

DOI:10.11937/bfyy.201620004

不同薄壳山核桃单株种子果实品质与发芽特性比较

邓秋菊^{1,2}, 王克春¹, 曹凡^{1,2}, 彭方仁¹, 梁有旺^{1,2}, 吴斌¹

(1. 南京林业大学 林学院, 江苏 南京 210037; 2. 南京林业大学 南方现代林业协同创新中心, 江苏 南京 210037)

摘 要:以南京地区 7 株薄壳山核桃单株果实为研究对象, 通过测定果实大小、出仁率、粗蛋白、可溶性糖、水分、灰分、粗脂肪和淀粉含量等指标, 研究其果实品质并进行发芽试验比较发芽特性, 以期对薄壳山核桃的良种选育、品种改良及良种推广提供基础参考依据。结果表明: 不同单株的果实品质存在显著差异; 果实出仁率是影响种子发芽率的重要指标; 淀粉与幼苗长势呈显著正相关; 分析选育出 5 号单株为培育砧木苗的最优单株, 适宜作为南京地区优良单株进行培育和推广。

关键词:薄壳山核桃; 果实形态; 发芽特性; 优良单株; 幼苗长势

中图分类号:S 664.104⁺.1 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2016)20-0014-04

薄壳山核桃(*Carya illinoensis* (Wangenh.) C. Koch)属胡桃科山核桃属植物, 原产于美国, 又名长山核桃、美国山核桃等。它是集果用、材用、油用为一体的优良树种^[1-2]。美国薄壳山核桃的繁殖主要以嫁接为主^[3]。在原产地美国, 对于嫁接所需的砧木品种选育已有大量研究, 如 Elliott、Kanza 等, 适应性广, 抗病性强, 在美国苗圃被广泛用作砧木^[4-6]。而目前国内的砧木则主要依赖于进口野生种子, 其适应性还有待进一步探讨^[7]。已有部分研究者^[8-12]对南京地区薄壳山核桃单株的果实特性进行了研究, 筛选出了评价果实品质的主要指标。该试验以南京地区 7 个薄壳山核桃单株的果实为试材, 对其果实品质进行测定分析, 并观测其发芽过程的表现, 探究果实品质对发芽率及早期幼苗生长的影响, 为选育适合南京地区的优良砧木品种提供研究基础。

第一作者简介:邓秋菊(1992-), 女, 硕士研究生, 研究方向为经济林栽培。E-mail:1906307731@qq.com.

责任作者:彭方仁(1963-), 男, 教授, 博士生导师, 现主要从事经济林栽培等研究工作。E-mail:frpeng@njfu.edu.cn.

基金项目:江苏省林业三新工程资助项目(Lysx2014(047)); 国家林业局 948 资助项目(2015-4-16); 国家林业公益性行业科研专项资助项目(201304711)。

收稿日期:2016-07-21

1 材料与方法

1.1 试验材料

供试的 7 个薄壳山核桃单株选自南京林业大学校园内, 其各项生长指标如表 1 所示。试验区位于北纬 31°13'~32°36', 东经 118°19'~119°24', 年平均温度为 15.7℃, 年平均降雨量为 1 005.9 mm, 年平均相对湿度为 76%, 霜期 232 d。

表 1 不同薄壳山核桃单株的生长状况

Table 1 Growth condition of 7 *Carya illinoensis* individual trees

单株编号 Individual plant number	树高 Tree height /m	胸径 Diameter at breast height /cm	树龄 Tree-age /年	生长环境 Growing environment
1	20.1	38.7	40	路边, 草坪中
2	14.5	30.5	35	路边草坪中, 下生高约 1.3 m 的小灌木
3	13.3	29.5	35	水池旁, 空旷地上
4	25.6	38.5	43	旧公园内, 东 15 m 处和西 20 m 处均有水塘
5	28.3	40.7	45	路边, 下生高约 1.5 m 的竹类植物和小灌木
6	21.6	42.5	40	马路旁, 约 1 m ² 的花坛中
7	13.2	44.8	35	小区内楼下, 向阳处

1.2 试验方法

2014 年 11 月上旬各单株果实外 70% 的青皮开裂, 用竹竿敲落, 地面捡拾; 对尚未脱皮的果实人工去除青皮, 同时筛除破损、空瘪及不能剥去青皮的果实。将果实平铺于通风干燥处, 晾晒 7 d 直至恒重。分别对 7 个

elements increased with the humic acid concentration rising. The effect of humic acid application on nutrient absorption of lettuce was not significant. The ability to absorb inorganic nutrients was different with different humic acid concentration treatments. Synthesize the yield and nutrient absorption factor, effect of high yield, water saving, fertilizer production would achieve when humic acid with 1.41 mg · g⁻¹ concentration were added in Yamazaki formula.

Keywords: humic acid; hydroponic lettuce; yield; WUE; metal elements absorption

单株果实的长、宽、单粒质量、壳厚度、出仁率等外观指标以及水分、灰分、粗脂肪、糖、可溶性蛋白质等内含物质含量进行测定。

每个单株取 150 粒种子,3 组重复,于 4 ℃低温沙藏 60 d,方法为将种子埋于细沙(手捏成团,松开即散)中,下层铺沙约 10 cm,种子紧密平铺,上层盖沙约 10 cm,每天检查沙子湿度,并适时喷水调节。

1.3 项目测定

1.3.1 种实特性观测 每个单株随机选取 150 粒果实,3 组重复,每组 50 粒。长、宽、壳厚度用游标卡尺测定。果实质量、仁质量用分析天平测定,并计算出仁率。内含物成分测定时,水分含量采用直接干燥法测定;灰分含量采用灼烧称重法测定;粗脂肪含量采用索氏提取法测定;可溶性蛋白质含量采用考马斯亮蓝 G-250 染色法测定^[13];可溶性糖和淀粉含量采用蒽酮比色法测定^[14]。每个成分均为 3 次重复。

1.3.2 发芽特性及生长势观测 于 2015 年 3 月 15 日将经过 4 ℃低温沙藏 60 d 的种子,置于 30 cm×40 cm×20 cm 的盒状容器内,以黄沙作为培育基质,在智能人工培养箱(30 ℃,相对湿度 70%)中催芽。每个单株选取沙藏过的种子 150 粒,3 组重复,每组 50 粒。每隔 3 d 观测并记录种子的发芽数,4 月 13 日测量幼苗的苗高、根长、苗茎粗度等生长量,作为评价幼苗初期发育优劣的指标。

1.4 数据分析

采用 DPS、Excel 软件对试验数据进行整理、作图分析。

2 结果与分析

2.1 外观指数

由表 2 可知,3 号单株的果实形态较好,长、宽、果实质量都明显高于其它单株果实。1、4 号果实大小及质量显著低于其它单株。出仁率由高到低排列为 6>5>1>7>2>3>4。出仁率最低 4 号仅为 28.57%,较高的 5、6 号单株分别为 49.28%和 49.48%。3 号和 6 号单株的果实质量显著高于其它 5 个单株;3、5、6 号的果实仁质量相对较高且差异不显著;3 号和 5 号的果实长度显著高于其它 5 个单株;宽度最高的为 5 号,其次为 3 号和 6 号,显著高于其它 4 个单株;4 号单株的壳厚度最大,5 号显著低于其它 6 个单株。

2.2 果实内含物成分

脂肪含量是评价核桃出油率的最重要指标,薄壳山核桃出油率显著高于核桃、山核桃等干果品种,但不同品种薄壳山核桃间的粗脂肪和蛋白质含量存在显著差异。由表 3 可知,7 个单株的果实中,3、7 号的粗脂肪含量较高,达到 70.32%和 69.89%,而 1 号和 6 号含量相对较低,分别为 63.57%和 62.39%。蛋白质含量 5 号最高(13.85%),4 号最低,仅为 8.61%。5 号的淀粉含量为 10.01%,显著高于其它 6 个单株;1、2、5、6 号 4 个单株的蛋白质含量相对较高(11.46%~13.85%),4 号单株的蛋白质含量最低仅为 8.61%;糖含量波动于 2.30%~3.50%,差异性不显著;4 号和 7 号单株的水分含量相对较高。

表 2 7 个薄壳山核桃单株果实的形态性状

Table 2 Nut morphology of 7 *Carya illinoensis* individual trees

单株编号 Individual plant number	质量 Nut weight/g	壳厚 Shell thickness/mm	仁质量 Kernel weight/g	长 Length/mm	宽 Width/mm	出仁率 Kernel percent/%
1	4.85±0.66a	0.93±0.11bc	2.15±0.63a	30.70±1.83a	18.27±1.12a	44.33±0.23a
2	6.98±1.20b	0.86±0.21b	3.01±1.11b	36.50±1.70c	23.36±0.71d	43.12±0.09b
3	7.84±1.14c	1.02±0.07cd	3.33±1.40bc	40.07±1.32d	23.39±1.09d	42.47±0.35c
4	5.46±0.88a	1.19±0.13e	1.56±0.70a	34.96±2.29b	21.07±1.21c	28.57±0.41a
5	6.94±0.94b	0.71±0.09a	3.42±0.70bc	39.01±1.81d	24.49±0.64e	49.28±0.92b
6	7.68±0.91c	1.10±0.10de	3.80±0.57dc	36.05±1.35bc	23.51±0.78d	49.48±0.43c
7	4.83±0.8a	1.10±0.38de	2.14±0.65a	35.02±2.58b	19.49±1.12b	44.30±0.56a

注:表中数值表示平均值±标准误差,同列数据后不同字母表示在 $P=0.05$ 水平差异显著。

Note: The numerical average±standard error, different letters after the same column mean significant difference at 0.05 level.

表 3 不同薄壳山核桃单株果实主要营养成分

Table 3 Basic nutritive compositions in pecan of different cultivars

单株编号 Individual plant number	淀粉含量 Starch content	蛋白质含量 Protein content	糖含量 Sugar content	粗脂肪含量 Crude fat content	灰分含量 Ash content content	水分含量 Water content
1	6.64±0.23d	12.34±0.56d	3.28±0.21bc	63.57±0.62a	1.72±0.042c	3.57±0.37b
2	4.42±0.05a	11.47±0.42c	3.51±0.26c	65.03±0.11b	1.90±0.095b	3.51±0.26b
3	5.19±0.34b	10.01±0.22b	2.50±0.52a	70.32±0.21e	1.45±0.081b	3.08±0.01a
4	5.87±0.15c	8.61±0.47a	2.57±0.16a	68.64±0.37d	1.94±0.012d	4.28±0.17c
5	10.01±0.23f	13.85±0.35e	3.50±0.27c	66.56±0.32c	1.12±0.110a	3.28±0.07ab
6	8.23±0.25e	11.46±0.32c	2.30±0.22a	62.39±0.41a	1.18±0.063a	3.47±0.14b
7	6.07±0.09c	10.12±0.12b	2.83±0.36ab	69.89±0.17e	1.37±0.040b	4.25±0.03c

注:表中数值表示平均值±标准误差,同列数据后不同字母表示在 $P=0.05$ 水平差异显著。

Note: The numerical average±standard error, different letters after the same column mean significant difference at 0.05 level.

2.3 种子发芽率

种子的采收及贮藏时间和温度对薄壳山核桃的发芽能力有一定的影响,种子发芽能力会随着贮藏时间的增长而下降,相关研究表明,5℃低温沙藏可以使薄壳山核桃种子保持一定的含水量且明显改善种子的腐烂情况,维持在较高的发芽能力^[15-16]。由图1可知,除1号单株种子快速发芽并维持在较高的发芽率外,其它6个单株种子的发芽趋势均呈“S”型;0~13 d种子发芽率增长缓慢;13~20 d种子发芽率呈现快速增长;20 d后有少数种子发芽,逐渐趋于稳定。7个单株种子中,发芽率较高的是1号与5号,分别为94.74%和94.05%,发芽率最低的7号仅为66.67%。种子萌发过程中需要消耗大量的淀粉和糖类物质,淀粉和糖类物质含量越高,越有利于促进种子的萌发,当糖类物质消耗过多时,脂肪和蛋白也转化为可吸收的糖类物质提供种子萌发所需要的营养^[17],所以1号和5号较高的发芽率跟种子内较高含量的淀粉和糖类物质提供营养有关。

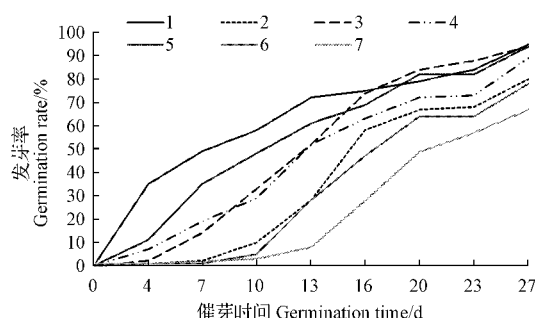


图1 不同薄壳山核桃的种子发芽趋势

Fig.1 Germination potential of different *Carya illinoensis* seeds

2.4 幼苗生长量

由图2可知,不同单株薄壳山核桃幼苗生长量存在显著的差异,5号和7号单株的幼苗苗高增长最快,达到近30 cm。根与苗高的增长情况呈相反的趋势,苗高增长越快的幼苗,根的增长量越小。幼苗在生长初期,苗径粗度的增长差异不显著。结合种子发芽率和各指标指数分析,5号幼苗的生长发育情况较为良好。

2.5 内含物含量与发芽率和生长指标的相关性

由表4可知,薄壳山核桃种子发芽率与种子营养物质的含量差异显著。果实中淀粉含量与发芽率在0.01水平上呈显著正相关($R=0.733$),说明种子中的淀粉含量对发芽率影响较大;苗高和淀粉含量在0.01水平上呈显著正相关($R=0.719$),说明幼苗的生长受淀粉含量的影响,这是由于种子萌发和幼苗成长过程需要大量的淀粉分解为可溶性糖作为物质和能量基础。苗径与淀粉在0.05水平上显著正相关,与糖含量在0.01水平上呈显著正相关,说明种子中淀粉和糖的含量越高,幼苗粗度增长的越快。出仁率与发芽率呈极显著正相关,是影响种子发芽率的重要指标。

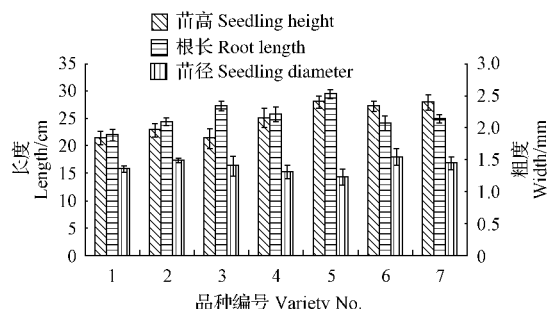


图2 不同薄壳山核桃幼苗生长量增长情况比较

Fig.2 Comparison of seedling growth situation of different cultivars of *Carya illinoensis*

表4

内含物含量与发芽率和生长指标的相关性

Table 4

Correlation of inclusions content and germination rate and growth indicators

相关指标 Indexes	淀粉 Starch	蛋白质 Protein	可溶性糖 Sugar	粗脂肪 Crude fat	发芽率 Germination rate	苗高 Seedling height	苗径 Seedling stem	出仁率 Kernel percent
淀粉 Starch	1	0.801**	0.386	-0.752**	0.733**	0.719**	0.566*	0.322
蛋白质 Protein		1	0.593*	-0.792**	-0.455	-0.024	0.542	0.003
可溶性糖 Sugar			1	-0.143	0.016	0.075	0.752**	0.262
粗脂肪 Crude fat				1	0.46	0.001	-0.151	-0.129
苗高 Seedling height					1	-0.231	0.301	0.875**
发芽率 Germination rate						1	0.078	0.114
苗径 Seedling stem							1	0.073
出仁率 Kernel percent								1

注:“*”表示 $P<0.05$ 下的差异性相关,“**”表示 $P<0.01$ 的极显著性相关。

Note:“*” indicates significant correlation at 0.05 level,and “**” indicates extremely significant correlation at 0.01 level.

3 结论与讨论

薄壳山核桃优质种质资源的发掘利用,是新农村林业建设的好项目,对促进我国“三农”发展具有重要的实践意义^[17]。要解决薄壳山核桃在我国发展慢、质量低下

的问题就要选出优良的栽培品种,选出与每个地区相适应的种子。

分析结果表明,不同单株的薄壳山核桃果实在外观指数、内含物成分和发芽特性上存在不同水平上的差

异,其中3号和6号2个单株的果实较重,且出仁率较高。而发芽率则是1号和3号明显高于其它5个单株种子,整个发芽速率则是呈现先快速增长,而后平缓增长的趋势,这与培育基质中营养的消耗有关。种子萌发后幼苗的生长状况为5号和6号优势明显。5号单株种子不仅具有较高的发芽率,而且幼苗生长迅速,明显优于其它单株种子,适宜作为优良单株进行培育和推广。同时也可以通过对各单株种实的形态性状区分各单株^[18]。

种子发芽率、幼苗的苗高、苗茎粗度均与种子中淀粉含量呈显著正相关,说明淀粉在种子萌芽和生长过程中作用很大^[19]。淀粉作为植物体内储存能量的物质,在种子萌发需要大量能量时分解为葡萄糖,被细胞氧化,提供所需的能量^[20-21],对种子萌发起着决定性的作用,因此可以通过种子中淀粉的含量预测种子的发芽情况和幼苗的生长状况。

综上所述,出仁率较高且种子中淀粉含量也较高的果实,其种子萌芽和幼苗的早期生长更有优势,这可为薄壳山核桃的进一步选育及推广提供理论支撑。

参考文献

- [1] 彭方仁,李永荣,郝明灼,等.我国美国山核桃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.
- [2] 吴国良,陈丽霞,段良骅,等.美国山核桃[J].山西果树,2005(1):35-36.
- [3] Anonymous. Pecan cultivation in China[J]. Hortscience, 2005, 40(4): 1140.
- [4] SPARKS D. Pecan cultivars; The orchard's foundation[M]. Watkinsville, Georgia: Pecan Production Innovations, 1992: 149-155.
- [5] Mc EACHERN G R, STEIN L A. Texas pecan handbook[M]. College Station, Texas: Texas Agricultural Extension Service, 1997.
- [6] THOMPSON T E, YOUNG F. Pecan cultivars; past and present[M]. College Station, Texas: The Texas Pecan Growers Association, 1985: 61-70.
- [7] 刘广勤,王秀云,生静雅.薄壳山核桃育种研究进展[J].林业科技开发,2011(4):1-5.
- [8] 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.
- [9] 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.
- [10] 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.
- [11] 方亮,吴文龙,李永荣,等.不同美国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.
- [12] 李永荣,刘永芝,翟敏,等.美国山核桃品种果实性状变异及选择改良研究[J].江苏林业科技,2011,38(3):6-11.
- [13] 张宪政.作物生理研究方法[M].北京:农业出版社,1992:210-212.
- [14] 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,2000:100-103,135-138.
- [15] 朱海军,刘广勤,生静雅,等.促进美国山核桃种子萌发研究进展[J].江苏农业科学,2011,39(4):233-236.
- [16] 樊卫国,马文涛,龙登楷,等.保湿冷藏对湖南山核桃种子萌发及生理的影响[J].果树学报,2011,28(5):831-836.
- [17] 张日清,李江,吕芳德,等.我国引种美国山核桃历程及资源现状研究[J].经济林研究,2003,21(4):107-109.
- [18] BEUCHAL L R, MANN D A. Factors affecting infiltration and survival of salmonella on in-shell pecan and pecan nutmeats[J]. Journal of Food Protection, 2010, 3(7): 1257-1268.
- [19] 潘庆民,韩兴国,白永飞.植物非结构性贮藏碳水化合物的生理生态学研究进展[J].植物学通报,2002,19(1):30-38.
- [20] 潘瑞炽.植物生理学[M].北京:高等教育出版社,2008:218-219.
- [21] 贾晓东,罗会婷,翟敏.‘波尼’薄壳山核桃果实发育动态分析[J].果树学报,2015(2):247-253.

Comparison of Nut Quality and Germination Characteristics of Different *Carya illinoensis*

DENG Qiuju^{1,2}, WANG Kechun¹, CAO Fan^{1,2}, PENG Fangren¹, LIANG Youwang^{1,2}, WU Bin¹

(1. College of Forest, Nanjing Forestry University, Nanjing, Jiangsu 210037; 2. Co-innovation Center for Sustainable Forestry in Southern China, Nanjing Forestry University, Nanjing, Jiangsu 210037)

Abstract: In order to provide reference base for fine cultivar breeding, cultivar improvement and seed extension of *Carya illinoensis*, seeds of seven individual pecan trees were collected. Its nut quality by the nut size, kernel percent, crude protein, soluble sugar, moisture content, ash, crude fat and starch content were evaluated. Also, the germination characteristics was evaluated. The results showed that there was significant difference in fruit quality. The fruit kernel percent significantly influenced the germination rate, and seedling growth quality was significant positively related to starch. For this study, the No. 5 individual *Carya illinoensis* tree was recommended as the best one to breed and extend in Nanjing area.

Keywords: *Carya illinoensis*; nut morphology; germination characteristics; superior individual plant; seedling growth vigor