

桃树养分管理研究进展与展望

陈 防, 陶 勇, 万 开 元, 陈 树 森, 王 利

(中国科学院武汉植物园 湖北 武汉 430074)

摘 要: 从桃树营养需求规律、大中微量元素施肥与桃树生长和抗逆性的关系、适宜桃树施用的肥料和桃树的营养状况诊断等方面, 简要综述了国内外近年来的研究现状和进展情况, 分析了中国桃树营养管理中存在的主要问题, 对今后桃树营养的研究方向和管理策略进行了初步探讨与展望。

关键词: 桃树; 营养; 施肥; 管理策略

中图分类号: S 662.1 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-0009(2009)01-0115-04

桃树 (*Prunus persica* L.) 原产于中国陕甘地区, 自古以来, 桃作为五果之首深受喜爱。它喜光耐旱, 宜生长在 pH 值 5~6.5 且通透性好的沙壤土中, 中国南北方皆有种植, 形成了五大产区, 其中山东肥城, 河北深县, 甘肃宁县, 江苏太仓, 浙江奉化等地都是历史著名产区。据 FAO 资料统计, 世界上中国的桃和油桃栽培面积和产量最大。2005 年中国桃树面积 40 万 hm^2 , 年产量 300 多万 $\text{t}^{[1]}$ 。桃的产量和品质不仅与品种、修剪、灌溉等有关, 而且与营养管理关系密切。只有在改良品种的同时, 科学高效地管理桃园养分, 才能优质高产。目前国内外市场正开始从数量型需求转向质量型需求, 提高商品桃的内在品质日益成为桃产业发展的核心内容, 桃树养分科学管理的作用将会更加突出。

中国桃树栽培面积虽大, 但平均单产低, 出口量少, 主要问题在于因品种优势不明显而引起的外观、内在品质差, 市场竞争力不强^[2]。此外, 生产中缺乏养分管理是严重的问题之一, 普遍存在重施化肥, 轻施有机肥等问题, 因偏施氮肥引起磷钾和中微量元素养分失调问题也很严重。养分的不当管理还引发了许多与桃生产有关联的生态问题, 例如, 过度施肥后土壤养分随径流流失或随水下渗, 污染地下水源, 长期偏施肥料造成桃树体内矿质元素的不平衡与拮抗病变, 影响桃树的正常生长和果实品质等。中国桃的产区分布范围广、地方品种多, 桃树的生长节律、对养分需求等都有地域性特点, 因此, 在集约化栽培经营条件下, 如何因地制宜地进行桃树养分的科学管理是桃树生产的关键问题之一。现扼

要总结有关桃树营养研究的进展情况, 分析了存在的问题, 为进一步提高中国桃树养分管理水平、施肥效益和桃树产业的可持续发展提出桃树营养管理的对策。

1 桃树营养特性和施肥技术研究进展

1.1 桃树的营养需求特性与规律

桃树生长的不同时期对营养的需求在种类和数量、时间和空间上存在差异, 幼龄期对施肥敏感, 初果期是由营养生长向生殖生长转化的关键时期, 盛果期需肥量大, 而在衰老期需促其更新复壮, 因此协调好桃树的营养生长和生殖生长是桃树施肥的主要目标。在年周期中, 可分为利用贮藏期、贮藏养分和当季养分交替期、当季营养期和营养积累贮藏期等 4 个时期。由于桃树有贮藏营养的特点, 其养分管理与其他果树有很大差别。桃树比较耐瘠薄, 对氮磷钾三要素的吸收比例大体为 100 : 30 ~ 40 : 60 ~ 160^[1]。

桃树的需肥规律是科学施肥的根据之一, 无论是在桃树的生命周期还是年周期中, 其营养需求的重点都在后期, 了解如何对其养分供应进行科学控制和管理, 是保证桃树营养需要的关键, 同时随着现代社会的发展, 生态环境和食品安全问题日益突出, 对桃树养分管理也提出了更高的要求。

1.2 大量营养元素施肥与桃树生长

N、P 和 K 是作物生长必需的大量营养元素, 通常需通过施肥才能满足作物高产的要求。目前在桃树氮素营养方面的研究较多, 主要包括氮素的需肥特性, 施氮对桃树生长、产量和品质的影响等, 而磷钾及微量元素营养的相关研究很少。Rufat J 等^[7]研究表明, 在桃树生长的前 30 d 内, 所利用的 N 来源于贮藏器官, 当季树体从贮藏器官中释放的 N 能持续到开花后约 75 d 为止。当年树体累积的干物质与 N 肥施用量正相关, 施 N 肥树体的总 N 含量是不施肥的 2 倍。施肥桃园的 N 日利用量大约是 1 kg/hm^2 , 而不施肥的桃园仅 0.5 kg/hm^2 。

第一作者简介: 陈防 (1959-), 男, 博士, 研究员, 从事植物营养研究工作。E-mail: fchen@ppi.caas.ac.cn。
基金项目: 国家支撑计划资助项目 (2007BA D87B09); 国际植物营养研究所资助项目 (IPNI-HB-27)。
收稿日期: 2008-09-28

Sotiropoulos 等^[8]发现, 施 N 肥能显著增加桃树叶内 K 含量和桃果实内 Ca 含量。但也有报道认为 N 肥多次施用降低了叶片 P 的浓度, 而微量元素浓度有增加的趋势。李付国等^[9]认为叶内 N 含量同土壤 N 水平呈二次函数关系, 土壤 N 素的增加能降低桃树叶内 P、K、Ca 和 Mg 的含量水平。Saenz 等的研究表明, 施用 N 肥能延长果实的发育期从而增加果实的同化积累(库容量), 增加果实个体干重 15%, 总干重增加 40%。虽然该研究没有直接评估 N 肥对同化可获得性(源容量)的影响, 但这也能在一定程度上解释为何不同施肥方法在不同的品种和地域具有不同效果的原因。

Munoz 等^[10]施用 N¹⁵ 标记的 KNO₃ 肥料研究结果表明, 在开花和着果季节, 生长所需 N 的 7% 来自肥料, 其余来自老器官中贮藏的 N。一年内的 N 吸收最大值在营养生长高峰期和果实成熟期。落叶前, 树体吸收的 N 从叶内转移到木质组织中并被贮存起来, 在下个生长季节使用。Niederholzer 等的研究更进一步表明, 春季施肥后树体休眠期内组织中检测出的 N 含量较秋季低, 但树体在营养生长和产量等方面与秋季施肥相比表现出显著的差别, 秋季施肥后仅 24% 树体在休眠期内检测出有 N 素累积。树体的多年生部位对树体吸收的 N 具有贮藏能力(大约 30 kg/hm²), 50% 的叶片 N 可被转移并贮藏在树体的木质部分。即使不进行秋季施肥, 春季叶面施肥的 N 素也能为桃树从休眠到正常生长启动的整个过程提供足够的 N, 直到春季树体吸收到土壤 N 为止。

N 在桃树体内的贮藏与 C 代谢直接关联, 当树体为满足高速生长而大量同化 C 时, N 的积累也最多, 且累计的数量与体内非结构性碳水化合物的数量极显著相关^[3]。当 CO₂ 缺乏时, 桃树对外源 N 的吸收就会减少。树体休眠后进入自养之前, 贮藏 N 开始活化, 贮藏的 N 素数量大, 可增加产量并提高品质, 桃树的单株坐果数、单果重量和平均株产量均明显提高; 维生素 C、可溶性固形物、可溶性糖和有机酸的含量以及糖/酸比值都明显上升^[5]。

有研究认为, 通过增加 N 肥滴灌施用次数能改善生长提高桃果产量。N 素施用频率与产量的关系依不同施用方法、品种或者不同的试验地区有不同的结果^[4]。研究表明, 在中等施氮水平时果实总可溶性固形物、蔗糖、7-癸内酯含量最高, 高氮处理的最低; 其果实中可滴定酸、柠檬酸和苹果酸含量最高, 但果皮颜色最差。果胶成分的分析表明, 高量施氮阻碍了果肉中多糖醛酸苷的早期降解, 导致了低分子量多糖醛酸苷的累积, 这可能引起果肉质变差, 影响桃的商品价值^[9]。N 肥通过增加根内维管系统的数量来提高桃树根系吸收能力, 吸收根的数量和寿命增加, 可以延续到生长季节结束^[7]。此外, 过度施用化肥和真菌杀剂对共生菌根有抑制, 影

响根系活动。

桃果实内有机酸和蔗糖含量随肥料的施用方法不同有显著差异, 除反丁烯二酸外, 大多数糖、有机酸和总可溶性固性物随施肥方法变化具有统计学差异。在滴灌施肥的条件下, 随着果实的成熟, 总可溶性固性物含量、蔗糖含量和苹果酸含量增加而葡萄糖、果糖和山梨糖醇含量减少^[8]。土壤或者叶面施肥都能显著改变桃果可溶性固形物、苹果酸、乙烯的含量和果实外观颜色^[9]。总之, 不施肥的情况下桃树果实品质受当时的气候影响较大, 而施肥时不同的施肥方式和施肥量对品质有重要影响。

叶面喷施和土壤施肥混用的方法能在既维持桃树正常生产, 又能抑制过度营养生长和降低土壤污染风险三者之间有效地找到平衡。研究表明, 叶面施肥能为包括根、茎和果芽等不同器官提供足够数量的 N, 但平均果重小于土壤施肥处理。如果 50% N 采用叶面喷施(秋季初), 另外 50% N 采用土壤施用(夏季末), 则可获得与单纯土壤施肥相同的产量和果重。土壤和叶面施 K 能增加果实酚类物质含量(Hernandez-Fuentes, 2002)。Wooldridge 研究结果表明, 在头 4 个挂果季节, 桃树的营养生长和产量对土壤 K 和 N 都很敏感, 如果产量维持 35.5 t/hm², 则每树每季需 K 肥 300 g, N 肥 267 g, 超过上述施肥量以后果实产量和品质不再增加。此外, 在桃园中种植有机绿肥能提供桃树在最大 N 需求期的 N 素供应, 也是减少土壤污染的有效途径。

综上所述, 桃树对 N 和 K 都比较敏感, 对桃树的生长发育、营养物质的累积和代谢都起着重要作用。因此, 根据不同地区、不同桃树品种特性和不同的肥料种类, 提出在适宜的时间、以适宜的方法施用适宜数量的氮钾肥和其他肥料是增加果实产量, 提高果实品质, 降低环境污染风险的关键。今后在桃树对磷钾的吸收利用特性, 需肥规律和施肥技术等方面的研究还应加强。

1.3 中微量元素施肥与桃树生长

作物所必需的中量元素有 Ca、Mg 和 S, 微量元素主要是 Fe、Mn、Cu、Zn 和 B, 它们的数量虽少, 但不可替代。土壤往往不能满足某种或多种中微量元素的供应, 需要通过施肥补充。有关桃树施用中微量元素的研究报道很少, 现有的报道主要集中在桃树施用 Ca、B 和 Zn 对桃果品质和落叶落花方面, 对桃树体内生理过程影响的研究等未见报道。由于钙移动性差, 施用时应注意施用时期与位置的针对性, 使钙能直接补充到果实。果实发育阶段的营养条件不仅影响果实品质, 也与果实采后品质变化相关, 进而影响果实的贮藏。研究发现, 在贮藏开始阶段, 单施 B 肥桃果实可溶性固性物和酸度最高; 施用 Ca+B+Zn 处理的可溶性固性物含量其次而果实硬度最高, 其他施肥处理的果实硬度无显著差异。贮藏 3

周后, 单施 B 和施 Ca+B+Zn 的处理 Vc 含量最高, 而单施 Zn 处理的果实失重最小。采果前喷 Ca 可提高果实 Ca 及可溶性固形物含量, 增强耐贮性^[1]。

当尿素和硫酸锌混施时桃树叶片 N 含量显著减少, 表明 Zn 有利于叶片衰老前 N 素的活化与转移。硫酸锌能使桃树提前落叶, 在追施尿素的情况下叶片脱落会被提前 1 周, 且这种提前作用可维持 1~2 a。但硫酸锌和尿素混施不会引起桃树的落花现象^[3-4]。Ni 元素缺乏是部分桃树某些生理病症和移植失败的肇因, 可以通过叶面喷施 Ni 肥 (100 mg/L) 而解除。Finch 等^[11] 报道在酸性沙土上的桃树表现出缺 S 反应, 当叶片含 S 量为 550~990 mg/g DW 时, 桃树表现出严重的缺 S 症状。当叶片含 S 量为 1 400~2 500 mg/g DW 时, 桃树 S 供应才足够。可以预计, 未来桃树的集约化栽培种植中通过施肥等措施满足了氮磷钾三要素之后, 土壤中潜在的中微量元素缺乏症状就会逐渐显现出来, 成为养分限制因子。

1.4 营养环境与桃树的抗性

果园的营养环境对果树生长有重要影响, 其中土壤条件和果园的地形位置都很重要, 与桃树的生长密切相关, 但有关这方面仅有少量通过施肥增加桃树抗缺铁和病害的报道, 常见的缺素症状主要有 N、P、K、Ca、Mg、S、B 和 Zn。桃树的病虫害很多, 但一般不会造成大的危害。中国桃产区普遍发生的虫害有蚜虫、红蜘蛛、潜叶蛾、桑白蚧、梨小食心虫等; 病害有炭疽病、褐腐病、细菌性穿孔病、根癌病、缺铁性黄叶病等, 有关桃树营养环境与病虫害相互关系的研究极少报道。

在石灰性土壤的桃园中增加钾肥施用量, 可以增强桃树对环境的忍受能力, 石灰性土壤的副作用也可以通过使用钾肥而抵消。一般情况下桃的产量与钾的施用量正相关, 与土壤石灰含量负相关^[2], 采用能忍受石灰性土壤伤害的砧木是解决桃缺铁性失绿症的好方法。细菌性坏死病原物侵染桃树后能触发树体内 *syRB* 基因

表达, 并产生导致组织坏死的化合物因而发病。施用 N 肥能降低桃树对细菌性坏死病的感染几率, 其作用机理是通过抑制某些导致 *syRB* 基因表达的代谢, 或者诱发树体内能抵抗 *syRB* 基因诱导化合物的物质的产生, 从而增加树体的抗病能力。

1.5 适宜桃树的肥料类型

目前桃树施用的肥料主要包括有机肥和商品化肥。首先, 应根据当地条件尽可能利用各种有机肥资源, 在此基础上以商品化肥作为补充。相比其他的无机 N 或氨基酸而言, 尿素容易被桃树吸收并分布于整个树体, 是桃树叶面喷 N 肥的最佳形式^[13]。磷肥一般用过磷酸钙, 钾肥为硫酸钾和氯化钾, 钙肥可用石灰、石膏等, 锌肥以硫酸锌为主, 硼肥以硼砂为主。Fernandez 等^[15] 采用 FeSO₄, Fe³⁺-citrate, Fe³⁺-EDTA, Fe³⁺-IDHA, 和 Fe³⁺-DTPA 对缺铁桃树进行叶面喷肥, 结果表明, 二价铁比三价铁更适合于桃树的叶面喷肥。另外, 桃树专用复合肥是今后发展的方向。

1.6 桃树的营养状况诊断

叶片分析可以提供可靠的养分需求信息, 通过叶片分析来评估树体营养状况已成为常用手段。有研究报道, 花器官和早期叶样的营养成分是制定当年施肥方案的最佳参考标准。Johnson R S 等^[14] 分析了桃树休眠期树体的营养与生长期树体的表现和果实产量关系, 认为很多生长期的参数与休眠期树体的营养水平具有显著的相关关系, 特别是氮磷硼锌等营养成分。通过休眠树体内的营养成分水平, 可确认生长期树体不同营养缺乏的临界值, 以此作为桃园养分管理和施肥方案的拟订依据。表 1 列出了部分国家和地区桃树叶片主要营养元素的适宜含量指标, 低于此范围则易表现养分缺乏症状, 需要通过施肥等措施进行纠正。总的来看各国家和地区之间桃树叶片主要营养元素的适宜养分含量指标中 N、K 和 Mn 元素的差异较大, 其他元素指标差异较小。

表 1 部分国家和地区桃树叶片主要营养元素的适宜含量指标								
营养元素	澳大利亚	美国宾州	中国华北	巴西	德国	匈牙利	意大利	南非
N/%	3.0~3.5	2.5~3.4	2.8~4.0	3.26~4.53	2.20~3.20	2.60~3.60	3.00~3.60	2.20~3.80
P/%	0.14~0.25	0.15~0.30	0.15~0.29	0.15~0.28	0.18~0.35	0.18~0.26	0.16~0.22	0.12~0.20
K/%	2.0~3.0	2.10~3.00	1.5~2.7	1.31~2.06	1.50~3.00	2.00~3.00	1.50~2.80	0.80~3.20
Ca/%	1.8~2.7	1.90~3.50	1.5~2.2	1.64~2.61	1.50~2.50	1.70~2.40	1.40~2.40	1.20~3.50
Mg/%	0.3~0.8	0.20~0.40	0.3~0.7	0.52~0.83	0.30~0.60	0.40~0.60	0.40~1.00	0.35~1.10
B/ $\mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$	20~60	25~50	25~60					
Fe/ $\mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$	100~250	51~200	100~250					
Zn/ $\mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$	20~50	20~200	20~60					
Mn/ $\mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$	40~160	19~150	35~280					
Cu/ $\mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$	5~16	6~25	7~25					

2 总结与展望

综上所述, 目前国内外在桃树养分吸收特性、需肥规律、营养条件与碳代谢和桃果品质等方面开展了初步探索, 养分管理研究已有较好的基础。一些国家和地区

已提出了当地的桃树叶片的主要营养元素诊断指标, 在桃树生产中已有比较系统的营养管理技术为果农提供指导, 已在桃果生产中起着重要作用。桃树营养研究与管理方面存在的主要问题是研究主要集中在特定品种

的单一施肥上, 磷钾肥及中微量元素肥料与桃树营养的相关研究相对较少, 大部分研究的工作范围和品种的选择规模都不大。目前中国桃树营养研究的报道主要来自华北地区, 其他地区相对较少, 因而研究结果对全国的桃园养分管理指导意义有限。另外, 施肥与其他管理措施的相互关系, 肥料在桃树上的高效施用技术等方面的研究还有待加强。

3 今后工作重点

为进一步提高我国桃树营养研究与管理水平和桃树施肥效益, 促进桃果产业可持续发展, 认为今后应注意和加强如下几方面的研究。

充分利用测土配方施肥的成果与技术, 在分区管理的基础上, 根据不同区域及其主栽品种的营养需求特点, 建立分区的桃园主要营养元素土壤和植株营养状况评价指标。尽可能拓宽营养诊断内容, 完善诊断技术和方法, 从单一元素的临界值诊断发展到综合诊断。

加强植物营养与生理生化过程相互关系的研究, 进一步阐明桃树营养特性及养分利用高效的机理, 提出营养高效的技术措施。加强桃树抗营养胁迫基因型品种的引进、筛选与培育。

注意桃园营养管理措施对果园生态环境的影响和研究, 有效阻控果园的面源污染, 保证桃果产业可持续发展。

加快全国及区域性桃园养分管理网络信息系统的构建, 提升桃果生产的管理水平。

参考文献

- [1] 贾小红, 陈清. 桃园施肥灌溉新技术[M]. 北京: 化学工业出版社, 2007.
- [2] 李绍华. 世界果树生产状况及提高我国果品市场竞争力对策[J]. 中国农业大学学报, 2003, 8(1): 7-13.
- [3] Neilsen D, Fallahi B, Neilsen G, et al. Regulation of N uptake in young peach trees related to the management of carbon and nitrogen stores[J]. Acta Horticulturae, 2001, 564: 63-70.
- [4] Neilsen D, Fallahi B, Neilsen G, et al. Combining low biuret urea with foliar zinc sulfate sprays to fertilize peach and nectarine trees in the fall[J]. Acta Horticulturae, 2001, 564: 321-327.

- [5] 侯新村, 李恒杰, 高梅秀, 等. CO₂ 施肥对设施桃树果实性状的影响[J]. 北方园艺, 2007(9): 82-84.
- [6] Jia H J, Mizuguchi K, Hirano K, et al. Effect of fertilizer application level on pectin composition of Hakuho peach (*Prunus persica* Batsch) during maturation[J]. HortScience, 2006(7): 1571-1575.
- [7] Baldi E, Toselli M, Marcolini G, et al. Effect of mineral and organic fertilization on soil chemical, biological and physical fertility in a commercial peach orchard[J]. Acta Horticulturae, 2006, 721: 55-62.
- [8] Fajt N, Veberic R. The influence of fertigation on the development of fruits and the contents of sugars and organic acids in 'Redhaven' peach[J]. Horticulturae, 2002, 592: 323-329.
- [9] Polcarpo M, Di Marco L, Faiva V, et al. Effect of foliar nutrition on peach (*Prunus persica* L. Batsch) yield and fruit quality as related to different crop loads[J]. Acta Horticulturae, 2002, 594: 659-666.
- [10] 关军锋, Max Saure. 果树钙素营养与生理[M]. 北京: 科学出版社, 2005.
- [11] Finch C R, Byrne D H, Lyons C G, et al. Sulfur nutrition requirements of peach trees[J]. Journal of Plant Nutrition, 1997(12): 1711-1721.
- [12] Szucs E. Nutritional aspects of growing site and shortage or excess of soil lime in peach and sour cherry orchards[J]. Acta Horticulturae, 2007, 732: 641-645.
- [13] Funaya S, Umemiya Y. The influence of chemical forms on foliar applied nitrogen absorption for peach trees[J]. Acta Horticulturae, 2002, 594: 97-103.
- [14] Johnson R S, Andris H, Day K, et al. Using dormant shoots to determine the nutritional status of peach trees[J]. Acta Horticulturae, 2006, 721: 285-290.
- [15] Fernandez V, Del R V, Abadia J, et al. Foliar iron fertilization of peach (*Prunus persica* (L.) Batsch): Effects of iron compounds, surfactants and other adjuvants[J]. Plant and Soil, 2006(2): 239-252.
- [16] Munoz N, Guerri J, Legaz F, et al. Seasonal uptake of n-15-nitrate and distribution of absorbed nitrogen in peach trees[J]. Plant and Soil, 1993(2): 263-269.
- [17] Rufat J, DeJong T M. Estimating seasonal nitrogen dynamics in peach trees in response to nitrogen availability[J]. Tree Physiology, 2001, 15: 1133-1140.
- [18] Sotiropoulos T E, Therios I N, Dimassi K N. Effects of application of 'hydrocomplex' and 'Norway nitrate' fertilizers on leaf and fruit nutrient concentrations and seasonal accumulation of nutrients in three peach cultivars[J]. Agrochimica, 2002(6): 280-290.
- [19] 李付国, 孟月华, 贾小红, 等. 供氮水平对'八月脆'桃产量、品质和叶片养分含量的影响[J]. 植物营养与肥料学报, 2006, 12(6): 918-921.

Progress and Prospect of the Research and Management on Peach Nutrition

CHEN Fang, TAO Yong, WAN Kai-yuan, CHEN Shu-sen, WANG Li

(Wuhan Botanical Garden, China Academy of Agricultural Sciences, Wuhan, Hubei 430074, China)

Abstract: This paper briefly summarized the progress of research on nutrients uptake, relationship between fertilization and growth and stress resistance of peach trees, better fertilizer application forms and plant nutrition status diagnoses technology in the world in recent years. It also discussed the main issues of peach nutrition management in China, the research fields and strategy for peach nutrition management in future.

Key words: Peach; Nutrition; Fertilization; Management strategy