

# 根外施钾对 K<sub>9</sub> 苹果树光合速率的影响研究

徐立祥<sup>1</sup>, 唐雪东<sup>2</sup>, 刘晓嘉<sup>2</sup>

(1. 东北林业大学 林学院 黑龙江 哈尔滨 150040 2. 吉林农业大学 吉林 长春 130118)

**摘 要:** 采用 GPS-1 便携式光合作用测定系统, 研究 K<sub>9</sub> 苹果树生育期根外施 K 对其光合速率的影响。结果表明: K<sub>9</sub> 苹果树光合速率日变化呈双峰曲线, 且根外施 K 处理叶片净光合速率 (Pn) 明显高于对照, 在一定程度可缓和“午休”现象, 每次喷钾的作用可持续 25 d 左右。并且 3 次根外施 K 处理叶片光合速率明显高于根外 1 次施 K 和 2 次施 K 处理。

**关键词:** 根外施 K; K<sub>9</sub> 苹果树; 光合速率

**中图分类号:** S 661.106<sup>+</sup>.2 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-0009(2010)04-0023-04

K<sub>9</sub> 苹果 (*Malus pumila* Mill.) 属蔷薇科 (Rosaceae) 苹果属 (*Malus* Mill.) 落叶果树, 单果重 60~90 g, 果实颜色粉红, 浓香, 质脆, 甜酸适口, 品质极佳, 近年来市场售价较高, 有很好的市场前景<sup>[1-2]</sup>。

钾肥可促进果树的营养同化, 加快淀粉和糖类的运转, 有利于果实提早成熟, 增加产量。充足的钾素营养可增加苹果含糖量, 提高品质, 对果面着色度、香味、果实风味和耐贮性均有显著的提高<sup>[3-4]</sup>。钾也能促进新梢成熟, 机械组织发达, 提高抗旱、抗寒性能<sup>[5]</sup>。国内外关于根外施肥对果树、蔬菜、人参等生长发育、光合作用及产量影响已有许多报道<sup>[6-12]</sup>, 根外施钾对 K<sub>9</sub> 苹果栽培技术及果实品质研究有少量报道<sup>[3]</sup>, 特别是对其光合作用的研究尚属空白。该试验研究不同次数根外施钾对 K<sub>9</sub> 苹果树光合速率的影响, 探明 K<sub>9</sub> 苹果树光合作用的规律, 为我国北方 K<sub>9</sub> 苹果进一步合理施肥提供参考。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验材料

试验于 2008 年在吉林农业大学果树教学基地苹果园进行, 供试品种为 7 a 生矮化 K<sub>9</sub> 苹果树, 砧木为山定子, 中间砧为 GM-256。苹果园面积 2.0 hm<sup>2</sup>, 株行距 2.0 m×3.0 m, 树高 2.5 m 左右, 园土为黑土, 土壤 pH 值为 6.98, 有机质含量 4.5 g/kg, 栽培管理同传统种植。

### 1.2 试验设计

试验设 3 个处理和对照 每个处理 3 次重复, 单株小区, 随机排列。处理于 6 月 12 日根外施 1 次 5 g/kg K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, 处理 II 分别于 6 月 12 日、7 月 12 日根外施 2 次 5 g/kg K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, 处理 III 分别于 6 月 12 日、7 月 13 日、8 月 12 日根外施 3 次 5 g/kg K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, 用喷清水做对照。

### 1.3 测定方法

光合速率日变化的测定 6 月 19 日采用英国产 PP systems 公司生产的 TPS-1 便携式光合测定系统定期测定树冠南部生长健壮的发育枝中部第 4~5 节成熟叶净光合速率 (Pn)、蒸腾速率 (Tr) 和气孔导度 (Gs); 光合速率季节变化与每次处理后 1、3、15、20、30 d 测定, 于晴天上午 9:00~10:00 进行, 每处理重复测定 3 次, 取平均值。

## 2 结果与分析

### 2.1 根外施钾对光合速率与蒸腾速率日变化影响

测定结果 (见图 1) 表明, 根外施 K 显著提高 K<sub>9</sub> 苹果树日光合速率, 1 d 中光合速率有 2 次高峰, 根外施 K 处理的苹果树出现在上午 9:00 和下午 16:00 时, 而对照出现在上午 10:00 和下午 16:00 时, 根外施 K 处理的苹果树日光合速率比对照高 18.09%~33.86%, 上午 9:00 CO<sub>2</sub> 同化量比对照高 6.363 μmol·m<sup>-2</sup>·s<sup>-1</sup>, 下午 16:00 光合速率达高峰时比对照高 1.232 μmol·m<sup>-2</sup>·s<sup>-1</sup>, 而 12:00~14:00 时均处于光合速率低谷。曹冬梅等<sup>[6]</sup> 研究也证明, 金矮生苹果光合日变化 1 d 中有 2 次高峰, 同时根外施钾处理光合速率高峰值出现时间要早于对照, 并且根外施钾的处理要明显高于对照, 该试验研究结果与其一致; 赵国锦等<sup>[8]</sup> 在番茄上的研究也说明, 根外施钾光合速率峰值出现时间要早于对照; 这些研究都说明根外施钾可以促进植物叶片的光合效能, 增加营养积累, 有利于植物的生长发育。但陶汉之等<sup>[10]</sup> 在研究茶树光合速率日变化时, 发现木本植物光合速率日变化与光强、天气情况和土壤水分等条件有密切关系。

第一作者简介: 徐立祥(1973-), 男, 硕士, 研究方向为林木栽培与种质资源。  
通讯作者: 唐雪东(1969-), 男, 博士, 副教授, 现从事果树学的教学与科研工作。E-mail: tangxd94@126.com。  
基金项目: 国家自然科学基金资助项目 (40271069, 40471076); 高校博士点基金资助项目 (20040193002)。  
收稿日期: 2009-11-20

如早春、晚秋、冬季和夏季阴天呈单峰型, 夏季晴天多呈双峰型, 而该试验是在夏季晴天进行的, 净光合速率呈双峰型, 至于其他情况有待于进一步试验研究。蒸腾速率日变化测定(见图 2) 表明, 1 d 中蒸腾速率也有 2 次高峰, 分别出现在 12: 00 和 16: 00, 根外施 K 处理蒸腾速率峰值分别为  $9.13 \text{ mmol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$  和  $4.68 \text{ mmol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ , 分别高出对照  $1.68 \text{ mmol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$  和  $0.75 \text{ mmol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ , 其变化规律与光合速率日变化规律大致相同, 全天绝大部分时间内根外施 K 处理苹果树蒸腾速率高于对照。

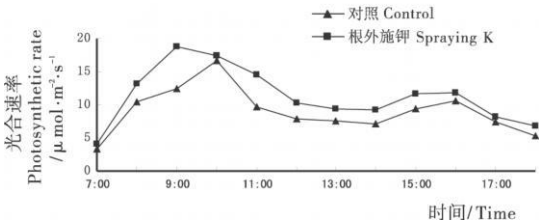


图 1 根外施钾对 K<sub>9</sub> 苹果光合速率日变化的影响

Fig. 1 Diurnal changes of photosynthetic rate after spraying K<sub>9</sub> in K cultivar apple trees

2.2 根外施钾对苹果树气孔导度日变化的影响

测定结果表明(图 3), 气孔导度的日变化规律与光合速率变化规律基本相同, 也出现 2 次高峰, 而且根外施钾的处理在 1 d 大部分时间也都高于对照。但其峰值出现在上午 8: 00 和下午 14: 00, 这与光合速率出现高峰的时间不同。根外施钾处理气孔导度峰值分别为  $465.3 \text{ mmol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$  和  $243.0 \text{ mmol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ , 分别高出对照  $145.3 \text{ mmol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$  和  $29.0 \text{ mmol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 。陶汉之<sup>[10]</sup> 在研究茶树光合作用时也得出其 P<sub>n</sub> 与 G<sub>s</sub> 的变化无平行关系, 不呈显著正相关。这表明 P<sub>n</sub> 的变化主要不是受 G<sub>s</sub> 限制, 该结论符合前面分析结果且与于海业等<sup>[7]</sup> 相关研究结果一致。许多研究也<sup>[14]</sup> 表明气孔是植物与环境进行气体交换的主要门户, 叶片气孔大小与植物光合势密切相关, 气孔的组织及运动特点是由遗传特性和生态因素共同决定的, 内外条件的任何变化都会对其发生一定的影响。该试验中根外施钾使 K<sub>9</sub> 苹果

树叶片气孔导度较早达最大值, 午后恢复也快, 且全天绝大部分时间大于对照树, 这是由于钾可调节保卫细胞膨压, 影响气孔开闭, 因而有利于 CO<sub>2</sub> 扩散, 提高树体的光合速率, 由图 1、3 也可以看出, K<sub>9</sub> 苹果树的光合速率也与叶片的气孔导度呈正相关, 这都与张大鹏<sup>[11]</sup> 和曹冬梅<sup>[15]</sup> 等的研究结果一致。

2.3 根外施 K 次数对苹果树光合速率季节变化的影响

根外施 K 后对苹果树光合速率变化的影响呈现一定规律(见表 1), 6 月 12 日根外施 K, 6 月 13 日测定根外施 K 苹果树光合速率比对照下降 14.35%, 根外施 K 第 3 天光合速率比对照提高 14.40%, 以后对光合速率促进作用更明显, 20 d 左右根外施 K 处理苹果树光合速率仍高于对照。每次施 K 作用持续时间可达 20 ~ 25 d, 30 d 时光合速率仍高于对照但差异不显著。表 1 表明 6 月 12 日根外施钾, 对当天的 K<sub>9</sub> 苹果幼树光合速率无影响, 表明钾营养通过气孔进入树体需要一段时间。第 2 d 处理树光合速率比对照下降了 14.35%, 这是由于叶施 K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 24 h 后引起气孔阻力增大, 致使叶肉细胞同化 CO<sub>2</sub> 这是由于叶施 K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 24 h 后引起气孔阻力增大, 致使叶肉细胞同化 CO<sub>2</sub> 能力减弱的结果, 曹冬梅、许大全等<sup>[14、15]</sup> 的研究都证明了这一点。第 3 天处理树光合速率比对照树提高了 14.40%, 以后对光合速率的促进更明显, 20 d 左右处理树仍高于对照树, 1 个月后其光合速率基本相近。这说明根外施钾对光合速率的影响是暂时的, 要获得持续较高的光合速率, 需间断地进行根外施钾, 这也与唐旭日等<sup>[15-16]</sup> 的研究结果一致。

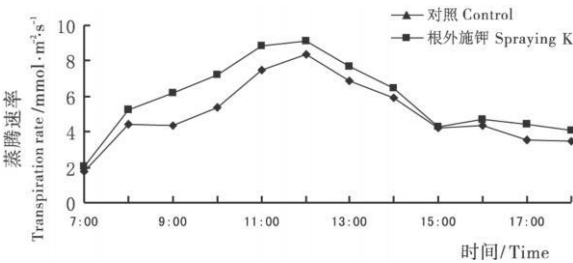


图 2 根外施钾对 K<sub>9</sub> 苹果树蒸腾速率日变化的影响

Fig. 2 Diurnal changes of transpiration rate after spraying K<sub>9</sub> in apple trees

表 1 根外施 K 时间对苹果树光合速率变化的影响

Photosynthetic rate of various days after spraying potassium in apple trees					
光合速率 Photosynthetic rate/CO <sub>2</sub> mg·dm <sup>-2</sup> ·h <sup>-1</sup>					
处理 Treatments	施 K 第 1 天 (06-13) First day of spraying K	施 K 第 3 天 (06-15) Third day of spraying K	施 K 第 15 天 (06-27) Fifteenth day of spraying K	施 K 第 20 天 (07-02) Twentieth day of spraying K	施 K 第 30 天 (07-12) Thirtieth day of spraying K
对照 Control	5.483a	5.847a	8.778A	13.653a	15.451a
根外施钾 Spraying potassium in roots	4.696a	6.2689a	11.424 B	14.686b	15.522a

不同次数根外施 K 对 K<sub>9</sub> 苹果树光合速率均有不同程度提高(见表 2), 1 次根外施 K (6 月 12 日)后光合速率季节变化有所提高, 尤其是 6 月 27 日和 7 月 2 日净光合速率分别比对照高 2. 646 mg · dm<sup>-2</sup> · h<sup>-1</sup> 和 1. 033 mg · dm<sup>-2</sup> · h<sup>-1</sup>, 其余时间较接近, 差异不显著。2 次根外施 K (6 月 12 日、7 月 13 日)处理 6 月 27 日至 7 月 28 日光合速率均显著高于对照和 1 次根外施 K 处理, 8 月 2 日后差异逐渐减小。3 次根外施 K (6 月 12 日、7 月 13 日、7 月 11 日和 8 月 12 日)处理的光合速率显著高于对

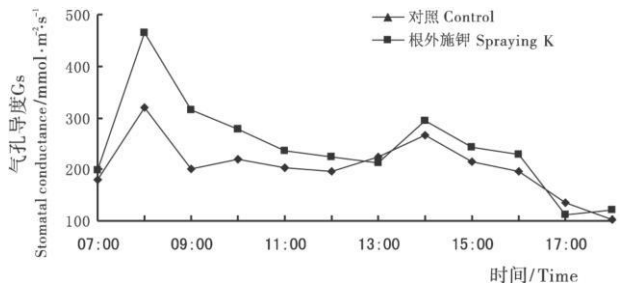


图 3 根外施钾对 K<sub>9</sub> 苹果树叶片气孔导度日变化的影响  
Fig. 3 Diuranl changes of leaves stomatal conductance after spraying K in K<sub>9</sub> apple trees

照、1 次根外施 K 及 2 次根外施 K 处理, 至 8 月 27 日出现光合速率小高峰, 比对照高 4. 622 mg · dm<sup>-2</sup> · h<sup>-1</sup>, 比 1 次根外施 K 处理高 2. 524 mg · dm<sup>-2</sup> · h<sup>-1</sup>, 比 2 次根外施 K 处理高 2. 111 mg · dm<sup>-2</sup> · h<sup>-1</sup>。这也与曹冬梅等<sup>[6]</sup> 在富士苹果上的研究结果一致。

7 月 13 日 2 次根外施肥, 7 月 16 日测定 2 次施钾树的光合速率比 1 次施钾树和对照树高, 但差异不显著, 这是由于此时气温高, 土壤干旱造成了叶片对钾的吸收缓慢。7 月 28 日测定, 2 次施钾树比 1 次施钾树高 14. 84%, 比对照树高 22. 71%, 差异显著。此时正是花芽分化、果实膨大期, 所以 2 次施钾对当年和翌年的产量形成有重要作用。

8 月 12 日 3 次根外施钾, 8 月 27 日测定, 3 次施钾树、1 次施钾树和对照间差异不显著, 但 3 次施钾树明显高于 2 次施钾树、1 次施钾树和对照树, 比 2 次施钾树高 10. 91%, 比 1 次施钾树高 13. 34%, 比对照树高 24. 55%。以后叶片进一步衰老, 光合性能下降, 光合作用也明显下降, 9 月 1 日测定 3 次施钾树高于其他处理。梁长梅等<sup>[13-15]</sup> 的研究也认为, 对果树多次根外施钾可延缓叶片衰老, 延长叶片光合时间, 这对于后期树体的营养积累, 提高越冬能力有重要作用, 且多次施钾表现出明显的叠加效应。

表 2 施钾次数对 K<sub>9</sub> 苹果树光合速率季节变化的影响

Table 2		Season changes of photosynthetic rate after spraying potassium various times in K <sub>9</sub> apple trees			
施 K 日期 (月·日)	测定日期 (月·日)	光合速率 Photosynthetic rate/ CO <sub>2</sub> mg · dm <sup>-2</sup> · h <sup>-1</sup>			
Time of spraying	Time of measure	对照 Control	1 次施 K One times spraying K	2 次施 K Two times spraying K	3 次施 K Three times spraying K
06-12	06-15	5. 847a	6. 289a	7. 234a	7. 358a
	06-27	8. 778A	11. 424B	11. 935B	12. 209B
	07-02	13. 653a	14. 686b	14. 606b	14. 627b
07-13	07-16	15. 852a	16. 291a	17. 648b	18. 362
	07-28	17. 546a	18. 705a	21. 532b	22. 486b
	08-02	17. 233a	19. 0498a	19. 927b	20. 321b
08-12	08-15	16. 755a	17. 245a	18. 598a	19. 494a
	08-27	16. 826A	18. 924A	19. 337B	21. 448B
	09-01	16. 113a	16. 573a	17. 922b	19. 986b

3 结论

钾在光合作用过程中起重要作用, 研究表明不论根外施 K 与否, 苹果树光合速率日变化规律均不变, 但根外施 K 处理苹果树光合速率日周期内高于对照, 且上午可提早进入光合作用最高峰, 午后光合速率恢复也较快, 一定程度缓和了“午休”现象。

K<sub>9</sub> 苹果树主要生育期间 6~8 月份 3 次根外施 K 处理对促进和延长当年光合速率, 营养贮藏积累有显著作用, 其效应优于 1 次根外施 K 和 2 次根外施 K 处理。但是根外施钾对光合速率的影响是暂时的, 要想获得较高的光合速率, 应在生长季节多次根外施钾, 同时多次施钾表现出明显的叠加效应。

参考文献

[ 1 ] 郭长城. 对 K<sub>9</sub> 苹果的再认识 [ J ]. 中国林副特产, 1994( 1 ): 38-39.  
[ 2 ] 贾新荣. 早熟苹果 K<sub>9</sub> 高产栽培技术 [ J ]. 北方园艺 2002 22( 4 ): 15-18.  
[ 3 ] 许大全, 沈先钢. 植物生理与分子生物学 [ M ]. 北京: 科学出版社, 1998; 262-272.  
[ 4 ] 段志坤. 钾素营养对果树的生理作用及钾肥施用技术 [ J ]. 果农之友, 2003( 11 ): 30-31.  
[ 5 ] 薛志勇. 苹果树栽培中的钾素营养 [ J ]. 河北果树 2003( 1 ): 37.  
[ 6 ] 曹冬梅, 王云山, 康黎芳, 等. 根外施钾对苹果树光合速率的影响研究 [ J ]. 中国生态农业学报, 2004, 12( 1 ): 80-82.  
[ 7 ] 于海业, 张 蕾, 周丽娜, 等. 林下人参叶片光合日变化的初步研究 [ J ]. 吉林农业大学学报 2007, 29( 3 ): 237-240.  
[ 8 ] 赵国锦, 于明礼, 李京冈. 根外施钾对日光温室番茄光合速率的影响 [ J ]. 安徽农业科学 2006 34( 7 ): 1402-1404.

# 河北省鸭梨品质的评价和相关性分析

赵佳丽<sup>1</sup>, 李惠卓<sup>1</sup>, 高如泰<sup>1,2</sup>, 文宏达<sup>1</sup>

(1. 河北农业大学 资源与环境科学学院, 河北 保定 071001; 2. 中国环境科学研究院, 北京 100012)

**摘要:**以河北省鸭梨为研究对象, 运用多因素相关分析法, 分析了各品质指标之间的相关性。结果表明: 总糖、可溶性固形物、可滴定酸是主要的评价因子, 不同产地的鸭梨品质存在着明显的差异; 可溶性固形物、总糖、可滴定酸、V<sub>C</sub> 之间互呈极显著的正相关; 总糖、可溶性固形物、可滴定酸及 V<sub>C</sub> 都与淀粉呈极显著的负相关; 单果重和硬度之间呈显著正相关, 可滴定酸和硬度之间呈显著负相关; 其它品质指标间无显著的相关关系。

**关键词:** 鸭梨; 品质; 评价; 相关分析

**中图分类号:** S 661.2(222) **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-0009(2010)04-0026-03

鸭梨原产河北, 是我国栽培历史上最悠久的古老品种之一, 也是白梨系统中重要的优良品种<sup>[1]</sup>。因其呈卵

卵形, 果梗基部肉质呈鸭头状突起, 故名鸭梨<sup>[2]</sup>。河北省种植的优质鸭梨, 形美色艳, 果个适中均匀, 肉质细腻, 含糖量高, 香甜爽口, 不仅有较高的营养价值, 还具有生津解渴、化痰润肺、止咳平喘的医学功效。作为河北省传统的名特优果品, 鸭梨不仅在国内热销, 还为出口创外汇做出了贡献<sup>[3,5]</sup>。

随着社会经济的发展, 人们生活水平的不断提高, 水果的消费量也在不断增加, 特别在市场竞争如此激烈的今天, 消费者对鸭梨品质要求标准越来越高, 生产者也开始把注意力从提高产量转移到改善品质上来, 因此

**第一作者简介:** 赵佳丽(1984), 女, 河北张北人, 在读硕士, 现主要从事土壤学方面的研究工作。E-mail: zjl7944371@yahoo.com.cn.

**通讯作者:** 李惠卓(1956), 女, 河北顺平人, 教授, 现主要从事土壤资源和植物营养研究工作。E-mail: lhzh9663@hebau.edu.cn.

**基金项目:** 河北省人民政府和中国地质调查局合作资助项目(200040007-3-6)。

**收稿日期:** 2009-11-09

[9] 陶俊, 陈鹏, 余旭东. 银杏光合特性研究[J]. 园艺学报, 1999, 26(3): 157-160.

[10] 陶汉之. 茶树光合日变化研究[J]. 作物学报, 1991, 17(6): 445-452.

[11] 张大鹏, 王学臣, 姜成后, 等. 不同辐照日变化系统对葡萄净光合和气孔导性的影响[J]. 中国农业科学, 1991, 24(3): 1-7.

[12] 张进忠, 林桂珠, 林植芳, 等. 几种南亚热带木本植物光合作用对生长光强的响应[J]. 热带亚热带植物学报, 2005, 13(5): 413-418.

[13] 梁长梅, 温鹏飞. 根外施硼对新红星苹果树光合速率年变化的影响[J]. 山西农业大学学报, 2001, 21(1): 45-48.

[14] 许大全. 气孔运动与光合作用[J]. 植物生理学通讯, 1984(6): 6-12.

[15] 曹冬梅, 康黎芳, 王云山, 等. 根外施钾对苹果树气孔特性及光合速率影响研究[J]. 山西农业科学, 2002, 30(1): 57-60.

[16] 唐旭日, 张法琴. 苹果园施钾肥对果品产量及质量的影响[J]. 烟台果树, 2007(3): 19-20.

## Effect of Foliage Top-dressing of Potassium on the Photosynthetic Rate of Apple Trees

XU Li-xiang<sup>1</sup>, TANG Xue-dong<sup>2</sup>, LIU Xiao-jia<sup>2</sup>

(1. College of Forestry, Northeast Forestry University, Harbin, Heilongjiang 150040; 2. College of Horticulture, Jilin Agricultural University, Changchun, Jilin 130118)

**Abstract:** The effect of top-dressing of potassium on photosynthetic rate of apple trees in growth period were studied by GPS-1 portable photosynthesis system. The result showed that diurnal variations of the photosynthetic rate of K<sub>9</sub> apple trees emerged double peak curves. The photosynthetic rate of leaves of foliage top-dressing was higher than control obviously. Photosynthetic midday depression phenomenon was relaxed to a certain extent, and the effects will be kept up for twenty-five days after every spraying of potassium. In all growth period, the effect spring three times were better than spring one times and two times.

**Key words:** foliage top-dressing of potassium; K<sub>9</sub> apple cultivar; Photosynthetic rate