

小果油茶种实形态变异频率 及其多样性指数分析

黄 勇^{1,2}, 姚小华^{1*}, 王开良¹, 任华东¹, 李志真², 谢一青²

(1. 中国林业科学研究院 亚热带研究所, 浙江 富阳 311400; 2. 福建省林业科学研究院, 福建 福州 350012)

摘要:以采自小果油茶 (*Camellia meiocarpa* Hu.) 分布区的 18 个地理群体为材料, 观测种实表观性状各项指标, 分析种实形态变异频率及其多样性指数, 结果表明: 各种实性状表观数据分布大多数在平均值附近, 形成高窄尖峭峰。18 个地理群体及 10 个种实性状的多样性指数都较大, 种实的不同数量性状的多样性指数位于 2.472 6 ~ 3.000 8, 而不同地理群体数量性状的多样性指数为 2.543 ~ 2.839。果实质量性状多样性指数相对较小, 其中果色为 2.306 5、果型为 2.181 6 及种子为 0.927 7, 均略小于数量性状的多样性指数, 说明数量性状变异程度高于质量性状。从不同地理群体的多样性指数来看, 它们相差不大, 但仍存在一定的差异, P_{10} (崇仁) 最高 (2.839), 变异程度最大, P_{13} (黎川) 最低 (2.543), 变异程度最小, 两者多样性指数相差 0.296。其余群体的多样性指数大小位于群体 P_{10} 和 P_{13} 之间。小果油茶种实表观性状多样性指数大都与生态地理因子并不相关, 影响小果油茶种实表观性状多样性指数高低的主要生态因子是 E、N、H、 H_y 、 T_1 及 R_{te} 。与生态因子相关的主要性状多样性指数为 L'_f/W'_f 、 R'_s 、 W'_{ss} 、 L'_s 及 W'_s 。在 3 次趋势面分析中, W'_f 和 L'_s 和经纬度的拟合效果最好, 达到显著和极显著水平。

关键词: 小果油茶; 种实; 变异频率; 多样性指数

中图分类号: S794.4 文献标志码: A 文章编号: 1000 - 2286(2011)02 - 0292 - 08

Analysis on Variation Frequency of Fruits and Seed Characteristics and Diversity Index in *Camellia meiocarpa* Hu.

HUANG Yong^{1,2}, YAO Xiao-hua^{1*}, WANG Kai-liang¹,
REN Hua-dong¹, LI Zhi-zhen², XIE Yi-qing²

(1. Research Institute of Subtropical Forestry, CAF, Fuyang 311400, China; 2. Fujian Academy of Forestry, Fuzhou 350012, China)

Abstract: Fruits and seeds were picked from all the flora of 18 geographic population of *Camellia meiocarpa* Hu as the research material, all of the phenotypic traits were observed and the characteristics variation frequency and diversity index of the fruits and seeds were analyzed. The results indicated that great majority of phenotypic data distributions were near the mean value and formed highly steep value. The diversity indexes of 18 geographic population and 10 phenotypic traits were relatively great, the diversity indexes of quantitative characters of different traits were located at 2.472 6 - 3.000 8, however, the diversity indexes of quantitative

收稿日期: 2010 - 11 - 23 修回日期: 2011 - 02 - 15

基金项目: “十一五”国家科技支撑计划项目 (2009BADB1B01, 2009BADA8B04, 2006BAD01A1706)、中国林科院公益性科研基金专项 (CAFYBB2008005)、国家林业局南方山地用材林培育重点实验室及福建省森林培育与林产品加工利用重点实验室项目

作者简介: 黄勇 (1971-), 男, 博士生, 主要从事经济林良种选育方面的研究, E-mail: huangyfujian@163.com; * 通讯作者: 姚小华, 研究员, 博导, E-mail: yaohx168@163.com。

traits different geographical populations were located at 2.543 – 2.839. The diversity indexes of fruit quality traits were relatively small, those of fruit color, fruits and seeds were 2.306 5, 2.181 6 and 0.927 7 respectively, slightly smaller than the numbers of the diversity indexes of characters, which showed the level of quantitative trait variation was higher than that of quality traits. There was difference in the diversity indexes of different populations, but not so large. The diversity index (2.839) of P_{10} was the maximum, and that of P_{13} (2.543) was the minimum, there was a difference of 0.296 between them. The indexes of the other population lied between that of P_{10} and P_{13} . The diversity indexes of phenotypic traits were not related to choreographic factors, and the major factors that affected diversity index levels of phenotypic traits were E, N, H, H_y , T_1 and R_{te} . The diversity indexes of main phenotypic traits were L'_f/W'_f , R'_s , W'_{ss} , L'_s and W'_s . The fitting results of W'_f and L'_s to longitude and latitude were the best in three times of trend surface analyses. The different levels were significant or very significant.

Key words: *Camellia meiocarpa* Hu; fruits and seed; variation frequency; diversity index

表型性状是遗传物质的表达结果,表型数据所包含的变异是遗传多样性和环境共同作用的结果^[1],因此形态学或表型性状来检测植物遗传变异是最简便而直接的方法^[2]。

小果油茶(*Camellia meiocarpa* Hu.)又名江西子、小茶、鸡心子等,主要分布在福建、江西、广西、湖南、贵州、广东及浙江等省,栽培面积及产量仅次于普通油茶,具有皮薄、出籽率高、出油率高、丰产性及称产性好等优点,具有良好的开发利用前景,特别是中亚热带及南亚热北部山地丘陵地带具有极大的生产潜力^[3-4]。关于小果油茶种实遗传变异方面研究至今未见报道,本文通过对小果油茶全分布区的种实表观性状频率及多样性指数分析比较研究,为进一步研究小油茶的遗传变异规律打下良好基础。

1 材料与方法

1.1 试验材料的采集

在小果油茶的全分布区采集具有代表性的18个地理群体,群体的分布地点及生态地理因子见表1,各地气象资料采自气候数据来源于中国气象科学数据共享服务网中国地面气候资料数据及各地气象部门。每个地理群体采集样株20株,株距在100 m以上,每株随机测定果实20个。

1.2 果实性状测定方法

用电显式游标卡尺分别测定果高、果径、果形指数(果高/果径)、果皮厚度、种长、种宽及种形指数(种长/种宽)。种子出籽率=20个球果的出籽质量/20个球果质量;种子平均单果=20个球果质量/20;球果平均籽数=20个球果的出籽总数/20。

1.3 种实形态变异频率统计和多样性指数测定方法

用Shannon-Weine多样性指数来评定不同地理群体种实形态变异频率差异及变异程度,具体如下:对数值性状的基本分析采用原始数值数据,在计算种实形态频率分布及多样性指数时,采用数值性状的分级数据,数值性状的划级方法如下:先计算参试材料总体平均数(\bar{X})和标准差(σ),然后划分为10级,从第1级 $[X_i < (\bar{X} - 2\sigma)]$ 到第10级 $[X_i > (\bar{X} + 2\sigma)]$,每 0.5σ 为1级。每一级的相对频率用于计算多样性指数。多样性指数 $H' = -\sum P_i \ln(P_i)$,为某性状第*i*级别内的材料份数占总份数的百分比,ln为自然对数。多样性指数在生态学和遗传学研究中广泛应用,具有加权性,可以用来合并不同性状、位点或者不同地区材料的变异,能较好的比较某一作物、某一物种或某一地区的居群遗传变异性分析^[5-6]。

1.4 质量性状观测

本文的果色、果型及种子形状判定是由目测获得,结合有关文献[4,7-8],将红、黄、青、褐、红黄、青红、青黄及红青黄等果色分别定为1—8级;而果型也定8级,它们分别为球形、梨形、桃形、桔形、橄榄形、球梨、梨桃及球桃;种子形状定则定2级,分别为球型和非球型。

数据分析用Excel 2003和DPS12.01软件处理。

表1 小果油茶采样点生态地理因子

Tab.1 Ecological and geographical factor of the sample site

群体	E/°C	N/°C	H/m	U/d	T _h /°C	T _l /°C	T _a /°C	T _{aj} /°C	T _{an} /°C	T _{am} /°C	H _y /h	R _f /mm	R _{7s} /mm	R _{8c} /mm
P ₁	109.220 1	25.542 695	221	320	38.6	-5.5	19.3	9.3	27.9	6 258	1 450.9	1 824.8	271.8	169.8
P ₂	109.734 37	26.002 95	492	298	37.5	-6.3	17.5	4.9	27.2	5 073.9	1 426	1 368.6	193.6	139
P ₃	109.910 1	26.016 9	370	314	40.4	-3	18.1	8	26.7	5 670	1237.3	1 571.3	217.6	169.8
P ₄	109.552 25	25.785 6	165	320	36	-3	18.3	7.3	27.3	5 691.4	1 334.3	1 730.2	192	153
P ₅	109.416 7	26.176 25	530	270	37.9	-9.8	16.4	4.5	23	4 757	1317.9	1 326.8	169.4	162.2
P ₆	118.474 08	27.676 56	200	258	39.9	-8	17.5	6.2	28.8	5 510.5	1 875.1	1 888.7	146.6	124.4
P ₇	118.82	26.078 1	209	262	40	-3	20	9.5	28.7	6 374	1 776.5	1 490	113	165
P ₈	117.797 5	24.109 9	345	358	40.9	1	21.8	10	27	7 494.2	2 138.2	1 524.7	198	225
P ₉	115.110 75	24.930 78	600	296	39.9	-5.3	18.8	8	39	6 119.1	1 778	1 550	108.6	128.5
P ₁₀	116.239 9	27.910 6	56	266	41	-12.7	17.6	5.2	28.3	5 453.7	1 776	1 735.5	92	120
P ₁₁	116.120 3	26.120 3	299	276	40.5	-7.6	17.9	7.5	27.1	5 868	1 858.7	1 786	112.5	128.7
P ₁₂	116.760 8	26.686 1	387	260	39.9	-12.8	16.8	5	28	4 990	1 805.6	1 743.8	110.2	112.2
P ₁₃	116.882 17	27.213 17	130	278	41	-12.3	17.9	5.9	28.9	5 382.6	1 776.6	1 779	123	115
P ₁₄	116.706 4	26.610 8	396	242	38	-7	16.8	5.3	27.1	5 025	1 748	1 750	130	161
P ₁₅	118.677 4	25.556 1	410	296	39.6	0.1	18.7	9.5	29.2	5 800	1 936	1 700	163.4	128.5
P ₁₆	113.640 44	28.571 67	103	265	40.3	-12	17	4.5	28.6	5 327.6	1 725.9	1 316.5	123.2	106.3
P ₁₇	115.016 7	29.494 2	160	255	41.4	-11	17	3.9	29.2	5 979.1	1 904	1 374	139.5	149
P ₁₈	114.066 33	27.993 5	251	275	41.6	-9.2	17.2	5	28.8	5407.7	1 883.6	1 635.1	128.8	116.3

生态地理因子缩写: N—纬度; E—经度; H—海拔; U—无霜期; T_h—极端最高温度; T_l—极端最低温度; T_a—年平均温度; T_{aj}—1月份均温; T_{am}—7月份均温; T_{an}—活动积温; H_y—全年日照时数; R_f—降雨量; R_{7s}—7月降雨量; R_{8c}—8月降雨量。

群体编号: P₁—融水; P₂—通道; P₃—龙胜; P₄—龙胜; P₅—黎平; P₆—浦城; P₇—闽清; P₈—漳浦; P₉—定南; P₁₀—崇仁; P₁₁—清流; P₁₂—建宁; P₁₃—黎川; P₁₄—宁化; P₁₅—仙游; P₁₆—平江; P₁₇—阳新; P₁₈—宜春。

2 结果与分析

2.1 小果油茶数量性状频率分布

对小果油茶10个数量性状频率分布、频率类别统计及显著性检验(表2、表3及表4),结果表明,在10个性状组数均为10的情况下,果皮厚度 T_f 的众数频率最高,其值为31.94%,组距为0.33,众数所在组0.94~1.27;种宽 W_s 的众数频率最小,为20.81%,组距为1.39,众数所在组14.07~15.47;其余性状的众数频率位于21.42%~30.31%。

10个性状的偏度除了出籽率 R_s 是右偏以外,其余9个性状都是左偏,10个性状的峰度均大于0,说明数据分布大多数在平均值附近,形成高窄尖峭峰。

表2 小果油茶数量性状频率分布

Tab.2 Frequency distribution of quantitative characters in *Camellia meiocarpa* Hu.

果高 L_f		果径 W_f		果高径比 L_f/W_f		果皮厚度 T_f		出籽率 R_s	
区组	频率/%	区组	频率/%	区组	频率/%	区组	频率/%	区组	频率/%
≤11.87	0.917	≤10.69	0.611	≤0.81	1.28	≤-0.04	0	≤0.37	5.83
-13.92	3.056	-12.64	3.806	-0.88	3.22	-0.28	0.06	-0.42	3.89
-15.97	10.667	-14.59	11.806	-0.96	7.94	-0.61	3.71	-0.47	8.89
-18.02	18.139	-16.54	16.417	-1.03	17.11	-0.94	31.91	-0.53	4.72
-20.07	22.750	-18.49	21.417	-1.10	24.39	-1.27	31.94	-0.58	14.17
-22.13	16.472	-20.44	18.389	-1.18	21.53	-1.60	11.94	-0.63	28.06
-24.18	11.472	-22.39	12.556	-1.25	11.11	-1.93	6.34	-0.68	22.78
-26.23	7.972	-24.34	7.250	-1.33	6.97	-2.26	4.82	-0.74	9.72
-28.28	5.028	-26.28	3.806	-1.40	2.97	-2.59	3.85	-0.79	1.67
≥28.28	3.528	≥26.28	3.944	≥1.40	3.47	≥2.59	5.43	≥0.79	0.28

表 3 小果油茶数量性状频率分布

Tab.3 Frequency distribution of quantitative characters in *Camellia meiocarpa* Hu.

单果种籽数 N_s		种长 L_s		种宽 W_s		种长宽比 L_s/W_s		单果质量 W_{ss}	
区组 Block	频率/% Frequency	区组 Block	频率/% Frequency	区组 Block	频率/% Frequency	区组 Block	频率/% Frequency	区组 Block	频率/% Frequency
≤0.57	0.83	≤9.62	0.86	-8.48	2.26	≤0.58	0.19	≤0.06	0
-0.87	0	-10.96	3.39	-9.88	4.29	-0.71	0.67	-1.03	0.56
-1.17	11.11	-12.29	9.25	-11.27	9.44	-0.84	4.53	-2.00	14.17
-1.48	21.39	-13.63	18.75	-12.67	15.43	-0.97	30.31	-2.97	15.56
-1.78	22.22	-14.96	23.44	-14.07	17.35	-1.09	28.03	-3.94	27.78
-2.08	16.11	-16.30	17.36	-15.47	20.81	-1.22	17.28	-4.91	17.22
-2.38	13.06	-17.63	11.22	-16.87	15.35	-1.35	6.19	-5.88	8.33
-2.69	5.83	-18.97	7.47	-18.27	8.64	-1.48	2.83	-6.85	5.83
-2.99	3.33	-20.30	4.81	-19.67	4.15	-1.60	3.33	-7.82	3.61
≥2.99	6.11	≥20.30	3.44	≥19.67	2.28	≥1.60	6.64	≥7.82	6.94

表 4 数量性状频率类别分类及显著性检验

Tab.4 The class of Frequency in quantitative characters and significant test

性状 Traits	组数 Class number	组距 Class distance	众数所在组 Mode class	众数频率/% Mode frequency	偏度 Skewness			峰度 Kurtosis		
					参数 Parameter	U 值 U value	显著水平 P	参数 Parameter	U 值 U value	显著水平 P
果高 L_f	10	2.05	18.02 ~ 20.07	22.22	0.513 4	12.58	0.001	0.406 6	4.982	0.001
果径 W_f	10	1.95	16.54 ~ 18.49	21.42	0.585 0	14.33	0.001	0.523 5	6.416	0.001
果高径比 L_f/W_f	10	0.07	1.03 ~ 1.10	24.39	0.890	21.81	0.001	3.986	3.987	0.001
果皮厚度 T_f	10	0.33	0.61 ~ 0.94	31.94	1.948	47.76	0.001	4.614	56.55	0.001
出籽率 R_s	10	0.05	0.58 ~ 0.63	28.06	-0.957	-7.44	0.001	0.554 8	2.163	0.031
单果种籽数 N_s	10	0.3	1.48 ~ 1.78	22.22	0.818 4	6.366	0.001	0.701 6	2.736	0.006
种长 L_s	10	1.34	13.63 ~ 14.96	23.44	0.616 4	15.11	0.001	0.970 8	11.90	0.001
种宽 W_s	10	1.39	14.07 ~ 15.47	20.81	0.033 9	0.830	0.406	0.406 3	0.406	0.001
种长宽比 L_s/W_s	10	0.13	0.84 ~ 0.97	30.31	1.587 9	38.91	0.001	3.026	37.09	0.001
单果质量 W_s	10	0.97	2.97 ~ 3.94	27.78	0.961 3	7.477	0.001	0.382 5	1.492	0.001

2.2 小果油茶形态性状(质量性状)不同类型的频率分布和多样性指数

果实颜色是由其所含的色素决定的,而色素是由植物体内不同基因所控制,同时光照条件的变化也会引起色素的改变,从而产生果色的变化^[8-10]。本次全分布区的调查结果发现,小果油茶果色存在大量的混合色,即使是同一个基本色,也存在颜色深浅等问题,为了便于归类,本文把相近的颜色归为一类,分成红(包括微红、桃红、朱红、棕红等)、黄、青(包括浅绿、绿、青绿等)、褐、红黄、青红、青黄及红青黄等 8 类,然后将红、黄、青、褐、红黄、青红、青黄及红青黄等果色分别定为 1 至 8 级。根据果色不同类型的调查结果来看(表 5),小果油茶果色主要是红色、青黄、青色及黄色 4 种类型,分布频率分别达 35.638%、25.266%、17.819% 及 10.638%,4 种果色占总体的 89.352%,其余果色分布相对较少。小果油茶果型呈多样化的特征,本文将相近的果型归为一种类型,总共 8 种类别,即球形、梨形、桃形、桔形、橄榄形、球梨、梨桃及球桃,分别为 1 至 8 级。从不同果型频率分布来看,球形、桃形、桔形及梨形 4 种类型所占比例最大,分别达 32.932%、29.317%、17.671% 及 15.261%,4 种类型占总体的 95.181%,其余类型分布很少。种子形状反映其和所经历的环境时空的特定关系^[11],本文将种子类型分为球型和非球型 2 种,从频率分布来看,2 种类型相差不大,分别为 52.225% 和 47.775%,球型种子略高于非球型。3 种性状的 Shannon-Weiner 多样性指数大小来看,果色的多样性指数最大,表明其多样性最为丰富,其次为果型,种型最小。

2.3 小果油茶种实数量性状多样性指数比较

多样性指数是丰富度和均匀度的综合指标。Shannon-Weiner 多样性指数(香农-威纳指数)是用来描述种的个体出现的紊乱和不确定性,不确定性越高,多样性也就越高^[12-13]。

表 5 小果油茶形态性状(质量性状)不同类型的频率分布和多样性指数

Tab.5 Frequency distribution and diversity index of different morphology characters (qualitative character)

性状 Traits	频率分布/% Frequency distribution								多样性指数 Diversity index
	1	2	3	4	5	6	7	8	
果色 Fruit color	35.638 (红色)	10.638 (黄色)	17.819 (青色)	1.33 (红黄)	7.447 (青红)	25.266 (青黄)	7.979 (青红黄)	1.064 (褐)	2.306 5
果型 Fruit form	32.932 (球形)	15.261 (梨形)	29.317 (桃形)	17.671 (桔形)	3.213 (橄榄形)	0.402 (球梨)	0.401 (梨桃)	0.803 (球桃)	2.181 6
种型 Seed form	52.225 (球形)	47.775 (其它)							0.927 7

本文用 Shannon-Weiner 多样性指数来评定小果油茶的种实变异频率,从而反映其遗传多样性程度。通过对小果油茶群体 10 个性状的计算 Shannon-Weiner 多样性指数(表 6),结果表明小果油茶不同种实性状的多样性指数值在 2.472 6~3.000 8, W_s' (种宽多样性指数)最高, T_f' (果皮厚度多样性指数)和 L_s'/W_s' (种长/种宽多样性指数)则相对较低。10 个种实性状的总体平均多样性指数为 2.816,说明小果油茶种实表观性状变异类型较为丰富且均匀度较高。

从不同地理群体的多样性指数来看,它们相差不大,但仍存在一定的差异, P_{10} (崇仁)最高(2.839),变异程度最大, P_{13} (黎川)最低(2.543),变异程度最小,两者多样性指数相差 0.296。其余群体的多样性指数大小位于群体 P_{10} 和 P_{13} 之间。

表 6 小果油茶种实数量性状多样性指数比较

Tab.6 The Compare of diversity index in *Camellia meiocarpa* Hu's quantitative characters

群体	L_f'	W_f'	L_f'/W_f'	T_f'	R_s'	N_s'	L_s'	W_s'	L_s'/W_s'	W_{ss}	平均 Mean
P_1	2.982 6	2.987 3	2.852 1	2.830 7	2.903 7	2.501 6	3.004 0	2.972 7	2.558 8	2.371 0	2.796
P_2	2.903 7	2.787 4	2.898 6	2.875 4	2.741 5	2.561 0	2.964 2	2.916 0	2.881 6	2.533 2	2.806
P_3	2.874 2	2.918 8	2.938 2	2.830 7	2.601 6	2.633 2	2.991 4	3.028 6	2.549 1	2.815 2	2.818
P_4	2.855 1	2.864 0	2.615 8	2.823 8	2.771 0	2.628 2	2.908 3	2.928 4	2.809 2	2.708 7	2.791
P_5	2.994 5	2.953 3	2.843 2	2.665 4	2.371 0	2.771 0	2.946 2	2.920 4	2.386 9	2.571 0	2.742
P_6	2.938 8	2.971 8	2.907 6	2.884 8	2.328 2	2.603 7	2.713 8	2.942 3	2.558 2	2.585 5	2.743
P_7	2.934 5	2.711 0	2.709 1	2.860 6	2.441 5	2.428 2	2.988 9	2.953 9	2.651 9	2.841 5	2.752
P_8	3.014 3	2.943 8	2.934 0	1.737 7	1.961 0	2.594 1	2.893 4	2.963 4	2.576 0	2.203 7	2.582
P_9	2.928 6	2.917 7	2.832 0	2.832 0	2.408 7	2.384 2	3.023 3	2.827 5	2.711 3	2.146 4	2.701
P_{10}	2.928 6	2.992 6	2.907 9	2.903 3	2.703 7	2.466 0	2.782 0	2.942 3	2.942 3	2.823 2	2.839
P_{11}	2.921 7	2.955 8	2.903 4	2.836 4	2.061 0	2.666 0	2.842 1	2.803 0	2.814 2	2.690 5	2.749
P_{12}	2.847 1	2.879 8	2.979 5	2.437 7	2.421 1	2.458 9	2.990 8	2.759 8	2.902 8	2.421 1	2.710
P_{13}	2.780 5	2.610 3	2.935 3	2.567 1	2.803 7	2.284 2	2.774 9	2.688 3	2.667 2	1.319 0	2.543
P_{14}	2.813 0	2.920 3	2.881 9	2.463 2	2.508 7	2.846 4	2.916 0	2.961 5	2.623 1	2.771 0	2.771
P_{15}	2.785 0	2.957 2	2.541 2	3.053 1	2.390 5	2.771 0	2.878 5	2.659 1	2.936 4	1.971 0	2.694
P_{16}	2.913 5	2.230 8	2.926 9	2.603 8	2.226 1	2.701 6	2.874 9	2.763 5	2.874 3	2.161 0	2.628
P_{17}	2.844 7	2.867 6	2.809 2	2.905 2	2.708 7	2.663 9	2.628 2	2.948 0	2.812 5	1.720 0	2.691
P_{18}	2.960 2	2.681 3	2.938 1	1.450 2	2.490 5	2.603 7	2.986 8	2.798 7	2.896 6	2.808 7	2.661
平均 Mean	2.957 9	2.955 4	2.878 8	2.472 6	2.788 6	2.824 8	2.935 8	3.000 8	2.559 4	2.787 1	2.816

①群体编号: P_1 —融水; P_2 —通道; P_3 —龙胜; P_4 —龙胜; P_5 —黎平; P_6 —浦城; P_7 —闽清; P_8 —漳浦; P_9 —定南; P_{10} —崇仁; P_{11} —清流; P_{12} —建宁; P_{13} —黎川; P_{14} —宁化; P_{15} —仙游; P_{16} —平江; P_{17} —阳新; P_{18} —宜春; ②种实性状多样性指数编号: L_f' —果高多样性指数; W_f' —果径多样性指数; L_f'/W_f' —果高径比多样性指数; T_f' —果皮厚度多样性指数; R_s' —出籽率多样性指数; N_s' —单果种籽多样性指数; L_s' —种长多样性指数; W_s' —种宽多样性指数; L_s'/W_s' —种长宽比多样性指数; W_{ss} —单果质量多样性指数。

2.4 小果油茶种实表观性状多样性指数与地理生态因子的相关分析

不同物种的多样性程度可能与该区的气候和生态类型存在一定的关系^[14],将小果油茶种实表观性

状多样性指数与地理生态因子进行相关分析,结果表明(表 7), L_f/W_f 与 T_l 呈负相关,相关系数为 -0.54 ,说明随着极端最低温的增加,果高/果径多样性指数随之降低; R'_s (出籽率多样性指数)与经度 E 成负相关,相关系数 -0.47 ,与 H_y (全年日照时数)也是负相关,相关系数 -0.53 ,即随着经度 E 和 H_y (全年日照时数)的增加, R'_s (出籽率多样性指数)也随之降低; N'_s (单果种籽多样性指数)与 T_{au} (7 月份均温)成负相关,相关系数 -0.47 ,即随着 T_{au} (7 月份均温)的升高, N'_s (单果种籽多样性指数)随之下降低; L'_s (种长多样性指数)与纬度 N 成极显著负相关,相关系数 -0.62 ,与 H(海拔)显著正相关,相关系数 0.56 ,即随着 H(海拔)的升高, L'_s (种长多样性指数)随之提高; W'_s (种宽多样性指数)与 R_{fe} (8 月降雨量)成极显著负相关,相关系数 -0.61 ,即随着 R_{fe} (八月降雨量)的增加, W'_s (种宽多样性指数)随之提高。结果表明大部分生态因子与小油茶种实表观性状多样性指数并不相关,影响小果油茶种实表观性状多样性指数高低的主要生态因子是经度、纬度、海拔、全年日照时数、极端最低温及八月降雨量。而与生态因子相关的主要性状多样性指数为果高/果径多样性指数、出籽率多样性指数、单果种籽多样性指数、种长多样性指数及种宽多样性指数。

表 7 小果油茶种实表观性状多样性指数与地理生态因子的相关性

Tab.7 Correlation coefficients between seed and fruit diversity index of morphological Traits and ecological and geographical factor in *Camellia meiocarpa* Hu.

	L_f	W_f	L_f/W_f	T_f	R'_s	N'_s	L'_s	W'_s	L'_s/W'_s	W'_{ss}
E	-0.23	0	-0.03	-0.11	-0.47*	-0.15	-0.37	-0.36	0.21	-0.22
N	-0.23	-0.44	0.24	0.03	0.23	0.08	-0.62**	-0.11	0.34	-0.14
H	0.09	0.37	-0.04	-0.01	-0.25	0.19	0.56*	-0.02	-0.25	0.09
U	0.31	0.22	-0.14	-0.18	-0.04	-0.12	0.34	0.19	-0.18	-0.07
T_h	0.07	-0.19	0.42	-0.32	-0.29	-0.3	-0.35	-0.25	0.19	-0.3
T_l	0.12	0.34	-0.54*	0.01	-0.22	0.2	0.35	0.25	-0.24	0.16
T_a	0.34	0.18	-0.24	-0.15	-0.25	-0.3	0.22	0.19	-0.21	-0.07
T_{aj}	0.23	0.29	-0.4	-0.1	-0.21	-0.16	0.41	0.06	-0.16	0.1
T_{au}	-0.1	-0.06	-0.1	-0.17	0.01	-0.47*	0.09	-0.27	-0.21	-0.3
T_{aa}	0.36	0.19	-0.18	-0.37	-0.3	-0.22	0	0.24	0.32	-0.15
H_y	-0.03	-0.05	0.08	0.04	-0.53*	-0.09	-0.4	-0.38	0.25	-0.33
R_f	-0.24	0.42	0	0.04	0.15	-0.21	-0.11	-0.13	0.03	0.11
R_{fs}	0.24	0.27	-0.14	-0.19	0.29	0.19	0.28	0.44	-0.43	0.04
R_{fe}	0.39	0.4	-0.1	0.12	-0.15	0.2	0.2	0.67**	-0.61**	0.15

①* $P < 0.05$; ** $P < 0.01$; ②生态地理因子缩写: N—纬度; E—经度; H—海拔; U—无霜期; T_h —极端最高温度; T_l —极端最低温度; T_a —年平均温度; T_{aj} —1 月份均温; T_{au} —7 月份均温; T_{aa} —活动积温; H_y —全年日照时数; R_f —降雨量; R_{fs} —7 月降雨量; R_{fe} —8 月降雨量。

2.5 小果油茶种实表观性状多样性指数地理变异趋势面分析

虽然从相关性研究发现小果油茶种实表观性状多样性指数和单一地理因子(经度与纬度)相关性并不明显,而利用趋势面分析可以找出研究区域各变量的空间分布格局^[15]。所以为了更加全面掌握其与地理因子之间的相关关系及分布规律,本文对小果油茶种实表观性状多样性指数趋势面进行分析,分别以经纬度为自变量,以为因变量 10 个性状多样性指数分别作二元三次趋势面分析。结果表明, W'_f (果径多样性指数)在 3 次趋势面分析中(表 8),达到显著水平(0.1%),且拟合度达 75.82%,符合拟合要求;

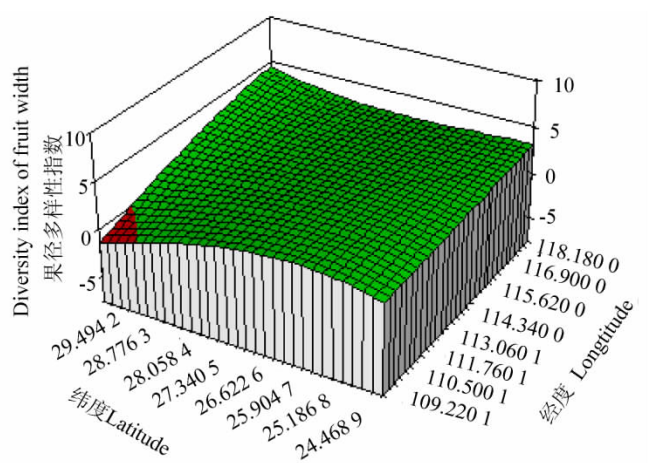


图 1 果径多样性指数等值线趋势图

Fig. 1 Trend plot of Isoline in diversity index of fruit width

L'_s (种长多样性指数)在 3 次趋势面分析中,达到极显著水平(0.05%),且拟合度达 79.88%,拟合效果较佳。其它拟合方程由于 P 值或拟合度达不到要求,而失去意义。

如图 1 所示, W'_f (果径多样性指数)受单一经纬度影响不明显,但随着经度的同时增加, W'_f (果径多样性指数)有着较明显升高的趋势,在趋势面上可以看出,小果油茶分布区的西北部明显大于东南、东北及西南部。图 2 所示, L'_s 主要受纬度影响,经度影响不明显,但随着经纬度同时增高, L'_s (种长多样性指数)明显降低,西北部 L'_s (种长多样性指数)明显低于其它地区。

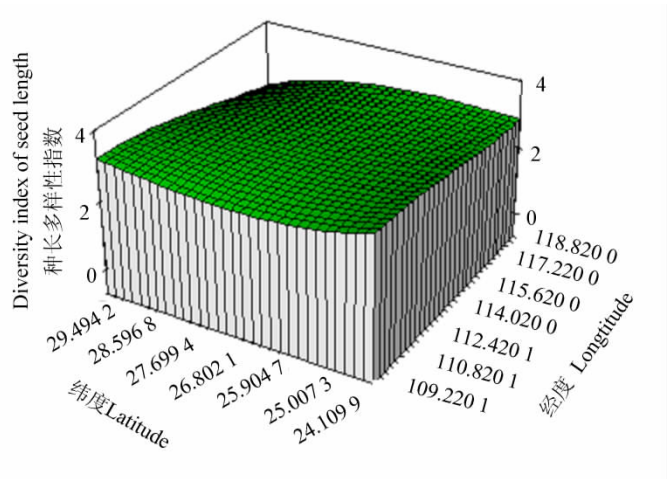


图 2 种长多样性指数等值线趋势图

Fig. 2 Trend plot of isoline in diversity index seed length

表 8 小果油茶种实表观性状多样性指数趋势面分析

Tab. 8 Tend Surface Analysis of seed and fruit diversity index in *Camellia meiocarpa* Hu.

性状 Traits	趋势面方程 Tend surface equation	拟合度/% Goodness of fit	P 值 P value
L'_f	$Z = 535.51 - 8.05X - 23.16Y + 0.12X^2 - 0.47XY + 1.86Y^2 - 0.001X^3 + 0.004X^2Y - 0.01Y^2 - 0.01Y^3$	46.68	0.634 4
W'_f	$Z = -2 566.52 + 4.42X + 270.66Y + 0.08X^2 - 1.02XY - 8.04Y^2 + 0.000 2X^3 - 0.01X^2Y + 0.05XY^2 + 0.03Y^3$	75.82	0.084 3
L'_f/W'_f	$Z = 1 636.82 - 55.90X + 53.69Y + 0.65X^2 - 1.32XY + 0.82Y^2 - 0.002X^3 + 0.005X^2Y + 0.003XY^2 - 0.01Y^3$	61.92	0.307 3
T'_f	$Z = -2 628.60 + 28.29X + 190.30Y + 0.03X^2 - 2.61XY - 1.65Y^2 - 0.001X^3 + 0.02X^2Y - 0.03XY^2 + 0.06Y^3$	63.90	0.268 0
R'_s	$Z = 1 426.63 + 20.01X - 243.53Y - 0.80X^2 + 5.40XY - 2.65Y^2 + 0.004X^3 - 0.027X^2Y + 0.02XY^2 + 0.01Y^3$	74.23	0.102 6
N'_s	$Z = 156.63 - 40.73X + 155.18Y + 0.55X^2 - 1.70XY - 2.03Y^2 - 0.002X^3 + 0.01X^2Y + 0.01XY^2 + 0.014Y^3$	34.70	0.845 4
L'_s	$Z = -600.63 + 39.65X - 104.22Y - 0.45X^2 + 0.92XY + 1.96Y^2 + 0.001X^3 - 0.001X^2Y - 0.01XY^2 - 0.01Y^3$	79.88	0.046 7
W'_s	$Z = -2 576.83 + 51.16X + 74.44Y - 0.39X^2 - 0.50XY - 1.79Y^2 + 0.001X^3 - 0.001X^2Y + 0.01XY^2 + 0.002Y^3$	44.91	0.670 2
L'_s/W'_s	$Z = -5 449.59 + 167.90X - 115.41Y - 1.87X^2 + 3.62XY - 3.48Y^2 + 0.07X^3 - 0.02X^2Y + 0.02XY^2 + 0.01Y^3$	57.10	0.408 8
W'_s	$Z = -20 747.68 + 502.68X + 173.47Y - 4.43X^2 + 0.43XY - 7.41Y^2 + 0.01X^3 - 0.02X^2Y + 0.06XY^2 - 0.000 2Y^3$	35.65	0.831 8

3 结 论

3.1 小果油茶种实表观性状多样性指数较大,变异程度高

表型变异的研究是遗传多样性先导和基础,果实形态往往是比较稳定的性状,在植物分类和遗传研究上具有重要价值^[16]。对小果油茶种实数量性状频率统计分析结果来看,各性状表观数据分布大多数在平均值附近,形成高窄尖峭峰。小果油茶 18 个地理群体及 10 个种实性状的多样性指数都较大,种实的不同数量性状的多样性指数 2.472 6~3.000 8,而不同地理群体数量性状的多样性指数 2.543~2.839,说明小果油茶的种实表观数量性状变异类型十分丰富,变异程度较大。果实质量性状多样性指数也较大,其中果色为 2.306 5,果型为 2.181 6,均略小于数量性状的多样性指数,而种子质量多样性指数较小,只有 0.927 7。从不同地理群体的多样性指数来看,它们相差不大,但仍存在一定的差异, P_{10} (崇仁)最高(2.839),变异程度最大, P_{13} (黎川)最低(2.543),变异程度最小,两者多样性指数相差 0.296。其余群体的多样性指数大小位于群体 P_{10} 和 P_{13} 之间。

3.2 小果油茶种实表观性状多样性指数的生态地理梯度变异规律

小果油茶种实表观性状多样性指数大都与生态地理因子并不相关,影响小果油茶种实表观性状多样性指数高低的主要生态因子是 E 、 N 、 H 、 H_y 、 T_1 及 R_{te} 。而与生态因子相关的主要性状多样性指数为 L'_f/W'_f 、 R'_s 、 W'_s 、 L'_s 及 W'_s 。在 3 次趋势面分析中, W'_f 和 L'_s 和经纬度拟合效果最好,达到显著和极显著水平。

3.3 小果油茶的选择潜力

现代育种学认为,变异是选择的基础,没有变异就没有选择^[17]。从小果油茶不同地理群体质量和

数量性状来看,它们的遗传多样性指数基本上都大于2,变异程度相当高,这就为小果油茶的选择育种提供了广阔的空间。小果油茶作为经济林,首先要满足人们的生产需要,因此定向选择目的地是后代的变异朝着人们需要的方向发展。小果油茶选择育种的指标除了要高产外,还要选择出果大、皮薄、种大、特异果色及果型等性状指标的优良单株,本次试验调查表明这几个经济性状的多样性指数都相当大,可以满足大范围筛选小果油茶优良特异种质材料的需要,从而改变小果油茶长期以来粗放经营及类型繁杂的局面。

参考文献:

- [1]孔繁玲.植物数量遗传学[M].北京:中国农业出版社,2006.
- [2]肖海峻.鹅观草种质资源遗传多样性研究[D].北京:中国农业科学院,2007.
- [3]姚小华.油茶高效实用栽培技术[M].北京:科学出版社,2010.
- [4]庄瑞林.中国油茶[M].北京:中国林业出版社,2008.
- [5]钱迎倩,马克平.生物多样性研究的原理与方法[M].北京:中国科学技术出版社,1994.
- [6]Maughan P J, Saghai M A, Buss G R. Microsatellite and amplified sequence length polymorphisms in cultivated and wild soybean [J]. *Genome*, 1999(38) : 715 - 723.
- [7]中南林学院.经济林研究法[M].北京:中国林业出版社,1992: 47 - 55.
- [8]薛林宝,吴雪霞,陈建林.甜椒果实颜色遗传研究[J].*园艺学报*, 2005, 32(3) : 513 - 515.
- [9]Abeyasinghe Don Chandan, 李鲜, 孙崇德, 等.果实色素含量与水溶、脂溶性抗氧化活性的相关性[J].*果树学报*, 2008, 25(6) : 790 - 796.
- [10]黎炎,李文嘉,王益奎,等.节瓜果皮颜色遗传规律的研究[J].*北方园艺*, 2007(10) : 14 - 1.
- [11]陈小勇.黄山青冈种子形态变异的初步研究[J].*种子*, 1994, 73(5) : 16 - 19.
- [12]孙儒泳.普通生态学[M].北京:高等教育出版社,1993.
- [13]孙儒泳.基础生态学[M].北京:高等教育出版社,2002.
- [14]王晓娟,祁旭升,王兴荣,等.甘肃省谷子地方种质资源遗传多样性分析[J].*干旱地区农业研究*, 2009, 27(6) : 129 - 133.
- [15]米湘成,上官铁梁,张金屯,等.典范趋势面分析及其在山西省沙棘灌丛水平格局分析中的应用[J].*生态学报*, 1999, 19(6) : 798 - 802.
- [16]王军辉,顾万春.桤木不同种源球果及种子性状的遗传变异[J].*东北林业大学学报*, 2006, 34(2) : 13 - 17.
- [17]吴际友,李志辉,龙应忠.湿地松全同胞家系主要经济性状的遗传变异与选择研究[J].*中南林业科技大学学报*, 2010, 30(8) : 1 - 4.