

文章编号:1001-7380(2019)06-0007-06

## 薄壳山核桃 12 个品种的种子形态及发芽特性比较

魏芸楚<sup>1</sup>, 曹凡<sup>1</sup>, 窦全琴<sup>2\*</sup>, 彭方仁<sup>1</sup>, 李永荣<sup>3</sup>

(1. 南京林业大学林学院, 江苏 南京 210037; 2. 江苏省林业科学研究院, 江苏 南京 211153;  
3. 南京绿宙薄壳山核桃科技有限公司, 江苏 南京 210007)

**摘要:**以薄壳山核桃 12 个品种的种子为试验材料, 测定种子长、宽、高、单粒质量、密度等形态外观指标, 并通过发芽试验, 研究种子形态指标、发芽特性和幼苗长势之间的相关性, 从而筛选优良品种。结果表明:(1)来源于薄壳山核桃不同产区的种子, 其形态、萌发和幼苗初期生长的相关性存在一定的差异;(2)种子外观形态对种子发芽和生长的相关性总体上不大;(3)推荐‘Desirable’和‘Kanza’作为薄壳山核桃砧木进一步引种、栽培和推广。

**关键词:**美国山核桃; 品种; 形态指标; 种子萌发; 发芽率; 砧木

中图分类号:S664.1;S723.1<sup>+</sup>31

文献标志码:A doi:10.3969/j.issn.1001-7380.2019.06.002

### Comparison of seed morphological and germinating characteristics of 12 pecan cultivars from North America

Wei Yunchu<sup>1</sup>, Cao Fan<sup>1,2</sup>, Dou Quanqin<sup>2\*</sup>, Peng Fangren<sup>1</sup>, Li Yongrong<sup>3</sup>

(1. College of Forestry, Nanjing Forestry University, Nanjing 210037, China; 2. Jiangsu Academy of Forestry, Nanjing 211153, China; 3. Nanjing Green Universe Pecan Science & Technology Co., Ltd., Nanjing 210007, China)

**Abstract:** To screen different pecan cultivars with strong seed germination ability and seedling growth ability, and to provide trial reference for Jiangsu pecan seedling rootstock breeding and cultivation, this study made a comparison of seed germination between different pecan cultivars. Pecan seeds of 12 cultivars from North America were used as experimental materials, and the morphological indices such as seed length, width, height, weight and density were measured, and the seed germination and seedling growth characteristics were studied. The results showed that there were some differences in the seed morphological characteristics, germination and seedling growth originated from different areas. In addition, pecan seed morphological characteristic had little effect on seed germination and growth. From the comprehensive comparison, ‘Desirable’ and ‘Kanza’ were selected as the optimal rootstocks, suitable for further introduction, cultivation and extension.

**Key words:** *Carya illinoensis*; Cultivar; Morphological indicator; Seed germination; Germination rate; Rootstock

薄壳山核桃 [*Carya illinoensis* (Wangench.) K. Koch] 是胡桃科 (Juglandaceae) 山核桃属经济树种, 又名美国山核桃、长山核桃, 原产于北美, 是世界上著名的干果树种之一<sup>[1]</sup>。根据美国国家统计局 2018 年的农业统计报告, 美国在 2017 年生产了约 227 400 t 薄壳山核桃, 其种植薄壳山核桃的年收入超过 6.5 亿美元。此外, 全球对薄壳山核桃的需求每年都在持续增长。美国农业部对外农业局 (FAS) 的报告称, 自 2012 年以来, 美国的全球薄壳

山核桃出口量增长了约 30% (2017 年全球农业贸易体系数据)。除了薄壳山核桃原产地以外的国家, 包括中国、南非、澳大利亚、乌拉圭、阿根廷和巴西等, 目前都在种植和生产薄壳山核桃, 预计未来 30 a 产量将持续不断增加<sup>[2-5]</sup>。因此, 薄壳山核桃作为重要的木本油料树种, 其效益高, 用途广, 具有极高的推广应用价值<sup>[6-7]</sup>。

目前, 在实际生产中, 薄壳山核桃的无性繁殖育苗主要采用嫁接技术<sup>[8]</sup>。其中, 以薄壳山核桃种

收稿日期:2019-07-26;修回日期:2019-10-28

基金项目:国家林业局“948”项目“薄壳山核桃材果兼用型优良种质资源引进”(2015-4-01)

作者简介:魏芸楚(1996-),女,江苏南京人,硕士研究生。主要研究方向为经济林栽培。

\*通信作者:窦全琴(1965-),女,河南沈丘人,研究员,大学本科毕业。E-mail: douqq2008@163.com。

子实生苗为砧木,嫁接薄壳山核桃优良品种接穗的本砧嫁接方式应用最多。表现优良的薄壳山核桃嫁接苗在生长上受其复杂的遗传系统的影响,其遗传系统是由砧木和接穗共同决定。事实上,采用薄壳山核桃适合的砧木不仅能提高接穗的生长活力,而且能提高接穗对环境胁迫的抗性,还能减少接穗的营养繁殖次数促进提前开花结果。此外,良好的砧木可以降低果园管理成本,间接增加薄壳山核桃种植者的利润。在原产地之一的美国,对于薄壳山核桃嫁接所需的砧木选育已有大量研究,如‘Elliott’‘Kanza’等,适应性广,抗病性强,在美国苗圃被广泛用作砧木<sup>[9-12]</sup>。国内的相关研究较少,主要为果实品质及特性的相关研究<sup>[13-16]</sup>。根据薄壳山核桃不同品种的特性及适应性,选择相应的品种实生种子苗作砧木也十分重要。在美国薄壳山核桃西南部产区,常见的有‘Apache’‘Riverside’和‘Burkett’等;在美国薄壳山核桃东南部产区,常见的有‘Elliott’‘Curtis’和‘Moore’等。虽然这些作为砧木在美国大部分南方地区是可以接受的,但是大都因这些砧木较低的抗寒性限制了其进一步往北方地区引种。在薄壳山核桃的北方种植地区,可选择作砧木的品种类型没有南方这么多,而且北方品种砧木通常较南方品种砧木生长速度慢,因此影响了其在早期的产量不如相对应采用南方品种砧木建立的果园。在薄壳山核桃的北方产区,‘Giles’‘Colby’和‘Lucas’等被普遍应用,当地的野生种子作为砧木也普遍被接受,尽管其遗传特性表现极不稳定,但是具有较强的抗寒性。因此,对于薄壳山核桃育种工作者和种植者来说,尤其是对于薄壳山

核桃育种项目的长期目标,了解不同砧木的生长特性及环境适应性非常重要。

本研究选取12个薄壳山核桃北美品种的种子为试验材料,进行种子发芽试验及生长指标测定,筛选种子发芽能力及幼苗期生长能力较强的薄壳山核桃品种,为薄壳山核桃的砧木选育及引种栽培提供一定的试验依据,以期实现薄壳山核桃果材兼优、丰产稳产的目标。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验材料

试验材料来源于美国农业部薄壳山核桃育种中心的德克萨斯州大学城试验果园。该地区为亚热带气候,冬季温暖,夏季炎热,平均温度差异大,年平均降雨量约666 mm。2017年11月底,选取薄壳山核桃不同品种‘86KS2-4.5’‘87MX1-2.2’‘87MX4-5.5’‘87MX5-1.7’‘Desirable’‘Frutoso’‘Kanza’‘Major’‘Moore’‘Riverside’‘San Felipe’和‘VC-1.68’的种子。不同品种种子来源信息见表1,包括CSPA( College Station Provenance A), CSV( College Station Varsities)和CSHQ( College Station Headquarter)3个种质资源圃。根据各品种原主栽产区的经纬度划分其产区类型。采集时,同一品种采收于同一母株。2017年12月,在该试验果园的实验室内,进行种子形态观测。形态观察后,各品种种子分别放入装满珍珠岩的无纺布袋中,在-20℃下沙藏3个月,2018年3月在该试验果园的温室大棚内进行发芽试验。

表1 薄壳山核桃12个不同品种种子的来源信息

品种名	原种源地	纬度/°	经度/°	产区类型	采集果园	行号	株号
86KS2-4.5	美国堪萨斯州	37.2	-97.0	N	CSPA	15	9
87MX1-2.2	墨西哥圣路易斯波托西州	21.7	-99.5	S	CSPA	4	3
87MX4-5.5	墨西哥伊达尔戈州	20.5	-99.2	S	CSPA	16	8
87MX5-1.7	墨西哥塔毛利帕斯州	23.4	-99.4	S	CSPA	16	9
Desirable	美国德克萨斯州	29.5	-97.5	E	CSV	11	2
Frutoso	墨西哥科阿韦拉州	23.7	-105.9	S	CSV	22	1
Kanza	美国德克萨斯州	37.1	-95.1	N	CSHQ	13	9
Major	美国肯塔基州	37.9	-87.5	N	CSV	19	5
Moore	美国佛罗里达州	30.4	-84.0	E	CSV	2	4
Riverside	美国德克萨斯州	31.4	-98.7	W	CSV	3	1
San Felipe	美国德克萨斯州	25.3	-103.9	W/E	CSV	16	1
VC-1.68	美国亚利桑那州	-	-	W	CSV	3	4

注:1. 主栽产区类型根据经度和纬度分为东部产区(E)、西部产区(W)、南部产区(S)和北部产区(N);2. 采集果园CSPA, CSV和CSHQ是美国农业部薄壳山核桃育种中心的德克萨斯州大学城试验果园的种质资源圃;3. ‘VC-1.68’试验材料由美国本土薄壳山核桃种植者提供,部分信息未能公开。

## 1.2 试验方法

1.2.1 种子外观形态测定 每个薄壳山核桃品种随机选取种子 30 粒,用游标卡尺(精度 0.01 mm)测定每粒种子的长、宽、高,重复 3 次。薄壳山核桃种子的长、宽、高参照图 1 的标准进行测量。

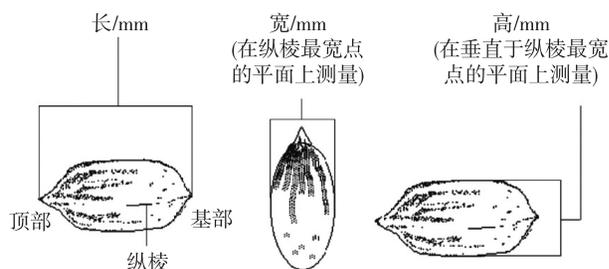


图 1 薄壳山核桃种子标准长、宽、高的测定参照图

1.2.2 种子质量及密度测定 不同品种薄壳山核桃种子质量测定,从每个品种种子中随机选取种子 20 粒,结果取平均值。

采用浮力试验法测定种子密度。取 50 mL 量筒,注入 30 mL 水,读作  $V_1$ 。每个品种各随机取种子,重复共 10 次,放入水中,使种子漂浮,读出  $V_2$ 。用外力将种子完全浸入水中,读出  $V_3$ 。种子密度计算公式如下:

$$\rho_{\text{种子}}(\text{g}/\text{cm}^3) = \rho_{\text{水}}(V_2 - V_1)/(V_3 - V_1)$$

1.2.3 种子发芽试验及生长指标测定 每个薄壳山核桃品种选取饱满、均匀、无病害的种子 60 粒,经过流水冲洗 12 h,于水池中浸泡 24 h。之后将种子放入 30 cm×40 cm×20 cm 的容器盒中,用黄沙作为培育基质。在 RP-259A 智能人工培养箱中催芽,温度控制在 25 ℃,相对湿度控制在 80%。以培根突破种壳作为种子发芽的标准,每 2 d 观测 1 次,记录该日发芽种子的数量。20 d 后,统计发芽数,计算发芽势。60 d 后,统计发芽数,计算发芽率。公式如下:

$$\text{发芽率}(\%) = (\text{正常发芽种子数} / \text{参试种子总数}) \times 100$$

$$\text{发芽势}(\%) = (\text{规定日期内正常发芽种子数} / \text{参试种子总数}) \times 100$$

将发芽的种子移入装有基质的容器中培育,基质配方为草炭土+蛭石+珍珠岩(体积比 5:3:2),容器为高 20 cm、直径 12 cm 的栽植筒。90 d 后,从每个薄壳山核桃品种中随机选取 20 株幼苗,测量苗高和地径。

1.2.4 数据处理 采用 Excel 2007 对试验数据进行

图表处理、DPS 7.05 数据处理软件 Duncan 极差分析法进行多重对比分析和 SPSS 25.0 数据处理软件进行相关性分析及系统聚类分析。采用隶属函数法对不同品种薄壳山核桃的外观形态进行综合评价。所测指标相关计算公式为

$$R(X_i) = (X_i - X_{\min}) / (X_{\max} - X_{\min})$$

$$i = 1, 2, 3, \dots, n$$

式中, $R(X_i)$  为每个生理指标的隶属值, $X_{\min}$  和  $X_{\max}$  分别表示测定指标的最小值和最大值。计算不同品种薄壳山核桃  $R$  平均值,均值越大,形态指标综合评价值越大。

## 2 结果与分析

### 2.1 不同品种薄壳山核桃种子的形态指标

薄壳山核桃 12 个品种的种子形态指标如表 2 所示,种子长度最大的品种是‘VC-1.68’,其次是‘Frutoso’和‘Riverside’,平均种子长度分别为 47.44,44.13,43.88 mm,显著高于其余 9 个品种;种子长度最小的品种是‘86KS2-4.5’,平均种子长度为 27.80 mm,显著低于其他 11 个品种。种子宽度最大的品种是‘Frutoso’,其次是‘VC-1.68’和‘Major’,平均种子宽度分别为 25.86,23.71,23.22 mm,明显高于其余 9 个品种;种子宽度最小的品种是‘Kanza’,其次是‘Desirable’,平均种子宽度分别为 18.36,19.04 mm,明显低于其他品种。种子高度最大的品种是‘Frutoso’,其次是‘VC-1.68’和‘Major’,平均种子高度分别为 23.74,23.88 mm,明显高于其余 9 个品种;种子高度最小的品种是‘86KS2-4.5’‘Kanza’和‘87MX5-1.7’,平均种子高度分别为 19.09,19.22,19.36 mm。种子单粒质量最大的品种是‘VC-1.68’,平均单粒种子质量为 9.32 g;种子质量最小的品种是‘86KS2-4.5’,其次是‘87MX5-1.7’,平均单粒种子质量分别为 3.78,4.91 g,显著低于其他 10 个品种。种子单粒体积最大的品种是‘VC-1.68’,其次是‘Frutoso’,平均体积分别为 12.95,12.38  $\text{cm}^3$ ;种子单粒体积最小的品种是‘86KS2-4.5’,体积为 4.98  $\text{cm}^3$ ,除了‘87MX5-1.7’‘Desirable’和‘Kanza’之外,显著小于其他品种。种子单粒密度最大的品种是‘Kanza’,平均种子密度为 0.906  $\text{g}/\text{cm}^3$ ,其次是‘87MX5-1.7’,显著大于其余 10 个品种;种子密度最小的品种是‘Frutoso’,平均种子密度为 0.454  $\text{g}/\text{cm}^3$ ,其次是‘Major’,平均种子密度为 0.542  $\text{g}/\text{cm}^3$ ,显著小于其

他10个品种。

根据表3,对薄壳山核桃12个品种种子的各形态指标的隶属函数值进行分析,形态指标综合评价值由大到小分别为‘VC-1.68’>‘Frutoso’>‘Riverside’>‘Major’>‘87MX1-2.2’>‘SanFelipe’>

‘87MX4-5.5’>‘Moore’>‘Desirable’>‘Kanza’>‘87MX5-1.7’>‘86KS2-4.5’。结合种子的单粒密度分析‘VC-1.68’种子的外观形态最大且较为饱满;‘Frutoso’种子的外观形态较大但最不饱满;‘Kanza’种子的外观形态较小且最饱满。

表2 薄壳山核桃12个品种种子的形态指标

品种	长/mm	宽/mm	高/mm	单粒质量/g	单粒体积/cm <sup>3</sup>
86KS2-4.5	27.80±1.59 h	19.04±0.46 gh	19.09±0.47 e	3.78±0.02 d	4.98±0.05 f
87MX1-2.2	37.96±1.23 cde	22.36±0.62 cd	22.01±0.82 bc	6.78±0.39 abc	8.92±0.62 cd
87MX4-5.5	32.88±1.17 f	21.53±0.90 de	22.27±0.88 b	6.92±0.06 abc	8.09±0.06 cde
87MX5-1.7	32.91±1.76 f	20.12±0.76 fg	19.36±0.59 e	4.91±0.22 cd	5.71±0.23 ef
Desirable	36.69±1.18 e	19.36±0.59 gh	21.05±0.64 d	7.26±1.65 abc	7.33±0.28 def
Frutoso	44.13±2.80 b	25.86±0.95 a	23.88±0.58 a	5.32±0.23 bcd	12.38±1.89 ab
Kanza	39.35±2.06 c	18.36±0.69 h	19.22±0.75 e	5.56±0.58 bcd	7.49±0.68 def
Major	39.01±1.89 cd	23.22±1.61 bc	23.69±0.65 a	6.75±0.28 abc	10.58±0.71 abc
Moore	29.97±1.69 g	20.92±2.93 ef	22.59±0.87 b	5.74±0.42 bcd	10.55±2.38 abc
Riverside	43.88±2.00 b	20.97±0.51 ef	22.43±0.87 b	7.86±0.52 ab	10.20±0.73 bc
San Felipe	37.14±2.39 de	21.45±0.36 de	21.50±0.52 cd	7.30±1.53 abc	8.72±1.78 cd
VC-1.68	47.44±2.83 a	23.71±1.17 b	23.74±0.91 a	9.32±0.78 a	12.95±0.96 a

注:表中的数据表示平均值±标准差;表中每一列不同小写字母表示差异水平的显著性( $P<0.05$ )。

表3 薄壳山核桃12个品种种子的形态指标的隶属函数值

相关指标	86KS2-4.5	87MX1-2.2	87MX4-5.5	87MX5-1.7	Desirable	Frutoso	Kanza	Major	Moore	Riverside	San Felipe	VC-1.68
长	0.000	0.517	0.259	0.260	0.453	0.831	0.588	0.571	0.110	0.819	0.476	1.000
宽	0.091	0.533	0.423	0.235	0.133	1.000	0.000	0.648	0.341	0.348	0.412	0.713
高	0.000	0.610	0.664	0.056	0.409	1.000	0.027	0.960	0.731	0.697	0.503	0.971
单粒质量	0.000	0.542	0.567	0.204	0.628	0.278	0.321	0.536	0.354	0.736	0.635	1.000
单粒体积	0.000	0.494	0.390	0.092	0.295	0.928	0.315	0.703	0.699	0.655	0.469	1.000
单粒密度	0.677	0.677	0.887	0.898	0.602	0.000	1.000	0.195	0.515	0.701	0.845	0.586
$R(X_i)$	0.128	0.562	0.532	0.291	0.420	0.673	0.375	0.602	0.458	0.659	0.557	0.878

## 2.2 不同品种薄壳山核桃种子的萌发及生长状况

由表4可知,12个品种薄壳山核桃种子的萌发参数,种子发芽率由大到小排列为‘Desirable’>‘87MX4-5.5’>‘SanFelipe’>‘Frutoso’>‘87MX5-1.7’>‘Moore’>‘VC-1.68’>‘86KS2-4.5’>‘87MX1-2.2’>‘Major’>‘Kanza’>‘Riverside’;种子发芽势由大到小排列为‘Desirable’>‘87MX4-5.5’>‘San Felipe’>‘87MX5-1.7’>‘Frutoso’>‘VC-1.68’>‘87MX1-2.2’>‘Moore’>‘86KS2-4.5’>‘Major’>‘Kanza’>‘Riverside’。综合分析认为,‘Desirable’种子的萌发状况较好,平均发芽率和平均发芽势最大,达到85.0%和82.5%,大于其他品种;‘Riverside’种子的萌发状况较差,发芽率和平发芽势最小,达到30.6%和27.5%,小于其他品种。

12个薄壳山核桃品种的幼苗生长状况如表4所示,苗高由大到小排列为‘Frutoso’>‘87MX4-5.5’>‘Desirable’>‘Moore’>‘VC-1.68’>‘Riverside’>‘87MX5-1.7’>‘87MX1-2.2’>‘Kanza’>‘San Felipe’>‘Major’>‘86KS2-4.5’;地径由大到小排列为‘Desirable’>‘Moore’>‘Kanza’>‘San Felipe’>‘VC-1.68’>‘87MX4-5.5’>‘Riverside’>‘Major’>‘87MX1-2.2’>‘Frutoso’>‘87MX5-1.7’>‘86KS2-4.5’。综合分析得出,‘Desirable’幼苗的生长状况较好,平均地径最大,达到3.56 mm,大于其他品种且平均苗高排第3;‘86KS2-4.5’幼苗的生长状况较差,平均苗高和地径最小,分别为16.57 cm和3.02 mm,小于其他品种处理。

表 4 薄壳山核桃 12 个品种种子的萌发参数和生长指标

品种名	发芽率/%	发芽势/%	苗高/cm	地径/mm
86KS2-4.5	70.0	55.0	16.57±2.66 c	3.02±0.28 c
87MX1-2.2	65.0	60.0	20.97±3.36 b	3.18±0.30 bc
87MX4-5.5	82.5	77.8	26.05±5.76 a	3.27±0.49 abc
87MX5-1.7	77.5	77.5	21.11±4.90 b	3.02±0.50 c
Desirable	85.0	82.5	21.29±4.66 b	3.56±0.55 a
Frutoso	79.0	75.0	27.20±4.38 a	3.17±0.39 bc
Kanza	52.4	45.0	20.85±4.14 b	3.47±0.86 ab
Major	60.0	52.5	17.48±4.36 c	3.21±0.36 bc
Moore	75.0	55.1	21.19±2.82 b	3.35±0.46 ab
Riverside	30.6	27.5	19.13±4.96 bc	3.24±0.50 bc
San Felipe	80.0	77.6	20.68±5.33 b	3.34±0.32 ab
VC-1.68	72.5	72.5	21.14±5.40 b	3.30±0.66 ab

注:表中苗高和地径数据表示平均值±标准差;表中每一列不同小写字母表示差异水平的显著性( $P<0.05$ )。

### 2.3 形态指标、萌发参数和生长指标的相关性

由表 5 可知,12 个薄壳山核桃品种种子形态指标、萌发参数和生长指标的相关性,种子长度与种子质量在  $P<0.05$  水平上呈显著正相关 ( $R=0.675$ )。种子宽度和种子高度,与种子体积在  $P<0.01$  水平上相互呈极显著正相关,与种子质量呈显著正相关,而与种子密度都呈显著负相关,可以推测,种子的宽度和高度影响着种子的体积和质量大小,也进一步影响了种子的饱满度。种子的发芽率与发芽势在  $P<0.01$  水平上呈极显著正相关 ( $R=0.934$ )。此外,种子的萌发参数、生长指标与种子形态指标之间相关性不大,除了幼苗地径与种子的长度在  $P<0.05$  水平上呈显著正相关 ( $R=0.579$ ),可以推测,种子物理形态对种子发芽和生长影响不大。当然,以上推论还有待进一步的试验论证。

表 5 薄壳山核桃种子形态指标、萌发参数和生长指标的相关性

相关指标	幼苗苗高	幼苗地径	种子发芽率	种子发芽势	种子长度	种子宽度	种子高度	种子质量	种子体积	种子密度
幼苗苗高	1									
幼苗地径	0.152	1								
种子发芽率	0.463	0.049	1							
种子发芽势	0.524	0.071	0.934**	1						
种子长度	0.247	0.579*	-0.161	0.017	1					
种子宽度	0.525	-0.210	0.190	0.266	0.154	1				
种子高度	0.322	0.088	-0.009	0.033	0.355	0.867**	1			
种子质量	0.155	0.400	-0.267	-0.162	0.675*	0.300	0.528	1		
种子体积	0.380	0.204	-0.086	-0.035	0.507	0.818**	0.920**	0.668*	1	
种子密度	-0.271	0.107	-0.166	-0.104	0.038	-0.744**	-0.699*	0.143	-0.630*	1

注: \* 表示  $P<0.05$  的显著性相关; \*\* 表示  $P<0.01$  的极显著性相关。

### 2.4 薄壳山核桃不同品种聚类分析

参照薄壳山核桃种子的形态指标、萌发参数和生长指标,对 12 个薄壳山核桃品种种子进行聚类分析,结果见图 2。根据聚类图,可将供试的 12 个品种分为 3 大类,第 1 大类包括 ‘Major’ 和 ‘86KS2-4.5’,这 2 个品种主栽产区主要在美国北部产区,并且都为小果型。第 2 大类,包括 ‘Riverside’ ‘VC-1.68’ 和 ‘Desirable’ 等 3 个品种,其主栽产区在美国薄壳山核桃西部产区,部分在东部产区,并且都为较大果型。第 3 大类,除了 ‘Kanza’ 和 ‘Frutoso’,其他品种可分为 2 个小类:第 1 小类包括 ‘Moore’ ‘San Felipe’ 和 ‘87MX1-2.2’ 等 3 个品种,其主栽地区为美国薄壳山核桃东南部产区;第 2 小类包括 ‘87MX4-5.5’ 和 ‘87MX5-1.7’ 等 3 个品种,其主栽产区在美国薄

壳山核桃南部产区。聚类分析结果表明,来自北美洲不同产区的薄壳山核桃种子,在种子形态、萌发和幼苗初期生长时存在一定的差异。

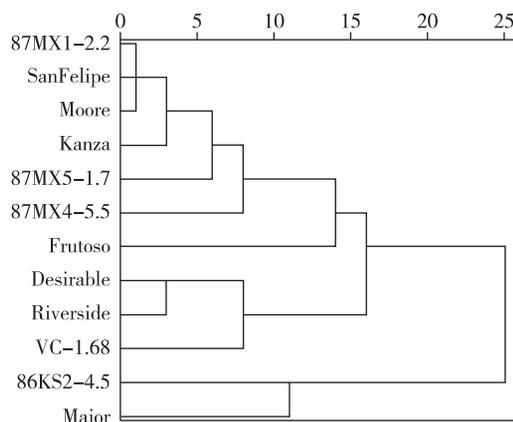


图 2 薄壳山核桃 12 个品种系统聚类图

### 3 讨论与结论

种子萌发是薄壳山核桃生长的重要环节,直接影响其质量和产量<sup>[17]</sup>,了解薄壳山核桃种子发芽特性具有重要意义。研究发现,薄壳山核桃种子的采收与贮藏需要注意采收具有一定成熟度的种子,且在5℃下贮藏不超过1a<sup>[18]</sup>;薄壳山核桃种子具有坚硬的种皮,阻碍胚根伸长且抑制种子萌发,可以通过去除硬种壳或进行离体胚培养等措施改善<sup>[18-19]</sup>;薄壳山核桃种子内存在抑制萌发的物质,但需要积累到一定程度才能抑制自身的萌发,可以通过播种前浸泡处理减轻影响<sup>[18-20]</sup>;薄壳山核桃种子萌发最适温度为30—35℃,能解除硬种皮造成的种子休眠<sup>[18]</sup>;在薄壳山核桃种子萌发过程中,GA<sub>3</sub>能促进某些代谢进程,具体原理尚不清楚<sup>[21]</sup>。因此,加强薄壳山核桃种子休眠与萌发的相关基础研究对种苗的生产也有重要的指导意义。试验分析结果表明,种子的大小、饱满度与种子发芽率、发芽势等指标大部分相关不显著,这与培育优质砧木育苗过程中,选用颗粒大而饱满的种子的一般理念不相符,有待试验进一步验证。

此外,不同品种薄壳山核桃种子的发芽能力存在一定差异,‘87MX4-5.5’‘Desirable’和‘San Felipe’种子的发芽率都在80%以上,其中‘Desirable’种子发芽率和种子发芽势最高。幼苗的生长势除了‘86KS2-4.5’和‘Major’之外,生长指标表现都较好,其中最佳为‘Frutoso’,其次是‘87MX4-5.5’。‘Desirable’种子的外观品质一般、发芽能力最强,且幼苗生长迅速,明显优于其他品种种子,‘87MX4-5.5’种子其次,适宜作为引进品种进一步研究、培育和推广。‘Frutoso’作为天然状态下的薄壳山核桃四倍体品种,虽然幼苗生长能力在12个品种中最强,但存在着种子饱满度不够的缺点,其作为砧木的适用性有待进一步验证。而‘Kanza’作为常见的已经商用化的砧木,其种子密度与幼苗地径等指标在12个品种处理中为最佳,虽然在本次发芽试验中的表现不理想,但该缺点可以通过改良相关育苗技术来弥补。

选择优良的砧木是薄壳山核桃嫁接技术的关键因素之一,可以有效提高嫁接成活率和减少砧木的出圃时间<sup>[22-23]</sup>。筛选优良薄壳山核桃砧木的标准有:生长势强,根系发达;抗病、抗寒、抗旱的能力强;砧木与接穗的亲合力强,嫁接成活率高;砧木嫁

接后接穗遗传特性的影响小等<sup>[22-24]</sup>。江苏省是我国最早引种薄壳山核桃的地区之一,是薄壳山核桃引种栽培的适宜区,又有政策和技术支持<sup>[7,25]</sup>,引种、筛选薄壳山核桃特用砧木意义重大。通过本试验,推荐引进使用‘Kanza’和‘Desirable’作为江苏地区薄壳山核桃商用砧木。其他种子如南方品种‘87MX4-5.5’和‘Frutoso’幼苗初期生长量较大,其在江苏各地域的抗寒性有待进一步试验。而北方品种‘86KS2-4.5’和‘Major’可以考虑在苏北地区进行适量的引种试验。

#### 参考文献:

- [1] WOOD B W, PAYNE J A, GRAUKE L J. The rise of the US pecan industry[J]. HortScience, 1990, 25(6): 594-723.
- [2] FABRIZIO G C, GESINE M C, COETZER G M. Propagation of Pecan (*Carya illinoensis*): A review[J]. African Journal of Biotechnology, 2018, 17(18): 586-605.
- [3] LAZAROTTO M, MILANESI P M, MUNIZ M F, et al. Morphological and molecular characterization of *Fusarium* spp pathogenic to pecan tree in Brazil[J]. Genetics and Molecular Research: GMR, 2014, 13(4): 9390-9402.
- [4] WAKELING L T, MASON R L, D'ARC B R, et al. Composition of pecan cultivars Wichita and western Schley [*Carya illinoensis* (Wangenh.) K. Koch] grown in Australia[J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 2001, 49: 1277-1281.
- [5] ZHANG R, PENG F R, LI Y R. Pecan production in China[J]. Scientia Horticulturae, 2015, 197: 719-727.
- [6] 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, 26(4): 1-4.
- [7] 李永荣, 吴文龙, 刘永芝. 薄壳山核桃种质资源的开发利用[J]. 安徽农业科学, 2009, 37(27): 13306-13308.
- [8] 曹凡, 谭鹏鹏, 彭方仁. 美国山核桃无性繁殖技术研究进展[J]. 世界林业研究, 2017, 30(1): 76-80.
- [9] ANONYMOUS. Pecan cultivation in China [J]. HortScience, 2005, 40(4): 1140.
- [10] SPARKS D. Pecan cultivars: The orchard's foundation[M]. Watkinsville, Georgia: Pecan Production Innovations, 1992: 149-155.
- [11] MCEACHERN G R, STEIN L. Texas pecan handbook [M]. College Station, Texas: Texas Agricultural Extension Service, 1997.
- [12] THOMPSON T E, YOUNG F. Pecan cultivars: past and present [M]. College Station, Texas: The Texas Pecan Growers Association, 1985: 61-70.
- [13] 朱灿灿, 耿国民, 周久亚, 等. 南京早期引种的美国山核桃不同单株果实品质分析[J]. 经济林研究, 2012, 30(2): 10-14.

(下转第16页)

变异系数为9.23%,说明榔榆无性系1年生嫁接苗的苗高和地径重复力较低,需要连续多年进行观察。

林木木材生长力与苗期生长参数的相关性在不同树种中表现不同<sup>[15-16]</sup>,苗期逐年间重复性较差,经过多个遗传参数估算,可以得出相对可靠的参考依据。麻文俊等通过对楸树1年生嫁接苗生长参数分析发现,不同无性系苗期生长量上存在显著差异<sup>[11]</sup>。毛燕等通过苗期生长性状遗传参数分析,从14个红椿优树无性系中选出2个优等无性系,苗高遗传增益为8.325%,地径遗传增益为22.502%<sup>[12]</sup>。本研究对优树嫁接1年生无性系苗进行测定观察,对后续优选无性系进行区域试验具有指导作用。此外,通过对优等无性系中的遗传增益估算,初选无性系JN-02和JD-08具有速生潜力,苗高遗传增益分别为7.12%和6.39%,地径遗传增益为5.71%和4.70%,可为榔榆无性系后续造林试验提供材料选择。

#### 参考文献:

- [1] 中国科学院中国植物志编辑委员会. 中国植物志[M]. 北京: 科学出版社, 2004.
- [2] 续九如,宋婉,邹受益,等. 榆属树种遗传改良研究现状及思考[J]. 北京林业大学学报, 2000, 22(6): 95-99.
- [3] 祝亚云,汪有良,蒋春,等. 榔榆单株种子表型变异研究初报[J]. 江苏林业科技, 2018, 45(1): 19-22.
- [4] 慕德宇,王强,吉文丽. 21个白榆无性系差异性分析与评价[J]. 山东大学学报(理学版), 2011, 46(11): 8-11, 16.
- [5] LINDSTROME O M, DIRR M A. Cold hardiness of six cultivars of Chinese elm[J]. Hortscience, 1991, 26(3): 290-292.
- [6] 程雪梅,林富平,刘济祥,等. 榔榆播种育苗技术[J]. 现代园艺, 2014(5): 39-40.
- [7] 陈勇,徐湘婷. 榔榆的嫁接与养护技术[J]. 湖南林业科技, 2015(4): 102-104.
- [8] 陈开森,欧雪婷,郭华,等. 榔榆硬枝扦插繁殖试验[J]. 福建农业科技, 2015(5): 30-32.
- [9] 康向阳. 关于林木无性系育种策略的思考[J]. 北京林业大学学报, 2019, 41(7): 1-9.
- [10] 董筱昫,黄利斌,蒋泽平,等. 基于层次分析法榉树无性系生长特性综合评价[J]. 江苏林业科技, 2019, 46(3): 34-38.
- [11] 麻文俊,王军辉,张守攻,等. 楸树无性系苗期年生长参数的分析[J]. 东北林业大学学报, 2010, 38(1): 4-7, 11.
- [12] 毛燕,周忠诚,张琴琴,等. 湖北省红椿优树无性系苗期生长评价[J]. 林业调查规划, 2018, 43(6): 187-191, 196.
- [13] 王琦,朱之悌. 林木无性系育种若干遗传参数估算的研究进展[J]. 林业科学, 1995, 31(2): 169-176.
- [14] 董筱昫,黄利斌,吕运舟,等. 舒马栎不同无性系性状早期变异与综合选择[J]. 江苏林业科技, 2019, 46(3): 20-23.
- [15] 胡继文,麻文俊,沈元勤,等. 香椿无性系苗期生长及早期选择研究[J]. 林业科学研究, 2019, 32(4): 165-170.
- [16] 王红娟,段安安,张晏,等. 云南引种元宝枫优树嫁接无性系苗期测定[J]. 西北林学院学报, 2013, 28(6): 92-94, 111.
- [17] 李永荣,李晓储,吴文龙,等. 66个美国山核桃实生单株果实性状变异选择研究[J]. 林业科学研究, 2013, 26(4): 438-446.
- [18] 李川,姚小华,王开良,等. 12个美国山核桃无性系果(核)性状以及产量的比较[J]. 西南大学学报, 2011, 33(6): 40-44.
- [19] 方亮,吴文龙,李永荣,等. 不同品种薄壳山核桃在南京地区种植的果实品质研究[J]. 江苏农业科学, 2010(3): 166-169.
- [20] 徐恒恒,黎妮,刘树君,等. 种子萌发及其调控的研究进展[J]. 作物学报, 2014, 40(7): 1141-1156.
- [21] 朱海军,刘广勤,生静雅,等. 促进薄壳山核桃种子萌发研究进展[J]. 江苏农业科学, 2011, 39(4): 233-236.
- [22] 亢攀,曹凡,王克春,等. 国外种源薄壳山核桃种子催芽试验研究[J]. 江苏林业科技, 2013, 40(4): 5-7, 33.
- [23] 李淑芳,杨建华,范志远,等. 不同处理对美国山核桃种子发芽的影响[J]. 浙江农林大学学报, 2011, 28(3): 444-449.
- [24] 李俊南,熊新武,习学良,等. 植物激素对薄壳山核桃种子萌发及幼苗生长的影响[J]. 经济林研究, 2013, 31(1): 81-86.
- [25] 邵慰忠,李川,常君,等. 薄壳山核桃优质砧木的培育技术[J]. 经济林研究, 2011, 29(4): 111-115.
- [26] 习学良,范志远,张雨,等. 美国山核桃砧木快速培育技术[J]. 中国南方果树, 2005, 34(5): 50-52.
- [27] 常君,姚小华,邵慰忠,等. 薄壳山核桃不同砧木对嫁接成活率及生长指标的影响[J]. 中南林业科技大学学报, 2016, 36(2): 56-60.
- [28] 李晓储,陈厚照. 薄壳山核桃资源在华东地区开发利用的调查研究[J]. 江苏林业科技, 2013, 40(1): 1-6.

(上接第12页)