

云南山地胶园土壤肥力空间变化特征

杨春霞, 许木果, 刘忠妹, 李春丽*

(云南省热带作物科学研究所, 云南 景洪 666100)

摘 要: 对云南西双版纳、普洱、红河、临沧植胶区的 16 个橡胶种植农场开展系统规模化的土壤肥力普查及评价, 以全面了解云南山地胶园的土壤肥力特征, 为云南山地胶园橡胶树施肥方案制定和土壤质量提升提供依据。研究结果表明, 云南山地胶园土壤肥力空间变异较大, 不同植胶区胶园土壤肥力状况不尽相同, 同一植胶区不同农场胶园土壤肥力状况亦有差异。云南植胶区土壤全氮含量为 0.13 ~ 3.30 g/kg, 平均为 1.42 g/kg; 有机质含量为 4.42 ~ 55.55 g/kg, 平均为 21.09 g/kg; 有效磷含量为 0.31 ~ 235.00 mg/kg, 平均为 11.74 mg/kg; 速效钾含量为 0.65 ~ 427.70 mg/kg, 平均为 59.46 mg/kg。土壤有效磷、速效钾含量变异系数较大, 依次为 88.50%、69.95%; 全氮、有机质含量变异系数相对较小, 依次为 24.15 %、25.99 %。云南胶园土壤普遍缺磷和有机质, 有效磷缺乏比率高达 82.13%, 有机质缺乏比率为 46.10%, 27.35% 的土壤缺速效钾, 土壤全氮含量基本正常或丰富。

关键词: 云南; 山地胶园; 土壤肥力; 空间变化

云南是我国第一大天然橡胶基地, 种植面积达 60 万 hm^2 。天然橡胶作为一种战略约束性资源, 具有不可替代性。橡胶树是多年生经济作物, 要获得高产、稳产, 离不开科学合理的施肥, 胶园土壤肥力含量是制定胶园土壤管理和施肥措施的重要参考依据之一^[1], 由于施肥水平、管理措施上的差异, 胶园土壤肥力状况在不断变化^[2], 一般每 3 ~ 5 年就须对其做一次普查。特别是随着乙烯利刺激割胶的大规模推广, 干胶产量大幅度增加, 加速了土壤养分流失^[3], 土壤肥力状况对橡胶树产量的影响越显突出^[4-5]。

橡胶树营养除部分来源于施肥外, 大部分来自土壤。因此, 胶园土壤肥力高低显著地影响着橡胶树的生长和产胶, 是反映胶园生产力水平的重要特征^[6]。近年来, 在橡胶园土壤肥力方面开展了大量的研究, 主要集中在施肥措施、树龄、割胶制度、时空演变等对土壤肥力状况的影响^[1, 7-22]。然而以往的研究仅对橡胶园土壤肥力状况进行小尺度、小范围的普查, 导致对云南山地胶园土壤肥力特征缺

乏系统、全面的了解, 在制定大尺度、大区域施肥方案时不能很好地配合橡胶树营养诊断技术, 增加了推广应用橡胶树配方施肥技术的难度。本研究针对云南植胶区大规模推广乙烯利刺激割胶后, 对 16 个橡胶种植农场 85000 hm^2 的橡胶园进行大规模的系统普查, 以全面了解土壤肥力状况, 为制定科学合理的区域施肥方案以及提升土壤质量提供依据。

1 材料与方法

1.1 材料

2011 ~ 2014 年对西双版纳植胶区的 10 个橡胶种植农场、普洱植胶区的 3 个橡胶种植农场、红河植胶区的 2 个橡胶种植农场、临沧植胶区的 1 个橡胶种植农场, 共 85288 hm^2 的开割胶园土壤肥力状况进行系统普查, 同时调查每个植胶农场的面积、土壤类型等基本情况, 详见表 1。土壤类型主要为砖红壤, 成土母质以花岗岩、千枚岩、砂页岩、老冲积物为主。各橡胶种植农场的施肥量为每株橡胶树 0.14 kg 尿素、0.20 kg 过磷酸钙、0.15 kg 的氯化钾、0.05 kg 硫酸镁。

1.2 方法

1.2.1 诊断单位的划分

诊断单位根据土壤类型、胶树类型(品种、树龄)、割胶制度和施肥管理等划分, 在一个诊断单位内, 要求土壤类型、坡向、植胶品种、定植年

收稿日期: 2020-10-09; 录用日期: 2020-12-01

基金项目: 云南省财政专项科研基本业务费(RF2022-5); 云岭产业技术领军人才(2014-1782); 云南省技术创新人才培养项目(202005AD160005)。

作者简介: 杨春霞(1979-), 研究员, 硕士, 研究方向为热区土壤与植物营养。E-mail: chunxiayang.student@sina.com。

通讯作者: 李春丽, E-mail: lichunli3376@sina.com。

表 1 各植胶区土壤样品采集情况

植胶区	地点	面积 (hm ²)	土样采集数 (个)	成土母质
西双版纳	东风农场	10917.93	431	千枚岩、花岗岩、砂页岩、老冲积物
	景洪农场	10962.93	388	花岗岩、千枚岩、砂页岩、片麻岩
	勐捧农场	14722.73	599	砂页岩
	勐醒农场	3994.87	136	石灰岩、砂页岩
	勐腊农场	5713.20	243	砂页岩
	勐满农场	6606.07	250	砂页岩
	橄榄坝农场	4597.87	210	砂页岩、千枚岩、老冲积物
	黎明农场	1563.67	62	砂页岩
	勐养农场	1721.93	70	砂页岩
	大渡岗农场	1819.27	103	砂页岩、近代河流沉积物
普洱	江城农场	7149.13	260	砂页岩
	孟连农场	1968.47	85	千枚岩、砂页岩
	西盟农场	3062.73	147	砂页岩、片麻岩
红河	河口农场	7384.67	322	片麻岩、千枚岩、砂页岩、石灰岩
	金平农场	851.60	45	变质岩、砂页岩
临沧	孟定农场	2251.87	163	砂页岩、石灰岩、老冲积物
	合计	85288.94	3514	

限、割胶制度、施肥管理等条件基本一致,面积大小控制在 13.3 ~ 20 hm² 之间。一般以生产队为单位,把相邻的相同类型的林段、山头、树位划成一个诊断单位。

1.2.2 土壤样品的采集

每年 7 ~ 9 月,于晴天采集土壤样品。在每一个土壤采样区域的橡胶保护带上,均匀随机地选 10 个采样点,取表土层 (0 ~ 20 cm) 土壤混合,用四分法缩分,保留 500 g 土壤风干,备用。

1.2.3 土壤样品养分测定方法

凯氏定氮法测定全氮;硫酸-重铬酸钾法消化-硫酸亚铁容量法测定有机质;盐酸-氟化铵浸提-钼蓝比色法测定有效磷;EDTA-氨盐法浸提-原子吸收仪测定速效钾^[23]。

2 结果与分析

2.1 云南植胶区不同农场的土壤肥力特征

云南不同橡胶种植农场土壤全氮、有机质含量见表 2。适于橡胶树正常生长的土壤 (0 ~ 20 cm 土层) 肥力状况:有机质 2.0% ~ 2.5%,全氮 0.08% ~ 0.14%,速效钾 40 ~ 60 mg/kg,有效磷

5 ~ 8 mg/kg;低于该范围为缺乏,高于该范围为丰富^[24]。在这 16 个橡胶种植农场中,土壤全氮含量均值最高的是勐醒农场,最低的是大渡岗农场;变异系数最大的是勐捧农场,最小的是河口农场。勐醒、孟连、西盟、孟定 4 个农场的土壤全氮含量均达正常水平,甚至 60% 以上的达丰富水平;土壤全氮含量缺乏比率超出 10% 的农场有勐腊、勐满、勐养、大渡岗农场。土壤有机质含量均值最高的是西盟农场,最低的是金平农场;变异系数最大的是景洪农场,最小的是金平农场。16 个农场的胶园土壤普遍缺乏有机质,有机质缺乏比率最低的是西盟农场,为 13.0%,最高的是勐养农场,高达 90.0%。

云南不同橡胶种植农场土壤有效磷、速效钾含量见表 3。在这 16 个橡胶种植农场中,土壤有效磷含量均值最高的是大渡岗农场,最低的是孟定农场;变异系数最大的是江城农场,最小的是勐醒农场。除大渡岗农场外,其他 15 个农场的胶园土壤均严重缺乏有效磷,缺乏比率为 64.3% ~ 95.6%,土壤有效磷含量缺乏比率超出 80% 的有东风、景洪、勐捧、勐醒、勐满、橄榄坝、黎明、江城、孟

表 2 各植胶农场土壤全氮、有机质含量

地点	全氮					有机质						
	变幅 (g/kg)	均值 (g/kg)	变异系数 (%)	含量缺乏比 率(%)	含量正常比 率(%)	含量丰富比 率(%)	变幅 (g/kg)	均值 (g/kg)	变异系数 (%)	含量缺乏比 率(%)	含量正常比 率(%)	含量丰富比 率(%)
东风农场	0.49 ~ 2.27	1.42	21.26	2.6	48.0	49.4	6.68 ~ 39.05	21.69	24.20	36.7	37.8	25.5
景洪农场	0.13 ~ 0.30	1.61	27.99	3.4	27.1	69.6	6.71 ~ 55.55	24.92	33.06	28.6	26.0	45.4
勐捧农场	0.44 ~ 3.28	1.47	28.88	3.5	42.9	53.6	5.63 ~ 42.62	19.56	31.55	56.9	26.0	17.0
勐醒农场	1.04 ~ 2.66	1.87	19.78	0.0	8.1	91.9	11.62 ~ 44.50	23.48	24.45	22.1	47.1	30.9
勐腊农场	0.54 ~ 2.11	1.06	27.66	17.3	68.7	14.0	7.87 ~ 34.95	17.96	26.24	72.4	19.3	8.2
勐满农场	0.52 ~ 1.88	1.10	23.44	10.0	76.4	13.6	7.27 ~ 30.16	18.00	23.11	68.8	26.0	5.2
橄榄坝农场	0.79 ~ 2.14	1.50	20.41	1.0	39.0	60.0	8.26 ~ 33.22	22.49	19.80	29.0	39.5	31.4
黎明农场	0.66 ~ 2.52	1.25	27.97	8.1	64.5	27.4	11.76 ~ 44.21	25.79	25.14	17.7	32.3	50.0
勐养农场	0.59 ~ 1.61	1.02	21.39	15.7	78.6	5.7	8.90 ~ 24.25	15.64	20.41	90.0	10.0	0.0
大渡岗农场	0.45 ~ 1.46	0.90	21.84	31.1	68.0	0.9	10.52 ~ 36.64	18.60	22.95	67.0	26.2	6.8
江城农场	0.65 ~ 3.12	1.57	25.84	1.5	33.8	64.6	5.53 ~ 43.00	23.24	27.15	31.5	26.5	41.9
孟连农场	0.88 ~ 3.04	1.74	25.32	0.0	22.4	77.6	10.50 ~ 42.91	26.20	28.33	17.6	23.5	58.8
西盟农场	0.98 ~ 3.30	1.86	27.32	0.0	21.9	78.1	15.12 ~ 45.36	28.51	25.20	13.0	25.3	61.6
河口农场	0.65 ~ 2.07	1.29	17.51	0.6	70.8	28.6	4.42 ~ 40.24	19.81	26.79	59.0	26.7	14.3
金平农场	0.79 ~ 1.99	1.40	21.52	2.2	48.9	48.9	11.75 ~ 25.35	17.43	18.69	80.0	17.8	2.2
孟定农场	0.82 ~ 2.37	1.53	22.89	0.0	37.4	62.6	10.21 ~ 37.91	20.20	28.78	52.8	28.8	18.4

表 3 各植胶农场土壤有效磷、速效钾养分含量

地点	有效磷					速效钾						
	变幅 (mg/kg)	均值 (mg/kg)	变异系数 (%)	含量缺乏比 率(%)	含量正常 比率(%)	含量丰富 比率(%)	变幅 (mg/kg)	均值 (mg/kg)	变异系数 (%)	含量缺乏 比率(%)	含量正常 比率(%)	含量丰富 比率(%)
东风农场	1.11 ~ 17.11	2.61	63.59	95.6	3.2	1.2	15.89 ~ 369.50	64.90	75.92	27.8	35.3	36.9
景洪农场	0.65 ~ 36.22	3.71	95.64	83.5	11.1	5.4	19.93 ~ 339.21	95.07	65.19	7.7	28.6	63.7
勐捧农场	0.87 ~ 69.39	4.74	139.43	80.0	9.0	11.0	18.39 ~ 426.20	57.25	57.16	2.7	21.5	75.8
勐醒农场	1.06 ~ 11.20	2.72	55.88	95.6	3.7	0.7	18.85 ~ 247.91	70.12	63.27	14.7	41.9	43.4
勐腊农场	1.13 ~ 49.00	5.88	116.86	77.0	12.8	10.3	13.91 ~ 345.08	86.32	73.56	17.7	25.5	56.8
勐满农场	1.42 ~ 18.52	4.03	61.49	83.6	11.2	5.2	17.37 ~ 235.00	63.67	52.51	26.0	35.2	38.8
橄榄坝农场	1.38 ~ 20.87	3.75	75.61	85.2	9.0	5.7	25.48 ~ 307.02	88.80	58.25	6.7	23.8	69.5
黎明农场	1.38 ~ 20.87	3.86	82.2	90.3	4.8	4.8	19.17 ~ 225.43	79.62	63.13	21.0	25.8	53.2
勐养农场	1.90 ~ 21.06	4.93	60.74	64.3	27.1	8.6	31.82 ~ 157.33	76.83	36.53	4.3	27.1	68.6
大渡岗农场	1.05 ~ 145.43	42.80	87.21	12.6	3.9	83.5	54.60 ~ 366.26	68.03	41.71	0.0	3.9	96.1
江城农场	0.31 ~ 33.13	4.01	144.71	91.5	3.5	5.0	26.87 ~ 323.50	77.90	55.09	5.0	31.2	63.8
孟连农场	0.73 ~ 27.69	4.29	118.29	81.2	7.1	11.8	4.11 ~ 427.70	160.65	66.80	2.4	2.4	95.3
西盟农场	0.65 ~ 27.32	3.13	100.17	88.4	3.4	8.2	33.85 ~ 342.59	118.86	49.67	0.7	7.5	91.8
河口农场	0.74 ~ 37.05	5.16	98.14	70.8	14.3	14.9	20.85 ~ 346.45	55.31	62.29	30.1	41.9	28.0
金平农场	1.27 ~ 13.98	3.77	78.23	84.4	8.9	6.7	25.28 ~ 176.51	64.70	43.79	22.2	28.9	48.9
孟定农场	0.65 ~ 23.16	2.55	119.05	91.4	5.5	3.1	39.91 ~ 311.68	100.44	56.87	0.6	20.9	78.5

连、西盟、金平、孟定 12 个农场, 占总采样农场的 75%。土壤速效钾含量均值最高的是孟连农场, 最低的是河口农场; 变异系数最大的是东风农场, 最小的是勐养农场。大渡岗、西盟、孟定 3 个农场的土壤速效钾含量几乎均达正常水平, 甚至 78% 以上的达丰富水平; 土壤速效钾含量缺乏比率超出 20% 的有东风、勐满、黎明、河口、金平 5 个农场, 缺乏比率在 10% ~ 20% 之间的有勐醒、勐腊农场, 河口农场缺乏比率最高, 达 30.1%。

总体来说, 16 个农场胶园土壤有效磷含量变异系数最大, 为 55.88% ~ 144.71%; 其次是速效钾含量, 变异系数为 36.53% ~ 75.92%, 最小的是全氮、有机质含量, 变异系数分别为 17.51% ~ 28.88%、18.69% ~ 33.06%。16 个农场的胶园土壤普遍缺磷和有机质, 有效磷养分缺乏比率最高, 为 12.6% ~ 95.6%, 其次是有机质, 为 13.0% ~ 90.0%;

部分农场缺氮和钾, 其中 4 个农场缺氮, 全氮养分缺乏比率为 10.0% ~ 31.1%, 7 个农场缺钾, 速效钾养分缺乏比率为 14.7% ~ 30.1%。

2.2 云南不同植胶区的土壤肥力状况

西双版纳、普洱、红河、临沧 4 个植胶区的土壤肥力状况见表 4。胶园土壤全氮含量均值最高的是临沧植胶区, 最低的是西双版纳植胶区; 有机质含量均值最高的是红河植胶区, 最低的是临沧植胶区; 有效磷含量均值最高的是普洱植胶区, 最低的是临沧植胶区; 速效钾含量均值最高的是临沧植胶区, 最低的是普洱植胶区。土壤全氮、速效钾含量变异系数最大的均是西双版纳植胶区, 最小的分别是红河、临沧植胶区; 土壤有机质含量变异系数最大的是临沧植胶区, 最小的是红河植胶区; 土壤速效磷含量变异系数最大的是临沧植胶区, 最小的是普洱植胶区。

表 4 各植胶区土壤肥力状况

植胶区	全氮		有机质		有效磷		速效钾	
	均值 (g/kg)	变异系数 (%)	均值 (g/kg)	变异系数 (%)	均值 (mg/kg)	变异系数 (%)	均值 (mg/kg)	变异系数 (%)
西双版纳	1.39	25.02	20.92	26.94	11.60	92.84	53.86	73.38
普洱	1.50	22.23	20.89	24.36	21.48	65.41	53.17	64.52
红河	1.47	21.34	22.89	20.45	3.76	76.42	87.67	58.85
临沧	1.53	22.89	20.20	28.78	2.55	119.05	100.44	56.87
云南	1.42	24.15	21.09	25.99	11.74	88.50	59.46	69.95

云南不同植胶区土壤肥力状况见图 1。4 个植胶区的土壤全氮含量基本正常或达丰富水平, 土壤全氮丰富比率为普洱植胶区 > 临沧植胶区 > 西双版纳植胶区 > 红河植胶区; 土壤有机质缺乏比率为红河植胶区 > 临沧植胶区 > 西双版纳植胶区 > 普洱植胶区; 土壤有效磷缺乏比率为临沧植胶区 > 普洱植胶区 > 西双版纳植胶区 > 红河植胶区; 土壤速效钾含量普洱、临沧植胶区较丰富, 西双版纳、红河植胶区则较缺乏。

2.3 云南山地胶园的土壤肥力特征

云南山地胶园的土壤全氮含量 0.13 ~ 3.30 g/kg, 平均 1.42 g/kg; 有机质含量 4.42 ~ 55.55

g/kg, 平均 21.09 g/kg; 有效磷含量 0.31 ~ 235.00 mg/kg, 平均 11.74 mg/kg; 速效钾含量 0.65 ~ 427.70 mg/kg, 平均 59.46 mg/kg。土壤有效磷含量变异系数最大, 为 88.50%; 其次是速效钾, 变异系数为 69.95%, 全氮、有机质含量变异系数最小, 分别为 24.15%、25.99%^[15](表 4)。

云南山地胶园土壤肥力情况见图 2。云南胶园土壤普遍缺磷和有机质, 有效磷含量缺乏比率最高, 达 82.13%, 有机质含量缺乏比率次之, 为 46.10%; 95% 以上的土壤样品全氮含量达正常或丰富水平, 72.65% 以上的土壤样品速效钾达正常或丰富水平。

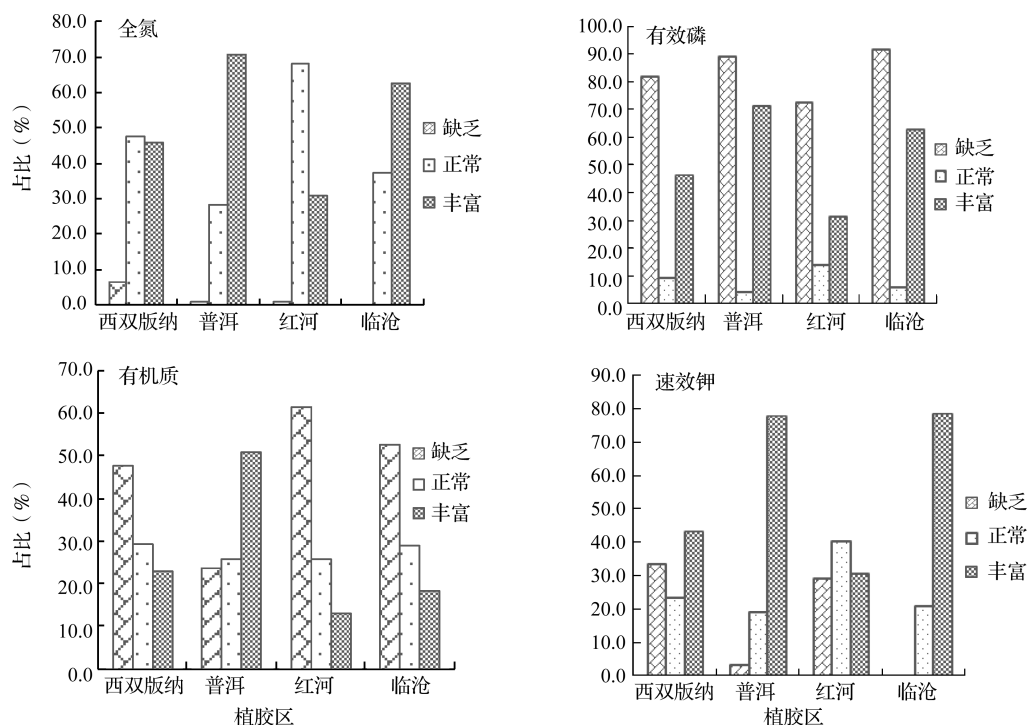


图1 云南不同植胶区土壤肥力状况

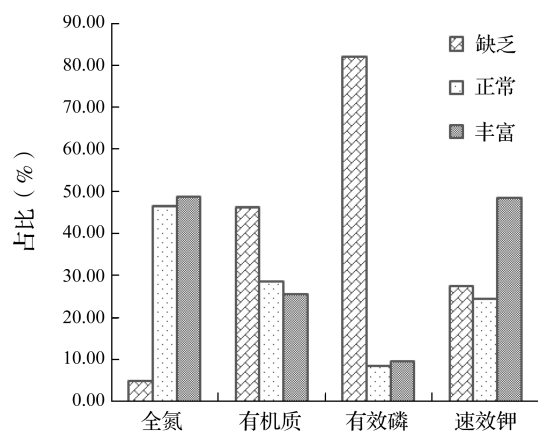


图2 云南山地胶园土壤肥力状况

3 结论与讨论

土壤肥力在时间和空间上存在较大的变异性,空间变异性是土壤的一种自然属性^[25]。云南山地胶园土壤肥力空间变异较大,不同植胶区橡胶园土壤营养状况不尽相同,土壤有机质含量缺乏比率为红河植胶区>临沧植胶区>西双版纳植胶区>普洱植胶区,土壤有效磷含量缺乏比率为临沧植胶区>普洱植胶区>西双版纳植胶区>红河植胶区。同一植胶区不同农场橡胶树营养状况亦有差异,16个农场的胶园土壤普遍缺磷和有机质,有效磷养分缺乏比率最高,为12.6%~95.6%,其

次是有机质,为13.0%~90.0%;部分农场缺氮和钾,其中4个农场缺氮,全氮养分缺乏比率为10.0%~31.1%,7个农场缺钾,速效钾养分缺乏比率为14.7%~30.1%。可能是因为云南植胶区的土壤成土母质丰富,包含花岗岩、千枚岩、砂页岩、片麻岩、石灰岩和老冲积物等,地形地貌复杂,林间小气候多变。种植橡胶的一个生产队,其胶园土壤可能都有几种成土母质,地形地貌可能涉及坡地、平地,阴坡、阳坡等,而农场或植胶区的情况就更复杂多变了。

云南植胶土壤类型主要为砖红壤及少量的砖红壤性红壤,土壤风化和成土作用深,脱硅与富铝化过程强烈。除大渡岗农场外,其他15个农场的胶园土壤均缺乏有效磷,缺乏比率为64.3%~95.6%。可能是由于土壤为酸性,强烈的富铁铝化作用,对磷产生固定,磷含量低^[7]。而大渡岗农场的胶园土壤有效磷缺乏率不足13%,甚至80%以上的土壤有效磷含量达丰富水平。可能是因为大渡岗农场位于澜沧江上游沿岸一带,植胶土壤主要由近代河流沉积物发育而成。云南山地胶园土壤普遍缺磷,而橡胶树叶片基本不缺磷^[26],故需对出现这种现象的原因以及橡胶树对土壤中磷素的活化、吸收、转化机理做进一步研究。

16个农场的胶园土壤均不同程度的缺乏有机

质,有机质缺乏比率为 13.0% ~ 90.0%,可能是因为此次普查的很多橡胶园为二代胶园,长期植胶后土壤退化严重,有机质下降严重^[2, 27-29]。各橡胶种植农场应给予足够的重视,大力积造有机肥,对于山高坡陡无法运输有机肥的,可以在橡胶树萌生带种植绿肥,以及合理利用控荫刈割物进行压青^[30]。整个云南植胶区的土壤全氮含量基本正常或丰富,其中只有 4 个农场出现缺氮情况,全氮养分缺乏比率为 10.0% ~ 31.1%,可能与胶农长期以来习惯偏施氮肥有关,今后应注意补充磷钾肥,促进橡胶树养分均衡。

参考文献:

- [1] 华元刚,林钊沐,茶正早,等. 胶园土壤化学肥力演变及与橡胶树营养关系的研究[J]. 热带作物学报, 2012, 33(3): 397-401.
- [2] Abraham J, Philip A, Punnoose K I. Soil nutrient status during the immature phase of growth in a Hevea Plantation[J]. Indian Journal of Natural Rubber Research, 2001, 14(2): 170-172.
- [3] 林钊沐,黎仕聪,茶正早,等. 我国热带土壤植胶后肥力变化与胶树平衡施肥[C]//周健民. 农田养分平衡与管理. 南京:河海大学出版社, 2000. 407-414.
- [4] Jiang J S, Lin W F, Xie G S, et al. Comparison of Functional Properties of Ecosystems for Rubber Plantations under Different Tapping System[M]//Chen Q B, Zhou J. Proceedings of IRRDB Symposium 1999. Haikou: Hainan Publishing House, 2003. 131-146.
- [5] 杜忠杰,林电,许杰,等. 海南省橡胶园土壤养分状况研究[J]. 广东农业科学, 2011, 38(11): 73-77.
- [6] 宁海绿,陈君兴. 龙江农场胶园土壤养分演变探析[J]. 中国热带农业, 2006(5): 36-37.
- [7] 李春丽,严世孝. 西双版纳橡胶园养分变化[J]. 云南热作科技, 2001, 24(1): 1-6.
- [8] 黎小清,余凌翔,李春丽,等. 云南东风农场橡胶园土壤养分空间分布特征[J]. 西南农业学报, 2015, 28(1): 292-298.
- [9] 杨丽萍,李春丽,黎小清,等. 西双版纳东风农场近 20 年橡胶园养分变化观察[J]. 热带农业科技, 2015, 38(1): 1-4.
- [10] 陈桂良,王家银,黎小清,等. 江城橡胶公司橡胶园土壤养分时空变异特征分析[J]. 西南农业学报, 2017, 30(1): 134-140.
- [11] 许木果,黎小清,罗宗云,等. 江城橡胶公司橡胶园土壤养分现状及变化分析[J]. 热带农业科技, 2016, 39(1): 1-6.
- [12] 陈永川,许木果,黎小清,等. 西双版纳橡胶林土壤磷的分布及与橡胶生长的关系[J]. 西北林学院学报, 2019, 34(4): 64-69.
- [13] 陈永川,刘忠妹,许木果,等. 西双版纳橡胶林土壤氮的分布特征及与橡胶树生长的关系[J]. 西南农业学报, 2019, 32(3): 584-589.
- [14] 张艳梅,肖代强. 景洪橡胶分公司 2005 年橡胶树和胶园土壤营养分析[J]. 热带农业科技, 2006(2): 1-3.
- [15] 王应清,李守岭,张丽萍,等. 云南德宏橡胶园土壤养分分析[J]. 湖南农业科学, 2015(11): 55-59.
- [16] 吴志祥,谢贵水,杨川,等. 海南岛西部不同林龄橡胶林土壤养分特征[J]. 海南大学学报(自然科学版), 2011, 29(1): 42-48.
- [17] 黄坚雄,潘剑,周立军,等. 全周期种植模式胶园土壤养分和微生物量碳分布特性[J]. 热带农业科学, 2014, 34(7): 1-4.
- [18] 安锋,谢贵水,蒋菊生,等. 刺激割制下橡胶园养分状况及其与产量的关系[J]. 热带作物学报, 2005, 26(3): 1-6.
- [19] 王开典,陈展雄,姚行成. 儋州市热科院试验场橡胶园土壤养分状况分析[J]. 热带农业工程, 2018, 42(5): 4-7.
- [20] 蔡葵. 海南岛不同树龄的胶园土壤肥力演变研究[D]. 海口:海南大学, 2016.
- [21] 高乐,韦家少,吴炳孙,等. 海南省乐东县橡胶园土壤养分的空间变异特征研究[J]. 热带作物学报, 2014, 35(11): 2115-2120.
- [22] 蔡葵,蒋菊生,彭宗波,等. 不同树龄胶园土壤养分分布规律研究[J]. 林业资源管理, 2015(4): 92-97, 103.
- [23] 鲍士旦. 土壤农化分析[M]. 北京:中国农业出版社, 2000. 263-274.
- [24] 中国热带农业科学院,华南热带农业大学. 中国热带作物栽培学[M]. 北京:中国农业出版社, 1998. 131-132.
- [25] 杨昭君,韦家少,何鹏,等. 海南省儋州市橡胶园土壤钾素空间变异特征[J]. 西北林学院学报, 2010, 25(5): 41-44.
- [26] 杨春霞,丁华平,许木果,等. 云南山地橡胶树的养分空间变化特征[J]. 热带作物学报, 2018, 39(10): 1933-1939.
- [27] 麦全法. 中国主要植胶区胶园生态系统养分变化趋势的研究[D]. 海口:华南热带农业大学, 2006.
- [28] 曹建华,蒋菊生,赵春梅,等. 橡胶林生态系统养分循环研究进展[J]. 热带农业科学, 2007, 27(3): 48-56.
- [29] Zhang H, Zhang G L, Zhao Y G, et al. Chemical degradation of a Ferralsol (Oxisol) under intensive rubber (*Hevea brasiliensis*) farming in tropical China[J]. Soil & Tillage Research, 2007, 93: 109-116.
- [30] 杨春霞,刘忠妹,邓乐晔,等. 处理温度对橡胶园覆盖绿肥种子萌发的影响[J]. 中国土壤与肥料, 2017(3): 131-135.

Spatial variation of soil fertility in Yunnan mountainous plantation

YANG Chun-xia, XU Mu-guo, LIU Zhong-mei, LI Chun-li* (Yunnan Institute of Tropical Crop, Jinghong Yunnan 666100)

Abstract: An experiment was conducted to fully understand soil fertility characteristic and to provide the basis for making special fertilizer formula for Yunnan rubber plantation. Soil fertilities of 16 farms were surveyed systematically and evaluated in Xishuangbanna, Pu'er, Honghe and Lincang rubber tree planting regions. The results showed that spatial variation of soil fertility was large in Yunnan mountainous plantation, while soil nutritional status was not the same in different plantations and farms. Soil total nitrogen content in Yunnan rubber plantation was 0.13 ~ 3.30 g/kg, with an average of 1.42 g/kg; Organic matter content was 4.42 ~ 55.55 g/kg, with an average of 21.09 g/kg; Available phosphorus content was 0.31 ~ 235.00 mg/kg, with an average of 11.74 mg/kg; Available potassium content was 0.65 ~ 427.70 mg/kg, with an average of 59.46 mg/kg. Variation coefficients of soil fertility were available phosphorus > available potassium > organic matter > total nitrogen, which were 88.50%, 69.95%, 25.99% and 24.15%, respectively. The soil was generally deficient in phosphorus and organic matter in Yunnan rubber plantation. The deficiency ratio of available phosphorus was 82.13%, organic matter was 46.10%, and available potassium was 27.35%. But the total nitrogen in soil was normal or abundant.

Key words: Yunnan; mountainous plantation; soil fertility; spatial variation