

纳米碳增效肥料对烟草农艺性状和经济指标的影响^①

李小龙¹, 孙占伟², 过伟民³, 郭建华³, 刘阳³, 翁章友¹, 王爱国³,
邓家礼¹, 王建伟³, 梁太波³, 曾强^{1*}, 张仕祥^{3*}

(1 南平市烟草公司邵武分公司, 福建邵武 354000; 2 河南中烟工业有限责任公司原料部, 郑州 450000;

3 中国烟草总公司郑州烟草研究院, 郑州 450001)

摘要: 为了明确纳米碳增效肥料对烟草农艺性状和经济指标的影响, 评估其在我国东南烤烟种植区生产中的应用前景, 2014年选用烤烟品种 K326 开展田间小区试验, 设置了常规肥料经验用量(CK)、等量纳米碳增效肥料用量(T1)和减量纳米碳增效肥料用量(T2)3个处理, 调查了烟草团棵期、旺长期和圆顶期的田间农艺性状, 分析了烤后烟叶的经济指标。结果表明, 与 CK 相比, T1 处理可优化烟草田间农艺性状, 合理增加烟叶单叶重和产量, 提高中上等和上等烟比例, 提高烟叶均价, 增加产值约 3 300 元/hm², 纳米碳增效肥料在我国东南烟区具有良好的应用前景。

关键词: 纳米碳增效肥料; 农艺性状; 经济指标; 烤烟

中图分类号: S143.91; S572

纳米材料具有小尺寸效应、表面界面效应和量子尺寸效应等许多传统材料不具备的奇异特性^[1-2]。纳米增效肥料是一种新型的含纳米碳肥料, 是充分利用纳米材料的表面效应、小尺寸效应和量子尺度效应, 与植物所需的大量和微量营养元素结合而成^[3]。纳米增效肥料一方面能增强植物对肥料的吸附, 减少土壤中肥料的流失和固定, 提高肥料利用率, 另一方面能够刺激作物生长, 促进生长发育和提高产量^[4]。近年来, 纳米碳材料在烟草生产中逐步得到研究和应用, 相关结果表明, 纳米碳材料能够促进烤烟植株的生长发育, 促进烤烟对氮、钾、钙、镁的吸收, 增加其在地上的含量, 相对提高烤后烟叶的产量和产值^[5-7]。我国东南烟草种植区的降水量充沛, 肥料流失相对严重。本研究在前期研究的基础上, 在南平邵武利用田间小区试验, 研究纳米增效肥料对烤烟田间农艺性状和烤后烟叶经济指标的影响, 以期在纳米碳增效肥料在东南烟区烤烟高效生产中的应用提供理论依据。

1 材料与方 法

1.1 试验地概况

试验安排在邵武市沿山镇境内的邵武烟草科研所试验场(27°18' N, 117°22' E)进行, 邵武全境是我

国最适宜种植烟草的地区之一^[8]。该地属中亚热带湿润季风气候, 全年温暖湿润, 光、热和水资源丰富, 年平均气温 18℃, 无霜期 280 天, 年平均降雨量 1 600 mm。试验地土壤类型为水稻土, 质地为砂质土, 土壤 pH 6.46, 有机质含量 31.99 g/kg, 碱解氮含量 322.65 mg/kg, 速效磷含量 53.79 mg/kg, 速效钾含量 202.09 mg/kg。

1.2 试验设计

试验设 3 个处理。常规肥料处理作为对照, 将牛粪和菜籽饼肥中的氮磷钾含量计算在内, 施纯氮量(N)为 143.4 kg/hm², N P₂O₅ K₂O 为 1.0 0.78 3.0, 基肥中纯氮占总氮量的 67.5%, 记为 CK; 等量纳米碳增效肥料, 肥料用量同 CK, 记为 T1; 减量纳米碳增效肥料, 肥料用量为 CK 处理的 80%, 记为 T2。每处理重复 3 次, 小区随机排列。

将纳米碳粉剂按照 3 g/kg 比例掺入烟草专用肥中并充分混匀, 作为纳米碳增效肥料。纳米碳增效肥料全部作为基肥施用。各处理的肥料施用情况详见表 1。

1.3 田间管理

采用漂浮育苗方式培育移栽用烟苗, 品种为 K326。采用起垄覆膜方式进行烟苗移栽, 株行距为

基金项目: 中国烟草总公司郑州烟草研究院科技项目(112013CZ0580)和福建省烟草公司南平市公司科技项目(NYK2014-10-3)资助。

* 通讯作者(zq10777@sina.com; xuyizhangshix@163.com)

作者简介: 李小龙(1980—), 男, 福建长汀人, 学士, 农艺师, 主要从事烟叶生产技术与推广。E-mail: LXL_6764910@163.com

表 1 试验各处理的肥料施用量(kg/hm²)

处理	基肥				一次追肥	二次追肥		三次追肥	
	牛粪	菜籽饼肥	烟草专用肥	钙镁磷肥	氢氧化镁	硝酸钾	硫酸钾	硝酸钾	硫酸钾
CK	2 250	450	450	450	187.5	60	75	300	225
T1	2 250	450	450	450	187.5	60	75	300	225
T2	1 800	360	360	360	150.0	36	60	240	180

注：试验中牛粪的氮(N)、磷(P₂O₅)、钾(K₂O)含量依次为 10.4、5.3、4.9 g/kg；菜籽饼的氮(N)、磷(P₂O₅)、钾(K₂O)含量依次为 37.6、24.1、18.3 g/kg。一、二、三次追肥时间分别在移栽后 14 天、35 天和 60 天。其中硝态氮肥占总氮量的 46%。

0.5 m × 1.2 m。2014 年 3 月 13 日移栽，4 月 20 日揭膜培土，5 月 16 日进行烟株打顶，7 月 2 日完成烟叶采收，烟草大田生育期为 110 天。

烟草田间水肥管理、病虫害防治以及烟叶采收等环节均严格按照邵武烟叶生产技术方案进行。

1.4 农艺性状与经济指标调查

农艺性状调查按照《YC/T 142-2010 烟草农艺性状调查测量方法》执行^[9]；经济指标调查在烘烤结束后对烤后烟叶按照《GB 2635-1992 烤烟》规定进行分级和数据统计^[10]。

2 结果与分析

2.1 纳米碳增效氮肥对烟草农艺性状的影响

为考察纳米碳增效肥料对烟草农艺性状的影响，分别在团棵期(2014 年 4 月 20 日)、旺长期(2014 年 5 月 5 日)和圆顶期(2014 年 5 月 20 日)进行了烟草农艺性状调查。

2.1.1 团棵期农艺性状 由表 2 可知，团棵期的烟草株高、有效叶数和茎围均未受到肥料用量和类型的影响，处理间无显著差异。但与 CK 和 T1 处理相比，T2 处理最大叶面积显著降低。

2.1.2 旺长期农艺性状 由表 3 可知，3 个处理间的有效叶数和烟株茎围没有差异，未受基肥用量和纳米碳的影响；而株高和最大叶面积受到了影响，T1 处理与 CK、T2 处理的株高具有显著差异，CK 与 T2 处理的最大叶面积具有显著差异，且 4 个指标均以

T2 处理最小，表明随着烟草的生长，T2 处理表现出较为明显的养分供应不足。T1 处理的烟株株高、有效叶数和茎围均最大，为后续的烟株发育奠定了较好的基础。

表 2 团棵期农艺性状调查

处理	株高(cm)	有效叶数	茎围(cm)	最大叶面积(cm ²)
CK	17.7 ± 1.0 a	12.0 ± 0.2 a	5.2 ± 0.2 a	580.6 ± 28.7 a
T1	17.0 ± 1.1 a	12.5 ± 0.5 a	5.3 ± 0.1 a	577.7 ± 15.6 a
T2	17.7 ± 0.2 a	13.1 ± 0.7 a	5.3 ± 0.3 a	511.0 ± 27.9 b

注：表中所标字母是新复极差法方差分析结果，小写字母表示处理间差异达 P<0.05 显著水平；下同。

表 3 旺长期农艺性状调查

处理	株高(cm)	有效叶数(片)	茎围(cm)	最大叶面积(cm ²)
CK	92.6 ± 2.5 b	16.5 ± 0.6 a	8.2 ± 0.1 a	1 171.8 ± 16.2 a
T1	96.2 ± 0.7 a	17.3 ± 0.5 a	8.4 ± 0.2 a	1 147.9 ± 9.7 ab
T2	89.6 ± 1.3 b	16.3 ± 0.5 a	8.2 ± 0.3 a	1 072.4 ± 63.3 b

2.1.3 圆顶期农艺性状 由表 4 可知，CK 处理的各调查指标处于 3 处理的中间；T1 处理的烟株，除茎围外其他调查指标均为 3 个处理的最大值，CK 与 T1 处理的株高间有显著性差异，其他指标间无显著性差异；T2 处理的烟株所有调查指标均为 3 处理中的最小值。T1 处理增加株高，使节距可以增大，改善田间的通风透光条件，利于烟叶的光合作用。但养分水平对烟株的农艺性状的影响要强于纳米碳材料的影响。

表 4 圆顶期农艺性状调查

处理	株高(cm)	有效叶数(片)	茎围(cm)	最大叶面积(cm ²)	顶叶面积(cm ²)
CK	94.3 ± 1.5 b	16.8 ± 0.0 ab	9.9 ± 0.3 a	1 308.4 ± 4.4 a	604.6 ± 71.6 a
T1	97.9 ± 1.0 a	17.3 ± 0.5 a	9.0 ± 0.4 ab	1 373.4 ± 64.6 a	620.3 ± 60.4 a
T2	93.7 ± 1.1 b	16.3 ± 0.5 b	8.7 ± 0.2 b	1 114.1 ± 54.9 b	513.5 ± 31.9 a

2.2 纳米碳增效氮肥对烟草经济指标的影响

由表 5 可知，T1 处理较 CK、T2 处理增加了烟叶的平均单叶重量，增加了烟叶的产量，同时较 CK 提高了烟叶的中上等和上等烟叶比例，使得烟叶的均

价和产值均有提高，产值较 CK 增加 3 316.50 元/hm²，纳米碳处理肥料表现出明显的增产增收的效果。T2 处理使中上等烟和上等烟比例较 CK 和 T1 处理均有所提高，但因养分供应不足导致单叶重与产量的下

表 5 烤后烟叶主要经济指标分析

处理	单叶重(g)	产量(kg/hm ²)	均价(元/kg)	产值(元/hm ²)	上等烟比例(%)	中上等烟比例(%)
CK	7.04 ± 0.05 b	1 462.95 ± 10.65 b	23.03 ± 0.22 c	33 694.35 ± 229.5 b	43.70 ± 0.64 c	82.67 ± 0.93 b
T1	7.17 ± 0.06 a	1 532.55 ± 37.20 a	24.15 ± 0.20 a	37 010.85 ± 1 199.3 a	45.45 ± 0.32 b	84.62 ± 0.52 a
T2	6.83 ± 0.05 c	1 375.65 ± 46.20 c	23.64 ± 0.09 b	32 526.45 ± 1 209.3 b	46.93 ± 0.67 a	85.52 ± 0.58 a

注：纳米碳材料价格以 20 万元/t 计算，其中纳米碳投入成本 CK 和 T1 为 270.00 元/hm²，T2 为 216.00 元/hm²。各处理产值均未扣除纳米碳成本。

降，在不计算处理间纳米碳投入成本差值的条件下，使得产值较 CK 减少 1 167.90 元/hm²，较 T1 处理减少 4 484.40 元/hm²，未表现出增产增收的效果。

3 讨论与结论

烟草农艺性状受到栽培品种、水肥管理等农艺措施、土壤理化性质以及降水等多因素的影响^[11-13]，同时施入土壤中的肥料的利用率受到土壤质地和含水率、肥料种类、施肥方式等多种因素的综合影响^[14-15]。2014 年 3—6 月份烟草的大田阶段降水量较多年平均明显偏多^[16-19]。烟草大田期间因降雨集中，造成试验地多次长时间渍水受淹，不可避免地造成了肥料的大量流失。研究表明降雨量越大，氮磷的流失越严重，特别是暴雨时，全氮流失严重，NO₃-N 的淋洗大量增加，NH₄⁺-N 含量相对较低^[11]。加之试验地为砂质土壤，保肥性能不强，使 CK 和 T2 处理，尤其是 T2 处理在旺长后期就表现出缺肥症状。连续阴雨天气，降低了烟草光合作用，造成烟叶内含物缺乏，单叶重偏小，产量低于当地多年优质烟平均产量(1 750 ~ 1 900 kg/hm²)，2014 年因天气异常一定程度上造成了试验结果偏差，2015 年将继续开展田间试验进行验证。

通过农艺性状调查和经济指标分析表明，T1 处理优于 CK 和 T2 处理。T1 处理可优化烟草田间农艺性状，增加烟叶单叶重和产量，提高中上等和上等烟比例，提高烟叶均价，增加烟叶产值。纳米碳增效肥料在东南烟区的农业生产中具有较好的应用前景。

参考文献：

- [1] Borm P, Robbins D, Haubold S, et al. The potential risks of nanomaterials: a review carried out for ECETOC[J]. Particle and Fibre Toxicology, 2006, 3(1): 11-35
- [2] 张夫道, 赵秉强, 张骏, 等. 纳米肥料研究进展与前景[J]. 植物营养与肥料学报, 2002, 8(2): 254-255
- [3] 过伟民, 尹启生, 张艳玲, 等. 纳米增效肥对烤烟生长发育及品质的影响[J]. 烟草科技, 2012(5): 69-73
- [4] 王小燕, 马国辉, 狄浩, 等. 纳米增效尿素对水稻产量及氮肥农学利用率的影响[J]. 植物营养与肥料学报, 2010, 16(6): 1 479-1 485
- [5] 梁太波, 蔡宪杰, 过伟民, 等. 纳米碳用量对烤烟生长发育和钾素吸收积累的影响[J]. 烟草科技, 2011(11): 61-65
- [6] 王宝林, 梁太波, 张艳玲, 等. 纳米碳溶胶对烤烟生长发育及养分吸收积累的影响[J]. 烟草科技, 2013(9): 72-75, 86
- [7] 杨健, 梁太波, 李海江, 等. 纳米碳溶胶对烤烟根系生理特性及钾吸收的影响[J]. 烟草科技, 2015, 48(1): 7-11
- [8] 王彦亭, 谢剑平, 李志宏. 中国烟草种植区划[M]. 北京: 中国科学出版社, 2010
- [9] 国家烟草专卖局. 烟草农艺性状调查测量方法 (YC/T 142-2010)[S]. 北京: 中国标准出版社, 2010
- [10] 国家技术监督局. 烤烟 (GB 2635-1992)[S]. 北京: 中国标准出版社, 1992
- [11] 蔡毅, 向金友, 程智敏, 等. 施肥技术对土壤养分流失和烤烟产质量的影响[J]. 西南农业学报, 2014, 27(1): 197-203
- [12] 林跃平, 周清明, 王业建. 影响烟草生长、产量和品质的因子的研究进展[J]. 作物研究, 2006, 20(z1): 490-493
- [13] 丁博锐, 杨焕文, 李佛琳, 等. 氮磷钾互作对烤烟主要农艺性状的影响[J]. 云南农业大学学报(自然科学), 2011, 26(4): 499-505
- [14] 凌德, 李婷, 王火焰, 等. 施用方式和氮肥种类对水稻土中氮素迁移的影响效应[J]. 土壤, 2015, 47(3): 478-482
- [15] 巨晓棠. 理论施氮量的改进及验证——兼论确定作物氮肥推荐量的方法[J]. 土壤学报, 2015, 52(2): 249-261
- [16] 南平市农业气象试验站. 南平市 2014 年 3 月农业气象情报[EB/OL]. (2014-4-1). <http://www.npqx.gov.cn/qxyw/nyqx/5013779.shtml>
- [17] 南平市农业气象试验站. 南平市 2014 年 4 月农业气象情报[EB/OL]. (2014-5-1). <http://www.npqx.gov.cn/qxyw/nyqx/5016717.shtml>
- [18] 南平市农业气象试验站. 南平市 2014 年 5 月农业气象情报[EB/OL]. (2014-6-1). <http://www.npqx.gov.cn/qxyw/nyqx/5020152.shtml>
- [19] 南平市农业气象试验站. 南平市 2014 年 6 月农业气象情报[EB/OL]. (2014-7-1). <http://www.npqx.gov.cn/qxyw/nyqx/5022984.shtml>

Effects of Nano-carbon Synergistic Fertilizer on Agronomical Characters and Economic Indices of Flue-cured Tobacco

LI Xiaolong¹, SUN Zhanwei², GUO Weimin³, GUO Jianhua³, LIU Yang³, WENG Zhangyou¹, WANG Aiguo³, DENG Jiali¹, WANG Jianwei³, LIANG Taibo³, ZENG Qiang^{1*}, ZHANG Shixiang^{3*}

(1 *Shaowu Branch of Nanping Tobacco Company, Shaowu, Fujian 354000, China;*

2 *Department of Raw Materials, China Tobacco Henan Industrial Co., Ltd., Zhengzhou 450000, China;*

3 *Zhengzhou Tobacco Research Institute of CNTC, Zhengzhou 450001, China)*

Abstract: In order to disclose the effects of nano-carbon synergistic fertilizer (NCSF) on agronomical characters and economic indices of flue-cured tobacco, and to assess the application prospect of NCSF in flue-cured tobacco production of southeastern China, a field plot experiment was conducted on K326 cultivar in 2014 with three treatments, i.e., experienced dosage of normal fertilizer (CK), equivalent experienced dosage of NCSF (T1) and reduced 20% experienced dosage of NCSF (T2). The tobacco agronomical character indices were surveyed during the rosette stage, fast growing stage and round top stage and the economic indices were assessed after grading the flue-cured tobacco leaves. It was showed that compared to CK, T1 could optimize the field agronomical characters, raise reasonably the single leaf weight and the yield of leaves, increase the proportions of medium and high class leaves and average price of leaves, and could increase the output value by 3 300 yuan/hm². The above results proves the good application prospect of the nano-carbon in tobacco production in southeastern China.

Key words: Nano-carbon synergism fertilizer; Agronomical characters; Economic indices; Flue-cured tobacco