

不同典型作物种植模式和土壤类型农田养分含量现状分析

蒋云舞¹, 王建新^{2*}, 鲁耀², 杨景华², 周敏²

(1. 云南省红河州个旧市鸡街镇农技中心, 云南个旧 661011; 2. 云南省农业科学院农业环境资源研究所, 云南昆明 650205)

摘要 [目的] 通过了解云南不同典型作物种植模式、土壤类型、土壤质地对土壤肥力质量的影响, 正确识别和评估农田土壤肥力质量, 为当地精准施肥提供更科学的依据。[方法] 采用问卷调查、田间土壤采集与室内分析相结合的方法。[结果] 不同种植模式以蔬菜-休闲和蔬菜-蔬菜轮作模式土壤肥力最高, 土壤养分含量达到或接近极丰富水平, 然后依次是水稻-蔬菜、水稻-休闲、水稻-春玉米, 玉米-休闲种植模式土壤肥力最低。不同土壤类型以石灰性土肥力最高, 土壤主要养分基本上达到极丰富水平或丰富水平, 然后依次是新积土、黄壤和水稻土, 红壤肥力最低。不同土壤质地, 砂壤土、轻壤土和中壤土肥力大小相当, 重壤土肥力相对较低。同时, 研究区域土壤速效钾含量处于中等及以下水平, 有效硼含量在临界值以下, 其他主要养分指标基本上达丰富或极丰富水平。[结论] 不同种植模式、土壤类型、土壤质地土壤养分含量均有一定的差异性。因此, 确定最佳施肥量时, 既要考虑土壤自身养分含量现状, 又要充分考虑不同种植模式、土壤类型和土壤质地对土壤养分含量的影响。

关键词 种植模式; 土壤类型; 土壤质地; 土壤养分

中图分类号 S504 **文献标识码** A **文章编号** 0517-6611(2013)05-02063-04

Analysis of Farmland Soil Nutrient Content of Different Models Planting Patterns and Soil Types

JIANG Yun-wu et al (Agricultural and Technology Station of Jijie Town Gejiu County, Gejiu, Yunnan 661011)

Abstract [Objective] The aim was to identify and assess the quality of farmland fertility correctly and provide a more scientific basis for the local precision fertilizer by understanding effects of different typical cropping pattern, soil type, soil texture on soil fertility quality in Jijie Town, Gejiu County, Yunnan Province. [Method] The questionnaires, field soil collection and laboratory analysis were combined. [Result] The soil fertility of vegetables-leisure and vegetables-vegetables rotation were the highest in the different cropping patterns, whose soil nutrients content was close to the extremely rich level, followed by rice-vegetables rotation, rice-leisure rotation, rice-spring corn rotation. The soil fertility of corn-leisure cropping patterns was the lowest. In the different soil types, the calcareous soil fertility was the highest, whose soil nutrients content nearly reached a level of extremely rich or rich, followed by alluvial soil, yellow soil and paddy soil. The red soil fertility was lowest. In the different soil texture, the soil fertility of sandy loam was almost equal to that of light loam and mid loam, but the soil fertility of heavy loam was relatively lower. In all the study area, the soil available potassium was in the middle and below levels, the soil available boron was below the minimum threshold, while other nutrients almost reached the level of extremely rich or rich. [Conclusion] There was a certain difference of soil nutrient content in the different cropping patterns, soil type and soil texture. Therefore, it was necessary to consider the soil nutrient content status, and take full account of effects of different cropping patterns, soil type and soil texture on soil nutrient content, to determine optimum fertilization.

Key words Cropping patterns; Soil type; Soil texture; Soil nutrient content

农田土壤肥力质量是衡量土壤生产力的综合指标。肥力高低是由土壤内在属性和外部动力学作用的综合结果。前者是在自然成土因素作用下土壤发生过程的产物, 后者主要与人为作用下的土壤利用方式有关。土壤养分含量状况是土壤肥力的基础^[1-2]。土壤养分含量状况在一定程度上反映土壤类型的差别和土壤利用方式的变化。前人研究表明, 许多土壤肥力质量指标同时受土壤类型和利用方式的影响^[3]。但是, 针对云南典型农业产区, 不同土壤类型、典型作物种植模式和土壤质地对各土壤肥力质量的影响研究未见报道。

鸡街镇位于 103°12' ~ 103°16'E, 23°29' ~ 23°33'N, 北回归线穿其而过, 平均海拔 1 203 ~ 1 847 m, 年平均气温 18.9 °C, 日照 2 222 h, 年降雨量 744 mm, 年蒸发量 1 935.4 mm, 属高原亚热带东南季风气候, 地势南高北低, 立体气候明显, 分布有坝区、山区、半山区地貌类型。全镇有耕地面积 2 385.7 hm², 其中水田 1 275 hm²、旱地 1 597.3 hm², 粮豆种植年均 1 993.2 hm², 总产 8 597 t, 蔬菜种植年均 1 504.7 hm², 产菜

27 868 t^[4]。该地区是典型农业产区, 其种植模式、土壤类型及土壤质地是个旧市乃至整个云南具有一定代表性。在鸡街镇以行政村为单位, 笔者采集与分析土壤样品, 了解云南不同典型作物种植模式、土壤类型、土壤质地对土壤 pH 及反映土壤肥力的主要养分含量的影响。这对田间正确评估土壤肥力质量具有指导意义, 同时可为当地在不同种植模式、土壤类型、土壤质地等因素影响下的施肥提供更精准的科学依据和生产指导。

1 材料与方法

1.1 土壤样品采集 该次采样共涉及鸡街镇 12 个村委会, 其中鸡街村 74 个、下乍甸村 16 个、上乍甸村 12 个、包家庄村 16 个、莫舍白村 8 个、他秃村 9 个、毕业红村 11 个、水龙井村 11 个、邦干村 5 个、倘甸村 19 个、石榴坝村 18 个、甸尾 23 个, 共计 222 个土壤样品。采样数量主要根据不同行政村作物种植面积。综合考虑当地典型种植模式、土壤类型及土壤质地等进行土壤样点的布设, 兼顾地形地貌、海拔及不同肥力水平地块, 选取有代表性的土壤样品。

采样深度为 0 ~ 25 cm。每个地块按照“S”形路线采集, 一般取 10 个小样点土壤, 制成一个混合样。为了反映采样地块的真实养分状况和供肥能力, 采样时间集中在 2009 年 4 月底 ~ 5 月初, 即在小春作物收获后, 大春作物尚未施用底肥和移栽以前进行。

基金项目 公益性(农业)行业科研专项经费(201003014-6)。

作者简介 蒋云舞(1968-), 男, 云南个旧人, 农艺师, 从事农业种植技术方面推广应用工作。* 通讯作者, 副研究员, 从事土壤肥料与植物营养方面的研究, E-mail: nky99999@sina.com。

收稿日期 2012-12-28

1.2 土壤样品分析 采集土样在室内风干后过 1 mm 筛,进行室内检测,包括 pH、有机质、全氮、有效氮、有效磷、速效钾、有效硼共 7 项指标。所有化验项目采用实验室常规分析方法^[5]。土壤有机质含量的测定采用重铬酸钾容量法-外加热法;全氮含量的测定采用开氏定氮法;土壤有效氮含量的测定采用碱解扩散法;土壤有效磷含量的测定采用 0.5 mol/L NaHCO₃ 浸提-钼蓝比色法;土壤速效钾含量的测定采用 1 mol/L NH₄OAC 浸提-火焰光度计法;土壤 pH 的测定采用电位法(水土比 2.5:1.0);有效硼含量的测定采用比色法。

2 结果与分析

2.1 不同典型种植模式土壤主要养分含量 由表 1 可知,鸡街镇典型大田种植模式主要有水稻-休闲或填闲、水稻-蔬菜轮作、水稻-春玉米轮作、蔬菜-休闲或填闲、蔬菜-蔬菜轮作、玉米-休闲等。土壤 pH 以水稻-春玉米和蔬菜-蔬菜轮作最高,平均值分别为 7.85、7.83,其次是水稻-蔬菜和水稻-休闲,分别为 7.47、7.39,蔬菜-休闲和玉米-休闲较低,分别为 6.83、6.44,水稻-休闲、蔬菜-休闲、玉米-休

闲 3 种植模式土壤 pH 变化幅度较大,最小值为 4.32 ~ 4.97,最大值为 8.09 ~ 8.24,水稻-蔬菜、水稻-春玉米、蔬菜-蔬菜轮作土壤 pH 变化幅度较小,为 6.60 ~ 8.14。土壤有机质含量以蔬菜-蔬菜轮作最高,达到 43.99 g/kg,其次是蔬菜-休闲,为 39.07 g/kg,再次是水稻-蔬菜轮作、水稻-休闲、水稻-春玉米轮作,分别为 30.58、29.29、28.04 g/kg,玉米-休闲模式下最低,为 26.38 g/kg。在不同轮作模式下,土壤有机质含量最小值仅为 4.43 g/kg,最大值达到 88.46 g/kg,其中水稻-休闲、水稻-春玉米及玉米-休闲模式下土壤有机质含量变化幅度较大,水稻-蔬菜、蔬菜-蔬菜及蔬菜-休闲模式下变化幅度较小,土壤有机质含量均在 15.00 g/kg 以上。土壤全氮含量以蔬菜-休闲模式下最高,达 2.59 g/kg,其次是水稻-蔬菜和蔬菜-蔬菜轮作,分别为 2.30、2.31 g/kg,水稻-休闲、水稻-春玉米、玉米-休闲平均在 2.00 g/kg 左右。在不同种植模式下水稻-春玉米、玉米-休闲模式下土壤全氮含量变化幅度较大,最小值小于 1 g/kg,最大值达到 3.8 g/kg,其他模式下变化幅度较小。

表 1 不同典型种植模式土壤 pH 和主要养分含量比较

种植模式	样本数	指标	pH	有机质 g/kg	全氮 g/kg	有效氮 mg/kg	有效磷 mg/kg	速效钾 mg/kg	有效硼 mg/kg
水稻-休闲	36	平均值	7.39	29.29	2.02	156.96	25.37	77.90	0.24
		标准差	0.92	10.25	0.43	44.37	14.40	59.34	0.15
		最小值	4.97	8.50	1.02	64.18	3.77	26.70	0.10
		最大值	8.09	46.04	2.31	247.98	65.13	377.95	0.52
水稻-蔬菜	11	平均值	7.47	30.58	2.30	181.47	56.16	99.59	0.40
		标准差	0.41	12.27	0.67	49.31	31.95	87.10	0.23
		最小值	6.60	14.46	1.23	131.47	17.91	38.14	0.07
		最大值	7.97	53.11	3.06	282.69	118.02	335.86	0.65
水稻-春玉米	30	平均值	7.85	28.04	1.95	159.69	31.87	68.86	0.21
		标准差	0.24	15.05	0.74	37.05	15.74	29.31	0.09
		最小值	7.22	4.43	0.95	97.31	6.61	36.96	0.10
		最大值	8.14	81.25	3.34	254.96	67.86	152.71	0.35
蔬菜-休闲	27	平均值	6.83	39.07	2.59	201.73	45.86	134.99	0.47
		标准差	1.07	14.53	0.73	45.65	43.70	75.91	0.14
		最小值	4.32	19.01	1.76	119.68	5.88	53.40	0.35
		最大值	8.07	88.46	3.42	320.75	168.58	356.33	0.69
蔬菜-蔬菜	10	平均值	7.83	43.99	2.31	202.88	64.01	79.66	0.20
		标准差	0.34	14.46	0.63	75.60	60.27	27.98	0.16
		最小值	7.00	19.54	1.60	62.85	19.78	41.92	0.07
		最大值	8.14	62.20	3.24	357.87	198.06	133.51	0.50
玉米-休闲	76	平均值	6.44	26.38	1.99	157.44	22.46	99.52	0.29
		标准差	1.15	13.86	1.09	53.26	30.23	56.56	0.17
		最小值	4.36	8.10	0.72	77.60	1.11	38.64	0.12
		最大值	8.24	76.74	3.80	313.27	156.86	354.63	0.59

土壤有效氮含量以蔬菜-休闲、蔬菜-蔬菜轮作下最高,平均值均超过 200 mg/kg,其次是水稻-蔬菜轮作,为 181.47 mg/kg,其他模式相当,接近 160 mg/kg。在不同种植模式下,水稻-休闲、蔬菜-蔬菜、玉米-休闲模式下土壤有效氮含量变化幅度较大,最小仅有 70 mg/kg 左右,最大为 357.87 mg/kg,尤其是蔬菜-蔬菜轮作,其他模式下变化幅度较小。土壤有效磷含量以蔬菜-蔬菜轮作下最高,平均值为

64.01 mg/kg,其次是水稻-蔬菜和蔬菜-休闲,分别为 56.16、45.86 mg/kg,接着依次是水稻-春玉米、水稻-休闲、玉米休闲,平均值分别为 31.87、25.37、22.46 mg/kg。在不同种植模式下,有效磷含量变化幅度均很大,尤其是玉米-休闲模式下,最小值仅有 1.1 mg/kg,最大值达到 156.86 mg/kg,蔬菜-蔬菜、蔬菜-休闲模式下变化幅度也较大。土壤速效钾含量以蔬菜-休闲模式下最高,平均值达到 134.99

mg/kg,其次是水稻-蔬菜、玉米-休闲,分别为 99.59、99.52 mg/kg,最低依次是蔬菜-蔬菜、水稻-休闲、水稻-春玉米。在不同种植模式下,水稻-休闲、水稻-蔬菜、蔬菜-休闲、玉米-休闲模式下土壤速效钾含量变化幅度均较大,最小值仅约 30 mg/kg,最大值达到 350 mg/kg,水稻-春玉米、蔬菜-蔬菜轮作下变化幅度较小。土壤有效硼含量以蔬菜-休闲模式下最高,平均值为 0.47 mg/kg,其次是水稻-蔬菜轮作,平均值为 0.40 mg/kg,其他种植模式在 0.20~0.30 mg/kg。

鸡街镇不同典型种植模式土壤肥力总体达到丰富水平(有机质含量 > 25 g/kg、全氮含量 > 2 g/kg、有效氮含量 > 150 mg/kg、有效磷含量 > 20 mg/kg),而土壤速效钾多数处于中等以下水平(< 100 mg/kg),土壤有效硼含量处于临界值以下(0.5 mg/kg)。在不同种植模式中,以蔬菜-休闲和蔬菜-蔬菜轮作模式土壤肥力最高,达到或接近极丰富水平(有机质含量 > 40 g/kg、全氮含量 > 2 g/kg、有效氮含量 > 200 mg/kg、有效磷含量 > 40 mg/kg),蔬菜-休闲模式土壤速效钾处于中等水平,有效硼含量接近临界值,蔬菜-蔬菜轮作模式土壤速效钾含量也处于中等以下水平,有效硼含量处于很低水平;然后依次是水稻-蔬菜、水稻-休闲,水稻-春玉米,玉米-休闲种植模式土壤肥力最低。水稻-春玉米和蔬菜-蔬菜轮作土壤 pH 呈微碱性(7.5~8.5),玉米-休闲土壤呈微酸性(5.5~

6.5),其他模式土壤均为中性(6.5~7.5)。

2.2 不同典型土壤类型土壤主要养分含量 由表 2 可知,鸡街镇主要土壤类型有红壤、黄壤、石灰性土、水稻土和新积土,其中以红壤和水稻土最多。

土壤 pH 以水稻土最高,平均值为 7.57,呈微碱性,其次是新积土和石灰性土,平均值分别为 7.40、7.12,再次是红壤和黄壤,分别为 6.64、6.49。pH 变化幅度以新积土最小,在 5.85~8.05 之间,其次是水稻土,其他土壤类型的变化幅度相对较大,最小值达到 4.32,最大值达到 8.24。土壤有机质含量以石灰性土最高,平均值达到 40.71 g/kg,其次是新积土、黄壤和水稻土,分别为 38.04、34.75、30.91 g/kg,红壤最低,平均值为 21.39 g/kg。变化幅度以水稻土最大,最小值仅为 4.43 g/kg,最大值达到 81.25 g/kg,石灰性土、黄壤变化幅度也较大,其中石灰性土土壤有机质含量最高,达到 88.46 g/kg,红壤变化幅度较小,在 8.10~49.06 g/kg 之间。土壤全氮含量以黄壤最高,平均值为 2.77 g/kg,其次是新积土、石灰性土和水稻土,分别为 2.55、2.50、2.15 g/kg,红壤最低,平均值为 1.76 g/kg。变化幅度以水稻土最大,最小值仅为 0.95 g/kg,最大值达到 4.03 g/kg,红壤、黄壤变化幅度较大,范围为 0.72~3.80 g/kg,石灰性土和新积土变化幅度较小,范围为 1.70~3.51 g/kg。

表 2 不同土壤类型 pH 和主要养分含量比较

土壤类型	样本数	指标	pH	有机质 g/kg	全氮 g/kg	有效氮 mg/kg	有效磷 mg/kg	速效钾 mg/kg	有效硼 mg/kg
红壤	63	平均值	6.64	21.39	1.76	150.42	20.00	95.47	0.32
		标准差	1.15	9.13	0.84	42.90	22.35	46.68	0.18
		最小值	4.36	8.10	0.72	77.60	1.11	26.70	0.12
		最大值	8.24	49.06	3.34	281.85	92.96	240.05	0.59
黄壤	35	平均值	6.49	34.75	2.77	200.10	30.13	99.17	0.28
		标准差	1.14	17.62	1.01	65.39	38.64	57.84	0.13
		最小值	4.48	9.00	0.99	84.74	1.91	38.64	0.14
		最大值	8.14	76.74	3.80	320.75	156.86	282.18	0.48
石灰性土	26	平均值	7.12	40.71	2.50	205.19	60.35	145.56	0.45
		标准差	1.05	17.15	0.76	55.90	48.72	104.81	0.23
		最小值	4.32	15.53	1.70	123.39	3.77	40.66	0.25
		最大值	8.14	88.46	3.51	357.87	168.58	443.89	0.79
水稻土	77	平均值	7.57	30.91	2.15	166.21	38.34	89.26	0.30
		标准差	0.68	12.73	0.76	45.83	28.01	72.75	0.20
		最小值	4.97	4.43	0.95	62.85	3.81	33.26	0.07
		最大值	8.14	81.25	4.03	282.69	145.32	381.35	0.67
新积土	17	平均值	7.40	38.04	2.55	178.92	52.95	87.97	0.28
		标准差	0.73	12.64	0.58	50.93	48.33	44.26	0.23
		最小值	5.82	10.73	1.78	94.32	4.55	36.34	0.10
		最大值	8.05	61.23	3.30	304.00	198.06	207.37	0.69

土壤有效氮含量以石灰性土和黄壤最高,分别为 205.19、200.10 mg/kg,其次是新积土、水稻土,分别为 178.92、166.21 mg/kg,红壤最低为 150.42 mg/kg。新积土、黄壤及石灰性土有效氮含量变化幅度均较大,最小值为 84.74 mg/kg,最大值达 357.87 mg/kg,红壤和水稻土变化幅度较小,最小值为 62.85 mg/kg,最大值达 282.69 mg/kg。土壤有效磷含量以石灰性土和新积土最高,分别为 60.35、

52.95 mg/kg,其次是水稻土和黄壤,分别为 38.34、30.13 mg/kg,红壤最低为 20.00 mg/kg。新积土、水稻土、石灰性土、黄壤有效磷含量变比幅度均较大,最小值为 1.91 mg/kg,最大值达 198.06 mg/kg,红壤相对较小,但是最小值是所有样本中最小的,仅为 1.11 mg/kg,最大值为 92.96 mg/kg。土壤速效钾含量以石灰性土最高为 145.56 mg/kg,其次是黄壤和红壤,分别为 99.17、95.47 mg/kg,水稻土、新积土较低,分

别为 89.26、87.97 mg/kg。变化幅度以石灰性土和水稻土较大,最小值为 33.26 mg/kg,最大值达 443.89 mg/kg,红壤、黄壤、新积土变化幅度相对较小,最小值为 26.7 mg/kg,最大值为 282.18 mg/kg。土壤有效硼含量以石灰性土最高,平均值为 0.45 mg/kg,其他 4 种土壤类型在 0.30 mg/kg 左右。水稻土、冲积土有效硼含量变化幅度较大,范围为 0.07~0.69 mg/kg,其次是红壤、黄壤,变化范围在 0.12~0.59 mg/kg,石灰性土变化范围较小,在 0.25~0.79 mg/kg。

由此可知,鸡街镇以石灰性土肥力最高,土壤有机质、全氮、有效氮、有效磷含量均达极丰富水平,速效钾含量也接近丰富水平(150 mg/kg),有效硼接近临界值;然后,依次是新积土、黄壤和水稻土,除了土壤速效钾和有效硼之外,土壤有机质、全氮、有效氮、有效磷含量也基本上达丰富水平甚至极丰富水平,红壤肥力最低。水稻土 pH 呈微碱性,红壤、黄壤呈微酸性,新积土和石灰性土呈中性。

2.3 不同土壤质地农田主要养分含量 由表 3 可知,调查样本土壤质地均为壤土,包括轻壤土、中壤土、重壤土和砂壤土,其中轻壤土较多,重壤土很少。

不同土壤质地以轻、中壤土 pH 较高,分别为 7.47、7.49,其次是重壤土,为 7.2,砂壤土较低,为 6.52。变化幅度以砂壤土较大,最小值为 4.7,最大值达 8.04;其次是轻壤土、重壤土,轻壤土变化范围为 5.71~8.14,重壤土很小。

轻壤土、砂壤土及中壤土土壤有机质含量相当,分别为 32.65、33.13、36.23 g/kg,变化幅度以轻壤土最大,最小值为 4.43 g/kg,最大值达 67.77 g/kg;砂壤土、中壤土有机质含量变化范围在 8.10~55.02 g/kg 之间;重壤土相对较低,为 20.04 g/kg,且变化很小。

轻壤土、砂壤土及中壤土土壤全氮含量相当,分别为

2.31、2.23、2.26 g/kg,变化幅度以轻壤土最大,最小值为 1.02 g/kg,最大值达到 4.03 g/kg;砂壤土、中壤土变化范围在 0.72~3.66 g/kg 之间;重壤土相对较低,为 1.36 g/kg,且变化相对较大。

轻壤土、砂壤土及中壤土土壤有效氮含量相当,分别为 180.45、178.09、174.00 mg/kg,变化幅度以砂壤土最大,最小值为 79.00 mg/kg,最大值达 320.75 mg/kg;其次是轻壤土,变化范围在 62.85~290.14 mg/kg 之间,中壤土变化范围在 116.92~282.69 mg/kg 之间;重壤土相对较低,为 149.43 mg/kg,且变化很小。

土壤有效磷含量以砂壤土和中壤土最高,约 45.00 mg/kg,其次是轻壤土,为 36.49 mg/kg,变化幅度以砂壤土最大,最小值为 1.89 mg/kg,最大值达 198.06 mg/kg;其次是轻壤土、中壤土,变化范围在 9.43~132.13 mg/kg 之间;重壤土相对较低,为 10.39 mg/kg,且变化较小。

土壤速效钾含量以重壤土最高,平均为 137.39 mg/kg,且变化较大;轻壤土、砂壤土及中壤土速效钾含量大小相当,分别为 95.53、92.55、87.44 mg/kg。变化幅度以轻壤土最大,最小值为 26.7 mg/kg,最大值达 373.65 mg/kg;其次是砂壤土,变化范围在 38.64~282.18 mg/kg 之间,中壤土变化范围在 44.65~228.67 mg/kg 之间。

土壤有效硼含量以重壤土最大,平均为 0.42 mg/kg,变化幅度较小;轻壤土、砂壤土及中壤土大小相当,分别为 0.26、0.33、0.35 mg/kg,变化幅度较大,最小值为 0.07 mg/kg,最大值为 0.79 mg/kg。

由此可知,轻壤土、砂壤土及中壤土肥力相当,除了速效钾、有效硼外,其他指标基本上达到了丰富或极丰富水平,重壤土肥力相对较低。不同质地土壤 pH 均呈中性。

表 3 不同土壤质地 pH 和主要养分含量比较

土壤质地	样本数	指标	pH	有机质 g/kg	全氮 g/kg	有效氮 mg/kg	有效磷 mg/kg	速效钾 mg/kg	有效硼 mg/kg
砂壤土	12	平均值	6.52	33.13	2.23	178.09	44.51	92.55	0.33
		标准差	1.20	18.43	1.13	78.39	55.81	69.03	0.21
		最小值	4.70	8.10	0.72	79.00	1.89	38.64	0.12
		最大值	8.04	55.02	3.66	320.75	198.06	282.18	0.67
轻壤土	23	平均值	7.47	32.65	2.31	180.45	36.49	95.53	0.26
		标准差	0.75	15.00	0.78	55.81	31.46	76.42	0.17
		最小值	5.71	4.43	1.02	62.85	9.43	26.70	0.07
		最大值	8.10	67.77	4.03	290.14	132.13	373.65	0.59
中壤土	15	平均值	7.49	36.23	2.26	174.00	47.82	87.42	0.35
		标准差	0.49	12.46	0.60	45.38	32.99	45.92	0.19
		最小值	6.41	16.32	1.46	116.92	10.37	44.65	0.14
		最大值	8.14	54.34	3.51	282.69	132.17	228.67	0.79
重壤土	2	平均值	7.20	20.40	1.36	149.43	10.39	137.39	0.42
		标准差	0.23	1.10	0.57	16.28	4.02	86.36	0.09
		最小值	7.04	19.62	0.95	137.91	7.54	76.32	0.35
		最大值	7.36	21.18	1.76	160.94	13.23	198.45	0.48

3 结论与讨论

章明奎等^[3]研究表明,在 3 种土壤类型(黄筋泥、红泥土和红砂土)、4 类利用方式(林地、果目、茶园和旱地)上,大部

分土壤肥力质量指标与土壤类型、利用方式有密切的关系。其中,全磷、有效磷、有效钾和 pH 主要与土壤利用方式有关,

- [11] XIU Z D, STAMS A J M. Evidence for H₂ and formate formation during syntrophic butyrate and propionate degradation [J]. *Anaerobe*, 1995, 1: 35-39.
- [12] 李景明, 薛梅. 中国沼气产业发展的回顾与展望 [J]. *可再生能源*, 2010, 28(3): 1-5.
- [13] 张莉敏. 德国沼气产业发展现状及对我国的启示 [J]. *中国农垦*, 2011(12): 40-42.
- [14] 王书宝, 张国栋, 曹曼. 欧洲大型沼气技术国产化方法探讨 [J]. *中国沼气*, 2009, 27(2): 42-44.
- [15] 王仲颖, 高虎, 秦世平, 等. 中国工业化规模化沼气开发战略 [M]. 北京: 化学工业出版社, 2009.
- [16] 邓良伟, 陈子爱. 欧洲沼气工程发展现状 [J]. *中国沼气*, 2007, 25(5): 23-31.
- [17] 冯永忠, 杨世琦, 任广鑫, 等. 双重背景下发展沼气产业的机遇和挑战 [J]. *中国沼气*, 2004, 23(3): 32-33, 42.
- [18] 程序, 朱万斌, 谢光辉. 论农业生物能源和能源作物 [J]. *自然资源学报*, 2009, 24(5): 842-848.
- [19] 国家环境保护总局自然生态保护司. 全国规模化畜禽养殖业污染情况调查及防治对策 [M]. 北京: 中国环境科学出版社, 2002.
- [20] 方淑荣. 我国农村沼气产业化发展的制约因素及对策 [J]. *农机化研究*, 2012, 32(2): 216-219.
- [21] 郝玉莲, 张胜英, 杨立新. 大力发展沼气建设开创生态农业新路 [J]. *内蒙古农业科技*, 2011(1): 10-11.
- [22] 董照锋, 马榜芳, 吴亚锋, 等. 山区养殖场大中型沼气工程发展问题调查研究 [J]. *湖南农业科学*, 2012(21): 121-124.

(上接第 2066 页)

有机碳、全氮和有效氮与土壤类型、利用方式均存在密切关系。

不同土壤形成条件、成土过程、土体结构和土壤肥力综合作用下形成不同土壤类型。因此,不同区域土壤主要类型往往差异很大,不同土壤类型对养分含量的影响也较大。该研究表明,鸡街镇主要农田土壤类型土壤养分含量和 pH 之间均具有一定的差异性,表现为石灰性土 > 新积土 > 黄壤 > 水稻土 > 红壤,水稻土 pH 呈微碱性,红壤、黄壤呈微酸性,新积土和石灰性土呈中性。云南土壤以红壤和水稻土最多,红壤广泛分布于坡耕山地,多数属于雨养旱地,耕作相对粗放,水土流失较严重。因此,红壤肥力在不同土壤类型中表现最低。水稻土是受人为活动影响最大的土壤类型,是在水旱交替下形成的特殊土壤,广泛分布于坝区、河谷和低山丘陵。尤其是近年来,随着蔬菜等经济作物的发展,水改旱地逐渐增多,因此水稻土肥力比红壤高,土地利用较大。在研究区域内还有一定面积的新积土、石灰性土和黄壤分布,肥力普遍高于水稻土和红壤。

农田土壤利用方式主要表现为不同作物和种植模式。李菡等^[6]研究表明,不同种植模式对土壤肥力质量的影响显著,总的趋势为设施蔬菜高于露天蔬菜,菜田模式高于粮田模式。高金权等^[7]研究表明,土壤肥力状况总体表现出菜园 > 麦-玉-苕轮作。这与该研究有一定的相似性,即土壤养分含量一般表现为蔬菜 > 水稻、玉米等粮食作物,蔬菜-蔬菜轮作 > 水稻-蔬菜轮作 > 水稻、玉米等粮食作物轮作。主要原因是在不同种植模式下不同作物对养分的需求和人为施肥量的差异,导致农田土壤肥力质量具有很大的差异。

土壤质地作为土壤最基本的物理性状,是土壤肥力质量不可忽视的重要因素。姚军等^[8-9]研究表明,不同质地类型土壤与其有效养分含量之间存在显著的相关性,质地越黏重,土壤有效养分含量越高。杨荣生^[10]研究表明,在云南曲

靖植烟土壤上,从轻壤到重壤过渡,土壤有机质、全氮和有效氮含量逐渐增加,但与磷钾含量的关系不明确。该研究表明,砂壤土、轻壤土及中壤土肥力相当,而重壤土肥力相对较低。因此,土壤质地对土壤养分含量影响的研究结果不一致,有待进一步研究。所以,不同典型种植模式、土壤类型和土壤质地的土壤养分含量状况均有一定的差异性。在推荐施肥中,要充分考虑种植模式、种植作物、土壤类型和土壤质地对土壤肥力质量的综合影响,因地制宜确定最佳施肥量,实现土壤肥力质量的逐步提升和土壤利用的可持续性发展。

参考文献

- [1] 郑立臣, 宇万太, 马强, 等. 农田土壤肥力综合评价研究进展 [J]. *生态学杂志*, 2004, 23(5): 156-161.
- [2] 骆东奇, 自洁, 谢德体. 论土壤肥力评价指标和方法 [J]. *土壤与环境*, 2002, 11(2): 202-205.
- [3] 章明奎, 徐建民. 利用方式和土壤类型对土壤肥力质量指标的影响 [J]. *浙江大学学报: 农业与生命科学版*, 2002, 28(3): 277-282.
- [4] 肖青青. 个旧鸡街农作物食品安全现状及整治技术 [D]. 昆明: 昆明理工大学, 2010.
- [5] 鲍士旦. 土壤化学分析 [M]. 3 版. 北京: 中国农业出版社, 2000.
- [6] 李菡, 孙爱清, 郭恒俊. 农田不同种植模式与土壤质量的关系 [J]. *应用生态学报*, 2010, 21(2): 365-372.
- [7] 高金权, 张贞. 南方山地丘陵区不同种植模式对土壤肥力的影响 [J]. *安徽农业科学*, 2012, 40(31): 15222-15224, 15230.
- [8] 姚军, 张有山. 土壤质地类型与其基础肥力相关性 [J]. *北京农业科学*, 1998, 16(4): 33-34.
- [9] 张小琴, 郭晔红. 临泽县不同土壤类型肥力分析 [J]. *甘肃农业科技*, 2002, 27(2): 9-11, 26.
- [10] 杨荣生. 曲靖市植烟土壤分析与评价 [M]. 北京: 科学出版社, 2012.
- [11] 杨甲华, 张杨珠, 高菊生, 等. 红壤丘岗地区不同种植模式下土壤肥力状况的研究 [J]. *湖南农业科学*, 2012(3): 41-45.
- [12] 徐波, 朱雪梅, 刘倩, 等. 川中丘陵区不同土地利用方式下土壤养分特征研究——以中国科学院盐亭紫色土农业生态试验站小流域为例 [J]. *西南农业学报*, 2011(2): 663-668.
- [13] LIU X L, JIA L L, HAN B W, et al. Effects of different nutrient management systems and cultivation methods on crop yield and soil fertility [J]. *Agricultural Science & Technology*, 2011, 12(11): 1674-1679.
- [14] 周波, 高云华, 张池, 等. 华南赤红壤地区 4 种不同耕作模式对土壤肥力属性的影响 [J]. *华北农学报*, 2012(S1): 315-319.