

储烟害虫防治过程中减少磷化氢使用量和排放量的措施

汤朝起, 姚衡洲, 张俊, 黄慧

[上海烟草(集团)公司, 上海 200082]

摘要: 为了减少烟草仓贮害虫防治过程中磷化氢的使用量和向大气的直接排放量, 考察了不同清洁隔离措施对仓内虫口数量的影响, 开展了不同温度条件下低剂量磷化铝熏蒸试验及熏蒸余气磷化氢的化学吸收处理试验。结果发现: 1) 隔离仓间的虫口数量远低于普通仓间; 2) 在夏季较高温度条件下, 磷化铝熏蒸的用药量可以由常规的 6.0 g/m^3 左右降低至 4.0 g/m^3 左右; 3) 饱和漂粉精溶液能有效吸收磷化氢, 但在大规模试验中难以实现一次性的彻底净化。研究表明, 减少磷化氢的使用量和排放量, 应当从加强清洁隔离、适当降低磷化铝熏蒸的单位体积用药量、对熏蒸余气进行净化处理等三个方面采取综合措施。

关键词: 害虫; 清洁; 磷化氢; 熏蒸

中图分类号: S435.72

文章编号: 1007-5119(2010)01-0016-06

DOI: 10.3969/j.issn.1007-5119.2010.01.005

Reducing Phosphine Usage and Atmospheric Emission during Insect Control Process in Tobacco Storage

TANG Zhaoqi, YAO Hengzhou, ZHANG Jun, HUANG Hui

[Shanghai Tobacco (Group) Corp., Shanghai 200082, China]

Abstract: In order to reduce the usage and the direct emission of phosphine into the atmosphere during insect control process in tobacco storage, we investigated the effect of different cleaning and isolate measures on insect population, and conducted an experiment on low-dose aluminium phosphide fumigation at different temperatures and the chemical absorption experiment of phosphine. The results showed that the insect population in isolated warehouses was lower than that in the ordinary warehouses, and at high temperature in summer, the conventional aluminium phosphide unit dosage 6.0 g/m^3 could be reduced to about 4.0 g/m^3 ; while the saturated calcium oxychloride solution proved moderately effective in reducing phosphine, although not completely. We suggest that comprehensive consideration is necessary in reducing the usage and the direct release of phosphine into the atmosphere, with the measures of warehouse sanitation, fumigation with low fumigant unit dosage and phosphine decontamination after fumigation.

Keywords: insect; sanitation; phosphine (PH_3); fumigation

磷化氢熏蒸是烟草仓贮害虫综合防治体系中的支撑性技术^[1-3]。当发现有较多的害虫存在时, 使用磷化氢进行熏蒸杀虫几乎是必然选择^[2]。然而, 磷化氢是一种剧毒气体, 人吸入低浓度的磷化氢即会产生中毒症状直至生命危险^[4]。因此, 美国国家环保局在 20 世纪 70 年代就对磷化氢气体排放的安全问题提出了质疑^[5], 并引发了广泛的讨论。研究表明^[5], 阳光下, 磷化氢的半衰期约是 8 h, 当排向大气后, 磷化氢会在紫外线和氧气的作用下很快降解成

多种形式的磷酸根, 而这些磷酸根都是低毒的。烟叶仓库大多位于远离市区的郊外。磷化氢熏蒸余气排放后经稀释衰减, 一般不会对人的健康构成威胁。因此, 常规做法是将磷化氢直接排放到大气中, 未对磷化氢熏蒸余气进行净化处理。然而, 随着我国城市化建设的快速发展, 很多原本位于郊区的烟叶仓库, 目前已处于市区, 这一变化对磷化氢熏蒸余气排放的安全问题提出了重新质疑。

作者简介: 汤朝起, 男, 工程师, 主要从事烟叶品质评价使用与烟草仓储科技工作。E-mail: zhaokitang@sina.com

收稿日期: 2009-06-30

有关磷化氢熏蒸的文献很多^[1-6],但主要侧重于如何提高熏蒸有效性方面的研究。近年来,关于磷化氢熏蒸余气净化处理的研究也屡见报道^[7-8]。但对于在储烟害虫防治过程中如何系统研究磷化氢的使用及排放问题,既要保证磷化氢熏蒸的有效性又要减少磷化氢的使用量和向大气的直接排放量,则鲜见报道。笔者拟对此作初步的探讨,以体现“环境友好”的时代要求。

1 材料与方法

1.1 虫情监测

所有烟叶仓间内,每3 000 m³左右设置烟草甲 *Lasioderma serricorne* (Fabricius) 和烟草粉螟 *Ephestia elutella* (Hubner) 性外激素诱捕器各1个。诱捕器粘挂在离地面约1.5 m的墙壁或柱子上。每周定时进行虫口计数。诱捕器监测的时间为每年4月份至10月底11月初,每6周更换1次诱捕器。

由于每个仓间的容积基本相同,因此可以仓间为单位统计虫口数量。用SPSS 11.5统计软件进行数据分析,用Duncan新复极差法进行多重比较。

1.2 清洁隔离措施

1.2.1 普通仓间 旧仓间。建成时间较早,使用时间较长,局部地面、墙壁和屋顶等处可能出现小缝隙。用扫帚和拖把等简易工具定期进行清扫。

1.2.2 新建仓间 新近建造的烟叶仓间。地面、墙壁和天花板无缝、无漏、无积尘、无卫生死角,基础条件好。用扫帚和拖把等进行常规清扫。

1.2.3 隔离仓间 对普通仓间进行下述改造而成为隔离仓间:1)用涂料对地面、墙壁和天花板进行填缝处理和重新粉刷;2)用塑料膜密封所有不必要的孔洞;3)安装可拆卸的纱窗和纱门,纱网孔径1.0 mm×1.0 mm,并在门的上方安装自动风幕机。除进行常规清扫外,还用吸尘器进行补充清扫。

1.3 磷化氢熏蒸及余气净化处理

1.3.1 常规分垛熏蒸 烟垛用帐幕密封。熏蒸药剂为磷化铝片剂,药剂用量6.0 g/m³。普通仓间、新建仓间以及大多数隔离仓间内的烟叶,每年熏蒸2次,分别在4—6月份和8月下旬至10月底进行。

1.3.2 专用气熏室熏蒸 专用气熏室系钢混结构建筑,24 m×18 m×6 m,可以堆放1 600~1 900箱烟叶。专用气熏室布置了气体进出管道,室内安装由美国华瑞科学仪器(上海)公司提供的磷化氢检测仪,每15分钟自动检测记录仓内磷化氢浓度。熏蒸药剂为磷化铝片剂,药剂用量3.9 g/m³。

不同温度条件下的熏蒸:同一气熏室,相同的熏蒸药剂及用量,分别在2005年8月(夏季,室内温度约25~30℃)和2006年1月(冬季,室内温度约5~10℃)进行熏蒸试验。

磷化氢熏蒸余气的化学吸收处理:2006年4月,按丁百全等^[7-8]的方法,进行磷化氢熏蒸余气化学吸收处理,气流方式为鼓泡塔式。化学吸收剂为饱和漂粉精溶液,主要成分为Ca(ClO)₂。

2 结果

2.1 清洁隔离措施对储烟害虫防治的作用

由图1可知,普通仓间和新建仓间在虫口数量上存在较大的差异。采用同样的常规清扫和熏蒸杀虫措施,新建仓间由于硬件较好,地面、墙壁和天花板无缝、无漏、无积尘,仓内虫害明显较轻;普通仓间由于基础条件较差,常规清扫难以达到深度清洁的要求,仓内的虫口数量因此相对较多。结果表明,普通仓间与新建仓间在基础条件(硬件)上的差异,导致了仓内清洁卫生状况的差异,并造成了虫情的差异。

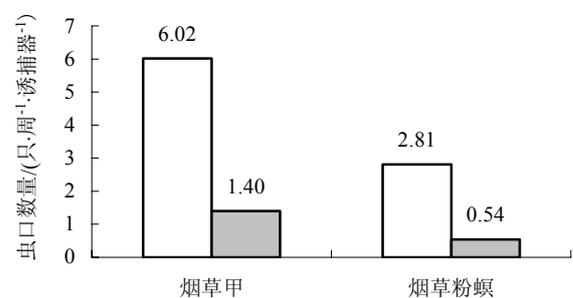


图1 2000年普通仓间(1.3×10⁵ m²)和新建仓间(0.2×10⁵ m²)虫口数量

Fig. 1 Insect population in ordinary warehouses (1.3×10⁵ m²) and new warehouses (0.2×10⁵ m²) in the year of 2000

为了进一步检验清洁卫生措施对储烟害虫防治的作用,对部分普通仓间进行了清洁隔离改造,使之成为隔离仓间。填缝粉刷处理消除了害虫的藏身之处,吸尘器的应用使清扫更加彻底,纱门和纱窗的安装隔绝了仓外害虫的侵入,风幕机的应用使烟叶进出仓时有了一道空气屏障。由表 1 可知,隔离仓间内的虫口数量明显少于普通仓间。另外,为了研究减少熏蒸频次的可能性,对其中 1 个隔离仓间内的烟叶只进行了入仓时的 1 次熏蒸。虫情监测结果表明,该隔离仓间内的烟叶虽然经受的熏蒸次数较少,但在考察期间其虫口数量为零。试验结果表明,良好的清洁隔离措施能够降低对熏蒸的依赖,是储烟害虫防治不可忽视的重要手段。

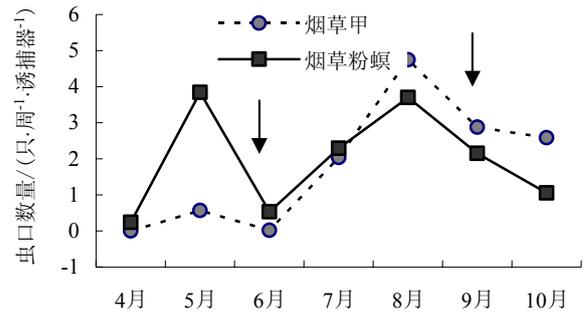
表 1 2005—2006 年普通仓间和隔离仓间的虫口数量
Table 1 Insect population in ordinary warehouses and in the isolated warehouses in 2005-2006

仓间类型	仓间数量/个	虫口数量/(只·年 ⁻¹ ·仓间 ⁻¹)	
		烟草甲	烟草粉虱
普通仓间	28	19.71 A	34.30 A
隔离仓间	12	0.08 B	0.50 B

2.2 磷化氢熏蒸

2.2.1 普通仓间内常规分垛熏蒸 图 2 为普通仓间的虫情检测结果。随着气温的升高,5 月份虫口数量快速增加,6 月初进行磷化氢熏蒸之后,当月的虫口数量骤降。但由于普通仓间的卫生条件较差,其地面、墙壁和屋顶等处难免会有一些缝隙,并伴有少量的烟屑和积尘。这些缝隙通常会成为害虫的藏身之处,而用扫帚和拖把等简易工具所做的常规清扫很难清除干净。常规的分垛熏蒸只对垛内空间进行了熏蒸,对垛外空间则无杀虫作用。另外,普通仓间的门窗未用纱网作隔离措施,无法避免害虫的交叉侵染。因此,在 7—8 月份的高温季节,虫口数量很快又回复至较高水平。9 月中旬再次进行熏蒸,虫口数量再次骤降,而后随着秋冬季低温的到来,虫口数量渐减。

该结果表明,磷化氢熏蒸(常规分垛熏蒸)能在短时间内显著降低普通仓间内的虫口数量;但对于卫生状况相对较差的仓库,依靠常规的清扫和频繁的熏蒸难以取得良好的防治效果。



注:箭头所指处表示该时段进行了磷化氢熏蒸杀虫处理。

图 2 2001 年普通仓间(共计约 $1.3 \times 10^5 \text{ m}^2$) 虫情监测结果
Fig. 2 Insect population in the ordinary warehouses (about $1.3 \times 10^5 \text{ m}^2$) in the year of 2001

2.2.2 不同温度条件下的低剂量熏蒸 在同一个专用气熏室内,用相同的磷化铝投药量,在不同的季节(温度)条件下进行熏蒸试验,结果见图 3。随着熏蒸时间的推移,气熏室内磷化氢气体的浓度快速升高,并达到最高浓度水平(在夏季高温条件下约为 760 mL/m^3 ,在冬季低温条件下约为 330 mL/m^3),而后缓慢下降。熏蒸 18 h 之后,磷化氢气体的浓度,在夏季高温条件下就明显高于在冬季低温条件下,说明高温能够促进由磷化铝释放磷化氢气体的化学反应的进行。

2.3 磷化氢熏蒸余气的净化处理

图 4 是在专用气熏室内进行的以磷化铝为底物的熏蒸余气磷化氢净化处理试验结果。熏蒸 93 h 后,开始进行净化处理(箭头①),此时磷化氢浓度已经由最高时的 750 mL/m^3 左右下降至 700 mL/m^3 左右,表明由磷化铝片剂释放磷化氢气体的化学反应已经基本完成。

需要说明的是,就磷化氢熏蒸杀虫作业而言,图 4 的熏蒸时间太短,但图 4 主要是为了研究磷化氢熏蒸余气净化处理的问题;因此,当气熏室内磷化氢气体的浓度有所回落,由磷化铝片剂释放磷化氢气体的化学反应基本完成时,即开始进行净化处理。

以饱和漂粉精溶液为吸收剂对熏蒸余气磷化氢进行化学洗涤,经 11 h 左右的处理,气熏室内的磷化氢浓度由开始处理时的 700 mL/m^3 左右(箭头①)快速下降至 25 mL/m^3 左右(箭头②);但处理结

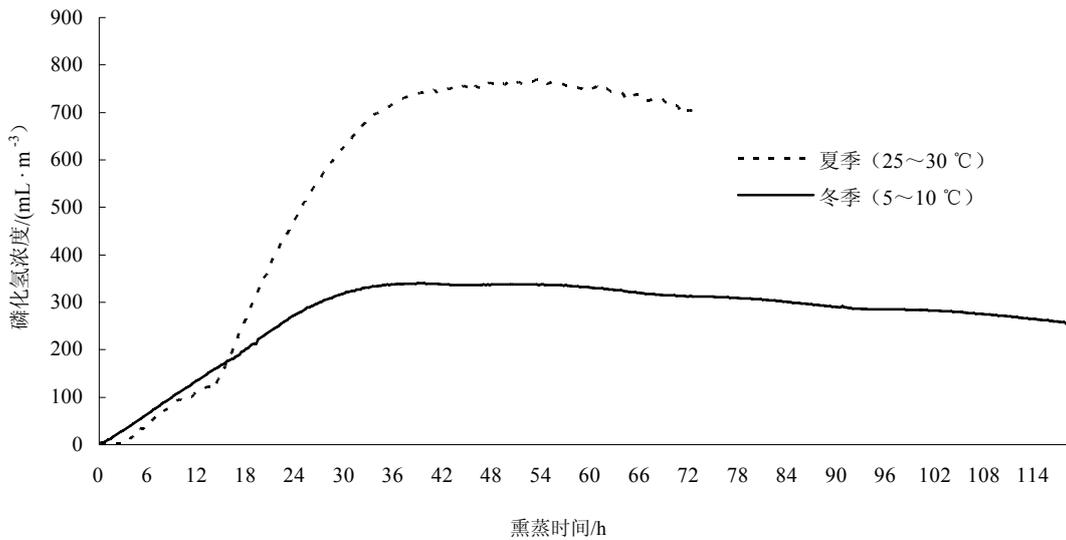
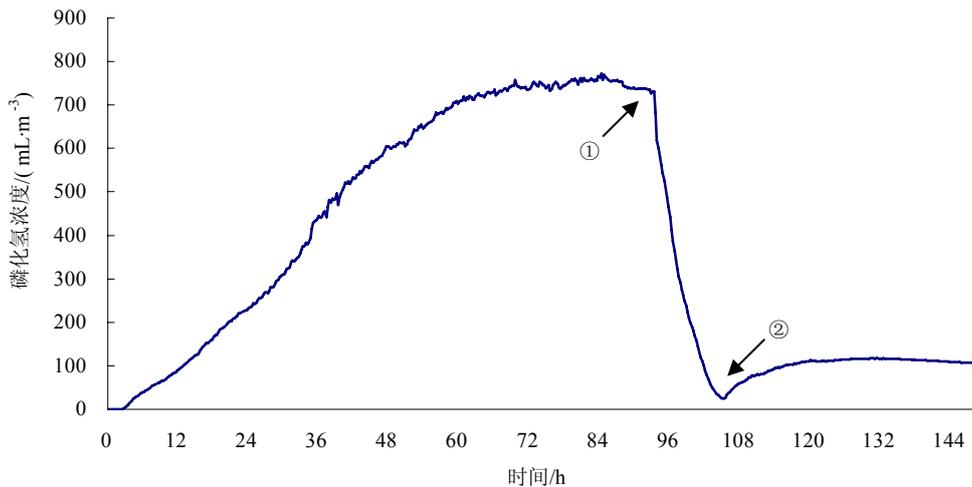


图 3 温度对磷化氢释放浓度的影响 (磷化铝用量为 3.9 g/m³)
 Fig. 3 The effect of temperature on the consistency of PH₃ released by AIP (3.9 g/m³)



注：箭头①表示净化处理开始，箭头②表示净化处理结束。

图 4 化学吸收净化处理过程中熏蒸室内的磷化氢浓度 (室内温度约 15~20 °C)
 Fig. 4 PH₃ consistency during the decontamination treatment (Indoor temperature was about 15~20 °C)

束后，气熏室内的磷化氢浓度又会逐渐回升至 100 mL/m³ 左右(图 4)，这是由于吸附在烟箱内的磷化氢气体缓慢释放的缘故。

3 讨论

3.1 良好的清洁隔离措施能够降低对磷化氢熏蒸的依赖

烟草仓贮害虫的防治方法很多^[1-2]，其中，清洁隔离是主要的防虫手段，磷化氢熏蒸是主要的杀虫

手段；但在实践中，“重杀虫，轻防虫”的现象比较常见。

由 2.1 可知，隔离仓间内的虫口数量远低于普通仓间。该结果表明，良好的清洁隔离措施能够降低对磷化氢熏蒸的依赖，是不可忽视的重要手段，有利于从源头上减少磷化氢的使用量和排放量。

另外，从图 2 的结果可知，磷化氢熏蒸虽然能在短时间内显著降低普通仓间内的虫口数量。但对于卫生状况相对较差的仓库而言，依靠常规的清扫

和频繁的熏蒸,事实上是难以取得良好的防治效果的。结合 2.1 的结果可知,要想取得良好的防治效果,对于基础条件和卫生状况较差的仓库应当进行清洁隔离改造并推行深度清洁作业。

3.2 低剂量长时间熏蒸

磷化氢熏蒸,重在规范操作。为此, CORESTA 于 2004 年对熏蒸温度、浓度和时间等参数提出了具体的要求^[3]。CORESTA 认为,温度 20 °C 以上,磷化氢浓度 200 mL/m³ 以上,持续时间 4 d 以上,能够 100%地杀死害虫;当温度为 16~20 °C 时,磷化氢浓度需 300 mL/m³ 以上且持续时间需 6 d 以上,熏蒸才能取得预期效果。

CORESTA 曾经开展 10~15 °C 的熏蒸试验^[3]。结果表明,这样的温度条件下,要取得预期的杀虫效果,磷化氢浓度应 ≥ 300 mL/m³ 并持续 16 d 以上,而这样的浓度和时间要求在实践中是难以大规模实施的^[3]。因此, CORESTA 认为,温度 < 15 °C 时不应进行熏蒸。

从 CORESTA 发布的熏蒸技术参数来看,“低温不熏蒸”是磷化氢熏蒸操作的第一要义。特别要说明的是,磷化氢熏蒸不符合 Haber 规律(浓度 \times 时间=常数)^[1]。也就是说,不能通过提高浓度以期缩短时间。因此,磷化氢熏蒸的规范做法是,浓度不必太高,时间不能缩短。

由图 3 的结果可知,在冬季低温条件下,磷化铝释放磷化氢的化学反应比较缓慢,熏蒸空间内磷化氢气体所能维持的浓度亦较低,难以满足有效熏蒸的需要。该结果从另一个侧面说明了以磷化铝为反应物的熏蒸作业不应在低温条件下进行。

由图 3 可知,在夏季较高的温度条件下,3.9 g/m³ 的磷化铝用药量就可以满足磷化氢熏蒸的浓度要求。另外,从磷化氢浓度的变化趋势可以推断,持续时间亦能够达到要求。但在长期的实践中,磷化铝的常规用药量是 6.0 g/m³ 左右。由此而论,在较高的温度条件下,可以适当降低磷化铝的用药量,如降低至 4.0 g/m³ 左右,以减少磷化氢的使用量和排放量。

D. W. Keever 等研究了磷化氢浓度、熏蒸时间、温度对耐药烟草甲的卵和蛹的死亡率的影响^[6]。结

果表明,蛹的死亡率极大地受熏蒸时间和温度的影响,而很少受磷化氢浓度的影响。卵的死亡率很大程度上决定于熏蒸时间和浓度,而与温度的关系不大。可见,提高熏蒸杀虫有效性的最佳途径是延长熏蒸时间。

从图 3 和图 4 可以看出,熏蒸过程中,当磷化氢浓度达到最高水平之后,随着熏蒸时间的延长,磷化氢浓度会缓慢下降。由此而论,延长熏蒸时间(推迟通风散毒),一方面能够提高熏蒸杀虫的有效性,另一方面还能够降低通风散毒时的磷化氢排放浓度。

3.3 磷化氢熏蒸余气的净化处理

图 4 的结果表明,饱和漂粉精溶液能有效吸收磷化氢,但在大规模试验中难以实现一次性的彻底净化。可以推想,若要将熏蒸余气磷化氢的浓度降低至接近于 0,且不发生明显反弹,则可能需要两次甚至多次净化处理;假如要实现一次性的净化,则处理时间就会比较长。另外,在本试验中,漂粉精溶液与磷化氢发生反应之后会产生少量的氯气。这是应当关注和解决的二次污染问题。

磷化氢净化处理的方法很多^[9],大致可分为燃烧法、吸附法、化学吸收法 3 类。2.3 介绍了以漂粉精溶液为化学吸收剂的净化处理大试情况。相对而言,液相氧化吸收法是目前应用较为普遍的方法。这类方法具有化学反应充分、吸收效率较高,设备投资较小、运行费用较低的优点。但这方面的工艺技术尚处于发展之中,操作相对比较复杂,容易引起二次污染。如能采用近年发展较快的“液相催化氧化法^[10]”,进一步提高磷化氢吸收反应的速率,缩短“归零延时”的时间,同时解决二次污染的问题,将是今后的一个研究方向。

4 小 结

储烟害虫防治过程中,要减少磷化氢的使用量和向大气的直接排放量,应当采取综合措施:1) 加强清洁隔离措施,以降低对磷化氢熏蒸的依赖,从源头上减少磷化氢的使用量和排放量;2) 改进和规范磷化氢熏蒸作业。例如,调整熏蒸的时节,低温不熏蒸;在较高的温度条件下,采用“低剂量、长时间”的熏蒸方法,适当降低磷化铝的单位体积用

药量，并延长熏蒸时间，以减少磷化氢的使用量和排放量；3)对磷化氢熏蒸余气进行净化处理，如采用化学吸收法等。

参考文献

[1] Ryan L. Post-harvest tobacco infestation control [M]. London: Chapman & Hall, 1995: 37-60, 93-109.

[2] 宋纪真, 王信民, 尹启生. 贮烟害虫防治方法综述[J]. 烟草科技, 1997(3): 32-34.

[3] 程新胜, 王方晓, 魏重生. 从 CORESTA 指南谈我国烟草仓库熏蒸灭虫实践[C]// 中国烟草学会 2004 年学术年会论文集: 477-480.

[4] 庞文录. 磷化氢熏蒸的安全防护[J]. 粮食储藏, 2002(2): 34-36.

[5] Benezet H J. Chemical control of pests in stored tobacco[C]// Symposium of the 43rd tobacco chemists' research conference (Regulation of insect and pathogen

activity in tobacco and tobacco products). Virginia, 1989: 1-19.

[6] Keever D W, Bennett M B, Mereand D C, et al. Mortality of phosphine-resistant cigarette beetles, *Lasioderma serricorne* (F.) at different concentrations, exposure temperatures and durations of exposure[C]// Abstracts of 53rd tobacco science research conference. Montreal, 1999: 61.

[7] 丁百全, 房鼎业, 朱进前, 等. 一种净化处理熏蒸杀虫余气中 PH₃ 的方法: 中国, 1386567 [P]. 2002-12-25.

[8] 丁百全, 徐周, 房鼎业, 等. 熏蒸杀虫余气 PH₃ 的吸收净化研究[J]. 环境污染治理技术与设备, 2003, 4(1): 29-32.

[9] 张玉, 宁平, 瞿广飞. 磷化氢净化技术进展[J]. 四川化工, 2005(5): 16-20, 24.

[10] 瞿广飞, 宁平, 李军燕. 磷化氢液相催化氧化净化催化剂的初筛[J]. 环境工程, 2007, 25(5): 70-71, 75.

(责任编辑 王 颖)



《中国烟草学报》2010 年第 1 期目次

四川白肋烟不同品种中性香气成分含量及感官品质分析.....史宏志, 谢子发, 赵永利, 等

烤烟中草酸、苹果酸和柠檬酸含量的分析研究.....施丰成, 邓发达, 朱立军, 等

土壤与气候及其互动对湖南烤烟还原糖与总植物碱含量的影响.....彭新辉, 易建华, 周清明, 等

陈化对青筋黄片烤烟质体色素含量和吸食品质的影响.....王洪云, 杨式华, 李 锋, 等

云南烤烟特征化学成分分析.....逢 涛, 宋春满, 方敦煌, 等

湖南和云南烤烟单料烟感官质量因子分析.....武德传, 周冀衡, 李晓忠, 等

热泵型烟叶烤房的设计探究.....孙晓军, 杜传印, 王兆群, 等

不同有机肥与化肥配施对植烟土壤微生物群落 PLFAs 和烤烟品质的影响.....唐莉娜, 张秋芳, 陈顺辉

干旱胁迫下烤烟叶片细胞壁 expansin 积累动态研究.....时向东, 方 圆, 焦 枫, 等

烤烟成熟过程中部分酶活性及碳水化合物变化规律研究.....张晓远, 刘国顺, 毕庆文, 等

UV-B 辐射对烤烟叶片总多酚含量和 PPO 活性的影响.....王 毅, 钟 楚, 陈宗瑜, 等

不同质量类型香料烟品种成熟叶生理生化特性比较.....屈生彬, 殷 端, 张晨东, 等

烤烟品种 K326 突变株抗烟草普通花叶病 (TMV) 的研究初报.....陈庆园, 陆 宁, 商胜华, 等

烟草商业企业省级物流网络规划模型研究.....丁 涛, 朱孟高

全国烟叶等级质量变化及成因分析.....闫新甫, 罗安娜

熵值法在烟草多元化投资评价中的应用.....黄杜渐

现代烟草农业背景下烟农的意愿和行为特征.....苏新宏, 郭三党, 蔡宪杰

现代烟草农业的分工制度问题.....王 丰

“江山”牌卷烟对小鼠免疫功能、SOD 及 LPO 的影响.....李钢成, 孟庆乃, 冯笑梅, 等

基因芯片在卷烟烟气危害性评价中的应用.....刘兴余, 朱茂祥, 谢剑平