

DOI: 10.11766/trxb202109280526

谢新乔, 陆俊平, 田育天, 杨继周, 李湘伟, 孙维侠, 宋正姗, 史学正. 玉溪市 100 m 级植烟土壤质地品质的区划研究[J]. 土壤学报, 2023, 60 (4): 1113–1122.

XIE Xinqiao, LU Junping, TIAN Yutian, YANG Jizhou, LI Xiangwei, SUN Weixia, SONG Zhengshan, SHI Xuezheng. Soil Texture Grading and Zoning for Tobacco Planting in Yuxi at 100 m Spatial Resolution[J]. Acta Pedologica Sinica, 2023, 60 (4): 1113–1122.

玉溪市 100 m 级植烟土壤质地品质的区划研究*

谢新乔¹, 陆俊平¹, 田育天¹, 杨继周¹, 李湘伟¹, 孙维侠^{2†}, 宋正姗³,
史学正²

(1. 红塔烟草(集团)有限责任公司, 云南玉溪 653100; 2. 土壤与农业可持续发展国家重点实验室(中国科学院南京土壤研究所), 南京 210008; 3. 江苏师范大学地理与测绘城乡规划学院, 江苏徐州 221116)

摘要: 开展以质地为关键因子的高精度植烟土壤区划, 对综合提升区域烟叶品质具有现实指导意义。以云南省玉溪市植烟区为研究对象, 利用云南省、地市和县级土种志所记录的玉溪市土壤剖面数据为基础, 并结合 GIS 技术和地统计学等方法, 对玉溪市植烟土壤质地品质进行高精度区划。建立了玉溪市 100 m 级土壤质地数据池, 对烟草区划的土壤关键因子土壤质地进行了科学的品质等级划分。结果表明, 玉溪市适宜植烟的土壤质地品质差异较大, 按土壤质地品质分级一等~五等的面积比例分别为 9.87%、36.08%、11.7%、21.38%和 20.97%, 其中, 最适宜植烟的一等土壤主要分布在峨山和华宁县, 面积分别为 26.2 km² 和 25.2 km², 较适宜的二等土壤主要分布在新平、元江和江川, 面积分别为 87 km²、58.6 km² 和 55.5 km²。不同海拔上的植烟土壤质地品质存在较为明显的差异, 海拔 1 600~2 000 m 是玉溪烟叶主产区 and 优质植烟土壤质地主要分布区。玉溪市 100 m 级土壤质地空间分布图, 详细程度达到村镇尺度, 极大地提高了植烟区划精度及其实用性。研究结果可为优质烟叶生产及其长期规划布局和科学管理提供理论依据。

关键词: 100 m 级; 植烟土壤; 质地品质等级; 区划

中图分类号: S152; S159 **文献标志码:** A

Soil Texture Grading and Zoning for Tobacco Planting in Yuxi at 100 m Spatial Resolution

XIE Xinqiao¹, LU Junping¹, TIAN Yutian¹, YANG Jizhou¹, LI Xiangwei¹, SUN Weixia^{2†}, SONG Zhengshan³, SHI Xuezheng²

(1. Hongta Tobacco Group Company Limited, Yuxi, Yunnan 653100, China; 2. State Key Laboratory of Soil and Sustainable Agriculture, Institute of Soil Science, Chinese Academy of Sciences, Nanjing 210008, China; 3. School of Geography, Geomatics and Planning, Jiangsu Normal University, Xuzhou, Jiangsu 221116, China)

* 红塔烟草(集团)有限公司科技项目(S-6019001)、江苏省社会发展计划项目(BE2018759)和国家重点研发计划“水资源高效开发利用”重点专项项目(2016YFC0402805)资助 Supported by Hongta Tobacco (Group) Co., LTD. Technology Project (No. S-6019001), Jiangsu Social Development Plan Project (No. BE2018759), the National Key Research and Development Program of China (No. 2016YFC0402805)

† 通讯作者 Corresponding author, E-mail: wxsun@issas.ac.cn

作者简介: 谢新乔(1988—), 男, 云南曲靖人, 农艺师, 主要从事烟叶质量评价和烟叶原料基地建设。E-mail: 645637717@qq.com

收稿日期: 2021-09-28; 收到修改稿日期: 2022-01-27; 网络首发日期(www.cnki.net): 2022-03-07

Abstract: 【Objective】 The development of soil texture grading and zoning is of practical significance for improving tobacco quality. 【Method】 Based on the soil profile data recorded in the soil species records of Yunnan Province (prefecture and county), combined with GIS technology and geostatistics, this study carried out a high-precision division of soil texture and quality for a tobacco plantation in Yuxi City. A spatial database of soil texture at 100 m spatial resolution level was built, and the quality grade of soil texture of the key soil factors for tobacco zoning was scientifically divided. 【Result】 The results showed that the soil texture and quality suitable for tobacco planting in Yuxi varied greatly. According to soil texture and quality, the areas of grade I to grade V were 9.87%, 36.08%, 11.7%, 21.38% and 20.97%, respectively. The most suitable grade I soil for tobacco planting was mainly distributed in Eshan and Huaning counties, with an area of 26.2 km² and 25.2 km², respectively. Also, suitable second class soils were mainly distributed in Xiping, Yuanjiang and Jiangchuan, with an area of 87 km², 58.6 km² and 55.5 km², respectively. There were obvious differences in soil texture and quality for tobacco plantation soils at different altitudes. The main suitable tobacco plantation area was at the altitudes of 1600–2000 m. 【Conclusion】 The spatial distribution of soil texture at 100 m spatial resolution level in Yuxi was as detailed as village scale, which greatly improved the precision and practicability for tobacco plantation zoning. These results can provide a theoretical basis for high-quality tobacco production, long-term zoning and scientific management of soils.

Key words: 100 m Spatial resolution; Tobacco plantation soil; Texture grade; Zoning

质地作为土壤最重要的物理性质之一^[1-2],与土壤供氮状况紧密相关^[3]。而土壤供氮状况是影响烟叶品质的决定性因素^[4-6],表现为优质烟叶生产的需氮规律为“少时富,老来贫”,即生长前期土壤氮供应充足,后期供氮少^[7]。国际上优质烟区的烟草栽培表明,土壤质地对烟叶品质具有决定性的影响,轻质土壤的供氮过程易调控,而质地黏重的土壤烟叶品质普遍较差。云南省玉溪市是我国优质的产烟区^[8-9],但土壤质地空间变异大,因此,研究植烟区高精度的土壤质地分布对提升烟草种植区划,最终实现区域烟叶品质综合提升具有重要意义。

世界上主要优质产烟区,如美国、津巴布韦和巴西等均选择轻质地、通透性好、容易调控氮素供应的土壤作为优质烟草种植区^[10-11]。如美国优质烤烟生产集中在北卡罗来纳和弗吉尼亚等五个州,土壤多为砂壤土^[12];津巴布韦种植烤烟的农场有 1 600 多个,这些农场多数在中性砂土和砂壤土上,海拔分布在 1 050~1 650 m^[13];巴西烟草种植区主要分布在南部浅山丘岗的红砂土、黄砂土、灰色砂土和平原区砂土上,这些土壤含砂量在 60%以上,土壤通气性较好^[14]。

中国对烟草区划一直很重视,自 20 世纪 60 年代以来,我国进行了三次全国性烟草种植区划,区划的关键因子以气候、地形和土壤为主^[15-18]。由于在山区地形与气候紧密相关,实际区划中只考虑气候和土壤这两个关键因子,因此,土壤作为区划关

键因子之一,其作用得以凸显。然而,对烟草种植区进行土壤区划时,具体选择哪些土壤性质作为区划指标,每个指标权重赋值多少,以及区划成果的空间分辨率等,均会直接影响到土壤区划成果的实用性。筛选哪些土壤性质作为区划指标,国内外至今仍没有统一认识,如许自成等^[19]在湘南烟区生态因素与烤烟质量的综合评价中,将土壤有机质、pH、全氮、碱解氮、速效磷、速效钾、水溶性氯、全磷和全钾 9 个土壤性质作为评价指标,而土壤质地不在其中;河南省烟草生态适宜性评价的相关研究中,吴克宁等^[20]根据河南省的土壤特点提出了 8 个土壤性质指标,即水溶性氯、耕层厚度、pH、有机质、土壤质地、全氮、速效钾和速效磷,其中土壤质地的权重仅为 0.066,这表明土壤质地被作为区划次要因子。在全国第三次烟草种植区划时,经过专家反复讨论,最终确定土壤质地、土壤有机质、pH、有效土层厚度、土壤氯离子等 5 个土壤性质作为区划指标,其中土壤质地最为重要,其权重为 0.306^[21]。但该评价体系中土壤质地赋值只包含壤土和黏土等 7 个类型,而国内外普遍采用美国制粒径分级标准,即土壤质地类型分为 12 类^[2]。不同的土壤质地分级体系以及赋值差异显然不利于当下烟草种植区划。

另一方面,在进行烟草种植区划时,区划成果的空间分辨率高低是其是否具有实际指导意义的重要标志。最新的全国第三次烟草种植区划(2003—2008 年)利用 GIS 技术,打破行政界线,提高了区

划水平, 但区划主要依据地理气候, 属于一定程度上的经验式划分^[22], 其区划成果的最小单元为县域尺度^[18], 空间分辨率较低, 不能满足目前烟草种植发展趋势。以云南省玉溪市为例, 其烟草种植区划空间分辨率约为 40 km×40 km (1 600 km²), 结果显示其所辖 9 个区县如江川区、华宁县和红塔区等区划结果均为优质烟区, 这与当前玉溪市烟草种植的实际情况不符, 实际上这些地区的烟叶品质存在较大的空间差异。可见, 以县域为单元进行烟草种植区划空间分辨率太低, 不够准确和科学, 因此, 更为精细的烟草种植土壤区划已成为当下研究重点。

综上所述, 红塔集团提出烟草区划成果的空间分辨率至少到村, 目前区划的空间分辨率已不能满足烤烟发展的需求。区域土壤调查数据如何应用于烟草种植区划中, 影响烤烟品质的土壤关键因子土壤质地等级如何划分等相关问题亟须解决。为此, 本文以云南省玉溪市植烟区为研究对象, 利用云南省、地市和县级多年土壤调查数据为基础, 建立玉溪市 100 m 级空间分辨率土壤数据池, 以烟草区划的土壤关键因子土壤质地为例, 构建适应烟草区域需求的 100 m 级玉溪市土壤质地等级分布图, 探究玉溪市主要植烟区 100 m 级土壤质地品质分布特征。

1 材料与方法

1.1 研究区概况

玉溪市位于云南省中部 (23°19′—24°53′N, 101°16′—103°09′E), 总面积为 15 285 km², 下辖 9 个县区, 即红塔区、江川区、澄江市、华宁县、通海县、峨山县、易门县、新平县、元江县。该区域地处云贵高原西缘, 地势西北高、东南低, 地形复杂, 山地、峡谷、高原、盆地交错分布, 海拔以 1 500~1 800 m 为主, 属于亚热带季风气候, 年平均气温 15.4~24.2℃, 年平均降水量 787.8~1 000 mm^[1, 23-24]。该区域以山区为主, 面积近 91%, 坝区面积较小, 仅占 7%^[23]。种植农作物以水稻、小麦、玉米及烤烟等为主^[25]。土壤类型主要为红壤、棕壤、黄棕壤、燥红壤、赤红壤、紫色土和水稻土, 其中红壤、紫色土和水稻土适宜栽种烤烟作物, 占总面积

的 70%^[23]。

1.2 数据来源与处理

玉溪市植烟区分布图由红塔烟草集团提供。依据全国第二次土壤普查资料, 在 ArcGIS 支持下建立玉溪市 1:50 000 土壤空间数据库, 并与玉溪市所记录的 444 个土壤剖面数据融合, 建立完整的玉溪市 1:50 000 土壤数据库^[26], 然后将矢量图层进行栅格化, 得到 100 m 级 (100 m×100 m 栅格) 的玉溪市土壤属性空间分布图。考虑到当地植烟土壤耕层的深度, 本研究所涉及的土壤质地数据均为表土层 (0~20 cm)。

利用 ArcGIS 软件将玉溪市土壤质地空间分布图与玉溪市植烟区分布图进行叠加, 获得植烟区土壤质地分布图。在此基础上, 考虑到当前国内外土壤质地普遍采用美国制粒径分级标准 (砂粒 0.05~2.00 mm、粉粒 0.002~0.05 mm 和黏粒 <0.002 mm) 及其分类标准 (12 级)^[2], 本研究针对植烟土壤特点提出植烟土壤质地品质的分等定级规范。

数据统计和分析在 ArcGIS 和 SPSS13.0 完成。

2 结果

2.1 玉溪植烟区 100 m 级土壤颗粒组成及其空间分布特征

依据全国第二次土壤普查资料, 本研究建立了详细的玉溪市-区-村镇级土壤质地空间分布图, 以土壤砂粒含量为例, 结果如图 1 所示。为便于进行比较, 现以玉溪市为例, 对其面积进行栅格转换, 考虑到以往云南烤烟区划精度仅为地市级和县域, 玉溪市总面积约 15 000 km², 可转换成对应栅格为 120 km×120 km; 玉溪市下辖 9 个县 (区), 每个县 (区) 平均面积约为 1 667 km², 可转换成对应栅格为 40 km×40 km。本研究构建的玉溪市土壤属性空间分布图, 精度为 100 m, 其对应栅格为 0.01 km²。可以看出, 与地市级区划空间分辨率相比, 本研究烤烟区划空间分辨率提高了 144 万倍 (14 400/0.01), 与县域相比, 空间分辨率提高了 16 万倍 (1 600/0.01)。

玉溪不同区县植烟区土壤粒级分布情况如图 2 所示。玉溪全市土壤表层砂粒含量均值为 25.8%, 含量范围为 0.4%~83.0%。土壤黏粒含量均值为

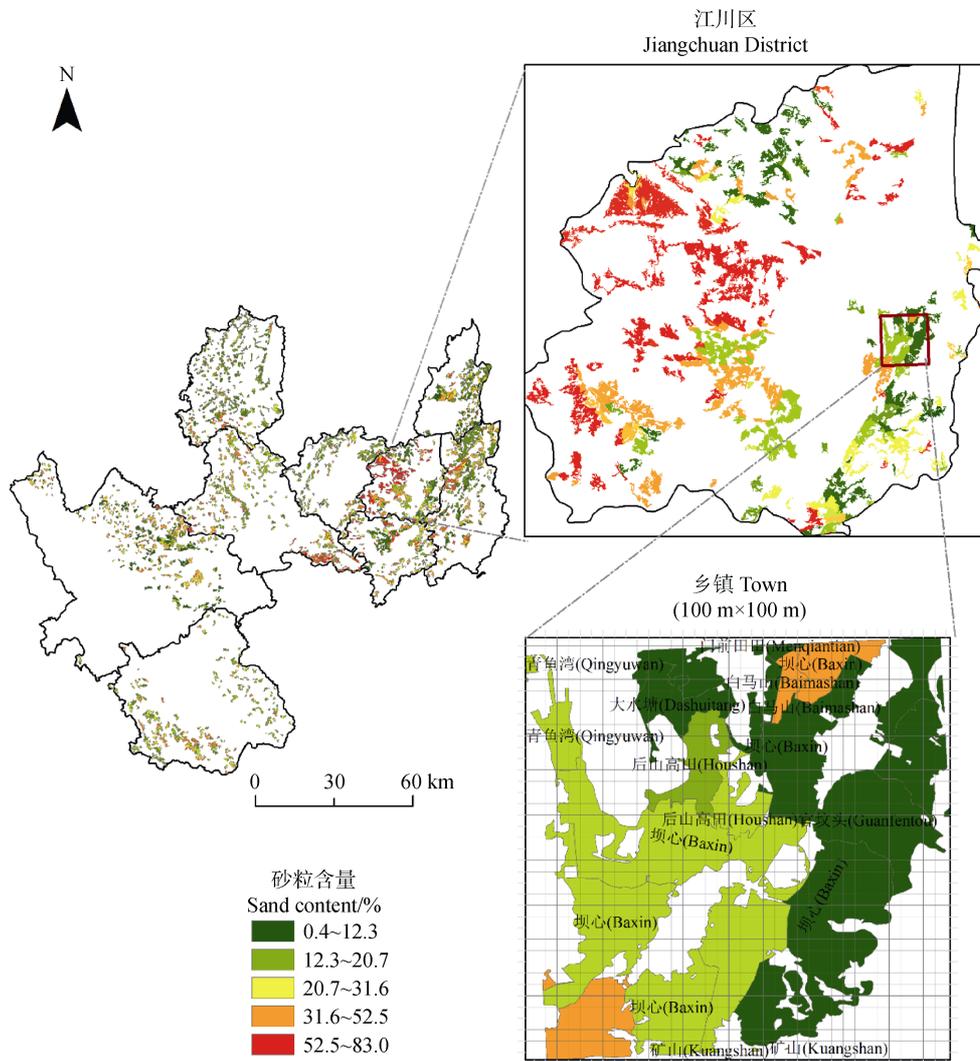


图 1 玉溪市 100 m 级烟草种植土壤质地分布图—以砂粒含量为例

Fig. 1 Soil texture distribution for the tobacco plantation in Yuxi at 100 m spatial resolution—soil sand content distribution as an example

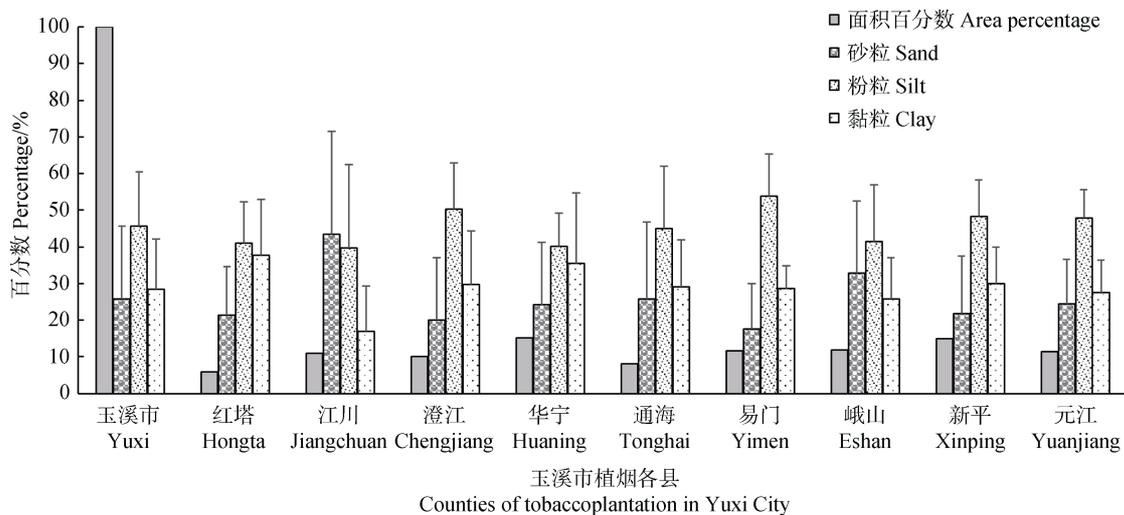


图 2 玉溪市各县域植烟区表层土壤颗粒组成

Fig. 2 Soil particle composition in the surface soil layer for the tobacco plantation in different counties of Yuxi

28.5%, 含量范围为 3.8%~75.5%。可见, 玉溪市植烟区表层土壤以粉粒含量为主, 砂粒与黏粒含量相当。在变异系数方面, 砂粒变异系数最大, 为 77%, 粉粒变异系数最小, 为 32%, 黏粒的变异系数处于砂粒和粉粒之间。玉溪市不同县区之间土壤粒径含量空间差异较大, 如江川区砂粒含量最高, 为 43.5%, 易门县砂粒含量最低, 为 17.5%。

2.2 植烟土壤质地品质等级的量化表征

以往的全国烟草种植区划中土壤质地类型仅包含 7 类^[21], 而当前国内外普遍采用美国制土壤质地分类方法, 其类型分为 12 类, 尚有 5 个质地类型(砂质黏壤土、粉土、粉质黏壤土、砂质黏土和粉质黏土)缺乏对应等级。考虑到土壤质地分等定级中, 一般采用 5 级用于烟草田间科学管理, 因此, 本研究将 12 个土壤质地类型归纳成 5 个烟草土壤质地品质等级。为进行科学的土壤质地分等定级, 依据本团队近些年在玉溪市植烟土壤开展的相关研究结果和查阅文献资料表明, 土壤质地对烟叶品质的关键是土壤通气性, 烟叶品质以砂壤土为最佳, 黏土最差^[27]。基于此, 依据土壤颗粒组成与土壤质地三角

对照图, 选择每种质地类型图形的中心点, 读取对应的土壤砂粒和粉粒含量值, 并列于表 1; 再由此估算所对应的物理性砂粒含量(粒径 ≥ 0.01 mm), 并提出相应的土壤物理性砂粒区间划分基准, 共划分了 6 个区间, 如大于 $\geq 90\%$ 、 $90\% \sim 80\%$ 和 $80\% \sim 70\%$ 等。根据国内外土壤质地对烟叶品质影响的研究结果, 将 6 个土壤物理性砂粒区间归纳为 5 个烟草土壤质地品质等级, 即一等、二等、三等、四等和五等。如“一等”土壤物理性砂粒含量为 $80.0\% \sim 90.0\%$, 包括 2 个质地类型, 砂质壤土和砂质黏壤土; 土壤物理性砂粒含量 $\leq 50\%$ 为五等, 土壤质地类型包括黏土和粉(砂)质黏土。最后, 将 12 个土壤质地类型归纳为相应的 5 个烟草土壤质地品质等级(表 1), 在烟草种植区划评价中给予相应的权重, 一等、二等、三等、四等和五等的质地品质指数依次为 100、90、75、60 和 40(表 2)。基于已掌握的玉溪市植烟区土壤质地类型分布情况和当前调查结果, 即玉溪市近 26% 的土壤剖面质地品质无对应等级, 主要包括粉质黏壤土、粉质黏土和砂质黏壤土, 说明本研究制定的分等定级规范覆盖全面且较为合理。

表 1 不同土壤质地类型的物理性砂粒含量与植烟土壤质地品质等级划分基准

Table 1 Physical sand content in soil texture classification and the standard for soil texture grading in tobacco planted soil

类型 Texture name	砂粒 (0.05~2mm) Sand/%	粉粒 (0.002~0.05mm) Silt /%	物理性砂粒 (≥ 0.01 mm) Physical sand/%	物理性砂粒区间 Physical sand range/%	植烟土壤质地品质等级 Soil texture grades for the tobacco plantation
砂土 Sand	90.0	2.5	92.0	≥ 90	三等 Third class
壤质砂土 Loamy sand	80.5	13.5	91.3		
砂质壤土 Sandy loam	68.5	16.5	89.1	$80 \sim 90$	一等 First class
砂质黏壤土 Sandy clay loam	58.5	29.5	82.1		
粉土 Silt	6.0	87.5	76.0		
壤土 Loam	40.5	39.5	72.1	$70 \sim 80$	二等 Second class
粉壤土 Silt loam	19.5	65.0	71.5		
黏壤土 Clay loam	31.4	33.4	58.1	$57 \sim 70$	三等 Third class
砂质黏土 Sandy clay	52.5	5.0	56.5		
粉质黏壤土 Silty clay loam	10.0	55.0	54.0	$50 \sim 57$	四等 Forth class
粉质黏土 Silty clay	5.0	44.5	40.6		
黏土 Clay	19.5	18.0	33.9	≤ 50	五等 Fifth class

表 2 玉溪市第二次全国土壤普查 444 个土壤剖面表层土壤质地品质等级及其权重划分结果

Table 2 The results of Soil texture grades and weights of 444 soil profiles in Yuxi recorded in 2nd National Soil Survey of China

玉溪市土壤质地类型 Soil Texture name in Yuxi	剖面个数 Number of soil profile	土壤质地品质等级 Soil texture grades	土壤质地品质等级对应的权重 Corresponding weights of Soil texture grades
砂土 Sand	1	三等 Third class	75
壤质砂土 Loamy sand	15	三等 Third class	75
砂质壤土 Sandy loam	64	一等 First class	100
砂质黏壤土 Sandy clay loam	7	一等 First class	100
壤土 Loam	80	二等 Second class	90
粉质壤土 Silt loam	90	二等 Second class	90
黏壤土 Clay loam	56	三等 Third class	75
粉质黏壤土 Silty clay loam	71	四等 Fourth class	60
粉质黏土 Silty clay	38	五等 Fifth class	40
黏土 Clay	22	五等 Fifth class	40

3 讨论

3.1 玉溪植烟土壤质地及其品质分布特征

基于建立的 1:50 000 植烟土壤数据库和量化植烟土壤质地品质等级, 玉溪市植烟土壤质地品质整体较好, 一等、二等和三等面积比例分别为 10%、36%和 12%, 占总面积的 1/2 以上(表 3), 表明当前玉溪植烟区土壤质地情况一定程度上能够保障优质烟叶的产质量。四等和五等质地面积较大, 占总面积的 42%。因此, 本研究建议对四等质地植烟土壤进行结构改良, 以提高植烟土壤质地品质; 由于五等质地的烟叶品质较差, 且土壤结构改良成本高, 在保证烟叶产质量的前提下, 可改种其他经济作物。

表 3 玉溪市植烟土壤质地品质分布特征

Table 3 Soil texture grades distribution for the tobacco plantation in Yuxi City

植烟土壤质地分级 Soil texture grades for tobacco plantation	面积 Area /km ²	玉溪总植烟区面积 Area percentage/%
一等 First class	113.5	9.9
二等 Second class	414.8	36.1
三等 Third class	134.5	11.7
四等 Fourth class	245.8	21.4
五等 Fifth class	241.1	21.0

3.2 玉溪植烟土壤质地品质的区域分布格局

玉溪植烟土壤面积分布具有区域差异性, 具体表现在: 华宁县和新平县植烟土壤面积较大, 均占总面积的 15%左右, 通海县和红塔区植烟土壤面积较小, 仅占总面积的 8%和 6%, 如表 4 所示。由此说明, 华宁县和新平县是玉溪市烤烟作物种植和生产的主要县区, 其土壤质地的现状以及改良需重点关注。

植烟区土壤质地品质等级也存在明显的区域性差异, 如图 3 所示。大部分一等质地品质土壤集中在玉溪市东部地区, 即江川区西北部、通海县中西部以及峨山县东南部; 四等主要分布在玉溪北部地区; 五等也多数分布在玉溪东部, 即澄江县中部和南部地区, 华宁县北部和红塔区北部地区。玉溪市地形复杂, 山地、峡谷、高原、盆地交错分布^[28], 区域小气候、微地形以及水文等条件的差异导致成土环境和人为活动强度不同, 造成土壤质地品质差别较大。如玉溪市东部地区具有良好的耕地资源优势, 能为烤烟作物生长提供较优的耕作条件, 植烟土壤面积较大, 且区域水系密集, 有抚仙湖、星云湖、杞麓湖等, 灌溉条件相对优越, 长期连作以及农田肥料投入量较高, 耕作历史悠久, 造成植烟土壤质地不仅有优等(一等、二等和三等), 也存在大量的五等, 等级分异明显。

表 4 玉溪市各县区植烟土壤面积及其质地品质等级分布情况

Table 4 Soil area and texture grades distribution for the tobacco plantation in different counties of Yuxi

县区 County	植烟面积 Tobacco plantation area/km ²	占总面积 Area percentage/%	不同质地品质等级植烟土壤面积 Tobacco plantation area at different soil texture grades /km ²				
			一等	二等	三等	四等	五等
			First class	Second class	Third class	Fourth class	Fifth class
红塔 Hongta	67.6	5.9	5.0	20.2	4.2	6.1	32.1
江川 Jiangchuan	126.2	11.0	14.9	55.5	45.9	0.6	9.4
澄江 Chengjiang	115.7	10.1	3.1	39.5	13.5	27.0	32.6
华宁 Huaning	175.2	15.2	25.2	40.2	23.0	3.6	83.3
通海 Tonghai	93.6	8.1	13.9	46.3	4.4	1.6	27.4
峨山 Eshan	135.8	11.8	26.2	38.4	21.5	35.7	14.0
易门 Yimen	133.7	11.6	9.9	30.3	10.4	81.9	1.2
新平 Xinping	170.4	14.8	6.4	87.0	9.1	40.9	27.1
元江 Yuanjiang	131.3	11.4	9.0	58.6	2.5	48.6	12.6

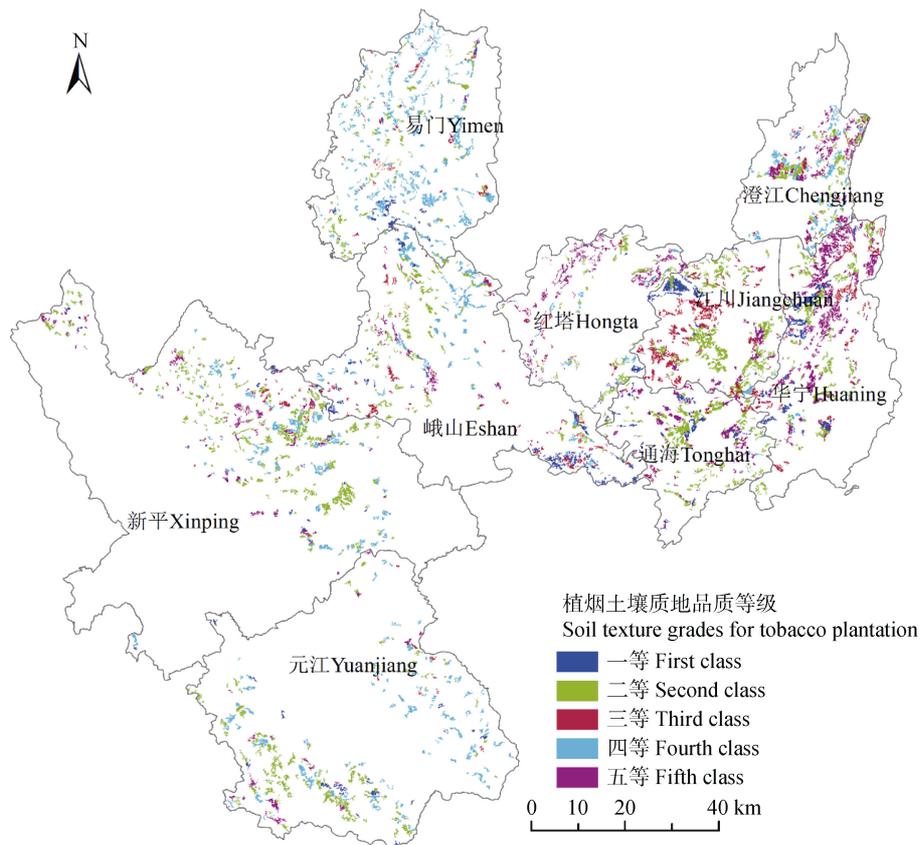


图 3 玉溪市 100m 级植烟土壤质地品质等级空间分布

Fig. 3 Soil texture grades distribution for the tobacco plantation in Yuxi at 100 m spatial resolution

3.3 玉溪植烟土壤质地品质随海拔高度的分异性

玉溪市植烟土壤面积、土壤质地品质以及品质指数在不同海拔上均具有分异性。植烟土壤基本分布在海拔低于 2 200 m 的区域,其中 1 600~2 000 m 占主要部分,面积比例高达 76.4%,海拔 < 1 600 m 和 > 2 000 m 的植烟土壤面积较小,分别占总植烟面积的 16.1%和 7.4%。不同海拔上植烟土壤质地品质存在较为明显的差异,如表 5 所示。优等土壤质地品质多集中在海拔低于 2 000 m 植烟区,占其植烟面积近 60%。在土壤质地品质指数方面,玉溪市植烟土壤总体上处在 70~74 之间;同时,在海拔低于 2 200 m 土壤质地品质指数呈现随海拔升高而降低的趋势,如图 3 所示。以上研究说明,海拔 1 600~

2 000 m 的区域是玉溪烟叶主产区和优质植烟土壤质地主要分布区。这是因为:一方面,玉溪市耕地资源主要分布在海拔 1 600~2 000 m 地区^[28],为烤烟作物提供生长的土壤资源;另一方面,海拔影响农作物生长所需的温度、湿度、光照以及雨量等^[28],而烤烟作为喜温作物,低海拔能为其提供生长发育所需的热量资源。此外,海拔高度在一定程度上能够限制人为耕作活动,如高海拔地区道路不畅、灌溉设施缺乏等,相应的植烟土壤受人为扰动强度较小,自然状态下土壤干扰较少,其土壤结构及质地较好,这可能是海拔 > 2 200 m 的地区土壤质地品质指数较高的重要原因之一。可见,海拔不仅制约玉溪植烟土壤面积,而且对植烟土壤质地品质也有重要的影响。

表 5 玉溪不同海拔高度及其质地品质等级植烟土壤面积

Table 5 Distribution of soil area and texture grades for the tobacco plantation in Yuxi at different altitudes

	<1600 m	1 600~1 800 m	1 800~2 000 m	2 000~2 200 m	>2 200 m
植烟面积 Tobacco plantation area/km ²	185.4	389.6	490.1	78.3	6.4
占植烟总面积 Tobacco plantation area percentage/%	16.1	34.0	42.5	6.8	0.6
其中 (km ²): 一等 First class	18.6	30.3	57.3	6.5	1
二等 Second class	65.9	153.8	168.7	26	1.5
三等 Third class	16.9	40.9	70.2	5.8	0.8
四等 Forth class	56.7	97.3	70.2	19.3	2.7
五等 Fifth class	27.3	67.3	123.7	20.7	0.4

4 结 论

利用云南省、地市和县级土种志所记录的玉溪市土壤剖面数据构建的 100 m 级玉溪市土壤质地空间分布图,详细程度达到村镇尺度,极大地提高了植烟土壤区划精度及其实用性;以土壤物理性砂粒含量为基准,将玉溪市植烟土壤质地品质划分为五个等级,能够科学准确地表征当前玉溪市植烟区土壤质地品质现状;玉溪市植烟区土壤质地品质空间分布区域差异性较为明显,且随着海拔高度不同,土壤质地品质差异较大。因此,玉溪市实行分区海拔对植烟区进行规划,将有利于优质烟叶生产及其植烟土壤的科学管理;在此基础上,考虑到我

国其他植烟地区烟田土壤质地改良,本研究所提出的植烟土壤质地品质划分标准区域性拓展和适应性推广值得进一步研究。

参考文献 (References)

- [1] Jin Y B, Li G X, Wei J Y, et al. Cluster analysis of climate and soil factors for tobacco-growing areas in Yuxi, Yunnan[J]. Chinese Journal of Soil Science, 2010, 41 (2): 275—281. [金亚波, 李桂湘, 韦建玉, 等. 云南玉溪植烟区气候——土壤因子聚类分析[J]. 土壤通报, 2010, 41 (2): 275—281.]
- [2] Wu K N, Zhao R. Soil texture classification and its application in China[J]. Acta Pedologica Sinica, 2019, 56 (1): 227—241. [吴克宁, 赵瑞. 土壤质地分类及其在我国应用探讨[J]. 土壤学报, 2019, 56 (1): 227—241.]
- [3] Lu H L, Li S Q, Jin F H, et al. Effect of soluble organic

- nitrogen on evaluating soil N-supplying capacity[J]. *Scientia Agricultura Sinica*, 2008, 41 (4): 1073—1082. [卢红玲, 李世清, 金发会, 等. 可溶性有机氮在评价土壤供氮能力中的作用与效果[J]. *中国农业科学*, 2008, 41 (4): 1073—1082.]
- [4] Barker K R, Weeks W W. Relationships between soil and levels of *Meloidogyne incognita* and tobacco yield and quality[J]. *Journal of Nematology*, 1991, 23(1): 82—90.
- [5] Reichert J M, Pellegrini A, Rodrigues M F. Tobacco growth, yield and quality affected by soil constraints on steeplands[J]. *Industrial Crops and Products*, 2019, 128: 512—526.
- [6] Xi X Y, Zhao Z X, Li C J. Effects of fertilizer-N and soil-N on nitrogen absorption and nicotine synthesis of flue-cured tobacco[J]. *Acta Pedologica Sinica*, 2008, 45 (4): 750—753. [习向银, 赵正雄, 李春俭. 肥料氮和土壤氮对烤烟氮素吸收和烟碱合成的影响[J]. *土壤学报*, 2008, 45 (4): 750—753.]
- [7] Yang Z X, Liu H B, Ke Y S, et al. Nitrogen uptake and allocation characteristics of flue-cured tobacco in Nanxiong tobacco-planting area of Guangdong Province[J]. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 2011, 22 (6): 1450—1456. [杨志晓, 刘化冰, 柯油松, 等. 广东南雄烟区烤烟氮素累积分配及利用特征[J]. *应用生态学报*, 2011, 22 (6): 1450—1456.]
- [8] Zhao R W, Yang T, Ai Y Z, et al. Analysis of climatic characteristic in tobacco production area in Yuxi city[J]. *Yunnan Agricultural Science and Technology*, 2007 (2): 27—31. [赵如文, 杨韬, 艾永智, 等. 玉溪市烟区气候条件特征分析[J]. *云南农业科技*, 2007 (2): 27—31.]
- [9] Song L, Zhou P P, Li Y, et al. Distribution of *Meloidogyne* spp. in tobacco field of Yuxi, Yunnan Province and biological control against *Meloidogyne* spp[J]. *Journal of Agricultural Resources and Environment*, 2019, 36 (4): 546—552. [宋莉, 周培培, 李阳, 等. 云南玉溪地区烟田根结线虫的 SCAR 鉴定、分布及其生物防治研究[J]. *农业资源与环境学报*, 2019, 36 (4): 546—552.]
- [10] Pan Y H, Hu J, Yang S M, et al. Influence of different NPK fertilizer combinations on the yield and quality of tobacco in high organic-matter soil[J]. *Journal of Southwest Agricultural University*, 2000, 22 (2): 120—122. [潘艳华, 胡靖, 杨树明, 等. 土壤氮磷钾肥量比对烤烟产量品质的影响[J]. *西南农业大学学报*, 2000, 22 (2): 120—122.]
- [11] Guo Q Z. Effect of nitrogen and mineralization of soil nitrogen on growth and quality of flue-cured tobacco[D]. Zhengzhou: Henan Agricultural University, 2004. [郭群召. 氮及土壤氮素矿化对烤烟生长及品质的影响[D]. 郑州: 河南农业大学, 2004.]
- [12] Pan J H, Zhou S Y, Li M, et al. The production practices of American flue-cured tobacco and the breeding and promotion of the varieties[J]. *Acta Tabacaria Sinica*, 2006, 12 (5): 59—65. [潘家华, 周尚勇, 李鸣, 等. 美国烤烟生产和品种的选育推广[J]. *中国烟草学报*, 2006, 12 (5): 59—65.]
- [13] Liu B X, Li Y S. Report on a study tour of tobacco production technology and management in Zimbabwe[J]. *China Tobacco*, 1994 (3): 45—47. [刘伯新, 李玉山. 津巴布韦烤烟生产技术及管理考察报告[J]. *中国烟草*, 1994 (3): 45—47.]
- [14] Xiang A C. Recent developments in tobacco production in Brazil[J]. *China Tobacco*, 1986 (2): 48—49. [项安楚. 巴西烟草生产近况[J]. *中国烟草*, 1986 (2): 48—49.]
- [15] Zhou J Z. Tobacco growing regionalization of ecological ring in Qinling mountains based on GIS[D]. Yangling, Shaanxi: Northwest A & F University, 2014. [周继洲. 基于 GIS 的陕西省环秦岭生态烟区烟草生态适宜性区划[D]. 陕西杨凌: 西北农林科技大学, 2014.]
- [16] Zhang D. Planting and quality divisions of flue-cured tobacco for central area of Henan Province based on GIS[D]. Zhengzhou: Henan Agricultural University, 2012. [张笛. 基于 GIS 的豫中烟草区划研究[D]. 郑州: 河南农业大学, 2012.]
- [17] Yang Y. Research on eco-suitability evaluation and planting regionalization of tobacco in Henan Province[D]. Zhengzhou: Henan Agricultural University, 2006. [杨扬. 河南省烟草的生态适宜性评价及种植区划研究[D]. 郑州: 河南农业大学, 2006.]
- [18] Zhang J Q, Zhang J X, Liu C F, et al. Comprehensive assessment on ecological adaptability of flue-cured tobacco in Shandong Province[J]. *Chinese Tobacco Science*, 2008, 29 (5): 11—17, 71. [张久权, 张教侠, 刘传峰, 等. 山东烤烟生态适应性综合评价[J]. *中国烟草科学*, 2008, 29 (5): 11—17, 71.]
- [19] Xu Z C, Li Y Y, Xiao H Q, et al. Evaluation of ecological factors and flue-cured tobacco quality in tobacco-growing areas in southern Hunan, China[J]. *Journal of Plant Ecology*, 2008, 32 (1): 226—234. [许自成, 黎妍妍, 肖汉乾, 等. 湘南烟区生态因素与烤烟质量的综合评价[J]. *植物生态学报*, 2008, 32 (1): 226—234.]
- [20] Wu K N, Yang Y, Lü Q L, et al. The index system for tobacco ecology suitability evaluation in Henan Province[J]. *Journal of Henan Agricultural Sciences*, 2006, 35 (4): 20—23. [吴克宁, 杨扬, 吕巧灵, 等. 河南省烟草生态适宜性评价的指标体系[J]. *河南农业科学*, 2006, 35 (4): 20—23.]
- [21] Wang Y T, Xie J P, Li Z H. Tobacco regionalization in China, Beijing[M]. Beijing: Science Press, 2010. [王彦亭, 谢剑平, 李志宏. 中国烟草种植区划[M]. 北京: 科学出版社, 2010.]
- [22] Wang C D, Xu Y M, Ma X H, et al. Humus composition of topsoil in quality flue-cured tobacco producing region

- in China[J]. *Acta Pedologica Sinica*, 2019, 56 (4): 919—928. [王程栋, 徐宜民, 马兴华, 等. 中国优质烤烟产区耕层土壤腐殖质组分特征[J]. *土壤学报*, 2019, 56 (4): 919—928.]
- [23] Ministry of Agriculture. The People's Republic of China Ministry of Agriculture Announcement No. 1478[S]. *Yuxi Tobacco*, 2010 (2): 1—5. [农业部. 中华人民共和国农业部公告第 1478 号[S]. *玉溪烟叶*, 2010 (2): 1—5.]
- [24] Chang N J, Zhang Y G, Li Z H, et al. Spatial variability of soil available nutrients and its application in tobacco growing areas at Yuxi City of Yunnan[J]. *Soil and Fertilizer Sciences in China*, 2017 (1): 7—13. [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.]
- [25] Tian D L, Zhang Z, Duan Y H, et al. Studies on the comparative advantages of the main crops in Yuxi City[J]. *Journal of Yunnan Agricultural University (Social Science)*, 2014, 8 (6): 1—7. [田东林, 张钟, 段永华, 等. 玉溪市主要农作物比较优势研究[J]. *云南农业大学学报 (社会科学)*, 2014, 8 (6): 1—7.]
- [26] Li X D, Wang S M, Zhang L M, et al. Impacts of source of soil data and scale of mapping on assessment of organic carbon storage in upland soil[J]. *Acta Pedologica Sinica*, 2016, 53 (1): 58—71. [李晓迪, 王淑民, 张黎明, 等. 土壤数据源和制图比例尺对旱地土壤有机碳储量估算的影响[J]. *土壤学报*, 2016, 53 (1): 58—71.]
- [27] Tian Y T, Li X W, Xie X Q, et al. Effects of straw returning on soil physical properties in typical tobacco planting regions of Yunnan Province[J]. *Soils*, 2019, 51 (5): 964—969. [田育天, 李湘伟, 谢新乔, 等. 秸秆还田对云南典型烟区土壤物理性状的影响[J]. *土壤*, 2019, 51 (5): 964—969.]
- [28] Yang Q H, Yang S X, Ma W B, et al. Space distributing and using of cultivated land in a mountains area[J]. *Journal of Mountain Research*, 2005, 23 (6): 749—755. [杨庆华, 杨世先, 马文彬, 等. 山地农业区耕地资源空间分布状况——以云南省玉溪市为例[J]. *山地学报*, 2005, 23 (6): 6749—6755.]

(责任编辑: 檀满枝)