

云南甘蔗主产区土壤 pH、全氮磷钾的分布状况^①

郭家文, 刘少春, 张跃彬, 崔雄维, 刀静梅, 樊仙

(云南省农业科学院甘蔗研究所, 云南开远 661600)

Distribution of Soil pH and Total N, P, K in Main Sugarcane Fields in Yunnan Province

GUO Jia-wen, LIU Shao-chun, ZHANG Yue-bin, CUI Xiong-wei, DAO Jing-mei, FAN Xian

(Sugarcane Research Institute, Yunnan Academy of Agricultural Sciences, Kaiyuan, Yunnan 661600, China)

摘要: 研究表明, 云南甘蔗主产区土壤 pH 普遍偏酸, 全氮磷钾均处在中低水平; 90% 以上土样的 pH 在 4.2 ~ 8.8 之间, 全氮含量在 0.1 ~ 2.0 g/kg 之间, 全磷含量 0.02 ~ 1.5 g/kg 之间, 全钾含量在 0.3 ~ 34 g/kg 之间; 各指标的变异程度, 以全磷最大, pH 最小。各市(州、县)中, 红河州的土壤 pH 较接近中性, 德宏州的土壤肥力较好。

关键词: 土壤养分; 甘蔗主产区; 分布研究

中图分类号: S153.6

作物高产优质的目标要求人们在施肥时, 科学施入氮、磷、钾等大量营养元素^[1]。由于作物种植受自然条件、经济社会、技术条件等综合要素的制约, 具有明显的地域性, 这样以作物的分布区域的土壤养分作为研究对象, 对指导该区域作物的生产有重要的意义^[2]。云南是我国重要的甘蔗产糖省, 产蔗量和产糖量都位居全国第二, 甘蔗主要分布在滇南和滇西南的临沧市、德宏市、保山市、普洱市、红河州和玉溪市新平县和元江县等11个州市^[4]。近年来, 云南甘蔗生产存在着单产低、施肥水平低等突出矛盾。本研究以云南蔗区土壤养分的分布特征为研究对象, 研究了云南蔗区土壤的酸碱性和全量氮磷钾养分的分布特征, 为指导云南甘蔗主产区甘蔗的施肥提供理论依据。

1 材料与方法

研究区域位于云南省的滇南的红河州和新平县, 滇西南的德宏州、临沧市和保山市。土壤类型以红壤和红壤发育而成的水稻土为主, 其中还有紫色土(主要分布在普洱市)和砖红壤(主要分布在德宏), 6市(州、县)甘蔗种植面积占全省种植面积的90%以上^[4]。滇南的红河和玉溪新平属于半湿润蔗区, 降雨量800 ~ 900 mm 之间, 滇西南的德宏、临沧、保山属于

湿润蔗区, 降雨量1200 ~ 1800 mm 之间。

于2004年10月至2010年12月进行取样化验。取样方法为在代表性的地块上取4个点混合为1个土壤样品, 取样深度为0 ~ 30 cm。共计取得土壤样品1419个。土壤pH测定采用玻璃电极法, 全氮采用k314自动定氮仪蒸馏后滴定, 全磷采用NaOH熔融-钼锑抗比色法测定, 全钾采用NaOH熔融-原子吸收分光光度计测定。根据全国第二次土壤普查的土壤分类标准, 把土壤的pH分为6个等级, ≤4.5为强酸, 4.51 ~ 5.5为酸性, 5.6 ~ 6.5为微酸, 6.6 ~ 7.5为中性, 7.6 ~ 8.5为微碱, 8.6 ~ 9.0为碱性。把全氮磷钾分为极低、低、中、高和极高5个水平(表1)。

2 结果与分析

2.1 土壤 pH

2.1.1 土壤 pH 的总体分布 土壤 pH 分布图表明(图1), 云南甘蔗主产区土壤 pH 绝大多数(98%)处在4.2 ~ 8.0之间, 在这一区域呈偏正态分布。从表2可以看出, 云南甘蔗主产区 pH 总体处在酸性水平, 但点与点之间差异较大, 变化范围在3.38 ~ 8.33之间, 平均为5.50, 标准差为0.88, 变异系数为16.0%。其中 pH 以酸性和弱酸性为主, 占81%。pH 在5.5以下

①基金项目: 国家甘蔗产业体系营养与栽培研究室项目(nycytx-024-01-14)、农业行业专项项目(201003009-6)和云南省产业体系营养与栽培研究室项目资助。

作者简介: 郭家文(1979—), 男, 云南马龙人, 副研究员, 硕士研究生, 主要从事甘蔗营养与栽培的研究工作。E-mail: 79jwguo@163.com

表 1 土壤养分分级 (g/kg)

养分	极高	高	中	低	极低
全氮	>2	1.51 ~ 2.00	1.01 ~ 1.5	0.51 ~ 1.00	≤0.50
全磷	>1.0	0.81 ~ 1.00	0.61 ~ 0.80	0.41 ~ 0.60	≤0.40
全钾	>25.1	20.1 ~ 25.0	15.1 ~ 20.0	10.1 ~ 15.0	≤10.0

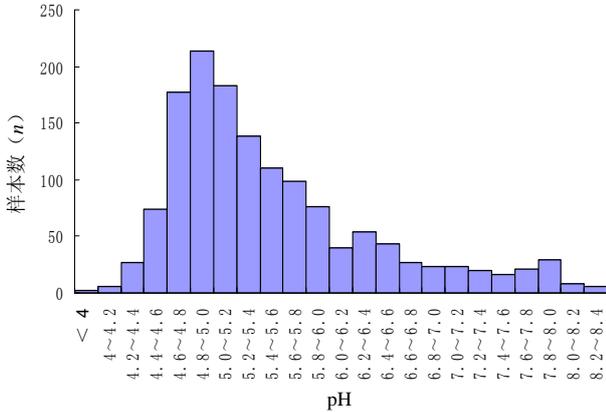


图 1 土壤 pH 分布

的酸性土壤样品占总数的 62%，可以看出云南甘蔗主产区土壤的酸化还是比较严重，蔗区土壤偏酸的原因在于，甘蔗主要分布在热带亚热带高温高湿的南方省份，风化淋溶较强，盐基易淋失^[5]，导致土壤普遍偏酸。土壤酸化会导致土壤中含铝的原生和次生矿物风化加速而释放大量铝离子，形成植物可吸收形态的铝化合物，从而成铝毒危害植物。土壤酸化使阳离子交换量和盐基饱和度降低，土壤矿物质营养元素流失严重^[6]，土壤偏酸容易导致土壤有效磷的缺乏和磷肥利用效率偏低，而云南甘蔗主产区速效磷含量普遍^[3]偏低也验证了这一点。

表 2 土壤 pH 分布的统计特征

地区	样本数 (n)	范围	均值	标准差	变异系数 (%)	样本数 (n) 及所占百分比 (%)				
						强酸	酸性	弱酸	中	弱碱
红河州	254	4.13 ~ 8.33	6.01	1.18	19.6	5 (2)	115 (45)	46 (18)	40 (16)	48 (19)
新平县	104	4.37 ~ 6.97	5.34	0.54	10.1	1 (1)	69 (66)	29 (28)	5 (5)	0 (0)
普洱市	166	3.38 ~ 6.78	5.13	0.68	13.3	34 (20)	85 (51)	43 (26)	4 (2)	0 (0)
保山市	198	4.17 ~ 8.12	5.83	1.03	17.7	6 (3)	86 (44)	50 (25)	38 (19)	18 (9)
临沧市	301	4.39 ~ 7.38	5.44	0.62	11.4	7 (2)	169 (56)	105 (35)	20 (7)	0 (0)
德宏州	396	4.16 ~ 8.08	5.25	0.68	13.0	14 (35)	284 (72)	75 (19)	12 (3)	11 (3)
合计	1419	3.38 ~ 8.33	5.50	0.88	16.0	67 (5)	808 (58)	348 (24)	119 (8)	77 (5)

注：括号内为同一标准内的样品占样品总数的百分比，下同。

2.1.2 pH 的区域分布 从各市（州、县）土壤 pH 分布的统计分析看（表 2），普洱市土壤 pH 平均值最低，为酸性，普洱市土壤的 pH 比其他市（州、县）低 2% ~ 17%，平均为酸性的土壤还有德宏州、新平县、临沧市，土壤 pH 最高的是红河州和保山市，土壤微酸性。区域土壤 pH 的变化程度以红河州最大，顺次是保山市、普洱市、德宏州、临沧市和新平县。从土壤 pH 在不同水平层次的分布看，各州市县土壤的 pH 均以酸性和弱酸性为主，占各市（州、县）土样总数的 63.4% ~ 90.6%，强酸性土壤最多的是普洱市，占总数的 20%，中性和弱碱性最多的是红河州，占总数的 34.6%，6 个地州市均无碱性和强碱性土壤。甘蔗虽然具有耐贫瘠、耐酸性的特点，但土壤过酸会降低磷肥的利用率和影响甘蔗根系的生长发育，从而导致减产，建议在酸性

较强的蔗地增施石灰调节土壤的酸性。

2.2 土壤全氮

2.2.1 土壤全氮的总体分布 土壤全氮含量分布表明（图 2），云南甘蔗主产区土壤全氮含量绝大多数

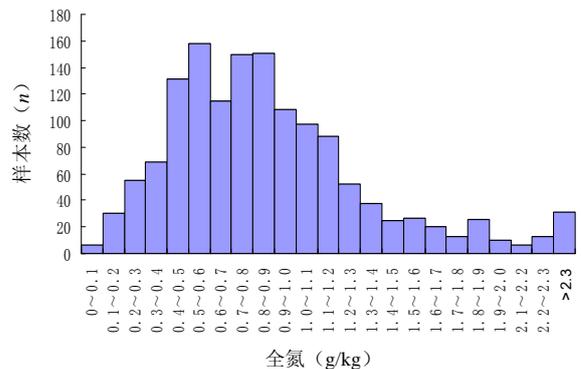


图 2 土壤全氮含量分布

处在 0.1 ~ 2.0 g/kg 之间, 占土样总量的 96%。从表 3 可以看出, 云南甘蔗主产区土壤全氮含量总体处于低水平, 但点与点之间差异较大, 含量变化范围在 0.04 ~ 7.5 g/kg 之间, 平均为 0.88 g/kg, 标准差 0.53, 变异系数 60.2%。其中全氮含量以中、低水平为主, 占总数的 90%。土壤全氮含量是土壤氮素营养供给强度的重要指标, 甘蔗积累的氮有 50% 以上是土壤直接供给

的, 因而土壤全氮的高低不仅与土壤肥力有关, 还与氮肥的施用量密切相关。土壤有机质的含量和全氮的含量呈正相关, 云南甘蔗主产区土壤全氮含量较低在于云南蔗区主要分布在热带亚热带, 高温高湿的气候条件加快了有机质的分解, 不利于有机质的积累, 同时蔗区少施和不施有机肥的习惯也加剧了土壤有机质的损耗, 土壤有机质的偏低导致了土壤全氮含量的偏低^[3]。

表 3 土壤全氮含量分布的统计特征

地区	样本数 (n)	范围 (g/kg)	均值 (g/kg)	标准差	变异系数 (%)	样本数 (n) 及所占百分比 (%)				
						极低	低	中	高	极高
红河州	254	0.11 ~ 2.47	0.90	0.38	42.2	37 (15)	128 (50)	71 (28)	16 (6)	2 (1)
新平县	104	0.18 ~ 2.43	1.03	0.50	48.5	7 (7)	47 (45)	34 (33)	12 (12)	4 (4)
普洱市	166	0.04 ~ 6.9	0.90	0.66	73.3	29 (17)	92 (55)	33 (20)	6 (4)	6 (4)
保山市	198	0.09 ~ 2.31	0.65	0.36	55.4	74 (37)	98 (49)	19 (10)	6 (3)	1 (1)
临沧市	301	0.15 ~ 1.67	0.66	0.29	43.9	93 (31)	173 (57)	32 (11)	3 (1)	0 (0)
德宏州	396	0.09 ~ 7.5	1.12	0.66	58.9	51 (13)	155 (39)	100 (25)	53 (13)	37 (9)
合计	1419	0.04 ~ 7.5	0.88	0.53	60.2	291 (20)	693 (49)	289 (20)	96 (7)	50 (4)

2.2.2 土壤全氮的区域分布 从各市(州、县)全氮含量分布的统计分析看(表 3), 保山市土壤的全氮平均含量最低, 为低含量水平, 处在低水平含量的还有临沧市、红河州、普洱市, 新平县和红河州为中等水平。保山市比其他市(州、县)低 2% ~ 72.3%。区域土壤全氮的变化程度以普洱市的最大, 依次是德宏州、保山市、新平县、临沧市和红河州。从土壤全氮含量在不同水平层次的分布看, 红河州、新平县、普洱市、保山市、临沧市和德宏州处在中等水平以下(中、低、极低水平)的分别占各市(州、县)总数的 93%、85%、93%、96%、99% 和 77%, 高低顺序依次是临沧市、保山市、红河州、普洱市、新平县和德宏州, 高水平以上含量最多的是德宏州, 占总数的 23%。德宏州土壤的全氮含量最高的原因在于德宏州甘蔗有 60% 左右分布在水田上, 水稻土的土壤样品数较多, 水田较早地有利于土壤养分的积累, 从而导致德宏州土壤全氮含量最高。

2.3 土壤全磷

2.3.1 土壤全磷总体分布 土壤速效磷含量分布表明(图 3), 云南甘蔗主产区土壤全磷含量绝大多数处在 0.02 ~ 1.5 g/kg 之间, 占土样总量的 99%, 在这一区域呈偏正态分布。从表 4 可以看出, 云南甘蔗主产区土壤速效磷含量总体处于偏低水平, 但点与点之间差异较大, 含量变化范围在 0.02 ~ 2.47 g/kg 之间, 平

均为 0.52 g/kg, 标准差 0.29, 变异系数为 55.8%。其中全磷含量处于极低、低、中、高和极高水平的分别占 33%、29%、17%、9% 和 12%, 处在中低水平以下的占总数的 79%。土壤全磷含量是土壤的潜在供磷量, 其含量状况受施肥和成土母质的影响较大, 但与土壤的供磷能力相关性不明显, 土壤中的磷大多经过缓慢的风化、矿化过程逐渐释放出来转变为可供甘蔗吸收的有效磷^[7]。

郭家文等^[3]研究表明云南甘蔗主产区土壤速效磷缺乏非常严重, 相对于速效磷来说, 全磷的含量总体上没有速效磷的缺乏严重, 但是甘蔗能直接利用的是速效磷, 所以今后云南甘蔗主产区磷肥的施用仍然是重点。

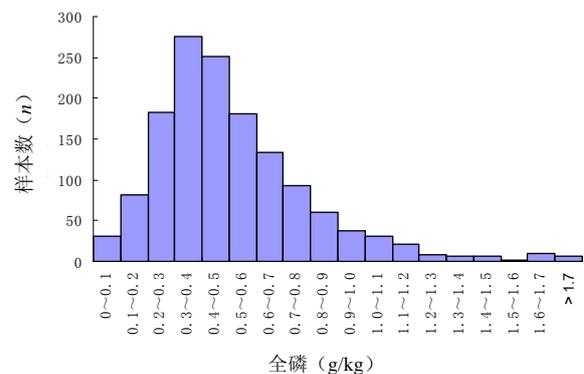


图 3 土壤全磷含量分布

表 4 土壤全磷含量分布的统计特征

地区	样本数 (n)	范围 (g/kg)	均值 (g/kg)	标准差	变异系数 (%)	样本数 (n) 及所占百分比 (%)				
						极低	低	中	高	极高
红河州	254	0.11 ~ 2.47	0.90	0.38	42.2	17 (7)	47 (19)	47 (19)	54 (21)	89 (35)
新平县	104	0.29 ~ 2.26	0.86	0.37	43.0	6 (6)	18 (17)	30 (29)	22 (21)	28 (27)
普洱市	166	0.02 ~ 1.86	0.14	0.21	150.0	130 (78)	27 (16)	5 (3)	2 (1)	2 (1)
保山市	198	0.15 ~ 1.7	0.70	0.28	40.0	22 (11)	64 (32)	54 (27)	29 (15)	29 (15)
临沧市	301	0.08 ~ 1.66	0.50	0.22	44.0	117 (39)	118 (39)	47 (16)	9 (30)	10 (33)
德宏州	396	0.02 ~ 2.18	0.50	0.21	42.0	179 (45)	135 (34)	64 (16)	12 (3)	6 (2)
合计	1 419	0.02 ~ 2.47	0.52	0.29	55.8	471 (33)	409 (29)	247 (17)	128 (9)	164 (12)

2.3.2 土壤全磷区域分布 6 市（州、县）全磷含量分布的统计分析看（表 4），红河州的土壤全磷含量最高，平均达高含量水平，比其他市（州、县）高 4% ~ 84%，是最低普洱市的 6 倍多，新平县和保山市也为高水平，临沧市、德宏州低水平，普洱市的为极低水平。全磷的变异程度普洱市最大，依次是临沧市、新平县、红河州、德宏州和保山市。从土壤全磷含量不同水平层次的分布看，红河州和新平县土壤全磷以中、高、极高水平为主，分别占 75% 和 77%，普洱市、保山市、临沧市、德宏州以中、低、极低水平为主，分别占 98%、71%、94%、95% 和 79%。

2.4 土壤全钾

2.4.1 土壤全钾总体分布 土壤全钾含量分布表明（图 4），云南甘蔗主产区土壤全钾含量绝大多数处在 0.3 ~ 34 g/kg 之间，占土样总量的 99%，在这一区域呈偏正态分布。从表 5 可以看出，云南甘蔗主产区全钾含量总体处于低水平以下，占总体的 59%，但点与点之间差异较大，含量变化范围在 0.3 ~ 50 g/kg 之间，平均为 14.24 g/kg，标准差 7.73，变异系数为 54.3%。其中全钾含量处于极低、低、中、高和极高水平的分

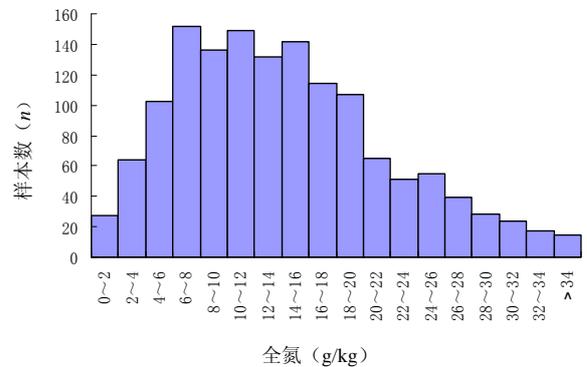


图 4 土壤全钾含量分布

别占 34%、25%、21%、10% 和 10%，全钾主要集中在中、低、极低 3 水平，占 80%。土壤全钾是指土壤中各种形态钾的总和，虽不能直接反映对甘蔗的有效性，但且能反映土壤潜在的供钾能力，结合云南蔗区速效钾的分布特点可以看出云南蔗区土壤钾素没有氮磷缺乏地严重，但是甘蔗是喜钾作物，钾素对甘蔗糖分积累起到重要的作用，糖分高低直接关系到糖厂的经济效益，在云南蔗区应该在土壤缺钾严重的区域集中施用。

表 5 土壤全钾含量分布的统计特征

地区	样本数 (n)	范围 (g/kg)	均值 (g/kg)	标准差	变异系数 (%)	样本数 (n) 及所占百分比 (%)				
						极低	低	中	高	极高
红河州	254	0.9 ~ 35.54	13.74	7.07	51.5	93 (37)	58 (23)	56 (22)	31 (12)	16 (6)
新平县	104	3.9 ~ 29.1	14.38	5.00	34.8	21 (20)	41 (39)	31 (30)	8 (8)	3 (3)
普洱市	166	3.3 ~ 50	13.24	6.74	50.9	61 (37)	44 (26)	35 (21)	20 (12)	6 (4)
保山市	198	0.6 ~ 42.1	12.84	6.65	51.8	75 (38)	55 (28)	46 (23)	10 (5)	12 (6)
临沧市	301	0.3 ~ 33.5	13.8	7.61	55.1	103 (34)	92 (30)	44 (15)	24 (8)	38 (13)
德宏州	396	0.5 ~ 40.4	16.0	9.3	58.1	128 (32)	61 (15)	81 (20)	52 (13)	74 (19)
合计	1419	0.3 ~ 50	14.24	7.73	54.3	481 (34)	351 (25)	293 (21)	145 (10)	149 (10)

2.4.2 土壤全钾区域分布 6 市(州、县)全钾含量分布的统计分析看(表 5),全钾平均含量处在中等水平的有德宏州,其余 5 个地区都处在低水平。土壤全钾含量变异程度德宏州的最大,依次是临沧市、保山市、红河州、普洱市和新平县。从表 5 还可以看出,红河州、新平县、普洱市、保山市、临沧市和德宏州 6 个地区都以中低水平为主,分别占 81%、89%、84%、88%、79% 和 68%。

3 小结与讨论

(1) 云南甘蔗主产区土壤 pH 普遍偏酸,90% 以上土壤样品的 pH 在 4.2 ~ 8.8 之间。全氮磷钾均处在中低水平,分别占样品总数的 90%、79%、80%。因此在云南甘蔗主产区推广配方施肥的技术关键上,应重点增加有机肥和磷肥的投入,有目的地解决影响甘蔗产量提高的限制因子。同时,针对蔗区土壤养分因子差异较大、养分变异程度较高的状况,进一步研究确定云南蔗区土壤养分分布特征,以便能更有效地促进云南蔗区甘蔗施肥水平的提高。

(2) 研究表明,云南蔗区土壤养分的分布具有一定的区域性,相对来说德宏州的土壤肥力较高,降雨量丰富(降雨量 1 800 mm 左右),故甘蔗产量较高。普洱、红河土壤肥料较低,降雨量也较低(1 000 mm

以下),故甘蔗的产量较低。在云南的甘蔗生产中,针对土壤肥力较低的地区,一方面要增加蔗田的施肥量,满足甘蔗高产的需求,另一方面更应该注重种地养地的结合,大力推广秸秆还田(蔗叶还田)、间套豆科植物等培肥技术,提高有机肥的比例,改善土壤肥力。另外针对云南蔗区土壤偏酸的特点,特别是对刚进行过坡改梯的蔗地,建议增施一定的石灰调节土壤的酸性。

参考文献:

- [1] 刘勤,张新,赵言文,胡正义,王校常,曹志洪. 土壤植物营养与农产品品质及人畜健康关系. 应用生态学报, 2001, 12(4): 623-626
- [2] 王飞,邢世和. 作物种植区划研究进展. 中国农业资源与区划, 2007, 28(5): 37-40
- [3] 郭家文,张跃彬,刘少春,崔雄维. 云南甘蔗主产区土壤有机质和速效养分分布研究. 土壤通报, 2010, 41(4): 872-876
- [4] 张跃彬. 云南双高甘蔗标准化综合技术. 昆明: 云南科技出版社, 2004
- [5] 陆欣. 土壤肥科学. 中国农业大学出版社. 2002: 140-141
- [6] 王宁,李九玉,徐仁扣. 土壤酸化及酸性土壤的改良和管理. 安徽农学通报, 2007, 13(23): 48-51
- [7] 李杨瑞. 现代甘蔗学. 北京: 中国农业出版社, 2010