

不同砧木品种对核桃树体生长及光合特性的影响

李莉¹, 周贝贝^{1,2}, 徐慧敏³, 张俊佩¹, 裴东

(1. 中国林业科学研究院林业研究所, 国家林业局林木培育重点实验室, 林木遗传育种国家重点实验室, 北京 100091;
2. 北京市农林科学院林业果树研究所, 北京 100093; 3. 河南省洛宁县林业技术指导站, 河南 洛宁 471700)

摘要: [目的] 采用将同一品种嫁接到不同砧木的方法, 经过调查测试和分析, 揭示杂交种‘中宁奇’的砧木特性, 进而阐明砧木在经济林育种和栽培中的地位和作用。[方法] 以砧穗组合上宋-14/中宁奇和上宋-14/宁优为试材, 测定分析不同砧穗组合的生长量和光合特性指标。[结果] 嫁接亲和性调查显示: 2种砧木对同一核桃品种的嫁接亲和性均较高, 但差异不显著。树体生长特性调查表明: 上宋-14/中宁奇树高、干径、冠幅、新梢长度、新梢粗度、新梢着生小叶数及分枝力等指标显著或极显著高于上宋-14/宁优, ‘中宁奇’作砧木可显著增强核桃树体的生长势。光合特性分析结果显示: 2种砧穗组合间光响应曲线特征参数存在显著差异, 上宋-14/中宁奇最大净光合速率 ($21.93 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$)、光饱和点 ($1550 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$) 及表观量子效率 ($0.062 \text{ mol} \cdot \text{mol}^{-1}$) 分别比上宋-14/宁优提高 17.90%、11.51% 和 16.98%, 而光补偿点 ($16.53 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$) 则显著降低 35.33%。[结论] 核桃杂交种‘中宁奇’与‘上宋-14’核桃品种有较强的亲和性, 以‘中宁奇’作砧木可显著提高树体的生长量和光合能力, 使嫁接品种对光强的利用范围变广, 从而提高树木对光环境的适应性。

关键词: ‘中宁奇’; 杂交种砧木; 生长特性; 光合特性; 光响应曲线

中图分类号: S792.13

文献标识码: A

文章编号: 1001-1498(2017)03-0472-07

Effects of Different Rootstock Varieties on Growth and Photosynthetic Characteristics of Walnut

LI Li¹, ZHOU Bei-bei^{1,2}, XU Hui-min³, ZHANG Jun-pei¹, PEI Dong¹

(1. Research Institute of Forestry, Chinese Academy of Forestry, State Key Laboratory of Tree Genetics and Breeding, Beijing 100091, China;
2. Institute of Forestry and Pomology, Beijing Academy of Agriculture and Forestry Sciences, Beijing 100093, China;
3. Forestry Technical Guidance Station of Luoning Country, Luoning 471700, He'nan, China)

Abstract: [Objective] By grafting same variety to different root stocks to reveal the rootstock characteristics of walnut hybrid Zhongningqi and to clarify the rootstock status and roles in the economic forest breeding and cultivation production. [Method] Taking two scionstock combinations of Shangsong-14/Zhongningqi and Shangsong-14/Ningyou as the trial materials, the growth and photosynthesis characteristic indexes were measured and compared. [Result] The result of grafting compatibility survey showed that the graft survival rate of the two rootstocks grafted the same walnut variety was higher, but no significant difference was found between them. The result of growth characteristics survey showed that the indexes of tree height, tree diameter, crown breadth, shoot length, shoot diameter and the amount of lateral branches of Shangsong-14/Zhongningqi were significantly or extremely significantly higher than that of Shangsong-14/Ningyou. Zhongningqi, as a root stock, could significantly enhance the growth potential of the walnut scion. In terms of photosynthetic characteristics, there were significant differences among pa-

收稿日期: 2016-10-09

基金项目: 林业公益性行业科研专项“核桃抗寒种质分子鉴定及遗传分析”(201304712-1); 国家自然科学基金项目“核桃复幼提高生根能力的多基因作用解析”(批准号:31672126)

作者简介: 李莉(1982—), 女, 在读博士研究生。主要研究方向: 经济林遗传育种。E-mail: lili_1543@126.com.

* 通讯作者: 裴东。主要研究方向: 经济林遗传育种。E-mail: peigu@caf.ac.cn

rameters of light response curves between the two scionstock combinations. The maximum net photosynthetic rate ($21.93 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$), light saturation point ($1\ 550 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$) and apparent quantum yield ($0.062 \text{mol} \cdot \text{mol}^{-1}$) of Shangsong-14/Zhongningqi were significantly higher (+17.90%, +11.51% and +16.98%) compared with that of Shangsong-14/Ningyou. But the light compensation point of Shangsong-14/Zhongningqi was 35.33% lower. [**Conclusion**] The walnut hybrid Zhongningqi has strong grafting compatibility with walnut varieties. As the root stock, Zhongningqi can significantly enhance the growth potential and photosynthetic capacity of walnut tree, it can also enlarge the light range and improve the adaptability of light environment.

Keywords: Zhongningqi; hybrid rootstock; growth characteristics; photosynthetic characteristics; light response curve

核桃(*Juglans regia* L.)是我国重要的经济林树种之一^[1]。在核桃的高产、优质生产中,广泛应用嫁接技术进行品种繁育和改良,以实现核桃的早实、丰产、优质^[2-3]。国内外研究表明,砧木影响接穗的生长势、果实产量和品质以及树体抗性等多种性状^[4-6],直接决定着果园的综合效益。因此,选择优良的砧木是核桃优质高效生产的重要趋势。由于我国核桃砧木资源缺乏,生产中多以实生核桃作为嫁接砧木,导致培育出的核桃苗整齐度低、坚果产量和品质下降,特别是早衰问题成为制约核桃持续丰产的关键性问题^[7]。美国等世界许多核桃生产国多采用北加州黑核桃(*J. hindsii* Rehder)或奇异核桃(*J. hindsii* × *J. regia*, 即 Paradox)作砧木,在增强树体生长势和抗逆性的同时坚果品质也得到一定程度的提升,实现了核桃持续丰产^[8-11]。Rei等^[12]研究表明,以奇异核桃杂交种作砧木,核桃产量是黑核桃砧木嫁接树的1.11倍。近年来,中国林业科学研究院在引进黑核桃优良品种的基础上,通过种间杂交育种,选育出了一批生长势旺、抗逆性强的优良品种,其中,‘中宁奇’(*J. hindsii* × *J. regia* var. zhongningqi)是2011年从北加州黑核桃与核桃的种间杂交种中选育出的砧木品种,其嫁接亲和力和营养生长超过双亲、抗根腐病、耐盐碱,具有较高的栽培推广潜力。宋晓波等^[13]研究表明,优良杂种砧木‘中宁奇’可以明显促进核桃早实品种树体生长,具有壮树和防早衰的作用;同时,以‘中宁奇’为砧木的‘辽宁1号’核桃品种平均产量为 $3\ 043.5 \text{kg} \cdot \text{hm}^{-2}$,比实生核桃嫁接类型高31.4%,而且坚果风味明显提高。光合作用是果树产量及品质形成的基础,光合能力的强弱受砧木遗传特性的影响^[14]。通过研究‘中宁奇’砧木嫁接树生长特性和光合特性,对揭示其砧木特性,探索嫁接树光合生产力并制定合理的栽培技术措施具有重要意义;但有关核桃生长和光

合特性的研究多集中于普通核桃、核桃楸(*J. mandshurica* Maxim)和美国黑核桃(*J. nigra* L.)等^[15-20],关于‘中宁奇’砧木嫁接树的生长和光合特性方面的研究较少。因此,本研究以核桃杂交种‘中宁奇’和实生核桃嫁接树为试材,对嫁接树的生长特性及光合生理特性进行比较研究,旨在为‘中宁奇’良种选育和高产优质栽培提供参考。

1 试验地概况

试验地位于河南省洛宁县东宋镇核桃栽培示范园($110^{\circ}22' \sim 111^{\circ}50'E, 34^{\circ}06' \sim 34^{\circ}10'N$),属暖温带大陆性季风气候,土壤为中性棕壤,pH值6.0。平均海拔300 m,年平均气温 13.7°C ,5—10月平均气温 21.9°C 。生长期216 d,日照时数2 632.0 h。

2 材料与方法

2.1 试验材料

供试核桃砧木为杂交种‘中宁奇’和核桃品种‘宁优’,均为扦插苗,定植株行距 $3 \text{m} \times 4 \text{m}$ 。接穗来源于洛宁县东宋镇核桃种质资源圃,为核桃品种‘上宋-14’,采自同一植株树冠外围健壮且生长较一致的枝条。用于树体生长特性调查的上宋-14/中宁奇和上宋-14/宁优砧穗组合为2012年3月进行嫁接,嫁接后对嫁接树进行常规田间管理。

2.2 试验方法

2.2.1 嫁接亲和性调查 春季选择生长势、粗细相对一致的1年生‘中宁奇’和‘宁优’扦插苗进行定植,分别于2015年3月下旬和5月中旬采用枝接(双舌接)和芽接(大方块芽接)方法进行嫁接,接穗品种为‘上宋-14’,接穗采自同一植株树冠外围健壮且生长较一致的枝条。每个砧木嫁接100株,其中,枝接和芽接各50株,重复3次。嫁接后1个月调查嫁接成活率和接口愈合情况。11月中旬测量嫁接

苗树高和干径生长量及嫁接口部位上、下5 cm处的枝干粗度,其中,干径为嫁接口以上5 cm处的接穗直径。

2.2.2 树体生长特性调查及测定 于2012年12月至2015年12月连续4年对洛宁县东宋镇核桃栽培示范园区内定植的上宋-14/中宁奇和上宋-14/宁优砧穗组合进行追踪调查和生长势指标测定。调查性状包括株高、干径、冠幅、新梢生长量(新梢长度、新梢粗度、新梢着生小叶数)以及分枝力。调查及测量方法参照《核桃种质资源描述规范和数据标准》,每个砧木组合各选取10株,设3次重复。新梢生长量测定:每个砧木组合选取3株生长健壮、株高和干径较一致的植株,于12月中旬选择树冠东、南、西、北4个方向外围正常发育新梢30条,测量新梢长度和粗度,并求其平均值。新梢长度为新梢基部芽鳞痕处至顶芽基部的长度。新梢粗度为新梢中部粗度。新梢着生小叶数调查:于生长季统计从新梢基部芽鳞痕处至顶芽基部所有羽状复叶上的小叶片数。

2.2.3 光响应曲线测定及光合参数拟合 对4年生砧穗组合上宋-14/中宁奇和上宋-14/宁优的光合特性进行测定。在2016年7月的晴天,利用Li-6400光合分析系统于上午9:30-11:30测定光合响应曲线。2种砧穗组合各选5株。每株在树冠南向选择当年生成熟枝中部复叶的3片顶叶进行测定。

光照强度值依次设为0、20、50、100、200、400、600、800、1 000、1 200、1 500、1 800、2 000。温度和相对湿度采用自然状态下的测定值。利用二次曲线方程对光合-光响应曲线进行模拟,对最大净光合速率、光饱和点、光补偿点、表观量子产率等参数进行拟合。

2.3 数据处理

采用Excel和SPSS 18.0软件对测定数据进行统计和分析。

3 结果与分析

3.1 2种砧木嫁接同一品种的嫁接亲和力调查

由表1可知:在砧木生长势和粗度较一致的前提下,2种砧穗组合的枝接和芽接成活率均为96%以上,接口愈合情况为0.95~0.97。说明砧木与接穗间的愈合情况较好,亲和力较高,‘中宁奇’和普通核桃在嫁接亲和性方面差异不显著。结合田间观察,2种砧穗组合嫁接口部位较平整,无断裂。接穗的生长量也间接反应砧穗的亲合性,从嫁接当年的树体生长情况看,上宋-14/中宁奇和上宋-14/宁优的接穗粗/砧木粗分别为0.95和0.93,说明2种砧穗组合嫁接口处上下生长较均匀。上宋-14/中宁奇树高和干径分别为1.68 m和1.92 cm,显著高于上宋-14/宁优,说明‘中宁奇’嫁接亲和性较好,当年生长势较旺盛。

表1 上宋-14/中宁奇和上宋-14/宁优砧穗组合当年嫁接亲和性及苗木生长量比较

Table 1 Comparison of grafting compatibility and seedling growth of Shangsong-14/Zhongningqi and Shangsong-14/Ningyou

砧穗组合类型 Type of scion / rootstock combination	砧木径粗 Diameter of Root stock /cm	枝接 Branch grafting			芽接 Bud grafting			当年苗木生长量 Seedling growth		
		成活株数 Survival numbers /株	嫁接成活 率 Grafting survival rate /%	接口愈合 情况 Interface healing	成活株数 Survival numbers /株	嫁接成活 率 Grafting survival rate/%	接口愈合 情况 Interface healing	树高 High/ m	干径 diameter /cm	接穗粗/ 砧木粗 Scion diameter/ stock diameter
		上宋-14/中宁奇 Shangsong-14/Zhongningqi	1.71 ± 0.26	48	96	0.97	49	98	0.96	1.68
上宋-14/宁优 Shangsong-14/Ningyou	1.68 ± 0.33	48	96	0.95	48	96	0.95	1.30	1.50	0.93

3.2 2种砧木对同一品种树体生长特性的影响

由表2可知:2015年(第4年)上宋-14/中宁奇树高为5.16 m,为上宋-14/宁优的1.22倍。方差分析表明:4年间上宋-14/中宁奇树高总生长量、平均生长量和连年生长量均显著高于上宋-14/宁优。上宋-14/中宁奇第4年时干径总生长量为8.63 cm,是上宋-14/宁优的1.25倍。4年间上宋-14/中宁奇干

径平均生长量为1.95~2.16 cm,连年生长量为1.95~2.32 cm。方差分析表明,上宋-14/中宁奇的干径总生长量、平均生长量和连年生长量与上宋-14/宁优存在极显著差异($P < 0.01$)。综合树高及干径年生长状况,表明上宋-14/中宁奇的树体生长显著高于上宋-14/宁优。

表3表明:4年生上宋-14/中宁奇和上宋-14/宁

优砧穗组合在树高、干径、冠幅、新梢长度、新梢小叶数及成枝力方面差异极显著($P < 0.01$),新梢粗度间差异显著($P < 0.05$)。4年生上宋-14/中宁奇的树高、干径、冠幅比上宋-14/宁优分别增加了

22.27%、25.44%、37.47%;新梢长度、新梢小叶数以及成枝力分别是上宋-14/宁优的1.17、1.28、1.18倍。2种砧穗组合树体特征上的显著差异,表明‘中宁奇’作为核桃砧木可以显著增强接穗的生长势。

表2 2012—2015年上宋-14/中宁奇和上宋-14/宁优树高及干径年生长量

Table 2 Statistics of tree height and stem diameter of Shangsong-14/Zhongningqi and Shangsong-14/Ningyou in 2012—2015

砧穗组合类型 Type of scion/rootstock combination	年份 Year	树高 Tree height/m			干径 Stem diameter/cm		
		总生长量 Total increment	平均生长量 Average increment	连年生长量 Current annual increment	总生长量 Total increment	平均生长量 Average incre- ment	连年生长量 Current annual increment
上宋-14/中宁奇 Shangsong-14/ Zhongningqi	2012	1.62	1.62	1.42	1.95	1.95	1.95
	2013	2.78	1.39	1.16	4.06	2.03	2.11
	2014	4.02	1.34	1.24	6.38	2.13	2.32
	2015	5.16	1.29	1.14	8.63	2.16	2.25
上宋-14/宁优 Shangsong-14/ Ningyou	2012	1.25	1.25	1.05	1.52	1.52	1.52
	2013	2.19	1.10	0.94	3.21	1.61	1.69
	2014	3.26	1.09	1.07	5.05	1.68	1.84
	2015	4.22	1.06	0.96	6.88	1.72	1.83

表3 4年生上宋-14/中宁奇和上宋-14/宁优树体特征比较及方差分析

Table 3 4 year-old tree characteristic comparison of Shangsong-14/Zhongningqi and Shangsong-14/Ningyou

砧穗组合类型 Type of scion /rootstock combination	树高 Tree height/m	干径 Stem diameter /cm	冠幅 Crown breadth /cm	新梢长度 Shoot length /cm	新梢粗度 Shoot roughness /cm	新梢小叶数 Leaf number of shoot/片	成枝力 Branch ability
上宋-14/中宁奇 Shangsong-14/ Zhongningqi	5.16 **	8.63 **	492.43 **	109.0 **	1.46 *	100.80 **	1:4.6 **
上宋-14/宁优 Shangsong-14/ Ningyou	4.22	6.88	358.20	93.2	1.28	78.83	1:3.9

注: ** $P < 0.01$, * $P < 0.05$,下同。Note: ** $P < 0.01$, * $P < 0.05$, the same below.

3.3 2种砧木对同一树体光合特性的影响

3.3.1 光响应曲线比较 光响应曲线反映了植物净光合速率(P_n)随光照强度(Par)改变的变化规律。由图1可知:砧穗组合上宋-14/中宁奇和上宋-14/宁优的 P_n-Par 曲线变化趋势基本一致。当 $Par < 50 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 时, P_n 均为负值;当 Par 为 $50 \sim 600 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 时,2种砧穗组合的 P_n 差异增大,且随着 Par 的增强呈迅速上升趋势。当 $Par \geq 800 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 时,2种砧穗组合的 P_n 增幅逐渐减少,净光合速率趋于平稳;当 $Par \geq 1800 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 时,出现光抑制, P_n 值下降。光响应曲线及方差分析表明:当 Par 为 $0 \sim 50 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 时,2种组合间的 P_n 差异不显著。当 $Par > 50 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 时,上宋-14/中宁奇的 P_n 值显著高于上宋-14/宁优,说明上宋-14/中宁奇具有较高的光合性能。

3.3.2 其它光合参数曲线比较 由2种砧穗组合

的蒸腾速率(Tr)、气孔导度(G_s)和胞间 CO_2 浓度(C_i)随光照强度变化的曲线(图1)可见:在相同的外界环境下,2种砧穗组合间 $Tr-Par$ 、 G_s-Par 和 C_i-Par 曲线变化趋势基本一致;随着 Par 的增加, $Tr-Par$ 曲线和 G_s-Par 曲线均呈缓慢上升趋势; C_i-Par 曲线则随 Par 的增加呈先下降后上升至平稳的变化趋势,当 Par 达 $800 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 以后, C_i 基本呈一条直线,光合消耗 CO_2 量和外界扩散达到动态平衡, C_i 趋于平稳。上宋-14/中宁奇的 C_i 和 G_s 低于上宋-14/宁优,说明上宋-14/中宁奇具有较高的 CO_2 利用率,但上宋-14/中宁奇的 Tr 与上宋-14/宁优的差异不显著。由水分利用效率=净光合速率/蒸腾速率计算可知:上宋-14/中宁奇的水分利用效率稍高于上宋-14/宁优,但差异不显著。

对光合生理指标进行相关性分析,结果(表4)表明: P_n 与 Tr 、 G_s 之间呈极显著正相关,说明 Tr 和 G_s 越大, P_n 值也随之增大,而 P_n 与 C_i 间呈极显著

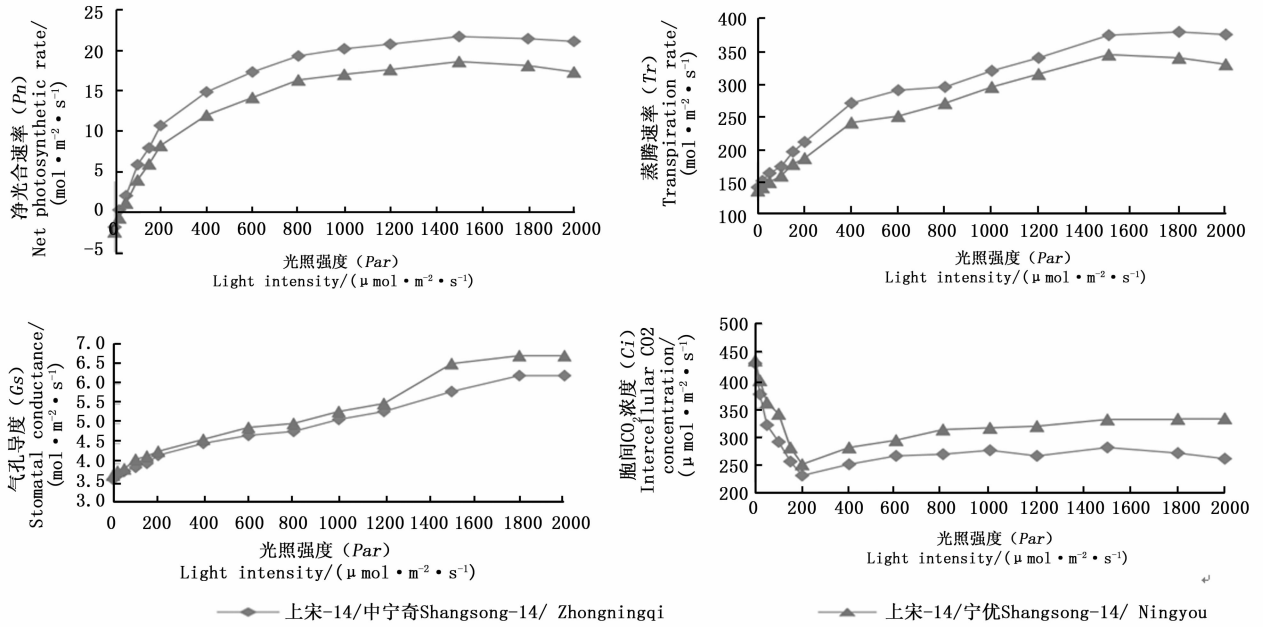


图1 两种砧穗组合光合参数随光照强度变化曲线

Fig.1 Change curves of photosynthetic parameters of two scion/rootstock combinations with light intensity increasing

负相关,这是由于光合暗反应中碳同化随光强升高而增加的速度大于 Tr 的增加速度,从而导致 Pn 增加而 Ci 降低的现象。 Tr 与 G_s 间呈极显著正相关,

说明砧穗组合蒸腾速率的变化是通过气孔的开张方式来控制的。

表4 光合指标之间的相关系数

Table 4 Correlation coefficient between the photosynthetic indexes

光合指标 Photosynthetic indexes	净光合速率(P_n) Net photosynthetic rate	蒸腾速率(Tr) Transpiration rate	气孔导度(G_s) Stomatal conductance	胞间 CO_2 浓度 (C_i) Inter-cellular CO_2 concentration
净光合速率(P_n) Net photosynthetic rate	1.000			
蒸腾速率(Tr) Transpiration rate	0.978 **	1.000		
气孔导度(G_s) Stomatal conductance	0.887 **	0.953 **	1.000	
胞间 CO_2 浓度(C_i) Inter-cellular CO_2 concentration	-0.759 **	-0.685 **	-0.511	1.000

3.3.3 光响应曲线特征参数比较 由光响应曲线对最大净光合速率(P_{nmax})、光饱和点(Lsp)、光补偿点(Lcp)及表观量子效率(A_{QY})等光合参数进行拟合,结果(表5)表明:上宋-14/中宁奇和上宋-14/宁优

的光响应曲线特征参数存在差异,上宋-14/中宁奇的 P_{nmax} 比上宋-14/宁优的增加了 17.90%,说明上宋-14/中宁奇的光合能力和光能利用效率较高;上宋-14/中宁奇的 Lsp 比上宋-14/宁优的提高了 11.51%,

表5 上宋-14/中宁奇和上宋-14/宁优光响应曲线参数比较

Table 5 Comparison of light-response parameters of Shangsong-14/Zhongningqi and Shangsong-14/Ningyou

砧穗组合类型 Type of scion /rootstock combination	拟合系数 Fitting coefficient	最大净光合速率(P_{nmax}) Maximum photosynthetic rate/ $(\mu mol \cdot m^{-2} \cdot s^{-1})$	光饱和点(Lsp) Light saturation point $/(\mu mol \cdot m^{-2} \cdot s^{-1})$	光补偿点(Lcp) Light compensation point/ $(\mu mol \cdot m^{-2} \cdot s^{-1})$	表观量子效率(A_{QY}) Apparent quantum efficiency/ $(mol \cdot mol^{-1})$
上宋-14/中宁奇 Shangsong-14/ Zhongningqi	0.945	21.93	1 550	16.53	0.062
上宋-14/宁优 Shangsong-14/ Ningyou	0.956	18.60	1 390	25.56	0.053

而 Lcp 则比上宋-14/宁优降低了 35.33%。因此,上宋-14/中宁奇的 Lsp 高, Lcp 低,在一定程度上说明其对光强的适应范围广,对光的生态适应能力强。 A_{0V} 反映了植物在弱光条件下的光合能力^[21-22],上宋-14/中宁奇的 A_{0V} 是上宋-14/宁优的 1.17 倍,表明上宋-14/中宁奇对弱光的利用能力较强。

4 讨论

砧穗嫁接亲和性是影响嫁接成活的关键因素之一。由于‘中宁奇’为北加州黑核桃与核桃的种间杂交种,与核桃有较近的亲缘关系,所以嫁接亲和性较好,枝接和芽接成活率达 96% 以上,与实生核桃间没有差异。在核桃的嫁接生产实践中,未发现‘中宁奇’与接穗有后期不亲和现象。另据本课题组对 23 年生杂交种‘中宁奇’生长特性的调查研究,证实‘中宁奇’营养生长迅速,树体生长量明显超过双亲^[23]。宋晓波等^[13]对浅山丘陵地果材兼用型核桃栽培模式进行了研究,结果显示,优良杂种砧木可以明显促进核桃早实品种树体生长,具有壮树和防早衰的作用,以‘中宁奇’为砧木的果材兼用模式下坚果的产量为 $3\ 043.5\ \text{kg} \cdot \text{hm}^{-2}$,比传统栽培模式高 31.4%,而且坚果风味明显提高。本研究中,通过对‘中宁奇’和普通核桃砧穗组合的树体生长特性测定表明,以‘中宁奇’作核桃砧木,树高、干径、冠幅、新梢长度、新梢粗度、新梢着生小叶数及分枝力等树体特征显著或极显著高于实生核桃砧木,进一步证明了砧木‘中宁奇’能显著增强树体的生长势。因此,利用杂交种砧木‘中宁奇’嫁接亲和力高、生长势旺、抗性强的特点,可以增强核桃树体的生长势,进而实现核桃的持续丰产。在生产实践中,杂交种‘中宁奇’作为核桃砧木具有良好的推广应用前景。

相同的外界条件下,不同砧木对同一接穗品种生长势和光合能力的影响与砧木本身的遗传特性相关^[14,24-27],砧木通过与接穗间的水分、营养物质和生长调节物的运输、mRNA 的分子传递等来影响接穗的生长发育^[28-32]。相同接穗嫁接到不同砧木后,嫁接苗的表型、生长状况、生理生化特性及基因表达都有所改变^[33-37]。‘中宁奇’做砧木后,由于扦插苗不定根体系比实生苗胚根体系发达,根系吸收水分和矿质营养的能力增强,从而促进了地上部接穗的生长,使树体生长势增强,这也印证了砧穗间的物质传递作用。在相同的立地和管理条件下,‘中宁奇’砧穗组合的最大净光合速率显著高于实生核桃

组合,表明杂交种‘中宁奇’作砧木可以显著提高核桃树体的光合能力。关于砧穗互作机理的研究,孟丙南等^[14]研究了不同砧木对核桃光合特性的影响,结果表明,生长势较强的杂交种砧木可提高核桃接穗的光合特性。周贝贝^[26]对嫁接在‘中宁奇’和实生核桃上的同一接穗品种进行了 DNA 甲基化研究,发现有 12.33% 的甲基化差异基因与光合作用相关基因高度同源,推测砧木可能通过嫁接调控了接穗中光合作用相关基因的表达,从而影响接穗的光合特性,并进一步改变接穗的表型性状,造成树体生长势的差异。砧木对接穗生长势和光合作用的影响是受内外因子综合影响的复杂生理过程,有关砧木影响核桃树体生长势和光合作用的机理还有待深入研究。

光补偿点和光饱和点分别体现植物对弱光和强光的利用能力。‘中宁奇’砧穗组合的光补偿点低,光饱和点高,说明杂交种砧木‘中宁奇’可使核桃树体对光强的利用范围变广。因此,鉴于‘中宁奇’作砧木可以提高核桃树体的光合能力及对光强的生态适应性,另结合区域性试验结果,‘中宁奇’的适宜种植区相对较广,在华北、西北、华东、西南等光照环境下均可进行引种栽培。光合作用是果树产量和品质形成的重要基础,而叶片具有较高的光合速率是高产的前提^[38]。本研究中,‘中宁奇’砧穗组合的光合效率较高,说明砧木‘中宁奇’具有良好的高产基础,有明显的改善和推广潜力。从光合生产的角度讲,‘中宁奇’砧木嫁接树可以进行适度密植。另外,环境条件与农艺措施可通过改变树体生长特性及叶片光合性能而影响光合产物的合成、积累和分配,最终影响果实产量。因此,生产中还需要结合科学整形修剪、肥水管理等相关措施来增加树群体叶面积,以促进光合产物的合成和积累,增加结果枝和单株结果数,以提高结果产量。

5 结论

‘中宁奇’是中国林业科学研究院于 2011 年从北加州黑核桃与核桃的种间杂交种中选育出的核桃砧木品种。杂交种‘中宁奇’作为核桃的砧木嫁接亲和力较高,嫁接成活率达 96% 以上。‘中宁奇’做砧木可以明显促进核桃树体生长,具有壮树的作用。在光合特性方面,‘中宁奇’可显著提高核桃树体的光合能力,使树体对光强的利用范围变广,对光强的生态适应能力增强。在选择引种中,‘中宁奇’作砧木在较弱或较强的光照环境下均具有较强的适应性。

参考文献:

- [1] 裴东,鲁新政. 中国核桃种质资源[M]. 北京:中国林业出版社,2011.
- [2] Davis Angela R, Perkins-Veazie P, Hassell R, *et al.* Grafting effects on vegetable quality[J]. *HortScience*, 2008, 43(6): 1670-1672.
- [3] Lee J M. Cultivation of grafted vegetables. I. Current status, grafting methods, and benefits[J]. *HortScience*, 1994, 29(4): 235-239.
- [4] Webster A D. Rootstock and interstock effects on deciduous fruit tree vigour, precocity and yield productivity[J]. *New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science*, 1995, 23(4): 373-382.
- [5] Claudio D V, Chiara C, Marina B, *et al.* Effect of interstock (M. 9 and M. 27) on vegetative growth and yield of apple trees[J]. *Scientia Horticulturae*, 2009, 119(3): 270-274.
- [6] 王大江,王昆,高源,等. 不同矮化中间砧对‘蜜脆’苹果植株生长及果实功能性成分含量影响的综合评价[J]. *果树学报*, 2016, 33(6): 686-693.
- [7] 冯连芬,吕芳德,张亚萍,等. 我国核桃育种及其栽培技术研究进展[J]. *经济林研究*, 2006, 24(2): 69-73.
- [8] 陆斌,宁德鲁. 美国核桃产业发展综述及其借鉴[J]. *林业调查规划*, 2011, 36(3): 98-105.
- [9] 裴东,吴燕民,奚声柯. 美国黑核桃的栽培及在我国的发展前景[J]. *河北林果研究*, 2000, 15(1): 95-100.
- [10] Kahy K, Dave R. Comparison of June-budded and grafted two-year-old ‘Chandler’ walnut (*Juglans regia*) on paradox hybrid root[J]. *HortScience*, 1997, 32(2): 531.
- [11] Goncalves B, Moutinho-perira J, Santos A, *et al.* Scion-rootstock interaction affects the physiology and fruit quality of sweet cherry tree[J]. *Tree Physiology*, 2005, 26(1): 93-104.
- [12] Reil W O, Germain E. Comparison of chandler walnut grown on both paradox and northern California black rootstock that were planted as seed, seedling or grafted trees[J]. *Acta Horticulturae*, 2001, 544: 481-488.
- [13] 宋晓波,张俊佩,徐慧敏,等. 浅山丘陵地果材兼用型核桃栽培模式研究[J]. *北京林业大学学报*, 2016, 38(6): 60-66.
- [14] 孟丙南,张俊佩,裴东,等. 不同砧木对核桃光合特性的影响[J]. *经济林研究*, 2013, 31(2): 32-37.
- [15] 马钦彦,蔺琛,韩海荣,等. 山西太岳山核桃砧木光合特性的研究[J]. *北京林业大学学报*, 2003, 25(1): 14-19.
- [16] 阿布力米提·买买提明,张俊佩,裴东. 不同类型核桃的光合和蒸腾性能对土壤水分胁迫响应的研究[J]. *河北农业大学学报*, 2004, 27(4): 26-30, 70.
- [17] 杨雨华,宗建伟,杨风岭. 3个核桃品种的光合-光响应特性[J]. *经济林研究*, 2014, 32(2): 19-23.
- [18] 何海洋,彭方仁,张瑞,等. 不同品种美国山核桃嫁接苗光合特性比较[J]. *南京林业大学学报:自然科学版*, 2015, 39(4): 19-25.
- [19] 王红霞,张志华,王文江,等. 田间条件下核桃光合特性的研究[J]. *华北农学报*, 2007, 22(2): 125-128.
- [20] Nicodemus M A, Salifu F K, Jacobs, D F. Growth, nutrition, and photosynthetic response of black walnut to varying nitrogen sources and rates[J]. *Journal of Plant Nutrition*. 2008, 32(10-12): 1917-1936.
- [21] 韩博,李志勇,郭浩,等. 干旱胁迫下5种幼苗光合特性的研究[J]. *林业科学研究*, 2014, 27(1): 92-98.
- [22] 许晨璐,孙晓梅,张守攻,等. 日本落叶松×长白落叶松杂种光合性状的父、母本效应研究[J]. *林业科学研究*, 2011, 24(1): 8-12.
- [23] 李莉,徐慧敏,赵荣军,等. 核桃杂交种‘中宁奇’与北加州黑核桃、魁核桃生长特性比较[J]. *林业科学研究*, 2016, 29(6): 847-853.
- [24] 罗静,易盼盼,王飞,等. 不同矮化中间砧对苹果苗光合特性的影响[J]. *西北农林科技大学学报:自然科学版*, 2016, 44(4): 177-184.
- [25] 张建光,刘玉芳,施瑞德. 不同砧木上苹果品种光合特性比较研究[J]. *河北农业大学学报*, 2004, 27(5): 31-33.
- [26] 周贝贝. 核桃砧木对树体影响的DNA甲基化调控机制研究[D]. 北京:中国林业科学研究院, 2014.
- [27] 赵红军,魏海荣,姜涛,等. 黑核桃砧木和本砧香玲核桃的光和特性初探[J]. *山东农业科学*, 2007(3): 53-55.
- [28] Jensen P J, Makalowska I, Altman N, *et al.* Rootstock-regulated gene expression patterns in apple tree scions[J]. *Tree Genetics and Genomes*, 2010, 6: 57-72.
- [29] Browne G T, Grant J A, Schmidt L S, *et al.* Resistance to phytophthora and graft compatibility with persian walnut among selections of Chinese wingnut[J]. *HortScience*, 2011, 46(3): 371-376.
- [30] Miguel A Q R, Alex-Alan F D A, Taina F O A, *et al.* Rootstock × scion interactions on *Theobroma cacao* resistance to witches’ broom: photosynthetic, nutritional and antioxidant metabolism responses[J]. *Acta Physiologiae Plantarum*. 2016, 38(3): 1-14.
- [31] Deeken R, Ache P, Kajahn I, *et al.* Identification of *Arabidopsis thaliana* phloem RNAs provides a search criterion for phloem-based transcripts hidden in complex datasets of microarray experiments[J]. *Plant Journal*, 2008, 55: 746-759.
- [32] Cao L, Yu N N, Li J X, *et al.* Heritability and reversibility of DNA methylation induced by in vitro grafting between *Brassica juncea* and *B. Oleracea*[J]. *Scientific Reports*, 2016, 6: 1-12.
- [33] Jayawickrama K J, McKeand S E, Jett J B. Rootstock effects on scion growth and reproduction in 8-year-old grafted loblolly pine[J]. *Canadian Journal of Forest Research*, 1997, 27(11): 1781.
- [34] Beckman T G, Okie W R, Nyczepir A P. Influence of scion and rootstock on incidence of peach tree short life[J]. *Acta Horticulturae*, 2002, 592(88): 2645-2648.
- [35] 宫磊,张文娜,徐海燕,等. 梨NAC结构域蛋白基因克隆与mRNA嫁接传递性研究[J]. *中国农业科学*, 2010, 43(11): 2307-2314.
- [36] Somkuwar R G, Bahetwar A, Khan I, *et al.* Changes in growth, photosynthetic activities, biochemical parameters and amino acid profile of Thompson Seedless grapes (*Vitis vinifera* L.)[J]. *Journal of Environmental Biology*, 2014, 35(6): 1157-1163.
- [37] 王克春. 美国山核桃不同类型砧木及其嫁接苗特性比较研究[D]. 南京:南京林业大学, 2015.
- [38] 吕鹏,张吉旺,刘伟,等. 施肥时期对高产夏玉米光合特性的影响[J]. *生态学报*, 2013, 33(2): 576-585.