

文章编号:1001-1498(2012)04-0442-07

# 油茶树体对氮磷钾元素年吸收和积累规律的研究

曹永庆<sup>1</sup>, 任华东<sup>1\*</sup>, 林萍<sup>1</sup>, 王开良<sup>1</sup>, 姚小华<sup>1</sup>, 龙伟<sup>1</sup>, 汪开兴<sup>2</sup>

(1. 中国林业科学研究院亚热带林业研究所, 浙江 富阳 311400;

2. 浙江省金华市婺城区白龙桥镇人民政府, 浙江 金华 321025)

**摘要:**以5年生油茶为试材,研究了树体对大量矿质元素氮、磷、钾元素的年吸收和积累规律。结果表明:油茶年发育周期中对氮、磷、钾元素的吸收量分别为44.05、5.50、23.31 g·株<sup>-1</sup>,吸收比例约为8:1:4。抽梢期(4月)至果实发育期(7月)是油茶吸收氮、钾元素的活跃时期,该段时期内的积累量超过了年积累量的50.00%,其中的氮、钾元素分别有43.64%和26.97%被根系所利用;植株对磷元素的积累量在4月至10月没有明显的起伏,从果实发育期(7月)至成熟期(10月)这段时间内,植株磷元素的积累量达到2.63 g,其中35.36%保留在根系中。油茶叶片、枝干和根系中氮、磷、钾元素含量高低顺序为氮>钾>磷,成熟果实中为钾>氮>磷;在新梢期(4月),根系中的磷、钾元素向叶片和新梢进行了部分转运,而在果实膨大、成熟期,钾元素从枝干和叶片转运至果实中。

**关键词:**油茶;氮;磷;钾;积累量

中图分类号:S794.4

文献标识码:A

## Research on Annual Changes of Nitrogen, Phosphorous, Potassium Absorption and Accumulation in Oil-tea Camellia Tree

CAO Yong-qing<sup>1</sup>, REN Hua-dong<sup>1</sup>, LIN Ping<sup>1</sup>, WANG Kai-liang<sup>1</sup>, YAO Xiao-hua<sup>1</sup>, LONG Wei<sup>1</sup>, WANG Kai-xing<sup>2</sup>

(1. Research Institute of Subtropical Forestry, Chinese Academy of Forestry, Fuyang 311400, Zhejiang, China;

2. People's Government of Bailongqiao Town, Wucheng District, Jinhua City, Jinhua 321025, Zhejiang, China)

**Abstract:** Five-year-old oil-tea camellia trees were selected to study the annual changes of nitrogen, phosphorous, potassium absorption and accumulation. The results showed that the annual accumulation of nitrogen, phosphorous and potassium achieved 44.05, 5.50 and 23.31 g per tree, respectively. And the ratio was approximately 8:1:4. The active absorption and accumulation period of nitrogen and potassium was from shooting in April to fruit development in July during which over 50.00% nitrogen and potassium of annual uptake was accumulated, in which 43.64% nitrogen and 26.97% potassium were used by the roots. The accumulation of phosphorous was stable from April to October and achieved 2.63 g per tree in which 35.36% was used by the roots during fruit ripening period. The content of major mineral elements in leaves, stems and roots of oil-tea camellia was N > K > P and K > N > P in ripening fruits. The phosphorous and potassium in roots partly transferred to leaves and new shoot during shooting period in April and the potassium in stems and leaves transferred to fruits during fruit ripening period.

**Key words:** *Camellia oleifera*; nitrogen; phosphorous; potassium; accumulation

收稿日期:2011-10-09

基金项目:浙江省科技计划项目“油茶良种快繁及产业提升关键技术集成示范及推广”(2010C02005);浙江省省院合作林业科技项目“江山林改科技支撑技术集成与示范”(2010SY01);国家“十一五”林业科技支撑计划项目“油茶可持续丰产栽培关键技术研究”(2009BADB1B02)

作者简介:曹永庆(1981—),男,山东青州人,助理研究员,博士,主要从事经济林栽培研究。

\*通讯作者:renhd@163.com

油茶 (*Camellia oleifera* Abel.) 为山茶科 (Theaceae) 山茶属 (*Camellia* L.) 常绿灌木或小乔木, 是我国南方主要的木本食用油料树种。油茶具有综合利用价值高、生态效益好等优点<sup>[1]</sup>。近年来, 在油茶发展政策的推动下, 我国油茶种植面积不断扩大, 2010年油茶新造林面积达 17.3 万  $\text{hm}^2$ , 加快实现油茶栽培的园艺化发展是当务之急, 也是实现油茶产业升级的必然趋势<sup>[2]</sup>。

科学平衡配方施肥是提高油茶栽培园艺化水平的重要途径, 研究认为, 矿质营养元素对油茶的营养生长、产量影响显著<sup>[3-4]</sup>, 油茶林通过垦复施用氮磷钾肥, 能显著增大冠幅、提高产量<sup>[5-6]</sup>, 但过量施肥对油茶光合性能影响并不明显<sup>[7]</sup>, 可见准确掌握肥料施用量及配比是关键。通过油茶配方施肥的研究表明, 由于地理位置、地块肥力等因素的影响, 施肥配比明显不同, 在江西新余研究结果认为, 油茶以每株施氮、磷、钾为 0.31/0.88/0.24 kg 最佳<sup>[8]</sup>, 而在湖南的研究认为, N:P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>:K<sub>2</sub>O 为 2:1:2 最佳<sup>[9]</sup>。总体看来, 这些研究多集中于生产性试验, 缺乏油茶树体营养需求规律的基础性研究, 一定程度上限制了油茶平衡配方施肥的进一步发展。开展树体矿质营养需求及吸收规律的研究是实现科学配方施肥的基础, 从 20 世纪七八十年代开始, 国内学者就对果树树体内营养元素的分布和年周期变化特性进行了研究, 结果表明, 矿质元素在果树各器官中的含量不同, 变化规律因品种、砧木类型、树体营养状况、生育期的不同而异<sup>[10]</sup>。与北方落叶果树不同, 油茶具有一年四季常绿, “抱子怀胎”的生育特点<sup>[11]</sup>, 其对矿质元素的需求和吸收规律如何, 仍不清楚。因此, 本试验主要研究了油茶树体年发育周期中大量矿质元素氮、磷、钾元素的年吸收和积累规律, 以期对油茶平衡配方施肥提供理论基础, 为实现油茶定时定量施肥提供指导。

## 1 材料与方 法

### 1.1 样品采集和处理

试验材料来自浙江金华东方红林场中国林科院亚热带林业研究所油茶基地, 基地位于 20°01' N, 119°30' E, 海拔 80 m, 年有效积温 6 486.8 °C, 年降水量 1 408.4 mm, 属亚热带季风气候, 土壤以第四纪土壤形成的红壤为主, 土层较深厚, 有机质含量 14.8  $\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$ , 水解性氮元素 67.8  $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ , 有效磷 11.5  $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ , 速效钾 104  $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 。

选取 5 年生长林 4 号油茶为试验材料, 该油茶

品种于 2006 年种植, 株行距 2 m × 3 m, 2008 年开始挂果。田间正常管理, 从定植第 3 年开始每年 9 月份环形沟施复合肥 (15-15-15) 1 次, 施肥量 0.5  $\text{kg} \cdot \text{株}^{-1}$ , 连续施用 3 a。选取长势一致, 无病虫害、结果正常的油茶树, 分别于休眠期 (1 月 15 日)、抽梢期 (4 月 15 日)、果实发育期 (7 月 15 日)、成熟期 (10 月 15 日) 取样。采取树体挖掘取样方法, 每次取样 3 棵树, 以单株树为 1 次重复, 树体挖出后, 按果实、叶片、新梢 (不含叶片)、枝干、根系进行解析, 称质量。将各器官植物样品剪碎, 100 ~ 105 °C 下杀青 15 min, 然后 70 ~ 80 °C 下烘干至恒质量。

### 1.2 测定方法

样品粉碎后, 用浓 H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>-H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 消解, 以 Tector 5020 流动注射分析仪测定氮元素含量, 钼锑抗比色法测定磷元素含量, 火焰分光光度计法测定钾元素含量。矿质元素积累量按下式计算: 矿质元素积累量 = 矿质元素含量 ( $\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$ ) × 器官干质量 (kg)。

### 1.3 数据分析

数据采用 Excel 软件统计分析并作图。

## 2 结果与分析

### 2.1 油茶树氮、磷、钾元素的积累和年周期变化

研究结果显示: 在大量元素氮、磷、钾中, 油茶植株氮元素的含量最高, 其次为钾元素, 最后为磷元素, 其中氮元素的含量和积累量约为钾元素的 2 倍, 磷元素的 10 倍 (图 1)。

2.1.1 休眠期至抽梢期 该段时期油茶植株氮、磷、钾元素的含量和积累量整体表现出略上升趋势。植株氮元素的含量由 8.54  $\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$  上升至 11.11  $\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$  (图 1-A), 增加了 30.09%, 积累量提高了 52.10% (图 1-B)。植株从土壤中获取了 10.98 g 氮元素 (由 21.06 g 增加至 32.04 g), 其中根系部分氮含量和积累量没有显著变化, 氮的积累和增加集中在地上部分, 表明在该段时期内, 根系从土壤中吸收的氮元素主要用于地上部分新生器官的生长。

油茶植株内磷元素的含量则由 0.66  $\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$  上升至 0.82  $\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$ , 提高了 24.24% (图 1-C), 积累量由 1.64 g 增加至 2.35 g, 增加了 43.30% (图 1-D), 植株从土壤中获取了 0.71 g 磷元素。与整株油茶磷元素含量和积累量的增加不同的是, 根系的磷元素含量和积累量表现出下降趋势, 分别下降了 57.64% (由 0.85  $\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$  下降至 0.36  $\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$ ) 和 58.00% (由 0.50 g 下降至 0.21 g), 表明在这段时期

内,根系吸收的磷元素不仅运输至地上部分,而且根系自身贮存的磷元素也向地上部分转移,以促进新生器官的生长。植株地上部分磷元素的积累量增加了1.00 g(由1.14 g增加至2.14 g),其中从土壤中获取的磷元素占71.00%,根系自身(由1.14 g增加至2.14 g)贮存的磷元素占29.00%。

与磷元素的变化类似,钾元素在油茶植株内的含量由 $3.21 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ 上升至 $4.00 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ (图1-E),提高了24.61%,积累量由8.04 g增加至11.66 g,增加了45.03%(图1-F),植株从土壤中获取了3.62 g钾元素。与此同时,根系中钾元素的含量和积累量分别下降了16.89%(由 $5.33 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ 下降至 $4.43 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ )和18.99%(由3.37 g下降至2.73 g),由根系向地上部分运输的钾元素达到了0.64 g,可见,植株地上部分钾元素的积累量增加了4.26 g(由4.68 g增加至8.92 g),其中通过根系从土壤中获取的钾元素占84.98%,根系自身贮存的钾元素占15.02%。

**2.1.2 抽梢期至果实发育期** 该段时期氮、磷、钾元素在油茶植株内积累量显著增加,然而仅钾元素在植株内的含量表现出了增加趋势,氮、磷元素在植株内的含量无显著变化,表明该段时期植株生长需要较高浓度的钾元素。

油茶植株内氮元素的积累量由32.04 g增加至55.39 g,提高了72.91%,植株从土壤中获取了23.35 g氮元素,而含量无显著变化(图1-A)。此外,根系氮含量和积累量在此段时期内表现出了显著上升趋势,氮元素的含量增加了91.83%(由 $8.93 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ 增加至 $17.13 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ ),积累量则由5.29 g升至15.48 g,提高了192.63%。表明植株从土壤中获取的氮元素有43.64%贮存到根系中,56.36%则运输到植株地上部分。

磷元素的积累和变化规律与氮元素类似,积累量增加了91.92%(由2.35 g增加至4.51 g),植株从土壤中获取了2.16 g磷元素,而含量无显著变化(图1-C、1-D)。根系中磷的积累量和含量增加显著,分别提高了5倍(由0.21 g增加至1.27 g)和3倍(由 $0.36 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ 增加至 $1.42 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ )。表明该段时期内,植株吸收的磷元素中有49.07%被根系所利用,50.93%运输到地上部分。

钾元素的含量和积累量均表现出显著升高趋势,含量由 $4.00 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ 上升至 $6.24 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ ,提高了56.00%(图1-E),积累量由11.66 g增加至31.35 g,增加了168.92%(图1-F),植株从土壤中获

取了19.69 g钾元素。根系中钾元素的积累量则由2.73 g增加至8.04 g,增加了近2倍,含量提高了89.84%(由 $4.43 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ 增加至 $8.41 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ ),表明植株吸收的钾元素有26.97%贮存到根系中,73.03%运输到地上部分。

**2.1.3 果实发育期至成熟期** 油茶植株氮、钾元素的含量表现出下降的趋势(图1-A、1-E),含量分别下降了13.66%(由 $11.27 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ 下降至 $9.73 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ )和31.89%(由 $6.24 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ 下降至 $4.25 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ ),氮元素在植株内的积累量增加了9.72 g(图1-B),钾元素的积累量无显著变化(图1-F),根系中氮、钾元素的含量和积累量则没有表现出显著变化趋势。

植株磷元素的含量虽相对平稳,但积累量表现出显著上升趋势(图1-C、1-D),增加了58.32%,从土壤中获取了2.63 g磷元素(由4.15 g增加至7.14 g)。根系中磷的含量和积累量也表现出显著升高趋势,分别提高了33.80%(由 $1.42 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ 增加至 $1.9 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ )和73.23%(由1.27 g增加至2.20 g),表明植株在这段时期内吸收的磷元素有35.36%被根系所利用,64.64%的磷元素运输到地上部分。由上可见,该段时期内油茶植株基本上停止了对钾元素的吸收,然而对氮、磷元素的吸收仍在继续。

## 2.2 油茶树各器官氮、磷、钾元素含量及积累量变化

**2.2.1 叶片氮、磷、钾元素含量和积累量变化** 油茶叶片中氮元素的含量远远高于钾、磷元素的含量,约为钾元素含量的3倍,磷元素含量的20倍。整个发育过程中叶片中氮元素的含量变化不大(表1),随着新叶的生长,叶幕增大,叶片中氮元素的总积累量显著提高(表2),从休眠期至果实成熟期表现出“升高—升高—不变”的变化趋势,叶片氮元素积累时期集中在抽梢期(从休眠期至新梢期,叶片的氮元素积累量增加了60.22%)和果实发育期(从抽梢期至果实发育期,叶片的氮元素积累量增加了46.94%)。树体发育过程中,新生叶片的形成和生长,积累了大量的氮元素,如嫩叶中氮元素的含量( $24.40 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ )约为老叶中氮元素含量( $12.37 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ )的2倍。从果实发育期至成熟期,叶片中氮元素的积累量几乎无变化,维持在相对稳定的水平。

油茶叶片中磷元素含量的变化与氮元素类似,在整个发育期变化较小,新生嫩叶的磷元素含量是老叶的3倍多(表1)。与氮元素积累量变化不同的

是,叶片中磷元素的积累量表现出“升高—不变—升高”的变化趋势,从休眠期至抽梢期,磷元素的积累

量增加了 93.85%,从果实发育期至成熟期,磷元素的积累量增加了 29.55%(表 2)。

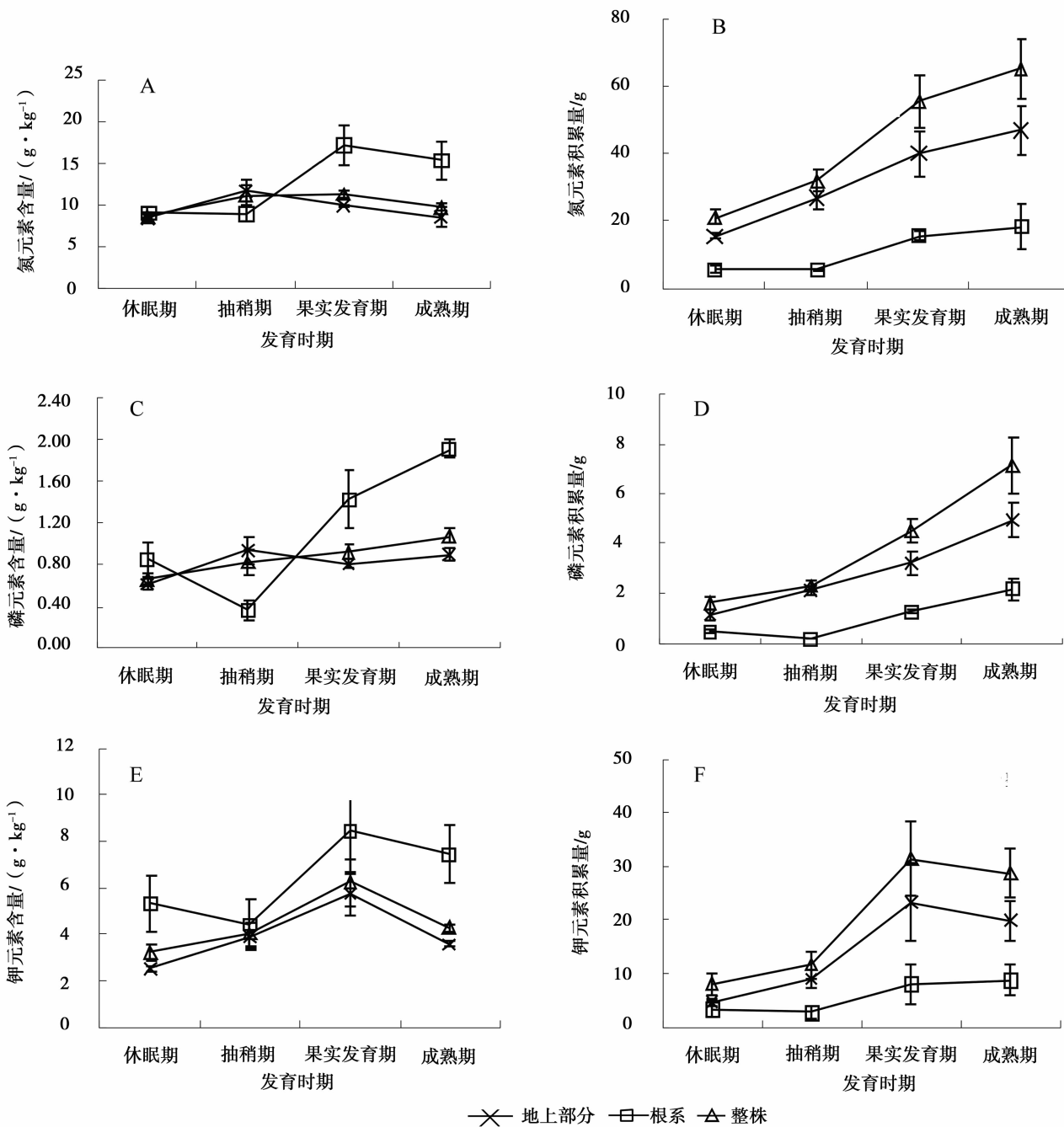


图1 油茶树体氮、磷、钾元素含量和积累年周期变化

油茶年发育期中,叶片中钾元素的含量在果实发育期(7月)较高,为  $7.25 g \cdot kg^{-1}$ ,至成熟期,叶片中钾元素的含量和积累量表现出下降趋势,含量由  $7.25 g \cdot kg^{-1}$  下降至  $4.49 g \cdot kg^{-1}$ ,积累量则由  $12.63 g$  下降至  $8.89 g$ 。钾元素积累最快的时期是从抽梢期(4月)至果实发育期(7月),积累量增加

了1倍多(表2)。与氮、磷元素相似,嫩叶中钾元素的含量也远比老叶中的高。

2.2.2 枝干氮、磷、钾元素含量和积累量年变化  
油茶枝干中氮、磷、钾元素的含量低于叶片,从休眠期至抽梢期,其含量无显著变化,在果实发育期,氮、磷、钾元素含量迅速上升(表1),积累量也显著提高

(表2)。从果实发育期至成熟期,枝干中氮、磷元素的含量无显著变化,钾元素的含量则表现出下降趋势,下降了47.36% (由 $4.35 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ 下降至 $2.29 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ ),同时钾元素的积累量下降了27.84% (由 $9.52 \text{ g}$ 下降至 $6.87 \text{ g}$ )。

2.2.3 根系氮、磷、钾元素含量和积累量变化 油茶根系中氮、磷元素的含量介于叶片和枝干之间,钾元素的含量则高于叶片(表1)。从休眠期至抽梢期,根系中氮元素的含量和积累量无显著变化,然而磷、钾

元素的含量和积累量表现出了下降趋势,其中磷元素含量和积累量分别下降了57.65%和58.00%,钾元素的含量和积累量分别下降了16.89%和18.99%(表1、2)。从抽梢期至果实发育期,根系中氮、磷、钾元素的含量和积累量均表现显著增加,该时期是根系生长、吸收矿质元素较为活跃的时期。从果实发育期至成熟期,根系中氮、钾元素的含量和积累量无显著变化,磷元素的含量和积累量则呈现出上升趋势,分别提高了25.26%和73.23%。

表1 油茶不同发育时期不同器官氮、磷、钾元素含量的变化

元素	发育时期	元素含量/( $\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$ )							
		叶片		枝干	根系	新梢	树皮	果实	
		老叶	嫩叶 (新梢叶片)					茶壳	茶籽
氮元素	休眠期		15.17	3.43bc	9.07bc	11.43	9.57b	—	
	抽梢期	12.37	24.40	3.37c	8.93c	22.47**	11.33a	21.37	
	果实发育期		16.20	5.27a	17.13a	—	9.73b	6.43	
	成熟期		15.60	4.24ab	15.37a	—	8.02cd	4.24	8.42
磷元素	休眠期		0.82	0.43bc	0.85c	1.25	0.91a	—	
	抽梢期	0.59	2.04	0.36c	0.36d	2.60**	1.02a	1.68	
	果实发育期		0.77	0.84a	1.42b	—	0.84a	0.69	
	成熟期		0.86	0.88a	1.90a	—	0.93a	0.60	1.45
钾元素	休眠期		4.01	1.43c	5.33bc	3.40	2.89d	—	
	抽梢期	2.76	8.25	1.47c	4.43d	9.94**	4.82bc	6.78	
	果实发育期		7.25	4.35a	8.41a	—	7.57a	9.24	
	成熟期		4.49	2.29b	7.46a	—	6.64a	9.91	6.21

注:a、b、c、d表示多重比较分析0.05水平上的显著差异性,\*表示0.01水平上的显著差异性,下同。

表2 油茶不同发育时期不同器官氮、磷、钾元素积累量的变化

元素	发育时期	元素积累量/g				
		叶片	枝干	根系	新梢	果实
氮元素	休眠期	11.74d	3.69bc	5.47bc	0.16	—
	抽梢期	18.81bc	3.16c	5.29c	4.63**	0.15c
	果实发育期	27.64a	11.49a	15.48a	—	0.78b
	成熟期	30.58a	12.67a	18.21a	—	3.66a
磷元素	休眠期	0.65cd	0.47c	0.50c	0.02	—
	抽梢期	1.26b	0.33c	0.21d	0.53**	0.01c
	果实发育期	1.32b	1.84b	1.27b	—	0.08b
	成熟期	1.71a	2.64a	2.20a	—	0.59a
钾元素	休眠期	3.15d	1.48c	3.37b	0.47	—
	抽梢期	5.42c	1.40c	2.73c	2.06**	0.06c
	果实发育期	12.63a	9.52a	8.04a	—	1.16b
	成熟期	8.89b	6.87b	8.76a	—	4.16a

2.2.4 新梢氮、磷、钾元素含量和积累量年变化 试验中,休眠期测定的油茶新梢为上一年度的秋梢,而抽梢期(4月)测定的新梢为当年生春梢。从表1中

可以看出:油茶春梢中氮、磷、钾元素的含量与休眠期新梢的含量相比,提高了1倍以上,与嫩叶中的含量相当,这表明油茶新生器官的生长发育,需要较高

浓度的氮、磷、钾元素。

**2.2.5 树皮氮、磷、钾元素含量年变化** 从休眠期到果实成熟期,油茶树皮中氮、磷、钾元素含量的变化规律不尽相同,其中氮、钾元素含量波动较大,磷元素的含量保持稳定,无显著变化(表1)。氮、钾元素含量表现出先升高后下降的趋势,氮元素含量的峰值出现在抽梢期,而钾元素含量的峰值出现在果实发育期和成熟期,这可能与氮元素参与了新生器官的建造,钾元素参与了果实的发育有关<sup>[10]</sup>。

**2.2.6 果实氮、磷、钾元素含量和积累量变化** 随着油茶果实的生长发育,果实中氮、磷元素积累量不断提高,而含量则表现出下降趋势,如抽梢期果实中氮、磷元素的含量分别为21.37、1.68 g·kg<sup>-1</sup>,果实发育期(7月)果实中氮、磷元素的含量则下降为6.43、0.69 g·kg<sup>-1</sup>(表1、2)。与氮、磷元素含量的变化不同,抽梢期至果实发育期,钾元素含量则表现出升高的趋势,由6.78 g·kg<sup>-1</sup>上升至9.24 g·kg<sup>-1</sup>,这也从另一个侧面证明了钾元素对于果实发育、品质形成的重要性。

### 2.3 油茶树对氮、磷、钾元素吸收量的年周期变化

油茶植株对氮元素的吸收量最大,其次为磷元素,钾元素最小(图2)。从1月16日至4月15日,植株对氮、磷、钾元素的吸收量分别为10.98、0.71、3.62 g·株<sup>-1</sup>,吸收比例约为15:1:5,从4月16日至7月15日,植株对氮、磷、钾元素的吸收量分别为23.35、2.16、19.69 g·株<sup>-1</sup>,吸收比例约为11:1:9,其中对氮、钾元素的吸收量达最高;从7月16日至果实成熟(10月15日),植株对氮、磷、钾元素的吸收量为9.72、2.63、0 g·株<sup>-1</sup>,吸收比例约为4:1:0,该时期内植株对磷元素的吸收量达最高,停止了对钾元素的吸收。以整年计,从1月休眠期至10月成熟期,油茶植株对氮、磷、钾元素的吸收量分别为44.05、5.50、23.31 g·株<sup>-1</sup>,吸收比例约为8:1:4。

## 3 结论与讨论

### 3.1 油茶树体对氮、磷、钾元素的年吸收和积累

研究表明,油茶植株对氮元素的吸收量最高,年吸收量达44.05 g·株<sup>-1</sup>,其次为钾元素23.31 g·株<sup>-1</sup>,吸收量最小的为磷元素5.50 g·株<sup>-1</sup>,年吸收比例约为8:1:4。植株吸收氮、磷、钾元素的规律有所不同,4月16日至7月15日是吸收氮、钾元素的活跃时期,该段时期内吸收的氮、钾元素分别为23.35、19.69 g,均超过了年吸收量的50.00%,且吸

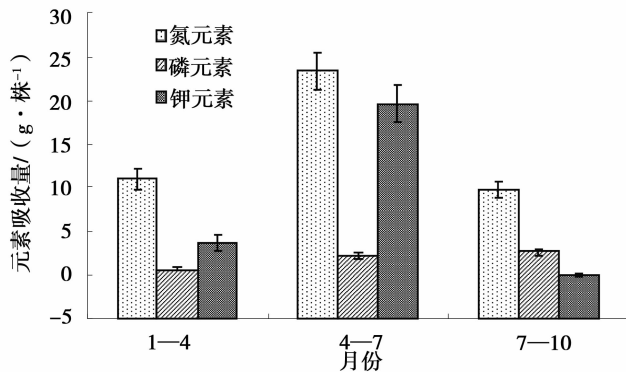


图2 油茶树对氮、磷、钾元素吸收量的年周期变化

收的氮、钾元素分别有43.64%和26.97%被根系所利用。植株对磷元素的吸收从4月份至10月份没有明显的起伏,在7月16日至10月15日,植株对磷元素的吸收量较高,达到2.63 g,且其中35.36%积累在根系中。可见,油茶根系对氮、钾元素的吸收和利用时期是4月份至7月份,而对磷元素的吸收和利用时期是4月份至10月份。

分析认为,4月份至7月份是油茶植株快速生长的时期,枝干、叶片和根系等器官生物量迅速增加,这也是树体对氮、磷、钾元素吸收量增大的重要原因;而在7月16日至10月15日,油茶树体对磷元素的大量吸收,可能与果实的迅速膨大、油脂转化有关<sup>[12]</sup>。根系则作为植株吸收矿质营养的重要器官,源源不断地向地上部分输送矿质营养,以促进新生器官的生长的同时,也自身贮存积累部分矿质营养,以维持整个植株矿质营养水平的稳定。

油茶抽梢期植株新生器官生长所需的氮元素主要来源于土壤,这与在油桃(*Prunus persica* var. *nectarina* (Ait. f. Maxim.))上的研究结果不一致<sup>[13]</sup>,年周期中早期油桃生长所需的氮元素主要来源于树体贮藏的氮元素。此外,该段时间内油茶生长所需的磷、钾营养中则一部分来源于土壤,一部分由根系所提供。在此段时期内,适当增施氮肥,对于促进新梢生长具有重要的作用<sup>[5-6]</sup>。

与氮、磷元素吸收规律不同,油茶树体对钾元素的年吸收量的80%以上集中在4月16日至7月15日,即油茶果实发育的幼果期。7月16日至果实成熟(10月15日),油茶树体基本上不从土壤中吸收钾元素,这与在苹果上的研究结果一致<sup>[14]</sup>。

### 3.2 氮、磷、钾元素在油茶树各器官中的分配和转移

油茶叶片、枝干和根系中,氮元素的含量最高,

其次为钾元素,磷元素相对最低。油茶果实中则不同,在幼果期,果实中的氮元素含量最高,随着果实的发育,钾元素含量升高,至果实成熟时,果实中钾元素含量最高,氮、磷、钾元素含量高低顺序为钾 > 氮 > 磷,与在苹果中的研究结果一致<sup>[15]</sup>。此外,新生器官(包括新生叶片、新梢)中氮、磷、钾元素的含量远高于其它组织器官,这也表明,新生器官的形成需要大量的氮、磷、钾元素供给。

休眠期至抽梢期,油茶枝干氮、磷、钾元素积累量无显著变化,叶片和新梢氮、磷、钾元素的积累量显著升高,虽然根系氮元素积累量无显著变化,但磷、钾元素积累量均表现出下降趋势,表明该段时期内油茶植株从土壤中吸收的氮元素通过枝干全部运输至叶片和新梢中,根系中的磷、钾元素也向叶片和新梢进行了部分转运。

抽梢期至果实发育期,油茶枝干、根系和果实中氮、磷、钾元素的积累量显著升高,叶片中仅氮、钾元素积累量表现出显著升高趋势,磷元素积累量无显著变化,表明该段时期内油茶植株吸收的磷元素全部积累至枝干、根系和果实中。

果实发育期至成熟期,油茶根系中钾元素的积累量无变化,而叶片和枝干中钾元素积累量表现出下降趋势。在该段时期内,油茶植株并未从土壤中吸收钾元素,但随着果实发育、膨大,果实中钾元素积累量迅速上升,可见,该时期内钾元素从枝干和叶片转运至果实中。此外,枝干、根系和叶片中氮元素的积累量无显著变化,果实中氮元素的积累量显著升高,表明该段时期植株吸收的氮元素主要用于果实的生长发育。

在果树上的研究认为,树木吸收矿质元素以及各个器官的含量变化与多种因素有关,包括砧木类型、树龄、树木营养状况等<sup>[8]</sup>,本试验中所采用的材料为5年生普通油茶长林4号,仍处于结果初期,林地管理规范,肥料充足,一定程度上体现了油茶对氮、磷、钾元素的吸收和积累规律,但不同油茶品种

间差异性如何,需进一步试验研究。此外,本试验仅初步阐明了油茶树体对氮、磷、钾元素的吸收和积累规律,矿质元素在油茶体内的利用形式如何,是怎样转运和重复利用的,其利用效率如何,还需要进一步探索。

### 参考文献:

- [1] 李远发,胡 灵,王凌晖. 油茶资源研究利用现状及其展望[J]. 广西农业科学, 2009,40(4):450-454
- [2] 曹永庆,任华东,王开良,等. 油茶园艺化栽培的技术发展思路[J]. 江西农业大学学报, 2010,32(增):124-128
- [3] 潘晓杰,侯红波,廖 芳,等. 配方施肥对油茶中幼林营养生长的影响[J]. 中南林学院学报, 2003,23(2):82-84
- [4] 周良骝,杜国华,张福林,等. 营养元素对油茶产量影响的回归分析[J]. 生物数学学报,1994,9(3):242-246
- [5] 胡冬南,游美红,袁生贵,等. 不同配方施肥对幼龄油茶的影响[J]. 西北林学院学报, 2005,20(1):94-97
- [6] 申 巍,杨水平,姚小华,等. 施肥对油茶生长和结实特性的影响[J]. 林业科学研究, 2008,21(2):239-242
- [7] 赵中华,郭晓敏,李发凯,等. 不同施肥处理对油茶光合生理特性的影响[J]. 江西农业大学学报, 2007,29(4):576-581
- [8] 唐光旭,张永生,唐丽湘,等. 油茶栽培肥力配比的试验研究[J]. 经济林研究, 1998,16(4):20-22
- [9] 陈永忠,彭邵锋,王湘南,等. 油茶高产栽培系列技术研究——配方施肥试验[J]. 林业科学研究, 2007,20(5):650-655
- [10] 刘 慧,王为木,杨晓华,等. 我国苹果矿质营养研究现状[J]. 山东农业大学学报:自然科学版, 2001,32(2):245-250
- [11] 庄瑞林. 中国油茶[M]. 2版. 北京:中国林业出版社, 2008:242
- [12] 胡霁堂. 植物营养学[M]. 2版. 北京:中国农业大学出版社, 2003:61-62
- [13] Tagliavini M, Millard P, Quartieri M. Storage of foliar-absorbed nitrogen and remobilization for spring growth in young nectarine (*Prunus persica* var. *nectarina*) trees[J]. Tree Physiology, 1998, 18(3):203-207
- [14] 樊红柱,同延安,吕世华,等. 苹果树体钾含量与钾积累量的年周期变化[J]. 西北农林科技大学学报:自然科学版, 2007,35(5):169-172
- [15] 顾曼如,束怀瑞,曲贵敏,等. 红星苹果果实的矿质元素含量与品质关系[J]. 园艺学报, 1992,19(4):301-306