

薄壳山核桃光合生理特性对磷素响应的研究

姜宗庆, 李成忠, 汤庚国

(江苏农牧科技职业学院, 江苏 泰州 225300)

摘 要:以薄壳山核桃1年生盆栽实生苗为试材,研究了不同磷素水平条件下薄壳山核桃光合生理指标的变化,为薄壳山核桃肥料施用提供相应的参考依据。结果表明:磷素有利于提高薄壳山核桃叶片的叶绿素含量,磷缺乏和磷过量对叶绿素含量有抑制作用。磷缺乏和磷过量叶片气孔导度降低,胞间 CO_2 浓度和蒸腾速率均增加,而净光合速率下降。综合不同磷素水平研究结果,在磷水平(P_2O_5) $0.5 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$ 条件下可以保障薄壳山核桃幼苗的正常生长,促进光合作用和生理代谢。

关键词:薄壳山核桃;光合生理;磷素

中图分类号:S 664.106⁺.2 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2018)01-0019-04

磷素是植物生长发育的必需营养元素之一,它在植物体内具有光合、呼吸和核酸合成等多重功能^[1-4]。据统计,全世界 13.19 亿 hm^2 的耕地中约 43% 缺磷,中国也是耕地严重缺磷的国家,缺磷耕地约占我国耕地面积的 2/3,面积约为 0.7 亿 hm^2 ,土壤中有有效的磷含量低已成为全球普遍存在的问题^[5-6]。薄壳山核桃(*Carya illinoensis* K. Koch)属胡桃科山核桃属落叶乔木,原产于美国或者墨西哥,又称美国山核桃或者长山核桃,被中国作为珍贵的多用途品种引进^[7-10]。磷对薄壳山核桃光合作用的影响研究尚鲜见报道,为此开展不同磷素水平对薄壳山核桃光合生理指标的影响研究,旨在为薄壳山核桃肥料施用提供相应的参考依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料

选取生长基本一致的健壮薄壳山核桃一年生盆栽实生苗,栽培基质为干净河沙,每盆 1 株,平

均苗高 25 cm,平均地径 4.5 mm。

1.2 试验方法

试验在江苏农牧科技职业学院园林实验基地进行,采用单因素随机试验设计,采用 Hoagland+Arnon 营养液培育幼苗,营养液 P 水平由 KH_2PO_4 调配,营养液中缺少的 K^+ 用等量的 KCl 代替,用稀 HCl 或 NaOH 将溶液 pH 调至 6.5~7.0,进行不同磷水平(P_2O_5)处理,分别设无磷(P_0 , CK) $0 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$ 、低磷(P_1) $0.1 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$ 、正常(P_2) $0.5 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$ 、高磷(P_3) $1.0 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$ 4 个水平,各处理其它元素控制在同一正常供应水平,具体见表 1。每个处理 10 盆,3 次重复。薄壳山核桃开始萌动后,于 2016 年 3 月 24 日每 3 d 浇 1 次处理液,每盆 200 mL。

表 1 营养液成分及浓度

Table 1 Composition and concentration of nutrient solution

大量营养元素 Macronutrient elements	浓度 Concentration /($\text{mmol} \cdot \text{L}^{-1}$)	微量元素 Micronutrient element	浓度 Concentration /($\mu\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$)
KNO_3	5	Fe-EDTA	50
$\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$	5	H_3BO_3	45
$\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	2	$\text{MnCl}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$	10
KCl	1	$\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	0.8
KH_2PO_4	0~1	$\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$	0.3
		$\text{H}_2\text{MoO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$	0.3

第一作者简介:姜宗庆(1976-),男,江苏兴化人,博士,副教授,研究方向为植物品质生理。E-mail: wheatjzq@126.com.

基金项目:江苏省林业三新工程资助项目(lysx[2016]30)。

收稿日期:2017-07-10

1.3 项目测定

采用 LI-COP 公司的 LI-6400 便携式光合仪测定净光合速率(Pn)、气孔导度(Gs)、蒸腾速率(Tr)和胞间 CO₂ 浓度(Ci),挑选薄壳山核桃树上的中部叶片进行测定,挑选的叶片尽量大小及嫩度一致。分别在 2016 年 5 月 24 日、7 月 24 日,当天为晴朗无云、微风天气,在 08:00—18:00 区段内每 2 h 测定 1 次。

采用日本产 SPAD-502 型叶绿素计测定叶片的 SPAD 值,分别在 2016 年 5 月 24 日、7 月 24 日进行测定,挑选的叶片尽量大小及嫩度一致。

1.4 数据分析

试验数据处理和分析均采用 Excel 2013 软件进行。

2 结果与分析

2.1 磷素对薄壳山核桃 SPAD 值的影响

SPAD 值可以表征植物叶片叶绿素含量,而叶绿素含量是反映植物光合作用及其潜能的重要指标。由图 1 可知,不同月份、不同磷处理薄壳山核桃叶片 SPAD 值随着磷水平的增加呈先递增后减少的趋势,P0、P1 和 P3 处理均降低了叶绿素含量,5 月各处理的 SPAD 值表现为 P2>P3>P1>P0,分别为 59.26、56.45、48.43 和 34.65,P2、P3 和 P1 处理与 P0 处理差异明显,分别提高 71.0%、62.9%和 39.8%,P3 处理的叶片 SPAD 值低于 P2 处理但差异不明显;7 月各处理的 SPAD 值表现为 P2>P1>P3>P0,分别为 61.86、57.63、55.25 和 31.65,P1、P2 和 P3 处理与 P0 处理差异明显,分别高出 95.5%、82.1%和 74.6%,P1、P2 和 P3 处理差异不明显。

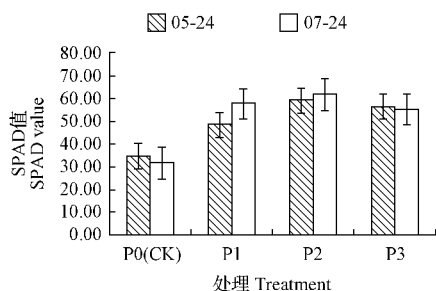


图 1 磷素对薄壳山核桃叶片 SPAD 值的影响

Fig. 1 Effect of phosphorus on SPAD value of *Carya illinoensis* leaf

2.2 磷素对薄壳山核桃光合速率的影响

由图 2 可知,各处理薄壳山核桃净光合速率 2 次峰值分别出现在 12:00 和 16:00,14:00 出现“午休”现象。5 月与 P2 处理相比,P0、P1 和 P3 处理净光合速率日均值分别下降了 57.3%、27.7%和 10.7%;7 月与 P2 处理相比,P0、P1 和 P3 处理净光合速率日均值分别下降了 56.5%、27.3%和 10.6%;2 个月不同磷素处理最大净光合速率表现为 P2>P3>P1>P0。

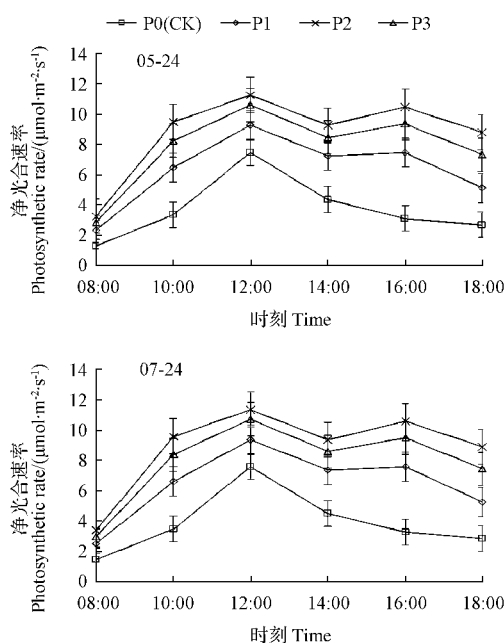


图 2 磷素对薄壳山核桃叶片净光合速率的影响

Fig. 2 Effect of phosphorus nutrition on photosynthetic rate of *Carya illinoensis* leaf

2.3 磷素对薄壳山核桃气孔导度的影响

由图 3 可知,与净光合速率的峰值时间基本一致,各处理的气孔导度峰值出现的时间点均在 12:00,5 月与 P2 处理相比,P0、P1 和 P3 处理气孔导度日均值分别下降了 38.9%、21.4%和 9.8%;7 月与 P2 处理相比,P0、P1 和 P3 处理气孔导度日均值分别下降了 33.8%、17.3%和 8.1%;2 个月不同磷素处理间均表现为 P2>P3>P1>P0。

2.4 磷素对薄壳山核桃胞间 CO₂ 浓度的影响

由图 4 可知,胞间 CO₂ 浓度影响光合作用的直接物质供应,胞间 CO₂ 浓度日变化规律表现为先下降后上升的趋势。5 月与 P2 处理相比,P0、

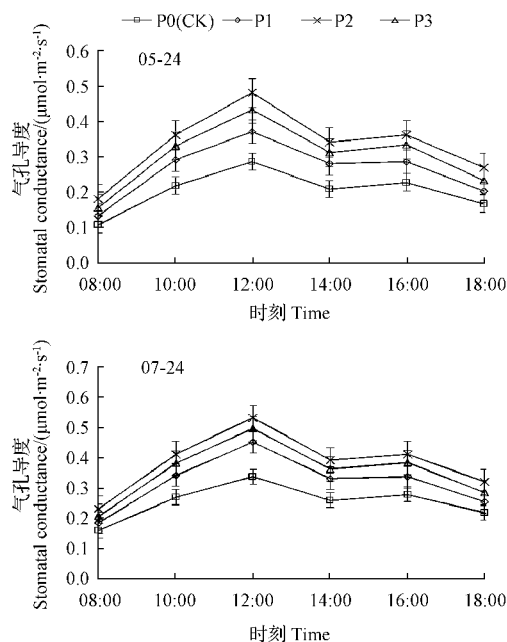
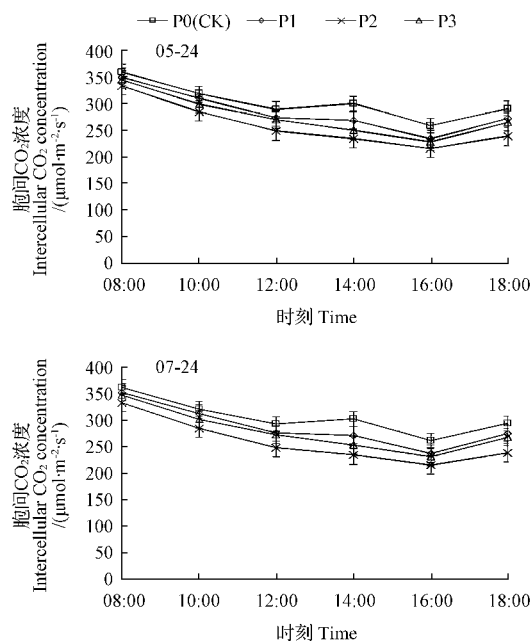


图3 磷素对薄壳山核桃叶片气孔导度的影响

Fig. 3 Effect of phosphorus nutrition on stomatal conductance of *Carya illinoensis* leaf图4 磷素对薄壳山核桃叶片胞间 CO_2 浓度的影响Fig. 4 Effect of phosphorus nutrition on intercellular CO_2 concentration of *Carya illinoensis* leaf

P1 和 P3 处理胞间 CO_2 浓度日均值分别增加了 16.9%、9.9% 和 6.6%；7 月与 P2 处理相比，P0、P1 和 P3 处理胞间 CO_2 浓度日均值分别增加了

17.9%、10.9% 和 7.6%；2 个月不同磷素处理间均表现为 $\text{P0} > \text{P1} > \text{P3} > \text{P2}$ 。

2.5 磷素对薄壳山核桃蒸腾速率的影响

由图 5 可知，5 月与 P2 处理相比，P0、P1 和 P3 处理蒸腾速率日均值分别增加了 47.6%、22.1% 和 33.0%；7 月与 P2 处理相比，P0、P1 和 P3 处理蒸腾速率日均值分别增加了 44.8%、20.8% 和 31.1%；2 个月不同磷素处理间均表现为 $\text{P0} > \text{P3} > \text{P1} > \text{P2}$ 。

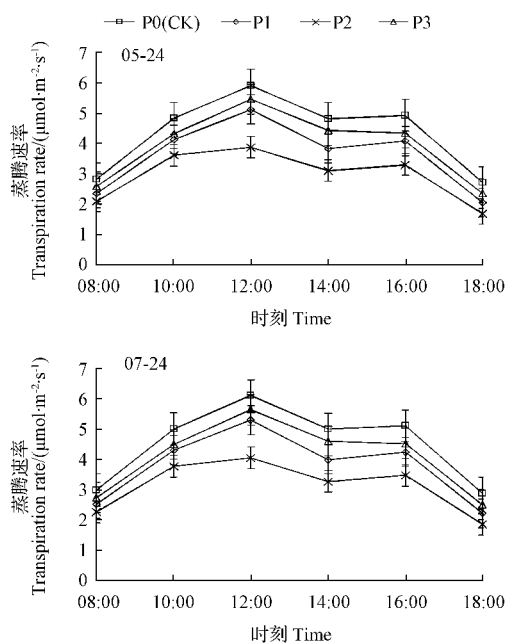


图5 磷素对薄壳山核桃叶片蒸腾速率的影响

Fig. 5 Effect of phosphorus nutrition on transpiration rate of *Carya illinoensis* leaf

3 结论

前人研究结果表明，叶绿素是叶片光合作用的基础，叶绿素含量高低能够在一定程度上反映植物叶片光合性能的高低^[11-12]。该试验结果表明，不同月份、不同磷处理薄壳山核桃叶片 SPAD 值均随着磷水平的增加呈先递增后减少的趋势，表明磷素有利于提高薄壳山核桃叶片的叶绿素含量，P3 处理的叶片 SPAD 值反而略低于 P2 处理，说明过高浓度的磷素对叶绿素含量有抑制作用。随着生育期延长，P1 处理下薄壳山核桃幼苗体内磷不断积累，最终导致叶片内叶绿素含量达到较高水平，7 月 P2 和 P1 处理的 SPAD 值差异

不明显。与 P0 处理相比,P1、P2、P3 薄壳山核桃幼苗叶片的叶绿素含量,延长了幼苗的生长旺盛期,对其生长有促进作用。

该试验条件下,磷缺乏和磷过量叶片气孔导度降低,叶片胞间 CO_2 浓度和蒸腾速率均增加,可能是磷胁迫使叶片内外气体交换受阻,影响了气孔开闭程度,净光合速率下降,光合能力减弱,这与于钦民等^[13]的研究基本一致,说明磷对薄壳山核桃幼苗生长发育起着重要的作用,直接影响着幼苗的光合作用和生理代谢,综合不同磷素水平研究结果,在磷水平 (P_2O_5) $0.5 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$ 条件下可以保障薄壳山核桃幼苗的正常生长,促进光合作用和生理代谢。

参考文献

- [1] ABEL S, TICCONI C A, DELATORRE C A. Phosphate sensing in higher plants[J]. *Physiologia Plantarum*, 2002, 115(1): 1-8.
- [2] VANCE C P, UHDE-STONE C, ALLAN D L. Phosphorus acquisition and use: Critical adaptations by plants for securing a nonrenewable resource[J]. *New Phytologist*, 2003, 157(3): 423-447.
- [3] TIESEN H. Phosphorus in the global environment[M]// White and Hammond. The ecophysiology of plant-phosphorus interactions. Springer, Netherlands, 2008: 1-7.
- [4] CORDELL D, DRANGERT J O, WHITE S. The story of phosphorus: Global food security and food for thought[J]. *Global Environmental Change*, 2009, 19: 292-305.
- [5] 吕滨泽. 植物矿质营养遗传特性研究进展[J]. 国外农学土壤肥料, 1987(3): 3-6.
- [6] 鲁如坤. 土壤-植物营养学原理和施肥[M]. 北京: 化学工业出版社, 1998: 49-53.
- [7] 江苏植物研究所. 薄壳山核桃引种和单株选种[J]. 中国果树, 1974(3): 3-11.
- [8] 张日清, 吕方德. 优良经济树种: 美国山核桃[J]. 广西林业科学, 1998, 27(4): 202-206.
- [9] 董滴泉, 习学良, 张雨, 等. 美国山核桃在云南的引种适应性报告[J]. 西部林业科学, 2004, 33(1): 49-54.
- [10] 彭方仁, 李永荣, 郝明灼, 等. 我国薄壳山核桃生产现状与产业化发展策略[J]. 林业科技开发, 2012(4): 1-4.
- [11] 许大全, 张玉忠, 张荣铎, 等. 植物光合作用的光抑制[J]. 植物生理学通讯, 1992, 28(4): 237-243.
- [12] 齐炳林, 曹翠玲, 王菲. 磷胁迫对豇豆幼苗硝酸还原酶活性和硝态氮含量的影响[J]. 干旱地区农业研究, 2010, 28(1): 147-151.
- [13] 于钦民, 徐福利, 王渭玲. 磷肥对杉木幼苗生物量及养分分配的影响[J]. 植物营养与肥料学报, 2014, 20(1): 118-128.

Effects of Phosphorus on Photosynthetic Characteristics of *Carya illinoensis*

JIANG Zongqing, LI Chengzhong, TANG Gengguo

(Jiangsu Agri-animal Husbandry Vocational College, Taizhou, Jiangsu 225300)

Abstract: Pot cultivated 1-year-old *Carya illinoensis* seedlings were used as test materials, the changes of photosynthetic physiological indexes of *Carya illinoensis* were studied under the condition of different phosphorus levels, to provide fertilization reference for *Carya illinoensis*. The results showed that phosphorus could improve the chlorophyll content, when phosphorus deficiency and phosphorus excess in leaves, chlorophyll content decreased, leaf stomatal conductance decreased, intracellular CO_2 concentration and transpiration rate were increased, while the net photosynthetic rate decreased also. Under the condition of phosphorus (P_2O_5) $0.5 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$, the normal growth of *Carya illinoensis* seedlings could be ensured to promote photosynthesis and physiological metabolism.

Keywords: *Carya illinoensis*; photosynthetic characteristics; phosphorus