

配方施肥对文冠果光合作用的影响

魏典典, 张刚, 刘淑明*

(西北农林科技大学 理学院, 陕西 杨陵 712100)

摘要:研究不同施肥处理对5年生文冠果叶绿素(Chl)含量、叶片净光合速率(P_n)和新梢长的影响。结果表明,5~9月份,所有处理的Chl含量和 P_n 随着时间的推移均呈先升后降的趋势,在7月达到最高值;施肥能够极显著地增加新梢长度;所有处理中N₂P₁K₂处理的Chl含量、 P_n 和新梢长度值均为最高;随着氮、磷、钾单一施肥量的增加,Chl含量、 P_n 和新梢长均呈先升后降的趋势;适宜的氮(N 110 g·株⁻¹)、磷(P₂O₅ 40 g·株⁻¹)、钾(K₂O 80 g·株⁻¹)用量及其配施能够明显增加文冠果的Chl含量、 P_n 和新梢长。可见,适宜的施肥量可有效增强文冠果的光合能力,推迟叶绿素的降解时间,并能保持较长的高光合持续期,进而促进新生枝条的生长。

关键词:文冠果;施肥;净光合速率;叶绿素含量

中图分类号:S725.5 文献标志码:A 文章编号:1001-7461(2014)03-0027-05

Effect of Fertilization with Formula on Photosynthesis of *Xanthoceras sorbifolia*

WEI Dian-dian, ZHANG Gang, LIU Shu-ming*

(College of Science, Northwest A&F University, Yangling, Shaanxi 712100, China)

Abstract: Different fertilization treatments were adopted to investigate their influences on chlorophyll (Chl) content, net photosynthetic rate (P_n) and the length of newborn branch (LNB) of 5 a born *Xanthoceras sorbifolia*. The results indicated that from May to September, the contents of Chl and P_n of the plants of all treatments tended to increase first and then decrease, the peak values were found in July. Fertilization could significantly promote LNB. The highest values of Chl content, P_n and LNB were found in N₂P₁K₂ treatment. Along with the increase of the amount of applying single component of N, P, and K, Chl content, P_n and LNB tended to increase first, and then decrease. The appropriate amounts of N (N 110 g per plant), P (P₂O₅ 40 g per plant), and K (K₂O 80 g per plant), or their combination could significantly improve the Chl content, P_n and LNB. It was concluded that suitable fertilizing amounts could effectively enhance the photosynthetic capacity, delay the decomposition time of chlorophyll, which can maintain a longer duration time of higher photosynthetic to promote the growth of newborn branch of *X. sorbifolia*.

Key words: *Xanthoceras sorbifolia*; fertilizer; net photosynthetic rate; chlorophyll content

文冠果(*Xanthoceras sorbifolia*)又名木瓜、文登阁、僧灯毛道,隶属于无患子科文冠果属,为单种属。结实早,种仁含油量高,耐干旱、盐碱,适生区域大,易繁殖,是我国北方特有的木本油料作物^[1],已被国家林业局定为“生物质能源林”树种之一。文冠果果壳^[2]、种仁、枝、叶、干和花萼等^[3]均可入药,种

仁含有丰富的氨基酸和脂肪酸^[4],具有很高的药用价值和食用价值^[5-6]。但目前文冠果在生产中存在诸多问题,低产是其中之一。文冠果虽然开花很多,但孕花很少,坐果更少,有“千花一果”之称^[7],其坐果率之低是果树中罕见的,严重影响着文冠果的开发与利用,无法满足生物质能源发展的产业化需求。

收稿日期:2013-09-04 修回日期:2013-10-29

基金项目:国家林业局推广项目([2012]72)。

作者简介:魏典典,女,在读硕士,研究方向:环境生物物理。E-mail:diandianwei@163.com

*通信作者:刘淑明,女,教授,研究方向:农林气象学及环境生物物理。E-mail:liusm99@sina.com

近年来,国内外对文冠果的研究较多集中在育种和栽培技术方面^[8-9],以及探讨其开花结果规律、果实性状、药用和食用价值等方面^[10-12]。魏猛^[13-14]等人虽然研究了施肥对文冠果生长、养分吸收以及土壤酶的影响,但施肥对文冠果光合作用的影响鲜有报道。本试验结合陕西省杨凌地区的土壤养分状况,探讨不同氮磷钾配比对文冠果光合作用和叶绿素含量的影响,以期为文冠果合理施肥提供理论依据和方法参考。

1 材料与方法

1.1 试验区概况

试验在陕西杨凌西北农林科技大学林学院苗圃,该地年均气温12.9℃,≥10℃积温3400~4600℃;年均降水量635.1 mm,年均蒸发量993.2 mm;降水主要集中在7、8、9月,属暖温带季风半湿润气候。土壤类型为壤土,选取0~40 cm土层土壤测定其理化性质(表1)。

表1 供试土壤的基本理化性质

Table 1 Physical and chemical properties of soil for the experiment

测定项目	测定方法	水平			肥料用量/(g·株 ⁻¹)		
		N	P	K	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
pH	1:2.5水土比电位法	8.01					
速效钾/(mg·kg ⁻¹)	火焰光度法	161.37					
速效磷/(mg·kg ⁻¹)	硫酸铜锑抗比色法	8.01					
碱解氮/(mg·kg ⁻¹)	碱解扩散法	45.09					
有机质/(g·kg ⁻¹)	重铬酸钾容量法	11.60					

1.2 试验设计

供试材料为5年生早果型文冠果,株距2 m×2 m;肥料选用养分含量稳定的单质肥料,即尿素(含N 46.4%)、重过磷酸钙(含P₂O₅ 46%)、硫酸钾(含K₂O 50%)。施肥方法采用环状深沟施肥,分2次施入(开花期:果实膨大期=1:1),田间管理同大田。

试验采用“3414”设计方案(表2),共14个处理,每个处理重复3次。“3414”是指氮、磷、钾3因素,4水平:0水平指不施肥;2水平指当地最佳施肥量的近似值;1水平为2水平的0.5倍;3水平为2水平的1.5倍(该水平为过量施肥水平)。

1.3 指标测定与方法

叶绿素含量测定:分别于2012年5月20日、6月20日、7月20日、8月20日和9月20日,晴天9:00~11:30选择树冠外围中上部向阳的叶片进行测定,采用乙醇丙酮(1:1)混合液萃取法测定,使用UV-3200型分光光度计测定萃取液在645 nm和663 nm处的光密度,每处理重复3次,取其平均值。

净光合速率(P_n)测定:测定时间、方位同叶绿素含量测定,采用美国Li-COR公司生产的Li-6400便携式光合仪测定,每处理重复3次,取其平均值。

新梢长测量:每棵树分东、南、西、北4个方位各选1个新生枝条,挂牌编号后,每隔15 d测量1次,直至其不再变化。

1.4 数据分析

数据采用Microsoft Excel和SPSS 20软件进行数据分析。

表2 文冠果“3414”施肥试验方案

Table 2 Designs of the “3414”fertilizer experiment on *X. sorbifolia*

编号	处理	水平			肥料用量/(g·株 ⁻¹)		
		N	P	K	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
1	N ₀ P ₀ K ₀	0	0	0	0	0	0
2	N ₀ P ₂ K ₂	0	2	2	0	80	80
3	N ₁ P ₂ K ₂	1	2	2	55	80	80
4	N ₂ P ₀ K ₂	2	0	2	110	0	80
5	N ₂ P ₁ K ₂	2	1	2	110	40	80
6	N ₂ P ₂ K ₂	2	2	2	110	80	80
7	N ₂ P ₃ K ₂	2	3	2	110	120	80
8	N ₂ P ₂ K ₀	2	2	0	110	80	0
9	N ₂ P ₂ K ₁	2	2	1	110	80	40
10	N ₂ P ₂ K ₃	2	2	3	110	80	120
11	N ₃ P ₂ K ₂	3	2	2	165	80	80
12	N ₁ P ₁ K ₂	1	1	2	55	40	80
13	N ₁ P ₂ K ₁	1	2	1	55	80	40
14	N ₂ P ₁ K ₁	2	1	1	110	40	40

2 结果与分析

2.1 不同施肥处理对文冠果叶片叶绿素含量的影响

从图1可以看出,文冠果叶片的Chl含量随着时间的变化呈现先升后降的趋势,在7月达到最高值。在一定范围内随着施氮量的增加,Chl含量也随之增加,而施氮量过高时Chl含量则降低(图1A)。N₂P₂K₂处理的Chl含量最高,与对照处理相比提高了19.1%~62.2%。6月、8月和9月份氮肥对Chl含量的影响极显著($p<0.01$),分别比N₀P₂K₂处理高19.6%、37.5%和53.1%,可见氮肥主要在文冠果生育期的中期和后期对Chl含量的影响较大,有利于产量的提高以及树体营养的积累。

随着施磷量的增加Chl含量呈先升后降的变化趋势(图1B),与施氮肥的效应相似,不同的是磷肥在5~9月对Chl含量的影响均显著,其中以N₂P₁K₂处理的Chl含量最高且均与对照处理达到了极显著差异水平($p<0.01$);与N₂P₀K₂处理达到了显著或极显著差异水平,分别比对照处理提高了31.1%~63.5%;分别比N₂P₀K₂处理提高了13.8%~67.6%。N₂P₁K₂处理在8月和9月极显著($p<0.01$)地高于N₂P₀K₂处理和N₂P₃K₂处理,说明适量施磷肥可以使叶绿素降解时间推后,延长

高光合持续期。

钾肥对 Chl 含量的影响和氮肥相似,随着施钾量的增加,Chl 含量先上升后下降(图 1C),5—9 月份,均以 $N_2P_2K_2$ 处理的 Chl 含量最高,分别比对照处理增加了 19.1%~62.2%,且均达到了显著或极显著差异水平;6 月和 9 月的 $N_2P_2K_2$ 处理比 $N_0P_0K_0$ 处理增加了 20.6% 和 55.2%,均达到了极显著差异水平($p < 0.01$)。表明适量施用钾肥可以提高文冠果果实膨大期和生育期后期的 Chl 含量并能推迟其降低。

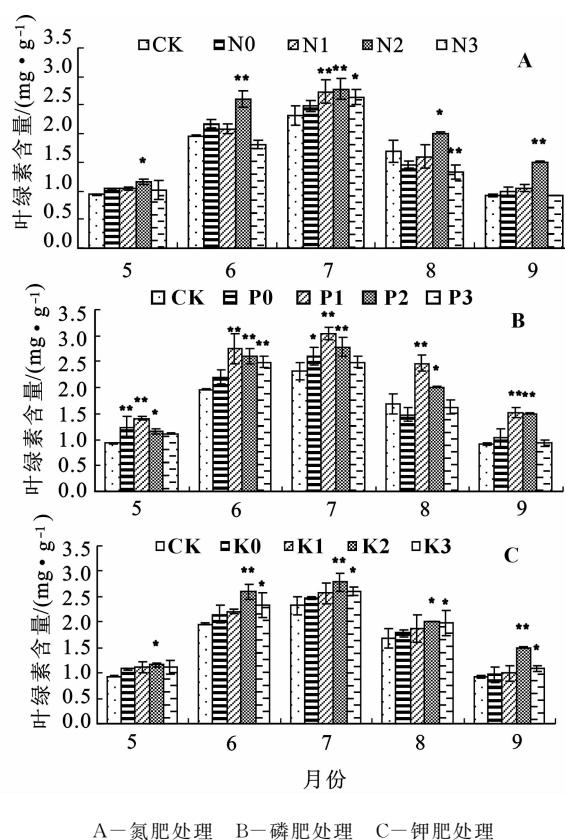


图 1 不同施肥水平对文冠果叶片叶绿素含量的影响

Fig. 1 The effect of chlorophyll content of *Xanthoceras sorbifolia* with different fertilization level

2.2 不同施肥处理对文冠果叶片净光合速率的影响

从图 2 可以看出,文冠果叶片的净光合速率随着时间的变化趋势和 Chl 含量的相似,即先升后降的变化趋势,在 7 月份达到最高,因而文冠果叶片的 P_n 和 Chl 含量呈正相关关系(表 3)。各施肥处理的 P_n 均高于对照处理($N_0P_0K_0$)。在供试施肥量范围内,随着施氮量的增加,其 P_n 呈先升后降的趋势(图 2A),5—9 月份,均以 $N_2P_2K_2$ 处理的 P_n 值最高,分别比对照处理和 $N_0P_0K_0$ 处理提高了 16.6%~57.7% 和 7.0%~16.7%,且与对照处理达到了极显著差异水平($p < 0.01$)。说明适量的氮肥能够提高文冠果叶片的 P_n ,施氮量过高则抑制其光合作用。9 月份由于叶片衰老,叶绿素捕获和转化光能的能力减弱, P_n 明显下降,而 $N_2P_2K_2$ 处理则维持

相对较高的 P_n ,可见施用适量氮肥能够延长文冠果高光合持续期,为树体积累营养。

随着施磷量的增加, P_n 呈先升后降的变化趋势(图 2B),在一定施磷量范围内,施磷促进光合作用,与施氮的效应相似,不同的是 5—9 月份,均以 $N_2P_1K_2$ 处理的 P_n 最高,尤其是 6 月份与 9 月份的 $N_2P_1K_2$ 处理的 P_n 极显著($p < 0.01$)地高于对照处理、 $N_2P_0K_2$ 和 $N_2P_3K_2$ 处理,分别提高了 55.0%、21.6%、35.6% 和 31.1%、16.0%、28.4%。说明施磷量过高或过低均能降低其 P_n ,6 月份为文冠果果实快速膨大期,高光合作用有利于积累干物质进而提高产量;9 月份较高的光合作用有利于树体积累营养。

随着施钾量的增加, P_n 呈先上升后下降的变化趋势(图 2C),与施氮的效应相似,5—9 月份,均以 $N_2P_2K_2$ 处理的 P_n 最高且分别与对照处理和 $N_2P_2K_0$ 处理达到了极显著($p < 0.01$)或显著($p < 0.05$)差异水平,尤其是 5 月份分别比对照处理和 $N_2P_2K_0$ 处理提高了 57.7% 和 45.3%,5 月份为文冠果的花期和幼果期,较高的光合作用能够为树体提供充足的营养,减少落花落果,提高坐果率进而提高产量。

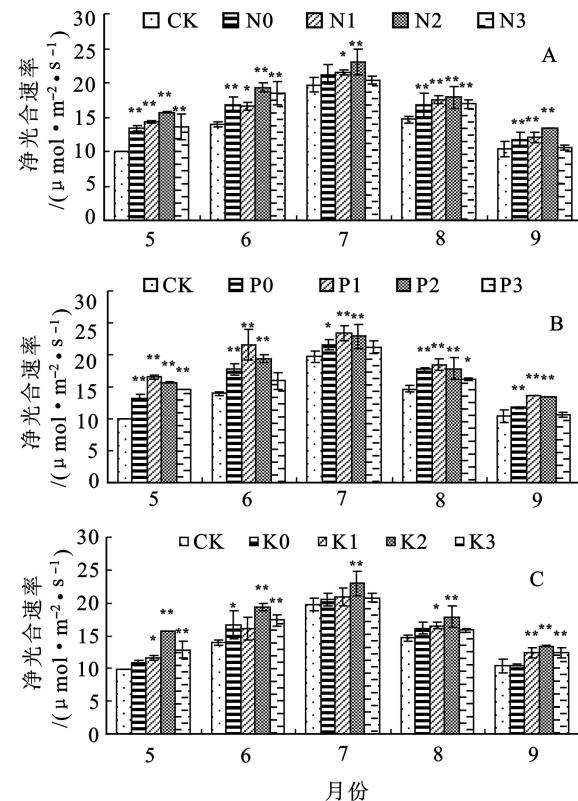


图 2 不同施肥水平对文冠果净光合速率的影响

Fig. 2 The effect of net photosynthetic rate of *X. sorbifolia* with different fertilization level

14个处理中 $N_2P_1K_2$ 处理的净光合速率最高,效果最好;其次为 $N_2P_2K_0$ 处理。

2.3 不同施肥处理对文冠果新梢长的影响

由图3可看出,各施肥处理的新梢长均明显高于对照处理(处理1即 $N_0P_0K_0$),比对照处理增加了4.5%~50.4%,除处理12外,其余各施肥处理均与对照处理达到了极显著差异水平($p<0.01$),其中处理5($N_2P_1K_2$)的新梢长最长,处理6($N_2P_2K_0$)次之,这与Chl含量和 P_n 的结果一致。

比较处理2、3、6和11可以得出,随着施氮量的增加,新梢长呈先升后降的变化趋势,处理6的新梢长最长为45.7 cm,比处理2($N_2P_2K_0$)增加了11.5%且达到了显著差异水平($p<0.05$),说明适量的氮肥可以促进文冠果新生枝条的生长。

比较处理4、5、6和7可以得出,随着施磷量的增加,新梢长呈先升后降的变化趋势,处理5最长为47.9 cm,比处理4($N_2P_0K_2$)增加了11.7%且达到了显著差异水平($p<0.05$),说明适量的磷肥能够促进文冠果新生枝条的生长,处理7($N_2P_3K_2$)的新梢长小于处理4的,说明过量的磷肥不利于其生长。

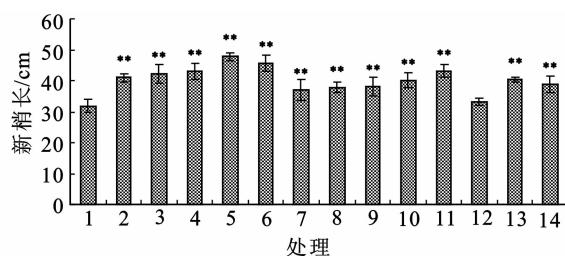


图3 不同施肥处理对文冠果新梢长的影响

Fig. 3 The effect of the length of newborn branch of *X. sorbifolia* with different fertilization treatments

表3 叶绿素含量与净光合速率的相关分析

Table 2 The correlation analysis of chlorophyll content and net photosynthetic rate

	净光合速率 $P_n/(\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1})$				
	5月	6月	7月	8月	9月
叶绿素含量 / ($\text{mg} \cdot \text{g}^{-1}$)	0.273	0.431**	0.409**	0.303	0.583**

* * :在0.01水平上显著相关。

比较处理8、9、6和10可以得出,随着施钾量的增加,新梢长也呈先升后降的变化趋势,处理6的新梢长最长为45.7 cm,比处理8($N_2P_2K_0$)增加了20.9%且达到了极显著差异水平($p<0.01$),说明适量的钾肥也能够促进文冠果新生枝条的生长。

3 结论与讨论

文冠果叶片的Chl含量和 P_n 随着时间的变化趋势是一致的,即先升后降,在7月份均达到最高,这一点与徐东翔^[15]的“马鞍形”变化趋势有所不同,可能

是由于文冠果品种、种植地理位置以及土壤类型和肥力的不同造成的。施肥能够明显提高文冠果叶片的Chl含量和 P_n ,但未改变其随时间的变化趋势。

光合作用是作物产量形成的主要机制,文冠果进行光合作用的主要器官是叶片,而叶片光合速率是决定干物质生产的主要因素之一,提高光合速率是文冠果高产栽培的生理基础。叶绿体色素尤其是叶绿素是植物光合作用的物质基础,绝大部分的叶绿素a分子和全部的叶绿素b分子具有收集和传递光能的作用,少数特殊状态的叶绿素a分子有将光能转化为电能的作用^[16]。文冠果叶片的 P_n 和Chl含量呈正相关关系,与李保国^[17]等对枣树的研究结果一致。

氮、磷、钾不同水平对文冠果叶片的Chl含量、 P_n 和新梢长的影响也是一致的,即随着施肥水平的提高,Chl含量、 P_n 和新梢长呈先升后降的变化趋势,说明适量的施肥能够增加文冠果的Chl含量、 P_n 和新梢长,施肥过量或不施肥均不利于文冠果的生长,造成其光合能力下降,导致其枝条生长缓慢。适宜的氮、磷、钾配比能极显著地增加Chl含量、 P_n 和新梢长。在本试验的施肥范围内,最佳的施肥水平:氮和钾肥为2水平,磷肥为1水平,即 $N 110 \text{ g} \cdot \text{株}^{-1}, P_2O_5 40 \text{ g} \cdot \text{株}^{-1}, K_2O 80 \text{ g} \cdot \text{株}^{-1}$ 。这与吴家胜^[18]等对银杏苗的研究结果相似,他认为中氮低磷中钾能够显著提高银杏苗木叶片的光合速率,中氮低磷中钾和高氮低磷高钾均能明显提高其叶片Chl含量;如果施肥量或配比不合理,就会对苗木的生长产生抑制作用,不利于苗木的生长。柴仲平^[19]等认为氮磷钾配施对香梨叶片的Chl含量和光合特性都有显著影响。

李潮海^[20]等认为施肥可以改善玉米叶肉细胞的光合能力,使阻碍光合速率进一步提高的因素由非气孔限制逐渐转变为气孔限制,并可提高生育后期叶片的光合强度,延长高光合持续期。本试验的结果表明施肥能够提高文冠果生育后期叶片的光合强度,延长高光合持续期,这一方面有利于树体补偿由于结实而造成的“亏空”;另一方面,促进枝、梢、干等各部分贮存充足养料和使花芽正常分化,为次年丰产打好物质基础。

参考文献:

- [1] 牟洪香,侯新村,刘巧哲,等.不同地区文冠果种仁油脂肪酸组分及含量的变化规律[J].林业科学,2007,20(2):193-197.
- MOU H X, HOU X C, LIU Q Z, et al. The regularity of fatty acid component and contents changes in the seed kernel oil of *Xanthoceras sorbifolia* in different areas[J]. Forest Research,

- 2007,20(2):193-197. (in Chinese)
- [2] 李古林,李锐,李宁,等.文冠果果壳的化学成分[J].沈阳药科大学学报,2005,22(4):271-272,288.
- LI Z L, LI X, LI N, et al. Studies on the chemical constituents of the husks of *Xanthoceras sorbifolia* Bunge[J]. Journal of Shenyang Pharmaceutical University, 2005, 22 (4): 271-272, 288. (in Chinese)
- [3] 马养民,王佩.文冠果化学成分研究进展[J].西北林学院学报,2010,25(4):170-174.
- MA Y M, WANG P. Research development of chemical constituents from *Xanthoceras sorbifolia* Bunge[J]. Journal of Northwest Forestry University, 2010, 25(4): 170-174. (in Chinese)
- [4] 孙丙寅,邓振义,陈彦斌,等.西北地区文冠果营养成分比较研究[J].西北林学院学报,2011,26(6):135-137.
- SUN B Y, DENG Z Y, CHEN Y B, et al. A studies of nutrition of *Xanthoceras sorbifolia* of the seed kernel in different area [J]. Journal of Northwest Forestry University, 2011, 26 (6): 135-137. (in Chinese)
- [5] 邵海市,董桂杰,陈芳.文冠果药理作用的研究[J].黑龙江医药,2009,22(5):692-693.
- SHAO H S, DONG G J, CHEN F. The study of pharmacological of *Xanthoceras sorbifolia* Bunge[J]. Heilongjiang Medicine Journal, 2009, 22(5): 692-693. (in Chinese)
- [6] 黄玉广,乔荣群,赵军.文冠果营养及综合加工[J].食品研究与开发,2004,25(3):73-76.
- JIANG Y G, QIAO R Q, ZHAO J U. Nutritional and comprehensive processing of Xanthoceras sorbifolia[J]. Food Research and Development, 2004, 25(3): 73-76.
- [7] 王晋华,李凤兰,高荣孚.文冠果花性别分化及花药内淀粉动态[J].北京林业大学学报,1992,14(3):54-60,115-116.
- WANG J H, LI F L, GAO R F. The floral sex-differentiation of *Xanthoceras sorbifolia* and the dynamics of starch in anthers [J]. Journal of Beijing Forestry University, 1992, 14 (3): 54-60, 115-116. (in Chinese)
- [8] 江萍,宋于洋,王学君,等.木本油料树种文冠果栽培技术体系初探[J].山西林业,2007(3):22-23.
- JIANG P, SONG Y Y, WANG X J, et al. Primary investigation on cultivation techniques of woody oil plant *Xanthoceras sorbifolia* Bunge[J]. Forestry of Shanxi, 2007(3): 22-23. (in Chinese)
- [9] 张雄.文冠果栽培管理技术[J].河北林业科技,2008(3):61.
- ZHANG X. Management technology of Xanthoceras sorbifolia[J]. Hebei Forestry Science and Technology, 2008(3): 61.
- [10] 郭冬梅,郭军战,张欣欣.文冠果开花结实规律研究[J].北方园艺,2013(6):21-23.
- GUO D M, GUO J Z, ZHANG X X. Study on the regularity of the blooming and seed bearing of *Xanthoceras sorbifolia*[J]. Northern Horticulture, 2013(6): 21-23. (in Chinese)
- [11] 侯元凯,黄琳,杨超伟,等.文冠果种子性状与果实性状的相关性研究[J].中南林业科技大学学报,2011,31(9):24-27.
- HOU Y K, HUANG L, YANG C W, et al. The correlation between seed characters and cone characters of *Xanthoceras sorbifolia*[J]. Journal of Central South University of Forestry & Technology, 2011, 31(9): 24-27. (in Chinese)
- [12] 吴丽清,郑战伟,付凤奇,等.文冠果营养成分分析及食用价值研究[J].农产品加工·学刊,2010(11):93-95
- WU L Q, ZHENG Z W, FU F Q, et al. Analysis of nutritional components and edible value of *Xanthoceras sorbifolia*[J]. Journal of Agricultural Processing · Academic Edition, 2010(11): 93-95.
- [13] 魏猛,诸葛玉平,娄燕宏,等.施肥对文冠果生长及土壤酶活性的影响[J].水土保持学报,2010,24(2):237-240.
- WEI M, ZHUGE Y P, LOU Y H, et al. Effects of fertilization on *Xanthoceras sorbifolia* Bunge growth and soil enzyme activities[J]. Journal of Soil and Water Conservation, 2010, 24 (2): 237-240. (in Chinese)
- [14] 魏猛,娄燕宏,栾森年,等.施肥对文冠果养分吸收及土壤酶活性的影响[J].北方园艺,2010(10):32-35.
- WEI M, LOU Y H, LUAN S N, et al. Effects of fertilization on soil enzyme activities and nutrients absorption in *Xanthoceras sorbifolia* Bunge [J]. Northern Horticulture, 2010, (10): 32-35. (in Chinese)
- [15] 徐东翔.文冠果的合理施肥及其增产效果[J].林业科技通讯,1980(5):17-19.
- XU D X. Rational fertilization of Xanthoceras sorbifolia and its yield effect[J]. Forestry Science and Technology Information, 1980(5): 17-19.
- [16] 潘瑞炽.植物生理学[M].5版.北京:高等教育出版社,1979:61.
- PAN R I. Plant Physiology[M]. 5th edition. Beijing: Higher Education Press, 1979: 61.
- [17] 李保国,王永蕙.枣树叶的光合速率与叶绿素含量关系的研究[J].河北林学院学报,1991,6(2):79-84.
- LI B G, WANG Y H. A study on relation between the photosynthetic rate and chlorophyll content in Chinese jujube[J]. Journal of Hebei Forestry College, 1991, 6(2): 79-84. (in Chinese)
- [18] 吴家胜,张往祥,曹福亮,等.氮磷钾对银杏苗生长和生理特性的影响[J].南京林业大学学报:自然科学版,2003,27(1):63-66.
- WU J S, ZHANG W X, CAO F L, et al. Effects of different application amount of nitrogen, phosphorus and potassium on growth and physiological properties of ginkgo seedling[J]. Journal of Nanjing Forestry University: Natural Science Edition, 2003, 27(1): 63-66. (in Chinese)
- [19] 柴仲平,王雪梅,孙霞,等.不同施肥处理对香梨膨果期光合特性的影响[J].水土保持研究,2013,20(2):151-155.
- CHAI Z P, WANG X M, SUN X, et al. Influence of different fertilization treatments on photosynthetic characteristics of fruit enlargement stage of Korla fragrant pear[J]. Research of Soil and Water Conservation, 2013, 20 (2): 151-155. (in Chinese)
- [20] 李潮海,刘奎,周苏政,等.不同施肥条件下夏玉米光合对生理生态因子的响应[J].作物学报,2002,28(2):265-269.
- LI C H, LIU K, ZHOU S M, et al. Response of photosynthesis to eco-physiological factors of summer maize on different fertilizer amounts[J]. Acta Agronomica Sinica, 2002, 28(2): 265-269. (in Chinese)