

文章编号: 1001-1498(2008)01-0044-05

美国山核桃果实性状变异规律研究

常君^{1,2}, 杨水平^{1*}, 姚小华², 王开良²

(1. 西南大学资源环境学院, 重庆 400716;

2. 中国林业科学研究院亚热带林业研究所, 国家林业局亚热带林木培育重点开放性实验室, 浙江 富阳 311400)

摘要:在浙江杭州余杭区长乐林场美国山核桃种质资源收集园内设点采样, 对其果实性状变异及其性状之间的相关性进行了研究。结果表明: 美国山核桃果实性状在不同无性系间存在极显著的差异, 10个参试无性系果实性状总体变异幅度最大的是单果质量, 为 4.60~46.41 g (变异系数 CV 为 19.75%), 其次是果长 2.49~7.85 cm (变异系数 CV 为 12.78%), 以及果径 1.50~3.90 cm (变异系数 CV 为 8.42%), 长径比的变异幅度最小, 为 0.96~2.42 (变异系数 CV 为 7.29%); 不同无性系果长与果径呈紧密的线性相关, 即随着果长的增大, 果径也随之增大; 不同无性系果长、果径两个指标与单果质量均达到极显著线性相关关系, 可由此对单果质量进行预测。

关键词: 美国山核桃; 果实; 无性系; 变异

中图分类号: S664.1

文献标识码: A

A Comparative Study on Nut Characteristics of Pecan

CHANG Jun^{1,2}, YANG Shui-ping¹, YAO Xiao-hua², WANG Kai-liang²

(1. College of Resource and Environment, Southwest China University, Chongqing 400716, China; 2. Research Institute of Subtropical Forestry, CAF; Key Laboratory of Subtropical Tree Breeding and Cultivation, State Forestry Administration, Fuyang 311400, Zhejiang, China)

Abstract: The samples of the pecan variety were collected from Changle Tree Farm of Zhejiang Province, and the variation and relativity of berry were studied. The result showed that pecan had great differences among different clones. The greatest variations among the 10 participated pecan clones was the single berry weighted at 4.60 to 46.41 gram (CV was 19.75 percent), followed by the single berry-length: 2.49 to 7.85 centimeter (CV was 12.78 percent), and the diameter: 1.50 to 3.90 centimeter (CV was 8.42 percent). The variation of length/diameter ratio was 0.96 to 2.42 (CV was 7.29 percent) which was the smallest of all. Great linear correlation was found between diameter and length of different clones, i.e. the berry diameter increased with the berry length, significant linear correlation was found between the berry length and single berry-weight, berry diameter and single berry-weight. So, the weight of single fruit was predictable.

Key words: *Carya illinoensis*; fruit; clone; variation

美国山核桃 (*Carya illinoensis* (Wangenh.) K Koch) 又名薄壳山核桃、长山核桃, 属胡桃科

(Juglandaceae) 山核桃属 (*Carya* Nutt)^[1-2]。美国山核桃为雌雄同株植物, 花单性, 雌雄异熟。原产北

收稿日期: 2006-12-21

基金项目: 浙江省农业科技成果转化项目“薄壳山核桃新品种和规模化扩繁技术示范”(2005D70027), 国家林业局“948 引进项目“薄壳山核桃优质苗木繁殖技术引进”(2006-4-82), 科技部农业成果转化项目“薄壳山核桃新品种集成栽培技术与中试示范”(2006GB24320401)和“国外优新经济林品种引进与产业化示范”(2004C22046)

作者简介: 常君 (1981—), 男, 山西怀仁人, 硕士研究生。

* 通讯作者

美,是世界著名干果之一,也是优良的果材兼用树种^[3]。19世纪末-20世纪初,我国开始引种美国山核桃,目前在我国的种植范围比较广,北至北京,南至海南岛都有引种,引种栽培分布主要集中在亚热带东部地区,尤以江苏、浙江、安徽等地居多。关于世界其他国家和地区引种美国山核桃情况的文献报道不多,现有的研究基本上是以 F. R. Brisson 的《美国山核桃栽培》为依据^[4]。美国山核桃壳薄易剥,核仁肥厚,味甜而香,营养丰富,含有多种矿物质和维生素。食味香润爽口,除直接食用外可榨取高级食用油和制作糕点、冰激凌等^[5-6]。核桃仁还有医疗效用,可顺气补血,温肠补肾,止咳润肺等。美国山核桃树干通直,材质优良,生长迅速,是良好的用材树种,也是很好的城乡绿化树种。我国目前对美国山核桃的研究主要集中在引种适生性、栽培技术和繁殖技术等方面,如张日清等^[7-8]等对美国山核桃引种栽培区划研究;傅松玲等^[9]对美国山核桃嫁接与栽培技术研究等,而对果实形态方面的研究国内尚未见报道。果实作为遗传变异的重要特征之一^[10],研究其变异程度和各指标间相互关系很有必要(果品商品性、加工性等),作者对美国山核桃果实形态指标进行测定分析,以期揭示该物种不同无性系间果实形态的变异程度和各指标间的相互关系。

1 材料与方法

1.1 果实采集

果实采自浙江杭州余杭区长乐林场西山美国山核桃种质资源收集园内,该种质资源收集园于 1983 年建立,现保存有 93 个美国山核桃无性系和品种。

地理位置为 30°15' N, 119°58' E, 海拔高度 50 m, 年均温 15.6℃, 1 月均温 0℃, 7 月均温为 32.0℃, 极端最低温度为 -10.8℃, 年降水量 1478 mm, 土壤为黄红壤。在美国山核桃果实成熟季节(2006 年 10 月),在收集园内选择 10 个具有代表性无性系,每个无性系 5 次重复,每次采集果实 20 个,结果不足 20 个的全部采摘。

1.2 测量内容和方法

经水选后取饱满的果实进行各指标的测定,用游标卡尺测定果长、果径,精确到 0.01 cm;单果质量和果仁质量用 1/100 电子天平称量;果长、果径和单果质量 3 个指标作为果实大小的指标,用长径比作为果形指数。

1.3 数据分析

所有数据在 Excel、DPS、SPSS 10.0 处理软件中进行分析处理。

2 结果与分析

2.1 不同无性系间果实的变异特征及变异分析

2.1.1 不同无性系间果实的变异特征 从表 1 方差分析可以看出,美国山核桃果实的单果质量、果长、果径、长径比和果仁质量在 10 个不同无性系之间存在极显著的差异。10 个无性系间果实总体变异幅度最大的是单果质量(变异系数 CV 为 19.75%),如 YL-01 为 13.36~46.41 g,其次是果长(变异系数 CV 为 12.78%),如 YL-01 为 5.50~7.85 cm,果径(变异系数 CV 为 8.42%),如 YL-01 为 2.48~3.90 cm;长径比的变异幅度最小(变异系数 CV 为 7.29%),如 YL-01 为 1.67~2.42。对 10 个无性系果实的多重比较结果见表 2。

表 1 不同无性系果实形态指标方差分析

变因	df	单果质量		果长		果径		果长/果径		果仁质量	
		MS	F 值	MS	F 值	MS	F 值	MS	F 值	MS	F 值
无性系间	9	170.87	15.75**	4.35	45.29**	0.38	6.67**	0.22	26.40**	7.72	15.88**
无性系内	37	10.85		0.09		0.06		0.008		0.49	

注: ** 为差异极显著。

从表 2 中可以看出, YL-01 除果径与 YL-02、YL-04、YL-03 未表现出显著性差异外,其他均差异显著; YL-02、YL-03、YL-04 和 YL-05 这 4 个无性系,除 YL-02 在果长和长径比与 YL-04、YL-05 差异显著外,其余均未表现出显著差异; YL-06、YL-07 在单果质量、果长、果径上虽未表现出显著差异,两者在长径比上却差异显著,这说明两者在单果质量、果长和

果径 3 个果实形态指标上虽然比较一致,但其果实形状却并不相同; YL-04、YL-09 与 YL-10 这 3 个无性系和 YL-06、YL-07 一样,都在单果质量、果长和果径 3 个果实形态指标上未表现出显著差异,三者两两之间在长径比上差异显著,同样说明这 3 个无性系之间,虽然在果实形态指标上表现比较一致,但果实形状却并不相同。

表 2 不同无性系果实形态指标均值、多重比较和变异分析

无性系	单果质量 /g			果长 /cm		
	均值	CV/%	范围	均值	CV/%	范围
YL-01	30.75a	21.02	13.36~46.41	6.70a	31.26	5.50~7.85
YL-02	20.03b	19.69	8.78~33.62	4.57b	8.95	3.91~5.21
YL-03	18.61b	17.05	7.50~24.34	4.16bc	20.73	3.32~4.78
YL-04	17.28bc	19.11	7.38~29.81	3.98cd	7.54	3.00~5.30
YL-05	15.59bcd	17.18	5.16~30.18	3.64de	7.52	2.74~4.76
YL-06	13.67cd	17.41	4.73~20.52	3.99cd	7.04	2.64~4.95
YL-07	13.30cd	19.36	6.21~20.61	3.87cde	21.29	3.30~4.55
YL-08	12.45cd	20.27	5.59~20.05	3.42e	9.01	2.49~4.31
YL-09	11.85d	25.57	5.00~18.79	3.76cde	8.37	2.60~5.20
YL-10	10.69d	20.86	4.60~15.51	3.86cde	6.07	2.70~4.40

无性系	果径 /cm			果长 /果径		
	均值	CV/%	范围	均值	CV/%	范围
YL-01	3.24a	9.54	2.48~3.90	2.06a	9.42	1.67~2.42
YL-02	2.97ab	7.53	2.05~3.84	1.55bcd	6.49	1.17~2.04
YL-03	2.91ab	5.65	2.27~3.23	1.43def	5.84	1.27~1.64
YL-04	2.92ab	6.83	2.28~3.85	1.36ef	6.69	1.13~1.59
YL-05	2.77bc	6.51	1.86~3.63	1.32f	5.96	1.08~1.54
YL-06	2.468cd	13.40	1.80~3.02	1.62bc	7.53	1.23~1.98
YL-07	2.68bcd	6.41	2.28~3.64	1.45def	5.12	0.96~1.64
YL-08	2.475cd	9.32	1.74~3.70	1.399ef	9.61	0.99~2.02
YL-09	2.52cd	8.56	1.50~3.11	1.498cde	7.52	1.11~1.98
YL-10	2.36d	10.47	1.53~3.39	1.65b	8.69	1.09~2.30

注:显著水平为 5%,字母相同为差异不显著,字母不同为差异显著。

2.1.2 不同无性系果实形态指标变异分析

(1)果实单果质量的变异系数 CV 为 17.05% ~ 25.57%,变异幅度最大的是 YL-09,其次为 YL-01、YL-10、YL-08 和 YL-02,再次分别为 YL-07、YL-04、YL-06 和 YL-05,变异幅度最小的是 YL-03;单果质量极差最大的是 YL-06,达 7.52 倍。
 (2)果长的变异系数 CV 为 6.07% ~ 31.26%,变异幅度最大的为 YL-01,其次为 YL-07、YL-03、YL-08 和 YL-02,再次分别为 YL-09、YL-04、YL-05 和 YL-06,变异幅度最小的为 YL-10;果长极差最大的是 YL-09,达 2.00 倍。(3)果径的变异系数 CV 为 5.65% ~ 13.40%,变异幅度最大的是 YL-06,其次为 YL-10、YL-01、YL-08 和 YL-09,再次分别为 YL-02、YL-04、YL-05 和 YL-07,变异幅度最小的为 YL-03;果径极差最大的是 YL-10,达 2.22 倍。采样地点内,就 4 个性状的变异幅度进行总体比较、分析发现,总体变异幅度较大的为果实单果质量,最小的为长径比。YL-01、YL-02 和 YL-09 变异幅度均较高;而 YL-03、YL-05 和 YL-07 (YL-03、YL-07 果长变异较大)变异幅度比较低。从表 2 中可看出,除 YL-01、YL-03 和 YL-

07 果长变异幅度和 YL-06 果径变异幅度较大外,其余均与上述分析一致,即单果质量总体变异幅度最大,其次为果长和果径,长径比变异幅度最小。

2.2 不同无性系果实特性指标之间的相关分析

表 3 为不同无性系果长与果径回归分析结果。从表 3 中可以明显看出,不同无性系果长与果径之间呈紧密的线性正相关,随着果长的增大,果径也随之增大。10 个无性系的果长与果径间均达到极显著线性关系 (F 值 $> F_{0.01}$)。

对表 3 中的直线回归方程还可以做进一步的深入解释,可以看出, a 值越大,则 b 和 R^2 值越小,也即果实的果径主要取决于 a ,由于 b 是曲线的斜率,在这种情况下,当 b 值接近于 0 时,表明果径不随果长的变化而变化,比较稳定,反映在遗传上也可能比较稳定,因此两者在遗传上的关联度比较小。反之,则果径随果长的变化而变化,两者在遗传上是紧密相关联的。从这个意义上说,相关指数 R^2 高的品种表明在遗传上果长和果径的关联度也最大。由于不同无性系果长和果径相关指数 R^2 明显不同,因此在遗传关联度上也是不同的。

表 3 不同无性系果长与果径回归分析

无性系	直线回归方程参数			
	a	b	R ²	F值
YL-05	0.218 4	0.705 4	0.771 9	237.54**
YL-06	1.085 3	0.347 3	0.428 1	71.85**
YL-09	0.860 4	0.441 4	0.395 7	64.17**
YL-08	1.306 6	0.345 5	0.120 6	12.89**
YL-04	0.835 9	0.525 1	0.565 2	120.87**
YL-02	0.209 8	0.604 2	0.294 2	35.01**
YL-10	0.734 2	0.422 1	0.124 9	10.85**
YL-07	1.768 5	0.244 4	0.134 2	8.52**
YL-01	0.983 3	0.335 4	0.266 3	24.32**
YL-03	1.259 8	0.395 0	0.466 9	46.41**

注: $y = a + bx$, y 为果径, x 为果长, R^2 为相关指数; **为相关极显著。

2.3 不同无性系单果质量与果长、果径回归分析

从表 2可以看出,单果质量随着果长、果径的增大而增大,而单果质量与长径比则没有这种关系,这

说明果实质量与果长、果径之间存在着一定的相关关系,而和长径比之间则不明显。对单果质量与果长、果径之间的相关分析见表 4,可以明显看出,10个无性系果长、果径与单果质量均达到极显著线性相关关系,因此可根据这两个方程对单果质量进行预测。由于不同无性系果长、果径与单果质量的相关指数 R^2 不同,因此选择不同方程对单果质量进行预测的精确度也不同。YL-04、YL-06、YL-10、YL-07、YL-01和 YL-03果长与单果质量的相关指数 R^2 大,这 6个无性系选择果长进行单果质量预测精确度会更高;YL-05、YL-09、YL-08和 YL-02果径与单果质量的相关指数 R^2 大,这 4个无性系选择果径进行单果质量预测精确度会更高。

表 4 不同无性系果实指标与单果质量回归分析

无性系	指标	直线回归方程参数				无性系	指标	直线回归方程参数			
		a	b	R ²	F值			a	b	R ²	F值
YL-05	果长	-21.787 0	10.384 0	0.773 9	229.33**	YL-02	果长	-35.412 0	12.163 0	0.514 9	89.15**
	果径	-21.492 0	13.504 0	0.849 0	376.74**		果径	-13.952 0	11.488 0	0.570 0	111.35**
YL-06	果长	-8.607 4	5.581 9	0.726 4	254.85**	YL-10	果长	-9.808 9	5.423 9	0.394 9	49.59**
	果径	-5.993 1	7.965 7	0.416 8	68.60**		果径	0.841 7	4.291 3	0.352 6	41.39**
YL-09	果长	-12.138 0	6.381 7	0.504 3	99.70**	YL-07	果长	-21.754 0	9.115 1	0.722 6	143.26**
	果径	-12.826 0	9.793 6	0.584 9	138.07**		果径	-11.129 0	9.173 8	0.325 8	26.58**
YL-08	果长	-9.901 7	6.481 4	0.419 7	37.54**	YL-01	果长	-44.828 0	11.325 0	0.615 1	14.87**
	果径	-7.475 7	7.992 2	0.631 6	161.15**		果径	-22.625 0	16.693 0	0.564 5	86.85**
YL-04	果长	-19.224 0	9.150 8	0.773 1	80.16**	YL-03	果长	-17.020 0	8.571 6	0.624 1	87.98**
	果径	-18.545 0	12.224 0	0.673 2	191.59**		果径	-23.199 0	14.398 0	0.588 4	75.77**

注: $y = a + bx$, y 为单果质量, x 为果长或果径, R^2 为相关指数; **为相关极显著。

2.4 不同无性系果实系统聚类分析

用代表果实大小(单果质量、果长、果径)和果实形状(长径比)的 4个指标对美国山核桃 10个无性系的果实进行聚类分析(图 1),结果表明,10个无性系可分为 2大类, YL-01为一类,其余 9个无性系又可分为 2大亚类, YL-02、YL-03、YL-04和 YL-05为一亚类,其中 YL-03和 YL-02、YL-04和 YL-05两者之间关系更近些; YL-07、YL-08、YL-06、YL-09和 YL-10为一亚类, YL-07、YL-08和 YL-06三者间关系更为接近。结合表 2多重比较结果分析,可明显看出,关系越接近的无性系,果实特性指标差异越不显著,反映出果实大小和形态在近缘无性系间的稳定性,结合表 2进一步分析,属同一亚类无性系间,果实大小指标差异不显著,果实形态指标却有例外,如 YL-07和 YL-06、YL-10和 YL-09等,虽属同一亚类,

果实大小差异不显著,果实形状差异却显著,说明果实大小较果实形状更具稳定性。

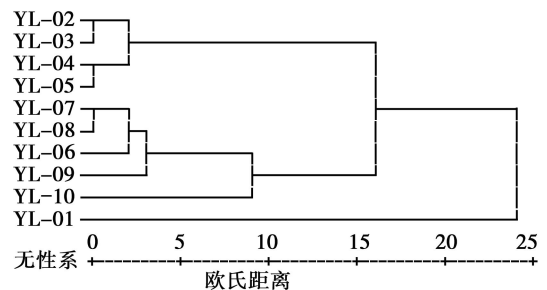


图 1 不同无性系果实系统聚类图

3 小结

(1)对美国山核桃单果质量、果长、果径、长径比和果仁质量 5个指标分析表明,美国山核桃

果实不同无性系间均存在极显著差异。10 个无性系间果实总体变异幅度最大的是单果质量 (变异系数 CV 为 19.75%), 其次是果长 (变异系数 CV 为 12.78%) 和果径 (变异系数 CV 为 8.42%), 变异幅度最小的为长径比 (变异系数 CV 为 7.29%)。

(2) 美国山核桃不同无性系果长与果径呈紧密的线性相关, 即随着果长的增大, 果径随之增大, 10 个无性系果长与果径均达到极显著线性关系 (F 值 $> F_{0.01}$)。

(3) 美国山核桃不同无性系果长、果径两个指标与单果质量均达到极显著线性相关关系, 因此可根据果实形状指标方程对单果质量进行预测。由于不同无性系果长、果径与单果质量相关指数 R^2 不同, 选择 R^2 较大的方程对单果质量进行预测精确度将会更高。

(4) 对美国山核桃 10 个无性系果实系统聚类, 结果表明, 果实大小和果实形状在近缘无性系间有稳定性, 果实大小较果实形状更稳定。关于不同无性系间遗传稳定性有待进一步的探讨

和研究。

参考文献:

- [1] 麦克丹尼尔斯 L.H. 坚果栽培 [M]. 北京: 中国林业出版社, 1990
- [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] Sparks D. Pecan Cultivars: The Orchard 's Foundation [M]. Watkinsville: Pecan Production Innovations, 1992: 20 - 21
- [4] Brison F.R. Pecan Culture [M]. Austin: Capital Printing Co., 1974
- [5] 习学良, 范志远, 邹伟烈, 等. 10 个美国山核桃品种的引进研究初报 [J]. 浙江林学院学报, 2006, 23(4): 382 - 387
- [6] 董凤祥, 王贵禧. 美国薄壳山核桃引种及栽培技术 [M]. 北京: 金盾出版社, 2003
- [7] 张日清, 吕芳德, 何方. 美国山核桃引种栽培区划研究: 原生境与新生境自然条件比较 [J]. 中南林学院学报, 2001, 21(2): 1 - 5
- [8] 张日清, 吕芳德, 何方, 等. 美国山核桃引种栽培区划研究: 前期引种效果 [J]. 中南林学院学报, 2002, 22(2): 17 - 20
- [9] 傅松玲, 吴照柏. 美国山核桃嫁接与栽培技术研究 [J]. 经济林研究, 2003, 21(4): 87 - 89
- [10] 蔡永立, 王希华, 宋永昌. 中国东部亚热带青冈果实形态变异的研究 [J]. 生态学报, 1999, 19(4): 581 - 586