）. Chinese Tobacco Science，2009，30（6）：38—41

［22］ 张子颖，许家来，李现道，等. 绿色木霉配施高碳基肥料对烤烟生长及经济效益的影响. 中国烟草学报，2016，22（5）：79—86
Zhang Z Y，Xu J L，Li X D，et al. Effects of applying Trichoderma viride along with high-carbon-based fertilizer on growth and economic benefit of flue-cured tobacco（In Chinese）. Acta Tabacaria Sinica，2016，22（5）：79—86

［23］ 吕达. 不同生物制剂喷施对病虫害防治及有机肥施用对烤烟产质量的影响. 广州：华南农业大学， 2016
Lü D. Different biological agents sprayed fertilizers on flue-cured tobacco yield and quality of organic fertilizer and pest control（In Chinese）. Guangzhou：South China Agricultural University，2016

［24］ 羊小洪，高立，赵剑华. 有机肥不同施用时间和种类对烤烟病害及几个生理指标的影响. 安徽农业科学，2014，42（24）：8167—8169
Yang X H，Gao L，Zhao J H. Effects of different kinds of organic manure on disease and several physiological indices of flue-cured tobacco（In Chinese）. Journal of Anhui Agricultural Sciences，2014，42（24）：8167—8169

［25］ 窦玉青，顾毓敏，徐天养，等. 氰氨化钙配施生物有机肥对烤烟生长发育、病害及质量的影响. 江苏农业科学，2017，45（21）：86—89
Dou Y Q，Gu Y M，Xu T Y，et al. Effects of calcium cyanamide and bio-organic fertilizer on

growth，disease and quality of flue-cured tobacco（In Chinese）. Jiangsu Agricultural Sciences，2017，45（21）：86—89

［26］ 韩小斌，杨超，许安定，等. 氨基酸有机肥对植烟土壤及烤烟生长的影响. 西南大学学报（自然科学版），2014，36（8）：6—11
Han X B，Yang C，Xu A D，et al. On effect of application amino acid organic manure on soil and growth of flue-cured tobacco（In Chinese）. Journal of Southwest University（Natural Science Edition），2014，36（8）：6—11

［27］ 王洪云，杨德海，杨玉标，等. 不同商品有机肥对绿色烟叶生产的影响. 中国烟草科学，2015，36（2）：49—54
Wang H Y，Yang D H，Yang Y B，et al. Effect of various commercial manures on production of green tobacco（In Chinese）. Chinese Tobacco Science，2015，36（2）：49—54

［28］ 马坤，刘素参，杨辉，等. 不同有机肥对有机生态烟叶生长及品质的影响. 贵州农业科学，2011，39（7）：75—80
Ma K，Liu S C，Yang H，et al. Effect of different organic fertilizers on the growth and quality of organic flue-cured tobacco（In Chinese）. Guizhou Agricultural Sciences，2011，39（7）：75—80

［29］ 刘月华，孙玉晓，刘焰，等. 不同种类生物有机肥对烤烟青枯病及烟叶生长的影响. 中国农学通报，2015，31（16）：42—46
Liu Y H，Sun Y X，Liu Y，et al. Effects of different kinds of bio-organic fertilizer on bacterial wilt and flu-cured tobacco growth（In Chinese）. Chinese Agricultural Science Bulletin，2015，31（16）：42—46

［30］ 杨云高，王树林，刘国，等. 生物有机肥对烤烟产质量及土壤改良的影响. 中国烟草科学，2012，33（4）：70—74
Yang Y G，Wang S L，Liu G，et al. Effects of bio-organic fertilizer on yield and quality of flue-cured tobacco and soil improvement（In Chinese）. Chinese Tobacco Science，2012，33（4）： 70—74

［31］ 毛君杰，肖谋良，陈香碧，等. 喀斯特有机烟区不同施肥模式对烟叶化学成分的影响及其与土壤微生物性质的关系. 西南农业学报，2018，31（1）：111—117
Mao J J，Xiao M L，Chen X B，et al. Effect of fertilization mode on chemical components in tobacco leaves and their relationships with microbial characteristics in organic tobacco of Karst region（In Chinese）. Southwest China Journal of Agricultural Sciences，2018，31（1）：111—117

［32］ 邵兴芳，徐明岗，张文菊，等. 长期有机培肥模式下黑土碳与氮变化及氮素矿化特征. 植物营养与肥料学报，2014，20（2）：326—335
Shao X F，Xu M G，Zhang W J，et al. Changes of soil carbon and nitrogen and characteristics of nitrogen mineralization under long-term manure fertilization practices in black soil（In Chinese）. Journal of Plant Nutrition and Fertilizer，2014，20（2）：326—335

［33］ 黄志浩，曹国军，耿玉辉，等. 有机肥部分替代氮肥土壤硝态氮动态变化特征及玉米产量效应研究. 玉米科学，2018，27（3）：1—12
Huang Z H，Cao G J，Geng Y H，et al. Effects of organic manure partial substitution for nitrogen fertilizer on the dynamic change characteristics of soil nitrate nitrogen and the maize yield effect （In Chinese）. Journal of Maize Sciences，2018，27（3）：1—12

［34］ 王军，丁效东，张士荣，等. 不同碳氮比有机肥对沙泥田烤烟根际土壤碳氮转化及酶活性的影响. 生态环境学报，2015，24（8）：1280—1286
Wang J，Ding X D，Zhang S R，et al. The effect of organic fertilizers of different w（C）/w（N）on soil C，N transformation and soil enzyme activities in rhizosphere of flue-cured tobacco（In Chinese）. Ecology and Environmental Sciences，2015，24（8）：1280—1286

Effects of Specialized Vinasse Organic Manure on Yield and Quality of Flue-cured Tobacco in Karst Area

CHEN Xue[1] ZHAI Xin[1] YANG Zhenzhi[2] FU Delong[1] PAN Jinhua[3] XU Shengxiang[3†]
WANG Meiyan[3] SHI Xuezheng[3]

（1 *Bijie Branch Company*，*Guizhou Tobacco Company*，*Bijie*，*Guizhou* 551700，*China*）

（2 *Jinsha Branch Company of Bijie*，*Guizhou Tobacco Company*，*Jinsha*，*Guizhou* 551800，*China*）

（3 *State Key Laboratory of Soil and Sustainable Agriculture*，*Institute of Soil Science*，*Chinese Academy of Sciences*，*Nanjing* 210008，*China*）

Abstract 【Objective】This study was trying to find out a proper application rate of specialized vinasse organic manure for flue-cured tobacco in Guizhou karst area.【Method】A field experiment was designed and laid out to have 5 treatments. i.e. CK (3 $t \cdot hm^{-2}$ of conventional vinasse organic manure), T1 (3 $t \cdot hm^{-2}$ of specialized vinasse organic manure), T2 (3.6 $t \cdot hm^{-2}$ of specialized vinasse organic manure), T3 (3.6 $t \cdot hm^{-2}$ of specialized vinasse organic manure, + 300 $kg \cdot hm^{-2}$ of potassium fertilizer, and T4 (1 $t \cdot hm^{-2}$ of specialized vinasse organic manure + 2 $t \cdot hm^{-2}$ of chemical fertilizer), and carried out for analysis and comparison of effects of the five treatments on ecology and yield of flue-cured tobacco.【Result】Results show that compared with CK, Treatments T1, T2 and T4 improved the crop in plant height, stem circumference and leaf area to a varying degree; Treatments T1, T2 and T3 did in root fresh weight, root dry weight and root volume; Treatment T4 increased rhizosphere indexes significantly; Treatment T1 and T2 reduced the incidence of black mites by 49.8%; Treatment T1, T3 and T4 lowered the incidence of climate spot disease by 62.5%, 37.5%, and 25%, respectively; and Treatment T2, T3 and T4 got free of mosaic disease. In terms of production of flue-cured tobacco, Treatment T4 was the highest in yield and followed by Treatment T1 and T2, reaching 1623 $kg \cdot hm^{-2}$ and 1434 $kg \cdot hm^{-2}$, respectively, and Treatments T1 ~ T4 increased by 10.4% ~ 25.0% over CK. The contents of nicotine, total nitrogen, total sugar, reducing sugar, phosphorus, potassium and chloride ions in tobacco leaves of all the tested treatments varied within the suitable range of high-quality tobacco leaves. Application of specialized vinasse organic manure reduced the content of nicotine, total nitrogen and phosphorus, and kept the potassium ion content in a proper range that made internal quality of the flue-cured tobacco gradually reasonable.【Conclusion】In summary, the use of the specialized vinasse organic manure in addition to chemical fertilizer can improve growth and development as well as quality of the flue-cured tobacco.

Key words Karst; Yellow soil; Special vinasse; Organic manure; Flue-cured tobacco ecology; Yield and quality

（责任编辑：檀满枝）