

生物炭和微量元素对烤烟生长及产质量的影响

董华芳¹, 李文贇¹, 王勇², 马鹏², 胡宁³, 郑传刚¹, 李俊业⁴, 彭世逞^{1*}

(1. 西昌学院农业科学学院, 四川西昌 615000; 2. 四川省烟草公司凉山州公司, 四川西昌 615000; 3. 四川省烟草公司凉山州公司西昌市公司, 四川西昌 615000; 4. 深圳烟草工业有限责任公司, 广东深圳 518000)

摘要 以云烟 87 为材料, 研究在施用常规肥的前提下增施生物炭或微量元素对烤烟生长、经济性状和化学成分的影响。结果表明, 增施生物炭增加了株高、节距、叶面积, 可以促进烤烟生长, 提高了中上等烟比例, 降低了烟叶总糖, 增加了烟碱、钾含量; 在常规施肥条件下, 增施微量元素提高了烤烟产量、产值, 提高烟叶经济性状, 增加了烟叶总糖, 降低了烟碱、氯和钾含量, 使烟叶化学成分更协调, 利于提高烟叶品质、增加烟叶安全性。综合分析, 2 种施肥组合对烤烟生产有一定促进作用, 可进一步研究。

关键词 生物炭; 微量元素; 烤烟; 产量; 品质

中图分类号 S572 **文献标识码** A

文章编号 0517-6611(2022)01-0147-04

doi:10.3969/j.issn.0517-6611.2022.01.039

开放科学(资源服务)标识码(OSID): 

Effects of Biochar and Micro Elements on Growth, Yield and Quality of Flue-cured Tobacco

DONG Hua-fang¹, LI Wen-yun¹, WANG Yong² et al (1. School of Agricultural Science, Xichang College, Xichang, Sichuan 615000; 2. Liangshan Tobacco Company of Sichuan Province, Xichang, Sichuan 615000)

Abstract This experiment used Yunyan 87 as the material to study the effects of biochar or micro elements on the growth, economic characters and chemical compositions of flue-cured tobacco under the premise of applying conventional fertilizer. The results showed that adding biochar increased the plant height, pitch and leaf area, which could promote the growth of flue-cured tobacco, improve the proportion of middle and superior tobacco leaves, reduce the total sugar of tobacco leaves, increase the content of nicotine and potassium; under conventional fertilization conditions, the application of micro elements increased the yield and output value of flue-cured tobacco, improved the economic characters of tobacco leaves, increased total sugar in tobacco leaves, reduced the content of nicotine, chlorine and potassium, and made the chemical composition of tobacco leaves more harmonious. It was conducive to improve the quality of tobacco leaves and increase the safety of tobacco leaves. Comprehensive analysis, the two fertilization combinations had a certain promoting effect on the production of flue-cured tobacco, which could be further explored.

Key words Biochar; Micro element; Flue-cured tobacco; Yield; Quality

近年来, 过度施用化学肥料和长期不合理的农作措施导致土壤肥力障碍加剧、植烟土壤营养不均和肥料利用率低, 其对烤烟生长和烟叶品质有一定的影响^[1]。烟草(*Nicotiana tabacum* L.) 作为重要经济作物, 是产量与品质并重的作物, 其生长及产质量与植烟生态、品种、植烟土壤、管理措施、施肥等条件密切相关^[2], 其中合理施肥是改善烤烟生长环境、促进烟株营养吸收的重要途径。

生物炭是生物质在无氧条件或者微氧条件下低温热转化后的固体副产物, 有多孔性、碱性、吸附能力强和有机碳含量高性质^[2]。研究表明, 生物质炭具有复杂的孔隙结构, 能提高土壤保水能力、增加土壤孔隙度并降低土壤容重^[3], 促进植物根系的生长; 生物炭含有 K、Na、Ca、Mg 等矿质元素, 能促进植物生长和土壤养分循环^[4]。杨秋云等^[5]研究表明, 生物炭本身一种是炭化状态, 虽然含有较高的有机物质, 但较难降解, 作物能直接利用的部分较少。王怀臣等^[6]研究表明, 生物炭具有较多的活性氧官能团, 使其携带大量的负电荷, 利用较强的阳离子交换能力与其多孔性配合, 在与肥料混合后对肥料起到包衣的效果, 使肥料在土壤中缓慢释放, 可以减少肥料的淋失, 提高肥料利用率^[2,7]。目前生物炭

在作物肥效^[8-11]等方面已有较多的研究。

植物生长不仅需要 N、P、K 等大量元素, 同时也需要微量元素, 烤烟也不例外。微量元素是影响烟叶内在质量的重要因素, 在烟株生长发育过程中, 需要全面合理的营养才能获得优质、协调的烟叶^[12]。崔国明等^[13]研究表明, 施适量的硼能协调烟株生理机能, 使烟株根系发达, 促进烤烟的生长发育, 对烟叶的增产、增质效果显著; 张纪利等^[14]研究表明, 钼对叶绿素结构有稳定作用, 能促进植株的氮素吸收、提高叶绿素含量, 增强碳水化合物的合成转移。李前进等^[15]研究表明, 硒可以降低焦油自由基浓度, 在降低焦油的毒性方面有一定作用。

合理施肥使肥料及时、充分被烟株吸收, 是优化烟株生长环境、促进烟株均衡营养生长的重要措施。根据植烟土壤养分情况及烟株生长情况, 通过合理施用不同肥料对烟株进行调节, 以满足烤烟生长、生产等需求。笔者通过施用生物竹炭与常规肥混合的生物竹炭肥、增施微量元素水溶肥、常规肥、不施肥 4 种处理, 探讨生物竹炭和微量元素对烤烟生长发育、产量及品质的影响, 以期找到能提高肥料利用率、均衡烤烟营养生长的施肥组合, 为促进烤烟生长、提高烤烟产量和品质提供参考。

1 材料与方法

1.1 试验材料 试验在四川省凉山州彝族自治州西昌市会理县益门镇下村(102°34'E, 26°90'N)进行, 土壤类型为紫色土, 土壤 pH 为 7.17、有机质 19.53 g/kg、全氮 0.88 g/kg、速效钾 151.46 mg/kg、有效磷 22.26 mg/kg。生物竹炭为利用竹

基金项目 中国烟草总公司四川省公司(LSYC201804); 深圳烟草工业有限责任公司科技项目(2017); 西昌学院“两高”人才项目(50180072)。

作者简介 董华芳(1981—), 女, 河南济源人, 副教授, 硕士, 从事植物抗病育种研究。* 通信作者, 教授, 从事烤烟优质栽培研究。

收稿日期 2021-04-16

产品工业废弃物在 450 °C 缺氧条件制备而成;微量元素水溶肥有效成分为 $\text{Cu}+\text{Zn}+\text{Mn}+\text{Fe}+\text{B}+\text{Mo} \geq 100 \text{ g/L}$;凉山州优质烤烟生产技术规范烟草专用肥,即常规肥,纯氮用量为 45 kg/hm^2 , $m(\text{N}) : m(\text{H}_2\text{O}_2) : m(\text{K}_2\text{O}) = 1.0 : 1.5 : 3.0$;供试烤烟品种为云烟 87,上述材料均由凉山州烟草公司提供。

1.2 试验设计 试验共设计 4 个处理,1 个空白对照,处理 T1 在常规肥条件,施用生物竹炭、与水溶肥等量的清水(常规肥+生物竹炭+与水溶肥等量的清水);处理 T2 在常规肥条件,施用微量元素水溶肥(常规肥+微量元素水溶肥);处理 T3 施用常规肥,并施用与水溶肥等量的清水(常规肥+与水溶肥等量的清水);处理 CK 不施基肥、追肥,施用与水溶肥等量的清水(不施肥+与水溶肥等量的清水),为空白对照。试验为田间小区试验,随机区组排列,每个处理 4 次重复,共设 16 个小区,小区面积 50 m^2 ,行株距为 $120 \text{ cm} \times 50 \text{ cm}$,种植密度为 $16\,000 \text{ 株/hm}^2$,试验田四周设保护行。采用漂浮育苗,于 4 月 20 日选取长势一致生长茁壮的无病烟苗移栽至小区。其余操作按照凉山州优质烟叶生产技术标准进行操作。

①常规肥施用方法:纯氮用量为 45 kg/hm^2 , $m(\text{N}) : m(\text{P}_2\text{O}_5) : m(\text{K}_2\text{O}) = 1.0 : 1.5 : 3.0$,70%的氮肥及钾肥、100%的磷肥作底肥,30%的氮肥及钾肥在团棵期作追肥,穴施;②生物竹炭施用方法:生物竹炭与常规肥均匀混合,作基肥穴施,用量为 600 kg/hm^2 ;③微量元素水溶肥施用方法:使用 PB-16 型背负式手动喷雾器叶面喷施水溶肥 1 000 倍液,在团棵期喷施 1 次,旺长期每隔 10 d 喷施 1 次,在采烤前停止施用,共施用 4 次,选择晴天无风或微风条件施肥,施后 4~6 h 无降雨,否则后补施。

1.3 测定指标与方法

1.3.1 生育期和农艺性状。观察记录每个处理移栽的时间

及 50%以上烟株团棵期、旺长期、成熟期。移栽后 65 d,每个小区选取长势相似、能代表小区烟株长势的 5 株烟株,即每个处理选取 20 株按烟草行业标准(YC/T 142—1998)测定株高、节距、茎围、最大叶长与叶宽、有效叶数,叶面积计算公式:叶面积(cm^2)= 叶长 \times 叶宽 $\times 0.6345$ 。

1.3.2 田间自然发病情况。移栽后 80 d,采用 5 点法,每个小区选择 20 株,调查田间主要病害如黑胫病、赤星病、气候性斑点病、烟草花叶病等发病株数,计算发病率。计算公式:发病率=发病株数/调查总株数 $\times 100\%$ 。

1.3.3 经济性状。各处理分小区单独采收烟叶,分别编竿并挂牌、烘烤、存放。按 GB 2635—1992《烤烟》分级方法对烤烟烟叶进行分级,统计各小区烟叶的等级、重量和比例。按当地收购价格计算各小区烟叶均价。计算各处理烤后烟叶产量、产值、均价、上等烟比例、中上等烟比例等经济性状。

1.3.4 化学成分。烟叶分小区按当地正常水平采收,分别挂牌标记烘烤,烘烤结束后取 B2F、C3F、X2F 烟样各 2 kg,通过 AMS Alliance 连续流动分析仪 Futura 进行化学成分分析测定。

1.4 数据分析 试验数据采用 Microsoft Excel 2010 软件和 SPSS 20.0 软件进行统计分析。

2 结果与分析

2.1 各处理对烤烟大田生长相关性状的影响

2.1.1 生育期。由图 1 可知,各处理对烤烟生育期的影响差异不大。除 T1 外的 3 个处理的缓苗期均为 7 d;各处理团棵期表现为 $\text{CK} > \text{T3} > \text{T2} > \text{T1}$,与 T3 对比,T1、T2 均缩短了团棵期时长;T1 旺长期、成熟期分别较 T3 长 2、1 d;T2 旺长期、成熟期分别较 T3 短 2、4 d;T1 大田生育期最长,为 117 d,其次为 T3,T2 较 T3 短 2 d。

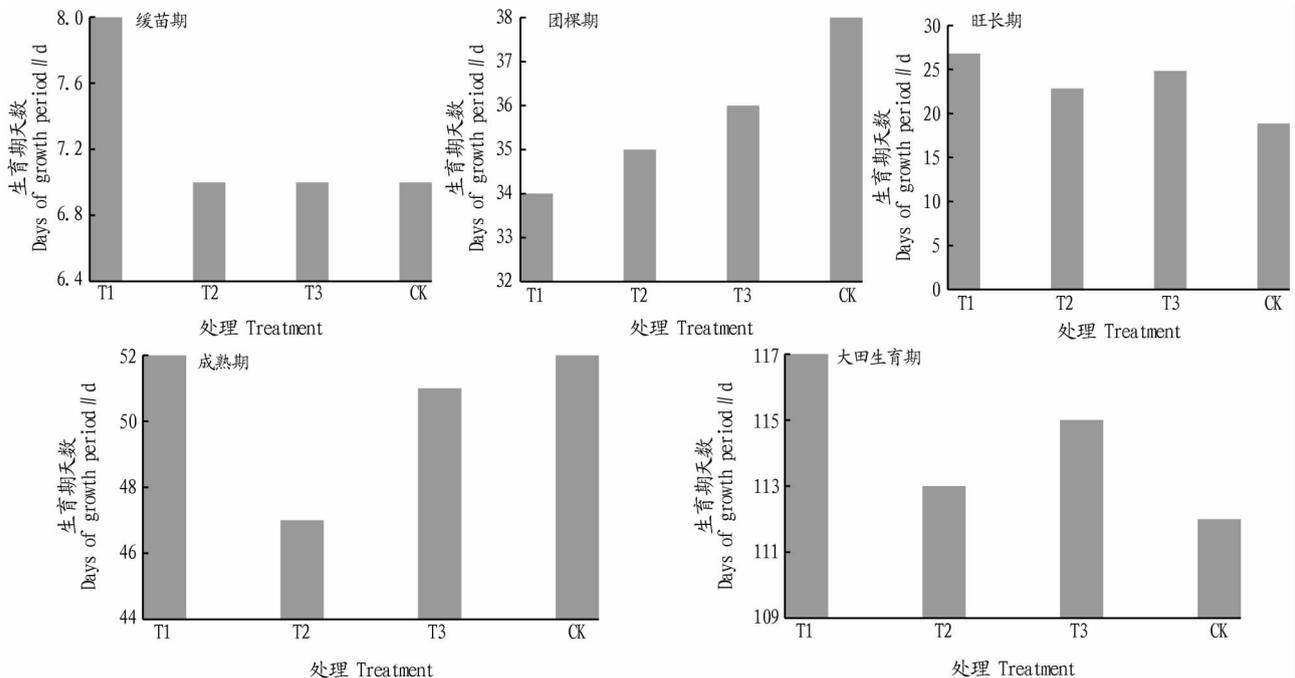


图 1 各处理对烤烟生育期的影响

Fig. 1 Effects of different treatments on growth period of flue-cured tobacco

2.1.2 农艺性状。对烤烟农艺性状测定结果(表1)表明,各处理茎围、节距差别不大,T1处理长势最好,除茎围较T3处理略小、最大叶叶长较T2、T3处理略小,株高、节距、叶宽、叶面积均最大。T2处理对烟株长势的促进作用不明显甚至有

一定抑制作用,成熟期叶面积较T3小45.2 cm²,株高较T3处理高2.5 cm,有效叶数较T3处理多0.2片,叶长较T3处理少2.5 cm。

表1 不同处理对烤烟主要农艺性状的影响

Table 1 Effects of different treatments on main agronomic characters of flue-cured tobacco

处理 Treatment	株高 Plant height cm	茎围 Stem circumference cm	节距 Pitch cm	有效叶数 Effective leaf number//片	最大叶 Largest leaf			
					叶长 Leaf length cm	叶宽 Leaf width cm	叶长宽比 Length-width ratio	叶面积 Leaf area//cm ²
T1	90.4	9.4	4.8	18.4	75.6	33.1	2.3	1 587.7
T2	89.9	9.2	4.7	17.8	75.8	28.5	2.7	1 370.7
T3	87.4	9.5	4.6	17.6	78.3	28.5	2.8	1 415.9
CK	80.2	9.3	4.4	18.6	74.1	29.7	2.5	1 396.4

2.2 各处理对烤烟田间自然发病情况的影响 4个处理移栽80 d后的发病情况见表2。由表2可知,T1处理田间自然发病比较严重,气候性斑点病、TMV的发病率最高分别为20.00%、5.00%,还有黑胫病发生,发病率为2.50%;T2处理病害较轻,仅气候性斑点病发生,发病率为17.50%;T3、CK处理赤星病、气候性斑点病和TMV有不同程度的发生,其中CK处理赤星病的发病率最高,为15.00%。

2.3 各处理对烤烟经济性状的影响 由表3可知,T2处理的产量、产值最高,产量显著高于T1、CK处理,较T3处理高353.2 kg/hm²,其产值显著高于CK处理,达62 940.40元/hm²;T1处理均价最高,与其他处理差异不显

著;T3处理上等烟比例最高,与T1、T2差异不显著,3个处理显著高于CK处理。

表2 不同处理对烤烟田间自然发病情况的影响

Table 2 Effects of different treatments on natural disease of flue-cured tobacco in the field %

处理 Treatment	黑胫病 Black shank	赤星病 Red star disease	气候性斑点病 Weather fleck	TMV
T1	2.50	6.25	20.00	5.00
T2	0.00	0.00	17.50	0.00
T3	0.00	5.00	6.25	3.75
CK	0.00	15.00	8.75	2.50

注:移栽后80 d统计发病率

Note:The incidence rate was 80 days after transplantation

表3 不同处理对烤烟主要经济性状的影响

Table 3 Effects of different treatments on main economic characters of flue-cured tobacco

处理 Treatment	产量 Yield kg/hm ²	产值 Output value 元/hm ²	均价 Average price 元/kg	上等烟比例 Proportion of superior tobacco//%	上中等烟比例 Proportion of superior and middle tobacco//%
T1	2 334.40 b	54 090.16 ab	23.17 a	53.14 a	80.31 a
T2	2 888.00 a	62 940.40 a	21.79 a	57.22 a	70.75 a
T3	2 534.80 ab	56 711.00 ab	22.37 a	59.59 a	72.32 a
CK	2 275.00 b	45 538.28 b	20.02 a	36.06 b	68.31 a

注:同列不同小写字母表示不同处理在0.05水平差异显著

Note:Different lowercase letters in the same column indicated significant difference between different treatment at the level of 0.05

2.4 各处理对烤烟化学成分的影响 由表4可知,在上部烟,各处理烟碱、氯含量均不在优质烟适宜范围,与T3相比,T1、T2均提高烟叶烟碱含量,降低总糖含量。T1、T2糖碱比在上部烟优质烟范围,与T3差异不显著,T1、T2、T3总糖含量均显著低于CK。各处理总氮含量差异不显著,但仅T1总氮含量为优质烟含量。与CK处理相比,T1、T2降低钾含量,T3处理增加钾含量至优质烟钾含量。T1增加氮碱比,T2较T3降低氮碱比。

在中部烟,各处理氯含量、钾含量、糖碱比均低于中部烟优质烟范围,T1、T2氯含量显著低于T3、CK;T1、T2氯含量较T3分别降低41.67%和50.00%;T1、T2氮碱比显著低于T3。与T3相比,T1、T2均降低总糖含量、总氮含量、氮碱比,仅T1总糖含量显著低于T3、CK,在优质烟含量范围;总氮含量、氮碱比T1、T2均低于优质烟范围。T1、T2烟碱含量较T3分别增加11.16%、降低4.02%。

在下部烟,与T3相比,T1、T2均增加总糖、总氮、糖碱比、氮碱比,降低烟碱、钾含量,T2、T3总糖含量均在下部烟优质烟范围,显著低于T1;T2、T3、CK总氮含量均在下部烟优质烟范围,差异不显著;各处理烟碱含量均在下部烟优质烟范围;仅T3钾含量在下部烟优质烟范围,T2、T3糖碱比均在下部烟优质烟范围,T3显著低于T1;仅T1氮碱比在下部烟优质烟范围,与其他处理差异不显著。T2处理氯含量最低,与他处理无显著差异。

3 结论与讨论

陈懿等^[16]研究表明,施用生物炭可促进烤烟根系前期生长,保持根系生理代谢活力,延缓烤烟根系衰老。张继旭等^[17]研究表明,施用生物炭有助于烤烟生长发育,表现为叶面积、株高及地上茎生物量等增加。肖杰战等^[18]、肖佳冰等^[19]研究表明,施用生物炭能在一定程度上提高烤烟产量、产值、上等烟和上中等烟比例和烟叶均价等,能降低烤烟的

总糖及还原糖含量,提高烤烟的总氮、烟碱和钾含量,提高烤烟烟叶化学成分协调性。该试验结果表明,施用生物炭烟株株高、节距、叶面积增加,促进烟株生长;对烤烟均价、中上等

烟比例有一定提升作用;降低上部烟和中部烟总糖含量,增加烟碱和中部烟钾含量,使中部和下部烟叶总糖含量、中部和下部烟叶烟碱含量在优质烟叶范围,使烟叶成分协调。

表4 不同处理对烤烟不同部位化学成分的影响

Table 4 Effects of different treatments on chemical components in different parts of flue-cured tobacco

部位 Position	处理 Treatment	总糖 Total sugar %	总氮 Total nitrogen %	烟碱 Nicotine %	氯 Chlorine %	钾 Potassium %	糖碱比 Sugar alkali ratio	氮碱比 Nitrogen alkali ratio
上部 Upper part	T1	21.84 b	2.16 a	2.55 a	0.07 a	1.58 b	8.56 a	0.85 a
	T2	22.57 b	1.56 a	2.48 a	0.07 a	1.63 ab	9.10 a	0.63 a
	T3	23.42 b	1.56 a	2.30 a	0.07 a	2.01 a	10.18 a	0.68 a
	CK	28.50 a	1.47 a	2.44 a	0.07 a	1.65 ab	11.68 a	0.60 a
中部 Central part	T1	25.32 b	1.07 ab	2.49 a	0.07 b	1.76 a	10.17 b	0.43 b
	T2	32.06 ab	0.99 ab	2.15 ab	0.06 b	1.37 a	14.91 b	0.46 b
	T3	33.14 a	1.44 a	2.24 ab	0.12 a	1.66 a	14.79 b	0.64 a
	CK	36.26 a	0.70 b	1.80 b	0.12 a	1.46 a	20.14 a	0.39 b
下部 Lower part	T1	33.42 a	1.88 a	1.88 ab	0.16 a	1.68 a	17.78 a	1.00 a
	T2	27.04 bc	1.50 ab	1.78 ab	0.13 a	1.74 a	15.19 a	0.84 a
	T3	23.77 c	1.49 ab	1.99 a	0.16 a	2.04 a	11.94 b	0.75 a
	CK	29.11 ab	1.30 b	1.59 b	0.16 a	1.91 a	18.31 a	0.82 a

注:同列不同小写字母表示不同处理在0.05水平差异显著

Note: Different lowercase letters in the same column indicated significant difference between different treatment at the level of 0.05

聂新柏等^[20-22]研究表明,在低于烟草生长微量元素临界值的土壤上合理施用微肥,能调控烟株生理代谢、提高烟叶品质。宁杨^[23]研究表明,喷施锌、硼、钼、氯肥均在不同方面改善了烤烟的品质及经济性状。李章海等^[24]研究表明,施用微量元素钼肥,降低烟叶中烟碱和总氮含量,尤其对上部叶有明显的增糖降碱效果,改善烟叶化学成分的协调性。该试验结果表明,适量施用微量元素,烟株长势的促进作用不明显;对产量、产值的影响与常规肥对比,作用不显著但有提升,产量增加353.2 kg/hm²,产值达62 940.40元/hm²,提高烤烟的经济效益,均价、上等烟比例、中上等烟比例影响不大;减少钾含量,减少中部烟和下部烟烟碱、氯含量,增加下部烟叶总糖含量,减少上、中部烟和增加下部烟糖碱比,使糖碱比在优质烟叶范围,改善烟叶品质使成分更协调,提高经济效益。

与常规肥和空白对照处理对比,生物竹炭处理、微量元素肥处理对大田生育期的影响不大,研究这2种处理对烤烟生育期的调节作用意义不大。生物竹炭处理相较于其他处理,除赤星病、气候性斑点病、TMV还有黑胫病发生,有增加病害的风险;微量元素水溶肥处理田间自然发病情况较其他处理更轻微。可能与肥料施用方式有关,需进一步研究。

参考文献

- [1] 邵孝侯,刘旭,周永波,等.生物有机肥改良连作土壤及烤烟生长发育的效应[J].中国土壤与肥料,2011(2):65-67.
- [2] 周建斌,邓丛静,陈金林,等.棉秆炭对镉污染土壤的修复效果[J].生态环境,2008,17(5):1857-1860.
- [3] LI X L, HAN C L, CHEN X Y, et al. Preparation and performance of straw based activated carbon for supercapacitor in non-aqueous electrolytes[J]. Microporous and mesoporous materials, 2010, 131(1/2/3):303-309.
- [4] KHAN M A, KIM K W, WANG M Z, et al. Nutrient-impregnated charcoal: An environmentally friendly slow-release fertilizer[J]. Environmentalist, 2008, 28(3):231-235.
- [5] 杨秋云,王国峰,黄向东,等.氮素形态和氮水平对烟草氮、磷、钾、氯积累分配的影响[J].河南农业科学,2011,40(8):104-109.
- [6] 王怀臣,冯雷雨,陈银广.废物资源化制备生物质炭及其应用的研究进

- 展[J].化工进展,2012,31(4):907-914.
- [7] 刘新源,刘国顺,刘宏恩,等.生物炭施用量对烟叶生长、产量和品质的影响[J].河南农业科学,2014,43(2):58-62.
- [8] STEINER C, TEIXEIRA W G, LEHMANN J, et al. Long term effects of manure charcoal and mineral fertilization on crop production and fertility on a highly weathered Central Amazonian upland soil[J]. Plant and soil, 2007, 291(1/2):275-290.
- [9] YAMATO M, OKIMORI Y, WIBOWO I F, et al. Effects of the application of charred bark of *Acacia mangium* on the yield of maize, cowpea and peanut, and soil chemical properties in South Sumatra, Indonesia[J]. Soil science and plant nutrition, 2006, 52(4):489-495.
- [10] ASAI H, SAMSON B K, STEPHAN H M, et al. Biochar amendment techniques for upland rice production in Northern Laos: 1. Soil physical properties, leaf SPAD and grain yield[J]. Field crops research, 2009, 111(1/2):81-84.
- [11] VACCARI F P, BARONTI S, LUGATO E, et al. Biochar as a strategy to sequester carbon and increase yield in durum wheat[J]. European journal of agronomy, 2011, 34(4):231-238.
- [12] 鲁黎明,尹园,胡建新,等.凉攀烟区烤烟微量元素含量与常规化学成分相关性分析[J].河南农业大学学报,2012,46(3):252-257,267.
- [13] 崔国明,黄必志,柴家荣,等.硼对烤烟生理生化及产质量的影响[J].中国烟草科学,2000,21(3):14-18.
- [14] 张纪利,李余湘,罗红香,等.施钼对烟草叶绿素含量、光合速率、产量及品质的影响[J].中国烟草科学,2011,32(2):24-28.
- [15] 李前进,杨春龙.硒对烟叶化学成分和烟气中有害成分的影响研究进展[J].中国烟草科学,2007,28(2):10-13,44.
- [16] 陈懿,陈伟,高维常,等.烟秆生物炭对烤烟根系生长的影响及其作用机理[J].烟草科技,2017,50(6):26-32.
- [17] 张继旭,张继光,张忠锋,等.秸秆生物炭对烤烟生长发育、土壤有机碳及酶活性的影响[J].中国烟草科学,2016,37(5):16-21.
- [18] 肖战杰,肖佳冰,李莉,等.不同生物炭施用量对烤烟中性致香成分与评吸质量的影响[J].江西农业学报,2015,27(12):69-73.
- [19] 肖佳冰,张文静,李莉,等.生物炭不同用量对烤烟外观质量、化学成分和经济性状的影响[J].山东农业科学,2016,48(3):82-85.
- [20] 聂新柏,靳志丽.烤烟中微量元素对烤烟生长及产质量的影响[J].中国烟草科学,2003,24(4):30-34.
- [21] 李明德,肖汉乾,余崇洋,等.湖南烟区土壤中、微量元素状况及施肥效应研究[J].中国烟草科学,2005,26(1):25-27.
- [22] 宋泽民,李余湘,李章海,等.黔南烟区烤烟钼肥适用量研究[J].中国烟草科学,2014,35(4):41-47.
- [23] 宁杨.百色烤烟中量和微量元素营养状况及其对烟叶品质的影响[D].北京:中国农业科学院,2014.
- [24] 李章海,宋泽民,黄刚,等.钼对烤烟烘烤过程中酶促棕色化和烟叶质量的影响[J].中国烟草科学,2011,32(3):46-50.