

烤烟氮碱比失调的原因及对策研究

徐兴阳¹, 李 杰¹, 杨文清², 刘也琪³, 赵德斌³

(1. 云南省烟草公司昆明市公司, 云南 昆明 650051; 2. 云南省烟草公司昆明市公司 宜良分公司, 云南 宜良 652100; 3. 云南省烟草公司昆明市公司 寻甸分公司, 云南 寻甸 655200)

摘要: 为了探索导致昆明烟叶氮碱比失调的原因, 弥补制约昆明烟叶质量提升的这一关键短板. 采用以“烟站”为中心的均衡取样法对昆明烟叶氮碱比协调性现状进行评价, 使用烟样“均一性”法则对2008—2013年各部位烟叶氮碱比协调性的变化规律进行分析. 结果表明, 烟叶总氮、烟碱及氮碱比部位之间差异有统计学意义, 总氮和烟碱单项指标均在合理范围内. 但氮碱比普遍表现为下部叶不协调, 上部叶协调性较好, 中部叶局部区域不协调. 同时, 针对可能导致烟叶氮碱比失调的原因及其调控技术措施查阅了相关文献资料, 并提出了改善烟叶氮碱比协调性的调控技术措施, 对正确评价昆明烟叶氮碱比现状和改善昆明部分烟区烟叶氮碱比失调问题具有重要的参考价值.

关键词: 烤烟; 氮碱比; 协调性; 问题现状; 对策

中图分类号: S572 **文献标识码:** A **文章编号:** 1674-5639 (2019) 03-0001-06

DOI: 10.14091/j.cnki.kmxyxb.2019.03.001

Study on Causes and Countermeasures of Imbalance of Nitrogen to Nicotine Ratios in Leaves of Flue-cured Tobacco

XU Xingyang¹, LI Jie¹, YANG Wenqing², LIU Yeqi³, ZHAO Debin³

(1. Yunnan Tobacco Company Kunming Branch, Kunming, Yunnan, China 650051;

2. Yiliang Subsidiary Company of Yunnan Tobacco Company Kunming Branch, Yiliang, Yunnan, China 652100;

3. Xundian Subsidiary Company of Yunnan Tobacco Company Kunming Branch, Xundian, Yunnan, China 655200)

Abstract: In order to find out the cause of the imbalance of nitrogen to nicotine ratio in Kunming tobacco leaves, make up the key short board that affects the quality of tobacco leaves in Kunming area, the nitrogen to nicotine ratio coordination of tobacco leaves in Kunming was evaluated by using the balanced sampling method centered on “tobacco station”, and the regularity of nitrogen to nicotine ratio coordination of tobacco leaves in different parts from 2008 to 2013 was analyzed by the Law of Sample Uniformity. The results showed that the differences of total nitrogen, nitrogen to nicotine ratio of tobacco leaves at different parts were of statistical significance. The single indexes of total nitrogen and nicotine were within a reasonable range. However, the nitrogen to nicotine ratio generally showed incongruity in the lower leaves, good coordination in the upper leaves and partial incongruity in the middle leaves. Meanwhile, in view of the possible causes of nitrogen to nicotine ratio imbalance and the technical measures for its regulation and control, the relevant literatures were consulted, and the regulation and control measures for improving the coordination of nitrogen to nicotine ratio were put forward, which has important reference value for correctly evaluating the present situation of nitrogen to nicotine ratio of tobacco leaves and improving the problem of nitrogen to nicotine ratio imbalance of tobacco leaves in part of Kunming tobacco growing areas.

Key words: flue-cured tobacco; nitrogen to nicotine ratio; coordination; current situation; countermeasures

所谓氮碱比就是指烟叶总氮与烟碱的比值, 即总氮/烟碱, 通常作为衡量烤烟内在品质的一个重要

化学指标. 烤烟氮碱比以略 ≤ 1 为最佳^[1]. 研究表明, 若氮碱比 > 1 , 会严重影响烟叶的品质, 主要表现为

收稿日期: 2019-04-08

基金项目: 中国烟草总公司云南省公司重点项目“基于品牌导向的烟叶生产定向需求技术研究与应用”(2017YN12).

作者简介: 徐兴阳 (1974—), 男, 云南盐津人, 高级农艺师, 硕士, 主要从事烟草新品种、新技术、新方法、新材料等研究.

烟叶的香气量、劲头、浓度和刺激性等指标变差,且影响程度可达到显著或极显著水平^[2];配方叶组氮碱比对配方总体的感官质量和风格影响显著^[3]。

近年来,在昆明烟区的局部植烟区域内,出现了烟叶氮碱比超过 1 的不协调情况。除了气候条件影响外,可能还有其他一些因素在起作用。目前,尚未发现系统论述烟叶氮碱比协调性问题及对策的相关文献。为此,本研究拟对昆明烟区各部位烟叶氮碱比的变化规律进行分析,找出氮碱比失调的影响因素,提出改善氮碱比协调性的调控技术措施,以期为解决昆明烟叶的这一关键质量短板、提升昆明烟叶品质提供参考依据。

1 材料与方法

1.1 供试材料

2017 年,在昆明市 8 个植烟县级区域 53 个烟站抽取烟样 C3F 进行检测(检测数据基本特征详见表 1),开展烟叶氮碱比现状的研究。

2008—2013 年,收集昆明市 8 个植烟县级区域烤烟主栽品种烟样 60 组(每组含 X2F、C3F 和 B2F 烟样各 1 个),检测其总氮、烟碱和氮碱比(检测数据及统计结果见表 2~表 4),开展烟叶氮碱比分布规律的研究。

1.2 试验方法

针对烟叶氮碱比现状的研究,采用以“烟站”为中心的“均衡取样法”,在每个烟站随机挑选 6 个村小组的烟叶进行取样。烟叶氮碱比分布规律的研究,采用烟样“均一性”法则,即 X2F、C3F 和 B2F 各 60 个烟样,且每组烟样必须是相同烤烟品种。

1.3 数据处理

烟叶氮碱比分布规律的研究,借助 DPS 软件对两样本平均数进行 t 测验,将 60 组烟样分成“X2F 与 C3F”“X2F 与 B2F”“C3F 与 B2F”3 组成对数据。对两两成对数据进行统计分析,通过每组成对数据的 P 值判断部位(等级)间的差异统计学意义,统计结果见图 1~图 3。

2 结果与分析

2.1 昆明烟叶氮碱比的协调性现状

从表 1 看出,全市 C3F 烟叶总氮质量分数平均为 1.75%,烟碱质量分数平均为 1.95%,氮碱比平均为 0.91。全市 C3F 烟叶总体均表现为烟碱偏低,总氮适宜,氮碱比协调,但从县级区域来看,寻甸、禄劝和富民的烟叶氮碱比大于 1,不协调,需要重点关注和改进。

表 1 昆明烟区 2017 年 C3F 烟叶总氮、烟碱及其协调性的基本统计特征

县级 区域	总氮				烟碱				氮碱比			
	$\bar{X} \pm SD$	CV/%	偏度	峰度	$\bar{X} \pm SD$	CV/%	偏度	峰度	$\bar{X} \pm SD$	CV/%	偏度	峰度
安宁	2.00 ± 0.68	34.2	3.866	15.822	2.20 ± 0.52	23.8	-0.081	-0.082	0.95 ± 0.34	36.3	1.859	4.198
石林	1.92 ± 0.37	19.3	0.452	-0.604	2.20 ± 0.63	28.5	0.734	0.212	0.91 ± 0.21	23.1	0.832	0.951
宜良	1.54 ± 0.25	16.0	0.622	-0.030	2.11 ± 0.50	23.7	-0.116	0.366	0.77 ± 0.21	27.2	1.383	2.151
嵩明	1.84 ± 0.34	18.4	1.123	0.732	2.03 ± 0.50	24.5	0.356	-0.114	0.93 ± 0.17	18.4	0.745	0.118
寻甸	1.75 ± 0.33	18.9	1.253	1.564	1.87 ± 0.74	39.6	1.804	5.748	1.03 ± 0.30	29.5	0.955	0.753
晋宁	1.51 ± 0.26	17.1	0.386	-0.756	1.80 ± 0.70	38.7	0.399	-0.809	0.94 ± 0.32	34.0	0.949	-0.207
禄劝	1.81 ± 0.35	19.2	-0.078	-1.039	1.71 ± 0.57	33.4	0.400	-0.879	1.15 ± 0.35	30.5	0.881	0.769
富民	1.66 ± 0.18	11.2	0.958	1.167	1.55 ± 0.36	23.3	0.036	-1.392	1.11 ± 0.22	19.5	0.172	-1.089

2.2 各部位烟叶氮碱比的分布规律

2.2.1 基本统计特征分析

由表 2~表 4 可知,各部位烟叶总氮质量分数的偏度值均在 -1 与 1 之间,说明样本内的变异符合或近似正态分布,但烟碱质量分数(除 B2F)和氮碱比(除 X2F)的偏度值均 >1,不符合正态

分布。从烟叶部位来看,各指标的变异系数大小排序均表现为: $CV(X2F) > CV(C3F) > CV(B2F)$,由此说明下部烟叶这 3 项化学指标的稳定性最差;从各指标来看,变异系数大小排序几乎均表现为: $CV(\text{烟碱}) > CV(\text{氮碱比}) > CV(\text{总氮})$,说明这 3 项化学指标中烟碱稳定性最差。

表 2 昆明烟区 2008—2013 年烟叶总氮质量分数的基本统计特征

部位	样本/个	$\bar{X} \pm SD$	SE	CV/%	偏度	峰度
X2F	60	1.79 ± 0.39	0.05	21.53	0.495	0.680
C3F	60	2.19 ± 0.32	0.04	14.54	0.218	-0.844
B2F	60	2.67 ± 0.36	0.05	13.42	-0.212	-0.571

表 3 昆明烟区 2008—2013 年烟叶烟碱质量分数的基本统计特征

部位	样本/个	$\bar{X} \pm SD$	SE	CV/%	偏度	峰度
X2F	60	1.53 ± 0.69	0.09	45.26	1.357	2.656
C3F	60	2.29 ± 0.64	0.08	28.07	1.167	2.907
B2F	60	3.48 ± 0.83	0.11	23.89	0.018	-0.282

表 4 昆明烟区 2008—2013 年烟叶氮碱比的基本统计特征

部位	样本/个	$\bar{X} \pm SD$	SE	CV/%	偏度	峰度
X2F	60	1.35 ± 0.51	0.07	37.74	0.770	0.592
C3F	60	1.02 ± 0.28	0.04	27.65	1.139	1.474
B2F	60	0.80 ± 0.20	0.03	24.92	1.060	1.291

2.2.2 显著性检验

由图 1 ~ 图 3（图中 ** 表示差异有统计学意义）可知，各部位烟叶的总氮、烟碱和氮碱比 3 项指标间差异均有统计学意义。从单向指标来看，总氮和烟碱质量分数基本均在合理范围，而氮碱比则以上部叶（B2F）较合理，中部叶（C3F）基本合理，而下部烟叶（X2F）氮碱比指标明显 > 1，协调性较差。由此可见，烟叶氮碱比不协调主要表现为下部叶，其次是中部叶，具体原因主要是总氮质量分数偏高，而烟碱质量分数偏低。

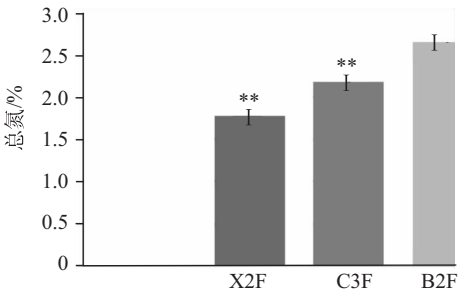


图1 X2F, C3F和B2F烟样两两成对数据总氮质量分数分析

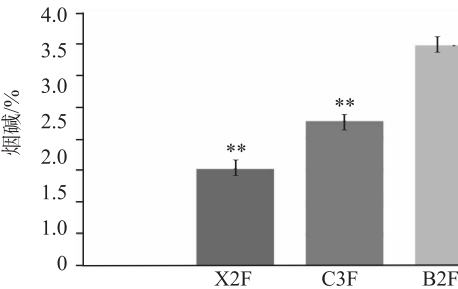


图2 X2F, C3F和B2F烟样两两成对数据烟碱质量分数分析

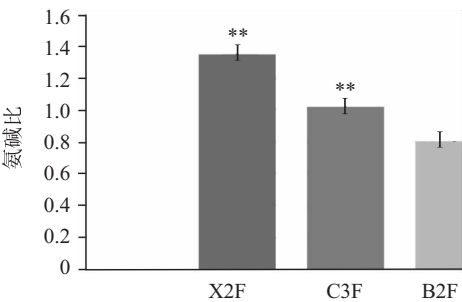


图3 X2F, C3F和B2F烟样两两成对数据氮碱比分析

3 烟叶氮碱比不协调的主要原因分析

从氮碱比计算公式来看，造成该项指标不协调的原因有两个方面，一是总氮质量分数适中，烟碱质量分数偏低；二是烟碱质量分数适中，总氮质量分数偏高。从昆明烟叶化学指标来看，以烟碱质量分数偏低和总氮质量分数偏高为主要影响因素。

3.1 烟叶烟碱质量分数偏低的原因分析

烟碱总量的 99% 由根系合成，特别是根尖 0 ~ 3 cm 长度范围内的根系烟碱合成能力最强，然后通过木质部向烟株地上部的其他器官或部位运输^[4-7]。据报道^[8-10]，近年来昆明市植烟土壤中根结线虫的种群数量呈逐年上升趋势，其危害已上升为当地烟叶生产的主要病害，已经从以往的南方根结线虫为优势种演变为南方根结线虫、花生根结线虫和爪哇根结线虫并存的现象，占总根结线虫种类的 97.5%。因此，

根结线虫的危害可能是导致烟碱质量分数下降的主要原因之一。

另据报道^[11]，近年来昆明烟区的基本烟田每年都在流失，致使实现隔年轮作的目标难以实现，部分片区烤烟连作现象突出，根部病害严重。另外，长期施用化肥和化肥施用不当，造成结构不良、土壤有益微生物减少，最终导致根系发育不良^[12-16]。因此，烤烟连作、长期施用化肥和化肥施用不当等，会导致烟株根系发育不良，养分吸收不好，这可能是导致烟碱质量分数下降的又一类主要诱因。

3.2 烟叶总氮质量分数偏高的原因分析

研究^[17-18]表明，氮肥形态会影响烤烟对氮肥的需求量、利用率和烟叶产质量，铵态氮（ NH_4^+ ，如碳酸氢铵、硫酸铵、氯化铵、氨水等）和硝态氮（ NO_3^- ，如硝酸钠、硝酸钙、硝酸钾等）各占50%则有利于促进烤烟产质量形成。但是，当前昆明烟区烤烟前作较为复杂，有相当一部分是秋玉米和秋豌豆，而施入的氮肥均为酰胺态氮（尿素 $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$ ）或铵态氮，由于其具有持效期长的特点，势必影响后作烤烟烟叶中总氮质量分数。因此，前作的肥料种类选择及施肥不当可能是烟叶总氮质量分数偏高的主要原因之一。

另有研究^[19-20]表明，总氮质量分数随烟叶成熟度档次的提高而不断减少，但在不同部位的烟叶中，硝酸还原酶活性表现为中部烟叶含量最高，下部和上部烟叶含量较低。由此说明，下部和上部烟叶总氮质量分数偏高是烤烟本身的特性决定的，但可以通过提高营养水平，适当推迟采收，提高烟叶成熟度的方式来降低总氮质量分数。

3.3 烟叶氮碱比失调的原因分析

研究^[21]表明，烟叶的氮碱比随叶长、叶宽的增加而上升，随叶面密度的增加而逐渐下降。因此，过量施氮导致烟株过量吸收，造成烟株发育过于充分，这也可能是导致烟叶氮碱比失调的主要原因之一；而适当让烟株经历干旱等逆境使叶片适当增厚，可能有利于降低烟叶氮碱比。

还有研究^[22]表明，土壤环境中镉含量的增加会导致烟叶氮碱比升高，化学成分不协调。镉是影响烟叶安全性的重金属，种植烟叶必须避开镉超标

的土壤。因此，烟叶氮碱比失调的原因很多，因各地区不同而情况各异。

4 烟叶氮碱比的调控技术措施探讨

上述表明，在改善烟叶氮碱比协调性的调控技术措施中，首先要考虑烟叶种植布局，烟叶种植区规划必须避开土壤重金属镉超标的区域。另外，还必须辅以下列栽培技术措施。

4.1 针对烟叶烟碱偏低的调控技术措施

1) 选择高烟碱品种。目前，生产上尚无这方面可供选择的优良烤烟品种，但云南省已经通过 TILLING 技术筛选获得调控烟碱合成基因 *Nt-JAZI* 的突变体材料，并选育出携带 *NtJAZI* 纯和突变体的高烟碱定向改良新品系 YN01，其烟碱含量较对照提高40%，有望取得突破，早日应用于生产。

2) 调整种植密度，适当增加株行距。以往对降低上部叶烟碱含量的研究较多，这些研究^[23-24]表明，种植密度与烟叶的长度及烟碱含量呈极显著的负相关。为此，针对昆明烤烟生产实际，可以将株行距从原来的 $1.1 \sim 1.2 \text{ m} \times 0.5 \text{ m}$ ，统一调整为 $1.2 \text{ m} \times 0.6 \text{ m}$ ，通过适当增加株行距，提高烟叶烟碱含量。

3) 开展根结线虫的防治。目前，市场上已经有大量防治根结线虫的药剂，各地也开展了相关防治药剂的筛选和防治方法的研究。如宋辉等^[25]在临沧耿马勐撒烟区增施腐熟农家肥的基础上，施用5%神农丹颗粒剂+0.5%肯邦线尊颗粒剂，可以防治烟草根结线虫病和增加经济效益；闫芳芳等^[26]在四川攀枝花仁和烟区，采用孔雀草与淡紫拟青霉两种生防制剂协同作用对烟草根结线虫有较好的防治效果；但徐兴阳等^[11]研究认为，根结线虫对生防制剂的敏感性有差异，以金东旺防治花生根结线虫效果最好，以阿维菌素防治南方根结线虫的效果最好，而且发现有助于根系发育的哈慈木霉对根结线虫的防效并不理想。

4) 实行科学轮作，克服烟草连作障碍。合理轮作是克服烟草连作障碍最有效的措施，但在实际生产中，科学合理的隔年轮作难以实现的^[10]。为此，烤烟要像解决三七连作障碍一样开展相关研究^[27]，三七可以采用仿生种植技术克服连作障碍^[28]，而克服烟草连作障碍的种植

技术目前尚没有系统的研究和报道。当然, 腐熟农家肥及商品有机肥都能在一定程度上改良土壤和促进烟株根系发育, 可在一定程度上降低连作对烤烟生长及产质量的负面影响, 应重视合理应用^[29]。

4.2 针对烟叶总氮偏高的调控技术措施

1) 实施前作氮肥形态管控。研究^[30]表明, 单纯施用铵态氮或酰胺态氮的处理, 烟叶中的总氮含量高于单纯施用硝态氮或硝态氮与铵态氮等量配施的处理, 施用酰胺态氮和铵态氮会增加烟叶的总氮含量。为此, 我们应对烤烟前作, 特别针对豌豆、油菜、玉米等小春前作应实施氮肥形态管控, 杜绝在小春作物上施用酰胺态氮, 最好施用硝态氮与氨态氮合理混配的复合肥, 做到科学合理施肥。

2) 控制氮肥用量、时期, 重视水肥耦合技术的应用。研究^[31]表明, 氮肥施用量对烟叶总氮的影响达到显著水平, 烟叶总氮含量与施肥量呈正相关。另外, 昆明烟区移栽期至团棵期, 甚至到旺长初期, 常年会出现干旱或花旱现象, 施入的肥料往往不能在烤烟营养生长期被有效利用。如果干旱或花旱与氮肥施用过晚以及后期多雨、低温、寡照叠加, 势必会导致烟株后期出现返青、贪青晚熟, 甚至出现黑爆烟, 致使烟叶总氮含量偏高。为此, 施肥一定要遵循“气候肥力规律”^[32], 在烟株进入旺长初期前将氮肥全部施完, 同时应高度重视水肥耦合技术^[33-34], 让根际土壤中的速效氮在烤烟进入下部叶成熟阶段几乎被耗尽^[35]。

3) 推行集中成熟采收模式。可以采取下部、中部、上二棚和上部4~6片叶集中采收的“四次采烤模式”, 提高烟叶采收成熟度。有研究^[36-37]表明, 上部4~6叶片带茎砍收有利于烟叶质量的提高, 但因其费工、费时、成本高、占用空间大等因素, 没有被大面积推广应用^[38]。

4.3 用法律保障和政策支撑, 加大土壤修复和保护力度

健康的土壤是保障优质烟叶产质量的根本前提。土壤酸化是化肥长期应用的一个大趋势^[12], 针对酸性土壤施用石灰改良也是改善烟叶氮碱比协调性的一项重要措施^[39]。当前, 我国将控制化肥施用量, 实现化肥用量零增长作为保护生态环

境的一项主要措施, 从而为土壤的修复和保护提供了政策支撑^[40]。更值得一提的是, 2019年1月1日起, 《中华人民共和国土壤污染防治法》正式实施, 从而为土壤的修复和保护提供有力的法律保障^[41]。

[参考文献]

- [1] 王瑞新. 烟草化学 [M]. 北京: 中国农业出版社, 2003.
- [2] 周恒, 许自成, 戴亚, 等. 我国主产烟区烤烟总氮、总植物碱、氮碱比与感官质量的关系分析 [J]. 江西农业学报, 2009 (7): 18-21.
- [3] 杨超, 丁根胜, 万里兴, 等. 基于烟叶化学成分的卷烟叶组感官质量和风格研究 [J]. 烟草科技, 2018, 51 (8): 85-91.
- [4] 王瑞新. 烟草生物碱的生物合成及代谢 [J]. 河南农业大学学报, 1998, 22 (1): 25-30.
- [5] DAWSON R F, SOLT M L. Estimated contributions of root and shoot to the nicotine content of the tobacco plant [J]. Plant Physiology, 1959, 34: 656-661.
- [6] DAWSON R F, CHRISTMAN D R. Biosynthesis of the pyridine ring of nicotine [J]. J Am Chem Soc, 1959, 78: 26-45.
- [7] 徐晓燕, 孙五三, 李章海, 等. 烤烟根系合成烟碱的能力及 pH 值对其根系和品质的影响 [J]. 安徽农业大学学报, 2004, 31 (3): 315-319.
- [8] 徐兴阳, 罗华元, 饶智, 等. 昆明植烟土壤根结线虫种群动态研究 [J]. 昆明学院学报, 2013, 35 (6): 11-14.
- [9] 徐兴阳, 杨艳梅, 端永明, 等. 昆明烤烟种植区根结线虫种类的初步鉴定 [J]. 云南农业大学学报 (自然科学), 2017, 32 (5): 947-951.
- [10] 徐兴阳, 杨艳梅, 李杰, 等. 昆明烟区根结线虫种类及生防制剂防效评价 [J]. 昆明学院学报, 2017, 39 (6): 1-6.
- [11] 欧阳进, 徐兴阳, 胡卫宗, 等. 昆明烟叶生产稳定持续发展研究报告 [J]. 昆明学院学报, 2014, 36 (3): 27-30.
- [12] GUO J H, LIU X J, ZHANG Y, et al. Significant acidification in major Chinese croplands [J]. Science, 2010, 327: 1008-1010.
- [13] 靳志伟. 植烟土壤板结的原因分析及治理方法 [C] //中国烟草学会. 中国烟草学会 2017 年优秀论文集. 北京: 中国烟草学会, 2017: 1-4.
- [14] 晋艳, 杨宇虹, 段玉琪, 等. 烤烟轮作、连作对烟叶产量质量的影响 [J]. 西南农业学报, 2004, 17

- (增刊): 267-271.
- [15] 于方玲. 连作对填充型烤烟化学成分和生理特性的影响 [D]. 哈尔滨: 东北林业大学, 2010.
- [16] 刘国顺. 国内外烟叶质量差距分析和提高烟叶质量技术途径探讨 [J]. 中国烟草学报, 2003, 9 (增刊1): 54-58.
- [17] 冯柱安, 彭桂芬. 不同氮素形态对烤烟品质影响的研究 [J]. 中国烟草科学, 1998 (4): 11-15.
- [18] 徐茜, 彭桂芬, 何穗伟, 等. 不同氮素形态对烤烟品质影响的研究 [J]. 烟草科技, 1997 (6): 38-40.
- [19] 徐兴阳, 廖孔凤, 代瑾然, 等. 不同鲜烟叶成熟度的组织结构和生理生化研究 [J]. 云南大学学报 (自然科学版), 2017, 39 (2): 313-323.
- [20] 廖孔凤, 徐兴阳, 代瑾然, 等. 2个生态区不同成熟度烟叶生理生化指标的研究 [J]. 西南农业学报, 2016, 29 (2): 281-287.
- [21] 李东亮, 许自成, 肖洪. 烤烟总氮含量和氮碱比与物理性状的关系分析 [J]. 江西农业大学学报, 2008, 30 (4): 207-210.
- [22] 袁祖丽, 马新明, 韩锦峰. 镉污染对烟草叶片超微结构及部分元素含量的影响 [J]. 生态学报, 2005, 25 (11): 2019-2028.
- [23] 上官克攀, 杨虹琦, 罗桂森. 种植密度对烤烟生长和烟碱含量的影响 [J]. 烟草科技, 2003 (8): 42-45.
- [24] 简永兴, 杨磊, 董道竹, 等. 种植密度对新 K326 上部烟叶农艺性状及烟碱含量的影响 [J]. 作物杂志, 2005 (6): 14-17.
- [25] 宋辉, 亚平, 杨明文, 等. 烟草根结线虫病防治药剂的田间筛选研究 [J]. 云南农业大学学报 (自然科学), 2011, 26 (6): 740-748.
- [26] 闫芳芳, 曾庆宾, 陈寿明, 等. 孔雀草与淡紫拟青霉协同作用防治烟草根结线虫效果 [J]. 安徽农业科学, 2016, 44 (30): 87-89.
- [27] 刘莉, 刘大全, 金航, 等. 三七连作障碍的研究进展 [J]. 山地农业生物学报, 2011, 30 (1): 70-75.
- [28] 朱有勇. 利用“仿生技术”解决中药材连作障碍难题 [EB/OL]. [2019-02-10]. <http://www.yn.xinhuanet.com>.
- [29] 徐兴阳, 戴恩, 张俊文, 等. 符合优质烟叶生产的“商品”有机肥筛选研究 [J]. 昆明学院学报, 2015, 37 (3): 1-5.
- [30] 唐伟杰. 水旱土壤中氮素形态变化规律及对烤烟产质量的影响 [D]. 长沙: 湖南农业大学, 2009.
- [31] 夏玉珍, 鲁绍坤, 王毅, 等. 种植密度和施肥量对烟叶生长和质量的影响 [J]. 农学学报, 2015, 5 (2): 19-24.
- [32] 张国显, 王闷灵, 谢德平, 等. 豫西旱作烤烟优质稳产的优化水分管理模式研究 [J]. 干旱地区农业研究, 1999 (1): 20-24.
- [33] 张晓海, 苏贤坤, 廖德智, 等. 不同生育期水分调控对烤烟烟叶产质量的影响 [J]. 烟草科技, 2005 (6): 36-38.
- [34] 谢会雅. 水肥耦合对烤烟养分吸收及烟叶产量和品质的影响 [D]. 长沙: 湖南农业大学, 2008.
- [35] 王东胜, 刘贯山, 李章海. 烟草栽培学 [M]. 合肥: 中国科学技术大学出版社, 2002.
- [36] 徐秀红, 王爱华, 王传义, 等. 烘烤期间带茎采收的烤烟顶叶某些生理生化特性变化 [J]. 烟草科技, 2006 (6): 51-54.
- [37] 卢云天. 带茎采收及其配套技术对烤烟上部叶可用性影响研究 [D]. 福州: 福建农林大学, 2006.
- [38] 谢已书, 武圣江, 潘登华, 等. 不同采烤方式对烤烟上部6叶烘烤质量及可用性的影响 [J]. 贵州农业科学, 2012, 40 (11): 77-81.
- [39] 熊德中, 李春英. 施用石灰对福建低 pH 植烟土壤的效应 [J]. 中国烟草学报, 1999 (1): 25-29.
- [40] 农业部. 关于印发《到 2020 年化肥使用量零增长行动方案》和《到 2020 年农药使用量零增长行动方案》的通知 [EB/OL]. [2019-02-10]. <http://www.moa.gov.cn>.
- [41] 郭薇. 《土壤污染防治法》全票通过 2019 年 1 月 1 日起实施 [N]. 中国环境报, 2018-09-03 (5).