

荔枝年度枝梢和花果发育养分需求特性

姚丽贤¹, 周昌敏², 何兆桓², 李国良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】荔枝 (*Litchi chinensis* Sonn.) 通常在夏季采果后进行修剪, 抽生秋梢作为翌年结果母枝。生产中常有见花后或见果后才施肥现象, 不重视对结果母枝的培育, 对荔枝的成花和座果可能产生不良影响。本文研究荔枝采果修剪后新梢抽生、花穗萌发及果实膨大成熟年生长周期间树体吸收累积养分特性, 为荔枝年度枝梢和花果发育的养分管理提供科学依据。【方法】妃子笑是我国最广泛种植的荔枝品种, 通常在采后抽生 2~3 次秋梢, 以末次梢为结果母枝。本文在妃子笑末次梢老熟期、初花期及果实成熟期分别收获三株妃子笑抽生的三次秋梢、秋梢+花穗、秋梢+果实, 测定植株各种养分含量, 研究妃子笑年度枝梢和花果发育养分需求量及养分转移特点。【结果】妃子笑末次梢生物量及各种养分 (Ca 例外) 累积量均约为前两次梢之和。为获得 (55.2 ± 7.8) kg/tree 的产量, 每株妃子笑需抽生秋梢 (39.78 ± 2.60) kg, 秋梢累积养分量为 N (259.5 ± 28.4) g、P (28.3 ± 2.6) g、K (186.5 ± 19.6) g、Ca (41.6 ± 9.2) g、Mg (36.1 ± 4.7) g、S (12.4 ± 36.1) g、Zn (316.8 ± 53.4) mg、B (201.1 ± 29.0) mg 和 Mo (1.4 ± 0.3) mg。妃子笑花穗累积的 N、P、K、Mg、S、Mo 养分全部来自于末次梢, 67.5% 的 Zn 和 20.2% 的 B 也来自末次梢。但是, 末次梢吸收 Ca 能力弱, 而且向花穗及果实转移 Ca 能力低。妃子笑秋梢与花穗 N、P、K、Ca、Mg 养分累积比例在 $1 : 0.11 \sim 0.12 : 0.72 \sim 0.75 : 0.16 \sim 0.44 : 0.13 \sim 0.14$ 之间, 在果实比例为 $1 : 0.13 : 1.06 : 0.16 : 0.12$ 。【结论】荔枝在末次梢老熟至开花初期, 树体除继续累积 Ca、Zn、B 外, 基本不吸收其他养分。果实累积的 N、K、Ca、Zn、S 养分基本全部来自果实膨大期树体的吸收, 而 P、Mg、B、Mo 则部分来自于第一和第二梢的养分转移。故健壮秋梢是荔枝成花的关键, 也是获得高产的物质基础, 应避免见花施肥或见果施肥。秋梢及花穗发育期以施用氮肥为主, 果实发育期以施用钾肥为主。

关键词: 荔枝; 秋梢; 花穗; 果实; 养分需求

Annual nutrient demand for the growth of autumn branch, spica and fruit in litchi

YAO Li-xian¹, ZHOU Chang-min², HE Zhao-huan², LI Guo-liang², BAI Cui-hua¹

(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: 【Objectives】Autumn branches generally sprout after fruit harvest and act as bearing base shoot in litchi (*Litchi chinensis* Sonn.). Fertilizer is often applied only after the flowering and fruit setting in the practice, which is not good for the breeding of fruit bearing shoot, and might negatively impact the flowering and fruit setting of litchi. Annual nutrient requirement by annual growth of autumn branch, spica and fruit in litchi was investigated in this work to supply basis for nutrient management in litchi. 【Methods】Feizixiao, the most widely grown litchi cultivar in China, was chosen as tested materials in this study. Autumn branches of litchi tree usually sprout twice to three times every year, and only the last sprouted branches bear fruits. Nine litchi trees (Feizixiao) were chosen to harvest for sampling treatments and each treatment with three trees. All the samples of the autumn branches, spicas and fruits were collected in the stages of last autumn branch maturing, flowering and fruit swelling, respectively. The biomass of the trees was weighed and the nutrient concentrations in different parts of the trees were determined. The nutrient accumulation and transfer through the litchi tissues were calculated.

收稿日期: 2016-08-05 接受日期: 2016-12-13

基金项目: 国家现代农业产业技术体系建设专项资金 (CARS-33-08) 资助。

作者简介: 姚丽贤 (1971—), 女, 广东从化人, 博士, 研究员, 主要从事果树养分管理技术研究。E-mail: lyaolx@scau.edu.cn

【 Results 】 The biomass of the last branches and their nutrient accumulation approximately equaled to the sum of the first and the second ones. For formation of (55.2 ± 7.8) kg/tree of yield, about (39.78 ± 2.60) kg of autumn branches were needed to be produced, and the corresponding nutrient accumulation was N (259.5 ± 28.4) g, P (28.3 ± 2.6) g, K (186.5 ± 19.6) g, Ca (41.6 ± 9.2) g, Mg (36.1 ± 4.7) g, S (12.4 ± 36.1) g, Zn (316.8 ± 53.4) mg, B (201.1 ± 29.0) mg and Mo (1.4 ± 0.3) mg. All of the N, P, K, Mg, S, Mo, 67.5% of Zn and 20.2% of B accumulated in the spicas were transferred from the last autumn branches. Ca was not efficiently taken up by the last branches and then delivered to the spica and the fruit. N, P, K, Ca and Mg accumulated in the autumn branch and the spica with the ratio of 1 : 0.11–0.12 : 0.72–0.75 : 0.16–0.44 : 0.13–0.14, and in the fruit with the ratio of 1 : 0.13 : 1.06 : 0.16 : 0.12. **【 Conclusions 】** Litchi tree did not absorb nutrients from last autumn branch maturing stage to early flowering stage, with the exception of Ca, Zn and B. Almost all of the N, K, Ca, Zn and S required by the fruit were newly absorbed during the fruit swelling, and partial P, Mg, B and Mo were originated from the first and the second autumn branch. Consequently, vigorous autumn branch is the key of the flowering of litchi and the base of high fruit yield. Fertilization only after the flowering or fruit setting should be avoided in litchi production. Nitrogen fertilizer should dominate in the nutrient management during the autumn branch development, and potash is preferable during the fruit swelling.

Key words: litchi; autumn branch; spica; fruit; nutrient requirement

荔枝 (*Litchi chinensis* Sonn.) 原产我国, 是我国重要的热带亚热带水果。目前, 荔枝在全球热带亚热带地区已均有种植^[1]。我国荔枝在每年夏季采果后, 通常会进行不同程度的修剪, 以促进萌发新梢作为翌年结果母枝。但是, 生产中普遍存在见花才施肥或见果才施肥现象, 对结果母枝的培育并不重视, 可能对荔枝成花和座果有负面影响。已有研究报道了荔枝叶片大中微量元素养分含量周年变化规律及施肥对叶片营养的影响^[2-4], Menzel 和 Simpson 总结了部分研究者未发表的荔枝单位生物量养分累积数据^[5], 也有研究报道了夏威夷 3 个荔枝品种 (Bosworth-3、Groff 和 Kaimana) 的果肉养分含量^[6]。本课题组挖取了成熟期妃子笑、桂味、黑叶等十多个主栽荔枝品种全株, 研究比较了不同品种荔枝对大中微量元素养分的需求 (未发表资料)。然而, 对于荔枝采果后新梢抽生、花穗萌发和果实膨大成熟这一完整生长周期的养分需求特点, 目前国际上尚未进行过深入研究。

妃子笑 (*Litchi chinensis* Sonn. 'Feizixiao') 是我国最广泛种植且耐修剪的品种, 采果后通常修剪较重, 抽生 2~3 次新梢, 以末次梢作为翌年的结果母枝。本研究在妃子笑末次梢老熟期收获 3 株妃子笑全株新抽生的 3 次秋梢, 在初花期收获 3 株全株的花穗和秋梢, 在成熟期收获 3 株全株的秋梢和果实, 研究荔枝在这 3 个主要生育期各种养分的累积量, 探讨养分在荔枝秋梢、花穗和果实间的分配和转移, 为荔枝年度枝梢和花果发育的养分管理提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 供试荔枝

供试荔枝种植于广东茂名化州笪桥镇红妃果园, 树龄 10 a, 为嫁接苗, 砧木为大造, 坡地等高种植, 种植密度为 375 tree/hm²。该园妃子笑管理水平高, 每年采果后均抽生三次秋梢, 连续多年产量为中高水平。2014 年妃子笑果实于 5 月下旬收获, 至当年 10 月下旬共抽生 3 次秋梢。于 2014 年 11 月 13 日选择 3 株树冠独立完整、末次梢 (第三次梢) 已老熟但尚未环割控梢、树体大小较为一致的妃子笑作为试验树。分别收获每株树全部的第一、第二和末次梢, 称取每梢生物量, 再将每次梢充分混匀后采集样本, 带回实验室备用。在 2015 年 3 月 11 日初花期, 选择 3 株树体大小及花量接近的试验树, 分别收获每株全部花穗及上一年采果后抽生的全部三次秋梢, 分别称取生物量后, 将每株花穗及三次梢分别混匀后采样带回备用。在 2015 年 6 月 9 日果实成熟期, 选择 3 株树体大小及果实产量接近的试验树, 分别收获每株果实、上年采果后抽生的全部三次秋梢, 称取生物量后将每株果实及三次梢分别充分混匀, 采集样本带回备用。9 株试验树树冠投影直径在 4.53~5.23 m 间, 株高范围为 3.1~3.8 m。

1.2 测定项目

植株样本带回实验室后, 马上杀青, 烘干粉碎后, 用常规方法^[7]测定样本全氮、磷、钾、钙、镁、硫、锌、硼和铝含量。

1.3 数据处理

用 Excel 处理数据和作图。所有数据为 3 次重复的平均数，表示为平均数 \pm 标准误。植株养分吸收量 = 植株生物量 (鲜重) \times 养分含量 (鲜重)。

2 结果与讨论

2.1 荔枝年度抽生生物量

妃子笑主要生育期生物量数据 (表 1) 显示, 末次梢老熟期妃子笑以末次梢生物量最高, 达到 (19.68 ± 1.29) kg/tree, 几乎为第一和第二梢生物量之和。至初花期, 第一梢生物量明显增加, 第二次梢稍有增加, 末次梢生物量显著减少, 但末次梢和花穗生物量之和与末次梢老熟期末次梢的生物量相当。整体上末次梢老熟期三次秋梢生物量 (39.78 ± 2.16) kg/tree 与初花期所有秋梢及花穗总生物量 (41.79 ± 3.81) kg/tree 相当, 这表明花穗生物量基本来自末次梢的物质转移。因此, 培养健壮末次梢是荔枝花穗发育的物质基础。与初花期相比, 果实成熟期第一、二次梢生物量均有所下降, 但末次梢生物量显著提高, 而三次梢总生物量 (38.9 ± 4.3) kg/tree 仍然与末次梢老熟期所有秋梢总生物量及初花期秋梢与花穗总生物量相当。这意味着荔枝不同生育期秋梢及花穗生物量总量基本不变, 不同梢次秋梢及花穗

生物量间存在彼此消长的关系。成熟期果实产量为 (55.2 ± 7.8) kg, 属高产水平。换言之, 在高产水平下, 妃子笑秋梢及果实生物量比例约为 1 : 1.4。

2.2 植株养分含量

妃子笑不同生育期不同部位养分含量分别见图 1、图 2 和图 3。在末次梢老熟期, 不同梢次 N、P、K、Mg 和 Zn 养分含量均为末次梢 > 第二梢 > 第一梢; S 和 B 养分则三次梢的含量均接近; Ca 营养则以第二梢最高, 第一梢次之, 末次梢 Ca 含量明显低于前两次梢; Mo 含量以第二梢最高, 第一和末次梢含量相当 (图 1)。这意味着末次梢抽生期间是 N、P、K 和 Zn 吸收的关键时期, 但末次梢对 Ca 的累积能力弱。

在初花期, N、Zn、Mo 含量均为花穗 > 末次梢 > 第二梢 > 第一梢 (图 2), 说明此阶段 N、Zn、Mo 营养从秋梢向花穗转移和累积。P、K、B 在三次梢的含量相当, 但在花穗的含量则明显提高, 这意味着在花芽分化期需要及时补充这 3 种养分。第二梢和末次梢的 Ca 含量明显高于第一梢的, 但在花穗中的含量却明显降低, 表明 Ca 难以从秋梢转移到花穗。Mg 在秋梢的含量随梢次的增加而提高, 在花穗中的含量则与末次梢极为接近。S 含量在不同秋梢及花穗中的含量均较为稳定。

表 1 妃子笑年度新抽生树体生物量 (kg/tree)

Table 1 Biomass increase in one year for Feizixiao tree

生育期 Growth stage	第一梢 First branch	第二梢 Second branch	末次梢 Last branch	花穗 Spica	果实 Fruit
末次梢老熟期 Last branch maturing	7.80 ± 0.84	12.30 ± 0.48	19.68 ± 1.29		
初花期 Early flowering	11.33 ± 1.21	12.90 ± 1.18	9.12 ± 1.32	8.44 ± 1.96	
果实成熟期 Fruit maturing	8.40 ± 1.80	11.70 ± 1.20	18.80 ± 1.30		55.2 ± 7.8

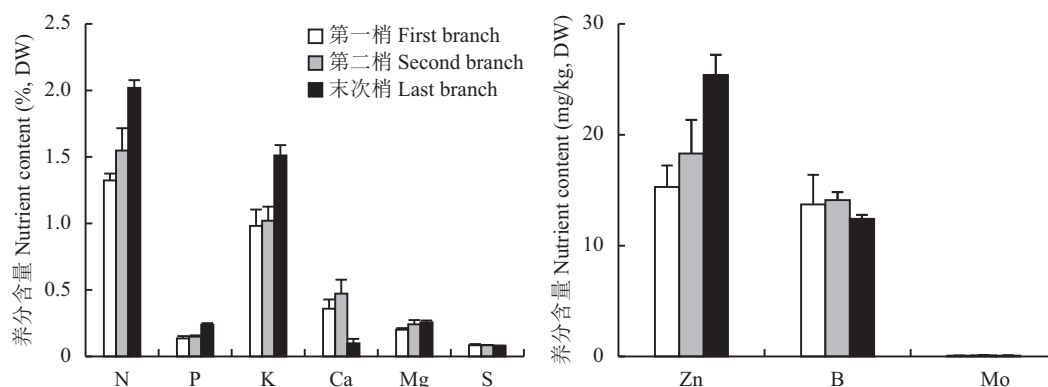


图 1 妃子笑末次梢老熟期不同秋梢养分含量

Fig. 1 Nutrient contents in autumn branches of Feizixiao at the last autumn branch maturing stage

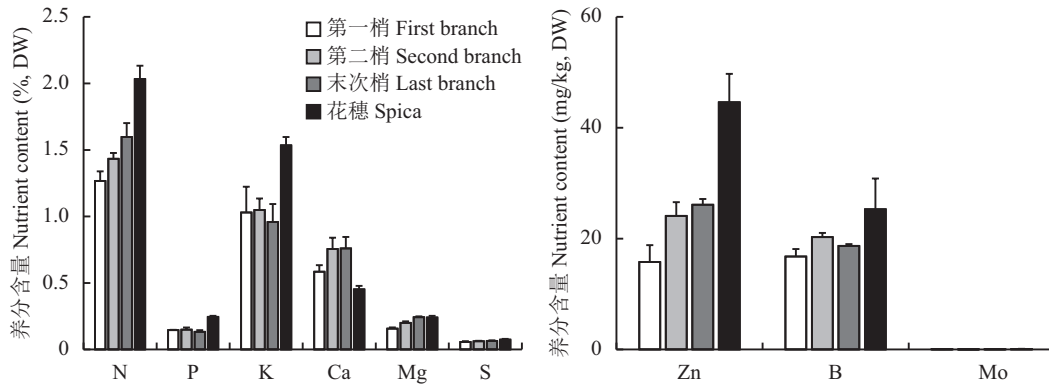


图 2 妃子笑初花期不同秋梢及花穗养分含量

Fig. 2 Nutrient contents in autumn branches and spica of Feizixiao at the early flowering stage

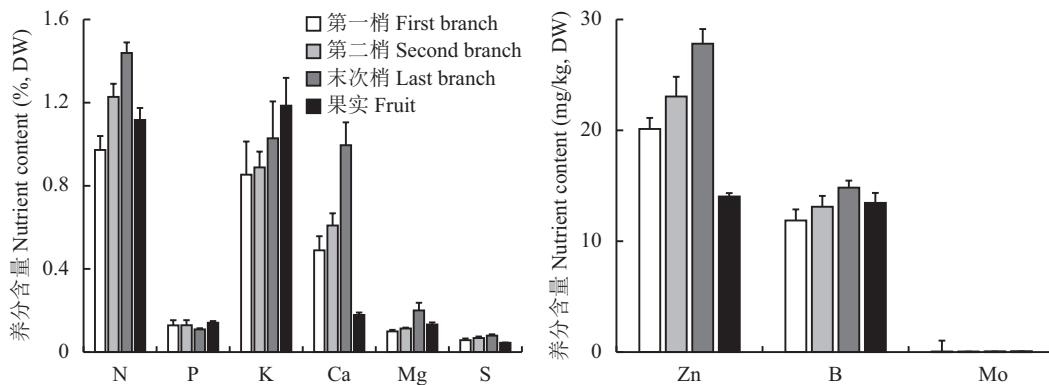


图 3 妃子笑果实成熟期不同秋梢及果实养分含量

Fig. 3 Nutrient contents in autumn branches and fruit of Feizixiao at the fruit maturing stage

如图 3 所示, 果实成熟期 N、K、Ca、Mg、S、Zn、B、Mo 在秋梢的含量均随梢次增加而提高, 但除 K、Mo 在果实中含量继续提高外, 其他养分在果实中的含量则明显低于第三梢的, 尤以 Ca 和 Zn 含量最为明显。P 含量则在不同梢次梢及果实中的含量均较为稳定。因此, 在果实膨大期需补充更多的 K 和 Mo 营养供应果实生长发育所需。

2.3 树体养分积累量及比例

妃子笑末次梢老熟期年度新增树体养分积累量见表 2。每株妃子笑采果后新抽生的 3 次秋梢合计累积养分量分别为 N (259.5 ± 28.4) g、P (28.3 ± 2.6) g、K (186.5 ± 19.6) g、Ca (41.6 ± 9.2) g、Mg (36.1 ± 4.7) g、S (12.4 ± 1.3) g、Zn (316.8 ± 53.4) mg、B (201.1 ± 29.0) mg 和 Mo (1.4 ± 0.3) mg。如对每次梢累积养分比例进行比较, 则第一梢 N、P、K、Ca 和 Mg 养分累积比例为 1 : 0.10 : 0.73 : 0.27 : 0.15, 第二梢为 1 : 0.10 : 0.66 : 0.30 : 0.16, 末次梢为 1 : 0.12 : 0.75 : 0.05 : 0.13。三次梢总养分累积比例为 1 : 0.11 : 0.72 : 0.16 : 0.14。故除 Ca 外, N、P、

K、Mg 养分在三次梢的累积比例极为接近。这表明在妃子笑梢期, 施肥应主要以氮为主, 钾次之, 配合适量磷、钙、镁养分。

在初花期, 每株妃子笑秋梢及花穗合计累积的养分量分别为 N (256.1 ± 38.4) g、P (26.7 ± 3.6) g、K (184.3 ± 22.7) g、Ca (112.7 ± 22.0) g、Mg (34.5 ± 5.5) g、S (10.6 ± 1.9) g、Zn (426.3 ± 84.9) mg、B (332.3 ± 52.3) mg 和 Mo (1.0 ± 0.5) mg (表 3)。与表 2 末次梢老熟期三次秋梢养分累积总量相比, 初花期秋梢及花穗的 N、P、K、Mg、S 养分累积量与之基本相等, Ca 累积量则约为末次梢老熟期的 3 倍, Zn 和 B 累积量分别为末次梢老熟期的 1.35 和 1.65 倍。这意味着荔枝在末次梢老熟至开花初期, 除继续累积 Ca、Zn、B 外, 基本不吸收其他养分。这可能是由于荔枝为热带亚热带作物, 根系在冬季低温条件下难以吸收养分。表明在末次梢老熟至春季回暖之前, 应尽量避免施用除 Ca、Zn、B 外的养分, 不但减少肥料浪费, 而且也避免过多的养分促进营养生长而导致冲梢, 减少成花枝数。此外, 花穗 N、P、

表 2 妃子笑末次梢老熟期新增秋梢养分累积量

Table 2 Nutrient accumulation in autumn branches of Feizixiao plant at the last autumn branch maturing stage

组织 Tissue	N (g/tree)	P (g/tree)	K (g/tree)	Ca (g/tree)	Mg (g/tree)	S (g/tree)	Zn (mg/tree)	B (mg/tree)	Mo (mg/tree)
第 1 梢 First branch	40.7 ± 9.1	4.1 ± 0.9	29.8 ± 4.9	10.8 ± 1.8	6.1 ± 0.9	2.6 ± 0.7	46.9 ± 11.5	43.1 ± 16.5	0.26 ± 0.09
第 2 梢 Second branch	79.0 ± 10.9	7.5 ± 0.0	51.9 ± 4.3	24.1 ± 5.6	12.3 ± 1.6	4.3 ± 0.1	93.5 ± 18.6	71.9 ± 4.3	0.55 ± 0.09
末次梢 Last branch	139.8 ± 8.4	16.6 ± 1.7	104.8 ± 10.4	6.7 ± 1.8	17.7 ± 2.2	5.5 ± 0.5	176.4 ± 23.3	86.2 ± 8.2	0.58 ± 0.13
合计 Total	259.5 ± 28.4	28.3 ± 2.6	186.5 ± 19.6	41.6 ± 9.2	36.1 ± 4.7	12.4 ± 1.3	316.8 ± 53.4	201.1 ± 29.0	1.40 ± 0.3

表 3 妃子笑初花期秋梢及花穗养分累积量

Table 3 Nutrient accumulation in autumn branches and spica of Feizixiao plant at the early flowering stage

组织 Tissue	N (g/tree)	P (g/tree)	K (g/tree)	Ca (g/tree)	Mg (g/tree)	S (g/tree)	Zn (mg/tree)	B (mg/tree)	Mo (mg/tree)
第 1 梢 First branch	63.2 ± 5.7	7.3 ± 0.8	51.2 ± 8.6	29.4 ± 6.0	7.9 ± 0.9	2.8 ± 0.6	79.6 ± 23.1	84.1 ± 15.3	0.3 ± 0.1
第 2 梢 Second branch	79.8 ± 8.5	8.3 ± 0.8	58.0 ± 1.1	42.3 ± 8.3	11.2 ± 1.6	3.5 ± 0.5	134.7 ± 24.2	112.7 ± 9.0	0.3 ± 0.2
末次梢 Last branch	63.2 ± 12.5	5.2 ± 0.8	37.5 ± 5.4	30.0 ± 5.4	9.6 ± 1.5	2.5 ± 0.4	102.6 ± 10.5	73.7 ± 10.9	0.2 ± 0.1
花穗 Spica	49.9 ± 11.6	6.0 ± 1.2	37.5 ± 7.5	11.0 ± 2.2	5.9 ± 1.5	1.8 ± 0.4	109.4 ± 27.0	61.7 ± 17.1	0.2 ± 0.1
合计 Total	256.1 ± 38.4	26.7 ± 3.6	184.3 ± 22.7	112.7 ± 22.0	34.5 ± 5.5	10.6 ± 1.9	426.3 ± 84.9	332.3 ± 52.3	1.0 ± 0.5

K、Ca、Mg 养分累积比例为 1 : 0.12 : 0.75 : 0.22 : 0.12, 除 Ca 累积比例约为末次梢老熟期末次梢的 4 倍外, 其他养分比例则与三次秋梢极为接近。由于末次梢累积 Ca 能力弱, 今后需要特别关注在荔枝花芽分化至初花期间如何促进 Ca 从叶片向花穗的转移。

对初花期和末次梢老熟期不同梢次秋梢养分累积量进一步比较 (表 4) 发现, 与末次梢老熟期相比, 初花期第一梢除 Mo 营养稍降低外, 其他养分累积量均有不同程度的增加; 第二梢除 Ca、Zn、B 养分累积有明显提高外, 其他养分变化不大; 末次梢除 Ca 累积量仍然提高外, 其他养分尤其是 N、K 和 Zn 营养均有不同程度下降, 而且, 初花期末次梢除 Zn 和 B 外的其他养分累积量减少均大于花穗的养分累积量。以上表明, 花穗累积的 N、P、K、Mg、S、Mo 养分全部来自于末次梢, 67.5% 的 Zn 和 20.2% 的 B 来源于末次梢。而且, 初花期末次梢的部分养分还反向运输至第一梢, 并在第一梢累积。这再次证实末次梢生长期是荔枝营养的关键时期。因此, 荔枝采果后及时施肥, 培养健壮末次梢是荔枝开出健壮花穗的前提和基础。荔枝生产中常见的见花才施肥现象应该避免。

在果实成熟期, 每株妃子笑果实养分累积量分别为 N (114.8 ± 22.1) g、P (14.5 ± 2.7) g、K (121.4 ± 22.8) g、Ca (18.2 ± 1.6) g、Mg (13.7 ± 2.7) g、S (4.6 ± 0.8) g、

Zn (143.6 ± 22.4) mg、B (136.8 ± 12.5) mg 和 Mo (0.5 ± 0.2) mg, 秋梢和果实合计养分累积量分别为 N (320.6 ± 49.8) g、P (33.7 ± 5.3) g、K (273.2 ± 39.3) g、Ca (143.5 ± 28.6) g、Mg (38.5 ± 8.4) g、S (16.1 ± 2.5) g、Zn (544.2 ± 91.3) mg、B (357.9 ± 45.9) mg 和 Mo (1.2 ± 0.3) mg (表 5)。其中, 果实 N、P、K、Ca、Mg 养分累积比例为 1 : 0.13 : 1.06 : 0.16 : 0.12。与秋梢和花穗相比, 果实累积 K 养分比例明显提高, 说明在果实发育阶段应提高钾养分供应。由于荔枝 K 和 Ca、Mg 营养间存在拮抗关系^[1], 果期提高钾营养的同时需配合施用钙、镁肥, 避免过量施 K 抑制 Ca、Mg 营养而造成果实发育不良。近年来, 荔枝生产上较多出现果实膨大期缺钙现象, 表现为幼果裂果、果皮褐变甚至种胚坏死、中大果出现果皮褐变、皱缩及畸形等, 商品果率大大降低, 显著降低种植效益。因此, 生产上需特别注意荔枝钾、钙、镁肥的合理配合施用。

与表 3 初花期秋梢和花穗养分累积总量相比, 果实成熟期秋梢和果实 N、P、K、Ca、Mg、S、Zn、B 和 Mo 养分累积总量分别增加 25.2%、26.3%、48.3%、27.3%、11.7%、51.7%、27.7%、7.7% 和 18.3%。果实成熟期第一、二梢所有养分累积量也均比初花期减少, 但末次梢各种养分累积量均有不同程度增加 (表 6)。末次梢在初花期由于转移大量的养分供花穗发育所需而导致其养分含量明显降低, 在

表 4 妃子笑不同梢次秋梢在初花期养分积累量比末次梢老熟期的增量

Table 4 Increments of nutrient accumulation in various autumn branches at the early flowering stage as compared to those at the last branch maturing stage

组织 Tissue	N (g/tree)	P (g/tree)	K (g/tree)	Ca (g/tree)	Mg (g/tree)	S (g/tree)	Zn (mg/tree)	B (mg/tree)	Mo (mg/tree)
第 1 梢 First branch	22.4	3.1	21.4	18.6	1.7	0.2	32.7	41.1	-0.01
第 2 梢 Second branch	0.8	0.7	6.2	18.2	-1.1	-0.8	41.2	40.8	-0.28
末次梢 Last branch	-76.5	-11.4	-67.3	23.3	-8.2	-3.0	-73.8	-12.5	-0.34

表 5 妃子笑果实成熟期秋梢及果实养分积累量

Table 5 Nutrient accumulation in autumn branches and fruit of Feizixiao plant at the fruit maturing stage

组织 Tissue	N (g/tree)	P (g/tree)	K (g/tree)	Ca (g/tree)	Mg (g/tree)	S (g/tree)	Zn (mg/tree)	B (mg/tree)	Mo (mg/tree)
第 1 梢 First branch	33.4 ± 4.6	4.4 ± 0.7	29.4 ± 7.6	17.1 ± 4.8	3.4 ± 0.5	2.0 ± 0.1	69.9 ± 15.4	40.9 ± 6.4	0.1 ± 0.0
第 2 梢 First branch	60.1 ± 8.2	6.3 ± 0.9	43.3 ± 4.1	29.8 ± 4.4	5.5 ± 0.5	3.3 ± 0.3	113.1 ± 18.7	64.1 ± 8.1	0.2 ± 0.0
末次梢 Last branch	112.3 ± 14.8	8.5 ± 1.0	79.1 ± 4.8	78.4 ± 17.8	15.9 ± 4.6	6.2 ± 1.3	217.6 ± 34.7	116.1 ± 18.9	0.3 ± 0.1
果实 Fruit	114.8 ± 22.1	14.5 ± 2.7	121.4 ± 22.8	18.2 ± 1.6	13.7 ± 2.7	4.6 ± 0.8	143.6 ± 22.4	136.8 ± 12.5	0.5 ± 0.2
合计 Total	320.6 ± 49.8	33.7 ± 5.3	273.2 ± 39.3	143.5 ± 28.6	38.5 ± 8.4	16.1 ± 2.5	544.2 ± 91.3	357.9 ± 45.9	1.2 ± 0.3

表 6 妃子笑不同梢次秋梢在果实成熟期养分积累量比初花期的增量

Table 6 Increments of nutrient accumulation in various branches at the fruit maturing stage as compared to those at the early flowering stage

组织 Tissue	N (g/tree)	P (g/tree)	K (g/tree)	Ca (g/tree)	Mg (g/tree)	S (g/tree)	Zn (mg/tree)	B (mg/tree)	Mo (mg/tree)
第 1 梢 First branch	-29.8	-2.9	-21.8	-12.3	-4.4	-0.9	-9.7	-43.2	-0.14
第 2 梢 Second branch	-19.7	-2.0	-14.7	-12.5	-5.6	-0.2	-21.6	-48.6	-0.09
末次梢 Last branch	49.0	3.3	41.6	48.4	6.3	3.7	115.1	42.4	0.08

果实发育阶段则明显回升, 回升的养分来自于第一和第二梢的养分转移或树体新增吸收。通过以上比较, 发现果实累积的 N、K、Ca、Zn、S 养分基本全部为树体新增吸收, 而 P、Mg、B、Mo 则部分来自于第一和第二梢的养分转移。因此, 培育健壮的第一和第二梢, 累积更多的养分以转移至果实供发育所需, 也是获得果实高产的重要物质基础。生产上见果施肥的现象也应避免。

另外, 妃子笑为重修剪品种, 采果后通常将上年抽生的全部或大部分秋梢剪去。这些剪下的秋梢累积了大量的养分, 建议就地还园, 既节约肥料, 也增加地面覆盖, 具有保持水土、稳定地温、抑制杂草等作用。

3 结论

妃子笑采果及修剪后抽生三次秋梢, 末次梢生

物量及各种养分 (Ca 例外) 累积量均约为前两次梢之和。为获得 (55.2 ± 7.8) kg/tree 的高产, 每株妃子笑需抽生秋梢 (39.78 ± 2.60) kg, 累积养分量为 N (259.5 ± 28.4) g、P (28.3 ± 2.6) g、K (186.5 ± 19.6) g、Ca (41.6 ± 9.2) g、Mg (36.1 ± 4.7) g、S (12.4 ± 36.1) g、Zn (316.8 ± 53.4) mg、B (201.1 ± 29.0) mg 和 Mo (1.4 ± 0.3) mg。妃子笑花穗累积的 N、P、K、Mg、S、Mo 养分全部来自于末次梢, 67.5% 的 Zn 和 20.2% 的 B 来源于末次梢, 故末次梢生长期是妃子笑树体营养的关键期, 对花穗营养具有决定性影响。但是, 末次梢积累 Ca 能力弱, 而且向花穗及果实转移 Ca 能力低。妃子笑果实累积的 N、K、Ca、Zn、S 养分基本全部为树体新增吸收, 而 P、Mg、B、Mo 营养则部分来自于第一和第二梢的养分转移。因此, 健壮秋梢是荔枝花穗和果实生长发育极为重要的物质基础, 见花施肥或见果施肥则不利于高产。妃子

笑秋梢与花穗 N、P、K、Ca、Mg 养分累积比例在 1 : 0.11~0.12 : 0.72~0.75 : 0.16~0.44 : 0.13~0.14 之间, 果实比例为 1 : 0.13 : 1.06 : 0.16 : 0.12, 表明秋梢抽生及花穗发育需要更多的氮, 果实发育需要补充更多的钾。

参 考 文 献:

- [1] 李建国. 荔枝学[M]. 北京: 中国农业出版社, 2008.
Li J G. The litchi [M]. Beijing: China Agriculture Press, 2008.
- [2] 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.
Yang B M, Yao L X, Li G L, *et al.* Dynamic changes of nutrition in litchi leaves and effects of potassium and nitrogen fertilization[J]. *Journal of Plant Nutrition and Fertilizer*, 2014, 20(5): 1212-1220.
- [3] 郑煜基, 林兰稳, 罗薇. 荔枝营养需求特点及其施肥技术研究[J]. 土壤与环境, 2001, 10(3): 204-206.
Zheng Y J, Lin L W, Luo W. The nutrition characteristics of *Litchi chinensis* and the fertilizer practice[J]. *Soil and Environmental Sciences*, 2001, 10(3): 204-206.
- [4] 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.
Fan X L, Huang C L, Juhani U, *et al.* N, P, K nutrition dynamics of litchi during the annual growth cycle[J]. *Journal of Fruit Science*, 2004, 21(6): 548-551.
- [5] Menzel C M, Simpson D R. Lychee nutrition: A review[J]. *Scientia Horticulturae*, 1987, 31: 195-224.
- [6] Wall M M. Ascorbic acid and mineral composition of longan (*Dimocarpus longan*), lychee (*Litchi chinensis*) and rambutan (*Nephelium lappaceum*) cultivars grown in Hawaii[J]. *Journal of Food Composition and Analysis*, 2006, 19: 655-663.
- [7] 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.
Lu R K. Analysis method in soil agricultural chemistry [M]. Beijing: China Agricultural Science and Technology Press, 2000.