

基于 DNA 分子标记的类烟产品鉴别检验抽样方法研究

张轲¹, 王春琼¹, 张晓伟¹, 孙浩巍¹, 龙杰¹, 张冀武¹, 童治军², 盖小雷³, 蔡洁云¹, 李海燕¹, 陈丹^{1*}

(1. 云南省烟草质量监督检测站, 云南昆明 650106; 2. 云南省烟草农业科学院, 云南昆明 650218; 3. 云南省烟草烟叶公司, 云南昆明 650011)

摘要 [目的]探索高效、准确地鉴别类烟产品的抽样方案和检验方法,对保障真品卷烟的合理流通、市场监管和烟草专卖具有重要意义。[方法]以400支类烟产品(茶烟)为材料,按统计抽样检验原理,研究设计适合类烟产品最小抽样量和最大抽样量的序贯抽样检验方案,以卷烟标准样品为参比,利用已开发的DNA标记对抽取的类烟产品准确性、可靠性进行鉴定验证。[结果]该研究建立的序贯抽样检验方案保证了目前行业标准检验方法的可靠性和精确度,使用该方案,确定了抽样理论最小样本数52个,最大抽样量363个,最多进行11次检验即可得出鉴别结论,且抽样特性曲线具有相对较高的稳定性和灵敏度。DNA标记检验表明,卷烟标准样品在250 bp分子量处扩增出了特异性条带,而初次抽样的52个类烟产品均未在250 bp分子量处扩增出特异性条带。[结论]按该研究设计的序贯抽样检验方法,只需检验很小的样本(52个),经DNA标记验证,其抽样确定的类烟产品真伪准确、客观。

关键词 类烟产品;卷烟;DNA分子标记;鉴别检验;序贯抽样

中图分类号 TS47

文献标识码 A

文章编号 0517-6611(2022)24-0204-03

doi:10.3969/j.issn.0517-6611.2022.24.049

开放科学(资源服务)标识码(OSID):



Study on Sampling Method for Identification and Inspection of Cigarette-like Product Based on DNA Molecular Marker

ZHANG Ke, WANG Chun-qiong, ZHANG Xiao-wei et al (Yunnan Tobacco Quality Inspection & Supervision Station, Kunming, Yunnan 650106)

Abstract [Objective] To explore the sampling plan and inspection method for efficient and accurate identification of cigarette-like product, which is of great significance for ensuring the reasonable circulation, market supervision and tobacco monopoly of authentic cigarettes. [Method] Taking 400 cigarette-like product as test material, the experiment was designed a sequential sample inspectional plan about minimum and maximum sample quantity according to the principle of statistical, and DNA molecular marker technology had been used to identification accuracy, reliability of cigarette-like product containing tobacco ingredient. [Result] The sequential sampling method was established to ensure the reliability and the accuracy of industry standard test methods. This sampling plan possessed a minimum sample size of 52, a maximum sample size of 363, and needed 11 rounds at most to draw the inspection conclusion. The determined sampling characteristic curve had relatively high certainty and sensitivity. The specific bands were amplified at 250 bp molecular weight in the cigarette standard samples, but not at 250 bp molecular weight in the 52 cigarette-like products. [Conclusion] According to the sequential sampling inspection method, only a very small tested sample could be required by 52 cigarettes. Meanwhile, the sample of cigarette-like product are accurate and objective through DNA marker verification.

Key words Cigarette-like product; Cigarette; DNA molecular marker; Identification and inspection; Sequential sampling

近年来,除了电子雾化烟和加热不燃烧烟草制品的流行,所谓的“花烟”“茶烟”“药烟”等外形与卷烟相差无几的类烟产品也频繁出现在消费者的视线中,并且已经有未成年人吸食“茶烟”^[1]和“药烟”中检出烟碱成分^[2]的报道。尽管烟草专卖局、食品药品监督管理局和市场管理局等部门已加强了对有一定市场空间和回购率且仍处于初期的类烟产品的监管力度,但对于仿冒程度较高的类烟产品,采用现有的方法进行鉴别及判定存在一定的误判风险。因此,探索高效、简便、准确、专属性强鉴别类烟产品抽样方案和检验方法,对保障真品卷烟的合理流通、烟草专卖和市场监管具有重要意义。

目前,卷烟真伪鉴别检验以感官鉴别法和评吸鉴别法较为常用^[3],而借助电子鼻技术^[4]、近红外光谱技术^[5]和顶空-气相色谱-质谱^[6]等仪器鉴别的方法也正发展成为烟草分析的重要手段,但仍存在一定局限性,如抽样量大、检验费用高、准确、及时鉴别仿冒程度较高的卷烟产品难度大。同时,在现行鉴别检验类烟产品的方法中,主要通过测定样品中烟

碱和N-亚硝胺含量,来判定此类产品是否为烟草专卖品。但烟碱并非烟草所独有,很多茄科植物也含有,并且烟草特有N-亚硝胺的含量极低,常出现卷烟样品中检不出烟草特有N-亚硝胺的情况,因此,利用该方法鉴别检验类烟产品存在较大司法风险^[7]。DNA标记是指用直接或间接的手段反映研究对象在DNA序列上的差异,即DNA多态性,具有操作简便、样品预处理简单、基本干扰小、样本量少、结果准确、及时等优点,已在司法鉴定^[7]、海关检疫^[8]、农产品鉴别检验^[9]等领域广泛应用。此外,DNA测序技术^[10]和环介导等温扩增技术(LAMP)^[11]的迅速发展,为利用烟草DNA分子特异标记鉴定检验卷烟产品奠定坚实的理论和基础。在抽样方法上,与随机抽样、分层抽样等方法相比,序贯抽样法具有明显优势,即任何一次抽样都可作为终结检验,可大大降低平均样本量、检验成本和时间,此法较为适合取样量少的DNA标记技术^[12]。以往鉴别检验卷烟真伪的研究大多集中在感官鉴别法、评吸鉴别法和仪器鉴别法,而关于序贯抽样与DNA标记结合鉴别类烟产品研究鲜有报道。笔者以市场上获得的400支茶烟为材料,研究构建适合类烟产品最小和最大抽样量的序贯抽样检验方案以及DNA检测方法,为科学、准确、高效地鉴别类烟产品提供技术支撑。

1 材料与方法

1.1 材料 该研究的材料来源于市场销售的某品牌规格相

基金项目 云南省烟草专卖局(公司)重点项目(2020530000241034, 2020530000241037)。

作者简介 张轲(1982—),男,吉林长春人,农艺师,博士,从事涉案制烟原料鉴别检验工作。*通信作者,工程师,博士,从事烟叶化学检测工作。

收稿日期 2022-01-06

同的类烟产品(茶烟)400支;烟支规格为长84mm,直径7.7mm。

1.2 方法

1.2.1 序贯抽样检验方案设计。抽样方案根据统计抽样检验原理进行推导,基于DNA分子标记的鉴别检验成本较高的技术特性,最小抽样量研究选择了可以节省平均样本量的序贯抽样方案^[12],设定公诉方风险 $\alpha=0.05$,嫌疑人风险 $\beta=0.10$,总体的卷烟比例 $\geq 5\%$ 时,该批产品即判断为烟草专卖品。样品总体中卷烟支数比例 p 的置信概率为 $1-\alpha$,置信区间为 $(\hat{p}_{\text{cl}}, \hat{p}_{\text{uc1}})$ 。设定置信水平95%,抽检方认为产品总体比例低于5%的卷烟支数时,判断该批次为类烟产品。在可靠性和精确度相同条件下,样本越小,合格卷烟的允许样本含有卷烟的概率越小。当使用序贯抽样方案时,最小累计卷烟允许值为0,即逐个检验没有发现卷烟,所预测产品总体卷烟比例的单尾置信上限 \hat{p}_{uc1} 为5%。

最大抽样量在GB/T 8051—2008《计数序贯抽样检验方案》^[13]中查得截尾拒收数为25。要判定产品批次为类烟产品,序贯抽样方法的设定需要使得在累计抽样量下当累计允许卷烟支数 ≥ 1 时所预测的产品总体卷烟比例的双尾置信上限 $\hat{p}_{\text{uc1}} \leq 5\%$ (置信水平95%);若要判定为卷烟,则需使得由累计允许卷烟支数所预测的产品总体卷烟比例的双尾置信下限 $\hat{p}_{\text{cl}} > 5\%$ (置信水平90%)。在实际鉴别检验过程中很可能出现多次检验均未达到判定阈值的情况,即累计的专卖品支数总是介于序贯抽样表所列的上下限之间而难以确定其总体专卖品比例,使检验不能终止。因此,需要计算最大抽样数 n_i 来终止抽样过程。

抽样特性曲线(OC曲线)是基于抽样方案 (n_{cum}, c) 绘制的,即从整体为 N 的产品中抽取样本数量为 n_{cum} 的样本进行检验,若符合判定标准 c ,则判定该批产品总体合格,否则判

定不合格,通过OC曲线与抽样方案变化的关系可以进一步验证抽样方案的合理性。

1.2.2 DNA分子标记鉴别检验类烟产品。为验证抽样方法在检测中的实际效果,将材料中的2条类烟产品破除包装后,将烟支充分混匀,随机抽取52支烟支(类烟产品)为初始样品,以随机抽取的2019年某品牌成品卷烟的标准样品为对照,采用能区分烟与茶的SSR引物,按童治军^[14]的方法进行待检样品的基因组DNA提取、纯化及PCR扩增,扩增产物用6%非变性聚丙烯酰胺凝胶电泳检测,最终获得清晰的特异性条带。

2 结果与分析

2.1 最小抽样量研究 根据 $\hat{p} = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a}$,式中, $a = n + Z_{\alpha}^2$, $b = (2n\bar{x} + Z_{\alpha}^2) = -Z_{\alpha}^2$, $c = 0$,当 $\hat{p}_{\text{uc1}} = 5\%$, $Z_{0.05} = 1.645$ 时,反算得到此时的样本量 n 为51.4053,向上取整数,则最小抽样量

$n_{\text{min}} = 52$ 。再根据 $\hat{p} = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a}$,求得2个实根分别为0和4.95%,即当抽取 $n = 52$ 支类烟产品,经DNA分子标记检测,若未检出卷烟烟支,可以有95%的把握确定该批产品总体卷烟烟支比例在0~4.95%。

2.2 最大抽样量研究 根据该研究中设定的 $\alpha = 0.05$, $\beta = 0.10$,最大累计卷烟支数拒收值为25,此时所预测的产品总体卷烟比例的双尾置信下限 \hat{p}_{cl} 为5%,由于 $Z_{\beta/2} = 1.654$,根据 $\hat{p} = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a}$ 反算得到此时的样本量为363.3349,向下取整数得到最大抽样数 $n_i = 363$ 。

2.3 序贯抽样 类烟产品占总体卷烟产品比例的推断列于表1。由表1可知,若要判定某批次产品为类烟产品,序贯抽样方法的设定需要使得在累计抽样量下,由累计允许卷烟支

表1 序贯抽样参考(双尾)

Table 1 Reference of sequential sampling (two tail)

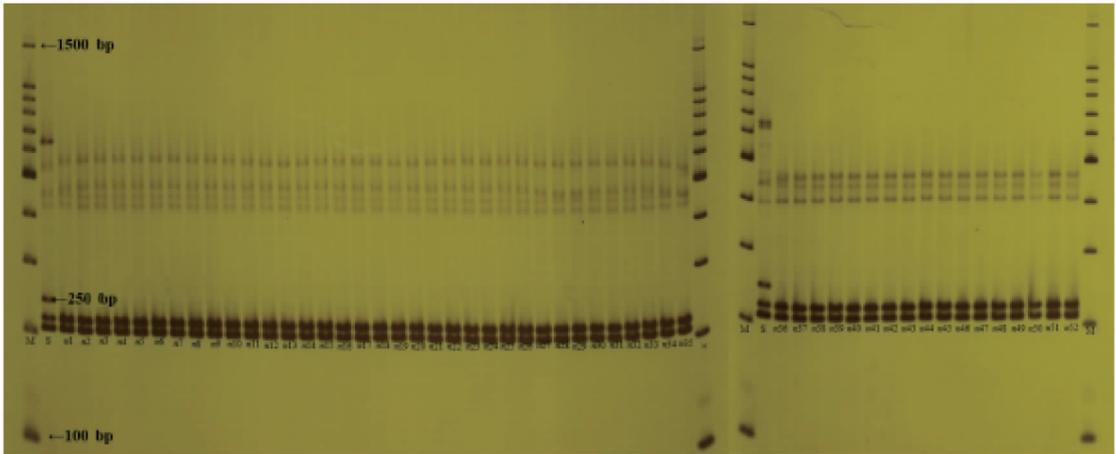
轮次 Round	抽样支数 Sample size (n)	累计抽样支数 Cumulative sample size (n _{cum})	判定为类烟产品(合格)置信水平95% Confidence level 95% of judged as cigarette-like product (qualified)		判定为卷烟(不合格)置信水平90% Confidence level 90% of judged as cigarette (unqualified)	
			累计卷烟支数允许值 Acceptance number of cumulative cigarettes (A _c)	总体卷烟支数比例置信区间 Confidence interval for estimating population cigarette ratio//%	累计卷烟支数拒绝值 Rejection number of cumulative cigarettes (A _R)	总体卷烟支数比例置信区间 Confidence interval for estimating population cigarette ratio//%
1	52	52	0	<4.95	6	6.09~20.80
2	58	110	1	0.16~4.97	10	5.51~14.63
3	32	142	2	0.39~4.99	12	5.35~13.11
4	30	172	3	0.59~5.00	15	5.79~12.93
5	29	201	4	0.78~5.00	16	5.35~11.69
6	29	230	5	0.93~4.99	17	5.02~10.75
7	27	257	6	1.07~5.00	19	5.13~10.54
8	27	284	7	1.20~5.00	21	5.22~10.37
9	27	311	8	1.31~4.99	22	5.03~9.85
10	26	337	9	1.41~5.00	24	5.14~9.78
11	26	363	10	1.50~5.00	25	5.00~9.41

注:表1中不合格批次的判定是指如果达到相应的累计抽样数,其中卷烟支数达到表格中的阈值即判定该产品属于卷烟

Note: Batches were rejected in table 1 if the accumulative cigarettes were reached the rejection number under the cumulative sample size, which meant the batches were declared to be cigarettes

数所预测的产品占总体卷烟比例的单尾置信上限 $\hat{p}_{uc1} \leq 5\%$ (置信水平 95%);若要判定为卷烟,则需使得由累计允许卷烟支数所预测的产品占总体卷烟比例的单尾置信下限 $\hat{p}_{cl} > 5\%$ (置信水平 90%)。根据表 1 数据,绘制抽样方案 n_{cum} 为 52、110、142 和一次抽样方案 n 为 80、200、400 的 OC 曲线(图 1)。由图 1 可知,当 n_{cum} 逐渐增大时,OC 曲线向左移动,曲线急剧下降,斜度变大,说明 OC 曲线具有相对较高的确定性和灵敏度,即当类烟产品相对一致性较高且总体卷烟比例未超过规定界限时,大概率判定为类烟产品,不会将其判定为卷烟;当其总体卷烟比例超过规定界限时,也能准确地判定为卷烟,具有较少中间概率判定阶段。反之,一次抽样曲线随着抽样量的增加先有向右移动的趋势,OC 曲线交叉后才有向左移的趋势,随着抽样量的增大,OC 曲线灵敏度和确定度也明显不如该研究的抽样曲线。

2.4 DNA 分子标记鉴别验证类烟产品 由图 2 可知,DNA



注:M 为 DNA Marker 分子量为 100~1 500 bp,S 为卷烟标准样品扩增结果, $n_1 \sim n_{52}$ 为初次抽样类烟产品样品 1~52 扩增结果

Note:M is the DNA marker with molecular weight of 100-1 500 bp,S is the amplification result of cigarette standard sample, $n_1 \sim n_{52}$ is the amplification result of 1 - 52 of the first sample of cigarette-like products

图 2 初次抽样($n_{min} = 52$)烟草 SSR 特异性引物扩增结果

Fig.2 Amplification results of tobacco specificity SSR primer pairs on original sampling ($n_{min} = 52$)

3 讨论

抽样检验是从一批产品中抽取一些样品进行测量、考核、检验或与规定要求相比,最终依据所得结果决定整批产品或过程是否合格的质量检验方法,目的是在短时间内、以较低的成本、正确地判断产品是否符合技术标准^[15]。序贯抽样方法需要每次抽样结束后进行检验,判断是否进行进一步检验,与随机抽样、分层抽样等方法相比,存在一定误判风险,对检验人员的专业技术熟练度要求相对较高^[16]。当检验接近判定阈值的批次时,会导致鉴别检验周期延长,需平衡时间和经济成本。在该研究中,无论是卷烟还是类烟产品均属于经工艺和机械加工后的工业产品,其质量有一定的稳定性,也就是说产品的相对一致性是较好的。因此,鉴别检验过程中,烟支含烟草特征性成分的类烟产品数量较少,即混有卷烟的类烟产品在生产过程中被严格控制,大多数的被检样品相对一致性较高,只需检验很小的样本就能通过。从

分子标记在卷烟标准样品(S)中 250 bp 分子量处扩增出特异性条带,而初次抽样的 52 个类烟产品($n_1 \sim n_{52}$)均未出现特异性条带,验证了序贯抽样的 52 个卷烟产品为类烟产品。

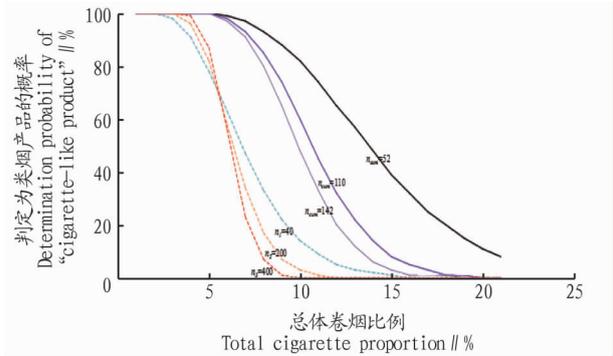


图 1 序贯抽样 n_{cum} 为 52、110、142 和一次抽样 n 为 80、200、400 的 OC 曲线

Fig.1 OC curve ($n_{cum} = 52, 110, 142$ and $n = 80, 200, 400$)

现有的一次抽样方案来看,抽取 52 支检验,如果假烟大于或等于 6 支,则该批卷烟判定为不合格,而且以 90%的把握认为该批卷烟产品总体卷烟支数比例在区间(6.09%, 20.80%),说明当样本较少时,置信区间过宽,对总体的估计偏差增大,抽样精确度下降,存在抽样取证的“风险”。该研究中的 OC 曲线也表明,抽样方案在较小抽样量的基础上,随着样品数量的增加比一次抽样具有更佳的灵敏度和确定度。该研究中经过序贯抽样确定 n_{min} 为 52,此时停止抽取样品进行 DNA 鉴定,判定 52 支卷烟均为类烟产品,说明此鉴别方法较为可行。

4 结论

该研究构建了类烟产品序贯抽样方案,以诉讼方风险 $\alpha = 0.05$ 、嫌疑人风险 $\beta = 0.10$ 、总体的卷烟比例 $\leq 5\%$ 为接收标准,确定了双尾检验最小理论抽样量为 52,最大抽样量为 (下转第 225 页)

未来应深入研究上述因素对茶叶生产的影响,并进一步探讨各影响因素在不同研究区域内的作用强度。

4 结论

(1) 1998—2018 年,四川省茶叶产量呈增长态势,空间分异明显,存在显著的空间集聚特征。川西和川南产业带茶叶产量热点广布,是茶叶生产的优势区域;川东北产业带为茶叶产量冷点集聚区,成为茶叶生产的相对劣势区。

(2) 1998—2018 年四川省茶叶生产重心呈由快到慢的移动特征,总体移动范围变化较小,以 3.70 km/年的速度在四川盆地西南缘内移动并表现出东移的趋势,茶叶生产“西南高东北低”的态势更加显化。

(3) 县域茶叶产量空间分异的主要影响因素包括农村人口、茶园面积、茶叶单产和路网密度,各因素在不同时间段内对茶叶产量的空间分异作用强度和作用机制不同,茶园面积是茶叶产量空间分异的决定因素,考虑到茶园扩张的危害,未来应转化茶叶产量空间分异的第一驱动力,促进茶叶产业的可持续发展。

参考文献

- [1] 李应祥. 贵州茶叶发展现状及对策探讨[J]. 贵州农业科学, 2008, 36(1): 142-144.
- [2] 肖智, 黄贤金, 孟浩, 等. 2009—2014 年中国茶叶生产空间演变格局及变化特征[J]. 地理研究, 2017, 36(1): 109-120.
- [3] 张明海, 陈婷. 我省打造“千亿茶产业”到 2022 年川茶综合产值将超千亿元[N]. 四川日报, 2019-12-09(2).
- [4] 段新友. 深化形势认识 推进川茶产业转型升级[J]. 中国茶叶, 2017, 39(6): 4-5.
- [5] 陈桃, 孙剑, 李紫娟. 我国茶产业发展中存在的问题、原因与对策[J]. 农业现代化研究, 2018, 39(3): 424-431.
- [6] 武卫国, 杨鼎俊, 龙志荣, 等. “一带一路”倡议下六堡茶产业发展现状及对策[J]. 中国茶叶, 2019, 41(5): 59-61.
- [7] 张玉芬, 禹志勇. 温泉镇茶叶产业发展现状及对策建议[J]. 福建茶叶, 2020, 42(3): 60-61.
- [8] 崔理博. 新形势下茶叶产业助力精准脱贫研究: 以信阳市为例[J]. 福建茶叶, 2018, 40(12): 74.
- [9] 王高合, 崔伟明, 汤一. 发挥高校优势 促推产业扶贫: 云南省景东县茶

产业发展思考与建议[J]. 中国茶叶, 2019, 41(1): 58-61.

- [10] 马小兰, 苏祖勤. 乡村振兴背景下茶产业扶贫现状调查与研究: 基于鹤峰县鹤阳乡的个案研究[J]. 安徽农业科学, 2022, 50(1): 264-267.
- [11] 钟秋生, 林郑和, 陈常颂, 等. 春闰品种花香红茶发酵过程中生化成分的变化研究[J]. 茶叶学报, 2016, 57(2): 85-91.
- [12] 旷成华, 赵宇鸾, 朱昌丽. 1961—2013 年全球茶叶生产时空格局及演变特征[J]. 江苏农业科学, 2018, 46(14): 319-323.
- [13] 肖智, 黄贤金. 长江经济带茶叶生产空间格局演变[J]. 经济地理, 2017, 37(5): 110-115.
- [14] 黄修杰, 姚飞, 马力, 等. 茶叶生产格局演变及空间集聚效应研究: 以广东省为例[J]. 茶叶科学, 2020, 40(3): 415-429.
- [15] 林正雨, 何鹏, 李晓, 等. 1990—2015 年四川省茶叶生产空间演变格局及特征研究[J]. 中国农学通报, 2018, 34(31): 76-84.
- [16] 王凤, 刘艳芳, 孔雪松, 等. 中国县域粮食产量时空演变及影响因素变化[J]. 经济地理, 2018, 38(5): 142-151.
- [17] 胡慧芝, 王建力, 王勇, 等. 1990~2015 年长江流域县域粮食生产与粮食安全时空格局演变及影响因素分析[J]. 长江流域资源与环境, 2019, 28(2): 359-367.
- [18] 涂建军, 刘莉, 张跃, 等. 1996—2015 年我国经济重心的时空演变轨迹: 基于 291 个地级市数据[J]. 经济地理, 2018, 38(2): 18-26.
- [19] 杨振, 雷军, 段祖亮, 等. 新疆人口的空间分布特征[J]. 地理研究, 2016, 35(12): 2333-2346.
- [20] 杨宗辉, 李金锴, 韩晨雪, 等. 我国粮食生产重心变迁及其影响因素研究[J]. 农业现代化研究, 2019, 40(1): 36-43.
- [21] 王劲峰, 徐成东. 地理探测器: 原理与展望[J]. 地理学报, 2017, 72(1): 116-134.
- [22] 陶海燕, 潘中哲, 潘茂林, 等. 广州大都市登革热时空传播混合模式[J]. 地理学报, 2016, 71(9): 1653-1662.
- [23] 刘玉, 任艳敏, 潘瑜春. 黄淮海地区县域粮食生产空间分异格局及其影响因素探测[J]. 北京大学学报(自然科学版), 2020, 56(2): 315-323.
- [24] 叶妍君, 齐清文, 姜莉莉, 等. 基于地理探测器的黑龙江垦区农场粮食产量影响因素分析[J]. 地理研究, 2018, 37(1): 171-182.
- [25] 周敏丹, 匡耀求, 云国梁. 基于地理探测器的广州市大气 PM_{2.5} 浓度驱动因素分析[J]. 环境科学研究, 2020, 33(2): 271-279.
- [26] 汪可, 康平, 周明卫, 等. 四川盆地臭氧浓度空间分异及驱动因子研究[J]. 中国环境科学, 2020, 40(6): 2361-2370.
- [27] 暮冬. 退耕还林还草“还”来绿意盎然美丽四川[N]. 四川日报, 2019-09-03(15).
- [28] 杨坚, 李嘉宁. 四川茶树气候区划的模糊数学综合评价[J]. 西南农业学报, 1992, 5(2): 49-54.
- [29] 李雪柔, 陈飞燕, 林爱文, 等. 基于随机森林回归的茶园扩张驱动机制分析[J]. 生态与农村环境学报, 2020, 36(1): 44-52.
- [30] 王鹏, 张艳, 邓佳, 等. 四川茶园作业机械化调研报告[J]. 四川农业与农机, 2018(2): 10-11.

(上接第 206 页)

363, 最多需要检验 11 次。经序贯抽样后确定的供检材料再进行 DNA 检验, 可提高鉴别结果的准确性和客观性。

参考文献

- [1] 曹灿辉. 遏止未成年人吸烟要在“禁卖限购”上下工夫[J]. 教育家, 2016(7): 91.
- [2] 赵娜, 雷晓康, 杨茜. 烟草专卖行政执法风险防控研究: 基于全面风险管理理论[J]. 济南大学学报(社会科学版), 2019, 29(5): 93-100, 159.
- [3] 卢嫣萍. 真品卷烟与假冒卷烟的质量差异研究[J]. 轻工科技, 2015, 31(9): 110-111.
- [4] 陈广平, 蔡继宝, 杜启云, 等. 基于质谱技术的电子鼻在鉴别真假卷烟上的应用[J]. 辽宁化工, 2010, 39(4): 353-355.
- [5] 唐雪梅, 张薇, 李慧. 卷烟真伪鉴别的近红外定性分析方法[J]. 烟草科技, 2008, 41(11): 5-8.
- [6] 聂磊, 张福民, 朱友, 等. 顶空-气相色谱-质谱技术应用于卷烟真伪鉴别[J]. 中国烟草学报, 2012, 18(3): 16-20.
- [7] 于志鹏. 对刑事侦查中 DNA 鉴定技术的思考[D]. 哈尔滨: 哈尔滨师范

大学, 2019: 25-27.

- [8] 杨光, 蔡焱, 刘海. mtDNA 标记在几种海关进出口动物产品鉴定中的应用[J]. 动物学杂志, 2004, 39(5): 40-43.
- [9] 李俊霞, 朱虹霖, 周浩, 等. 大豆转基因成分能力验证样品的检测分析[J]. 食品安全质量检测学报, 2019, 10(23): 8093-8097.
- [10] 姚亨秀. 四代 DNA 测序技术简述[J]. 生物学通报, 2017, 52(2): 5-8.
- [11] 孙盼盼, 时建立, 彭喆, 等. 猪支原体肺炎 LAMP-LFD 快速检测方法的建立及初步应用[J]. 畜牧兽医学报, 2020, 51(6): 1419-1428.
- [12] 王林芳, 徐世清. 桑蚕品种纯度序贯抽样检验方案设计[J]. 生物数学学报, 2004, 19(3): 373-378.
- [13] 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局, 中国国家标准化管理委员会. 计数序贯抽样检验方案: GB/T 8051—2008[S]. 北京: 中国标准出版社, 2009.
- [14] 童治军. 烟草微卫星标记的开发与应用[D]. 杭州: 浙江大学, 2012: 35, 87-88.
- [15] 陈思雨, 樊树海, 熊佳玮, 等. 基于斜率的抽样特性曲线性能评价及其在实验器材检验中的应用[J]. 实验技术与管理, 2017, 34(12): 54-57.
- [16] 刘大伟. 序贯抽样在破坏野生动物资源案件中的应用: 以蛙类动物残体为例[J]. 法制与社会, 2019(35): 230-231.