

DOI: 10.13718/j.cnki.xdzk.2020.08.003

重庆市南川植烟区土壤养分 演变趋势及施肥区划

张璐^{1,2}, 徐宸³, 石孝均¹, 周鑫斌¹

1. 西南大学 资源环境学院, 重庆 400715; 2. 山西农业大学 玉米研究所, 山西 忻州 034000;
3. 中国烟草总公司重庆市公司烟草科学研究所, 重庆 400715

摘要: 通过对重庆市南川植烟区代表性烟田土壤养分现状分析, 并与 2012 年的数据进行比对分析, 总结土壤养分演变规律, 提出针对性的施肥方案, 为该地区烤烟生产提质增效和可持续发展提供依据. 结果表明: 2017 年南川区植烟土壤 pH 值平均为 5.77, 处于最适 pH 范围的土壤样品占 35% 左右; 土壤有机质、碱解氮、有效磷、速效钾质量分数平均值分别为 33.62 g/kg, 157.1 mg/kg, 28.03 mg/kg, 277.51 mg/kg, 以上各个养分指标在适宜范围的比例分别为 36.46%, 75%, 41.25%, 22.92%. 从当前烟田土壤养分情况看, 土壤有机质质量分数较为丰富, 碱解氮供应能力良好, 有效磷质量分数总体适中, 速效钾质量分数整体偏高. 与 2012 年相比, 烟田土壤酸化现象已明显改善, 植烟土壤 pH 值平均上升了 0.32, 但仍有 41.0% 的土壤呈酸性; 土壤有机质、碱解氮、有效磷、速效钾质量分数平均值分别增加了 15.49%, 31.05%, 21.24%, 44.39%. 因此, 重庆市南川区植烟区应采取“降酸、稳氮磷、控钾、保持有机肥”的措施. 以测土配方为依据, 建立了施肥分区图, 可以实现烟田区域“大配方”养分管理策略.

关键词: 南川区; 植烟土壤; 土壤养分; 烟草; 施肥区划

中图分类号: S572 **文献标志码:** A **文章编号:** 1673-9868(2020)08-0017-09

烟草是重庆市山区主要的经济作物之一, 是山区农民脱贫致富的主要支柱^[1]. 重庆生产的烟叶与国际优质烟叶的主要差距表现在香气不足、油分含量较低和烟叶中有害成分较高等方面^[2]. 随着生活水平的提高, 人们对卷烟产业链上游的烟叶原料品质提出了较高的要求^[3]. 在一定的气候条件下, 土壤生态环境条件是决定烟叶品质的关键因素^[4-5], 重庆是山地丘陵区, 土壤肥力空间分布受地形条件影响较大^[6-7], 土壤养分丰缺状况对烟叶化学成分和品质的影响较大^[8-9], 优化施肥显著提升了烟叶产值和烟叶质量^[10-13]. 土壤肥力作为烟田土壤生产综合性能的指标, 土壤肥力水平是优质烟叶生产的关键指标^[14-17]. 植烟土壤矿质养分含量直接参与烟草体内的碳氮代谢和调控各种酶活性, 影响到烟草的生长发育、淀粉、糖及各种香气物质的合成和运输, 进而最终影响烟叶的产量和品质^[18-22]. 根据以往大量的研究, 一般把土壤 pH 值、有机质、速效氮、速效磷和速效钾质量分数作为土壤肥力指标的 5 大关键因子, 也是影响烟叶香气和油分的最重要的指标^[23]. 比如, 土壤 pH 可直接影响根系的生长和养分的吸收, 甚至影响根系内硝酸还原酶活性,

收稿日期: 2020-05-09

基金项目: 重庆市自然科学基金项目(cstc2017jcyjAx0425); 中国烟草总公司重点项目(110201902005).

作者简介: 张璐(1987-), 女, 硕士, 助理研究员, 主要从事作物养分管理研究.

通信作者: 周鑫斌, 副教授.

造成烟株体内的化学成分变化、微量元素积累和叶绿素合成受阻,最终影响烤烟的产质量^[24-25]。土壤有机质创造了良好的土壤团粒结构,增加了土壤微生物活力,对提高烟叶品质具有独特的作用^[26]。烟草等经济作物过量施肥现象较为严重,不仅对烟草品质不利,同时还带来了严重的环境污染问题^[26-27]。根据土壤养分状况,对施用肥料中的氮、磷和钾养分实现最佳养分管理调控,对于提高烟叶产质量具有十分显著的作用^[28]。因此,烟草最佳养分管理策略是基于平衡土壤养分亏缺,以满足烟株营养品质需求,最终达到烟叶品质和环境友好的协调统一^[29-31]。

南川区是重庆重要的植烟区县之一,也是“武陵秦巴生态区—醇甜香型”烟叶的典型代表。南川区植烟区主要地形为山地,地形较为复杂,土壤养分空间变异大,近年来对南川区土壤肥力状况缺乏较为系统的研究,导致烟叶施肥没有依据可参照,经验施肥占很大比例,这也是南川区烟叶提升的关键制约因素^[16]。根据土壤养分空间分布特征进行针对性施肥是提高肥料利用率和烟叶产质量的关键手段^[7],山地烟田土壤养分呈高度的空间异质性^[32],应用 GIS 和统计学等信息技术方法可以定位、定性和定量山地烟田土壤养分的空间异质性,从而为山地烟田最佳养分管理策略的实施和烟叶高质量可持续生产提供可靠的基础^[33]。到目前为止,有关重庆烟田土壤养分空间分布状况研究多集中在某一年份的分布,缺乏纵向的对比^[34-35]或植烟区的总体情况分析^[36-37],但植烟区土壤养分是随着种植年限不断变化的,是一个动态的过程^[38]。到目前为止,有关重庆市南川植烟区土壤养分状况及其演变趋势的研究还未见报道。本文分析 2017 年重庆市南川区的植烟区土壤养分数据并与 2012 年相对应的烟草种植单元测定结果进行纵向比较分析,对南川区的植烟区土壤养分和肥力进行综合评价,根据土壤养分综合评价结果进行施肥推荐和养分综合分区管理^[39],可为南川植烟区特色优质烤烟可持续生产提供科学依据,同时对提升南川区烟叶质量、保护烟田生态环境具有重要意义。

1 材料与方法

1.1 区域自然概况

南川区位于重庆市南部,东经 $106^{\circ}54'$ — $107^{\circ}27'$,北纬 $28^{\circ}46'$ — $29^{\circ}30'$,地处渝、黔两省(直辖市)交汇点。南川区气候温合,适宜烟叶生长,属亚热带湿润季风气候,烟田地形以山地为主,土壤类型以黄壤为主,属长江中上游烟草种植区,该烟区是我国烤烟主产区之一^[40]。重庆市南川区植烟面积维持在 $1\ 000\ \text{hm}^2$ 左右^[15]。

1.2 样品采集与制备

在重庆市南川区的烟草种植区按照现代烟草农业规划采集土样,每个烟草种植单元采集一个土样,种植单元样品的采集尽量依据 2012 年采样的经纬度进行选点采样。采用“S 型采样方法”采集烟田土壤,采样时间为 2017 年 12 月上旬,待所有烟田翻耕平整后进行取样,以便和 2012 年采样时相同,每个土样按 S 型采样法采集 15 个点,取样深度 20 cm,各点采集土样应做到深度一致,上下土体一致,避免取到一些特殊区域的土壤,将采集的土壤样品剔除杂物并混合均匀后用四分法留 2 kg 土样带回实验室,共采集到烟田土样 150 个。土样经自然风干后磨细、过筛,制成待测样品,进行土壤 pH 值、有机质、碱解氮、有效磷和速效钾的测定,并与 2012 年相对应的烟草种植单元测定结果进行比较,以明确烟田土壤肥力演变状况。

1.3 测定项目与分析方法

烟田土壤 pH 值采用电位计法测定,土水比为 $1:2.5$ ^[41];烟田土壤有机质采用重铬酸钾容量法^[41];烟田土壤碱解氮采用氢氧化钠碱解扩散法^[41];烟田土壤有效磷测定采用 Olsen 法浸提—钼锑抗比色法^[41];烟田土壤速效钾测定采用醋酸铵浸提—火焰光度法^[41];交换性钙和镁采用氯化铵—醋酸铵法^[41]。

1.4 数据分析与评判标准

采用 SPSS 25.0 和 Excel 2016 软件进行数据分析,用 LSD 法进行多重比较,用 Sigma Plot 12.0 作图。土壤养分质量分数丰缺判定标准是在参考以往研究结果^[42-44]的同时结合烟草生长的实际需求,制定出南川区植烟土壤养分质量分数的评价标准(表 1)。

表 1 南川区烟田土壤养分丰缺指标体系

等级	pH 值 ^[42]	有机质/ (g · kg ⁻¹) ^[43]	碱解氮/ (mg · kg ⁻¹) ^[42]	有效磷/ (mg · kg ⁻¹) ^[44]	速效钾/ (mg · kg ⁻¹) ^[42]
极低	<4.5	<10	<65	<10	<80
较低	[4.5, 5.5)	[10, 20)	[65, 100)	[10, 20)	[80, 150)
中等	[5.5, 6.5)	[20, 30)	[100, 180)	[20, 30)	[150, 220)
较高	[6.5, 7.0)	[30, 40)	[180, 240)	[30, 40)	[220, 350)
极高	≥7.0	≥40	≥240	≥40	≥350

2 结果与分析

2.1 南川植烟区土壤 pH 值变化特征

从描述性统计结果来看(表 2), 南川区植烟土壤 pH 值变化范围为 4.25~7.76, 平均值为 5.77, 变异系数为 15.25%。从样本分布情况来看(图 1), 南川区最适宜烟草生长 pH 值(5.5~6.5)的土壤样品占 35% 左右, 烟田酸性土壤(4.5~5.5)占 39%, pH<4.5 的极酸性土壤占 2.08%, pH>7.0 的碱性土壤占 10.42%。可见, 部分样品土壤偏酸或偏碱需采取相应措施进行调节。2012 年南川植烟土壤 pH 值平均为 5.45, 2017 年南川植烟土壤 pH 平均值和变异系数较 2012 年几乎没有变化, 均值略有上升, 处于适宜范围的比例由 2012 年的 24% 增加到 2017 年的 35%, 酸性土壤比例由 2012 年的 60% 减少到 2017 年的 41%, 说明近年来该地区控制了土壤酸化(图 1)。

表 2 南川区植烟土壤养分质量分数分析表(2017 年)

项目	样本/个	最小值	最大值	平均值	标准差	变异系数/%
pH 值	150	4.25	7.76	5.77	0.88	15.25
有机质/(g · kg ⁻¹)	150	20.48	62.91	33.62	7.84	23.32
碱解氮/(mg · kg ⁻¹)	150	85.30	277.16	157.10	35.29	22.46
有效磷/(mg · kg ⁻¹)	150	1.61	97.94	28.03	17.04	60.79
速效钾/(mg · kg ⁻¹)	150	99.35	575.44	277.51	110.34	39.76

2.2 南川植烟土壤有机质质量分数变化特征

由表 2 可知, 南川区植烟土壤有机质变幅为 20.48~62.91 g/kg, 平均值为 33.62 g/kg, 变异系数为 23.32%。根据丰缺指标, 土壤有机质质量分数介于 20~30 g/kg 适合烟草生长, 南川区烟田土壤有机质质量分数较为适宜的比例为 36.46%, 而 45.8% 的土壤有机质质量分数较高, 17.7% 的土壤有机质质量分数过高。总体而言, 南川区植烟土壤有机质质量分数较为丰富(图 2)。2012 年南川植烟土壤有机质平均值为 29.11 g/kg, 2017 年烟土有机质质量分数平均值较 2012 年提高了 15.49%, 处于适宜范围的比例下降了 19.84%, 处于较高水平的土壤比例由 2012 年的 27.30% 增加到 2017 年的 45.84%。

2.3 南川植烟区土壤碱解氮质量分数变化特征

由表 2 可知, 南川区植烟土壤碱解氮质量分数范围在 85.3~277.16 mg/kg 之间, 平均值为 157.1 mg/kg, 变异系数为 22.46%; 其中质量分数介于 100~180 mg/kg 适宜范围的土壤占 75%, 约有 20% 的土壤碱解氮质量分数偏高, 碱解氮质量分数极高或极低的土壤仅占 2.08%。可见, 南川区大部分烟土碱解氮质

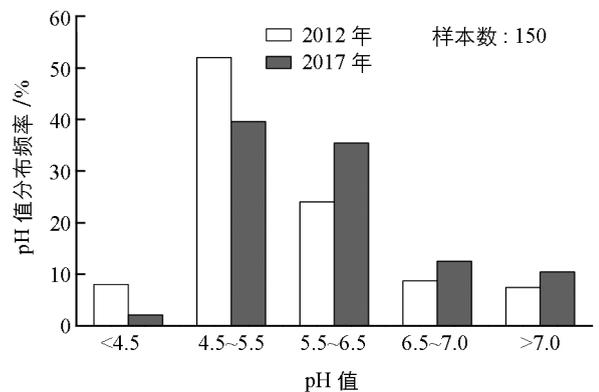


图 1 南川植烟区土壤 pH 值分布频率与年限变化图

量分数都适合烟草生长. 南川区植烟土壤碱解氮质量分数由 2012 年的 119.88 mg/kg 增加到 2017 年的 157.10 mg/kg, 平均值增加 31.05%, 碱解氮质量分数水平较高的土壤比例(180~240 mg/kg)增加了 15.79%(图 3). 总体而言, 南川区烟土供氮能力除部分偏高外, 大部分比较适宜.

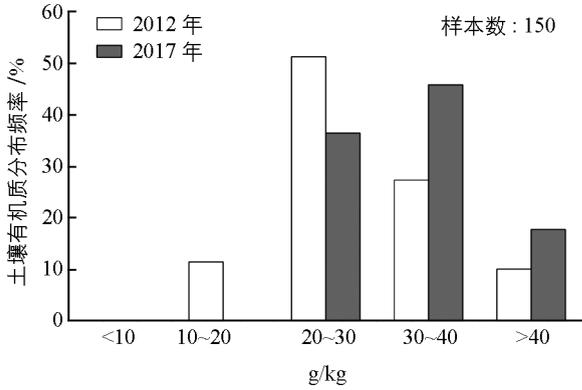


图 2 南川植烟区土壤有机质分布频率与年限变化图

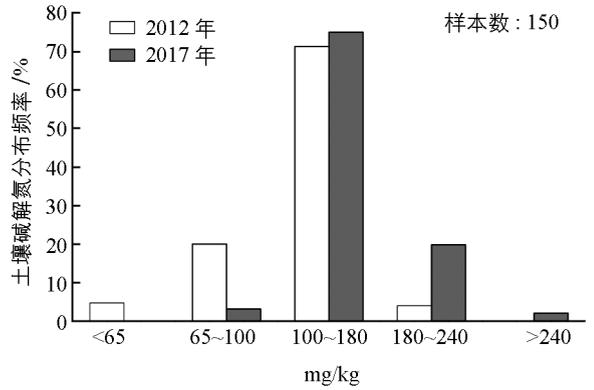


图 3 南川植烟区土壤碱解氮质量分数分布频率与年限变化图

2.4 南川植烟区土壤有效磷质量分数变化特征

由表 2 可知, 南川区植烟土壤有效磷质量分数变幅为 1.61~97.94 mg/kg, 平均值是 28.03 mg/kg, 变异系数达 60.79%. 根据有效磷分级标准, 质量分数处于 20~30 mg/kg 适宜水平的土壤占 41.25%. 综合丰缺指标和图 4 可知, 南川区烟土有效磷分布空间变异性大, 应因地制宜地进行磷素管理. 与 2012 年南川区植烟土壤有效磷质量分数平均值 23.12 mg/kg 相比, 2017 年其质量分数平均值增加了 21.24%, 较高水平土壤比例增加 13.53%, 低水平和偏低水平的土壤比例下降 7.04% 和 12.38%, 土壤有效磷累积量增加.

2.5 南川植烟区土壤速效钾质量分数变化特征

由表 2 可知, 南川区土壤速效钾质量分数变幅为 99.35~575.44 mg/kg, 平均值为 277.51 mg/kg, 变异系数达到 39.76%. 综合丰缺指标和图 5 可知, 南川区植烟土壤速效钾质量分数空间分布差异较大, 质量分数处于 150~220 mg/kg 适宜水平的土壤占 22.92%. 土壤富钾比例约占 66%, 速效钾整体水平偏高. 与 2012 年土壤速效钾质量分数平均值 192.2mg/kg 相比, 2017 年南川区植烟土壤速效钾质量分数有明显升高趋势, 平均值增加了 44.39%, 质量分数处于较高和极高水平的土壤比例分别增加 17.67% 和 14.66%, 处于较低水平的土壤比例下降了 19.84%.

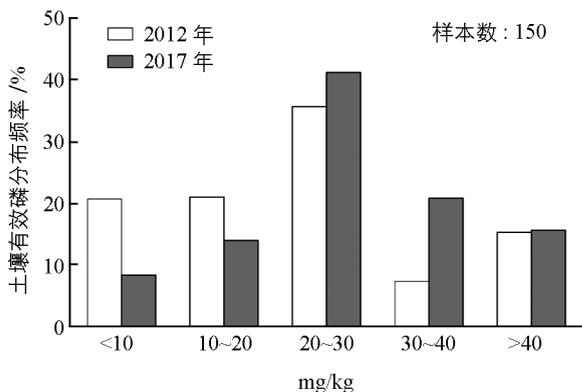


图 4 南川植烟区土壤有效磷质量分数分布频率与年限变化图

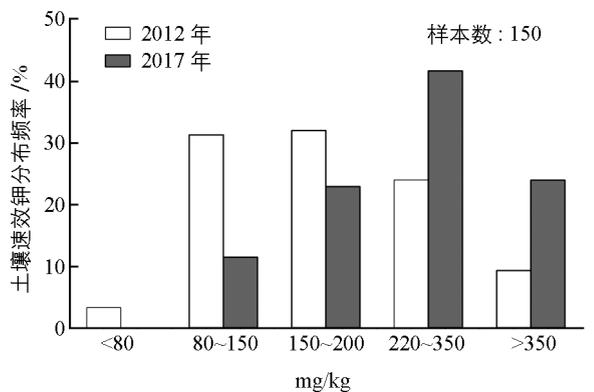


图 5 南川植烟区土壤速效钾质量分数分布频率与年限变化图

3 讨论

3.1 南川区土壤养分演变状况

在一定的的气候条件下,土壤肥力是决定烤烟产量和质量的关键因素^[45].目前南川区烟田土壤肥力水平总体较高,但也存在不利于烟叶生产的因素.土壤pH值是决定土壤供肥能力的重要因素^[24],土壤pH值影响着土壤养分的生物有效性进而影响烟草生长及品质的形成^[46-47].优质烟叶生产要求微酸性土壤,pH值在5.5~6.5之间^[46],2017年南川区烟田土壤pH平均为5.77,处于烟草适宜pH范围的比例由2012年的24%增加到2017年的35%,酸性土壤比例由2012年的60%减少到2017年的41%,说明近年来该地区逐步控制了土壤酸化趋势.这可能与当地长期推行石灰、钙镁磷肥施用等技术措施有关.施用石灰、钙镁磷肥可以有效抑制土壤酸化.李强等^[48]提出针对不同植烟土壤程度采用不同的管理方案.因此,对于通过改良使土壤pH值处于适宜范围和由于统一施肥使得土壤碱性增加的土壤应停止施用石灰等改良剂,对于土壤酸化已得到明显改善的地区可适当减少石灰等的施用.虽然该地区土壤酸化已得到明显改善,但仍有41%的酸化土壤.针对南川植烟区部分酸化严重的烟田,本课题组根据土壤pH值提出了烟田分类治理的方法:针对pH<5.0的烟田,采用石灰降酸和有机肥对肥力进行恢复的改良模式,确定了石灰施用量和土壤pH值的定量关系($Y=619.11-108.43X$),施用石灰2年pH值提高了0.4;针对pH值为5.0~5.5烟田,采用烟秆高温炭化后生成的生物炭平衡土壤酸性,同时采用施用土壤调理剂和有机肥对肥力进行提升的改良模式,该模式2年pH值提高了0.3,以上两种模式可有效解决烟田土壤酸化问题(数据未发表).

适宜的土壤有机质质量分数,对于土壤养分供应、烟株生长发育和烟叶化学成分协调具有非常重要的作用^[49-50].经过近年来大力推广有机肥施用,2017年南川区植烟土壤有机质质量分数总体较为适宜,相较2012年有显著提高,这主要与烟农近年来大量施用有机肥有关.土壤有机质改善了土壤物理性状,促进了土壤微生物活性,提高了土壤肥力水平,对于烟株生长、烟叶碳氮代谢和品质提高具有重要作用^[26],但过高的土壤有机质也会造成后期氮矿化增多,烟株不易落黄,上部烟叶烟碱含量增加,烟叶化学成分不协调,香气量下降等^[26,42].建议在南川植烟区土壤有机质质量分数较高的区域适当控制有机肥的用量,对有机质含量偏低的区域,继续增施有机肥或秸秆还田.

土壤碱解氮质量分数能较好地反映土壤氮素供应状况^[51].南川区植烟土壤碱解氮质量分数由2012年的119.88 mg/kg增加到2017年的157.10 mg/kg,平均增加31.05%,说明土壤供氮能力有所增强.一方面因为近年来烟农大量使用含氮复合肥,直接提高了土壤碱解氮质量分数;另一方面烟农大量施用有机肥,提高了土壤有机质质量分数,增强了土壤保氮能力.本研究结果表明2017年南川区土壤有机质质量分数较2012年提高了15.49%.以南川区中等肥力烟田为例,氮用量需要从2012年的每公顷120~135 kg调整为目前每公顷97.5 kg~112.5 kg,总体而言,南川区植烟土壤碱解氮质量分数较高,供氮能力较强,加上上季残留,应适当减少移栽前氮肥的施用量.

磷是烟草生长发育的必需营养元素之一,但过多磷素不仅会对烟草品质带来显著不利影响,增加生产成本^[52],而且磷进入水体还会造成污染,破坏生态平衡^[27].2017年土壤有效磷质量分数平均值为28.03 mg/kg,较2012年增加了21.24%,处于适宜水平和较高水平的土壤比例增加,低水平和偏低水平的土壤比例下降,说明土壤磷积累量增加.以南川区中等肥力烟田为例,磷用量需要从2012年的每公顷105~120 kg调整为目前每公顷90~105 kg,应适当减少移栽前磷肥的施用量,但降低磷肥施用量时要相应地调整氮、钾肥的施用量.此外,南川区烟土有效磷分布空间变异性大,应根据土壤测试结果进行磷素管理.

烟草是喜钾植物^[53], 适量的钾素能提高烟草的品质^[21]. 廖晓勇等^[54]研究表明, 施钾可提高烟叶中钾和还原糖的质量分数, 降低钙、镁、烟碱和蛋白质的质量分数. 土壤速效钾质量分数常被作为判断植烟土壤钾素质量分数丰缺的重要指标^[55]. 陈江华等^[56]认为, 植烟土壤速效钾质量分数在 150~220 mg/kg 为佳. 2017 年土壤速效钾质量分数空间分布差异较大, 速效钾质量分数整体偏高且有明显升高趋势. 土壤速效钾质量分数平均值较 2012 年增加了 44.39%, 处于低水平的土壤比例下降, 较高水平的土壤比例明显增加, 而适宜范围的土壤比例较 2012 年有所下降. 以南川区中等肥力烟田为例, 钾用量需要从 2012 年的每公顷 300~330 kg 调整为目前每公顷 240~300 kg, 因此, 建议根据测土结果, 进行分区施钾肥, 避免盲目施钾肥, 对部分钾质量分数较高地区减少钾肥的投入, 以增加土壤供钾的后效及潜力.

3.2 施肥建议

根据南川区土壤养分质量分数特征, 通过叠加土壤有机质图、土壤氮养分图、土壤磷养分图、土壤钾养分图, 形成综合分区图, 建立了施肥分区图, 从而最终形成施肥区划图(图 6), 可以实现烟田区域“大配方”养分管理策略. 由图 6 可知, 南川烤烟氮用量基本控制在每公顷 90~120 kg, 磷用量基本控制在每公顷 82.5~112.5 kg, 钾用量基本控制在每公顷 225~300 kg. 中氮高磷中钾区建议施用氮、磷、钾肥三者比例为 1 : 0.8 : 2.3; 中氮中磷高钾施肥区三者比例为 1 : 1 : 2.3; 中氮中磷中钾施肥区三者比例为 1 : 1 : 2.3; 中氮中磷低钾施肥区三者比例为 1 : 1 : 2.5; 低氮低磷中钾施肥区三者比例为 1 : 1 : 2.5.

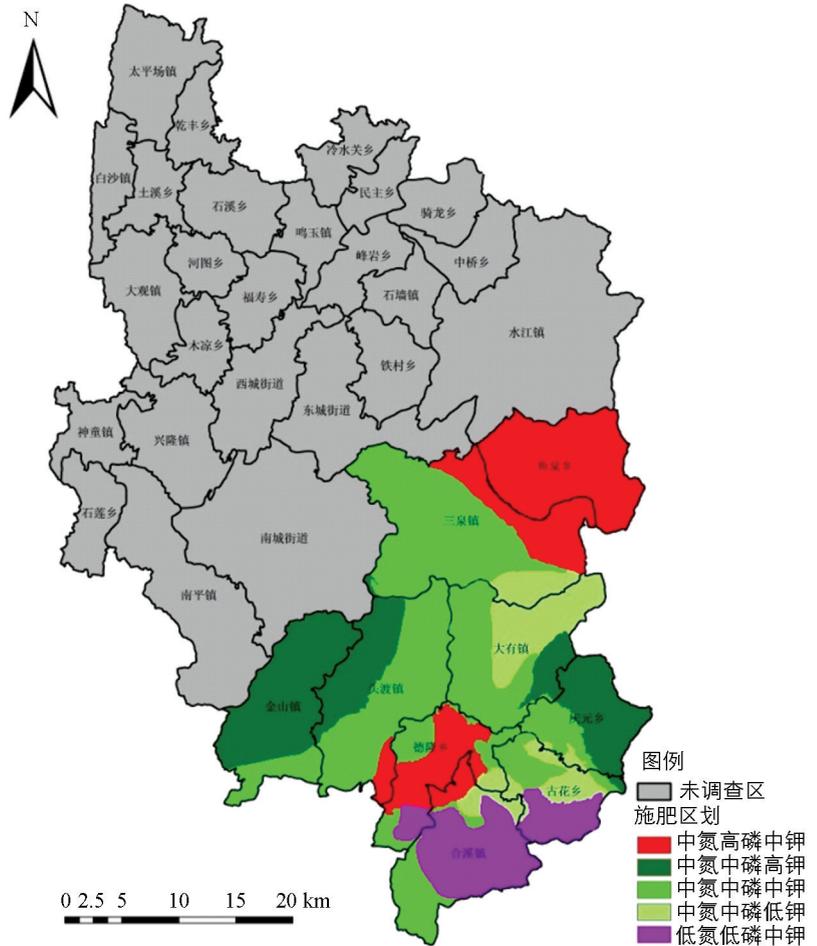


图 6 南川区植烟区烤烟施肥区划图

4 结 论

南川区烟田总体肥力较高, 但部分烟田土壤酸化严重, 有机质质量分数较为丰富且多年有机质质量分数稳中有升; 南川区植烟区土壤碱解氮和土壤速效磷总体质量分数适中, 但土壤速效钾质量分数整体偏高. 2017 年南川区烟田土壤酸化现象较 2012 年明显改善, 土壤碱解氮、速效磷和速效钾均有较为明显的提升. 针对目前南川区土壤养分状况, 以土壤测试为依据, 建立了施肥分区图, 可以实现烟田区域“大配方”养分管理策略, 为南川区烤烟特色优质烤烟可持续发展提供科学支撑.

参考文献:

- [1] 龙 怒. 中外烟草业发展比较研究 [J]. 产业经济研究, 2004(2): 61-69.
- [2] 杨 帆, 李 荣, 崔 勇, 等. 我国有机肥料资源利用现状与发展建议 [J]. 中国土壤与肥料, 2010(4): 77-82.
- [3] 丁博锐, 李佛琳, 刘敏惠, 等. 中国烟草营养与施肥研究现状——基于1998-2007年文献计量分析 [J]. 中国农学通报, 2009, 25(12): 133-139.
- [4] 匡传富, 周国生, 邓正平, 等. 湖南郴州烟区土壤养分状况分析 [J]. 中国烟草科学, 2010, 31(3): 33-37.
- [5] 王 勇, 陈玉蓝, 樊红柱. 四川冕宁县新植烟区土壤养分特征及施肥对策 [J]. 中国农学通报, 2016, 32(25): 153-158.
- [6] 汪 璇, 吕家恪, 唐国祥, 等. 西南丘陵山区植烟土壤肥力空间分布及适宜性评价 [J]. 西南大学学报(自然科学版), 2013, 35(7): 106-114.
- [7] 常乃杰, 张云贵, 李志宏, 等. 云南玉溪植烟土壤速效养分空间变异特征及应用 [J]. 中国土壤与肥料, 2017(1): 7-13.
- [8] 向鹏华, 单雪华, 黄银章, 等. 烟—稻复种连作年限对土壤理化性状及烟叶产量与品质的影响 [J]. 中国土壤与肥料, 2016(5): 105-109.
- [9] 秦 松, 王正银, 石俊雄. 不同区域尺度烟叶化学成分与品质的关系初探 [J]. 植物营养与肥料学报, 2007, 13(3): 443-449.
- [10] 张海伟, 何宽信, 叶为民, 等. 多雨烟区烤烟氮肥优化施用的减氮效应及对烤烟产质量的影响 [J]. 中国土壤与肥料, 2018(3): 36-41.
- [11] 陈富彩, 耿 伟, 阮 志, 等. 炭基有机物料对陕南烤烟氮钾含量、光合特性、生长及质量的影响 [J]. 中国土壤与肥料, 2016(2): 114-119.
- [12] 陈义强, 刘国顺, 习红昂. 基于烟叶品质指数的氮、磷、钾施肥模型 [J]. 植物营养与肥料学报, 2013, 19(3): 632-643.
- [13] 孟肖依, 艾应伟, 李瑞瑞, 等. 有机络合微肥对烤烟品质和效益的影响 [J]. 中国土壤与肥料, 2018(1): 108-113.
- [14] 黄成江, 张晓海, 李天福, 等. 植烟土壤理化性状的适宜性研究进展 [J]. 中国农业科技导报, 2007, 9(1): 42-46.
- [15] 杨 超. 重庆烟区主要生态因子特征及其对烤烟产质量的影响 [D]. 重庆: 西南大学, 2015.
- [16] 魏修彬. 重庆植烟土壤养分状况分析及合理施肥初探 [D]. 郑州: 河南农业大学, 2012.
- [17] 张 东, 扈 强, 杜咏梅, 等. 植烟土壤酸化及改良技术研究进展 [J]. 中国烟草科学, 2013, 34(5): 113-118.
- [18] 张 耸, 李 莉, 马一琼, 等. 不同类型植烟土壤养分含量、微生物数量与酶活性研究 [J]. 中国农学通报, 2016, 32(35): 105-110.
- [19] 许自成, 黎妍妍, 肖汉乾, 等. 湖南烟区土壤交换性钙、镁含量及对烤烟品质的影响 [J]. 生态学报, 2007, 27(11): 4425-4433.
- [20] 曹志洪. 优质烤烟生产的土壤与施肥 [M]. 南京: 江苏科学技术出版社, 1991.
- [21] 左兴俊, 徐树建. 临沂烟区土壤养分状况和烟叶质量及关系分析 [J]. 中国烟草科学, 2010, 31(5): 49-52.
- [22] 邓小华, 张 瑶, 田 峰, 等. 湘西植烟土壤 pH 和主要养分特征及其相互关系 [J]. 土壤, 2017, 49(1): 49-56.
- [23] 秦钟立, 秦 松, 刘洪斌. 贵州省植烟区土壤 pH 值和养分空间变异特征的研究 [J]. 土壤通报, 2008, 38(6): 1046-1051.
- [24] 王 晖, 邢小军, 许自成. 攀西烟区紫色土 pH 值与土壤养分的相关分析 [J]. 中国土壤与肥料, 2007(6): 19-22, 49.
- [25] 周炼川, 徐天养, 张家征, 等. 文山烟区植烟土壤 pH 分布特点及其与主要养分的相关关系 [J]. 中国烟草学报, 2014, 20(1): 61-64.
- [26] 王 林, 许自成, 卢秀萍, 等. 烤烟烟碱含量与土壤有机质、氮素含量的关系分析 [J]. 中国土壤与肥料, 2007(6): 58-60, 87.
- [27] 谢 瑞, 易忠经, 申修贤, 等. 不同磷肥施用量对植烟土壤磷有效性及烟叶产量和品质的影响 [J]. 山地农业生物学

报, 2017(6): 38-43.

- [28] LIU G S, WANG Y T, WANG Y F, et al. Tobacco Cultivation [M]. Beijing: China Agriculture Press, 2003.
- [29] 汪耀富, 高华军, 刘国顺, 等. 氮、磷、钾肥配施对烤烟化学成分和致香物质含量的影响 [J]. 植物营养与肥料学报, 2006, 12(1): 76-81.
- [30] 王小东, 田晓莉, 许自成, 等. 不同土壤有机质水平对烤烟内在品质的影响 [J]. 西北农业学报, 2011, 20(5): 99-105.
- [31] 霍昭光, 孙志浩, 邢雪霞, 等. 不同施肥方式烤烟叶片矿质元素含量变化及其与干物质积累的关系 [J]. 中国土壤与肥料, 2018(4): 60-66.
- [32] 鲍金星, 高明, 秦建成. 重庆市植烟土壤基础环境信息空间变异性分析 [J]. 西南农业学报, 2006, 19(3): 409-413.
- [33] 朱忠玉, 王现军. 中国烤烟布局的特点和发展趋势 [J]. 中国农业资源与区划, 1995, 16(1): 9-13.
- [34] 徐畅, 高明, 谢德体, 等. 重庆市植烟区土壤镁素含量状况及施镁效应研究 [J]. 植物营养与肥料学报, 2010, 16(2): 449-456.
- [35] 李娟, 刘国顺, 宋晓华. 重庆烟区土壤养分状况分析及综合评价 [J]. 江西农业学报, 2009, 21(7): 94-96, 99.
- [36] 钱旒, 王建林, 钟维勇, 等. 重庆烟区土壤养分丰缺状况研究 [J]. 江西农业学报, 2018, 30(8): 60-64.
- [37] 江厚龙, 张定志, 李钠钾, 等. 重庆烟区植烟土壤养分现状分析 [J]. 河南农业科学, 2015, 44(6): 58-63.
- [38] 梁红. 重庆植烟土壤肥力特征及评价 [D]. 重庆: 西南大学, 2014.
- [39] 朱经伟, 石俊雄, 冉贤传, 等. 玉米秸秆施用措施对土壤肥力及烤烟产质量的影响 [J]. 烟草科技, 2016, 49(11): 14-20.
- [40] 张东. 重庆烟区植烟土壤酸化现状及改良措施研究 [D]. 北京: 中国农业科学院, 2015.
- [41] 杨剑虹, 王成林, 代亨林. 土壤农化分析与环境监测 [M]. 北京: 中国大地出版社, 2008.
- [42] 陈江华, 李志宏, 刘建利, 等. 全国主要烟区土壤养分丰缺状况评价 [J]. 中国烟草学报, 2004, 10(3): 14-18.
- [43] 王迪华, 关博谦, 木志坚. 重庆市黔江区植烟土壤养分分析与评价 [J]. 中国农学通报, 2010, 26(23): 219-223.
- [44] 李强, 刘晓颖, 王佩, 等. 云南陆良植烟土壤有效磷空间变异及其对烟叶质量和面源污染潜在风险的评估 [J]. 中国烟草学报, 2016, 22(3): 79-87.
- [45] 袁家富, 徐祥玉, 赵书军, 等. 恩施烟区土壤养分状况调查 [J]. 中国烟草科学, 2011, 32(Z1): 93-98.
- [46] 陈朝阳. 南平市植烟土壤 pH 状况及其与土壤有效养分的关系 [J]. 中国农学通报, 2011, 27(5): 149-153.
- [47] ZHANG K. Effects of Cropping Patterns on Yield and Quality of Flue-Cured Tobacco, Soil Nutrients and Enzyme Activities [J]. Plant Nutrition and Fertilizer Science, 2010, 16(1): 124-128.
- [48] 李强, 闫晨兵, 刘勇军, 等. 郴州植烟土壤 pH 空间分布及影响因素初探 [J]. 中国烟草学报, 2019, 25(4): 50-58.
- [49] 王允白, 计玉. 山东沂水植烟土壤类型与烟叶品质关系的调查研究 [J]. 中国烟草科学, 2000, 21(2): 11-15.
- [50] 李军营, 邓小鹏, 杨坤, 等. 施用有机肥对植烟土壤理化性质的影响 [J]. 中国土壤与肥料, 2012(3): 12-16, 34.
- [51] 王树会, 邵岩, 李天福, 等. 云南植烟土壤有机质与氮含量的研究 [J]. 中国土壤与肥料, 2006(5): 18-20, 27.
- [52] 王艳丽. 豫中褐土区磷肥用量对烤烟生长发育和产质量的影响 [D]. 郑州: 河南农业大学, 2005.
- [53] 代晓燕, 郭春燕, 王海波, 等. 钾肥施用方式对豫西烤烟钾含量及产质量的影响 [J]. 中国烟草学报, 2012, 18(3): 42-49.
- [54] 廖晓勇, 向明, 秦毅. 土壤施钾对烤烟品质的影响研究 [J]. 中国生态农业学报, 2005, 13(4): 124-126.
- [55] 邓小华, 杨丽丽, 周米良, 等. 湘西喀斯特区植烟土壤速效钾含量分布及影响因素 [J]. 山地学报, 2013, 31(5): 519-526.
- [56] 陈江华, 刘建利, 李志宏, 等. 中国植烟土壤及烟草养分综合管理 [M]. 北京: 科学出版社, 2008.

Evolution Trend of Soil Nutrients in Tobacco Planting Areas of Nanchuan County, Chongqing and Fertilization Zoning for It

ZHANG Lu^{1,2}, XU Chen³, SHI Xiao-jun¹, ZHOU Xin-bin¹

1. School of Resources and Environment, Southwest University, Chongqing 400715, China;

2. Maize Research Institute, Shanxi Agricultural University, Xinzhou Shanxi 034000, China;

3. Tobacco Scientific Research Institute of Chongqing Corporation Chinese Tobacco Corporation, Chongqing 400715, China

Abstract: In 2017, an experiment was made in Nanchuan County of Chongqing, in which soil nutrients in representative tobacco fields were analyzed and the results were compared with the data in 2012 so as to understand the evolution rules of soil nutrients in this period. Accordingly, a specific fertilization scheme was recommended as a guide for improving the quality, efficiency and sustainable development of flue-cured tobacco production in this area. The results showed that the average pH value of the tobacco-planting soil in Nanchuan County was 5.77, soil samples in the optimal pH range accounting for about 35% of the total; and the average content of soil organic matter, alkaloidal nitrogen, available phosphorus and available potassium was 33.62 g/kg, 157.1 mg/kg, 28.03 mg/kg and 277.51 mg/kg, respectively in 2017. The proportion of the above nutrient indexes in the appropriate range was 36.46%, 75%, 41.25% and 22.92% of the total, respectively. Overall, the mass fraction of soil organic matter content was relatively rich, the content of soil alkali-hydrolyzed nitrogen and available phosphorus was moderate; and the soil available potassium content was a bit too high as a whole in this area. Compared with 2012, soil acidification in the local tobacco fields was markedly alleviated. The average pH value of tobacco planting soil increased by 0.32, but 41.0% of the soil remained acidic. The average contents of soil organic matter, alkali-hydrolyzed nitrogen, available phosphorus and available potassium increased by 15.49%, 31.05%, 21.24% and 44.39%, respectively. Therefore, measures should be taken to reduce acidity, stabilize nitrogen and phosphorus, control potassium and maintain organic fertilizer in the tobacco planting area of Nanchuan County of Chongqing. Based on the soil test, a fertilization zoning map was established, which can achieve the “big formula” nutrient management strategy in tobacco fields.

Key words: Nanchuan County; tobacco-planting soil; soil nutrient; tobacco; fertilization zoning