

薄壳山核桃优良单株种子及质量性状分析

王飞高¹, 程 慧², 储开江¹, 张海军³, 沈 超³, 施娟娟³, 王正加^{3*}

(1. 浙江省嵊州市林业技术推广中心, 嵊州 312400; 2. 浙江农林大学后勤集团公司, 临安 311300;

3. 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: 通过测量国内收集的 35 个薄壳山核桃优良单株的果实鲜重、果皮厚等形态指标和粗脂肪等质量指标, 计算出仁率、果形指数和出籽率等, 分析优良单株间果实与质量性状的差异。结果表明, 单株间单籽重最大的是 ZL57 (14.55g), 最轻的是 ZL13 (3.53g); 出仁率最高的是为 ZL58 (58.726%), 其次是 ZL21 (56.661%) 和 ZL11 (56.350%), ZL56 出仁率最低为 26.208%; 粗脂肪含量最高的是 ZL11 (75.95%); 总蛋白和总糖含量最高的是 ZL57 (9.43%) 和 ZL12 (15.30%)。6 项指标综合评价 90 分以上为 18 个, 得分最高的是 ZL57, 其次是 ZL11 和 ZL61, 是下一步重点考查对象, 这些优良单株的果实性状与质量指标的测定与分析为选育当地适生的品种提供依据。

关键词: 薄壳山核桃; 种子性状; 质量性状; 差异分析

中图分类号: S664.1

文献标识码: A

文章编号: 1672-352X (2015)02-0171-06

Evaluation of the seed traits of elite pecan (*Carya illinoensis*) lines

WANG Feigao¹, CHENG Hui², CHU Kaijiang¹, ZHANG Haijun³, SHEN Chao³, SHI Juanjuan³, WANG Zhengjia³

(1. Zhejiang Shengzhou Forestry Technology Popularization Centre, Shengzhou 312400;

2. Logistics Group Corporation, Zhejiang Forestry University, Lin'an 311300;

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

Abstract: In this paper, the shelling percentage, fruit shape index, and kernel rate of 35 individual pecan (*Carya illinoensis*) lines from a domestic collection calculated using fruit weight, the pericarp thickness, and crude oil content were used to analyze the differences in fruit quality and other qualitative traits among individual lines. The results showed that the differences in six parameters among individual pecan lines were significant. The highest and the lowest seed weight was found in ZL57 (14.55 g) and ZL13 (3.53 g), respectively. ZL58 had the highest kernel rate (58.726%), followed by ZL21 (56.661%) and ZL11 (56.350%), and ZL56 had the lowest rate (26.208%). The highest crude oil content, total protein and total sugar content were detected in ZL11 (75.95%), ZL57 (9.43%) and ZL12 (15.30%), respectively. A total of 18 lines had the overall score of >90 with ZL57 being the highest followed by ZL11 and ZL61. These three lines should be further evaluated. Characterization of the fruit traits of the elite pecan lines would provide valuable information for breeding adaptable pecan cultivars in the future.

Key words: *Carya illinoensis*; seed traits; quality traits; variance analysis

薄壳山核桃 (*Carya illinoensis* (Wangenh.) K.Koch) 又名美国山核桃、长山核桃, 胡桃科山核桃属落叶乔木, 原产美国密西西比河流域及墨西哥湾南部, 现以美国为中心产区, 分布于美国、加拿大、墨西哥、巴西、阿根廷、秘鲁、意大利、法国、澳大利亚、埃及、南非、以色列、日本、中国等地^[1-2]。

薄壳山核桃果大壳薄, 取仁容易, 便于机械加工, 且营养丰富, 含油量高, 是世界著名干果树种之一^[3-6]。我国 19 世纪末 20 世纪初引种薄壳山核桃, 已有百余年的历史。据不完全统计, 国内引进、保存薄壳山核桃品种 100 个以上, 筛选出优良单株 20 多个, 部分品种已审(认)定; 随着近几年薄壳山

收稿日期: 2014-12-04

基金项目: 浙江科技厅重大项目(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: 王飞高, 工程师。

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

核桃在国内快速发展,良种化栽培也显的越来越重要^[7]。作者以本地收集的薄壳山核桃优良单株为材料,通过果实性状等指标分析,为薄壳山核桃不同优良单株的果实性状鉴定和良种选育提供有力依据,推动薄壳山核桃产业的发展。

1 材料与方法

1.1 材料收集

本试验的材料为浙江新昌等地收集的国内薄壳山核桃优良单株的果实。通过连续3年实地踏查,考查丰产、抗病虫及各类形态指标选择优良单株。

从2009年10月至2011年10月共收集优良单株35个,记录收集到的每个优良单株的丰产性能与果实形状,并进行编号(表1),带回实验室进行果实、种子等形态指标测定,并对质量性状进行分析。材料中除了新昌收集的种质来源清晰外,其他均为实生优良单株。

1.2 果实形态指标测定

用电子天平称量鲜果重、籽重、仁重,计算出籽率和出仁率,用游标卡尺测量果皮厚、籽长、籽宽、壳厚,计算出籽率,小数点后保留2位有效数字。

表1 薄壳山核桃不同优良单株种子收集情况

Table 1 Collection of seeds from different superior individual plant of *Carya illinoensis*

单株 No. of single plant	编号 Code	收集地点 Collected place	收集时间 Collection time	特点 Feature
1	ZL13	浙江余杭 Yuhang, Zhejiang	2009/10	籽粒长
2	ZL17	浙江余杭 Yuhang, Zhejiang	2009/10	籽粒圆
3	ZL9	浙江余杭 Yuhang, Zhejiang	2009/10	籽粒圆
4	ZL12	浙江余杭 Yuhang, Zhejiang	2009/10	籽粒长
5	ZL11	浙江余杭 Yuhang, Zhejiang	2009/10	籽粒长
6	ZL5	浙江常山 Changshan, Zhejiang	2009/10	籽粒小, 圆
7	ZL6	浙江常山 Changshan, Zhejiang	2009/10	籽粒小, 圆
8	ZL21	浙江临安 Lin'an, Zhejiang	2009/10	壳薄
9	ZL10	浙江余杭 Yuhang, Zhejiang	2009/10	籽粒大, 圆
10	ZL16	浙江余杭 Yuhang, Zhejiang	2010/11	籽粒圆
11	ZL2	浙江常山 Changshan, Zhejiang	2009/10	籽粒小、早熟
12	ZL1	浙江常山 Changshan, Zhejiang	2009/10	籽粒大, 早丰
13	ZL4	浙江常山 Changshan, Zhejiang	2009/10	籽粒大, 早丰
14	ZL3	浙江常山 Changshan, Zhejiang	2009/10	结果性能好, 早熟
15	ZL7	浙江常山 Changshan, Zhejiang	2010/10	籽粒小, 圆
16	ZL18	浙江余杭 Yuhang, Zhejiang	2009/10	籽粒中等, 丰产
17	ZL23	浙江临安 Lin'an, Zhejiang	2009/10	籽粒偏小, 丰产
18	ZL24	浙江临安 Lin'an, Zhejiang	2010/10	籽粒偏大, 自花授粉
19	ZL25	浙江临安 Lin'an, Zhejiang	2010/10	籽粒小且圆
20	ZL32	浙江临安 Lin'an, Zhejiang	2010/10	籽粒中等, 抗病强
21	ZL26	浙江临安 Lin'an, Zhejiang	2010/10	籽粒中等, 长型
22	ZL27	浙江临安 Lin'an, Zhejiang	2010/10	籽粒中等, 圆型
23	ZL31	浙江桐庐 Tonglu, Zhejiang	2010/10	籽粒小, 圆、丰产
24	ZL29	浙江桐庐 Tonglu, Zhejiang	2011/10	籽粒小, 圆、丰产
25	ZL28	浙江桐庐 Tonglu, Zhejiang	2011/10	籽粒小, 圆、丰产
26	ZL62	安徽黄山 Huangshan, Anhui	2011/10	籽粒小, 圆、丰产
27	ZL63	安徽黄山 Huangshan, Anhui	2011/10	籽粒中等, 圆、丰产
28	ZL64	安徽黄山 Huangshan, Anhui	2011/10	籽粒小, 圆、丰产
29	ZL8	浙江常山 Changshan, Zhejiang	2010/10	籽粒小, 丰产
30	ZL56	浙江新昌 Xinchang, Zhejiang	2011/10	籽粒不饱满
31	ZL57	浙江新昌 Xinchang, Zhejiang	2011/10	籽粒大, 壳薄
32	ZL58	浙江新昌 Xinchang, Zhejiang	2011/10	籽粒大, 丰产
33	ZL59	浙江新昌 Xinchang, Zhejiang	2011/10	籽粒大, 长, 丰产
34	ZL60	浙江新昌 Xinchang, Zhejiang	2011/10	籽粒大, 丰产
35	ZL61	浙江新昌 Xinchang, Zhejiang	2011/10	籽粒中等, 丰产

1.3 营养成分测定

果实形态测定完成后, 将果仁在 55℃ 烘箱中烘干, 粉碎, 供分析测试用。粗脂肪含量按照 GB/T 14772-2008《食品中粗脂肪的测定》方法测定, 脱脂后的样品烘干后放置干燥器内供其他营养成分含量测定; 采用 Lowry 法^[8]测定蛋白质含量; 采用蒽酮比色法^[9]测定总糖; 每个试验平行 3 次, 各种营养成分的含量均指脱脂前的含量。

1.4 数据处理

用 Excel 软件统计数据, 各单株间种子的各个

指标, 对籽重、仁重、出仁率、粗脂肪、总蛋白和总糖这 6 个重要指标用 The SAS System 和 The GLM Procedure 软件进行多重比较与分析, 并对 6 个指标由低至高进行赋值, 最低的得 1 分, 每递进一位增加 1 分, 数值相同赋分相同, 然后计算 6 个指标的得分总数, 赋值越大, 表明单株表现越好。

2 结果与分析

2.1 果实性状测定

从表 2 中可以看出, 籽重指标中, 单株 ZL57

表 2 薄壳山核桃优良单株果实性状及质量指标

Table 2 Fruit characteristics and quality index from fine single plant of *Carya illinoensis*

单株 No. of single plant.	编号 Code	鲜果重/g Weight of fresh fruit	果皮厚/cm Peel thickness	籽重/g Seed weight	出籽率/% Seed-producing rate	籽长/cm Seed length	籽宽/cm Seed width	果形指数 Fruit-shape index
31	ZL57	42.72±5.71	0.46±0.08	14.55±1.16 ^a	34.624±0.05	5.44±0.36	2.52±0.12	2.16
5	ZL11	45.16±7.99	0.59±0.10	13.98±2.01 ^a	31.168±0.02	5.50±0.38	2.31±0.15	2.38
35	ZL61	32.30±3.38	0.46±0.06	10.65±0.79 ^{cde}	33.134±0.02	4.71±0.13	2.16±0.13	2.18
4	ZL12	34.73±2.89	0.51±0.04	12.20±0.97 ^b	35.168±0.02	5.20±0.39	2.13±0.14	2.44
3	ZL9	28.96±3.91	0.63±0.08	8.08±0.48 ^{gh}	28.243±0.03	3.58±0.14	2.10±0.04	1.70
2	ZL17	34.00±3.11	0.81±0.23	9.61±0.94 ^{ef}	28.292±0.01	3.70±0.13	2.31±0.04	1.60
32	ZL58	32.89±3.37	0.44±0.07	11.57±1.05 ^{bcd}	35.361±0.03	4.76±0.18	2.19±0.12	2.17
8	ZL21			6.02±1.05 ^{ijkl}		3.71±0.30	2.00±0.10	1.86
33	ZL59	27.47±3.21	0.39±0.06	10.38±0.97 ^{de}	38.053±0.04	3.77±0.14	2.37±0.08	1.59
1	ZL13	42.26±4.27	0.51±0.07	14.53±1.52 ^a	34.426±0.02	5.83±0.29	2.29±0.08	2.55
20	ZL32			6.91±0.55 ^{hij}		4.00±0.10	2.04±0.13	1.96
9	ZL10			5.60±0.83 ^{klm}		3.63±0.20	2.03±0.08	1.79
16	ZL18	22.65±2.84	0.39±0.06	11.93±1.60 ^{bc}	52.684±0.04	4.51±0.18	2.40±0.11	1.88
26	ZL62			7.23±0.66 ^{hi}		3.55±0.07	2.69±0.76	1.32
24	ZL29			5.05±0.07 ^{klmno}		3.45±0.07	1.81±0.01	1.91
21	ZL26			6.73±0.59 ^{hij}		3.20±0.14	1.9±0.13	1.68
34	ZL60	41.36±6.23	0.62±0.10	12.34±1.74 ^b	30.089±0.04	4.24±0.18	2.51±0.08	1.69
25	ZL28			5.54±0.35 ^{ijklmn}		3.30±0.07	1.85±0.07	1.78
30	ZL56	30.98±4.10	0.52±0.10	8.90±1.44 ^{fg}	29.052±0.05	3.30±0.09	2.53±0.11	1.30
7	ZL6			4.64±0.61 ^{kmnop}		3.45±0.24	1.70±0.07	2.03
23	ZL31			3.91±0.13 ^{opqr}		2.45±0.21	1.75±0.07	1.40
10	ZL16	24.77±3.83	0.45±0.06	10.77±1.10 ^{cde}	43.913±0.04	4.07±0.12	2.24±0.07	1.82
29	ZL8			5.37±0.87 ^{klmn}		4.10±0.35	1.97±0.12	2.08
18	ZL24			7.54±0.47 ^h		4.60±0.17	1.97±0.06	2.34
27	ZL63			7.50±0.80 ^h		3.48±0.10	2.03±0.15	1.71
11	ZL2			4.54±0.26 ^{mnpq}		3.06±0.08	1.77±0.07	1.73
12	ZL1			4.92±0.75 ^{kmnop}		3.13±0.27	1.82±0.07	1.72
6	ZL5			5.54±0.69 ^{ijklmn}		3.34±0.22	1.77±0.08	1.89
22	ZL27			6.15±1.29 ^{ijk}		3.90±0.14	2.00±0.14	1.95
19	ZL25			3.71±0.21 ^{pqr}		2.80±0.00	1.85±0.07	1.51
15	ZL7			4.20±0.48 ^{nopqr}		3.01±0.13	1.72±0.08	1.75
28	ZL64			5.97±0.71 ^{ijkl}		3.50±0.17	2.00±0.00	1.75
14	ZL3			3.53±0.29 ^{qr}		2.71±0.10	1.61±0.06	1.68
13	ZL4			3.89±0.33 ^{opqr}		3.15±0.20	1.64±0.05	1.92
17	ZL23			2.92±0.48 ^f		2.82±0.23	1.56±0.12	1.81
平均数	Average	33.405±7.11	0.531±0.11	7.626 ± 3.42	34.42 ± 6.9	3.80 ± 0.83	2.04 ± 0.29	1.858±0.29
变异系数/%	CV	21.28	20.71	44.84	20.04	21.84	14.19	15.60

续表2 Continued table 2

壳厚/cm Shell thickness	仁重/g Kernel weight	出仁率/% Kernel-producing rate	粗脂肪/% Crude fat	总蛋白/% Total protein	总糖/% Total sugar	总得分 Total points
0.05±0.02	7.79±1.66 ^{ab}	53.108±0.09 ^{abcd}	71.79±1.30 ^{abc}	9.43±0.90 ^a	12.14±1.08 ^{bc}	170
0.08±0.02	7.88±1.27 ^a	56.350±0.04 ^{abc}	75.95±1.29 ^a	6.93±2.11 ^{ef}	11.68±1.77 ^{bcd}	167
0.06±0.04	5.79±0.64 ^{de}	54.263±0.02 ^{abcd}	72.31±0.67 ^{bc}	6.87±0.97 ^{efg}	12.65±1.45 ^{bc}	156
0.09±0.03	6.61±0.75 ^{cd}	54.081±0.03 ^{abcd}	73.36±0.96 ^{ab}	6.30±1.50 ^{ghi}	15.30±1.79 ^a	155
0.14±0.04	3.84±0.32 ^{hij}	47.549±0.02 ^{defg}	75.32±0.97 ^a	7.12±0.16 ^{cd}	13.98±1.63 ^b	150
0.18±0.04	4.12±0.30 ^{ghi}	42.976±0.03 ^{fehij}	71.73±2.44 ^{bc}	8.31±1.49 ^b	14.90±1.13 ^{ab}	145
0.06±0.03	6.82±0.86 ^{bc}	58.726±0.03 ^a	73.09±0.96 ^{ab}	6.25±0.97 ^{ghij}	11.3±1.32 ^{de}	136
0.06±0.02	3.37±0.62 ^{ijkl}	56.661±0.09 ^{ab}	72.00±0.93 ^{ab}	6.92±2.13 ^{ef}	11.65±1.11 ^{de}	129
0.05±0.03	4.95±0.96 ^{efg}	47.447±0.07 ^{defg}	68.32±1.26 ^{bcd}	6.63±1.03 ^{gh}	12.1±1.30 ^{bc}	129
0.07±0.02	7.75±0.92 ^{ab}	53.360±0.03 ^{abcde}	70.12±1.23 ^{bc}	6.21±0.51 ^{ghij}	11.23±1.05 ^{cde}	122
0.08±0.01	3.34±0.75 ^{ijklm}	48.047±0.08 ^{bcddef}	70.12±0.87 ^{bc}	6.32±0.65 ^{ghi}	11.85±1.45 ^{bcd}	109
0.07±0.02	3.16±0.57 ^{ijklm}	56.084±0.04 ^{abc}	75.16±1.23 ^a	6.31±1.20 ^{ghi}	11.02±1.36 ^{efg}	105
0.18±0.32	5.53±1.22 ^{ef}	45.891±0.06 ^{defgh}	65.13±1.65 ^{cde}	6.15±1.02 ^{ghij}	11.63±0.89 ^{de}	105
0.11±0.01	2.77±0.31 ^{klmno}	38.302±0.01 ^{hijkl}	71.02±0.64 ^{bc}	6.32±0.22 ^{ghi}	12.98±1.32 ^{bc}	105
0.10±0.00	2.28±0.08 ^{klmnop}	45.141±0.01 ^{efghi}	75.41±1.23 ^a	6.21±0.89 ^{ghi}	11.45±0.49 ^{de}	94
0.13±0.04	2.05±0.97 ^{lmnop}	29.867±0.12 ^{klm}	70.12±2.12 ^{abc}	7.34±0.35 ^c	11.94±2.64 ^{bcd}	94
0.13±0.02	4.18±1.71 ^{hig}	32.776±0.13 ^{klm}	69.15±2.36 ^{bc}	6.32±0.25 ^{ghi}	11.27±1.23 ^{cdf}	92
0.09±0.01	2.77±0.16 ^{ijklm}	50.097±0.00 ^{bcddef}	72.14±1.34 ^{ab}	6.34±0.25 ^{ghi}	10.25±1.20 ^{fgh}	91
0.07±0.03	2.40±1.35 ^{klmnop}	26.208±0.12 ^m	61.85±0.96 ^{fg}	7.68±0.36 ^c	11.64±1.23 ^{cdf}	84
0.10±0.01	1.85±0.20 ^{nopq}	40.215±0.05 ^{ghijkl}	68.32±2.03 ^{cd}	6.47±0.22 ^{gh}	12.03±0.79 ^{bc}	83
0.06±0.01	1.64±0.18 ^{opq}	42.043±0.06 ^{ghijk}	66.56±1.25 ^{cde}	6.45±0.65 ^{gh}	12.46±1.37 ^{bc}	80
0.12±0.02	4.61±0.51 ^{fgh}	42.851±0.03 ^{fehij}	63.12±1.38 ^{efg}	6.23±0.31 ^{ghi}	10.25±1.67 ^{fgh}	79
0.12±0.02	1.70±0.35 ^{nopq}	31.768±0.04 ^{lm}	71.43±2.71 ^{abc}	6.45±0.65 ^{gh}	12.07±1.25 ^{cd}	79
0.09±0.01	3.41±0.26 ^{ijk}	45.223±0.01 ^{efghi}	64.45±0.67 ^{ef}	6.23±0.79 ^{ghi}	10.36±0.78 ^{fgh}	76
0.10±0.00	2.77±0.23 ^{ijklm}	36.973±0.02 ^{ijkl}	64.21±0.68 ^{ef}	6.37±0.21 ^{ghi}	11.4±1.76 ^{cdf}	75
0.11±0.02	1.63±0.13 ^{opq}	36.014±0.04 ^{ijkl}	69.45±2.36 ^{bc}	6.86±0.65 ^{gh}	11.89±0.37 ^{bcd}	74
0.09±0.02	1.93±0.39 ^{nopq}	39.900±0.08 ^{ghijkl}	70.25±2.15 ^{bc}	6.59±0.21 ^{gh}	10.38±1.65 ^{fgh}	70
0.10±0.02	2.28±0.37 ^{lmnop}	41.112±0.03 ^{ghijk}	69.23±1.39 ^{bc}	6.23±0.31 ^{ghi}	10.87±0.69 ^{fgh}	65
0.10±0.01	2.23±0.85 ^{mnpq}	35.590±0.07 ^{ijkl}	61.23±1.34 ^{fg}	7.25±0.15 ^{cd}	10.36±1.32 ^{fgh}	61
0.10±0.00	1.44±0.23 ^{pq}	39.052±0.08 ^{ghijk}	64.53±1.19 ^{ef}	8.59±0.20 ^b	10.88±1.98 ^{fgh}	60
0.10±0.02	1.76±0.19 ^{nopq}	42.391±0.07 ^{fehij}	65.78±0.89 ^{cde}	6.15±0.21 ^{ghij}	11.34±1.69 ^{de}	56
0.10±0.01	2.30±0.46 ^{klmnop}	38.290±0.03 ^{hijkl}	64.21±1.56 ^{ef}	6.1±0.24 ^{ghij}	11.08±1.94 ^{def}	52
0.12±0.02	1.29±0.22 ^{pq}	36.750±0.07 ^{ijkl}	66.12±1.32 ^{cde}	6.41±0.12 ^{ghi}	11.36±0.68 ^{cdf}	48
0.12±0.03	1.38±0.18 ^{pq}	35.432±0.03 ^{ijkl}	68.25±2.36 ^{bcd}	7.01±0.37 ^{de}	9.06±2.34 ^h	46
0.27±0.38	1.11±0.19 ^q	38.218±0.07 ^{hijkl}	64.32±1.68 ^{ef}	6.24±0.17 ^{ghi}	11.09±1.96 ^{def}	31
0.103±0.04	3.449±2.02	43.393±8.39	69.044±4.1	6.73±0.76	11.656±1.24	
38.83	58.56	19.33	5.90	11.25	10.62	

注：表中鲜果重、果皮厚和出籽率的数据空白的则是收集到的样品为种子，同列数据后不同字母表示差异达 $P < 0.05$ 显著水平。

Note: The fresh fruit weight, peel thickness and seed-producing rate in blank mean the collected samples were seeds, and the data followed by different letters in the same column mean significant difference at the 0.05 level.

最重，为 14.55 g，单株 ZL23 最轻，为 2.92 g，相差了 98.29%；籽长指标中，单株 ZL13 最长，为 5.83 cm，单株 ZL31 最短，为 2.45 cm，相差 137.96%；籽宽指标中，单株 ZL62 最宽，为 2.69 cm，单株 ZL23 最窄，为 1.56 cm，相差 72.44%；所测得的部分单果间出籽率指标中，单株 ZL18 最高，为 52.684%，单株 ZL9 最低，为 28.243%，相差 86.54%；果形指数最大的是 ZL23 (2.55)，最小的是 ZL56

(1.30) 籽粒近圆形；壳厚指标中，单株 ZL23 最厚，为 0.27 cm，单株 ZL59 和 ZL57 最薄，均为 0.05，相差 440%；仁重指标中，单株 ZL11 最重，为 7.88g，单株 ZL23 最轻，为 1.11g，相差 609.91%；出仁率指标中，单株 ZL58 最高，为 58.726%，单株 ZL56 最低，为 26.208%，相差 124.08%，有 21 个优良单株（占总数 60%）的出仁率达到浙江省科学院亚热带作物研究所对薄壳山核桃制定的选优标准（大于

40%)^[10-11]。

2.2 种子籽重差异性比较

利用 The SAS System 和 The GLM Procedure 软件对收集到的优良单株间果实重要经济性状籽重、仁重和出仁率进行多重比较与分析。结果表明, 当 $P < 0.001$ 时, 35 个样本在籽重上存在极显著的差异。单株 ZL57、ZL11 与 ZL13, ZL60~ZL58, ZL18~ZL61, ZL58~ZL59, ZL16~ZL17, ZL18~ZL61, ZL17~ZL56, ZL56~ZL9, ZL9~ZL26, ZL62~ZL64, ZL32~ZL28, ZL27~ZL1, ZL21~ZL6, ZL10~ZL2, ZL5~ZL7, ZL29~ZL4, ZL6~ZL3, ZL1~ZL25, ZL7~ZL23 间差异并无显著性, 表现最优的单株是 ZL57、其次是 ZL13 与 ZL11, 表现最差的是单株 ZL23 (见表 2 和表 3)。由表 2 和表 3 还可知, 当 $P < 0.01$, 单株间仁重存在着极显著差异。单株 ZL11~ZL13, ZL57~ZL58, ZL58、ZL60, ZL12、ZL61, ZL61~ZL59, ZL18~ZL16, ZL59~ZL17, ZL60~ZL10, ZL16~ZL9, ZL9~ZL63, ZL24~ZL29, ZL21~ZL26, ZL32~ZL27, ZL28~ZL8, ZL62~ZL31, ZL56~ZL3, ZL27~ZL23 无显著差异, 仁重平均值前 3 位的单株分别是 ZL11、ZL57 和 ZL13, 最低的是单株 ZL23。

由表 2 和表 3 可知, 当 $P < 0.01$, 样品的出仁率存在极显著差异。单株 ZL58~ZL57, ZL21~ZL28, ZL11~ZL32, ZL61~ZL18, ZL13~ZL24, ZL28~ZL7, ZL32~ZL1, ZL18~ZL62, ZL29~ZL3, ZL17~ZL4, ZL5~ZL26, ZL6~ZL8, ZL60~ZL56 之间的差异不显著, 出仁率最高的是单株 ZL58, 其次是 ZL21、ZL11、ZL10 等单株, 最低的是单株 ZL56。籽重、仁重和出籽率 3 个指标的综合得分超过 30 分的有 5 个单株, 超过 20 分的有 16 个单株。

2.3 种子质量性状分析

从表 2 和表 4 中可知, 当 $P < 0.001$ 时, 35 个样本在粗脂肪上存在着极显著差异。单株 ZL11、ZL9、ZL29 和 ZL10, ZL58、ZL28、ZL21 和 ZL8、ZL12、ZL26 和 ZL57, ZL61、ZL17、ZL13、ZL32、ZL62、ZL60、ZL1、ZL2 和 ZL5, ZL4、ZL59, ZL6、ZL18、ZL31、ZL7 和 ZL3, ZL24、ZL16、ZL63、ZL23、ZL25 和 ZL64, ZL27~ZL56 间差异并无显著性, 表现最优的单株是 ZL11, 其次是 ZL29、ZL9 和 ZL10, 表现最差的是单株 ZL27。

从表 2 和表 4 中可知, 当 $P < 0.001$ 时, 35 个样本在总蛋白上存在着极显著差异。单株 ZL25~ZL17, ZL26~ZL56, ZL9、ZL27, ZL11、ZL21 与 ZL61, ZL59、ZL6、ZL31、ZL8、ZL1 与 ZL2,

ZL12、ZL32、ZL10、ZL62、ZL29、ZL60、ZL28、ZL16、ZL24、ZL63、ZL5、ZL3 与 ZL23, ZL58、ZL13、ZL18、ZL7 与 ZL64 间差异并无显著性, 表现最优的单株是 ZL57, 其次是 ZL17 和 ZL25, 表现最差的是单株 ZL64。

从表 2 和表 4 中可知, 当 $P < 0.001$ 时, 35 个样本在总糖上存在着极显著差异。单株 ZL12~ZL17, ZL9、ZL61、ZL 57、ZL59、ZL62、ZL6 和 ZL31, ZL 8、ZL11、ZL32、ZL26 和 ZL2, ZL 3、ZL13、ZL60、ZL56 与 ZL63, ZL58、ZL 18、ZL21、ZL29 与 ZL7, ZL64、ZL23, ZL10、ZL28、ZL16、ZL24、ZL1、ZL5、ZL 25 与 ZL27 间差异并无显著性, 表现最优的单株是 ZL12, 其次是 ZL17, 表现最差是单株 ZL4。

3 讨论

薄壳山核桃的市场潜力巨大, 前景广阔^[12], 在干果市场占据着重大的经济比值, 是农民生产收入的重要经济来源。对薄壳山核桃不同优良单株种子性状的分析是十分必要的, 可以有效的对不同优良单株进行统计筛选, 得出籽粒饱满, 出仁重率高的优良适生优良单株, 实施规模化应用。虽然国内对薄壳山核桃品种性状也有初步研究, 如杨建华等^[13]对 12 个薄壳山核桃样本的 8 个主要经济性状(坚果果形系数、平均坚果质量、坚果壳厚、坚果出仁率、核仁质量、核仁脂肪、蛋白质和单位面积树冠投影面积产果量)进行分析, 确定了 3 个反映薄壳山核桃主要经济性状的主成分及其主成分的函数式, 并证明用主成分分析法可以对薄壳山核桃主要经济性状进行综合评选; 吴国良等^[14]调查了 14 个薄壳山核桃品种 7 个性状(萌芽期、开花习性、坚果成熟期、发病率、主干横截面、种仁质量及坚果大小和产量), 但研究并没有形成体系, 对种子的品质评价也没有具体的指标。本文通过对国内收集到的 35 个优良单株进行种子性状分析, 为薄壳山核桃不同品种的果实性状鉴定提供依据, 推动薄壳山核桃产业的发展。在本研究中, 单株 ZL11 鲜果最重, 单株 ZL18 最轻; 单株 ZL17 果皮最厚, 单株 ZL18 最薄; 单株 ZL57 籽最重, 单株 ZL23 最轻; 单株 ZL13 籽最长, 单株 ZL57 最短; 单株 ZL62 籽最宽, 单株 ZL23 最窄; 单株 ZL18 果形指数和出籽率最高, 单株 ZL9 最低; 单株 ZL23 壳最厚, 单株 ZL59 和 ZL57 最薄; 单株 ZL11 仁最重, 单株 ZL23 最轻; 单株 ZL58 出仁率最高, 单株 ZL56 最低。粗脂肪、总蛋白和总糖最

高的分别是 ZL29、ZL57 和 ZL12。薄壳山核桃种仁的粗脂肪(含油率)、总蛋白含量普遍高于核桃、山核桃^[15-18],糖、氨基酸、无机元素等营养成分也非

常丰富,具有较高的营养和保健价值。引进推广薄壳山核桃可以丰富木本油料类树种,具有重要的现实意义。

表 3 薄壳山核桃籽重、仁重和出仁率的差异性分析

Table 3 Variance analysis of seed weight, kernel weight and kernel-producing rate between different fine single plants of *Carya illinoensis*

品种 Species	误差源 Error source	自由度 DF	平方和 SS	均方差 MS	F value	Pr>F
籽种 Seed weight	Model	34	3610.093298	106.179215	104.86	<.0001
	Error	232	235.931047	1.01258		
壳重 Nut weight	Model	34	1236.832642	36.377431	57.73	<.0001
	Error	232	146.177633	0.630076		
Kernel rate	Model	34	1.95310847	0.05744437	15.3	<.0001
	Error	232	0.87126459	0.00375545		

注: $P<0.01$, 极显著差异; $P>0.05$ 不显著差异; $0.01<P<0.05$, 显著差异。下同。

Note: $P<0.01$ means highly significant difference; $P>0.05$ means no significant difference; $0.01<P<0.05$ means significant difference. The same below.

表 4 薄壳山核桃粗脂肪、总蛋白、总糖差异性分析

Table 4 Variance analysis of crude fat, total protein and total sugar between seeds from different superior single plants of *Carya illinoensis*

品种 Species	误差源 Error source	自由度 DF	平方和 SS	均方差 MS	F value	Pr>F
粗脂肪 Crude fat	Model	34	1698.238876	49.94820224	39.58326718	<.0001
	Error	70	88.3296	1.261851429		
总蛋白 Total protein	Model	34	58.40626286	1.717831261	7.590946799	<.0001
	Error	70	15.841	0.2263		
总糖 Total sugar	Model	34	156.6512057	4.607388403	3.113310631	<.0001
	Error	70	103.593	1.4799		

综上所述,从各种形态指标综合得分可以得出在 90 分以上的为重点考察对象,结合近几年的产量情况进一步确定选育目标,单株 ZL57、ZL11 和 ZL61 综合表现最好,然后进行多点无性系测定林试验,进一步了解其丰产性与抗病性,从而确定该优良单株能不能升级至品种进行推广。

参考文献:

- [1] 张日清,吕芳德,张勳,等.美国山核桃在我国扩大引种的可行性分析[J].经济林研究,2005,23(4):1-10.
- [2] 姚小华,王开良,任华东,等.薄壳山核桃优新品种和无性系开花物候特性研究[J].江西农业大学学报,2004,26(5):675-680.
- [3] 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.
- [4] Goff W D, Mcvay J R. Pecan Production in the Southeast: A guide for growers[M]. Alabama: Alabama Cooperative Extension Service, Auburn University, 1989.
- [5] 李德智.薄壳山核桃及其栽培新方法[J].种植园地,2009(5):19.
- [6] 黄有军,王正加,郑炳松,等.植物生长调节剂对薄壳山核桃硬枝扦插生根的影响[J].西南林学院学报,2006,26(5):42-44.
- [7] 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,2012,26(4):1-4.
- [8] 陈钧辉,李俊,张太平,等.生物化学实验[M].北京:科学出版社,2008:20-22;64-65.
- [9] 邹琦.植物生理生化实验指导[M].北京:中国农业出版社,2004:111-112.
- [10] 臧旭,王秀云,周蓓蓓,等.薄壳山核桃优良品种及其特性研究[J].江西农业学报,2011,23(4):45-48.
- [11] 谢孝福,许明权,徐文荣,等.长山核桃选优研究初报[J].中国果树,1991(1):22-24.
- [12] 习学良.美国山核桃在云南引种研究成果及产业化发展前景分析[J].林业调查规划,2006,11(6):74-77.
- [13] 杨建华,李淑芳,范志远,等.美国山核桃主要经济性状的主成分分析及良种选择[J].浙江农林大学学报,2011,28(6):907-910.
- [14] 吴国良,张凌云,潘秋云,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.
- [15] 张琦,程滨,赵瑞芬,等.不同品种核桃仁的脂肪酸与氨基酸含量分析[J].山西农业科学,2011,39(11):1165-1169.
- [16] 时燕,赵登超,侯立群.鸡爪绵核桃种仁主要营养成分分析[J].中国粮油学报,2011,26(2):59-62;72.
- [17] 张鹏,钟海雁,姚小华,等.四种山核桃种仁含油率及脂肪酸组成比较分析[J].江西农业大学学报,2012,34(3):499-504.
- [18] 刘力,龚宁,夏国华,等.山核桃种仁蛋白质及氨基酸成分含量的变异分析[J].林业科学研究,2006,19(3):376-378.