

不同基质对比对薄壳山核桃扦插苗成活率和光合作用的影响

张海军, 王红红, 胡渊渊, 沈超, 王正加*

(浙江农林大学 亚热带森林培育国家重点实验室培育基地, 临安 311300)

摘要: 为了提高薄壳山核桃硬枝扦插成活率, 利用 5 种配比(基质 1, 泥炭; 基质 2, 蛭石; 基质 3, 泥炭:蛭石:珍珠岩=3:4:3; 基质 4, 泥炭:蛭石:珍珠岩=3:5:2; 基质 5, 泥炭:蛭石:珍珠岩=2:3:5)的薄壳山核桃基质探究其对薄壳山核桃 2 年生硬枝扦插成活率和扦插苗生长状况的影响。结果显示: (1) 5 种配比的薄壳山核桃基质中, 成活率最好的是基质 5, 成活率达到 88.9%, 成活率最差的是基质 1, 只有 63.3%, 碱解氮与扦插苗成活率相关性最高。(2) 5 组美国山核桃扦插苗叶绿素含量最高的是基质 1, 到达 $5.0 \text{ mg}\cdot\text{g}^{-1}$, 最差的是基质 2, 为 $3.26 \text{ mg}\cdot\text{g}^{-1}$, 叶绿素与碱解氮含量呈显著正相关。(3) 5 组扦插苗的净光合速率随光合有效辐射升高而升高, 最后趋于稳定, 光抑制现象不明显; 各组扦插苗最大净光合速率差异不显著。相比于 6 月份, 9 月叶片最大净光合速率有明显下降, 蒸腾速率有所提高。研究认为, 基质 5 为薄壳山核桃最适硬枝扦插基质, 薄壳山核桃扦插苗生长过程中要注意土壤的透气性和氮肥的施用, 薄壳山核桃扦插苗光合作用有季节性差异。

关键词: 薄壳山核桃; 成活率; 叶绿素; 净光合速率; 碱解氮

中图分类号: S664.1; S723.132

文献标识码: A

文章编号: 1672-352X (2015)03-0367-05

Effects of different substrates on the cutting survival rate and photosynthesis of Pecan

ZHANG Haijun, WANG Honghong, HU Yuanyuan, SHEN Chao, WANG Zhengjia

(State Key Laboratory Breeding Base of Subtropical Forest Culture, Zhejiang Agriculture and Forestry University, Lin'an 311300)

Abstract: In order to improve the survival rate of hardwood cuttings of pecan, the effects of five substrates on the survival rate of two-year-old hardwood cuttings of pecan and the growth was explored. Five cutting substrates were peat, vermiculite, peat: vermiculite: perlite of 3:4:3 (v/v/v), peat: vermiculite: perlite of 3:5:2 (v/v/v), and peat: vermiculite: perlite of 2:3:5 (v/v/v). The results were as follows. (1) The highest survival rate of pecan cuttings was 88.9% in the substrate of peat: vermiculite: perlite of 3:5:2, while only 63.3% of the survival rate was obtained in peat. Alkali-hydrolyzale nitrogen showed the highest correlation with the cutting survival rate. (2) The highest and lowest chlorophyll contents (5.0 and $3.26 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$) were observed in pecan rooted cuttings in peat and vermiculate. The chlorophyll content was significantly related to alkaline-hydrolysis nitrogen. (3) The net photosynthetic rate increased with an increase of the photosynthetic active radiation and gradually stabilized. The light-inhibition phenomenon was not obvious. P_{\max} was not significant different among the rooted cuttings in the five substrates. The net photosynthetic rate obviously decreased and the transpiration increased in September compared to that in June. The result suggested that the best substrate for pecan hardwood cutting is the substrate of peat: vermiculite: perlite of 3:5:2. Attentions should be paid to the soil permeability and nitrogen fertilizer application during the growth period of pecan. The photosynthesis of rooted pecan cuttings changed in different growing seasons.

Key words: *Carya illinoensis*; survival rate; chlorophyll; net photosynthetic rate; alkali-hydrolyzale N

薄壳山核桃 (*Carya illinoensis* K. Koch) 又名美国山核桃、长山核桃, 胡桃科山核桃属落叶乔木^[1]。

薄壳山核桃原产于美国和墨西哥, 现已成为世界重要的干果、食用油料、木材和庭院绿化树种^[2-4]。薄

收稿日期: 2014-12-22

基金项目: 浙江省科技厅重大项目 (2011C14010), 浙江省林业厅项目 (2014B01, 2010B09), 杭州市科技局项目 (20110332H21), 浙江省重中之重林学一级学科开放基金(KF201309)和宁海县科技项目(20120909)共同资助。

作者简介: 张海军, 硕士研究生。E-mail: 769837259@qq.com

* 通信作者: 王正加, 博士, 教授。E-mail: wzhj21@163.com

壳山核桃果大壳薄, 出仁率高, 果香味美, 营养丰富(含油脂 72%, 蛋白质 11%, 碳水化合物 13%), 氨基酸含量高。食用后可降低冠心病的发病率, 是理想的保健品和食品添加剂^[5-7]。硬枝扦插繁殖具有取材方便, 缩短成苗周期, 能保持亲本优良性状和提早开花、结实等优点^[8-10], 但薄壳山核桃的硬枝扦插试验报道较少。因此, 作者使用 5 组基质扦插薄壳山核桃硬枝, 统计其成活率, 并研究其生长状况, 为薄壳山核桃大量快速繁殖和栽培推广提供依据。

1 材料与方 法

1.1 材 料

本试验插穗来源于浙江农林大学薄壳山核桃苗圃地, 选择两年生实生苗下部直径 ≥ 0.8 cm 为插穗, 插穗长 13~15 cm, 插穗形态学下端剪成马耳形, 芽以上留出 1~3 cm。生根激素为 600 mg·kg⁻¹ IBA、900 mg·kg⁻¹ NAA 混合液^[11], 将插穗形态学下端 5~7 cm 速蘸 15~20 s。每个处理 3 个重复, 每个重复 30 根插穗。

试验共选用泥炭、蛭石和珍珠岩 3 种基质, 用 1% 高锰酸钾溶液进行喷洒消毒处理, 然后用薄膜覆盖 8 d, 不添加任何肥料。试验共设计 5 种不同基质配比, 基质 1, 泥炭; 基质 2, 蛭石; 基质 3, 泥炭: 蛭石: 珍珠岩=3:4:3; 基质 4, 泥炭: 蛭石: 珍珠岩=3:5:2; 基质 5, 泥炭: 蛭石: 珍珠岩=2:3:5。本实验于 2013 年 3 月 28 日在浙江农林大学东湖校区智能温室大棚完成。使用扦插床扦插, 扦插床为 200 cm (长) × 30 cm (宽) × 24 cm (高), 密度为 8.5 cm × 8.5 cm。

1.2 方 法

1.2.1 基质理化性质测定 在 2013 年 3 月 28 日和 2013 年 9 月 18 日分别取 5 组土样, 经风干、磨细过筛处理, 分别测定其水解氮、有效磷、速效钾和有机质含量^[12], 每次测定做 3 次平行。

1.2.2 叶绿素含量测定 在 2013 年 9 月 18 日分别

采 5 组扦插苗中部无病虫害成熟叶片, 采用酒精浸提法^[13]提取叶绿素, 再用分光光度计测定叶绿素含量, 每次测定做 3 次平行。

1.2.3 光合作用测定 在 2013 年 6 月 10 日和 2013 年 9 月 18 日利用 Li-6400(LI-COR, Inc., Lincoln, USA) 光合测定仪选中部无病虫害成熟叶片测量苗木的光合作用相关指标, 使用红蓝光源叶室进行测定, 所有测定时的气体流量均为 500 $\mu\text{mol}\cdot\text{s}^{-1}$ 。光响应曲线于 2000、1500、1000、600、300、200、100、80、50、20 和 0 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ 的 11 个光强下进行活体测定。每个处理测 3 株, 分析不同基质配比下苗木光合作用率与生长间的相关性。

1.2.4 数据处理 利用 Photosyn Assistant 软件对光合生理参数进行拟合, 所有数据通过 Excel 2003 软件进行整理, 采用 DPS 软件中的单因素方差分析 (One-way ANOVA) 对数据进行统计处理和相关分析, 对所有数据进行正态性和方差齐性检验, 采用 Duncan 进行多重比较, $P\leq 0.05$ 。

2 结果与分析

2.1 不同基质组合扦插成活率

统计 5 个不同基质组合扦插苗生长过程中 5 月、6 月、7 月和 8 月成活率见表 1。由表 1 知, 基质 5 扦插苗成活率在各月均最高, 最高达 88.9%, 基质 1 扦插成活率最低。

2.2 育苗基质理化性质的分析

由表 2 可知, 3 月份 5 种混合基质中, 基质 1 的速效磷、碱解氮、有机质均最高, 分别为 19.4、10133 mg·kg⁻¹ 和 41.18%, 基质 2 的速效磷、碱解氮、有机质含量均最低。与 3 月份相比, 9 月份的速效钾含量显著增高, 速效磷和有机质大多数有一定的增高, 可能是扦插苗并不吸收基质营养物质, 而扦插苗生长过程中的残体与各基质混合反而使基质的营养成分增加; 碱解氮含量显著降低。

表 1 不同基质对比对薄壳山核桃扦插苗各月份的成活率的影响

Table 1 Effects of different substrates on the survival rate of pecan in several months old

基质号 Substrate number	基质配比 Substrate proportion		成活率/% Survival rate			
	泥炭: 蛭石: 珍珠岩 Peat: vermiculite: perlite		5 月 May	6 月 June	7 月 July	8 月 August
	1	1:0:0	63.3	32.2	17.8	12.2
2	0:1:0	75.6	53.3	33.3	21.1	
3	3:4:3	81.1	53.3	35.6	24.4	
4	3:5:2	81.1	51.1	36.7	31.1	
5	2:3:5	88.9	66.7	51.1	41.1	

表 2 5 组基质有效成分含量

Table 2 The content of effective ingredients of five matrix formulas

基质号 Substrate number	速效磷/mg·kg ⁻¹ Rapid available P		速效钾/mg·kg ⁻¹ Rapidly available K		碱解氮/g·kg ⁻¹ Alkali-hydrolyzale N		有机质/% Organic matter	
	3 月 Mar.	9 月 Sept.	3 月 Mar.	9 月 Sept.	3 月 Mar.	9 月 Sept.	3 月 Mar.	9 月 Sept.
1	19.4±0.47 ^{ab}	24.0±0.52 ^{aA}	69.04±0.18 ^{dB}	89.63±3.61 ^{dA}	10.10±0.056 ^{aA}	8.54±0.033 ^{dB}	41.18±0.63 ^{dB}	46.54±0.31 ^{aA}
2	2.98±0.16 ^{eA}	2.09±0.08 ^{dB}	126.52±4.94 ^{CB}	147.32±4.85 ^{eA}	0.80±0.01 ^{eA}	0.556±0.03 ^{dB}	3.08±0.078 ^{dA}	1.45±0.049 ^{dB}
3	7.58±0.022 ^{dB}	9.02±0.18 ^{eA}	182.82±7.97 ^{dB}	251.68±1.81 ^{aA}	6.08±0.038 ^{bA}	4.35±0.034 ^{bB}	24.85±0.84 ^{bA}	28.16±0.16 ^{eA}
4	11.00±0.00 ^{bA}	10.71±0.38 ^{bA}	138.38±5.70 ^{bcB}	250.45±5.29 ^{aA}	5.22±0.034 ^{eA}	3.46±0.027 ^{CB}	26.14±0.64 ^{bb}	30.21±0.064 ^{bA}
5	4.49±0.089 ^{dB}	7.67±0.077 ^{dA}	153.63±9.21 ^{bA}	182.05±6.63 ^{bA}	4.57±0.036 ^{dA}	3.53±0.015 ^{CB}	16.71±0.16 ^{CB}	22.98±0.51 ^{dA}

注: 小写字母表示每月内的各基质间显著性, 大写字母表示基质的两个月间显著性。

Note: Lowercase letters indicate significant difference among different substrates by the month; capital letters indicate significant different among different substrates by two months.

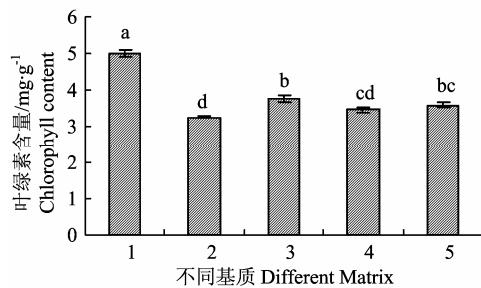


图 1 不同基质配比对薄壳山核桃扦插苗叶片叶绿素含量的影响

Figure 1 Effects of different substrates on the chlorophyll content of Pecan leaves

2.3 叶绿素含量

由图 1 知, 5 组扦插苗中基质 1 叶片叶绿素含量最高达到 5.00 mg·g⁻¹, 显著高于其他 4 组, 其次是基质 4、基质 6, 基质 2 扦插苗叶绿素含量最低, 只有 3.26 mg·g⁻¹。

2.4 薄壳山核桃扦插苗光合作用光响应特征

2.4.1 净光合速率 由图 2-A 知, 在 6 月当光强度为 0~600 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$, 净光合速率生长迅速, 当光强度大于 1000 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ 后净光合速率增长缓慢, 随着光强的增加净光合速率逐渐达到最高, 光强继续增加净光合速率不在增高, 逐渐趋于平稳。5 种基质配比中基质 1 的净光合速率最高达到了 10.8 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$, 其次为基质 3, 为 10.3 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$, 最低的是基质 5, 7.85 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ 。由图 2-B 知, 9 月基质 3 扦插苗净光合速率最高, 达到 9.83 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$, 其次是基质 1, 基质 4 扦插苗净光合速率最低, 为 6.49 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ 。与 6 月相比各基质扦插苗净光合速率均有降低, 说明到了 9 月扦插苗代谢能力降低, 光合作用减弱。

2.4.2 气孔导度 由图 2-C 知, 当光强度为 0~600 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ 各基质扦插苗气孔导度 (G_s) 增长较快, 后趋于平缓。基质 3 的气孔导度最高, 其次是基质

2 和基质 4, 反映出较强的气体交换能力。基质 5 的气孔导度最低。各基质扦插苗的气孔导度对 PAR 的响应变化趋势和蒸腾速率几乎完全一致, 说明各组扦插苗的气孔导度和蒸腾速率有很强的相关性和一致性, 因此气孔因素是蒸腾速率最主要的决定因素之一。由图 2-D 知, 在 9 月基质 3 扦插苗气孔导度最高, 基质 2 次之, 基质 5 扦插苗气孔导度最低, 与 6 月相比各基质扦插苗气孔导度均有降低。

2.4.3 胞间 CO₂ 浓度 由图 2-E 和 2F 知, 6 月和 9 月, 当光强度为 0~300 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ 各基质扦插苗胞间 CO₂ 浓度 (C_i) 急速下降, 幅度较大, 后趋于平缓。在 6 月, 基质 1、基质 2、基质 3 及基质 4 扦插苗胞间 CO₂ 浓度较高, 基质 5 较低。在 9 月, 基质 2 的胞间 CO₂ 浓度最高, 基质 4 和基质 5 最低。

2.4.4 蒸腾速率 由图 2-G 知, 6 月 5 种基质扦插苗中基质 2 扦插苗蒸腾速率最快, 基质 3 次之, 基质 5 扦插苗蒸腾速率最慢。由图 2-H 知, 9 月基质 2 扦插苗蒸腾速率最快, 其次是基质 3, 基质 5 最弱。与 6 月份相比, 各混合基质扦插苗蒸腾速率略有升高。

2.4.5 扦插苗光响应特征参数 通过软件对净光合速率的拟合得到最大净光合速率 (P_{max})、表观量子效率 (AQY)、曲角 (K)、光饱和点 (LSP)、暗呼吸速率 (R_d) 等光合参数, 进行多重比较分析, 见表 3。由表 3 知, 6 月扦插苗 R_d 、AQY 和 LSP 3 个参数均存在显著差异, P_{max} 没有显著差异; 9 月 R_d 存在显著差异, AQY、 P_{max} 和 LSP 没有显著差异。

由表 3 知, 6 月最大净光合速率以基质 2 最高, 为 10.92 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$, 最低的是基质 5, 为 9.23 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$, 各基质最大净光合速率之间差异不显著。表观量子效率反映叶片在低光强下光合作用的光化学效率, 可以表明植物利用弱光的能力的强弱。其中利用弱光能力最强的是基质 4, 最弱的是基质 3。9 月最大净光合速率最大的为基质 3, 最小的为基质 4。表观量子效率最大为基质 3, 最小的也为基质 2。

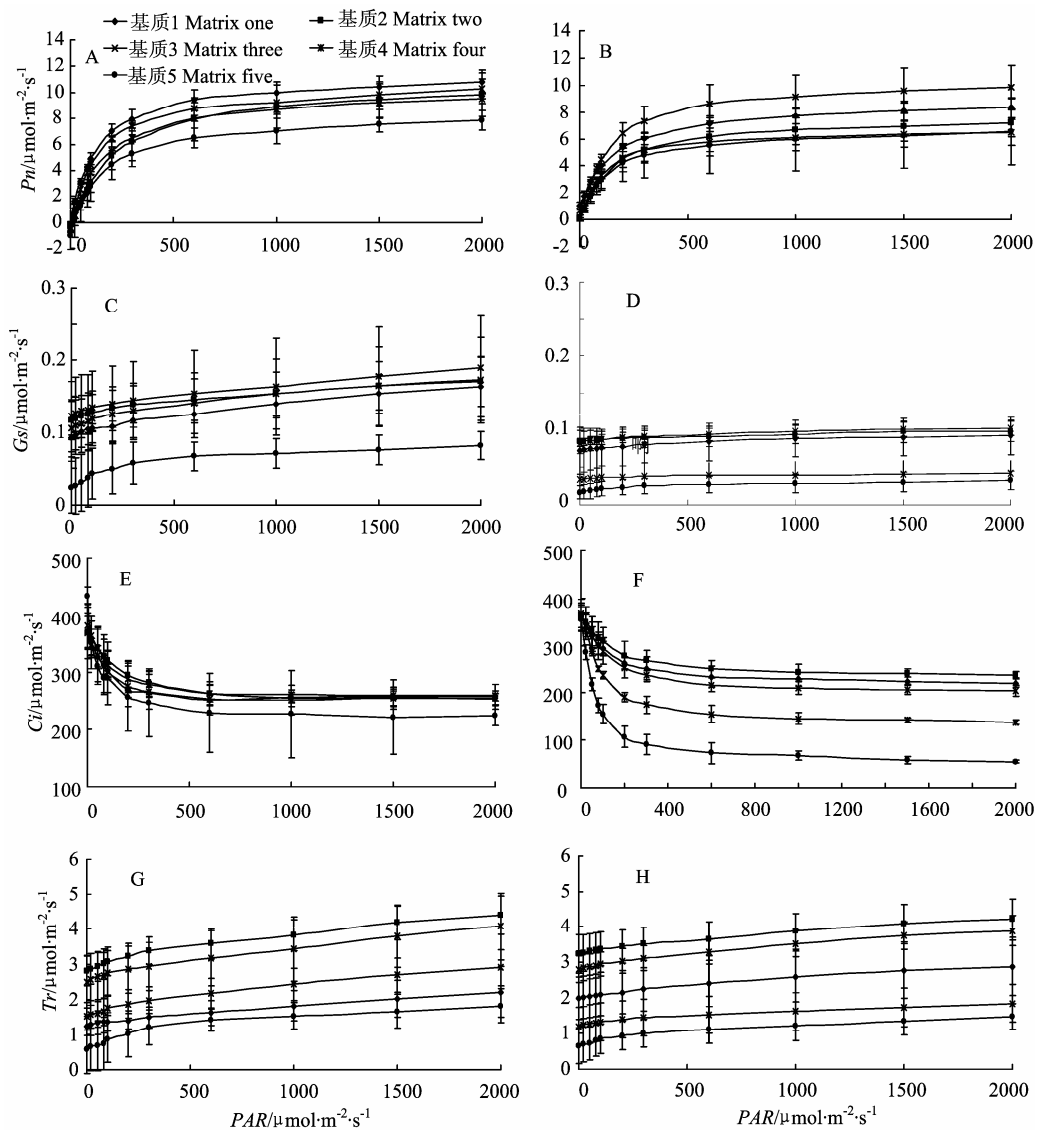


图 2 不同基质比对薄壳山核桃 6 月和 9 月气体交换特征的影响

Figure 2 Effects of different substrates on the gas exchange characteristics of pecans in June and September

表 3 5 组基质扦插苗光响应特征参数

Table 3 Characteristic light response parameters of five cutting seedlings

基质号 Substrate number	暗呼吸速率 R_d		表观量子效率 AQY		最大净光合速率 P_{max}		光饱和点 LSP	
	6 月 June	9 月 September	6 月 June	9 月 September	6 月 June	9 月 S September	6 月 June	9 月 September
1	0.32 ^a	1.03 ^a	0.065 ^{ab}	0.046 ^a	10.71 ^a	7.77 ^a	159.00 ^b	147.00 ^{ab}
2	0.16 ^{ab}	0.18 ^b	0.044 ^b	0.037 ^a	10.92 ^a	7.27 ^a	246.00 ^a	193.00 ^a
3	-0.44 ^{ab}	0.66 ^{ab}	0.071 ^a	0.051 ^a	10.82 ^a	9.60 ^a	154.67 ^b	173.33 ^{ab}
4	-0.57 ^{ab}	0.13 ^{bc}	0.058 ^{ab}	0.048 ^a	10.56 ^a	6.48 ^a	191.67 ^b	134.33 ^b
5	-2.23 ^b	0.13 ^{bcd}	0.056 ^{ab}	0.046 ^a	9.23 ^a	6.67 ^a	178.67 ^b	139.33 ^b

3 讨论

3.1 不同基质配比下其营养成分的差异

与 3 月相比, 9 月 5 组基质中的碱解氮含量显著降低, 这表明薄壳山核桃扦插苗第一年生长过程

中对碱解氮的消耗很大, 这与袁紫倩等和潘启龙的研究结果相一致^[14-15]。然而, 5 组速效钾含量均显著升高, 这表明薄壳山核桃扦插苗在第 1 年生长过程中速效钾存在逆向的营养返还现象, 可能是扦插苗第 1 年并不吸收速效钾, 而扦插苗的落叶和残根

与各基质混合使速效钾含量增加。与 3 月相比, 9 月有机质含量除基质 2 显著下降, 基质 1、基质 4、基质 5 显著增加, 基质 3 增加不显著。与 3 月, 9 月速效磷含量基质 1、基质 3 和基质 5 显著增加, 基质 2 显著减少, 基质 4 减少不显著。综上所述, 在薄壳山核桃扦插苗的生长中要注意氮肥的施用。

3.2 不同基质配比对薄壳山核桃扦插苗成活率影响

各个月基质 5 扦插成活率最高, 最高达 88.9%, 基质 3、基质 4 次之, 基质 1 最低。这可能是由于透气性的差异。本试验所用的插床体积是一致的, 而蛭石和珍珠岩具有改善透气性的能力, 因此基质 5 透气率最高, 达到 80%, 基质 1 透气率最低, 基质 3 和基质 4 透气率相同, 这与扦插成活率结果相一致。土壤透气性是扦插苗成活的一个重要因素^[16-17]。基质 2 虽然透气率高但其碱解氮含量最少, 提供薄壳山核桃生长所需因而成活率差。到 8 月基质 4 成活率大于基质 3, 可能是基质 4 营养成分比基质 3 略高。

3.3 不同基质配比对薄壳山核桃扦插苗叶绿素影响

曹阳等^[18]、刘贞琦等^[19]和 Barden^[20]研究表明叶绿素含量与光合速率呈显著的正相关。本试验中基质 1 叶绿素含量最高, 基质 3 次之, 基质 5 与基质 4 无显著性差异, 基质 2 最低。叶绿素含量与光合速率相关性不显著, 叶绿素的含量不能完全代表各基质的光合性能^[21]。有研究表明叶绿素含量与施 N 肥量呈正相关^[22-24], 本研究中基质 1 含 N 量最高, 基质 2 最低, 基质 3 含 N 量大于基质 4 和基质 5, 基质 4 与基质 5 含 N 量相似, 与薄壳山核桃叶片叶绿素含量显著性相一致, 证明薄壳山核桃扦插苗叶绿素含量与基质含 N 量呈显著正相关, 相关系数为 0.957。

3.4 不同基质配比对薄壳山核桃扦插苗光合特性的影响

美国山核桃的净光合速率在低光强区(光合有效辐射小于 $600 \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$) 增长快速, 差异较小; 随后, 净光合速率快速增长, 不同时期呈现出差异, 6 月的增长幅度明显大于 9 月; 光强大于 $1000 \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ 后, 曲线趋于平缓。基质 1 净光合速率为 $10.84 \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$, 基质 3 净光合速率为 $10.29 \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ 而基质 3 扦插苗气孔导度更高, 说明基质 3 净光合速率偏低是气孔因素和非气孔因素引起; 基质 2、基质 4 和基质 5 的净光合速率与气孔导度相一致, 因此可以推测气孔因素是引起基质 2、基质 4 和基质 5 扦插苗是影响净光合速率变化的主要原因。

参考文献:

- [1] 耿国民, 周久亚, 朱灿灿. 薄壳山核桃扦插繁殖技术初报[J]. 江苏农业科学, 2011, 39(6): 249-250.
- [2] 胡芳名, 谭晓风, 刘惠民. 中国主要经济树种栽培与利用[M]. 北京: 中国林业出版社, 2006.
- [3] 柳鏊, 孙醉君. 中国重要经济树种[M]. 南京: 江苏科学技术出版社, 1986.
- [4] 吴国良, 张凌云, 潘秋红, 等. 美国山核桃及其品种性状研究进展[J]. 果树学报, 2003, 20(5): 404-409.
- [5] 贾晓东, 王涛, 张计育, 等. 美国山核桃的研究进展[J]. 中国农学通报, 2012, 28(4): 74-78.
- [6] 麦克丹尼尔斯. 坚果栽培[M]. 北京: 中国林业出版社, 1990.
- [7] 耿国民, 周久亚. 美国薄壳山核桃生产概况[J]. 河北农业科学, 2009, 13(7): 16-19.
- [8] 何文林. 造林学[M]. 北京: 中国农业出版社, 1935.
- [9] 哈特曼 H T. 植物繁殖原理和技术[M]. 北京: 中国林业出版社, 1985.
- [10] 任贤, 董建力, 许兴, 等. 几种生长调节剂对葡萄硬枝扦插催根效果的试验初报[J]. 宁夏农学院学报, 2000, 21(1): 79-80.
- [11] 施娟娟. 薄壳山核桃种质资源收集与无性繁殖技术研究[D]. 杭州: 浙江农林大学, 2013..
- [12] 中国土壤学会. 土壤农业化学分析方法[M]. 北京: 中国农业科技出版社, 2000.
- [13] 李合生. 植物生理生化实验原理和技术[M]. 北京: 高等教育出版社, 2000.
- [14] 袁紫倩, 杨先裕, 凌骅, 等. 薄壳山核桃‘马汉’叶片主要矿质营养元素生育期动态变化特征[J]. 西北植物学报, 2014, 34(7): 1443-1449.
- [15] 潘启龙. 肥料与生长调节剂对油楠和创花润楠幼苗生长的影响[D]. 南宁: 广西大学, 2012.
- [16] 钟清莲, 林峰, 林梅芳. 提高乒乓藤葡萄扦插育苗成活率的关键措施[J]. 内蒙古林业科技, 1994(4): 41.
- [17] 王月英, 张庆良, 杨燕萍, 等. 基质对安祖花组培苗的苗木生长的影响[J]. 浙江农业科学, 2009(1): 80-82.
- [18] 曹阳, 陈建华, 阎文德, 等. 板栗叶绿素含量与光合速率研究[J]. 湖南林业科技, 2005, 32(5): 23-24.
- [19] 刘贞琦, 刘振业, 马达鹏, 等. 水稻叶绿素含量及其与光合速率关系的研究[J]. 作物学报, 1984, 10(1): 57-61.
- [20] Barden J A. Apple leaves their morphology and photosynthetic potential [J]. Horticulture, 1978 (13): 604-625.
- [21] 魏书奎. 核桃叶片的叶绿素含量与光合速率的关系[J]. 北京农业科学, 1994, 12(5): 31-33.
- [22] 弓建国, 徐松鹤. 氮磷钾有机肥对马铃薯叶绿素含量的影响[J]. 安徽农业科学, 2009, 37(23): 10940-10942.
- [23] 周学伍, 黄辉北, 黄永. 柑桔叶片叶绿素含量的年周期变化及与N含量的关系[J]. 四川果树科技, 1985(2): 9-12.
- [24] 史沉鱼, 李向明, 苗玲, 等. 不同氮磷钾肥配比与红富士苹果叶片叶绿素含量的关系研究[J]. 陕西农业科学, 2009(1): 23-26.