

有机无机肥配施对烤烟脂类代谢的影响研究

顾明华^{1*}, 周晓^{1,2}, 韦建玉², 曾祥难², 黎晓峰¹

1. 广西大学农学院, 广西 南宁 530005; 2. 广西中烟工业有限责任公司, 广西 南宁 530001

摘要: 通过田间试验, 研究了有机肥与无机肥不同比例配施对烤烟脂类代谢的影响。试验结果表明, 配施有机肥提高了烤烟生长后期烟叶的脂氧合酶活性, 增强了烟叶生长后期的脂类代谢。同时, 配施适量有机肥提高了烟叶生长后期的饱和脂肪酸、类胡萝卜素、乙醚提取物含量和成熟期的腺毛密度、腺毛分泌物含量, 并降低不饱和脂肪酸的含量。烘烤后以配施 30% 有机肥处理烟叶的总饱和脂肪酸含量最高, 总不饱和脂肪酸含量最低, 有利于烟叶品质的提高。

关键词: 烤烟; 有机无机肥配施; 脂类代谢

中图分类号: S14

文献标识码: A

文章编号: 1674-5906 (2009) 02-0674-05

烟叶各种代谢过程的比例和协调程度直接关系到烟叶化学成分的协调和质量的优劣。脂类代谢是烟草重要的代谢过程之一, 脂类代谢旺盛, 能增加烟叶油分和香气量, 提高香味和吸味品质^[1-2]。近年来, 有关有机与无机肥配施对烤烟产量和品质的研究多有报道^[3-5], 但对脂类物质及代谢关键酶活性的动态变化研究甚少。本文通过研究有机无机肥配施对烤烟脂类代谢关键酶活性及脂类物质的影响, 探讨烟叶在生长过程中的脂类代谢强度、协调程度及其动态变化, 明确有机肥配施对烟叶脂类代谢的影响, 重点探讨优质烟叶形成的脂类代谢活动规律。以期在生产上通过施肥技术调节烤烟脂类代谢, 提高烟叶香吃味品质提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 供试材料

本试验在广西大学农学院科研教学基地试验田进行, 供试土壤为水稻土, pH 值为 6.68, 有机质 10.85 g·kg⁻¹, 全氮 1.02 g·kg⁻¹, 碱解氮 122.6 mg·kg⁻¹, 速效磷 40.3 mg·kg⁻¹, 速效钾 135.0 mg·kg⁻¹。试验所用有机肥为广西南宁地欣蓝荷农业科贸有限公司生产的生物有机肥, 主要成分为鸡粪与花生麸, 其氮、磷、钾养分含量分别为 2.48%、1.66%、1.25%, 有机质含量 35.6%; 无机肥料为硫酸铵、硝酸钾、过磷酸钙和硫酸钾。供试烤烟品种是 K326。

1.2 田间试验设计与试验方法

试验设置五个处理, ①100%无机肥; ②85%无机肥+15%生物有机肥; ③70%无机肥+30%生物有机肥; ④55%无机肥+45%生物有机肥; ⑤40%无机肥+60%生物有机肥。各百分比为无机肥态氮和有机肥态氮占全氮的百分数。各处理总氮用量为每公顷

折合纯 N90 kg, 氮磷钾比例为 N:P₂O₅:K₂O=1:2:3, 无机肥态氮中硝态氮与铵态氮比例为 1:1。每个处理设 3 个重复, 采用随机区组设计。每小区 36 株, 行距为 1.1 m, 株距为 0.5 m, 四周设保护行。2005 年 12 月 25 日播种育苗, 3 月 10 日移栽至田间。栽培管理按一般烤烟大田生产进行。

1.3 取样时间及测定项目

分别在移栽后 45 d (旺长期)、55 d (现蕾期)、65 d (打顶后 10 d)、75 d (打顶后 20 d)、85 d (成熟期) 采收功能叶 (自下而上 10~12 叶位)。取样时间为晴天上午 9:00 至 10:30。利用半叶法制样, 一片烟叶沿主脉分为两半, 一半经 105℃杀青、55~60℃烤干粉碎后, 用于测定烟叶的脂类物质, 包括乙醚提取物含量、高级脂肪酸含量; 另一半 (鲜样) 用于测定脂氧合酶活性、类胡萝卜素含量。成熟期采收中部叶测定叶面腺毛数及其分泌物含量; 在移栽后 90 d (烤烟完全成熟) 采集中部叶, 烘烤并测定脂类物质。

脂氧合酶活性的测定参照史宏志方法^[6];

高级脂肪酸采用甲脂化-气相色谱法测定^[7];

类胡萝卜素采用比色法测定^{[8]281-283};

乙醚提取物测定采用油重法测定^[9]。

腺毛分泌物测定参照史宏志方法^[6]: 腺毛密度测定: 取叶基部、中部、顶部表皮于显微镜下统计单个视野的腺毛数, 计算单位叶面积的腺毛数, 以各部位腺毛密度平均值表示; 腺毛分泌物含量 (mg/g FW): 每处理取 3 片烟叶, 每片取叶中部 50 cm, 在万分之一电子天平称重后, 先在装有 200 mL 二氯甲烷的烧杯中浸洗 3 次, 再在另一只烧杯中浸洗 2 次, 每浸一次在溶剂中停留 1 s。当叶上的二氯

基金项目: 广西中烟工业有限责任公司资助项目 (0800012006001M)

作者简介: 顾明华 (1962 年生), 男, 教授, 博士, 主要从事植物营养生理方面的研究。E-mail: gumh@gxu.edu.cn

*通讯作者

收稿日期: 2009-03-13

甲烷挥发完后将叶片称重；腺毛分泌物含量 (mg/gDW)：每处理取 4 片 30 cm 的叶片，其中 2 片在称得鲜重后直接烘干再称干重，另外 2 片称得鲜重后按上述方法在二氯甲烷溶剂中浸洗，然后进行烘干称干质量，二者干湿比率之差即为腺毛分泌物含量。

2 结果与分析

2.1 有机无机肥配施对烟叶脂氧合酶活性变化的影响

脂氧合酶是一种含非血红素铁的加双氧酶，它专一催化含有顺,顺-1,4-戊二烯结构的多元不饱和脂肪酸加氧反应，生成具有共轭双键过氧化氢物、小分子的醛、醇等^[10-11]。烟叶脂氧合酶活性变化如图 1 所示，脂氧合酶活性在烤烟生长过程中随生长时期的不同有较大变化，生长前期该酶活性低，随叶片生长而活性提高，至移栽后 55 d 至 65 d 达最大值，然后随叶片衰老而下降。在旺长期（移栽后 45 d），随着有机肥比例增加，脂氧合酶活性降低。现蕾打顶期（移栽后 55 d 至 65 d）处理 2 与处理 3 的脂氧合酶活性先后超过了处理 1，到了生长后期（移栽后 75 d 至 85 d）各处理的脂氧合酶活性差异不大，但配施有机肥的各处理脂氧合酶活性均高于纯施无机肥的处理 1，其中处理 3 的酶活性略高于其它处理。表明适量配施有机肥处理有利于烤烟生长后期烟叶脂氧合酶活性的维持，烟株脂类代谢相对较强。

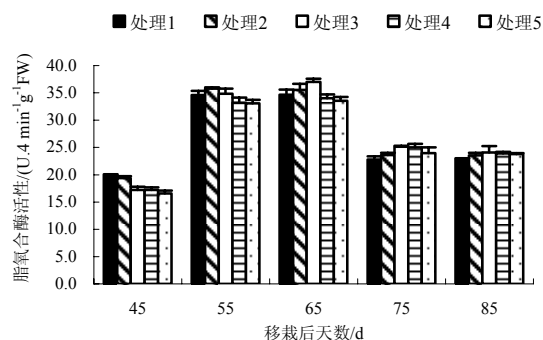


图 1 有机无机肥配施对烟叶脂氧合酶活性变化的影响

Fig. 1 Effect of combined application of organic and inorganic fertilizer on the activity of lipoxygenase in flue-cured tobacco leaves

2.2 有机无机肥配施对烤烟脂类物质含量的影响

2.2.1 有机无机肥配施对烟叶高级脂肪酸含量变化的影响

高级脂肪酸是烟叶中脂肪族化合物的重要成分，与烟叶香吃味的形成有关，是烤烟中重要的酸性潜香性成分。高级脂肪酸可分成饱和脂肪酸与不饱和脂肪酸两类，饱和脂肪酸能增加烟气的脂肪味、腊味并使之圆和，不饱和脂肪酸则增加烟气的

丰满度和粗糙感^[12]。

豆蔻酸属于 C14 饱和脂肪酸，其含量与烟叶品质存在正相关的关系，主要表现在香气量较大，劲头适中，余味舒适^[13]。从表 1 中可以看出，从移栽后 45 d 至 65 d，各处理的豆蔻酸含量迅速下降，但移栽 65 d 以后，豆蔻酸含量缓慢上升。各处理在前期（移栽后 45 d 至 55 d）差异较大，以处理 2 和处理 3 的豆蔻酸含量较高。后期（移栽 75 d 至 85 d）各个处理之间差异变小，在移栽后 85 d（成熟期）处理 3 的豆蔻酸含量高于其它处理。说明适量配施有机肥可以增加烟叶中豆蔻酸的含量，提高烟叶品质。

棕榈酸是 C16 饱和脂肪酸，它能使烟叶甜醇、柔和、舒适^{[8][15]}。从表 1 中可以看出，前期（移栽后 45 d 至 65 d）以配施有机肥较少的处理 2 和施纯无机肥的处理 1 棕榈酸含量较高，配施有机肥较多的处理 5 含量较低。移栽 65 d 后，处理 1 的棕榈酸含量的下降幅度大于其它处理，以至到了成熟期（移栽后 85 d）配施有机肥处理都超过了处理 1，其中以处理 2 和处理 3 较高。说明适量配施有机肥有利于提高后期烟叶中棕榈酸的含量。

硬脂酸是 C18 饱和脂肪酸，它与烟叶评吸品质各项指标均未达到显著相关性^[13]。由表 1 结果可知，各处理烟叶中硬脂酸含量随生长过程的推进而逐渐减少；除了在移栽后 65 d 各处理差异较小外，其他各时期表现出有随有机肥配施比例增加烟叶中硬脂酸含量减少的趋势，即配施有机肥可降低烟叶中硬脂酸含量。

油酸是 C18 一稀不饱和脂肪酸，其含量增加会增加烟叶杂气和刺激性^[13]。从表 1 中可以看出，在整个生长过程，纯施无机肥的处理 1 油酸含量均高于其它处理。说明配施有机肥降低了烟叶中油酸的含量。

亚油酸是 C18 二稀不饱和脂肪酸，其含量增加会增加烟叶刺激性并产生涩味^{[8][15]}。从表 1 中可以看出，随着生长过程的推进，各处理的亚油酸含量逐渐降低。处理 1 和处理 2 烟叶中的亚油酸含量在整个生长期均高于其它处理。成熟期（移栽后 85 d）以处理 3 的亚油酸含量最低。可见，适量配施有机肥降低了成熟期烟叶中亚油酸的含量。

亚麻酸是 C18 三稀不饱和脂肪酸，与亚油酸一样，其含量增加会增加烟叶刺激性并产生涩味^{[8][15]}。烟株叶片亚麻酸含量在烤烟的生长过程中表现出与亚油酸含量相似的变化规律（表 1），即随着生长过程的推进含量逐渐降低。在移栽后 45 d 至 75 d，表现为随着有机肥施用比例的增加亚麻酸含量减少的趋势。成熟期（移栽后 85 d）以处理 3 的亚麻

表 1 有机无机肥配比对烟叶高级脂肪酸含量变化的影响
Table 1 Effect of different organic and inorganic nutrition on the higher fatty acid in flue-cured tobacco leaves mg·g⁻¹ DW

项目	处理	移栽后天数/d				
		45	55	65	75	85
豆蔻酸 C14: 0	1	0.828	0.226	未检出	未检出	0.108
	2	2.276	0.680	未检出	0.204	0.165
	3	2.034	0.506	未检出	0.335	0.440
	4	1.195	0.407	未检出	0.264	0.263
	5	0.585	未检出	未检出	0.249	0.189
棕榈酸 C16: 0	1	7.271	6.513	4.296	3.125	1.037
	2	8.725	7.089	3.951	2.156	2.926
	3	5.272	5.640	3.989	1.918	2.306
	4	6.525	5.729	3.631	2.371	1.775
	5	3.277	3.124	4.108	2.924	1.261
硬脂酸 C18: 0	1	1.155	1.249	0.764	0.601	0.576
	2	1.123	0.983	0.720	0.492	0.471
	3	0.933	0.840	0.781	0.307	0.283
	4	0.636	0.821	0.824	0.299	0.202
	5	0.505	0.554	0.662	0.327	0.184
油酸 C18: 1	1	2.387	1.366	1.296	0.879	0.936
	2	2.267	1.094	0.718	0.593	0.751
	3	2.070	0.883	0.613	0.520	0.447
	4	1.818	0.926	0.676	0.575	0.712
	5	1.343	0.468	0.563	0.567	0.390
亚油酸 C18: 2	1	4.241	3.038	1.956	1.427	1.547
	2	3.830	2.819	1.873	1.030	1.251
	3	2.737	2.432	1.515	0.715	0.400
	4	2.527	2.538	1.766	0.671	0.694
	5	2.284	2.139	1.452	0.858	0.448
亚麻酸 C18: 3	1	18.094	11.645	8.517	4.247	3.444
	2	15.327	10.691	7.215	2.925	3.007
	3	10.717	10.146	5.888	2.787	1.178
	4	10.305	9.054	4.936	2.616	1.803
	5	9.744	7.364	3.845	2.615	2.485

酸含量最低。说明适量配施有机肥有利于降低叶片中亚麻酸的含量。

烤后烟叶高级脂肪酸含量的测定结果如表 2。从表中结果可以看出,与纯施无机肥相比,配施有机肥明显提高了烟叶中总饱和脂肪酸含量,降低了总不饱和脂肪酸含量,表现为豆蔻酸、棕榈酸含量

表 2 有机无机肥配施对烤后烟叶高级脂肪酸含量的影响
Table 2 Effect of different organic and inorganic nutrition on the higher fatty acid in flue-cured tobacco leaves after curing mg·g⁻¹DW

处理	豆蔻酸	棕榈酸	硬脂酸	油酸	亚油酸	亚麻酸	总饱和脂肪酸	总不饱和脂肪酸
1	0.530	1.687	0.581	1.128	1.317	2.165	2.799	4.610
2	0.571	2.971	0.577	1.088	1.275	2.124	4.119	4.487
3	0.899	2.871	0.490	0.984	0.697	1.728	4.261	3.409
4	0.778	2.597	0.443	1.077	1.241	1.746	3.818	4.065
5	0.777	2.558	0.287	0.932	1.138	1.909	3.622	3.980

增加,而油酸、亚麻酸、亚油酸含量降低。各处理之间比较以处理 3 烟叶中总饱和脂肪酸含量最高,总不饱和脂肪酸含量最低。

2.4.1 有机无机肥配施对烟叶类胡萝卜素含量的影响

类胡萝卜素是脂溶性色素,其含量与烤烟的香气量和香气质密切相关。如表 3 所示,在烤烟生长前中期,叶片类胡萝卜素不断积累,现蕾打顶后,类胡萝卜素代谢随叶片的成熟衰老而逐渐分解。在烤烟生长前期,随着有机肥施用比例的提高,烟叶中类胡萝卜素含量降低,但打顶后,处理 3、处理 2 的类胡萝卜素降解速度较慢,在后期(移栽 75 d 至 85 d)类胡萝卜素含量反而高于纯无机肥处理(处理 1)。表明适量配施有机肥能减缓烤烟生长后期叶片中总类胡萝卜素的降解速度。

表 3 有机无机肥配施对烟叶总类胡萝卜素含量的影响
Table 3 Effect of combined application of organic and inorganic fertilizer on carotenoid content in flue-cured tobacco leaves mg·g⁻¹FW

处理	移栽后天数/d				
	45	55	65	75	85
1	0.141 a A	0.197 ab A	0.145 a A	0.126 a A	0.095 b AB
2	0.134 ab A	0.201 a A	0.137 a A	0.128 a A	0.105 a AB
3	0.124 bc A	0.189 b A	0.139 a A	0.130 a A	0.112 a A
4	0.121 bc A	0.171 c B	0.128 ab A	0.114 b AB	0.085 b BC
5	0.116 c A	0.166 c B	0.115 b A	0.099 c B	0.066 c C

2.4.2 有机无机肥配施对烟叶乙醚提取物含量的影响

乙醚提取物是指烟叶中不溶于水而溶于醚类的物质,主要由芳香油、树脂、色素、醛类、蜡质、低分子脂肪酸等组成,是形成烟叶芳香气味的因素^[14]。烟叶的乙醚提取物与烟叶的香气量成正比^{[8][21]}。表4结果表明,在旺长期和现蕾期,处理1烟叶乙醚提取物含量较高,高于其它处理;从移栽后65 d至75 d,即打顶后,处理2和处理3烟叶的乙醚提取物含量先后高于处理1,成熟期(移栽后85 d)以处理3的含量最高;处理4和处理5由于在整个生育期内烟株长势都较劣,乙醚提取物含量在整个生长期含量都显著地低于其他处理。

表 4 有机无机肥配施对烟叶乙醚提取物含量的影响
Table 4 Effect of combined application of organic and inorganic fertilizer on aether extract content in flue-cured tobacco leaves %

处理	移栽后天数/d				
	45	55	65	75	85
1	5.57 a A	5.94 a A	5.82 a A	5.52 a A	5.74 ab AB
2	5.44 a A	5.85 a A	5.96 a A	5.59 a A	5.85 a AB
3	5.19 b B	5.78 a AB	5.76 ab A	5.62 a A	6.01 a A
4	4.78 c C	5.55 b B	5.42 b AB	5.20 b B	5.45 bc BC
5	4.51 d D	5.25 c C	5.04 c B	4.96 c B	5.17 c C

2.4.3 有机无机肥配施对烟叶腺毛分泌物含量的影响

烟叶腺毛是指烟叶表面具有分泌功能的毛状体^[15]。其分泌物是烟叶香味和香气的前体物质^[16-18]，对烤后烟叶的香气和香味具有重要贡献，同时还与烟草的抗虫性密切相关^[19-23]。对成熟期烟叶表面腺毛的测定表明（见表5），叶面腺毛密度有随有机肥用量增加而增加的趋势，腺毛密度大的腺毛分泌物含量也多，表明有机肥促进叶表面腺毛的生长，分泌物旺盛，有利于香气物质的形成。

表 5 有机无机肥配施对烟叶叶面腺毛密度和分泌物含量的影响
Table 5 Effect of combined application of organic and inorganic fertilizer on glandular Trichome density and secretion content in flue-cured tobacco leaves

处理	腺毛密度 /(根·cm ⁻²)	叶面积 /cm ²	每叶腺毛数 /(×1000 根·L ⁻¹)	分泌物含量 /(mg·g ⁻¹ FW)	分泌物含量 /(mg·g ⁻¹ DW)
1	335	967.22	323.55	2.38	2.922
2	343	966.10	331.55	2.54	2.932
3	366	957.04	350.32	2.64	2.964
4	371	966.43	358.12	2.66	2.978
5	373	940.05	350.46	2.68	2.983

3 小结与讨论

脂类代谢是烟草致香物质分解转化的重要代谢过程。烟草的碳氮代谢产物先合成脂类、萜类等大分子化合物，然后在光、气和酶的作用下，转化形成挥发性致香物质^[24]。首先通过不同途径发生甘油三酯和其他脂类的水解释放脂肪酸，进一步在酶或非酶（光氧化和自动氧化）作用下形成醇、醛、酮、酸、酯类物质等^[13]。脂氧合酶催化不饱和脂肪酸在有氧条件下生成氢过氧化物，然后再经一系列不同的酶的作用最终生成对香气有双重影响的醇、醛、酮、酸、酯类物质等，其活性可作为衡量脂类代谢强度的指标。史宏志报道，脂氧合酶活性过高和过低均不利于烤烟烟叶良好品质的形成^[6]；而师会勤指出，创造适宜的环境条件增加脂氧合酶活性及其持续时间对烟叶品质形成是有利的^[25]。目前有关脂类代谢在烤烟生长过程中的调控还不清楚，尚有不同观点。

从烟叶各种生理代谢关系分析认为，在烤烟生长前期，过高或过低的高级脂肪酸、类胡萝卜素、乙醚提取物含量以及脂氧合酶活性不利于烟叶品质的形成，原因在于在烤烟生长前期，要求氮代谢旺盛以利于营养体的建立，氮代谢消耗碳水化合物，必然会使脂类等碳氢化合物含量减少。此时，若脂类代谢过旺会影响氮素代谢，不利于营养体的建立，但过弱则不利于脂类等香气前体物质的合成和积累。因此，这些物质在生长前期含量过高或过

低不利于烟叶优良品质的形成。在烟叶生长后期，光合作用强、光合产物向脂类物质转化比例提高，有利于烟叶中油脂的积累，此时脂氧合酶活性强有利于将与烟叶品质呈负相关的不饱和脂肪酸转化为香气物质，而保持较高的饱和脂肪酸、类胡萝卜素、乙醚提取物、腺毛分泌物含量，从而有利于烟叶品质的提高。

从本试验结果看（图1、表1至表5），在烤烟生长前期烟叶中的不饱和脂肪酸、类胡萝卜素、乙醚提取物含量、脂氧合酶活性随着有机肥施用比例的增加而降低，在烤烟生长后期有所变化，配施30%有机氮的处理3的脂氧合酶活性在生长后期高于其它处理，能催化分解较多的与烟叶品质呈负相关的不饱和脂肪酸，因此处理3的烟叶在生长后期亚油酸、亚麻酸含量低于其它处理，而对烟叶品质有利的饱和脂肪酸、类胡萝卜素、乙醚提取物含量超过了其它处理。

因此，在生产上可以通过调节烟株的有机无机肥配比供给调控烤烟的脂类代谢，从而调控其品质形成。

参考文献：

[1] 韩锦峰. 氮素用量、形态和种类对烤烟生长发育及产量品质影响的研究[J]. 中国烟草学报, 1992, (1): 44-52.
HAN Jingfeng. Research on effect of nitrogen amount、form and kind on growth and quality of flue-cured[J]. Journal of China Tobacco, 1992, (1): 44-52.

[2] 杨俊. 有机与无机肥对比对烤烟产质量的影响[J]. 中国烟草, 1990, (3): 34-37.
YANG Jun. Effect of combination with organic and inorganic fertilizers on yield and quality[J]. China Tobacco, 1990, (3): 34-37.

[3] 沈中全. 有机无机肥配合施用对烟草品质的影响[J]. 烟草科技, 1988, (6): 49-53.
SHEN Zhongquan. Effect of combined apply with organic and inorganic fertilizers on quality[J]. Tobacco Science and Technology, 1988, (6): 49-53.

[4] 韩锦峰, 吕巧灵, 杨素勤, 等. 饼肥种类及其与化肥对比对烤烟生长发育及产质的影响[J]. 河南农业科学, 1998, (6): 11-14.
HAN Jinfeng, LV Qiaoling, YANG Suqin, et al. Effects of cake fertilizer type and its combination with chemical fertilizers on growth, yield and quality of flue-cured tobacco[J]. Henan Agricultural Science, 1998, (6): 11-14.

[5] 刘泓, 杨邦俊, 王伯强. 有机肥与化肥配施对烤烟品质的影响[J]. 中国烟草科学, 1999, (1): 18-21.
LIU Hong, YANG Bangjun, WANG Boqiang. Effects of supplying organic manures combined with chemical fertilizers on quality of flue-cured tobacco[J]. China Tobacco Science, 1999, (1): 18-21.

[6] 史宏志, 韩锦峰, 刘卫群, 等. 氮素营养对烤烟类脂物含量和脂肪氧化酶活性的影响[J]. 中国烟草学报, 1997, (12): 41-47.
SHI Hongzhi, HAN Jinfeng, LIU Wei-qun, et al. Effects of nitrogen nutrition on lipid content and lipoxygenase activity in flue-cured to-

- bacco leaves[J]. Chinese Tobacco Journal, 1997, (12): 41-47.
- [7] 金永明, 张明福, 刘百战. 烟草中多元酸和高级脂肪酸的分析[J]. 烟草科技, 2002, (4): 21-24.
- JIN Yongming, ZHANG Mingfu, LIU Baizhan. Analysis of polybasic and higher fatty acids in tobacco[J]. Tobacco Science and Technology, 2002, (4): 21-24.
- [8] 王瑞新. 烟草化学[M]. 北京: 中国农业科技出版社, 2003.
- WANG Ruixin. Tobacco Chemistry[M]. Beijing: Chinese Agricultural Science and Technology Press, 2003.
- [9] 王瑞新, 韩富根, 杨素琴, 等. 烟叶化学品质分析[M]. 郑州: 河南科学技术出版社, 1990: 102-103.
- WANG Ruixin, HAN Fugen, YANG Suqin, et al. Chemical Quality Analysis for Tobacco Leaf[M]. Zhengzhou: Henan Science and Technology Press, 1990: 102-103.
- [10] 宫长荣, 林学梧, 李艳梅. 烟叶在烘烤过程中脂氧合酶活性及其作用的研究[J]. 西北农业学报, 1999, 8(4): 63-66.
- GONG Changrong, LIN Wuwu, LI Yanmei. Studies on the change of lipoxigenase activities and effect in tobacco leaf during the process of curing[J]. Acta Agriculturae Boreali-occidentalis Sinica, 1999, 8(4): 63-66.
- [11] 张荣平. 脂氧合酶在植物体内的生理功能[J]. 莱阳农学院学报, 1993, 10(1): 47-51.
- ZHANG Rongping. Physiological function of lipoxigenase in plants[J]. Journal of Laiyang Agricultural College, 1993, 10(1): 47-51.
- [12] DAVIS D L. Waxes and lipids in leaf and their relationship to smoking quality and aroma[J]. Recent Advance of Tobacco Science, 1976, (2): 80-106.
- [13] 韩锦峰, 史宏志, 王彦亭, 等. 不同氮量和氮源的烟叶高级脂肪酸含量及其与香吃味的关系[J]. 作物学报, 1998, 24(1): 125-127.
- HAN Jinfeng, SHI Hongzhi, WANG Yanting, et al. Higher fatty acid contents of flue-cured tobacco at different nitrogen level and source and its relation with flavour quality[J]. Acta Agronomica Sinica, 1998, 24(1): 125-127.
- [14] 史宏志, 刘国顺. 烟草香味学[M]. 北京: 中国农业出版社, 1998: 148-150.
- SHI Hongzhi, LIU Guoshun. Tobacco Scent Study[M]. Beijing: China Agricultural Press, 1998: 148-150.
- [15] 陈淑珍, 高致明, 马长力, 等. 烟草腺毛发育及其分泌活动对烟叶品质的影响[J]. 烟草科技, 1993, (4): 32-36.
- CHEN Shuzhen, GAO Zhiming, MA Changli, et al. Effect of tobacco glandular Trichome growth and excretion activity on quality[J]. Tobacco Science and Technology, 1993, (4): 32-36.
- [16] 韩锦峰, 宫长荣, 高致明. 烟叶成熟度与叶片组织细胞结构及烘烤热反应研究初探[J]. 河南农业大学学报, 1987, 21(4): 405-412.
- HAN Jinfeng, GONG Changrong, GAO Zhiming. Preliminary study on tobacco maturity and leaf cell structure and curing hot reaction[J]. Journal of Henan Agricultural University, 1987, 21(4): 405-412.
- [17] 时向东, 刘国顺, 韩锦峰, 等. 不同类型肥料对烤烟叶片腺毛密度、种类和分布规律的影响[J]. 中国烟草学报, 1999, (2): 19-22.
- SHI Xiangdong, LIU Guoshun, HAN Jinfeng, et al. Effect of different types of fertilizers on flue-cured tobacco leaf trichome density, type and distribution[J]. Journal of China Tobacco, 1999, (2): 19-22.
- [18] 时向东, 刘国顺, 袁秀云, 等. 不同肥料对烤烟叶片组织结构的影响[J]. 河南农业大学学报, 1998, 32(增刊): 101-105.
- SHI Xiangdong, LIU Guoshun, HAN Jinfeng, et al. Effect of different types of fertilizers on leaf organizational structure[J]. Journal of Henan Agricultural University, 1998, 32(Supplement): 101-105.
- [19] GREEN E, NIESLEN M T. Kaf trichomes in tobacco, insect relationship: 1, resistance to tobacco homworms. *Manduca sexta* L[J]. Tab Int, 1988, 190(13): 57-61.
- [20] JOHSON A W, SEVERSON R F, HUDSONON J, et al. Tobacco leaf trichomes and their exudates[J]. Tab Sci, 1985, 29: 67-72.
- [21] JOHSON A W. Evaluation of several *Nicotiana tabacum* entires resistance to two tobacco insect pests[J]. Tab Sci, 1978, 22: 41-43.
- [22] JOHSON A W, SEVERN R F. Physical and chemical leaf surface characteristics of aphid and susceptible tobacco[J]. Tab Int, 1982, 184(17): 49-53.
- [23] KEENE C K, WANGNER G J. Direct demonstration of duvatriendiol biosynthesis in glandular heads of tobacco trichomes[J]. Plant Physiol, 1985, (7): 1026-1032.
- [24] 韩锦峰. 烟草栽培生理[M]. 北京: 中国农业出版社, 2003: 250-256.
- HAN Jinfeng. Tobacco Plant Physiology[M]. Beijing: China Agriculture Press, 2003: 250-256.
- [25] 师会勤. 烤烟叶片中主要酶活性变化规律的研究进展[J]. 南昌高专学报, 2004, (3): 100-103.
- SHI Huiqin. Research progress on the change discipline of the main enzyme activity in flue-cured[J]. Journal of Nanchang Junior College, 2004, (3): 100-103.

Study on the effect of combined application of organic fertilizer and chemical fertilizer on flue-cured tobacco lipid metabolism

Gu Minghua¹, Zhou Xiao^{1,2}, Wei Jianyu², Zeng Xiangnan²

1. Agricultural college of Guangxi University, Nanning 530005, China; 2. China Tobacco Guangxi Industrial Co, Ltd, Nanning 530001, China

Abstract: This experiment studied the effect of organic fertilizer combined with chemical fertilizer on flue-cured tobacco lipid metabolism by different ratio treatment with field Trial. The main results are showed, matching organic fertilizer increased lipoxigenase activity at later stage, which boosted up lipid metabolism. Meanwhile, matching the appropriate amounts of organic fertilizer increased the total content of saturated fatty acid, carotenoid, aether extract, secretion and the density of glandular trichome, and decreased the total content of unsaturated fatty acid. The treatment which matched 30% organic fertilizer contained the highest content of total saturated fatty acid and the lowest content of total ansaturated fatty acid, which was beneficial to qualities of tobacco leaves.

Key words: flue-cured tobacco; combining application of organic and chemical fertilizer; lipid metabolism