

doi : 10. 16473/j. cnki. xblykx1972. 2021. 03. 013

切根对薄壳山核桃砧木质量的影响^{*}

杜洋文^{1,2,3}, 邓先珍^{1,2,3}, 程军勇^{1,2,3}

(1. 黄冈师范学院经济林木种质改良与资源综合利用湖北省重点实验室, 大别山特色资源开发湖北省协同创新中心, 湖北 黄冈 438000;
2. 湖北省林业科学研究院, 湖北 武汉 430075; 3. 湖北省木本粮油林工程技术研究中心, 湖北 武汉 430075)

摘要: 在培育高质量薄壳山核桃嫁接苗过程中, 为探明切根对薄壳山核桃砧木质量的影响, 以薄壳山核桃幼苗为材料, 分别保留不同长度 8、6、4、2 cm 和对照 (不切根) 进行切根苗木培育试验, 比较各试验处理间砧木生长性状、生物量及根系性状, 并运用主成分分析法和隶属函数值法进行综合评价。结果表明: 薄壳山核桃幼苗切根留存不同长度对苗木地径、高度、生物量等生长性状和根系性状指标影响存在显著性差异, 其中以留存 8 cm 和 6 cm 根长更有利于其幼苗高生长、径增粗、生物量增长、苗木质量指数提高, 根长和根直径增加。相比对照, 留存根长 8 cm 的处理苗木地径增加了 8.87%、高度增加了 16.29%、总干质量增加了 45.09%、苗木质量指数增加了 35.56%, 根长增加 58.69%、根直径增加 38.54%。主成分分析和隶属函数值综合评价结果表明, 切根留存根长 8 cm 和 6 cm 的砧木质量最优, 并建立了以总干质量为自变量的苗木质量评价最优回归方程 $Y = -0.863 + 0.052X$ 。

关键词: 薄壳山核桃; 幼苗; 切根; 砧木质量

中图分类号: S 759.3; S 664.1 **文献标识码:** A **文章编号:** 1672-8246 (2021) 03-0092-07

Effect of Root Cutting on Rootstock Quality of *Carya illinoensis*

DU Yang-wen^{1,2,3}, DENG Xian-zhen^{1,2,3}, CHENG Jun-yong^{1,2,3}

(1. Hubei Key Laboratory of Economic Forest Germplasm Improvement and Resources Comprehensive Utilization, Hubei Collaborative Innovation Center for the Characteristic Resources Exploitation of Dabie Mountains, Huanggang Normal University, Huanggang Hubei 438000, P. R. China;
2. Hubei Academy of Forestry, Wuhan Hubei 430075, P. R. China;
3. Hubei Provincial Engineering Technology Research Center of Woody Oil-Bearing Forest, Wuhan Hubei 430075, P. R. China)

Abstract: In order to cultivate high quality seedlings, we tried to explore the effects of root cutting on rootstock quality of *Carya illinoensis*. Different length with 8cm, 6cm, 4cm, 2cm and CK were used to cut roots of seedlings. The treatments were compared and analyzed on growth traits, biomass and root traits, which were evaluated on using principal component analysis and membership function value method. The results showed that there were significant different on growth traits and root traits among different treatments. The treatment of 8 cm and 6 cm could improved height, diameter, biomass and quality index of seedlings, and increase root length and root diameter. Compared to CK, the method of 8cm could increased diameter with 35.56%, height 16.29%, total dry mass 45.09%, seedling quality index 35.56%, root length 58.69%, root diameter 38.54%. The results of comprehensive evaluation showed that the rootstock quality of 8 cm and 6 cm was optimal, and the optimal regression equation $Y = -0.863 + 0.052X$ was established.

Key words: *Carya illinoensis*; seedling; cutting root; rootstock quality

* 收稿日期: 2021-03-01

基金项目: 湖北省重点实验室开放基金“薄壳山核桃容器育苗关键技术研究”(201930603)。

第一作者简介: 杜洋文 (1981—), 男, 副研究员, 硕士, 从事经济林育种与高效栽培研究。E-mail: 187264787@qq.com

通信作者简介: 邓先珍 (1962—), 女, 研究员, 从事经济林育种与高效栽培研究。E-mail: 646412397@qq.com

薄壳山核桃 (*Carya illinoensis*) 又名美国山核桃、长山核桃, 为胡桃科 (Juglandaceae) 山核桃属 (*Carya*) 落叶乔木, 原产美国和墨西哥, 种仁营养丰富, 种仁油脂含量高达 70%~85%, 是世界著名的干果和木本油料树种, 也是优质用材和庭院绿化树种, 我国已有百余年的引种历史^[1-2]。营养丰富, 既可生食又可加工制作食品和保健食品, 具有较高的医学和保健功能^[3-6]。由于其具有重要的经济价值, 许多地方将其作为增加农民收入、实施“精准扶贫”的重要经济树种, 在缓解粮油供需矛盾方面也发挥着重要的作用^[7]。

近年来, 薄壳山核桃产业发展步伐不断加快, 种植面积不断扩大, 对种苗需求日益增大, 更是对种苗质量提出了更高要求。目前, 薄壳山核桃种苗繁育主要采用对大田播种实生苗直接嫁接方式, 由于薄壳山核桃单宁含量高、伤流严重, 嫁接成活率低。而且, 未经切根砧木培育的嫁接苗主根长、须根少, 不仅起苗费时费工, 造林成活率也偏低、缓苗期也长, 不利于薄壳山核桃产业发展^[8-9]。切根长度或切根比例与切根效果密切相关, 要选择既能达到预期切根效果又不会阻碍苗木生长发育的适宜切根长度或切根比例至关重要^[10]。许春锦^[11]对红锥 (*Castanopsis hystrix*) 切根育苗试验的研究、林志鹏^[12]对切根育苗马尾松 (*Pinus massoniana*) 苗木及幼林生长效应研究, 均表明切根育苗可抑制苗木主根生长, 促进侧根根系发育, 且不同树种育苗适宜的切根深度或切根比例有所不同。本文拟通过对薄壳山核桃实生幼苗采取切根留存 2、4、6 和 8 cm, 以及不切根作为对照, 切根后移栽至容器袋中继续培育, 比较分析不同切根措施培育的砧木生长性状、生物量和根系性状, 并通过主成分分析和隶属函数法对砧木质量进行综合评价, 筛选出苗壮质优、根系发达的优质砧木, 以期能够为薄壳山核桃产业发展提供优质种苗保障。

1 试验地自然概况

试验地位于武汉市九峰试验林场 (31°22'N, 114°29'E, 海拔 51.2~202.0 m), 该区属亚热带大陆季风性湿润气候, 年日照时数 2 058.4 h, 年平均气温 16.7℃, 极端最高气温 41℃, 极端最低气温 -17.6℃, 年平均降雨量 1 200~1 400 mm, 无霜期 239 d。土壤以红黄壤为主, 土层厚度 80 cm 以上, 土壤 pH 值 5.3~6.5; 土壤全氮含量 0.1%

左右, 全磷含量 5%~6%, 全钾含量 1.0%~2.5%, 有机质含量 1%~5%。

2 材料与方法

2.1 试验材料

2019 年 2 月上旬, 选取大小一致, 无破损、无病虫害的薄壳山核桃“波尼”种子, 经连续 14 d 清水浸泡、消毒及沙床催芽。在 3 月中旬, 当种子萌发大部分生长至 15 cm 左右时, 选取高度、径粗基本一致的幼苗作为切根留存试验材料。

2.2 试验方法

将选取的幼苗按照试验设计分别进行切根留存处理, 幼苗切根留存 2 cm (记作“KP2”)、4 cm (记作“KP4”)、6 cm (记作“KP6”)、8 cm (记作“KP8”) 和对照 (不切根, 记作“CK”), 共 5 个处理, 每个处理 30 株幼苗, 3 次重复。幼苗切根后, 将其移栽至黑色塑料袋 (高度 16 cm, 直径 21 cm) 中, 容器基质为 50% 泥炭土+50% 黄心土, 移栽后, 浇透水 1 次。各处理苗木的后期管理 (浇水、施肥、除草、病虫害防治) 相同。

2.3 调查指标

当年 12 月上旬, 苗木停止生长后, 分别调查苗木地径 (X_1)、苗高 (X_2), 计算高径比 (X_3) = 苗高/地径; 将苗木从容器袋内缓慢取出, 轻微抖动, 去掉大部分基质, 再用清水冲洗掉剩余基质。清洗时尽量保持完整根系, 如有洗掉的根系, 及时与苗木一起保留; 将洗净的苗木用纸巾吸干水分, 从苗木基质痕迹处截成地上地下两部分, 分别称量地下鲜质量 (X_4) 和地上鲜质量 (X_5), 计算总生物量 (X_8) = 地下鲜质量+地上鲜质量; 将苗木的地下部分放在扫描仪扫描成图像并保存, 利用根系分析系统 GXY-A 型分析其根长 (X_{12})、根表面积 (X_{13})、根直径 (X_{15}) 和根体积 (X_{14}); 将苗木地上部分和地下部分分别放在烘箱 80℃ 下烘干至恒重, 立即称量地下干质量 (X_6) 和地上干质量 (X_7), 相关指标其计算公式如下:

总干质量 (X_9) = 地下干质量+地上干质量;

根冠质量比 (X_{10}) = 地下干质量/地上干质量;

苗木质量指数 (X_{11}) = (地上干质量+地下干质量) / [(苗高/地径)+(地上干质量/地下干质量)]^[13-15]。

2.4 数据处理与分析

基于苗木生长指标及生物量测量数据, 分析各

指标间相关性,采用主成分分析和隶属函数综合评价,选择适当苗木指标建立苗木最优预估方程。其中,隶属函数综合评价指标计算公式^[16-17]如下。

(1) 各综合指标的隶属函数值 u

$$u(X_j) = (X_j - X_{\min}) / -(X_{\max} - X_{\min}), j = 1, 2, \dots, n$$

式中: X_j 表示第 j 个综合指标; X_{\max} 和 X_{\min} 分别表示第 j 个综合指标的最大值和最小值。

(2) 各综合指标的权重 W

$$W_j = P_j / \sum_{j=1}^n P_j, j = 1, 2, \dots, n$$

式中: W_j 表示第 j 个综合指标在所有综合指标中的重要程度,即权重; P_j 为配方第 j 个指标的贡献率。

(3) 综合评价值 D

$$D = \sum_{j=1}^n [u(X_j)W_j], j = 1, 2, \dots, n$$

3 结果与分析

3.1 幼苗切根留存不同长度对生长性状的影响

薄壳山核桃幼苗切根留存不同长度对砧木高度 ($F=8.11^{**}$, $P=0.0035$)、地径 ($F=10.17^{**}$, $P=0.0015$)、地下鲜质量 ($F=8.81^{**}$, $P=0.0026$)、地上鲜质量 ($F=8.03^{**}$, $P=0.0036$)、地下干质量 ($F=7.98^{**}$, $P=0.0037$)、地上干质量 ($F=22.81^{**}$, $P=0.0001$)、总生物量 ($F=8.61^{**}$, $P=0.0028$)、总干质量 ($F=7.38^{**}$, $P=0.0049$)、

根冠质量比 ($F=5.94^{**}$, $P=0.0099$) 和苗木质量指数 ($F=4.56^*$, $P=0.0235$) 等生长指标影响存在显著性或极显著性差异,对砧木高径比 ($F=2.21$, $P=0.1412$) 影响差异不显著(表1)。

幼苗地径以 KP8 和 KP6 处理较大,达到 6.46 mm 和 6.63 mm, KP8 比地径最小的处理 KP2 大 13.14%; 苗高以 KP8、KP6 和 CK 处理较大, KP8 达到 35.79 cm, 比高度最小处理 KP2 大 36.39%; 地下鲜质量以 KP8 和 KP6 处理较大,分别达到 41.31 g 和 53.70 g, 最大的比最小处理 KP4 大 99.04%; 地上鲜质量以 KP8、CK 和 KP4 处理较大,分别达到 6.58 g、5.11 g 和 4.90 g, 最大的比最小的处理 KP2 大 71.80%; 地下干质量以 KP8 和 KP6 处理较大,分别为 26.24 g 和 22.50 g, 最大的比最小处理 KP4 大 100.15%; 地上干质量以 KP8 处理较大,为 5.09 g, 比最小处理 KP2 大 92.80%; 总鲜质量以 KP8、KP6 和 CK 处理较大,分别为 60.28 g、45.30 g 和 45.80 g, 最大的比最小处理 KP4 大 89.02%; 总干质量以 KP8 和 KP6 处理较大,分别为 32.82 g 和 26.49 g, 最大的比最小处理 KP4 大 82.23%; 根冠质量比以 KP2、KP6、KP8 和 CK 处理较大,达到 4.63~7.04, 最大的比最小处理 KP4 大 104.05%; 苗木质量指数以 KP8、KP6、KP2 和 CK 较大,达到 0.45~0.61, 最大的比最小处理 KP4 大 64.86%; 各处理间高径比差异不显著。

表1 幼苗切根留存长度对砧木生长影响差异

Tab. 1 Effect of root retention length on rootstock growth of seedlings

处理	CK	KP2	KP4	KP6	KP8	F 值	P 值
地径/mm	6.09±0.03bcAB	5.86±0.08cB	6.07±0.16bcAB	6.46±0.09abAB	6.63±0.13aA	8.11 ^{**}	0.0035
高度/cm	30.87±1.22abcAB	26.24±0.97cB	29.82±1.37bcAB	31.66±1.10abAB	35.79±0.55aA	10.17 ^{**}	0.0015
高径比	50.68±1.73aA	44.80±1.63aA	49.33±3.55aA	49.05±2.34aA	54.04±1.16aA	2.21	0.1412
地下鲜质量/g	40.69±1.88abAB	31.53±2.92bB	26.98±3.69bB	41.31±3.73abAB	53.70±4.54aA	8.81 ^{**}	0.0026
地上鲜质量/g	5.11±0.41abAB	3.83±0.48bB	4.90±0.37abAB	3.99±0.09bB	6.58±0.47aA	8.03 ^{**}	0.0036
地下干质量/g	17.52±0.68bcAB	18.40±1.87abcAB	13.11±2.05cB	22.50±2.70abAB	26.24±0.52aAbB	7.98 ^{**}	0.0037
地上干质量/g	3.13±0.15bcB	2.64±0.20cB	3.77±0.20bB	3.70±0.13bB	5.09±0.26aA	22.81 ^{**}	0.0001
总生物量/g	45.80±2.19abAB	35.36±3.39bB	31.89±4.04bB	45.30±3.81abAB	60.28±4.91aA	8.61 ^{**}	0.0028
总干质量/g	22.62±1.09bAB	22.23±2.33bAB	18.01±2.40bB	26.49±2.77abAB	32.82±0.98aA	7.38 ^{**}	0.0049
根冠质量比	5.60±0.04abAB	7.04±0.76aA	3.45±0.40bB	6.05±0.53abAB	4.63±0.76abAB	5.94 ^{**}	0.0099
苗木质量指数	0.45±0.01abA	0.49±0.04abA	0.37±0.08bA	0.53±0.03abA	0.61±0.03aA	4.56 [*]	0.0235

注: * 表示 $\alpha=0.05$ 水平下存在显著性差异, ** 表示 $\alpha=0.01$ 水平下存在极显著性差异, 同一列小写字母表示存在显著性差异, 同一列大写字母表示存在极显著性差异。

3.2 幼苗切根留存长度对砧木根系性状的影响

薄壳山核桃幼苗切根留存不同长度对砧木根长 ($F=18.71^{**}$, $P<0.0001$)、根表面积 ($F=$

5.27^{**} , $P=0.0152$)、根体积 ($F=20.42^{**}$, $P=0.0001$) 和根直径 ($F=4.69^*$, $P=0.0217$) 等根系性状影响存在显著性或极显著性差异(表2)。

表 2 幼苗不同切根留存长度对砧木根系性状影响差异

Tab. 2 Effect of root retention length on root characteristics of rootstock of seedlings

处理	CK	KP2	KP4	KP6	KP8	F 值	P 值
根长/m	9.78±0.68bcBC	7.73±0.25cC	9.00±0.73cBC	11.45±0.63bB	15.52±0.99aA	18.71**	0.000 0
根表面积/cm ²	376±23.48bA	408±101.44bA	367±19.1bA	327±33.5bA	646±54.41aA	5.27*	0.015 2
根体积/cm ³	45.83±2.42bB	30.97±8.19bcB	43.34±5.47bB	25.29±2.21cB	81.44±3.1aA	20.42**	0.000 1
根直径/mm	6.72±0.09cA	8.07±0.84bcA	8±0.47bcA	8.75±0.18abA	9.31±0.2aA	4.69*	0.021 7

幼苗根长以 KP8 处理较大，为 15.52 m，比最小处理 KP2 大 100.78%；根表面积以 KP8 处理较大，达到 646 cm²，比最小处理 KP6 大 97.55%；根体积以 KP8 处理较大，达到 81.44 cm³，比最小处理 KP6 大 222.02%；根直径以 KP8 和 KP6 处理较大，分别达到 9.31 mm 和 8.75 mm，最大比最小处理 CK 大 38.54%。

3.3 幼苗切根留存长度对砧木培育质量影响综合评价

3.3.1 各指标间相关性分析

薄壳山核桃切根幼苗的地径 (X_1)、高度

(X_2)、高径比 (X_3)、地下鲜质量 (X_4)、地上鲜质量 (X_5)、地下干质量 (X_6)、地上干质量 (X_7)、总鲜质量 (X_8)、总干质量 (X_9)、根冠质量比 (X_{10})、苗木质量指数 (X_{11})、根长 (X_{12})、根表面积 (X_{13})、根体积 (X_{14}) 和根直径 (X_{15}) 等性状间存在一定的相关关系 (表 3)。其中, X_1 、 X_2 分别与 X_7 、 X_{12} 间存在显著正相关关系, X_4 与 X_6 、 X_8 、 X_9 、 X_{12} 间存在显著正相关关系, X_6 与 X_8 、 X_9 、 X_{11} 间存在显著正相关关系, X_{13} 与 X_{14} 间存在显著正相关关系。

表 3 指标间相关性

Tab. 3 Correlation of indicators

指标	X_1	X_2	X_3	X_4	X_5	X_6	X_7	X_8	X_9	X_{10}	X_{11}	X_{12}	X_{13}	X_{14}	X_{15}
X_1	1														
X_2	0.932*	1													
X_3	0.793	0.959**	1												
X_4	0.839	0.856	0.765	1											
X_5	0.600	0.826	0.910*	0.683	1										
X_6	0.809	0.686	0.497	0.910*	0.425	1									
X_7	0.879*	0.923*	0.868	0.700	0.828	0.609	1								
X_8	0.839	0.878	0.802	0.997**	0.734	0.888*	0.733	1							
X_9	0.847	0.781	0.627	0.953*	0.580	0.984**	0.712	0.944*	1						
X_{10}	-0.280	-0.467	-0.597	0.03	-0.597	0.256	-0.608	-0.032	0.112	1					
X_{11}	0.730	0.608	0.420	0.877	0.399	0.990**	0.551	0.855	0.970**	0.325	1				
X_{12}	0.951*	0.960**	0.865	0.915*	0.784	0.839	0.925*	0.928*	0.910*	-0.300	0.787	1			
X_{13}	0.552	0.657	0.638	0.718	0.838	0.660	0.748	0.751	0.759	-0.228	0.693	0.773	1		
X_{14}	0.560	0.765	0.829	0.684	0.980**	0.481	0.808	0.733	0.626	-0.503	0.479	0.775	0.925*	1	
X_{15}	-0.161	0.176	0.397	0.247	0.618	-0.077	0.070	0.291	0.052	-0.186	-0.039	0.106	0.458	0.615	1

注：* 在 $\alpha=0.05$ 水平 (双侧) 上显著相关。** 在 $\alpha=0.01$ 水平 (双侧) 上显著相关。

3.3.2 各指标主成分分析

通过对薄壳山核桃切根幼苗地径、高度等 15 个性状指标进行主成分分析，得出了各综合指标系数及贡献率 (表 4)，前 3 个综合指标累积贡献率达到 96.711%，能够反映 15 个指标的综合信息。

因此，以这 3 个综合指标为主成分可对 15 个性状进行分类解释，并对各处理苗木质量进行综合评价。

第一主成分表达式：

$$CI_1 = -0.410X_1 + 0.807X_2 + 0.785X_3 - 0.451X_4 +$$

$$0.876X_5 + 0.782X_6 + 0.868X_7 + 0.425X_8 + 0.153X_9 - 0.079X_{10} - 0.127X_{11} + 0.986X_{12} + 0.842X_{13} + 0.851X_{14} + 0.263X_{15}$$

该表达式主要以幼苗高度、地上鲜质量、地上干质量、根长、根表面积和根体积等性状系数较大，反映了薄壳山核桃切根幼苗地上部分生长性状和根系性状综合信息。

第二主成分表达式：

$$CI_2 = 0.508X_1 + 0.416X_2 - 0.155X_3 + 0.590X_4 + 0.321X_5 - 0.143X_6 - 0.087X_7 + 0.460X_8 + 0.874X_9 + 0.840X_{10} + 0.758X_{11} + 0.060X_{12} - 0.122X_{13} - 0.426X_{14} - 0.563X_{15}$$

该表达式主要以幼苗总干质量、根冠质量比、苗木质量指数等性状系数较大，反映了薄壳山核桃切根幼苗苗木质量评价指标综合信息。

第三主成分表达式：

$$CI_3 = 0.696X_1 + 0.106X_2 + 0.008X_3 + 0.605X_4 + 0.180X_5 + 0.017X_6 + 0.044X_7 + 0.487X_8 - 0.324X_9 - 0.419X_{10} - 0.520X_{11} - 0.157X_{12} + 0.336X_{13} + 0.251X_{14} + 0.754X_{15}$$

该表达式主要以幼苗地径和根直径等性状系数较大，反映了薄壳山核桃切根幼苗径和根系粗壮程度综合信息。

3.3.3 各配方综合指标值、隶属函数值和综合评价价值计算

根据表4各综合指标系数，求得了各处理的综合指标值、隶属函数值和综合评价D值（表5）。

根据指标贡献率用权重公式求出各指标的权重W，3个主成分的权重系数分别为0.720、0.182和0.098。

根据综合评价D值计算公式，得出了各处理的综合评价D值，由大到小排序为：KP8>KP6>CK>KP2>KP4。D值大小能够代表苗木综合质量的优劣，结果表明薄壳山核桃切根幼苗综合质量以KP8和KP6处理较好。

表4 各综合指标的系数及贡献率

Tab.4 Coefficient and contribution rate of each composite indicator

指标	CI ₁	CI ₂	CI ₃
X ₁	-0.410	0.508	0.696
X ₂	0.807	0.416	0.106
X ₃	0.785	-0.155	0.008
X ₄	-0.451	0.590	0.605
X ₅	0.876	0.321	0.180
X ₆	0.782	-0.143	0.017
X ₇	0.868	-0.087	0.044
X ₈	0.425	0.460	0.487
X ₉	0.153	0.874	-0.324
X ₁₀	-0.079	0.840	-0.419
X ₁₁	-0.127	0.758	-0.520
X ₁₂	0.986	0.060	-0.157
X ₁₃	0.842	-0.122	0.336
X ₁₄	0.851	-0.426	0.251
X ₁₅	0.263	-0.563	0.754
贡献率/%	69.641	17.594	9.476
累积贡献率/%	69.641	87.235	96.711

表5 各处理的综合指标值、u(X_j)及D值

Tab.5 Composite indicator values for each treatment u(X_j) and D values

	CI ₁	CI ₂	CI ₃	μ ₁	μ ₂	μ ₃	D	VP
CK	-1.163	-0.336	1.188	0.314	0.523	0.930	0.367	0.313
KP2	-7.593	2.529	1.407	0.000	1.000	1.000	0.247	0.293
KP4	-5.772	-3.482	-1.228	0.089	0.000	0.163	0.089	0.074
KP6	1.637	1.588	-1.742	0.451	0.843	0.000	0.430	0.514
KP8	12.891	-0.300	0.375	1.000	0.529	0.672	0.872	0.844
贡献率/%	-	-	-	69.641	17.594	9.476	-	-
指标权重W	-	-	-	0.720	0.182	0.098	-	-

3.3.4 苗木质量评价指标筛选及预测

以综合评价D值为因变量，薄壳山核桃切根幼苗15个指标观测值为自变量，进行逐步线性回归拟合分析（表6），建立了最优回归方程为：

$$D = -0.863 + 0.052X_9$$

式中，X₉代表总干质量。该回归方程确定系数R²=0.962，回归方差分析（F=76.840**，P<0.01），回归系数（P<0.01）均达到了极显著性水平。

将X₉观测值代入最优回归方程，得到苗木质

量综合评价预测值 VP (表6), 并对 D 和 VP 进行相关分析, 二者相关系数为 $R=0.981^{**}$, 达到了极显著性水平 ($P<0.01$), 说明建立的最优回归方程对薄壳山核桃切根幼苗质量评价效果较好。因

此, 在对薄壳山核桃不同程度切根的幼苗苗木质量进行综合评价时, 采用苗木总干质量作为评价指标, 可使评价过程简单化。

表6 回归拟合方程系数、方差分析及 R^2

Tab. 6 Analysis of variance and coefficient of regression fitting equation and R^2

模型	非标准化系数		系数		回归方差分析		R^2
	B	标准误差	t	P	F	P	
(常量)	-0.863	0.147	-5.865 ^{**}	0.009	76.840 ^{**}	0.003	0.962
X_9	0.052	0.006	8.766 ^{**}	0.003			

4 讨论与结论

切根措施能够促进植物健全根系系统形成, 提高林木造林的生态适应能力和成活率^[18], 已广泛应用于小麦 (*Triticum aestivum*)、大枣 (*Ziziphus zizyphus*) 等经济作物的栽培, 是形成均匀规格苗木的方法^[19]。姜景明等^[20]认为切根可使苗木表现出较高的成活率。赵伟明等^[8]对薄壳山核桃和张怀龙等^[9]对核桃 (*Juglans regia*) 幼苗进行移栽切接、切根切接和不切根切接研究表明, 移栽切接成活率显著高于切根切接和不切根切接。可能是由于切根切接和移栽切接截断了砧木根系对水分的吸收输导、抑制和减轻了嫁接接口伤流, 促进砧穗愈合萌发, 因而能显著地提高苗木嫁接成活率和苗木生长质量。本试验结果表明: 薄壳山核桃幼苗切根留存不同长度对苗木地径、高度、生物量等生长性状指标影响存在显著性差异, 其中以留存 8 cm 和 6 cm 长度有利于幼苗高生长、径增粗、生物量增长、苗木质量指数提高, 苗木地径达 6.46~6.63 mm, 高度达 30.87~35.79 cm, 总干质量达 26.49~32.82 g, 苗木质量指数达 0.53~0.61。相比对照, 苗木地径增加了 8.87%、高度增加了 16.29%、总干质量增加了 45.09%、苗木质量指数增加了 35.56%。

幼苗切根后其根尖的顶端优势消失, 切根部位重新形成愈伤组织, 并生出许多不定根^[21], 从而使原来被抑制的侧根得到充分发育, 形成发达的侧根和须根。林志鹏^[12]对马尾松和姜景明等^[20]对湿地松 (*Pinus elliotii*) 幼苗切根实验表明, 切根对幼苗后期发育至关重要, 能显著提高侧根数量。不同植物切根长度不同与幼苗根系发育关系也有所不同^[22]。本研究结果表明, 薄壳山核桃幼苗切根留

存不同长度对砧木根长、根表面积、根体积和根直径等根系性状影响有显著性差异, 以切根留存长度 8 cm 和 6 cm 处理砧木根长性状表现更好。相比对照, 根长增加 58.69%、根直径增加 38.54%。这与前期对薄壳山核桃 1 年生实生苗切根试验结果基本一致^[23]。而留存长度 4 cm 和 2 cm 的处理其苗木质量弱于对照处理, 可能由于切根强度过大, 主根留存过短, 造成苗木养分和水分供应不足, 影响苗木生长^[24]。采取适度切根措施, 改变植株的水分或养分等物质的极性运输和聚集, 才能促进苗木根系的大量发生^[25-26]。

通过采用主成分分析和隶属函数值法, 对切根留存不同长度的砧木幼苗地径、高度等 15 个性状指标进行综合评价, 结果表明, 可将原有的 15 个指标归纳为 3 个主成分, 能够反映原有 15 个指标信息的 96.711%, 分别表达了切根幼苗地上部分生长性状和根系性状、苗木质量评价指标和砧木根茎粗壮的综合信息; 隶属函数综合评价 D 值表明切根留存长度 8 cm 和 6 cm 砧木质量最优; 为便于对苗木质量更好进行评价, 建立了以总干质量为自变量和综合评价值为因变量的最优回归方程 $D = -0.863 + 0.052X$ 。

参考文献:

[1] 马婷, 陈宏伟, 熊新武, 等. 砧木、接穗的选择对美国山核桃嫁接成活率及生长的影响[J]. 西北林学院学报, 2012, 27(4): 141-143.

[2] 夏根清, 翁春余, 王开良, 等. 薄壳山核桃嫁接技术试验[J]. 经济林研究, 2007, 25(4): 109-112.

[3] Wood B W. Production unit trends and price characteristics within the United States pecan industry[J]. Hort Technology, 2001, 11(1): 110-118.

- [4] 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.
- [5] 杨先裕,袁紫倩,凌骅,等. 薄壳山核桃‘Mahan’授粉品种选择及其结实性状分析[J]. 果树学报,2014,31(5):776-783.
- [6] 彭方仁. 美国薄壳山核桃产业发展现状及对我国的启示[J]. 林业科技开发,2014,28(6):1-5.
- [7] Dominguez-Avila J A, Alvarez-Parrilla E, Lopez-Diaz J A, et al. The pecan nut (*Carya illinoensis*) and its oil and polyphenolic fractions differentially modulate lipid metabolism and the antioxidant enzyme activities in rats fed high-fat diets[J]. Food Chemistry,2015,168:529-537.
- [8] 赵伟明,张海军,施娟娟,等. 不同嫁接时间和砧木处理对薄壳山核桃嫁接成活率的影响[J]. 西南林业大学学报,2014,34(4):104-106.
- [9] 张怀龙,张杜娟,赵俊芳,等. 核桃砧木不同处理方式对嫁接成活率及生长状态的影响[J]. 北方园艺,2011(5):54-55.
- [10] 毛齐正. 切根对侧柏幼苗根构型的影响[D]. 郑州:河南农业大学,2008.
- [11] 许春锦. 红锥切根育苗试验研究[J]. 西南林学院学报,2001,21(3):138-141.
- [12] 林志鹏. 切根育苗对马尾松苗木及幼林生长的效应[J]. 西南林学院学报,2000,20(4):196-199.
- [13] 张中峰,尤业明,黄玉清,等. 模拟喀斯特生境条件下干旱胁迫对青冈栎苗木的影响[J]. 生态学报,2012,32(20):6318-6325.
- [14] 朱报著,杨会肖,廖焕琴,等. 不同育苗容器对2年生杜鹃红山茶嫁接苗生长的影响[J]. 西南林业大学学报(自然科学版),2019,39(1):27-35.
- [15] 刘伟,陈正金,李因刚,等. 3个阔叶树种容器育苗轻型基质配方探讨[J]. 浙江林学院学报,2010,27(5):803-808.
- [16] 罗耀,席嘉宾,谭筱弘,等. 9种暖季型草坪草耐阴性综合评价及其指标的筛选[J]. 2013,22(5):239-247.
- [17] 程琳,张峰,黄开勇,等. 1年生杉木苗生长性状及相关性分析[J]. 林业科技,2018,43(4):4-8.
- [18] 宋维峰,王希群. 林木根系研究综述[J]. 西南林学院学报,2007,27(5):8-13.
- [19] 柳斌辉,刘子会,张文英,等. 切根对不同根型小麦光合和生长的影响[J]. 华北农学报,2008,23(6):99-103.
- [20] 姜景明,胡世才,虞沐奎,等. 切根、截顶对湿地松裸根苗生长调控效果的研究[J]. 林业科学研究,1997,10(2):182-188.
- [21] 陈江海. 丝烤栗种子胚根切根育苗实验[J]. 安徽农学通报,2011,17(12):129-130.
- [22] 杨喜田,王广磊,赵宁,等. 不同切根处理对林木幼苗根系侧根生长的影响[J]. 河南农业大学学报,2010,44(2):155-159.
- [23] 杜洋文,邓先珍,徐春永,等. 不同切根方式对美国山核桃苗木生长的影响[J]. 林业科技开发,2015,29(1):32-34.
- [24] 李鑫,沈元宝,朱文杰,等. 不同芽苗切根强度对紫楠容器苗生长的影响[J]. 东北林业大学学报,2019,47(11):17-22.
- [25] 张晔理. 基于树冠竞争指数的杉木人工林生长可视化模拟研究[D]. 北京:中国林业科学研究院,2015.
- [26] 白双成,姜准,张增悦,等. 中国沙棘平茬萌蘖能力对内源激素的响应[J]. 西南林业大学学报(自然科学版),2020,4(3):82-87.

(编辑:胡光辉)