

怒江流域咖啡园土壤肥力分析

黄家雄^{1,2,3}, 吕玉兰^{1*}, 娄予强¹

(1. 云南省农业科学院热带亚热带经济作物研究所, 云南保山 678000;

2. 云南省精品咖啡学会, 昆明 650000; 3. 库迪供应链(云南)有限公司, 云南临沧 677000)

[摘要]在怒江流域的保山市龙陵县、隆阳区和怒江州泸水市咖啡园采集 30 个土壤样品, 分析土壤 pH 值、有机质、碱解氮、有效磷和速效钾含量。结果表明: 怒江流域咖啡园土壤 pH 平均值为 5.07, 总体呈酸性; 土壤有机质含量平均值为 28.50 g/kg, 达到中等水平; 土壤碱解氮含量平均值为 136.89 mg/kg, 达到很丰富水平; 土壤有效磷含量平均值为 63.38 mg/kg, 达到很丰富水平; 土壤速效钾含量平均值为 194.41 mg/kg, 达到丰富水平。由于咖啡收获每年要带走大量土壤养分, 建议每年施有机肥 1 000 ~ 3 000 kg/667 m²、复合肥 150 kg/667 m², 于雨季开始(6 月)和雨季结束前(9 月)各施一半, 采取挖沟深施。

[关键词]咖啡园; 土壤养分; 怒江流域

中图分类号: S571.2; S158.2 文献标识码: A 文章编号: 1672-450X(2026)01-0001-06

Analysis and Research on Soil Fertility in Coffee Plantations in the Nujiang River Basin

HUANG Jiexiong^{1,2,3}, LYU Yulan^{1*}, LOU Yuqiang¹

1. Institute of Tropical and Sub-tropical Cash Crops, Yunnan Academy of Agricultural Sciences, Baoshan 678000, China;

2. Yunnan Province Specialty Coffee Society, Kunming 650000, China;

3. Analysis and research of Kudi Supply Chain (Yunnan) Co., Ltd. Lincang 677000, China

Abstract: Soil samples were collected from 30 coffee plantations in Longling and Longyang of Baoshan, as well as Lushui of Nujiang in the Nujiang River Basin. The pH value, organic matter, alkali-hydrolyzable nitrogen, available phosphorus and available potassium contents of the soil were analyzed. The results showed that the average pH value of the soil in the coffee plantations of the Nujiang River Basin was 5.07, which was generally acidic; the average content of organic matter was 28.50 g/kg, reaching a medium level; the average content of alkali-hydrolyzable nitrogen was 136.89 mg/kg, reaching a very abundant level; the average content of available phosphorus was 63.38 mg/kg, reaching a very abundant level; the average content of available potassium was 194.41 mg/kg, reaching an abundant level. Since coffee harvests remove a large amount of soil nutrients each year, it is recommended to apply 1 000 ~ 3 000 kg/667 m² of organic fertilizer and 150 kg/667 m² of compound fertilizer each year. Apply half of each in the beginning of the rainy season (June) and the end of the rainy season (September), and use deep soil application through digging trenches.

Key words: coffee garden; soil nutrients; Nujiang River Basin

怒江流域是云南省重要的咖啡产区, 据统计 2024 年该流域(保山市和怒江州)咖啡种植面积为 1.05 万 hm², 占全省的 13.23%; 产量 2.51 万 t, 占全省的 16.71%; 农业产值 14.89 亿元, 占全省的 24.78%^[1-2]。土壤养分深刻影响咖啡的生长发育

与品质, 为探明怒江流域咖啡园土壤肥力状况, 2021 年 2 月 1 日—24 日, 从怒江流域保山市龙陵县、隆阳区和怒江州泸水市采集咖啡园土壤样品 30 个, 2022 年 3 月 18 日交由云南耘耨科技有限公司进行检测分析, 4 月 25 日完成土壤样品检测分

收稿日期: 2025-08-04

作者简介: 黄家雄(1964—), 男, 研究员, 主要从事咖啡研究。E-mail: huangjiexiong@163.com

*通信作者: 吕玉兰(1966—), 女, 研究员, 主要从事咖啡研究。E-mail: rjshlyulan@126.com

析并提交检测报告,现将研究结果报道如下。

1 材料和方法

1.1 样品采集范围

土壤样品采集范围基本覆盖整个怒江流域咖啡产区:从地理坐标上看,上至怒江上游的怒江州

泸水市上江镇付坝村(25° 43' 18" N、98° 50' 54" E),下至怒江下游的保山市龙陵县木城乡渔塘垭口村(24° 08' 20" N、98° 42' 14" E);从海拔高度上看,从海拔761.10 m的保山市隆阳区潞江镇新寨村,到海拔1 802.95 m的保山市龙陵县镇安镇岭干村。详细信息见表1。

表1 土壤样品地理信息

样品编号	采样日期	州市	县区	乡镇	村	组	经度	纬度	海拔/m
1	2021-02-01	保山	龙陵	木城	渔塘垭口	盛兴基地	98° 42' 14"	24° 08' 20"	1 195.34
2	2021-02-01	保山	龙陵	木城	渔塘垭口	渔塘垭口	98° 42' 15"	24° 08' 54"	1 114.57
3	2021-02-01	保山	龙陵	木城	渔塘垭口	渔塘垭口	98° 42' 47"	24° 08' 54"	1 140.21
4	2021-02-02	保山	龙陵	镇安	岭干	坡头2组	98° 48' 12"	24° 48' 44"	1 802.95
5	2021-02-02	保山	龙陵	镇安	岭干	坡头2组	98° 47' 40"	24° 49' 20"	1 586.69
6	2021-02-02	保山	龙陵	镇安	岭干	坡头2组	98° 47' 49"	24° 48' 59"	1 580.76
7	2021-02-03	保山	隆阳	潞江	赧亢	田头组	98° 48' 02"	24° 50' 50"	1 379.55
8	2021-02-03	保山	隆阳	潞江	赧亢	田头组	98° 047' 4"	24° 51' 00"	1 562.72
9	2021-02-03	保山	隆阳	潞江	赧亢	田头组	98° 47' 21"	24° 50' 51"	1 486.73
10	2021-02-03	保山	隆阳	潞江	赧亢	里寨1组	98° 47' 37"	24° 59' 58"	1 442.50
11	2021-02-03	保山	隆阳	潞江	赧亢	里寨1组	98° 47' 55"	24° 50' 03"	1 516.71
12	2021-02-03	保山	隆阳	潞江	赧亢	里寨1组	98° 47' 41"	24° 50' 15"	1 583.85
13	2021-02-03	保山	隆阳	潞江	赧亢	曹田组	98° 48' 13"	24° 50' 38"	1 357.99
14	2021-02-03	保山	隆阳	潞江	赧亢	李子坪	98° 48' 49"	24° 50' 23"	1 432.61
15	2021-02-04	怒江	泸水	上江	付坝	2组	98° 50' 20"	25° 42' 32"	1 391.47
16	2021-02-04	怒江	泸水	上江	付坝	1组	98° 50' 34"	25° 43' 03"	1 227.54
17	2021-02-04	怒江	泸水	上江	付坝	2组	98° 50' 54"	25° 43' 18"	1 140.68
18	2021-02-04	怒江	泸水	上江	蛮英	旧乃山	98° 50' 24"	25° 34' 22"	1 426.69
19	2021-02-04	怒江	泸水	上江	蛮英	平田组	98° 50' 43"	25° 34' 54"	1 171.15
20	2021-02-04	保山	隆阳	芒宽	芒合	沙田社	98° 48' 50"	25° 13' 45"	1 492.06
21	2021-02-05	保山	隆阳	潞江	新寨	8组	98° 50' 14"	25° 01' 44"	835.11
22	2021-02-05	保山	隆阳	潞江	新寨	9组	98° 50' 42"	25° 01' 50"	761.10
23	2021-02-23	保山	隆阳	芒宽	芒宽	三坝沟	98° 50' 05"	25° 26' 20"	1 226.10
24	2021-02-23	保山	隆阳	芒宽	芒宽	三坝沟	98° 50' 21"	25° 26' 14"	1 313.79
25	2021-02-23	保山	隆阳	芒宽	芒宽	三坝沟	98° 50' 30"	25° 26' 25"	1 203.52
26	2021-02-23	保山	隆阳	芒宽	芒宽	三坝沟	98° 50' 39"	25° 26' 31"	1 024.78
27	2021-02-23	保山	隆阳	芒宽	芒宽	三坝沟	98° 51' 18"	25° 26' 31"	927.95
28	2021-02-23	保山	隆阳	潞江	百花岭	百花岭	98° 47' 59"	25° 17' 21"	1 300.36
29	2021-02-24	保山	隆阳	潞江	赧亢	沙田七组	98° 50' 58"	24° 50' 46"	909.39
30	2021-02-24	保山	隆阳	潞江	香树	大坪子组	98° 49' 43"	24° 57' 48"	1 300.62

1.2 样品采集方法

采集投产咖啡园土壤,每个咖啡园按照“S”形至少选5个点采集,基本覆盖咖啡园上中下左右5个方位。采样前将样点表面枯枝落叶清除,挖深30 cm采集坑,取0—30 cm土层土样100~200 g。每个咖啡园采集土样约1 000 g,记录样品采集信息并悬挂标签,共采集到咖啡园土壤样品

30个。

1.3 样品制作方法

将土壤样品放在长宽各50 cm干净牛皮纸上,置于通风阴凉处风干,并拣除石块、树根等杂质,用竹筒等木器将土壤样品碾碎拌匀,然后按十字形分割法将土样分成4个等份,取其中1份制成100 g土样2个(送检1个,备份1个),并记录

好样品编号和悬挂标签。

1.4 土壤分析方法

土壤 pH 按照 NY/T 1377—2007 测定,土壤有机质按照 NY/T 1121.6—2006 测定,碱解氮按照 DB14/T 1099—2015 测定,有效磷按照 NY/T 1121.7—2014 测定,速效钾按照 NY/T 889—2004

测定,交换性钙镁按照 NY/T 1121.13—2006 测定,阳离子交换量按照 NY/T 1121.5—2006 测定。

1.5 土壤肥力分级标准

参照第二次全国土壤普查将土壤肥力划分为 6 个等级^[3],具体详见表 2。

表 2 土壤肥力分级标准

级别	土壤肥力评价	有机质/(g·kg ⁻¹)	碱解氮/(mg·kg ⁻¹)	速效磷/(mg·kg ⁻¹)	速效钾/(mg·kg ⁻¹)	pH
1	很丰富	>40	>150	>40	>200	>8.5
2	丰富	>30~40	>120~150	>20~40	>150~200	>7.5~8.5
3	中等	>20~30	>90~120	>10~20	>100~150	>6.5~7.5
4	缺乏	>10~20	>60~90	>5~10	>50~100	>5.5~6.5
5	很缺	6~10	30~60	3~5	30~50	4.5~5.5
6	极缺	<6	<30	<3	<30	<4.5

注:1~6 级土壤 pH 依次代表碱性、微碱性、中性、弱酸性、酸性、强酸性。

2 结果与分析

2.1 怒江流域咖啡园土壤养分检测结果

土壤样品检测分析结果(表 3)显示:土壤 pH 为 4.32~7.22,平均值 5.07;有机质含量为 14.76~87.18 g/kg,平均值 28.50 g/kg;碱解氮含量为 60.20~322.00 mg/kg,平均值 136.89 mg/kg;有效磷含量为 9.54~217.45 mg/kg,平均值 63.38 mg/kg;速效钾含量为 39.87~441.85 mg/kg,平均值 194.41 mg/kg;交换性钙含量为 135.65~4 022.50 mg/kg,平均值 896.94 mg/kg;交换性镁含量为 84.32~392.10 mg/kg,平均值 196.36 mg/kg;阳离子交换量为 9.01~27.46 cmol/kg,平均值 16.07 cmol/kg。

2.2 怒江流域咖啡园主要土壤肥力指标评价

2.2.1 土壤 pH 值

据分析,土壤 pH 为 4.32~7.22,平均值为 5.07,对照表 2 分级标准达到酸性标准,详细分级情况见图 1。其中:达到强酸标准的有 20#、21#、29#,共计 3 个样品,占 10.00%;达到酸性标准的有 1#、2#、3#、4#、5#、8#、9#、12#、13#、14#、15#、16#、17#、18#、19#、23#、24#、25#、26#、27#、28#、30#,共计 22 个样品,占 73.33%;达到微酸性的有 7#、11#、22#,共计 3 个样品,占 10.00%;达到中性标准的有 6#、10#,共计 2 个样品,占 6.67%;无微碱性和碱性

样品。

2.2.2 土壤有机质

据分析,土壤有机质含量在 14.76~87.18 g/kg,平均值为 28.50 g/kg,对照表 2 分级标准达到中等标准,详细分级情况见图 2。其中:达到很丰富标准的有 20#、23#,共计 2 个样品,占 6.67%;达到丰富标准的有 5#、7#、8#、9#、24#、28#,共计 6 个样品,占 20.00%;达到中等标准的有 1#、2#、10#、11#、12#、13#、14#、15#、16#、18#、19#、21#、22#、25#、26#、27#、30#,共计 17 个样品,占 56.67%;达到缺乏标准的有 3#、4#、6#、17#、29#,共计 5 个样品,占 16.66%;没有出现很缺、极缺标准的样品。

2.2.3 土壤碱解氮

据分析,土壤碱解氮含量在 60.20~322.00 mg/kg,平均值为 136.89 mg/kg,对照表 2 分级标准达到很丰富标准,详细分级情况见图 3。其中:达到很丰富标准的有 5#、8#、9#、12#、20#、21#、23#、24#,共计 8 个样品,占 26.66%;达到丰富标准的有 1#、7#、10#、13#、14#、15#、18#、19#、26#、27#、28#,共计 11 个样品,占 36.67%;达到中等标准的有 2#、4#、11#、16#、17#、22#、25#、30#,共计 8 个样品,占 26.67%;达到缺乏标准的有 3#、6#、29#,共计 3 个样品,占 10.00%;没有出现很缺、极缺标准的样品。

表 3 怒江流域咖啡园土壤养分情况

样品编号	pH	有机质/ (g · kg ⁻¹)	碱解氮/ (mg · kg ⁻¹)	有效磷/ (mg · kg ⁻¹)	速效钾/ (mg · kg ⁻¹)	交换性钙/ (mg · kg ⁻¹)	交换性镁/ (mg · kg ⁻¹)	阳离子交换量/ (cmol · kg ⁻¹)
1#	4.54	29.51	135.68	115.62	153.02	345.20	156.75	19.97
2#	5.04	22.90	104.15	82.19	220.38	200.50	210.85	14.98
3#	5.11	18.02	84.08	102.08	92.04	135.65	209.50	12.90
4#	4.99	16.92	98.42	10.40	113.03	429.40	184.70	15.25
5#	4.70	30.54	163.39	30.48	130.28	692.00	145.20	11.93
6#	7.22	14.76	60.20	9.54	142.57	402.50	348.95	19.28
7#	5.96	31.63	140.46	41.40	441.85	971.70	267.85	13.59
8#	5.43	33.25	164.35	106.70	125.06	554.35	84.32	11.09
9#	5.49	34.44	179.63	119.90	303.49	802.10	201.95	13.87
10#	6.28	20.20	133.77	42.46	232.27	1366.00	230.50	18.86
11#	5.62	22.40	115.62	29.22	327.03	1961.50	392.10	23.02
12#	5.20	28.92	157.66	91.52	416.53	1531.50	297.75	26.90
13#	5.23	28.91	141.41	104.74	201.43	1131.50	172.00	15.81
14#	4.97	28.42	133.77	33.95	204.19	1060.00	181.90	15.53
15#	4.95	29.98	132.81	15.74	62.44	606.80	132.15	14.42
16#	4.51	27.82	117.53	21.88	129.00	476.80	115.10	14.56
17#	4.91	18.57	95.55	26.06	131.11	615.55	162.65	12.34
18#	4.66	29.47	132.81	11.50	39.87	432.30	122.80	19.14
19#	5.15	26.77	128.99	19.90	63.51	637.45	195.55	12.48
20#	4.32	47.55	200.66	58.06	182.40	881.35	168.60	24.68
21#	4.35	24.56	151.92	217.45	346.07	772.75	199.20	13.73
22#	5.81	21.82	101.28	73.97	263.86	1039.50	259.90	9.01
23#	5.16	87.18	322.00	98.79	262.91	2577.00	299.85	27.46
24#	4.64	37.13	205.43	36.13	321.15	827.55	267.50	24.68
25#	4.64	22.90	112.75	43.54	75.56	516.90	158.55	15.39
26#	4.60	22.35	123.26	56.85	128.34	719.30	170.20	13.59
27#	4.73	27.78	145.24	102.64	182.05	402.00	120.30	12.06
28#	4.89	33.35	147.15	42.99	165.37	578.35	147.45	14.70
29#	4.34	15.29	83.13	63.45	112.82	241.60	105.10	9.29
30#	4.71	21.79	93.64	92.29	262.82	379.15	181.45	11.65
平均	5.07	28.50	136.89	63.38	194.41	896.94	196.36	16.07

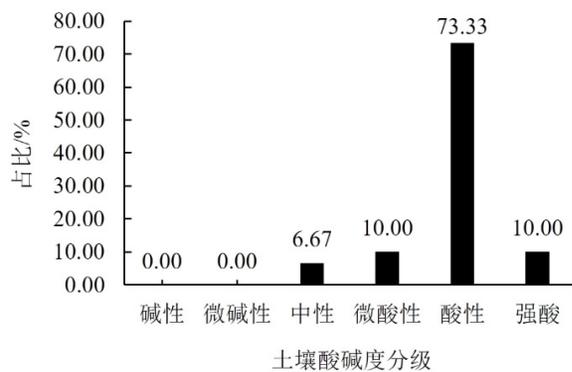


图 1 怒江流域咖啡园土壤样品不同酸碱度占比情况

2.2.4 土壤有效磷

据分析,土壤有效磷含量在 9.54 ~ 217.45

mg/kg,平均值为 63.38 mg/kg,对照分级标准达到很丰富标准,详细分级情况见图 4。其中:达到很丰富标准的有 1#、2#、3#、7#、8#、9#、10#、12#、13#、20#、21#、22#、23#、25#、26#、27#、28#、29#、30#,共计 19 个样品,占 63.33%;达到丰富标准的有 5#、11#、14#、16#、17#、24#,共计 6 个样品,占 20.00%;达到中等标准的有 4#、15#、18#、19#,共计 4 个样品,占 13.33%;达到缺乏标准的有 6#,共计 1 个样品,占 3.34%;没有出现很缺、极缺标准的样品。

2.2.5 土壤速效钾

据分析,土壤速效钾含量在 39.87 ~ 441.85 mg/kg,平均值为 194.41 mg/kg,对照表 2 分级标准

达到丰富标准,详细分级情况见图5。其中:达到很丰富标准的有2#、7#、9#、10#、11#、12#、13#、14#、21#、22#、23#、24#、30#,共计13个样品,占43.33%;达到丰富标准的有1#、20#、27#、28#,共计4个样品,占13.33%;达到中等标准的有4#、

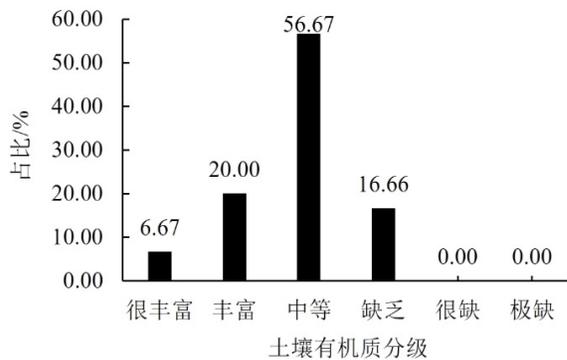


图2 怒江流域咖啡园土壤样品有机质分级占比情况

6#、8#、17#、5#、16#、26#、29#, 共计8个样品,占26.67%;达到缺乏标准的有3#、15#、19#、25#, 共计4个样品,占13.33%;达到很缺标准的有18#, 共计1个样品,占3.34%;没有出现极缺标准的样品。

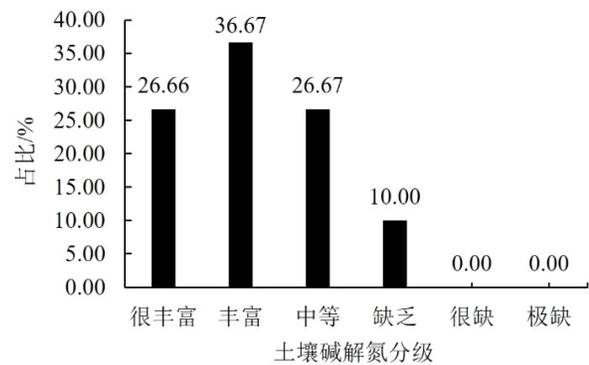


图3 怒江流域咖啡园土壤样品碱解氮分级占比情况

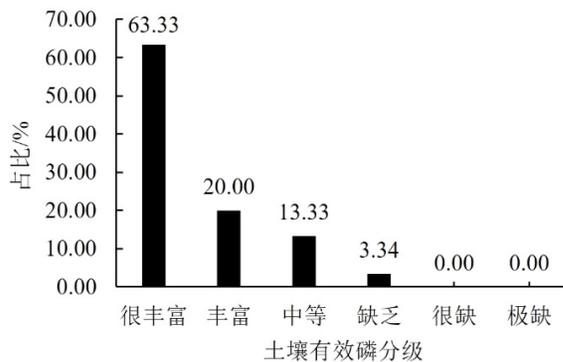


图4 怒江流域咖啡园土壤样品有效磷分级占比情况

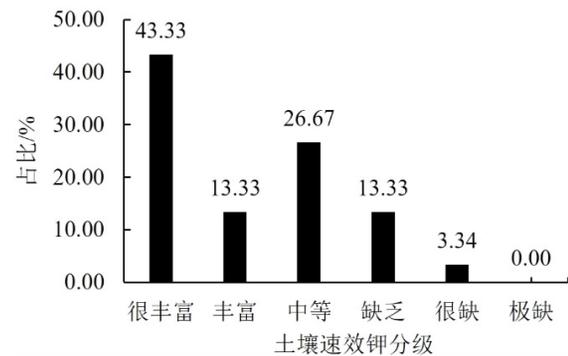


图5 怒江流域咖啡园土壤样品速效钾分级占比情况

3 讨论与结论

对怒江流域咖啡园调查结果显示,土壤总体呈酸性水平,73.33%采样点土壤pH值为4.5~5.5,而咖啡最佳土壤pH值为5.5~6.5^[4],因此仍需增施有机肥和碱性肥料(如石灰、草木灰、钙镁磷肥等)以调节土壤pH值。土壤有机质是农业可持续发展的基础^[5],怒江流域土壤有机质总体处于中等水平,但由于热区高温高湿,土壤有机质矿化分解快,淋溶作用强烈,仍需增施有机肥(牲畜农家肥等)以增加土壤肥力和调节土壤pH值。土壤氮素含量会影响咖啡植株光合作用、枝条及根系生长、果实中脂肪与咖啡因的含量^[6]。怒江流域咖啡园土壤碱解氮处于丰富水平,但由于咖

啡产量高、生物量大,每年收获要带走大量养分,每生产1 000 kg咖啡鲜果,果实带走的养分约为N 7.22 kg、P₂O₅ 1.15 kg、K₂O 7.96 kg^[7],因此仍需要增施氮肥或三元复合肥,以补充土壤肥力。有效磷能反映一定时段内土壤的供磷水平^[8],怒江流域咖啡园土壤有效磷总体处于丰富水平,土壤有效磷含量达到很丰富、丰富和中等的占比达96.66%,缺乏占比仅有3.34%,可因地制宜补充磷肥或三元复合肥。土壤速效钾也总体处于丰富水平,土壤有效钾含量达到很丰富、丰富和中等的占比达83.33%,缺乏和很缺占比仅有16.67%,先前的研究也表明怒江干热河谷土壤有较强的供钾能力^[9],此外过度施用钾肥易导致土壤的固

钾能力下降^[3],因此在生产中应适量施用钾肥。钙、镁元素对咖啡生长的影响具有两面性,一方面土壤中钙、镁元素不足不利于植株生长与果实发育,另一方面土壤中钙、镁含量过高会抑制植株对钾元素的吸收^[10],此外咖啡植株营养失调(富钾、钙,缺镁)易导致叶片黄化症^[11],因此需关注土壤中钙、镁等元素含量情况。

综上所述,怒江流域土壤碱解氮、有效磷、有效钾含量较为丰富,但因咖啡生长快、产量高,耗肥量大,为确保丰富的氮、磷、钾养分储备,特提出建议:幼龄咖啡园,第1年施N:P₂O₅:K₂O=25:5:15复合肥50 kg/667 m²,分2~3次施用;第2年施N:P₂O₅:K₂O=25:5:15复合肥100 kg/667 m²,分2~3次施用。第3年及投产咖啡园,第1次雨季开始(6月),施N:P₂O₅:K₂O=25:5:15复合肥75 kg/667 m²;第2次雨季结束前(9月),施N:P₂O₅:K₂O=15:5:25复合肥75 kg/667 m²。同时,每次施肥1.5~5.0 kg/株(每年施用有机肥1 000~3 000 kg/667 m²);采用挖沟深施。

参考文献:

- [1] 云南省统计局. 云南省2024年咖啡种植面积和产量情况[R]. 2025-03-28.
- [2] 云南省咖啡工作组,云南省咖啡专家组. 云南省咖啡产业发展报告(2024年)[R]. 2025.
- [3] 赵明珠,萧自位,李锦红,等. 云南咖啡主栽区土壤肥力现状初评[J]. 热带农业科学,2018,38(3):8-14.
- [4] 黄家雄. 小粒咖啡标准化生产技术[M]. 北京:金盾出版社,2009.
- [5] BASAMBA T A, BARRIOS E, AMEZQUITA E, et al. Tillage effects on maize yield in a Colombian savanna oxisol: Soil organic matter and P fractions [J]. Soil and Tillage Research, 2006, 91: 131-142.
- [6] WINTGENS JN. Coffee: growing, processing, sustainable production. A guidebook for growers, processors, traders and researchers [M]. Weinheim, Germany: Wiley-VCH, 2012: 252-253.
- [7] 吕玉兰,黄家雄. 小粒种咖啡营养特性的初步研究[J]. 热带农业科学,2012,32(10):10-13.
- [8] 赵明珠,郭铁英,马关润,等. 小粒咖啡土壤肥力现状分析[J]. 热带农业科学,2019,39(3):1-7.
- [9] 吕玉兰,李岫峰,彭忠良,等. 怒江干热河谷土壤钾及咖啡植株钾素状况[J]. 云南热作科技,2000,23(1):21-23.
- [10] 吕玉兰. 小粒种咖啡叶片矿质养分周年变化的初步研究[J]. 云南热作科技,1997,17(3):14-17.
- [11] 吕玉兰,黄家雄,李贵平,等. 云南干热河谷区咖啡叶片黄化症发生原因研究[J]. 热带农业科学,2009,29(1):8-11.