

稻茬烤烟根区施用生物有机肥的效应^①

杨丽丽¹, 邓小华^{1*}, 徐文兵², 齐永杰², 罗建钦², 吴峰², 李伟³,
李宏光³, 方明³

(1 湖南农业大学农学院, 长沙 410128; 2 广西中烟工业有限责任公司, 南宁 530001;

3 湖南省烟草公司郴州市公司, 湖南郴州 423000)

摘要: 为探索稻茬烤烟根区施用生物有机肥的效应, 在湖南省桂阳县采用大田试验研究了生物有机肥根区施用对烤烟营养生长、光合特性、烟叶质量及经济效果的影响。结果表明: 稻茬烤烟根区施用生物有机肥较条施处理, 团棵期最大叶面积可提高 24.58%, 打顶期茎围、最大叶面积、SPAD 值、净光合速率、气孔导度、胞间二氧化碳浓度、蒸腾速率可分别提高 4.72%、19.29%、14.78%、7.30%、22.64%、5.63%、32.14%, 第 1 次采收期 SPAD 值、净光合速率、气孔导度、胞间二氧化碳浓度、蒸腾速率可分别提高 15.64%、23.82%、30.00%、8.31%、15.26%, 有利烤烟营养生长, 提高烤烟叶绿素含量和光合能力。稻茬烤烟根区施用生物有机肥较条施处理的上等烟比例、产量、产值、物理特性指数、化学成分指数、感官评吸总分、氮肥偏生产力、氮肥偏生产效益可分别提高 5.96%、12.39%、17.51%、5.76%、18.46%、5.43%、12.38%、17.51%, 有利于提升烟叶品质, 增加产量和产值。生物有机肥替代部分烟草专用基肥, 可提高烟叶评吸质量、上等烟比例和氮肥偏生产效率。三饼合一生物有机肥代替部分烟草专用基肥根区施用是可行的。

关键词: 烤烟; 生长发育; 产质量; 生物有机肥; 根区施用; 稻茬烤烟

中图分类号: S572; S144; S154 **文献标识码:** A

根区施肥是将肥料施到植物活性根系分布区域, 使肥料养分扩散的动态范围与根系伸展的动态范围达到最佳匹配, 力争施入的肥料养分方便、高效地被植物根系吸收, 提高肥料当季利用率^[1]。生物有机肥集微生物和有机肥、化肥的优点于一体, 不仅含有大量有机质和促生物质, 同时含有较多的功能菌^[2], 可活化土壤养分^[3-4], 改善土壤微环境^[5-6], 协调作物营养的均衡供应^[7-8], 促进作物生长及根系建成^[8-9], 增强作物抗逆抗病性能^[2,5-6,10], 提高作物产量和品质^[11-13]。在烟草生产上生物有机肥施用方法是全田撒施^[14]或开沟条施^[12,15], 由于烟草是稀植作物, 施于垄间和烟株间的生物有机肥较少被直接利用, 加之南方雨水较多, 撒施或条施肥料流失严重。湘南稻作烟区为弥补土块大、低温阴雨的缺陷, 常施用安萼灰(主要是火土灰)后再移栽烤烟, 以密封营养土团与大块水稻土之间的缝隙, 促进烤烟早生快发。如果将湘南稻作烟区施用的安萼灰与生物有机肥混匀后作为移栽肥施

于烤烟根区, 使根、土、肥充分接触, 不仅可提高生物有机肥利用率, 也更有利于烤烟早生快发。在烟草上施用生物有机肥的研究较多^[16-18], 但生物有机肥与安萼灰结合作为移栽肥施于烤烟根区的研究还是空白。鉴此, 研究稻作烟区烤烟根区施用生物有机肥的效应, 以明确湘南稻作烟区根区施用生物有机肥的可行性, 为南方稻作烟区烤烟早生快发寻求新途径提供参考。

1 材料与方法

1.1 试验材料

试验于 2015—2016 年在湖南省桂阳县欧阳海基地单元进行。试验地处于 26.02°N, 112.45°E, 属于亚热带季风气候, 年平均气温 17.43℃, 年平均降水量 1 452.10 mm, 年平均日照时数 1 494 ~ 1 704 h。试验田为烤烟-晚稻轮作烟田, 土壤为当地代表性水稻土, 灌排方便; 土壤 pH 为 7.18, 有机质为 42.34 g/kg, 碱解氮为 224.86 mg/kg, 有效磷为 30.68 mg/kg, 速

基金项目: 广西中烟工业有限责任公司项目(201545000034011)资助。

* 通讯作者(yzdxh@163.com)

作者简介: 杨丽丽(1988—), 女, 安徽阜阳人, 博士研究生, 主要研究方向为烟草栽培生理生化。E-mail: 15802637040@163.com

效钾为 107.22 mg/kg。品种为 K326。三饼合一生物有机肥的有机物 70%，N、P₂O₅、K₂O 含量分别为 50、15、15g/kg，有效活菌数 0.5 亿/g；烟草专用基肥的 N、P₂O₅、K₂O 含量分别为 80、100、110 g/kg；提苗肥的 N、P₂O₅ 含量分别为 200、90 g/kg；专用追肥的 N、P₂O₅、K₂O 含量分别为 100、50、290 g/kg；硫酸钾的钾含量为 510 g/kg。

1.2 试验设计

试验设 3 个处理：T1 为根区施用三饼合一生物有机肥；T2 为条施三饼合一生物有机肥；CK 为条施烟草专用基肥，不施生物有机肥。每个处理 3 次重复，共 9 个小区。小区面积 48 m²。控制施纯氮 120 kg/hm²。T1 和 T2 施化肥氮 99 kg/hm²(烟草专用基肥 300 kg/hm²、提苗肥 150 kg/hm²、专用追肥 450 kg/hm²)，生物有机肥氮 21 kg/hm²(三饼合一生物有机肥 420 kg/hm²)；CK 施化肥氮 120 kg/hm²(烟草专用基肥 562.5 kg/hm²、提苗肥 150 kg/hm²、专用追肥 450 kg/hm²)。生物有机肥根区施用方法是在移栽时，将生物有机肥与安菟灰(约 500 g/菟)混匀后施于移栽穴内；条施方法是在垄上开沟，将生物有机肥或烟草专用基肥撒施在条施沟内，覆土后再开穴、移栽。3 月中下旬移栽；移栽时、移栽后 7 d 和 14 d 分 3 次施提苗肥，移栽后 30 d 施烟草专用追肥；移栽后 45 d 施硫酸钾肥 150 kg/hm²。移栽密度 16 680 株/hm²(120 cm × 50 cm)。初花期打顶，留叶数 18~20 片。其他栽培管理措施与桂阳县烤烟标准化栽培一致。

1.3 检测项目及方法

1.3.1 植株农艺性状 分别在烤烟团棵期、打顶期(打顶后 1 d)每个小区取有代表性烟株 10 株，按《烟草农艺性状调查测量方法》(YC/T142—2010)测定株高、茎围、有效叶片数、最大叶长与宽等。最大叶面积 = 叶长 × 叶宽 × 0.634 5。

1.3.2 叶绿素 分别在烤烟打顶期、第 1 次采烤期，每个小区选择 10 株，用 SPAD-502 便携式叶绿

素仪测量从上至下数第 1~6 片烟叶的相对叶绿素含量。每片烟叶在主脉两侧对称选择 6 个点测量，以 SPAD 的平均值表示。

1.3.3 光合特性指标 分别在烤烟打顶期、第 1 次采烤期，每个小区选择 5 株，采用 LI-6400 便携式光合作用测定系统，测量从上至下数第 5 片烟叶的净光合速率(*Pn*)、气孔导度(*Gs*)、胞间 CO₂ 浓度(*Ci*)、蒸腾速率(*Tr*)。在晴天的 9:00—11:00 进行测定，LED 红/蓝光源(6400-02B)，测点环境 CO₂ 自动缓冲。

1.3.4 烟叶物理特性评价 按照《烤烟》(GB 2635—1992)标准选取上部和中部烟叶具有代表性的 B2F、C3F 等级，主要测定开片度、含梗率、叶片厚度、单叶重、平衡含水率、叶质重等物理特性指标^[19]。参考文献[19-20]的方法，对 C3F^[19]、B2F^[20]等级分别运用效果测度模型将物理性状指标进行无量纲化处理，转换为 0~1 标准化数值；采用主成分分析方法计算开片度、含梗率、叶片厚度、单叶重、平衡含水率、叶质重等物理特性评价指标的权重分别为：16.42%、21.80%、19.06%、10.55%、12.84%、19.33%；采用加权指数和法构建烟叶物理特性指数^[19-20]用于比较不同处理的烟叶物理性状综合效果，其值越大，物理性状越好。

1.3.5 烟叶化学成分评价 采用荷兰 SKALAR San++ 间隔流动分析仪测定 B2F、C3F 等级烟叶总糖、还原糖、烟碱、总氮、氯含量，火焰光度法测定烟叶钾含量。参考文献[21]的方法，运用模糊数学理论中的隶属函数将各化学成分指标的原始数据转换为 0~1 的标准化数值；采用主成分分析方法计算总糖、还原糖、烟碱、总氮、钾、氯的权重分别为 14.4%、15.9%、27.8%、10.4%、24.6%、6.9%；采用加权指数和法构建化学成分可用性指数^[21]用于比较不同处理主要化学成分综合效果，其值越大，化学成分综合表现越好。

1.3.6 烟叶感官评吸 主要评定 B2F、C3F 等级感官质量。采用如表 1 的评吸指标及标度值，由广西中

表 1 感官评吸指标及标度值

Table 1 Classification of indexes of tobacco smoking quality

标度值	品质指标								特征指标	
	香气质	香气量	杂气	刺激性	透发性	柔细度	甜度	余味	浓度	劲头
9	好+	足+	轻+	小+	好+	好+	好+	好+	浓+	大+
8	好	足	轻	小	好	好	好	好	浓	大
7	好-	足-	轻-	小-	好-	好-	好-	好-	浓-	大-
6	中+	中+	中+	中+	中+	中+	中+	中+	中+	中+
5	中	中	中	中	中	中	中	中	中	中
4	中-	中-	中-	中-	中-	中-	中-	中-	中-	中-
3	差+	少+	重+	大+	差+	差+	差+	差+	淡+	小+
2	差	少	重	大	差	差	差	差	淡	小
1	差-	少-	重-	大-	差-	差-	差-	差-	淡-	小-

注：对于品质指标“+”、“-”表示该指标的优劣程度；对于特征指标“+”、“-”表示该指标的变化趋势。

烟工业有限责任公司技术中心组织 7 名感官评吸专家进行打分。赋予香气质、香气量、杂气、刺激性、透发性、柔细度、甜度、余味、浓度、劲头等指标的权重分别 15%、15%、10%、10%、10%、10%、10%、10%、5%、5%，采用加权法计算感官评吸总分。

1.3.7 经济效益评价 每个处理单采、单烤，分级后考查上等烟比例、均价、产量、产值等烟叶经济性状^[22]。净收益 = 烟叶产值 - 生产成本；其中，生产成本 = 劳动力成本 + 物化成本(化肥、农药、烟苗、机械等投入)。氮肥偏生产力 = 烟叶产量/施入氮量^[23]；氮肥偏生产效率 = 烟叶产值/施入氮量。

1.4 统计方法

所有数据为 2 年试验平均值。采用 Microsoft

Excel 2003 和 SPSS17.0 进行数据处理和统计分析。采用 Duncan 法进行多重比较。

2 结果与分析

2.1 施用生物有机肥对烤烟农艺性状的影响

由表 2 可知，在烤烟的团棵期，不同处理的株高、茎围、叶片数差异不显著，但 T1 最大叶面积显著高于 T2、CK；T1 最大叶面积较 T2 大 24.58%。在烤烟打顶期，不同处理的株高、叶片数差异不显著，但茎围、最大叶面积差异显著，主要是 T1 显著高于 T2、CK；T1 茎围、最大叶面积较 T2 分别大 4.72%、19.29%。表明根区施用生物有机肥有利烤烟营养生长。

表 2 不同生育时期的植株农艺性状
Table 2 Agronomic traits of tobacco at different growth stages

处理	团棵期				打顶期			
	株高(cm)	茎围(cm)	叶片数	最大叶面积(cm ²)	株高(cm)	茎围(cm)	叶片数	最大叶面积(cm ²)
T1	17.47	4.22	7.02	479.69 a	97.04	7.98 a	20.11	1 852.67 a
T2	17.83	4.45	6.67	385.04 b	98.50	7.62 b	18.67	1 553.14 b
CK	17.85	4.34	6.96	390.25 b	97.24	7.52 b	19.28	1 682.35 b

注：表中同列数据小写字母不同表示处理间差异达到 $P < 0.05$ 显著水平，下表同。

2.2 施用生物有机肥对烟叶光合作用的影响

2.2.1 对叶绿素的影响 由表 3 可知，在烤烟打顶期，从倒 1 ~ 倒 6 叶位，T1 的 SPAD 值均高于 T2、CK；其中，倒 1 叶的 SPAD 值差异达显著水平；T1 的 SPAD 值较 T2 平均高 14.78%。在第 1 次采烤

期，从倒 1 ~ 倒 6 叶位，T1 的 SPAD 值均高于 T2、CK；其中，从倒 1 ~ 倒 5 叶位的 SPAD 值差异达显著水平；T1 的 SPAD 值较 T2 平均高 15.64%。表明根区施用生物有机肥有利于提高烤烟叶绿素含量和烟叶耐熟性。

表 3 不同生育时期的烟叶 SPAD 值
Table 3 SPAD values of flue-cured tobacco leaves at different growth stages

处理	打顶期						第 1 次采烤期					
	倒 1 叶	倒 2 叶	倒 3 叶	倒 4 叶	倒 5 叶	倒 6 叶	倒 1 叶	倒 2 叶	倒 3 叶	倒 4 叶	倒 5 叶	倒 6 叶
T1	40.61 a	38.58	38.13	37.09	35.76	34.61	40.87 a	38.74 a	38.06 a	35.70 a	34.13 a	32.67
T2	35.38 b	35.45	35.03	34.17	33.53	32.22	33.82 b	33.42 b	33.09 b	31.89 b	29.92 b	30.55
CK	36.24 b	36.35	36.12	35.02	34.66	32.58	34.65 b	34.45 b	33.58 b	31.90 b	30.05 b	31.92

2.2.2 对光合特性的影响 由表 4 可知，在烤烟打顶期，不同处理的气孔导度、蒸腾速率差异显著，主要是 T1 显著高于 T2、CK；T1 的净光合速率、气孔导度、胞间 CO₂ 浓度、蒸腾速率较 T2 分别高 7.30%、22.64%、5.63%、32.14%。在烤烟第 1 次采烤期，不同处理的净光合速率、气孔导度、胞间 CO₂ 浓度、蒸腾速率差异显著，主要是 T1 显著高于 T2、CK；T1 的净光合速率、气孔导度、胞间 CO₂ 浓度、蒸腾速率较 T2 分别高 23.82%、30.00%、8.31%、15.56%。表明根区施用生物有机肥有利于提高烟叶光合能力。

2.3 施用生物有机肥对烟叶质量的影响

2.3.1 对物理性状的影响 由表 5 可知，从 B2F 等级看，不同处理的叶片厚度和叶质重处理间差异不显著；T1 开片率显著高于 T2、CK，含梗率显著低于 T2、CK，单叶重和平衡含水率显著高于 T2、CK；不同处理的物理特性指数差异显著，T1 的物理特性指数较 T2 高 5.03%。从 C3F 等级看，不同处理间叶片厚度、单叶重、平衡含水率和叶质重差异不显著；T1 开片率显著高于 T2、CK，含梗率显著低于 T2、CK；不同处理的物理特性指数差异显著，T1 的物理

表 4 不同生育时期的烤烟光合特性参数
Table 4 Photosynthetic parameter values of flue-cured tobacco leaves at different growth stages

处理	打顶期				第 1 次采收期			
	$Pn(\mu\text{mol}/(\text{m}^2\cdot\text{s}))$	$Gs(\text{mol}/(\text{m}^2\cdot\text{s}))$	$Ci(\mu\text{mol}/\text{mol})$	$Tr(\text{mmol}/(\text{m}^2\cdot\text{s}))$	$Pn(\mu\text{mol}/(\text{m}^2\cdot\text{s}))$	$Gs(\text{mol}/(\text{m}^2\cdot\text{s}))$	$Ci(\mu\text{mol}/\text{mol})$	$Tr(\text{mmol}/(\text{m}^2\cdot\text{s}))$
T1	19.12	0.53 a	310.81	2.96 a	17.62 a	0.52 a	348.97 a	3.64 a
T2	17.82	0.41 b	294.24	2.24 b	14.23 b	0.40 b	322.22 b	3.15 b
CK	18.90	0.43 b	299.86	2.28 b	14.46 b	0.40 b	318.08 b	3.16 b

注： Pn ：净光合速率； Gs ：气孔导度； Ci ：胞间 CO_2 浓度； Tr ：蒸腾速率。

表 5 不同处理的烟叶物理性状
Table 5 Physical parameter values of flue-cured tobacco under different treatments

等级	处理	开片率(%)	含梗率(%)	叶厚(μm)	单叶重(g)	平衡含水率(%)	叶质量(g/m^2)	物理特性指数
B2F	T1	30.10 a	30.72 b	124.51	13.52 a	14.21 a	121.67	94.96 a
	T2	28.72 b	32.72 a	115.75	11.55 b	10.07 b	117.86	90.40 b
	CK	27.62 b	33.58 a	117.26	11.86 b	11.08 b	119.74	88.56 b
C3F	T1	32.51 a	32.31 b	106.52	9.20	13.69	99.92	94.40 a
	T2	30.09 b	35.36 a	111.75	8.15	11.02	98.68	88.63 b
	CK	29.58 b	35.04 a	112.08	9.06	12.42	97.46	85.82 b

特性指数较 T2 高 6.49%。表明根区施用生物有机肥可提高烟叶物理特性指数。

2.3.2 对化学成分的影响 由表 6 可知,从 B2F 等级看,不同处理间烟叶总氮和氯含量处理间差异不显著;不同处理间烟叶总糖、还原糖、烟碱、钾含量差异显著, T1 总糖、还原糖和钾含量显著高于 T2、CK, 烟碱含量显著低于 T2、CK; 化学成分指数, T1 显著高于 T2、CK, T1 的化学成分指数较 T2 高

24.39%。从 C3F 等级看,不同处理间烟叶总氮和氯含量处理间差异不显著;不同处理间烟叶总糖、还原糖、烟碱、钾含量差异显著, T1 总糖和还原糖含量显著高于 T2、CK, 烟碱含量显著低于 CK, 钾含量显著高于 CK; 从化学成分指数看, T1 显著高于 T2、CK, T1 的化学成分指数较 T2 高 12.53%。表明根区施用生物有机肥可提高化学成分可用性指数,特别是对上部烟叶效果更佳。

表 6 不同处理的烤烟化学成分
Table 6 Chemical components of flue-cured tobacco leaves under different treatments

等级	处理	总糖(g/kg)	还原糖(g/kg)	烟碱(g/kg)	总氮(g/kg)	氯(g/kg)	钾(g/kg)	化学成分可用性指数
B2F	T1	262.8 a	206.1 a	31.3 b	21.2	5.4	28.1 a	81.71 a
	T2	245.9 b	180.7 b	37.1 a	23.2	5.5	23.0 b	65.68 b
	CK	224.9 c	172.4 b	36.8 a	21.4	4.8	21.9 b	64.25 b
C3F	T1	293.3 a	258.4 a	30.2 b	20.3	6.1	28.1 a	79.65 a
	T2	277.9 b	238.3 b	31.1 b	19.1	5.4	26.7 ab	70.77 b
	CK	254.6 c	193.2 c	34.1 a	19.6	5.7	23.5 b	68.24 b

2.3.3 对感官评吸的影响 由表 7 可知,就 B2F 等级来看,不同处理间感官评吸总分排序为: $T1>T2>CK$, 差异显著, 主要体现 T1 在香气质、香气量、透发性、甜度等指标方面较优; T1 的感官评吸总分较 T2 高 5.75%, 较 CK 高 9.74%。就 C3F 等级来看,不同处理间感官评吸总分排序为: $T1>T2>CK$, 差异显著, 主要体现 T1 在香气质、香气量、杂气、甜度、余味等指标方面较优; T1 的感

官评吸总分较 T2 高 5.11%, 较 CK 高 9.92%。表明根区施用生物有机肥可提高烟叶感官评吸质量。

2.4 施用生物有机肥对烤烟经济效果的影响

2.4.1 对经济性状的影响 由表 8 可知,不同处理间上等烟比例、均价、产量、产值等经济性状指标差异显著, 主要表现为 T1 上等烟比例、均价、产量、产值显著高于 T2、CK, T2 和 CK 的均价、产量、产值差异不显著。T1 与 T2 比较, T1 的上等烟比例、

均价、产量、产值分别高 5.96%、4.65%、12.39%、17.51%；T1 与 CK 比较，T1 的上等烟比例、均价、

产量、产值分别高 21.13%、9.15%、8.65%、18.49%。可见，根区施用生物有机肥可提高烟叶经济性状。

表 7 不同处理的烤烟感官评吸质量
Table 7 Smoking qualities of flue-cured tobacco under different treatments

等级	处理	香气质	香气量	杂气	刺激性	透发性	柔细度	甜度	余味	浓度	劲头	总分
B2F	T1	5.5	5.7	5.5	5.3	5.7	5.3	5.7	5.3	5.7	5.5	55.2 a
	T2	5.1	5.4	5.2	5.3	5.0	5.2	5.0	5.2	5.6	5.5	52.2 b
	CK	4.5	5.0	5.1	5.0	5.0	5.3	4.5	5.1	5.3	5.5	50.3 c
C3F	T1	6.0	5.9	5.8	5.6	5.7	5.6	5.8	5.8	5.7	5.1	57.6 a
	T2	5.5	5.7	5.3	5.3	5.5	5.4	5.4	5.6	5.7	5.1	54.8 b
	CK	5.0	5.3	5.3	5.3	5.1	5.2	5.0	5.4	5.7	5.1	52.4 c

表 8 不同处理的经济效应
Table 8 Economic effects under different treatments

处理	上等烟比例 (%)	均价 (元/kg)	产量 (kg/hm ²)	产值 (元/hm ²)	物化成本 (元/hm ²)	劳动力成本 (元/hm ²)	净收益 (元/hm ²)	氮肥偏生产力 (kg/kg)	氮肥偏生产效率 (元/kg)
T1	39.31 a	22.07 a	2 135.01 a	47 079.91 a	9 795.50	11 872.50	25 411.88 a	17.79 a	392.33 a
T2	37.11 b	21.09 b	1 899.75 b	40 065.73 b	9 795.50	10 822.50	19 447.73 b	15.83 b	333.88 b
CK	32.46 c	20.22 b	1 965.05 b	39 733.31 b	8 955.50	10 822.50	19 955.30 b	16.38 b	331.11 b

注：物化成本主要包括购买烟苗、翻耕起垄、调制的专业化服务成本和农药、化肥等投入成本；劳动力成本主要包括田间管理、防治病虫害、调制、分级等方面用工，按 75 元/d 计算。

2.4.2 对净收益和氮肥利用率的影响 由表 8 可知，T1 和 T2 投入了生物有机肥，物化成本高于 CK；T1 采用根区施肥 较条施的 T2 和 CK 的劳动力成本高。但净收益大小排序为：T1>T2>CK，处理间差异显著。T1 的净收益较 T2、CK 分别高 14.42%、16.59%。表明根区施用生物有机肥可提高烟叶净收益。

由表 8 可知，氮肥偏生产力大小排序为：T1>CK>T2，T1 显著高于 T2 和 CK，分别高 12.38%、8.61%；CK 的氮肥偏生产力虽然高于 T2，但差异不显著。氮肥偏生产效率大小排序为：T1>T2>CK，T1 显著高于 T2 和 CK，分别高 17.51%、18.49%；T2 的氮肥偏生产效率虽高于 CK，但差异不显著。可见，根区施用生物有机肥可提高氮肥利用效率。

3 讨论

促烤烟早生快发是湘南稻作烤烟栽培的关键。制约该烟区烤烟早生快发的主要因素是移栽时低温阴雨、土壤湿度大而通气性差、土块大和黏性重导致烟苗扎根困难。为解决以上问题，烟区农民传统习惯是在烟苗移栽时施用安萼灰。但在安萼灰中不敢添加生物有机肥，害怕生物有机肥伤害根系。本研究将三饼合一生物有机肥添加在安萼灰中作移栽肥根区施用，集中了安萼灰和生物有机肥的优点，根、土、肥充分接触，更有利于烤烟早生快发，为湘南稻作烟区烤烟

早生快发探索了一条新路子。

生物有机肥不同施用方式的促生、增产和提质效果明显不同。罗莉等^[24]对集中施入有机肥后土壤微生物数量的空间动态变化研究认为离肥料越近土壤微生物数量越高。谭军利等^[25]研究认为穴施比条施生物有机肥更有利于促进西瓜的生长，提高西瓜产量、品质和水分利用效率。本研究将三饼合一生物有机肥添加在安萼灰中集中施于烟株根际附近(T1 与 T2 比较)，可促进烟株早生快发，明显促进烟株农艺性状和光合能力的改善，提高上等烟比例，增加烟叶产量和产值，提升烟叶物理、化学和感官品质。究其原因，生物有机肥条施后，相当部分肥料养分分布于离根较远的区域，直接制约了烤烟吸收肥料养分；而生物有机肥根区施肥使烤烟根区成为养分供应的核心区域，有利烤烟直接吸收肥料养分。可见，对于根际土壤占农田土壤总体积比例较低的烤烟来说，根系吸收的养分不可能也不必要由所有的耕层土壤来提供，生物有机肥根区施用较条施具有明显的促生、增产和提质效果。

将生物有机肥氮代替部分化肥氮是可行的。本研究用三饼合一生物有机肥代替烟草专用基肥中的 21 kg/hm² 化肥氮(T2 与 CK 比较)，其营养生长、光合作用与单施烟草专用基肥的处理相当，其烟叶物理性状和化学成分略优于单施烟草专用基肥的处理，

其烟叶评吸质量显著优于单施烟草专用基肥的处理。虽然用三饼合一生物有机肥代替部分烟草专用基肥处理的烤烟投入的物化成本有所提高,烟叶产量也略低,但上等烟比例、均价高,其烟叶产值高于单施烟草专用基肥的处理。因此,用生物有机氮代替化肥氮对提高烟叶质量和经济效益具有现实意义。

氮肥偏生产力主要反映了作物所吸收肥料转化为经济产量的能力。对于注重烟叶质量的烤烟生产来说,高产并不一定能获得较高的经济效益。因此,本研究引入一个新概念“氮肥偏生产效率”,用来反映化肥施用量综合效应。从肥料施用方法看,根区施用生物有机肥的氮肥偏生产力和氮肥偏生产效率均高于条施。从肥料种类看,生物有机肥替代部分化肥处理较单施烟草专用基肥处理的氮肥偏生产力略低,但氮肥偏生产效率是生物有机肥替代处理显著高于单施烟草专用基肥处理。可见,采用氮肥偏生产效率来反映烤烟生产化肥施用量综合效应可能更有意义。

4 结论

生物有机肥根区施用可改善烟株根系发育和农艺性状,提高烟叶的叶绿素含量和光合能力;生物有机肥根区施用较条施的上等烟比例提高 5.96%,产量增加 12.39%,产值增加 17.51%;生物有机肥根区施用的烟叶物理特性、化学成分可用性和感官评吸质量优于条施,其物理特性指数、化学成分指数和感官评吸总分分别提高了 5.76%、18.46%、5.43%;生物有机肥根区施用氮肥偏生产力、氮肥偏生产效益较条施分别提高了 12.38%、17.51%。三饼合一生物有机肥代替部分烟草专用基肥可提高烟叶评吸质量、上等烟比例和氮肥偏生产效益,生物有机氮代替化肥氮是可行的。

参考文献:

- [1] 王火焰,周健民. 根区施肥——提高肥料养分利用率和减少面源污染的关键和必需措施[J]. 土壤, 2013, 45(5): 785-790
- [2] 乔焕英,丁传雨,沈其荣,等. 拮抗菌发酵的生物有机肥对茄子生长和青枯病的防治效果[J]. 土壤, 2012, 44(3): 461-466
- [3] Wang S X, Liang X Q, Chen Y X, et al. Phosphorus loss potential and phosphatase activity under phosphorus fertilization in long term paddy wetland agroecosystems[J]. Soil Science Society of America Journal, 2012, 76(1): 161-167
- [4] 陈利军,孙波,金辰,等. 碳投入的有机肥和生物炭对红壤微生物多样性和土壤呼吸的影响[J]. 土壤, 2015, 47(2): 340-348
- [5] 田小明,李俊华,王成,等. 连续 3 年施用生物有机肥对土壤养分、微生物生物量及酶活性的影响[J]. 土壤, 2014, 46(3): 481-488
- [6] 张鹏,王小慧,李蕊,等. 生物有机肥对田间蔬菜根际土壤中病原菌和功能菌组成的影响[J]. 土壤学报, 2013, 50(1): 381-387
- [7] 彭华伟,刘国顺,吴学巧,等. 生物有机肥对烤烟氮磷钾积累、吸收和含量的影响[J]. 中国烟草科学, 2008, 29(1): 25-29
- [8] 滕桂香,邱慧珍,张文明,等. 生物有机肥对陇东烤烟生长的根际营养调控[J]. 土壤通报, 2012, 43(2): 424-428
- [9] 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[J]. 土壤学报, 2012, 49(3): 620-623
- [10] Luo J, Ran W, Hu J. Application of bio-organic fertilizer significantly affected fungal diversity of soils[J]. Soil Biology and Biochemistry, 2010, 74(6): 2039-2048
- [11] 巩子毓,高旭,黄炎,等. 连续施用生物有机肥提高设施黄瓜产量和品质的研究[J]. 南京农业大学学报, 2016, 39(5): 777-783
- [12] 梁伟,韦建玉,田兆福,等. 不同有机肥及施肥量对初烤烟产质量的影响[J]. 广东农业科学, 2013(15): 79-81
- [13] 化党领,杨秋云,王镇,等. 施用生物有机肥对烤烟生长及香气物质含量的影响[J]. 中国烟草学报, 2011, 17(1): 62-66
- [14] 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[J]. 中国农学通报, 2015, 31(16): 42-46
- [15] 邓小华,蔡兴,于庆涛,等. 增密和减氮对稻茬烤烟物理性状的效应分析[J]. 烟草科技, 2016, 49(10): 23-30
- [16] 雷丽萍,郭荣君,缪作清,等. 微生物在烟草生产中应用研究进展[J]. 中国烟草学报, 2006, 12(4): 47-51
- [17] 董世峰,刘卫华,刘洪杰,等. 不同商品有机肥对烤烟产质的影响[J]. 中国农学通报, 2012, 28(4): 225-229
- [18] 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[J]. 中国烟草科学, 2009, 30(6): 38-41, 45
- [19] 田茂成,邓小华,陆中山,等. 基于灰色效果测度和主成分分析的湘西州烟叶物理特性综合评价[J]. 核农学报, 2017, 31(1): 187-193
- [20] 齐永杰,邓小华,徐文兵,等. 密度和施氮量对稻茬烤烟上部烟叶物理性状的效应[J]. 中国农业科技导报, 2016, 18(6): 129-137
- [21] 邓小华,杨丽丽,邹凯,等. 烟稻轮作模式下烤烟增密减氮的主要化学成分效应分析[J]. 植物营养与肥料学报, 2017, 23(4): 991-997
- [22] 邓小华,肖志君,齐永杰,等. 种植密度和施氮量及其互作对湘南稻茬烤烟经济性状的影响[J]. 湖南农业大学学报(自然科学版), 2016, 42(3): 274-279
- [23] 张翔,毛家伟,李彰,等. 氮用量及基追比例对烟叶产量、品质及氮肥利用效率的影响[J]. 植物营养与肥料学报, 2012, 18(6): 1518-1523

[24] 罗莉, 何倩, 李俊华, 等. 集中施入有机肥后土壤微生物数量的空间动态变化[J]. 石河子大学学报(自然科学版), 2015, 33(4): 421–427

[25] 谭军利, 田军仓, 李应海, 等. 不同生物有机肥施肥方法对压砂西瓜生长及产量的影响[J]. 干旱地区农业研究, 2011, 29(6): 135–138

Effects of Applied Bioorganic Fertilizer to Root-zone Soil on Flue-cured Tobacco in Rice-tobacco Rotation

YANG Lili¹, DENG Xiaohua^{1*}, XU Wenbin², QI Rongjie², LUO Jianqin², WU Feng²,
LI Wei³, LI Hongguang³, FANG Ming³

(1 Hunan Agricultural University, Changsha 410128, China; 2 China Tobacco Guanxi Industrial Co., Ltd., Nanning 530001, China; 3 Chenzhou Tobacco Company of Hunan Province, Chenzhou, Hunan 423000, China)

Abstract: In order to explore the function of applied bioorganic fertilizer to root-zone soil under tobacco-rice rotation, a field experiment was conducted to study the effects of applied bioorganic fertilizer to root-zone soil on agronomic characters, photosynthetic characteristic, tobacco quality and economic characters in Guiyang County of Hunan Province. The results showed that compared with control (row fertilization), applied bioorganic fertilizer to root-zone soil could accelerate tobacco plant growth, improve chlorophyll content and tobacco leaf photosynthetic capacity, it increased the area of the largest leaf by 24.58% at rosette stage; increased the stem girth, the area of the largest leaf, SPAD value, net photosynthetic rate, stomatal conductance, intercellular CO₂ concentration and transpiration rate by 4.72%, 19.29%, 14.78%, 7.30%, 22.64%, 5.63% and 32.14%, respectively, at topping stage; increased the SPAD value, net photosynthetic rate, stomatal conductance, intercellular CO₂ concentration and transpiration rate by 15.64%, 23.82%, 30.00%, 8.31% and 15.26%, respectively, at first picking stage. Compared with control (row fertilization), applied bioorganic fertilizer to root-zone soil could promote tobacco quality and increase tobacco yield and output value, it increased the ratio of top rank, yield, output value, physical character index, chemical component index, smoking quality score, nitrogen partial factor productivity and nitrogen partial production efficiency by 5.96%, 12.39%, 17.51%, 5.76%, 18.46%, 5.43%, 12.38% and 17.51%, respectively. Applied bio-organic fertilizer part replacement of special base fertilizer for tobacco is feasible because it could improve tobacco smoking quality, ratio of top rank and nitrogen partial production efficiency.

Key words: Flue-cured tobacco; Growth and development; Yield and quality; Bioorganic fertilizer; Root-zone fertilization; Flue-cured tobacco; Rice-tobacco rotation