

doi: 10.11838/sfsc.1673-6257.22320

云南省菠萝蜜主要种植园土壤与叶片养分现状分析

孙寅虎, 张光勇, 杜浩, 赵丽娟, 只佳增, 周敏, 蒙真铖, 张建春, 刘学敏*, 朱文
(云南省红河热带农业科学研究所, 云南河口 661300)

摘要: 为了解云南省菠萝蜜主要种植园土壤和叶片养分状况, 以为菠萝蜜园合理施肥提供依据。调查分析了云南省具有代表性的 15 个种植园不同土层 (0 ~ 20、20 ~ 40、40 ~ 60 cm) 的土壤养分状况和叶片养分含量, 结合土壤养分分级标准, 分析其相关性。结果表明: (1) 土壤养分含量在 0 ~ 20 cm 土层含量最为丰富; 不同土层间除土壤 pH、有效硼之外, 有机质及其他养分元素均有含量变幅范围、变异系数较大的表现。(2) 86.67% 土壤 pH 值小于 6.5, 土壤呈酸性, 有机质、全氮、全钾、碱解氮、速效钾及各种中、微量元素含量中上水平, 磷素含量各种种植园表现不一, 差异明显。(3) 土壤有机质与土壤全氮呈极显著正相关关系; 土壤全磷含量与土壤速效钾、有效锌、交换性钙呈极显著正相关关系, 与有效磷、有效锰呈显著正相关关系; 土壤 pH 与土壤交换性镁呈显著正相关关系, 与叶片氮、锰、锌、铜呈显著负相关关系; 叶片钙与土壤交换性钙呈显著正相关关系。因此, 建议云南省菠萝蜜种植园施用石灰或者土壤调理剂提高土壤 pH, 增施有机肥、磷肥、硼肥, 适当控制氮肥、钾肥、钙镁中量元素肥及铁锰铜锌微量元素肥的施入量, 以达到平衡施肥的目的。

关键词: 菠萝蜜; 云南省; 土壤养分; 叶片养分

菠萝蜜是集水果、木本粮食和珍贵用材于一身的典型热带水果^[1-3]。果实中含有丰富的糖分和蛋白质, 芳香味甜, 营养价值高^[2], 经济寿命长。通常栽培 3 ~ 5 年可挂果收获, 产量 30 t · hm⁻², 产值约 6 万元, 是一种经济价值高的特色热带水果, 市场前景开阔, 已成为我国热区发展速度最快、种植最普遍的热带水果之一^[1-5]。据不完全统计, 到 2021 年, 云南省菠萝蜜种植面积已超过 46.67 hm², 已成为云南省热区脱贫攻坚、乡村振兴的产业之一。

土壤养分是土壤肥力的基础, 也是作物生长发育的基础^[6]。叶片养分含量是对树体营养状况的直接反映。而云南省菠萝蜜种植主要是山地种植, 栽培技术落后, 肥水管理粗放, 导致植株养分不平衡, 营养过剩和缺失的现象共存。因此, 对菠萝蜜种植园进行土壤和叶片营养测定, 分析其相关性, 是制定果园施肥方案的重要依据之一, 具有重要意义。目前, 国内许多学者针对芒果^[7]、

梨^[8-11]、柑橘^[12-15]等土壤肥力和叶片营养元素做了大量研究报道, 孙燕等^[3]揭示了海南高产园菠萝蜜土壤养分特征, 0 ~ 20 cm 土层全磷含量, 20 ~ 40 cm 土层有效磷含量, 各土层全钾、速效钾、交换性镁、有效硫及微量元素含量变幅和变异系数均较大; 白亭玉等^[16]对海南不同种植区土壤和叶片微量元素含量进行分析, 探明了海南菠萝蜜种植园叶片微量元素的含量参考范围为全锌 17.85 ~ 29.93 mg · kg⁻¹, 全铜 1.67 ~ 3.72 mg · kg⁻¹, 全铁 57.30 ~ 85.20 mg · kg⁻¹, 全锰 323.33 ~ 593.41 mg · kg⁻¹, 为营养诊断、科学施肥提供理论依据。但是, 针对云南省菠萝蜜种植园的土壤肥力和叶片营养的调查还未见报道。因此, 本研究以云南省菠萝蜜主要种植区 (红河州、西双版纳傣族自治州、临沧市、玉溪市) 为研究点, 测定土壤和叶片的矿质营养水平, 分析土壤、叶片及土壤与叶片间矿质元素的相关性, 皆在为云南省菠萝蜜种植园的土壤管理、合理施肥和菠萝蜜的绿色发展提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 材料

1.1.1 土壤样品采集

2019 年选择在云南省临沧市 (耿马县孟定镇

收稿日期: 2022-05-23; 录用日期: 2022-07-10

基金项目: 菠萝蜜优良品种选育及应用研究 (No.202104AR040006); 技术创新人才培养对象刘学敏 (No.202005AD160004)。

作者简介: 孙寅虎 (1986-), 助理研究员, 学士, 主要研究作物栽培及育种。E-mail: 394011435@qq.com。

通讯作者: 刘学敏, E-mail: 368428262@qq.com。

2个)、西双版纳傣族自治州(勐海县打洛镇2个,勐海镇勐纳老寨1个,勐满农场八分厂2个)、玉溪市(元江县2个)、红河哈尼族彝族自治州(河口县3个,红河县1个,屏边县2个)共15个菠萝蜜主要种植区采集土壤样品。随机选择采样点,避开施肥沟,分别在0~20、20~40、40~60 cm土层共采集45个土壤样品,每个样品为10个点的混合样,风干,分别过1和0.25 mm筛后备用。

1.1.2 叶片样品采集

在每个菠萝蜜种植园中随机选择15株长势一致、健壮无病虫害的植株,从东、南、西、北4个方向树干外围采取中上部成熟稳定的叶片各5片。带回实验室洗净后105℃杀青30 min,75℃恒温箱烘干,研磨后过0.25 mm筛备用。

1.2 试验方法

1.2.1 土壤样品测定方法

pH测定按照标准NY/T 1121.2—2006执行;有机质测定按照标准NY/T 1121.6—2006执行;全氮、碱解氮测定按照标准LY/T 1228—2015执行;速效钾测定按照标准NY/T 889—2004执行;有效磷测定按照标准NY/T 1121.7—2014执行;全磷测定按照标准GB 9837—1988执行;全钾测定按照NY/T

87—1988执行;有效铁测定按照标准LY/T 1262—1999执行;有效锰测定按照标准NY/T 890—2004执行;有效铜测定按照标准LY/T 1260—1999执行;有效锌测定按照标准LY/T 1261—1999执行;有效硫测定按照标准NT/T 1121.14—2006执行;有效硼测定按照NY/T 1121.8—2006执行;交换性钙、交换性镁测定按照NY/T 1121.13—2006执行。所有测定项目均由云南省德宏热带农业科学研究所分析测试中心分析测定。

1.2.2 叶片样品测定方法

叶片总氮按照标准LY/T 1228—2015执行;全磷按照标准NYT 2421—2013执行;全钾按照标准NY/T 2017—2011执行;全钙按照标准GB 5009.92—2016执行;全锰按照标准GB 5009.242—2017执行;全锌按照标准GB 5009.14—2017执行;全铁按照标准GB 5009.90—2016执行;全镁按照标准GB 5009.241—2017执行;全铜按照标准GB 5009.13—2007执行。所有测定项目均由云南省德宏热带农业科学研究所分析测试中心分析测定。

1.3 土壤肥力评价标准

采用全国第二次土壤普查的养分含量分级标准,分析调查区的土壤养分情况及前人对云南省土壤的调查分析情况^[17-18],详见表1。

表1 土壤pH、有机质及养分分级标准

指标	1级	2级	3级	4级	5级	6级	7级
pH	<4.5	4.5 ~ 5.5	5.5 ~ 6.5	6.5 ~ 7.5	7.5 ~ 8.5	8.5 ~ 9	>9
有机质 (g · kg ⁻¹)	>40	30 ~ 40	20 ~ 30	10 ~ 20	6 ~ 10	<6	—
全氮 (g · kg ⁻¹)	>2	1.5 ~ 2	1 ~ 1.5	0.75 ~ 1	0.5 ~ 0.75	<0.5	—
碱解氮 (mg · kg ⁻¹)	>150	120 ~ 150	90 ~ 119	60 ~ 89	30 ~ 59	<30	—
速效钾 (mg · kg ⁻¹)	>200	150 ~ 199	100 ~ 149	50 ~ 99	30 ~ 49	<30	—
有效磷 (mg · kg ⁻¹)	>40	20 ~ 39	10 ~ 19	5 ~ 9	3 ~ 4	<3	—
全磷 (%)	>0.2	0.15 ~ 0.2	0.1 ~ 0.15	0.07 ~ 0.1	0.04 ~ 0.07	<0.04	—
全钾 (%)	>3	2 ~ 3	1.5 ~ 2	1 ~ 1.5	0.5 ~ 1	<0.5	—
有效铁 (mg · kg ⁻¹)	>20	10 ~ 20	4.5 ~ 10	2.5 ~ 4.5	<2.5	—	—
有效锰 (mg · kg ⁻¹)	>30	15 ~ 30	5.0 ~ 15	1 ~ 5.0	<1.0	—	—
有效铜 (mg · kg ⁻¹)	>1.8	1.0 ~ 1.8	0.2 ~ 1.0	0.1 ~ 0.2	<0.1	—	—
有效锌 (mg · kg ⁻¹)	>3.0	1.0 ~ 3.0	0.5 ~ 1.0	0.3 ~ 0.5	<0.3	—	—
有效硼 (mg · kg ⁻¹)	>2.0	1.0 ~ 2.0	0.5 ~ 1.0	0.2 ~ 0.5	<0.2	—	—
交换性钙 (mg · kg ⁻¹)	>2000	1000 ~ 2000	700 ~ 1000	300 ~ 700	<300	—	—
交换性镁 (mg · kg ⁻¹)	>300	200 ~ 300	100 ~ 200	50 ~ 100	<50	—	—

1.4 数据处理

利用 Excel 2019 和 SPSS 17.0 进行数据分析。

2 结果与分析

2.1 菠萝蜜种植园不同深度土层 pH 值、有机质含量及大量元素养分分析

由表 2 得知, 云南省菠萝蜜主要种植区 0 ~ 60 cm 土层土壤 pH 范围为 4.64 ~ 6.78, 总体呈弱酸

性; 有机质含量随土层深度增加先降低后增加, 在 0 ~ 20 cm 土层含量最高; 土壤全氮、碱解氮、速效钾、有效磷、全磷含量都随着土层深度增加而降低; 土壤全钾含量随土层增加先增加后降低, 20 ~ 40 cm 土层平均含量最高, 0 ~ 20 cm 土层平均含量最低。总体来看, 在不同土层间 pH、有机质、大量元素含量均不相同; 在不同土层间土壤 pH 变异系数小, 有机质及大量元素变异系数、含量变幅均较大。

表 2 不同深度土层 pH 值、有机质及大量元素养分分析

土层深度 (cm)	项目	pH	有机质 (g · kg ⁻¹)	全氮 (g · kg ⁻¹)	碱解氮 (mg · kg ⁻¹)	速效钾 (mg · kg ⁻¹)	有效磷 (mg · kg ⁻¹)	全磷 (%)	全钾 (%)
0 ~ 20	范围	4.67 ~ 6.78	16.3 ~ 59.15	1.05 ~ 2.37	65 ~ 238	103.5 ~ 483.5	0.4 ~ 123.55	0.03 ~ 0.21	0.49 ~ 3.94
	平均值	5.61a	29.67a	1.78a	136a	269.83a	30.85a	0.07a	1.98a
	变异系数 (%)	11.78	39.49	23.68	30.18	36.98	113.34	65.88	43.08
20 ~ 40	范围	4.74 ~ 6.62	11.85 ~ 55.6	0.92 ~ 2.31	66.5 ~ 227.5	72 ~ 471	0.45 ~ 74.7	0.03 ~ 0.1	0.52 ~ 3.85
	平均值	5.53a	24.89a	1.56a	127.65a	188.11a	17.05a	0.05a	2.15a
	变异系数 (%)	10.67	43.35	27.62	42.14	57.9	134.5	46.58	39.96
40 ~ 60	范围	4.64 ~ 6.43	11 ~ 75.95	0.8 ~ 2	64 ~ 205	57.5 ~ 462	0.3 ~ 39.85	0.02 ~ 0.14	0.49 ~ 3.6
	平均值	5.6a	25.99a	1.36a	120.54a	167.36a	7.68a	0.05a	2.03a
	变异系数 (%)	10.29	64.17	26.12	39.08	66.03	146.52	56.86	40.84

注: 同列不同小写字母表示不同土层间差异显著 (P<0.05)。下同。

2.2 菠萝蜜种植园不同深度土层中微量元素养分分析

由表 3 得知, 不同土层间中量元素土壤交换性钙、镁的变异系数均较大, 属于中等变异, 含量变

幅也较大。土壤交换性钙含量随着土层深度的增加而降低; 交换性镁含量随着土层深度的增加先降低后增加, 在 40 ~ 60 cm 土层平均含量最高。

表 3 不同深度土层中、微量元素养分分析

土层深度 (cm)	项目	有效铁 (mg · kg ⁻¹)	有效锰 (mg · kg ⁻¹)	有效铜 (mg · kg ⁻¹)	有效锌 (mg · kg ⁻¹)	有效硼 (mg · kg ⁻¹)	交换性钙 (mg · kg ⁻¹)	交换性镁 (mg · kg ⁻¹)
0 ~ 20	范围	6.75 ~ 73.25	11.25 ~ 213.5	0.69 ~ 4.42	0.47 ~ 19.25	0.46 ~ 0.56	940 ~ 6320	204 ~ 624
	平均值	28.77a	57.37a	2.12a	3.53a	0.52a	2852a	427.2a
	变异系数 (%)	66.66	92.11	42.81	127.72	6.12	58.31	33.07
20 ~ 40	范围	6.45 ~ 58.55	10.7 ~ 296.5	0.83 ~ 4.67	0.44 ~ 4.37	0.45 ~ 0.56	1020 ~ 4120	204 ~ 876
	平均值	30a	59.28a	2.19a	1.7a	0.51a	2296a	420a
	变异系数 (%)	56.26	130.56	49.97	62.65	6.44	37.75	42.17
40 ~ 60	范围	5.95 ~ 37.65	5.2 ~ 22.8	0.79 ~ 4.96	0.48 ~ 3.7	0.47 ~ 0.56	900 ~ 4520	192 ~ 2124
	平均值	19.61a	53.34a	1.82a	1.43a	0.52a	2252a	532.8a
	变异系数 (%)	50.47	132.24	64.74	62.79	5.54	50.08	91.89

2.3 菠萝蜜种植园不同土层深度微量元素养分含量分析

由表 3 可知, 不同土层间各微量元素含量不同。土壤有效铁含量随土层深度的增加先增加后降低, 在 20 ~ 40 cm 土层含量最高; 有效锰含量随土层深度的增加先增加后降低, 在 20 ~ 40 cm 土层含量最高, 各土层间变异系数较大, 属强变异; 有效铜含量随土层深度的增加先增加后降低, 在 20 ~ 40 cm 土层含量最高; 有效锌含量随土层深度的增加逐步降低; 有效硼含量范围为 0.45 ~ 0.56 mg · kg⁻¹, 在不同土层间含量变化不大, 属于弱变异。总体来看, 除有效硼外, 其他各微量元素在不同土层间均表现出变异系数、含量变幅较大。

2.4 菠萝蜜种植园 0 ~ 20 cm 土层土壤 pH、土壤养分丰缺现状分析

由表 4 得知, 云南省主要菠萝蜜种植园 86.67% 土壤 pH 值小于 6.5, 土壤呈酸性; 66.67% 的土壤有机质含量在 3 级及以上水平; 全氮、有

效铁、有效锰、有效铜、交换性钙含量均在 3 级及以上水平, 说明含量很丰富; 全磷含量极低, 86.67% 土壤全磷含量低于 3 级水平; 66.67% 的全钾含量在 3 级及以上水平; 86.67% 的碱解氮、速效钾含量在 3 级及以上水平; 53.33% 的土壤有效磷含量在 3 级及以上水平, 但是有效磷含量各种种植园分布不均, 各分级都有体现且各分级占比相对平均, 1、3、4、5 级分别占比 13.33%, 2 级占比最高, 为 26.67%; 93.33% 有效锌含量在 3 级及以上水平; 由表 3、表 4 可知, 虽然 53.33% 有效硼含量在 3 级水平, 46.67% 有效硼含量在 4 级水平, 但是有效硼含量范围 (0.45 ~ 0.56 mg · kg⁻¹) 在临界值 0.5 mg · kg⁻¹ 左右浮动, 后期施肥管理中可以增施硼肥, 避免硼肥的缺乏。总体来说, 云南省主要菠萝蜜种植园土壤呈酸性, 有机质、全氮、全钾、碱解氮、速效钾及各种中、微量元素含量呈中上水平, 磷肥各种种植园表现不一, 差异明显。

表 4 云南省主要种植园土壤 pH、有机质、土壤养分丰缺等级所占比例 (%)

指标	1 级	2 级	3 级	4 级	5 级	6 级	7 级
pH	0	46.67	40.00	13.33	0	0	0
有机质	13.33	13.33	40.00	33.33	0	0	—
全氮	40.00	20.00	40.00	0	0	0	—
全磷	6.67	0	6.67	26.67	46.67	13.33	—
全钾	6.67	40.00	20.00	26.67	6.67	0	—
碱解氮	26.67	6.67	53.33	13.33	0	0	—
速效钾	40.00	20.00	26.67	13.33	0	0	—
有效磷	13.33	26.67	13.33	13.33	13.33	20.00	—
有效铁	66.67	13.33	20.00	0	0	—	—
有效锰	53.30	26.67	20.00	0	0	—	—
有效铜	60.00	33.33	6.67	0	0	—	—
有效锌	13.33	66.67	13.33	6.67	0	—	—
有效硼	0	0	53.33	46.67	0	—	—
交换性钙	60.00	33.33	6.67	0	0	—	—
交换性镁	80.00	20.00	0	0	0	—	—

2.5 菠萝蜜种植园土壤中养分含量的相关性分析

由表 5 可知, 土壤中全氮与有机质、碱解氮呈极显著正相关关系; 全磷与速效钾呈极显著正相关关系, 与有效磷呈显著正相关关系; 有效铜与碱解氮呈显著正相关关系, 与全氮呈极显著正相关关系; 有效锰与碱解氮、速效钾、有效铜呈极显著正相关关系,

与全磷呈显著正相关关系; 有效锌与速效钾、有效磷及有效锰呈显著正相关关系, 与全磷呈极显著正相关关系; 有效铁与有效铜呈极显著正相关关系; 交换性钙与有效磷、有效锌呈显著正相关关系, 与全磷呈极显著正相关关系; 交换性镁与土壤 pH、全钾及交换性钙呈显著正相关关系。

表 5 土壤 pH、有机质及养分含量间的相关性分析

指标	pH	有机质	碱解氮	速效钾	有效磷	全氮	全磷	全钾	有效铜	有效锰	有效锌	有效铁	有效硼	交换性钙	交换性镁
pH	1	-0.127	-0.453	-0.137	-0.074	-0.276	-0.237	0.388	-0.461	-0.214	-0.424	-0.450	0.251	0.098	0.566*
有机质		1	0.433	0.134	0.245	0.855**	0.214	-0.088	0.347	0.121	0.183	0.273	0.233	0.006	-0.159
碱解氮			1	0.421	0.112	0.702**	0.452	-0.020	0.619*	0.678**	0.369	0.171	-0.418	-0.034	-0.257
速效钾				1	0.452	0.342	0.649**	-0.015	0.469	0.662**	0.549*	0.135	-0.333	0.457	0.099
有效磷					1	0.339	0.593*	0.370	0.434	0.444	0.610*	0.282	0.042	0.708*	0.428
全氮						1	0.493	-0.035	0.685**	0.503	0.461	0.397	-0.065	0.153	-0.056
全磷							1	0.028	0.406	0.596*	0.941**	-0.104	-0.452	0.688**	0.205
全钾								1	-0.131	0.176	-0.009	-0.175	0.111	0.441	0.552*
有效铜									1	0.762**	0.438	0.736**	-0.152	0.112	0.082
有效锰										1	0.554*	0.245	-0.355	0.293	0.358
有效锌											1	0.035	-0.444	0.615*	0.120
有效铁												1	0.189	-0.071	-0.092
有效硼													1	-0.153	0.293
交换性钙														1	0.541*
交换性镁															1

注:**表示在水平 0.01 上显著相关,*表示在 0.05 水平上显著相关。下同。

2.6 菠萝蜜叶片各营养元素含量间的相关性分析

由表 6 可知,叶片中全钾与全磷呈显著正相关关系;全钙与总氮呈显著负相关关系;全锰与全磷呈显著正相关关系,与全钾呈极显著正相关

关系;全锌与总氮呈极显著正相关关系,与全磷、全钾呈显著正相关关系;全铁与全磷、全钾及全锰呈显著正相关关系;全镁与全钙呈显著负相关关系。

表 6 叶片各营养元素含量间的相关性分析

养分	总氮	全磷	全钾	全钙	全锰	全锌	全铁	全镁	全铜
总氮	1	0.133	0.493	-0.633*	0.407	0.681**	-0.229	0.175	-0.323
全磷		1	0.552*	-0.195	0.522*	0.588*	0.544*	0.890	-0.216
全钾			1	-0.299	0.676**	0.547*	0.562*	0.400	-0.169
全钙				1	0.035	-0.466	0.278	-0.519*	-0.106
全锰					1	0.503	0.566*	0.021	-0.397
全锌						1	0.334	0.281	-0.489
全铁							1	0.239	-0.075
全镁								1	0.299
全铜									1

2.7 菠萝蜜种植园土壤养分和叶片矿质元素含量间的相关性分析

果园土壤养分与叶片养分间关系复杂,土壤中某种元素含量不仅影响叶片中该种元素,同时对其他元素的吸收利用也有影响。由表 7 可知,叶片钙与土壤交换性钙呈显著正相关关系,叶片氮、磷、钾、锰、锌、铁、镁、铜等与土壤中相

对应元素有一定的正负相关性,但都不显著;叶片氮与土壤 pH 呈显著负相关关系,与土壤交换性钙呈极显著正相关关系;叶片钙与土壤交换性钙呈显著正相关关系;叶片锰与土壤 pH、有效硼呈显著负相关关系,与土壤交换性镁呈显著正相关关系,与土壤全钾呈极显著正相关关系;叶片锌与土壤 pH 呈显著负相关关系,与土壤全钾、交换

性钙呈显著正相关关系；叶片镁与土壤全钾呈显著负相关关系；叶片铜与土壤 pH、全钾呈显著负相关关系；叶片磷、钾、铁、镁受土壤养分影响较小。

表 7 土壤 pH、有机质及养分与叶片矿质元素含量间的相关性分析

指标	叶片氮	叶片磷	叶片钾	叶片钙	叶片锰	叶片锌	叶片铁	叶片镁	叶片铜
pH	-0.601*	-0.164	-0.369	0.143	-0.621*	-0.530*	-0.077	0.790	-0.610*
有机质	-0.285	-0.238	-0.303	-0.092	-0.110	-0.094	-0.490	-0.190	0.186
碱解氮	0.333	-0.096	-0.023	-0.065	0.163	0.150	0.263	0.057	0.006
速效钾	0.052	0.142	-0.094	0.000	-0.062	0.296	0.054	-0.019	0.006
有效磷	-0.140	-0.135	0.031	0.356	-0.006	-0.002	0.318	0.205	0.214
全氮	0.143	-0.199	-0.300	-0.143	-0.258	0.193	-0.239	-0.045	-0.045
全磷	0.281	-0.391	-0.278	-0.261	-0.205	0.083	-0.489	0.023	0.023
全钾	0.500	0.311	0.415	-0.005	0.757**	0.620*	0.318	-0.616*	-0.616*
有效铜	-0.410	-0.271	-0.504	0.001	-0.452	0.181	-0.248	-0.302	-0.302
有效锰	-0.002	-0.410	-0.462	0.225	-0.141	0.091	-0.192	-0.263	-0.263
有效锌	0.157	-0.450	-0.178	-0.228	-0.242	0.098	-0.322	0.022	0.022
有效铁	-0.690	-0.045	-0.177	-0.043	-0.427	0.176	-0.095	-0.456	-0.456
有效硼	-0.111	-0.526	-0.464	0.080	-0.581*	-0.309	-0.439	-0.114	-0.135
交换性钙	0.748**	-0.040	0.250	0.761*	0.215	0.538*	-0.331	-0.362	-0.362
交换性镁	0.509	0.078	0.163	-0.225	0.561*	0.410	-0.030	-0.431	-0.431

3 结论及讨论

3.1 菠萝蜜园不同深度土层土壤养分状况

不同作物对土壤养分的需求不同，而适宜菠萝蜜生长的土壤及叶片养分范围及分级均未见报道。笔者通过对云南省主要菠萝蜜种植园不同土层间土壤 pH 及土壤养分的调查，发现在不同土层间，除土壤 pH、有效硼含量之外，有机质及其他养分元素均有含量变幅范围、变异系数较大的表现。这与张丽君等^[19]、古丽米热等^[20]对杏树的研究基本一致，这可能与土壤质地、施肥方式、气候类型等有关。

土壤养分表聚化会导致菠萝蜜根系向上分布，引起树势衰弱，造成树体抗寒、抗旱性变弱^[11]。调查分析结果显示，云南省主要菠萝蜜种植园有机质、全氮、全磷、碱解氮、有效磷、速效钾、交换性钙、有效硼、有效锌含量在 0 ~ 20 cm 土层最高，全钾、有效锰、有效铁、有效铜含量在 20 ~ 40 cm 土层最高，而交换性镁含量在 40 ~ 60 cm 土层最高，总体来看，在 0 ~ 20 cm 土层土壤养分含量最为丰富。这可能是由于基肥施肥深度不够，大量撒施追肥等不合理施肥方式造成的。而菠萝蜜根系主

要集中在 20 ~ 60 cm 土层，因此，建议施肥深度为 20 ~ 60 cm。

3.2 菠萝蜜园施肥与 0 ~ 20 cm 土层养分状况

土壤 pH 影响果树根系对营养的吸收和利用，适宜的 pH 可以避免多种元素的缺乏和毒害作用^[7]，谭乐和^[2]指出菠萝蜜最适宜的土壤 pH 为 6 ~ 7，若土壤 pH 过高或过低都将影响果实的品质和产量。本研究调查发现，云南省主要菠萝蜜种植园有 86.67% 的土壤 pH 值小于 6.5，土壤呈酸性。因此，建议大部分菠萝蜜种植园注重土壤酸化的改良，对 pH 较低的土壤撒施生石灰或者土壤调理剂，施用有机肥来维持或者提高土壤 pH。土壤有机质是土壤肥力的物质基础^[15]，对土壤理化性质有明显作用。调查发现，云南省菠萝蜜主要种植区 66.67% 的土壤有机质含量在 3 级及以上水平，建议对有机质含量偏低的地区增施有机肥。磷是植物体许多重要有机化合物的组分，缺磷会影响光合作用和碳水化合物的形成^[21]，从而降低菠萝蜜的果实品质。调查发现，云南省主要种植园土壤全磷含量极低，86.67% 土壤全磷含量低于 3 级水平；46.67% 的土壤有效磷含量为 3 级及以下水平，而且有效磷含量在各种植园分布不均，各分级

都有体现且各分级占比相对平均, 1、3、4、5级分别占比 13.33%, 2级占比最高, 为 26.67%; 并且由于平时施肥主要采用撒施的方式, 造成土壤中全磷和有效磷主要集中在 0 ~ 20 cm 土层中, 菠萝蜜大部分根系主要分布在 20 ~ 60 cm 土层中, 导致磷被土壤固定而难以被根系吸收, 因此, 对于缺磷的地区, 应采用沟施的施肥方式。硼能促进细胞分裂、花粉萌发及提高作物抗寒、抗旱能力^[6]。研究表明, 氮肥、钾肥对硼肥有拮抗作用, 过多的氮肥和钾肥会导致土壤缺乏硼肥; 本次调查发现, 云南省菠萝蜜主要种植区土壤 100% 全氮含量处于 3 级及以上水平; 86.67% 的碱解氮、速效钾含量在 3 级及以上水平; 66.67% 的全钾含量在 3 级及以上水平; 53.33% 有效硼含量在 3 级水平, 46.67% 在 4 级水平, 但是有效硼含量范围 (0.45 ~ 0.56 mg · kg⁻¹) 在临界值 0.5 mg · kg⁻¹ 左右浮动。因此, 可以增加硼肥的施入量, 控制氮肥、钾肥的施入量。

3.3 菠萝蜜园叶片养分与土壤养分的关系

土壤营养元素含量与叶片营养元素含量之间的关系不是孤立存在的, 各元素间相互影响^[9]。土壤 pH 与叶片氮、锰、锌、铜呈显著负相关关系, 这与张璐等^[8]、苏婷婷等^[22]对重庆市梨园、柑橘园研究一致, 土壤 pH 与土壤交换性镁呈显著正相关关系, 这与刘东海等^[23]对丹江口柑橘园研究一致, 说明土壤 pH 值是影响菠萝蜜吸收养分的主要因素; 叶片钙与土壤交换性钙呈显著正相关关系, 与丹江口柑橘园^[23]一致; 叶片磷、锰、铁、镁、铜与土壤相对应元素呈负相关, 这与白牡丹等^[9]对山西省梨主产区的研究一致, 说明叶片营养元素与相对应的土壤营养元素之间并不是简单的对应关系, 具有一定的复杂性, 单纯施入某一种元素并不能提高相对应元素的含量, 可能与土壤类型、树体生物学特性、气候条件等差异有关, 与姚智等^[7]、刘东海等^[14]、曹胜等^[15]对三亚芒果、夷陵区柑橘、湖南柑橘的研究一致。因此, 在云南省菠萝蜜主要种植区管理中, 应采取叶片诊断和土壤测定相结合的方法来制定合理的施肥方案。

综上所述, 从云南省菠萝蜜主要种植园土壤和叶片养分来看, 云南省菠萝蜜果园下一步调控的重点应是: 施用石灰或者土壤调理剂提高土壤 pH, 增施有机肥、磷肥、硼肥, 适当控制氮肥、钾肥、

钙镁中量元素肥及铁、锰、铜、锌微量元素肥的施入量, 达到平衡施肥, 避免某种肥料过多或者过少, 影响树势的生长及果实的产量和品质。

参考文献:

- [1] 苏兰茜, 白亭玉, 吴刚, 等. 菠萝蜜栽培研究现状及发展趋势[J]. 热带农业科学, 2019, 39 (1): 10-15, 41.
- [2] 谭乐和. 菠萝蜜高效生产技术[M]. 北京: 中国农业出版社, 2012.
- [3] 孙燕, 杨建峰, 谭乐和, 等. 菠萝蜜高产园土壤养分特征研究[J]. 热带作物学报, 2010, 31 (10): 1692-1695.
- [4] 吕飞杰, 彭艳, 陈业渊, 等. 我国菠萝蜜生产现状及发展优势分析[J]. 中国热带农业, 2012 (2): 13-15.
- [5] 高爱平, 李建国, 陈业渊. 菠萝蜜对环境条件的要求[J]. 世界热带农业信息, 2003 (6): 26-27.
- [6] 杨丽萍, 岳海, 何双凌, 等. 云南澳洲坚果园土壤和叶片养分评价[J]. 热带作物学报, 2021, 42 (8): 2269-2274.
- [7] 姚智, 康专苗, 白亭玉, 等. 三亚芒果主产区土壤养分现状评价与叶片矿质养分相关性分析[J]. 西南农业学报, 2017, 30 (4): 803-810.
- [8] 张璐, 张虹, 何新华. 重庆市梨园土壤和叶片养分现状分析[J]. 中国土壤与肥料, 2020 (2): 107-115.
- [9] 白牡丹, 郝国伟, 张晓伟, 等. 山西省梨主产区梨园土壤养分和叶片营养的调查研究[J]. 农学学报, 2019, 9 (12): 23-27.
- [10] 赵志国, 唐凤鸾, 李顺辉, 等. 桂北丰水梨园土壤养分与叶片营养的相关性分析[J]. 广西植物, 2013, 33 (2): 171-176.
- [11] 闫帅, 宋良, 仇服春, 等. 辽宁省‘南果梨’园土壤、叶片营养状况调查及施肥建议[J]. 中国果树, 2020 (4): 109-111.
- [12] 何利刚, 吴黎明, 蒋迎春, 等. 湖北省主要产区柑橘园土壤、叶片及果实矿质营养现状调查与分析[J]. 湖北农业科学, 2020, 59 (24): 135-140.
- [13] 朱攀攀, 李有芳, 邱洁雅, 等. 云南玉溪柑橘园土壤养分水平和叶片营养状况相关性分析[J]. 果树学报, 2019, 36 (12): 1658-1666.
- [14] 刘东海, 乔艳, 谢和平, 等. 夷陵区柑橘园土壤和叶片养分状况研究[J]. 中国土壤与肥料, 2020 (5): 237-242.
- [15] 曹胜, 欧阳梦云, 周卫军, 等. 湖南省柑橘园土壤营养状况及其对叶片养分的影响[J]. 土壤, 2019, 51 (4): 665-671.
- [16] 白亭玉, 吴刚, 郝朝运, 等. 海南菠萝蜜种植园土壤与叶片微量元素含量分析研究[J]. 热带农业科学, 2017, 37 (7): 1-5, 22.
- [17] 全国土壤调查办公室. 中国土壤普查技术[M]. 北京: 农业出版社, 1992: 87.
- [18] 杨绍琼, 陈伟强, 李宗凯, 等. 云南省高原特色香蕉主产区土壤肥力状况评价[J]. 南方农业, 2019, 13 (24): 181-184.
- [19] 张丽君, 冯殿齐, 王爱喜, 等. 杏树叶片及土壤营养元素含



- 量分析[J]. 中国农学通报, 2010, 26 (10): 192-196.
- [20] 古丽米热, 陶秀冬, 孙守文, 等. 南疆地区巴仁杏果园土壤矿物质元素与叶片营养水平分析[J]. 西北农业学报, 2014, 23 (9): 183-188.
- [21] 易晓瞳, 张超博, 李有芳, 等. 广西产区柑橘叶片大中量元素营养丰缺状况研究[J]. 果树学报, 2019, 36 (2): 153-162.
- [22] 苏婷婷, 周鑫斌, 徐墨赤, 等. 重庆市柑橘园土壤养分现状研究[J]. 土壤, 2017, 49 (5): 897-902.
- [23] 刘东海, 郑守会, 陈云峰, 等. 丹江口柑橘园土壤和叶片营养状况调查分析[J]. 中国土壤与肥料, 2020 (4): 95-100.

Analysis of soil and leaf nutrients in jackfruit plantations in Yunnan province

SUN Yin-hu, ZHANG Guang-yong, DU Hao, ZHAO Li-juan, ZHI Jia-zeng, ZHOU Min, MENG Zhen-cheng, ZHANG Jian-chun, LIU Xue-min*, ZHU Wen (Honghe Tropical Agriculture Science Institute of Yunnan, Hekou Yunnan 661300)

Abstract: The nutrient status of soil and leaf status in the main jackfruit plantations in Yunnan province was studied to provide basis for rational fertilization of jackfruit plantations. The soil nutrient status and leaf nutrient contents in different soil layers (0 ~ 20, 20 ~ 40, 40 ~ 60 cm) of 15 representative plantations in Yunnan province were investigated and analyzed. The results of soil nutrient contents were compared with the soil nutrient classification standard, and the correlations between them were analyzed. The results showed that : (1) The soil nutrient content was the most abundant in 0 ~ 20 cm soil layer. Except for soil pH and available boron, the contents of organic matter and other nutrient elements in different soil layers had a large range and coefficient of variation. (2) 86.67% of the soil pH values were less than 6.5, and the soil was acidic. The contents of organic matter, total nitrogen, total potassium, alkali hydrolyzable nitrogen, available potassium and various medium and trace elements were above the middle level. The contents of phosphate in different plantations were at varying levels, and the difference was obvious. (3) There was a very significant positive correlation between soil organic matter and soil total nitrogen; Soil total phosphorus was positively correlated with soil available potassium, available zinc and exchangeable calcium, and positively correlated with available phosphorus and available manganese; Soil pH was positively correlated with soil exchangeable magnesium, and negatively correlated with leaf nitrogen, leaf manganese, leaf zinc and leaf copper; There was a significant positive correlation between leaf calcium and soil exchangeable calcium. Therefore, for the fertilization of jackfruit plantations in Yunnan province, it is suggested that lime or soil conditioner can be applied to increase soil pH, and the application of organic fertilizer, phosphorus and boron fertilizers can be increased, and the application of nitrogen, potassium, calcium, magnesium, iron, manganese, copper and zinc fertilizers can be appropriately controlled, so as to achieve balanced fertilization.

Key words: jackfruit; Yunnan province; soil nutrients; leaf nutrient