

姚丽贤, 周昌敏, 何兆桓, 等. 荔枝主栽品种树体营养累积特点及与土壤养分关系 [J]. 华南农业大学学报, 2020, 41(2): 40-47.
YAO Lixian, ZHOU Changmin, HE Zhaohuan, et al. Nutrient accumulation characteristics of main litchi cultivars and their relationships with soil nutrients[J]. Journal of South China Agricultural University, 2020, 41(2): 40-47.

荔枝主栽品种树体营养累积特点及与土壤养分关系

姚丽贤¹, 周昌敏¹, 何兆桓², 李国良², 杨苞梅², 白翠华¹

(1 华南农业大学 资源环境学院, 广东 广州 510642;

2 广东省农业科学院 农业资源与环境研究所, 广东 广州 510640)

摘要:【目的】明确荔枝 *Litchi chinensis* Sonn.主栽品种成年挂果树养分需求参数及树体营养与立地土壤性质关系, 为荔枝养分管理提供基础数据。【方法】在华南主产区挖取树龄约 15 年的‘妃子笑’等 10 个主栽品种各 1 株, 调查树体生物学性状, 并采集叶片、果实、树干和根系样本, 研究树体不同部位养分累积特点及树体营养与土壤养分关系。【结果】荔枝单株地上部生物量为 158.2~344.9 kg; 单株果实生物量为 38.4~101.8 kg, 占地上部生物量的 18.0%~38.1%。荔枝叶片 N 含量最高, 树干则以 Ca 或 N 含量最高, 外果皮、内果皮、果肉和种子一般以 N 或 K 含量最高, 根系则 Ca 含量最高, Mo 在多个品种的多个部位中均未检出。以生产 50 kg 果实计, 地上部 N、P、K、Ca 和 Mg 累积量分别为 811.9、86.4、586.0、792.5 和 112.8 g, 随 50 kg 果实收获带走的养分量为 N 114.5 g、P 14.4 g、K 105.1 g、Ca 21.6 g 和 Mg 12.5 g, 带走养分量占地上部树体各养分总量的 15.8%、18.9%、20.2%、3.4% 和 12.6%。叶片 K、Ca、Mg 含量与土壤有效 K、Ca、Mg 含量呈显著正相关 ($P<0.05$), 其他元素含量与土壤养分相关性不显著。【结论】为维持荔枝立地土壤肥力、保障树体正常生长发育, 荔枝收获果实及修剪带走的养分量是荔枝翌年养分施用量的下限。土壤有效 K、Ca 和 Mg 含量可预测荔枝叶片 K、Ca、Mg 含量。今后将加强对荔枝 Ca、Si 和 Mo 营养的研究。

关键词: 荔枝; 生物量; 养分需求; 叶片营养; 土壤性质
中图分类号: S667; S603 **文献标志码:** A **文章编号:** 1001-411X(2020)02-0040-08

Nutrient accumulation characteristics of main litchi cultivars and their relationships with soil nutrients

YAO Lixian¹, ZHOU Changmin¹, HE Zhaohuan², LI Guoliang², YANG Baomei², BAI Cuihua¹
(1 College of Natural Resources and Environment, South China Agricultural University, Guangzhou 510642, China; 2 Institute of Agricultural Resources and Environment, Guangdong Academy of Agricultural Sciences, Guangzhou 510640, China)

Abstract: 【Objective】To understand the parameters of nutrient requirement for fruit-bearing plants of the main cultivars of litchi (*Litchi chinensis* Sonn.) and the relation between litchi plant nutrient and soil fertility, and supply the basic data for nutrient management of litchi. 【Method】Ten plants from ten litchi main cultivars including ‘Feizixiao’, etc, with medium to high fruit yield and approximately 15 years of age, were excavated at fruit harvest in the main production areas of South China. The biological characteristics of these plants were examined. Moreover, leaf, fruit, trunk and root samples of ten cultivars were collected to investigate the nutrient accumulation and distribution in various parts of litchi plants. The relations between tissue nutrient contents in litchi plants and soil nutrients were calculated. 【Result】The aboveground biomass of these trees ranged from 158.2 to 344.9 kg. Fruit yield per tree varied from 38.4 to 101.8 kg and accounted for 18.0%–38.1% of total biomass of the

aboveground part. Litchi leaf contained the highest nitrogen (N) content, while trunk had the maximum calcium (Ca) or N content. N or potassium (K) was detected with the upmost content in epicarp, endocarp, pulp and seed, whereas Ca commonly dominated in root. Molybdenum (Mo) was undetectable in various parts in some cultivars. Based on the yield of 50 kg fruit, N, P, K, Ca and magnesium (Mg) accumulation of litchi aboveground part was 811.9, 86.4, 586.0, 792.5 and 112.8 g respectively. And 114.5 g N, 14.4 g P, 105.1 g K, 21.6 g Ca and 12.5 g Mg were taken away with 50 kg fruit harvest, which amounted for 15.8%, 18.9%, 20.2%, 3.4% and 12.6% of total N, P, K, Ca and Mg nutrients accumulated in the aboveground part of litchi, respectively. Foliar K, Ca and Mg contents had a significantly positive correlation with soil available K, Ca and Mg contents respectively ($P<0.05$), whereas the other forliar nutrients were not closely related to soil nutrients. 【Conclusion】 The nutrient removal by fruit harvest and pruning is the lowest nutrient addition amount to maintain soil fertility and healthy plant growth for the next year. Soil available K, Ca and Mg contents can be used to predict K, Ca and Mg contents in litchi leaves. Application of Ca, Si and Mo in litchi is recommended to be further investigated.

Key words: litchi; biomass; nutrient requirement; leaf nutrient; soil property

我国荔枝 *Litchi chinensis* Sonn.总产量和种植面积虽然居世界第一,但单产不及印度的 1/2,也低于越南^[1]。与国内其他木本果树相比,我国荔枝单产也有较大差距。根据 2016 年中国农业年鉴数据^[2] 计算,我国荔枝单产为 4.3 t·hm⁻²,苹果和柑橘单产分别为 18.3 和 14.6 t·hm⁻²,梨、桃、葡萄和猕猴桃单产分别为 16.6、16.5、17.1 和 12.0 t·hm⁻²。可见,荔枝单产不及苹果的 1/4,也明显低于其他几种果树。这说明我国荔枝单产还有很大提升潜力。国外报道曾指出,虽然荔枝对土壤的敏感度低于气候^[3],但中国荔枝产量很低,而且中国的土壤类型及荔枝施肥技术往往令人不解^[4]。这从侧面反映我国荔科技园土壤肥力和施肥技术可能是荔枝低产的主要原因之一。虽然荔枝在我国种植历史悠久,但由于是多年生木本果树且树体高大,研究其养分需求特点难度较大,国内荔枝施肥技术研究也相对较少,国际上相关研究报道也十分有限。Menzel 等^[5]报道了 6 年生 ‘Bengal’ 在花穗萌发时的树体生物量及养分累积特点。陈菁等^[6-7]研究了 9 年生 ‘妃子笑’ 和 ‘黑叶’ 在采果后及 3 年生幼龄 ‘妃子笑’ 树体生物量构成特点,并剖析了钾素在树体的累积特性。关于荔枝叶片养分含量周年动态变化、花果营养差异^[8-10]及枝梢和花果发育年度养分需求特性^[11]已有报道,但对于果实成熟期荔枝树体养分累积特性尚缺乏研究,导致荔枝施肥技术或养分管理方案缺乏基础参考数据,难以实现合理施肥。

根据 2009 年国家荔枝龙眼产业技术体系在广东、广西等六省区进行的产业调查结果,当时全国大部分荔枝树龄为 13~15 年^[12],这主要与我国荔枝

在 20 世纪 90 年代前中期有一个种植高峰有关^[13]。本文对我国约 15 年树龄的荔枝不同主栽品种生物学基本性状、养分需求和累积参数进行研究,探讨荔枝主要营养问题,为进一步研究荔枝养分管理技术提供依据。

1 材料与方法

1.1 供试荔枝

2009—2010 年在我国广东、广西、海南和福建荔枝主产区选择 ‘妃子笑’、‘桂味’、‘大丁香’、‘紫娘喜’、‘黑叶’、‘兰竹’、‘白糖罂’、‘白蜡’、‘淮枝’和 ‘双肩玉荷包’ 10 个主栽品种进行研究。由于荔枝树体个体差异大,本研究尽量以相同标准选择不同品种试验树,每个品种选择 1 株。供试荔枝树冠完整独立、中高产且基本没有裂果及明显病虫害,种植方式有圈枝苗种植和嫁接苗种植 2 种,基本信息见表 1。

1.2 荔枝生物量获取及样本采集

在荔枝果实成熟期分别收获果实、叶片、地上部树干,然后挖取全部或部分根系(由于部分品种荔枝立地土壤中岩石较多而无法获取全部根系),用自来水冲洗干净、晾干水分,称取各部位生物量(鲜质量)。将每个品种所有叶片、果实、树干和根系分别混为一堆,每个部位充分混匀后各采集 3~4 个样本,并尽快带回实验室。

1.3 供试荔枝立地土壤

在挖取荔枝植株之前,在树冠滴水线外约 20 cm 处采集 8 钻 0~50 cm 深的土壤,充分混匀后作为该株荔枝立地土壤样本。不同品种荔枝立地土壤基本性质见表 1。

表 1 供试荔枝基本信息和立地土壤基本性质¹⁾

Table 1 The information of sampled litchi and orchard soil properties

品种 Cultivar	产地 Origin	树龄/年 Tree age	投影直径/m Projected diameter	土壤质地 Soil texture	pH	w(有机质)/% Organic matter content	w(有效养分) ²⁾ /(mg·kg ⁻¹) Available nutrient content												
							N	P	K	Ca	Mg	S	Si	Fe	Mn	Cu	Zn	B	Mo
妃子笑 Feizixiao	广东惠东 Huidong of Guangdong	15	5.4	黏壤土 Clay loam	4.55	0.74	41.7	2.2	44.0	114.9	8.6	26.9	10.7	44.1	1.7	0.2	0.6	0.1	0.11
桂味 Guiwei	广东化州 Huazhou of Guangdong	15	6.0	砂质黏土 Sandy clay	4.20	0.94	53.2	46.1	41.5	120.6	10.1	43.7	11.6	110.2	2.4	1.0	0.6	0.4	0.14
大丁香 Dadingxiang	海南海口1 Haikou of Hainan 1	14	5.2	砂壤土 Sandy loam	5.58	7.04	291.7	32.8	422.5	1 751.1	351.0	23.2	289.4	2.7	22.0	0.6	14.7	0.1	0.11
紫娘喜 Ziniangxi	海南海口2 Haikou of Hainan 2	17	6.3	壤质黏土 Loamy clay	6.30	7.16	322.3	37.7	226.5	2 783.9	307.6	31.2	229.6	6.1	99.1	1.5	20.5	0.1	0.37
黑叶 Heiye	广东高州1 Gaozhou of Guangdong 1	15	6.6	砂壤土 Sandy loam	4.60	1.06	50.5	24.0	16.7	132.4	6.4	67.1	9.7	47.3	17.0	0.82	0.5	0.12	0.02
兰竹 Lanzhu	福建漳州 Zhangzhou of Fujian	15	5.8	砂壤土 Sandy loam	5.08	1.48	67.4	24.2	61.5	513.7	48.3	24.3	22.9	51.7	31.2	4.47	6.3	0.41	0.80
白糖罂 Baitangying	广东高州2 Gaozhou of Guangdong 2	22	5.3	砂质黏土 Sandy clay loam	4.48	1.81	85.0	46.4	36.0	258.9	21.2	53.7	22.3	9.3	3.0	0.9	2.1	0.3	0.06
白蜡 Baila	广东高州3 Gaozhou of Guangdong 3	16	6.0	砂壤土 Sandy loam	5.10	0.86	33.6	2.2	21.5	139.4	18.2	47.8	24.7	17.7	21.9	0.6	1.0	0.1	0.04
淮枝 Huaizhi	广西北流 Beiliu of Guangxi	17	5.6	黏土 Clay	4.65	1.11	76.1	2.6	91.0	731.3	83.3	35.1	48.2	31.0	7.6	1.1	2.5	0.4	0.03
双肩玉荷包 Shuangjianyuhebao	广东阳东 Yangdong of Guangdong	15	6.0	砂质黏土 Sandy clay	4.63	1.01	53.4	2.1	34.5	120.4	17.1	54.4	27.3	36.9	4.3	0.3	0.3	0.3	0.06

1) 表中的 pH、有机质和养分含量均为土壤值; 2) N: 碱解N, K: 速效K

1) The pH, organic matter and nutrient contents were the values in soil; 2) N: Alkali-hydrolyzable N, K: Available K

1.4 样本处理及测试

植株样本经冲洗、杀青、烘干后记录干质量, 粉碎后测定氮 (N)、磷 (P)、钾 (K)、钙 (Ca)、镁 (Mg)、硫 (S)、硅 (Si)、铁 (Fe)、锰 (Mn)、铜 (Cu)、锌 (Zn)、硼 (B) 和钼 (Mo) 含量。同时, 所有植株样本测定水分含量 (w), 用于计算树体不同部位干质量。土壤样本经风干、磨碎后备用。

植株样本 N 含量用 $H_2SO_4-H_2O_2$ 消煮-凯氏定氮法^[14] 测定, P 含量用 $H_2SO_4-H_2O_2$ 消煮-硫酸钼锑抗比色法^[14] 测定, K 含量用 $H_2SO_4-H_2O_2$ 消煮-火焰光度法^[14] 测定, Ca、Mg、Fe、Mn、Cu、Zn 含量用 HNO_3-HClO_4 消煮-原子吸收分光光度法 (LY/T 1270—1999)^[15] 测定, S 含量用 HNO_3-HClO_4 消煮-硫酸钡比浊法^[15] 测定, Si 含量用 HNO_3-HClO_4 消煮-质量法^[15] 测定, B 含量用干灰化-甲亚胺比色法^[15] 测定, Mo 含量用干灰化-极谱法^[14] 测定。所有项目均用标准物质 GBW07603 和 GBW07408 控制测试质量。

1.5 数据处理

数据用 Excel 进行整理, 用 SPSS 22.0 进行 Pearson 相关分析。荔枝树体养分累积量为树体生物量 (干质量) 与养分含量 (以干质量计) 的乘积。

2 结果与分析

2.1 荔枝植株生物量构成

由于荔枝部分品种根系生长于岩石中, 难以全部挖掘, 因此, 仅对荔枝地上部生物量进行研究。10 个品种果实单株产量为 38.4~101.8 kg, 除‘兰竹’产量较高及‘大丁香’较低外, 其他品种产量较为接近 (表 2)。不同品种荔枝均以树干占地上部生物量比例最大, 为 50.4%~72.7%; 果实次之, 为 18.0%~38.1%; 叶片仅占 8.1%~16.9%, 比例最低。由于不同研究对荔枝树体部位分类不同且所用试验树所处的生育期不同^[5-6], 因此, 难以对已有报道的荔枝生物量构成特点与本研究数据进行比较。

表 2 荔枝主栽品种各部位生物量及百分比¹⁾
Table 2 The biomass and percentage of various upper parts of main litchi cultivars

品种 Cultivar	果实 Fruit		叶片 Leaf		树干 Trunk		总生物量/kg Total biomass
	生物量/kg	百分比/%	生物量/kg	百分比/%	生物量/kg	百分比/%	
	Biomass	Percentage	Biomass	Percentage	Biomass	Percentage	
妃子笑 Feizixiao	61.5	25.4	19.7	8.1	161	66.5	242.2
桂味 Guiwei	52.5	31.8	24.6	14.9	88.2	53.4	165.3
大丁香 Dadingxiang	38.4	24.3	26.8	16.9	93.0	58.8	158.2
紫娘喜 Ziniangxi	53.8	21.0	34.0	13.3	167.8	65.6	255.6
黑叶 Heiye	77.3	22.4	46.4	13.5	221.2	64.1	344.9
兰竹 Lanzhu	101.8	38.1	30.8	11.5	134.5	50.4	267.1
白糖罂 Baitangying	46.8	18.0	24.1	9.3	188.8	72.7	259.7
白蜡 Baila	66.3	21.2	31.4	10.1	214.2	68.7	311.9
淮枝 Huaizhi	68.5	22.4	41.0	13.4	196.5	64.2	306.0
双肩玉荷包	80.6	26.4	27.2	8.9	198.0	64.7	305.8
Shuangjianyuhebao							

1) 生物量为鲜质量, 百分比为各部位的生物量占地上部总生物量的百分比
1) The biomass was fresh weight, and the percentage was the biomass ratio of various part to total aboveground part

2.2 荔枝不同部位养分含量

最近的研究表明, 来自华南荔枝主产区 22 个管理较好的荔枝园的 538 株次的‘妃子笑’叶片同一种元素 (包括大中微量元素) 含量差异极大, 最高含量为最低含量的 2~10 倍; 即使同一果园的不同‘妃子笑’试验树, 叶片同一养分含量最大差异往往也达数倍^[16]。这表明, 即使在同一果园采集同一品种多株荔枝研究养分累积特性, 所得结果也难

以代表该品种的营养特性。因此, 本研究将 10 个荔枝主栽品种作为 10 个重复, 探讨不同主栽品种树体的养分吸收和累积特点。

从表 3 数据来看, 对于大中量营养元素, 荔枝叶片通常以 N 含量最高, K 或 Ca 次之, P 含量最低; 树干则以 Ca 或 N 含量最高, S 含量最低; 外果皮和内果皮一般均以 N 或 K 含量最高, Si 或 S 含量最低; 果肉和种子以 N 或 K 含量最高, 但均以 Ca 或 Si 含

表 3 荔枝主栽品种不同部位 (干质量) 养分含量状况
Table 3 The contents of nutrients in various parts (dry weight) of main litchi cultivars

养分 Nutrient	叶片 Leaf	树干 Trunk	根 Root	外果皮 Epicard	内果皮 Endocarp	果肉 Pulp	种子 Seed
N/(g·kg ⁻¹)	17.4±1.4	5.7±1.9	3.7±0.6	11.5±2.4	13.0±2.6	10.7±2.0	11.1±1.2
P/(g·kg ⁻¹)	1.0±0.3	0.7±0.3	0.3±0.1	0.9±0.2	1.9±0.6	1.5±0.2	1.4±0.2
K/(g·kg ⁻¹)	11.5±9.2	4.3±1.6	1.9±1.4	9.3±2.9	13.9±5.7	10.7±2.9	7.3±2.7
Ca/(g·kg ⁻¹)	9.5±2.7	7.7±3.0	3.9±1.2	6.2±1.6	5.5±2.3	0.6±0.9	1.3±1.0
Mg/(g·kg ⁻¹)	2.5±0.9	0.8±0.3	0.5±0.2	2.0±0.6	2.2±0.5	0.8±0.1	1.3±0.3
S/(g·kg ⁻¹)	1.5±0.4	0.5±0.1	0.5±0.2	0.7±0.2	0.9±0.3	0.7±0.2	0.9±0.3
Si/(g·kg ⁻¹)	4.0±2.1	0.7±0.5	1.1±0.7	0.8±0.6	1.1±1.0	1.0±1.0	0.8±0.8
Cu/(mg·kg ⁻¹)	7.4±2.3	6.8±6.9	2.9±1.5	19.3±28.1	11.2±7.5	9.0±2.8	10.5±2.9
Zn/(mg·kg ⁻¹)	29.9±9.4	10.3±5.6	6.8±7.4	20.2±5.3	23.4±5.4	15.7±4.5	24.4±7.1
Fe/(mg·kg ⁻¹)	160.3±33.7	102.5±70.8	217.0±150.0	41.3±15.1	49.3±19.0	39.5±38.2	35.8±14.1
Mn/(mg·kg ⁻¹)	187.8±154.9	26.5±18.1	14.5±7.8	70.6±43.2	74.5±48.9	7.6±3.6	19.2±7.8
B/(mg·kg ⁻¹)	17.5±3.9	7.8±2.7	7.6±3.0	15.9±4.7	22.1±3.6	7.3±3.1	14.2±9.4
Mo/(mg·kg ⁻¹)	0.66±1.14	0.09±0.18	0.22±0.39	0.11±0.12	0.09±0.10	0.03±0.04	0.12±0.09

量最低;根系大部分为 Ca 含量最高,少数为 N 含量最高,最低的为 P 或 S 含量。这与 Menzel 等^[5]认为的绝大部分养分在叶片中含量最高的结果不同。由于荔枝叶片养分含量周年变化差异显著^[8],不同研究中不同生育期叶片养分含量也缺乏可比性。

2.3 荔枝地上部树体养分累积量

以生产 50 kg 果实计,荔枝主栽品种地上部树

体 N、P、K 累积量分别为 811.9、86.4 和 586.0 g, Ca、Mg、S 和 Si 分别为 792.5、112.8、66.0 和 117.6 g, Cu、Zn、Fe、Mn 和 B 分别为 0.98、1.44、11.58、4.79 和 1.02 g, Mo 则为 24.41 mg, 养分累积比例 N:P:K:Ca:Mg:S:Si 为 1.00:0.11:0.72:0.98:0.14:0.08:0.14(表 4)。收获 50 kg 果实带走养分量为 N 114.5 g、P 14.4 g、K 105.1 g、Ca 21.6 g、Mg 12.5 g、S

表 4 生产 50 kg 果实荔枝地上部树体需要累积的养分量
Table 4 The accumulations of nutrients in aboveground parts of litchi plants to yield 50 kg fruit

养分 Nutrient	果实 Fruit		叶片 Leaf		树干 Trunk		合计 Total	
	范围	平均	范围	平均	范围	平均	范围	平均
	Range	Mean	Range	Mean	Range	Mean	Range	Mean
N/g	95.4~135.1	114.5±12.8	124.9~428.3	237.2±106.9	126.6~825.1	460.2±225.0	403.0~1156.4	811.9±298.3
P/g	12.4~17.2	14.4±1.6	6.1~41.5	14.6±10.0	14.6~89.1	57.4±27.4	38.5~145.9	86.4±34.5
K/g	68.4~169.8	105.1±31.5	48.3~829.8	176.2±232.2	117.0~619.3	304.7±146.2	233.7~1140.7	586.0±259.2
Ca/g	12.7~42.0	21.6±8.2	54.3~322.3	135.1±86.5	170.0~1124.4	635.8±354.8	257.2~1318.2	792.5±421.3
Mg/g	9.3~14.1	12.5±1.6	10.1~79.1	35.7±23.0	24.3~147.9	64.6±37.1	48.1~218.8	112.8±54.7
S/g	4.5~11.3	7.7±2.3	9.9~22.2	18.7±3.7	22.1~57.5	39.6±11.4	37.2~82.0	66.0±14.7
Si/g	0.5~28.0	10.4±10.1	11.2~158.6	61.4±51.6	4.9~121.6	45.8±32.7	36.1~281.4	117.6±76.0
Cu/g	0.05~0.48	0.16±0.13	0.06~1.32	0.34±0.51	0.10~1.76	0.48±0.54	0.26~3.37	0.98±0.99
Zn/g	0.13~0.94	0.27±0.24	0.21~0.89	0.40±0.22	0.19~1.58	0.77±0.37	0.74~2.27	1.44±0.44
Fe/g	0.23~1.76	0.55±0.50	0.84~5.04	2.33±1.30	1.41~29.25	8.70±7.75	3.08~31.04	11.58±7.41
Mn/g	0.08~1.10	0.33±0.29	0.60~5.76	2.22±1.75	0.47~5.21	2.24±1.84	1.24~10.51	4.79±3.18
B/g	0.07~0.37	0.14±0.08	0.12~0.38	0.23±0.08	0.29~1.54	0.65±0.41	0.54~1.85	1.02±0.42
Mo/mg	0.0~1.61	0.63±0.58	0.0~35.55	8.36±13.39	0.0~60.34	15.42±25.14	0.0~81.96	24.41±37.50

7.7 g、Si 10.4 g、Cu 0.16 g、Zn 0.27 g、Fe 0.55 g、Mn 0.33 g、B 0.14 g 和 Mo 0.63 mg。随果实收获带走的大中量元素养分比例 N:P:K:Ca:Mg:S:Si 为 1.00:0.13:0.92:0.19:0.11:0.07:0.09。与地上部养分累积比例相比, 果实收获带走的 K 相对较多, 因此, 在采后至翌年果实收获前需要补充更多的 K。这与已有研究提出荔枝钾氮肥养分施用比例宜为 1.0~1.2 的结果^[8] 是大致吻合的。尽管国外有人总结了部分研究者关于荔枝单位生物量养分累积数据^[17], 但未指出树龄和产量, 在此难以对这些数据进行比较。

2.4 荔枝各部位养分分配

如表 5 所示, 荔枝树干是树体养分最主要的累积部位。树干中积累的 N、P、K、Ca、Mg、S

和 Si 分别占地上部树体养分总累积量的 54.1%、63.4%、54.3%、78.7%、56.3%、59.4% 和 42.1%, Cu、Zn、Fe、Mn 和 B 分别占 68.5%、45.0%、48.0%、53.5% 和 60.5%, 而 Mo 是在树干中分配比例最低的养分, 仅占 21.0%。随果实收获带走的各种养分占地上部树体养分总量的比例分别为 N 15.8%、P 18.9%、K 20.2%、Ca 3.4%、Mg 12.6%、S 11.1%、Si 10.3%、Cu 8.6%、Zn 8.2%、Fe 23.8%、Mn 20.3%、B 15.1% 和 Mo 23.8%。对于耐修剪或生产中修剪较重的品种, 如‘妃子笑’等, 随果实收获和修剪带走的各种养分约占地上部树体养分的 50%, 因此, 采果前后及时施肥以保证新梢的萌发十分必要。

表 5 荔枝树体地上部不同部位养分分配比例
Table 5 Nutrient distribution in various aboveground parts of main litchi cultivars %

养分 Nutrient	果实 Fruit		叶片 Leaf		树干 Root	
	范围	平均	范围	平均	范围	平均
	Range	Mean	Range	Mean	Range	Mean
N	10.1~23.9	15.8±5.3	18.5~44.7	30.0±9.0	31.4~71.3	54.1±11.7
P	1.3~39.7	18.9±11.0	10.7~28.4	16.9±6.3	33.8~74.1	63.4±13.2
K	8.1~34.1	20.2±7.7	14.4~72.7	25.6±17.4	19.1~72.0	54.3±15.8
Ca	1.4~5.8	3.4±1.7	8.9~28.1	18.0±6.9	66.1~88.3	78.7±7.4
Mg	1.1~20.8	12.6±6.3	17.1~51.4	30.4±10.3	40.6~67.7	56.3±10.1
S	0.4~17.0	11.1±5.0	22.4~36.1	28.7±4.0	51.9~70.1	59.4±5.6
Si	0.6~37.4	10.3±12.5	22.0~94.4	48.2±21.3	5.1~75.6	42.1±20.6
Cu	0.9~26.7	8.6±8.8	4.8~46.7	25.3±14.8	45.4~94.2	68.5±17.5
Zn	3.2~20.8	8.2±5.5	13.9~63.4	47.1±16.0	15.9~81.8	45.0±17.9
Fe	6.4~75.7	23.8±21.5	6.2~66.5	27.3±16.8	15.4~85.8	48.0±19.4
Mn	9.1~69.9	20.3±17.7	16.0~43.4	27.1±8.8	14.1~71.1	53.5±16.5
B	5.5~44.1	15.1±11.3	11.3~36.8	24.2±8.5	35.0~83.2	60.5±15.4
Mo	0~64.5	23.8±24.5	0~72.6	45.0±24.2	0~80.1	21.0±31.6

2.5 荔枝树体营养与土壤养分关系

本研究所用的 10 个荔枝品种属于中高产品种, 但这 10 个果园土壤养分状况如按照第 2 次全国土壤普查的土壤分级指标^[18] 来衡量, 整体上除 Fe 和 S 含量较高外, 其他土壤养分属于中下至极缺乏水平。对荔枝主栽品种不同部位养分含量与其立地土壤性质的相关性分析结果(表 6) 显示, 荔枝叶片 K、Ca、Mg 含量与土壤有效 K、Ca、Mg 含量呈显著正相关; 树干 Ca 含量与土壤有效 Ca 含量呈显著正相关;

根系 Cu 含量与土壤有效 Cu 含量呈显著正相关; 外果皮和内果皮 Fe 含量均与土壤有效 Fe 含量呈显著和极显著正相关; 果肉 P 和 Cu 含量与土壤有效 P 和 Cu 含量呈显著负相关; 种子 P 含量与土壤有效 P 含量呈显著负相关, Fe 含量则与土壤有效 Fe 含量呈显著正相关; 其他部位其他养分含量与土壤有效养分含量未表现出密切关系。由此可见, 虽然土壤是荔枝生长的载体, 但荔枝叶片除 K、Ca、Mg 外的大部分养分含量与土壤有效养分缺乏密切关系。

表 6 荔枝立地土壤有效养分含量与荔枝不同部位养分含量的 Pearson 相关系数¹⁾

Table 6 Pearson coefficients of soil available nutrients and nutrients in various parts of litchi plants

土壤有效养分 Soil available nutrient	叶片 Leaf	树干 Trunk	根 Root	外果皮 Epicarp	内果皮 Endocarp	果肉 Pulp	种子 Seed
N	0.525	0.394	0.428	-0.035	-0.093	0.114	-0.073
P	0.143	0.580	0.491	0.162	0.450	-0.634*	-0.602*
K	0.636*	0.071	-0.162	0.086	0.308	-0.106	-0.046
Ca	0.627*	0.733*	0.380	-0.206	-0.224	-0.329	-0.246
Mg	0.669*	0.566	0.562	0.049	-0.259	-0.288	0.351
S	0.137	-0.452	-0.245	-0.077	-0.142	-0.032	-0.011
Si	0.416	0.129	-0.328	0.067	-0.003	-0.033	0.223
Fe	-0.111	-0.250	-0.368	0.605*	0.800**	0.126	0.732*
Mn	-0.480	0.391	0.535	-0.390	-0.327	-0.345	-0.328
Cu	0.242	0.107	0.689*	0.064	-0.017	-0.634*	-0.505
Zn	-0.180	0.269	0.044	-0.366	-0.173	0.540	0.213
B	-0.131	0.040	0.249	0.173	0.261	-0.024	0.204
Mo	-0.274	-0.281	-0.151	-0.294	0.025	-0.305	0.399

1) “*” 和 “**” 分别表示0.05和0.01水平的显著相关
1) “*” and “**” refer to significant correlations at 0.05 and 0.01 levels, respectively

3 讨论与结论

在植物营养中,Ca 通常被认为是中量元素。然而,对于荔枝而言,除果实外的其他部位 Ca 含量往往并不低于 N、K 含量,因此,Ca 对荔枝具有特别重要的意义。近年来,在荔枝龙眼主产区发生多起荔枝龙眼果实膨大期果实发育异常现象,对果实商品产量造成很大影响。究其原因,主要是不良气候导致果实中 Ca 或 Ca 和 B 的不足造成^[19]。其次, Si 虽然不是植物必需营养元素,但它在荔枝叶片、树干和根系中的含量往往与中量元素含量相当。大量研究显示, Si 可以提高植物对病虫害及逆境的抵抗能力^[20-21],今后可以进一步加强荔枝 Si 营养研究。另外, Mo 在荔枝植株中的含量极低,在多个品种的多个部位均未检出 Mo。Mo 是植物生长必需营养元素,为催化 C、S 和 N 代谢过程关键反应的酶所必需,与植物 S、C、N 和激素代谢均有密切关系^[22]。植物韧皮部 Mo 具有移动性,当供 Mo 充足时, Mo 在韧皮部是可移动的;缺 Mo 时,韧皮部 Mo 则不能移动^[23]。此外,不同主栽品种荔枝地上部树体约 80% 的 Mo 会随果实收获及修剪带走。采果修剪后如不及时补充 Mo,对荔枝花果发育的影响有待研究。目前国际上缺乏荔枝施 Mo 技术相关报道,具体的补 Mo 技术也需要进一步研究。

荔枝树体养分含量与土壤性质相关分析结果

表明,叶片养分仅 K、Ca、Mg 含量与土壤有效 K、Ca、Mg 含量呈显著正相关,其他大部分元素则与土壤养分关系不大。这种状况与一般大田作物植株营养与土壤养分关系密切的情况^[24-25]有较大差别。因此,进行荔枝或其他木本果树测土配方施肥时,需要注意土壤性质与树体不同养分元素关系的差异,进一步结合荔枝(果树)本身营养特性及与树体营养诊断技术^[26],才能获得较好的施肥效果。

我国荔枝园土壤养分肥力低^[27-28]。为维持荔枝园土壤养分肥力、保障树体正常生长发育,荔枝采果及修剪带走的养分量应为翌年荔枝养分施用量的下限。修剪较重的品种,翌年需要补充的养分相对也应较多。由于作物对不同养分元素的吸收能力不同^[29-30],果树收获带走的各种养分量往往并不直接等于养分施用量,还需考虑果树对每种养分的利用率。因此,今后要深入系统研究荔枝对主要养分元素的吸收利用能力,为荔枝养分管理提供更为精确的数据支持。

为维持荔枝园土壤养分肥力不下降及保障翌年荔枝正常生长发育,成年荔枝生产 50 kg 果实,翌年至少应施用 114.5 g N、14.4 g P、105.1 g K、21.6 g Ca 和 12.5 g Mg。由于随果实收获及修剪带走的各种养分量约为地上部树体养分累积量的 1/2,荔枝采果及修剪前后应及时补充养分。建议今后加强对荔枝 Ca、Si 和 Mo 营养的研究。

参考文献:

[1] 庄丽娟, 邱泽慧. 印度荔枝产业发展特征与趋势分析[J]. 中国热带农业, 2019(1): 22-25.

[2] 雷刘功, 袁惠民. 中国农业年鉴[M]. 北京: 中国农业出版社, 2016.

[3] GROFF G W. Some ecological factors involved in successful lychee culture[J]. Proc Fla State Hortic Soc, 1943, 56: 134-155.

[4] CHAPMAN K R. Tropical fruit cultivar collecting in S. E. Asia and China[R]. Queensland: Queensland Department of Primary Industries, 1984.

[5] MENZEL C M, HAYDON G F, SIMPSON D R. Mineral nutrient reserves in bearing litchi trees (*Litchi chinensis* Sonn.)[J]. J Hortic Sci, 1992, 67(2): 149-160.

[6] 陈菁, 樊小林, 孙光明. 荔枝树体生物量的构成特点[J]. 果树学报, 2008, 25(6): 860-863.

[7] 陈菁, 樊小林, 孙光明. 荔枝树体钾素分布及累积特点[J]. 华南农业大学学报, 2010, 31(2): 9-11.

[8] 杨苞梅, 姚丽贤, 李国良, 等. 荔枝叶片养分含量动态及不同比例钾、氮肥施用效应[J]. 植物营养与肥料学报, 2014, 20(5): 1212-1220.

[9] 樊小林, 黄彩龙, JUHANI U, 等. 荔枝年生长周期内 N、P、K 营养动态规律与施肥管理体系[J]. 果树学报, 2004, 21(6): 548-551.

[10] 邱燕萍, 李志强, 欧良喜, 等. 妃子笑荔枝不同花期果实发育特点及叶、果营养差异研究[J]. 广东农业科学, 2005, 32(1): 46-47.

[11] 姚丽贤, 周昌敏, 何兆桓, 等. 荔枝年度枝梢和花果发育养分需求特性[J]. 植物营养与肥料学报, 2017, 23(4): 1128-1134.

[12] 姚丽贤. 我国荔枝养分管理技术应用与需求调研报告[J]. 荔枝科技通讯, 2009(3): 41-54.

[13] 陈厚彬, 齐文娥, 张荣, 等. 我国荔枝安全生产和产业经济调研报告[J]. 荔枝科技通讯, 2009(3): 57-76.

[14] 鲁如坤. 土壤农业化学分析方法[M]. 北京: 中国农业科技出版社, 2000.

[15] 中国林业科学研究院林业研究所森林土壤研究室. 森林植物与森林枯枝落叶层全硅、铁、铝、钙、镁、钾、钠、磷、硫、锰、铜、锌的测定: LY/T 1270—1999[S]. 北京: 中国标准出版社, 1999.

[16] 罗东林, 王伟, 朱陆伟, 等. 华南荔枝叶片营养诊断指标的建立[J]. 植物营养与肥料学报, 2019, 25(5): 859-870.

[17] MENZEL C M, SIMPSON D R. Lychee nutrition: A review[J]. Sci Hortic, 1987, 31(3/4): 195-224.

[18] 全国土壤普查办公室. 中国土壤[M]. 北京: 中国农业出版社, 1998.

[19] 姚丽贤, 周昌敏, 何兆桓, 等. 荔枝龙眼果实异常症状观察及矿质营养分析[J]. 中国南方果树, 2017, 46(4): 49-54.

[20] MA J F. Role of silicon in enhancing the resistance of plants to biotic and abiotic stresses[J]. Soil Sci Plant Nut, 2004, 50(1): 11-18.

[21] 陈玉婷, 林威鹏, 范雪莹, 等. 硅接到番茄青枯病抗性的土壤定量蛋白质组学研究[J]. 土壤学报, 2015, 52(1): 162-173.

[22] MENDEL R R, BITTNER F. Cell biology of molybdenum[J]. Biochim Biophys Acta, 2006, 1763(7): 621-635.

[23] JONGRUAYSUP S, DELL B, BELL R W. Distribution and redistribution of molybdenum in black gram (*Vigna mungo* L. Hepper) in relation to molybdenum supply[J]. Ann Bot, 1994, 73: 161-167.

[24] 谢开云, 何峰, 李向林, 等. 我国紫花苜蓿主产田土壤养分和植物养分调查分析[J]. 草业学报, 2016, 25(3): 202-214.

[25] 詹其厚, 陈杰. 基于长期定位试验的变性土养分持续供给能力和作物响应研究[J]. 土壤学报, 2006, 43(1): 124-132.

[26] 孙钊, 高祥照. 果树测土配方施肥技术现状与建议[J]. 中国农业信息, 2009(11): 16-18.

[27] 李国良, 姚丽贤, 张政勤, 等. 广东荔科技园土壤养分肥力时空变化研究[J]. 土壤通报, 2011, 42(5): 1081-1086.

[28] 李国良, 张政勤, 姚丽贤, 等. 广西壮族自治区与福建省荔科技园土壤养分肥力现状研究[J]. 土壤通报, 2012, 43(4): 867-871.

[29] 马检, 樊卫国. 不同配比的确态氮和铵态氮对枇杷实生苗氮素吸收动力学及生长的影响[J]. 中国农业科学, 2016, 49(6): 1152-1162.

[30] 唐艺璇, 郑洁敏, 楼莉萍, 等. 3 种挺水植物吸收水体 NH_4^+ 、 NO_3^- 、 H_2PO_4^- 的动力学特征比较[J]. 中国生态农业学报, 2011, 19(3): 614-618.

【责任编辑 周志红】