林业科学研究 2007, 20(3): 350~355
Forest Research

文章编号: 1001-1498(2007)03-0350-06

木本能源植物文冠果的表型多样性研究*

牟洪香[1,2], 侯新村[3], 刘巧哲[4]

(1.河北农业大学林学院, 河北 保定 071000; 2.中国林业科学研究院林业研究所, 北京 100091;
3.天津农学院园艺系, 天津 300384; 4.河北省林业科学研究院, 河北 石家庄 050061)

摘要: 以文冠果为研究对象, 调查了14个分布区文冠果的15个表型性状, 利用变异系数和巢式方差分析研究了分布区间和分布区内的变异情况; 应用相关分析揭示了表型性状间及其与地理因子间的关系; 运用聚类分析进行了分布区分类。结果表明, 文冠果分布区内的变异大于分布区间的变异, 分布区间的分化相对较小; 出种数随经度的增大而减少, 果宽随纬度的增大而增大, 但随年平均气温的增大而减小, 而其它13个性状随地理位置的改变没有特别明显的变化; 表型性状的欧式距离与地理距离相关不显著。

关键词: 文冠果; 表型多样性; 分布区分化
中图分类号: S722 文献标识码: A

Study on the Phenotype Diversity of Woody Energy Plant *Xanthoceras sorbifolia*

MOU Hong-xiang[1,2], *HOU Xin-cun*[3], *LIU Qiao-zhe*[4]

(1. Forestry College, Agricultural University of Hebei, Baoding 071000, Hebei, China; 2. Research Institute of Forestry, CAF, Beijing 100091, China; 3. Department of Horticulture, Tianjin Agricultural College, Tianjin 300384, China; 4. Hebei Academy of Forestry, Shijiazhuang 050061, Hebei, China)

Abstract: 15 phenotypic traits were investigated for 14 populations of *Xanthoceras sorbifolia* Bunge. Phenotypic variation, which were among populations and within populations, were studied by using nested variance analysis and variation coefficient. The correlation analysis and cluster analysis showed the relation among traits and geographical factors. The variation within populations was much greater than that among populations. The seed number in fruit was decreased with the longitude increase. The fruit width was improved with latitude increasing and the annual mean temperature decreasing. There was no significant relationship between geographic distances and euclidean distance.

Key words: *Xanthoceras sorbifolia*; phenotypic diversity; distribution differentiation

群体的遗传多样性大小是长期进化的产物, 是其生存(适应)和发展(进化)的前提[1]。一个群体遗传多样性越高, 对环境变化的适应能力就越强, 越容易扩展其分布范围和开拓新的环境。用表型性状来检测遗传变异是古老而简便易行的方法, 并被中外学者广为应用[2~10]。由于这些表型性状的变异往往具有适应和进化上的意义, 对其进行研究不仅能初步了解分布区遗传变异的大小, 更有助于了解生物适应和进化的方式、机制及其影响因素[11,12], 还可以结合统计学的方法进行分析, 判定变异在分布区间及分布区内的大小、分布格局、相互之间或与地理区域及气候因子的相关性。

收稿日期: 2006-05-09
基金项目: 国家林业局推广项目"黄连木等能源树木良种选育与推广"[(2003)34-2]的部分研究内容
作者简介: 牟洪香(1976—), 女, 博士, 山东平度人. E-mail: sonya2001@eyou.com
* 本研究是在导师王涛院士的指导下完成, 并得到全国社会林业网点的大力支持, 在此深表谢意!

© 1994-2010 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

近些年来, 利用植物油生产生物柴油越来越受到我国的重视, 而原料林资源短缺是制约生物柴油发展的主要因素之一。文冠果 (*Xanthoceras sorbifolia* Bunge)结实早, 含油量高, 油脂成分适合作为生产生物柴油的原料油, 为此本研究以文冠果作为研究对象。文冠果是我国特有的木本油料植物, 原生在我国的北方, 在陕西、山西、内蒙古、甘肃、河北、河南、辽宁、新疆、山东等地均有分布[13]。对国内外公开文献的检索结果表明: 前人在文冠果种子品质、繁殖培育、组织培养、栽培技术、花和座果的生理机制、医学方面的应用、化学成分分析等方面进行了研究, 而在文冠果遗传多样性等方面并未见报道。为此作者在研究不同地区文冠果种仁脂肪酸组分及含量的基础上[14], 又对不同分布区的文冠果开展以表型特征为主, 辅之以生态地理因子的调查取样分析, 了解该物种的地理变异规律, 揭示变异程度、变异格局及其与生态环境的关系, 为引种育种工作提供科学的依据。

1　材料与方法

1.1　取样

2004年 5月至 2004年 9月在全面收集文冠果分布资料和实地勘察的基础上, 按照文冠果在全国的不同分布区进行取样。在每个分布区设置 4块标准地, 每块标准地选取 30棵树, 树龄为 10~ 40 a。单株之间相距 20 m 以上, 以保证取样的均匀性, 最大限度降低母树间的亲缘关系。选择生长正常, 无严重缺陷, 无病虫害的具有代表性的单株, 采集成熟果实。每个分布区地理位置、立地气候条件见表 1。

表 1　14个文冠果分布区采样点地理位置及试验林生长情况

分布区	林地起源	平均树高 /m	平均地径 /cm	纬度 (N) /(°)	经度 (E) /(°)	海拔 /m	年平均气温 /℃	1月平均气温 /℃	7月平均气温 /℃	年降水量 /mm	无霜期 /d	光照时数 /h
陕西安塞	天然林	2.6	4.52	36.42	109.10	1 000	9.9	-5.8	22.8	511	190	2 313.1
山西大宁	天然林	3.0	4.70	36.43	110.75	1 150	10.7	-5.5	24.0	537	225	1 874.1
内蒙古翁牛特旗	人工林	4.7	13.06	42.37	119.10	700	7.1	-11.0	23.7	340	130	2 922.6
内蒙古阿鲁科尔沁旗	人工林	4.8	12.21	43.80	120.02	550	5.0	-11.5	22.9	350	125	2 800.5
河南卢氏	人工林	4.0	9.84	34.13	111.03	700	12.4	-1.2	25.4	590	195	2 200.5
河南陕县 1	人工林	3.8	9.70	34.65	111.10	900	12.6	-1.5	25.2	630	210	2 191.8
河南陕县 2	人工林	3.9	9.68	34.60	111.08	700	12.6	-1.4	25.7	630	210	2 191.1
河南栾川	人工林	4.1	8.06	33.69	111.63	1 100	13.2	-1.1	26.1	650	190	2 100.1
河南灵宝	人工林	3.8	6.64	34.45	110.72	1 000	12.3	-1.0	25.5	620	195	2 100.2
河北张家口	人工林	3.4	5.11	39.80	114.65	600	9.1	-7.8	24.1	563	180	3 090.1
河北唐山	人工林	3.2	6.00	39.68	118.42	5	10.1	-6.1	24.7	636	190	2 545.6
甘肃子午岭	天然林	2.0	4.63	36.25	107.75	1 470	7.4	-6.5	21.5	565	155	2 100.7
新疆伊宁	人工林	5.9	9.63	43.60	82.62	700	8.3	-10.4	22.9	269	154	2 857.9
新疆喀什	人工林	5.0	9.57	37.82	76.63	800	11.8	-6.4	26.1	43	190	2 700.1

注: 平均气温根据取样点所在的县的气候站数据推算, 海拔每升高 100 m, 气温下降 0.6℃。

1.2　表型性状的测量与记录

从每株采种母树上随机选取 20片发育完全的叶片测定小叶数、叶长、叶宽; 把采样母树的果实充分混合, 然后随机选取 30个果实并用游标卡尺测定其果实质量、果长、果宽、每果种子数、种子质量, 重复 3次, 每个指标取 3次重复的平均值; 然后剥掉果皮, 取出种子, 让每棵采种母树的种子充分混合, 混匀后随机抽取 100粒种子并用游标卡尺测定其种长、种宽, 重复 3次取平均值。游标卡尺的测量精度为 0.1 mm。

种子千粒质量: 采用 GB/T3543.7-1995的百粒法, 把每棵采样母树的种子充分混合, 混匀后利用四分法随机抽取 100粒种子并称其质量, 重复 3次, 测量精度 0.01 g, 取平均数换算成千粒质量。测完种子千粒质量后, 将种皮剥掉, 分别称种仁与种皮的质量, 计算种子出仁率, 重复 3次, 取平均值。

1.3　数据处理与分析

用变异系数表示分布区内表型性状的离散程度; 用方差分析了解不同性状在分布区间和分布区内的变异状况。应用各表型性状求算分布区间欧式距离, 根据 Mantel's Test[15] 对文冠果各分布区表型欧式距离与地理距离间的相关分析, 并运用 UPGMA 在 NTSYS软件上做分布区关系树状图。所有的统计分析在 SPSS11.0和 SAS软件上进行。安塞地区的文冠果种子及果实从外形上看要大于其它地区的

© 1994-2010 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

种子。

2 结果与分析

2.1 文冠果分布区表型变异特征

对 14个分布区文冠果表型性状进行了测定, 试验结果见表 2。从表 2可以看出: 15个表型性状的最大平均值与最小平均值出现在不同的分布区中, 这说明各分布区文冠果表型性状的变化趋势并不一致, 即各表型性状在不同的分布区间的变化并不是同时增长或同时降低。

表 2 14个分布区文冠果表型性状的平均值

性状	分布区														
	陕西安塞	山西大宁	内蒙古翁牛特旗	内蒙古阿鲁科尔沁旗	河南卢氏	河南陕县 1	河南陕县 2	河南栾川	河南灵宝	河北张家口	河北唐山	甘肃子午岭	新疆伊宁	新疆喀什	均值
叶长 / cm	23.93	24.19	24.61	23.64	24.10	24.42	24.27	24.13	24.07	23.90	24.34	24.09	24.30	23.73	24.09
叶宽 / cm	8.26	8.37	8.44	8.22	8.24	8.31	8.33	8.26	8.32	8.14	8.36	8.40	8.49	8.10	8.30
小叶数 /片	18.6	18.8	19.0	19.2	19.2	19.4	19.6	19.6	19.0	19.4	19.6	18.6	18.6	18.8	19.2
种长 / cm	1.48	1.37	1.33	1.35	1.00	1.28	1.26	1.33	1.36	1.38	1.30	1.38	1.28	1.27	1.29
种宽 / cm	1.38	1.22	1.21	1.26	0.88	1.18	1.14	1.21	1.26	1.28	1.18	1.23	1.15	1.18	1.18
种形指数	0.94	0.90	0.92	0.94	0.90	0.94	0.91	0.92	0.94	0.93	0.92	0.90	0.90	0.94	0.92
果长 / cm	6.81	6.83	6.41	6.81	6.86	6.54	6.60	6.12	6.67	6.90	6.93	6.89	6.85	6.88	6.73
果宽 / cm	5.06	4.75	4.93	5.12	4.91	4.72	4.71	4.58	4.92	5.07	4.93	4.80	4.91	4.93	4.87
果形指数	0.76	0.70	0.77	0.77	0.74	0.74	0.73	0.75	0.78	0.76	0.73	0.70	0.73	0.74	0.74
果实质量 / g	45.06	35.83	31.48	38.21	33.56	33.63	33.02	36.87	33.26	40.87	31.46	35.33	32.86	27.69	34.25
单果种质量 / g	21.98	14.56	15.58	18.68	16.83	16.48	15.56	18.09	16.39	20.36	15.36	16.55	16.73	14.86	16.90
出种率 /%	48.88	40.85	49.59	49.07	50.29	50.33	47.76	49.44	49.57	49.97	49.12	47.15	51.16	53.86	49.79
出种数 /粒	23	22	22	22	23	22	23	23	23	22	22	21	24	24	23
出仁率 /%	45.96	43.86	46.71	49.20	46.76	48.55	50.27	49.16	48.47	45.97	45.65	45.07	48.32	46.48	47.63
千粒质量 / g	977.1	672.1	703.2	845.8	747.8	752.7	681.8	803.7	735.0	921.0	700.8	778.5	685.7	633.8	753.3

从表 3可以看出, 各分布区内小叶数差异不显著 ($P > 0.05$), 叶宽差异显著 ($P < 0.05$), 其余表型性状差异极显著 ($P < 0.01$); 各分布区间小叶数、种形指数差异不显著, 叶长差异显著, 其余表型性状差异极显著。

表 3 14个分布区文冠果的 15个表型性状的方差分析结果

性状	均方			F 值	
	分布区间	分布区内	机误	分布区间	分布区内
叶长	2.83E-04	1.41E-04	6.72E-05	2.01*	2.10***
叶宽	1.18E-04	4.35E-05	3.34E-05	2.70**	1.30*
小叶数	5.92E-04	4.41E-04	3.93E-04	1.34ns	1.12ns
种长	9.71E-04	1.17E-04	6.39E-06	8.39***	18.27***
种宽	1.24E-03	9.59E-05	2.65E-05	12.96***	3.62***
种形指数	1.04E-04	6.02E-05	4.45E-05	1.73ns	1.35***
果长	2.95E-03	8.79E-04	3.93E-04	3.35***	2.24***
果宽	2.02E-03	6.94E-04	2.34E-04	2.91***	2.97***
果形指数	2.62E-04	9.72E-05	7.13E-05	2.70**	1.36***
果实质量	2.57E-01	1.29E-02	2.66E-03	19.87***	4.85***
单果种子质量	9.65E-02	4.42E-03	9.11E-04	21.82***	4.85***
出种率	5.63E-04	2.09E-05	7.06E-06	26.96***	2.96***
出种数	8.65E-03	1.12E-03	4.71E-04	7.73***	2.38***
出仁率	2.00E-06	7.23E-06	2.81E-07	12.46***	2.06***
千粒质量	8.10E-02	2.43E-03	5.30E-04	33.37***	4.58***

注: ns表示 $P > 0.05$; * 表示 $P < 0.05$; ** 表示 $P < 0.01$; *** 表示 $P < 0.001$

变异系数表示性状离散性特征, 变异系数越大则性状值离散程度越大。表 4是 14个分布区文冠果表型性状在分布区内的变异幅度。结果表明: 表型性状在不同群内个体之间存在着一定的变异幅度, 分布区内各指标的变异幅度并不一致。在所有性状中变异系数最大的是果实质量 (20.96%), 最小的是小叶数变异系数为 1.31%。14个分布区内表型性状变异系数平均值从大到小依次为果实质量、单果种子质量、果形指数、果长、果宽、种形指数、种宽、种长、出种数、出种率、叶宽、叶长、千粒质量、出仁率、小叶数。对各分布区文冠果表型性状的变异系数进行进一步比较, 14个分布区中变异系数最大的是灵宝, 变异系数为

© 1994-2010 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

12 46%, 最小为伊宁, 变异系数为 8 99%, 平均变异系数从大到小依次为灵宝、栾川、卢氏、翁牛特旗、陕县 1、大宁、子午岭、阿鲁科尔沁旗、陕县 2、张家口、喀什、唐山、安塞、伊宁。

表 4　14个分布区文冠果表型性状变异系数　%

性状	分布区													均值
	陕西安塞	山西大宁	内蒙古翁牛特旗	内蒙古阿鲁科尔沁旗	河南卢氏	河南陕县 1	河南陕县 2	河南栾川	河南灵宝	河北张家口	河北唐山	甘肃子午岭	新疆伊宁	新疆喀什	
叶长	4. 2	3. 2	3. 1	3 4	4 3	3 0	3 5	3. 8	3. 9	4. 2	2 1	3 5	1 0	2. 6	3 27
叶宽	4. 8	4. 0	3. 5	3 4	5 1	3 4	4 0	4. 0	3. 7	4. 5	3 8	4 5	3 1	3. 9	3 98
小叶数	1. 2	1. 3	1. 2	1 3	1 2	1 5	1 8	1. 5	1. 4	1. 2	1 0	1 2	1 2	1. 3	1 31
种长	11. 2	12. 5	12. 6	10 4	10 0	10 9	10 3	10. 9	12. 6	9. 2	10 6	9 0	11 4	13. 9	11 11
种宽	11. 5	12. 4	9. 6	10 9	17 1	11 1	12 2	10. 8	11. 0	10. 9	11 3	8 7	11 8	13. 6	11 64
种形指数	17. 1	14. 1	13. 5	13 8	19 6	14 3	13 7	11. 9	13. 5	10. 8	14 1	8 0	13 5	16. 6	13 89
果长	13. 7	16. 2	20. 3	18 4	14 4	15 6	14 2	22. 3	19. 7	16. 1	14 1	15 9	14 9	14. 1	16 42
果宽	6. 1	26. 7	26. 1	10 0	6 3	7 4	7 5	26. 8	25. 2	8. 7	6 1	26 0	7 2	6. 3	14 03
果形指数	11. 5	12. 4	9. 6	19 5	19 9	19 7	19 1	17. 8	40. 4	20. 7	17 7	21 1	18 2	19. 6	19 09
果实质量	10. 4	22. 5	24. 5	20 3	23 3	27 0	18 3	19. 4	27. 5	12. 8	28 6	22 5	25 6	10. 7	20 96
单果种质量	25. 3	18. 5	20. 3	20 7	22 4	23 1	20 9	24. 3	9. 6	27. 0	11 9	20 3	8 8	24. 5	19 83
出种率	5. 1	7. 1	6. 3	9 3	7 7	18 4	16 1	15. 4	6. 2	6. 3	6 3	6 1	6 0	5. 9	8 73
出种数	9. 1	8. 7	10. 0	10 0	9 3	9 1	8 1	9. 7	9. 6	10. 7	11 8	8 8	9 3	12. 1	9 74
出仁率	1. 7	0. 6	3. 3	0 6	3 6	1 0	0 5	1. 2	1. 9	5. 0	2 2	1 2	1 4	0. 7	1 78
千粒质量	2. 8	2. 8	3. 1	2 1	3 0	0 7	0 8	3. 9	0. 7	2. 6	1 6	0 6	1 5	3. 1	2 09
平均值	9. 05	10. 87	11. 13	10 27	11 15	11 08	10 07	12. 25	12. 46	10. 05	9 55	10 49	8 99	9. 93	

巢式方差分析不但可以揭示分布区内和分布区间的变异, 而且可以划分分布区内和分布区间的变异组分, 结果见表 5。用分布区间的方差分量占分布区内与分布区间方差分量之和的比例表示分布区间的表型分化系数 (V_{ST}), 15个表型性状的 V_{ST} 变异范围是 6 52% (种形指数) ~ 95 39% (千粒质量)。平均分化系数为 33 34%, 即分布区内的平均表型变异为 66 66%, 说明分布区内的表型变异是文冠果变异的主要来源, 分布区内的多样性程度高于分布区间的多样性。

表 5　方差分量与分布区表型分化系数

性状	均方			F 值			表型分化系数 (V_{ST}) /%
	分布区间	分布区内	机误	分布区间	分布区内	机误	
叶长	4 73E-06	2. 45E-05	6. 72E-05	4. 90	25 44	69 65	16 15
叶宽	2 47E-06	3. 38E-06	3. 34E-05	6. 29	8 61	85 10	42 21
小叶数	5 02E-06	1. 63E-05	3. 93E-04	1. 21	3 94	94 85	23 50
种长	7 19E-06	3. 68E-05	6. 39E-06	14. 27	73 04	12 69	16 34
种宽	9 56E-06	2. 31E-05	2. 65E-05	16. 15	39 06	44 80	29 25
种形指数	3 65E-07	5. 24E-06	4. 45E-05	0. 73	10 46	88 81	6 52
果长	1 38E-06	8. 63E-06	7. 13E-05	1. 70	10 62	87 69	13 80
果宽	2 03E-03	3. 42E-03	2. 66E-03	25. 04	42 14	32 81	37 27
果形指数	7 67E-04	1. 17E-03	9. 11E-04	26. 94	41 09	31 98	39 60
果实质量	4 52E-06	4. 61E-06	7. 06E-06	27. 91	28 45	43 64	49 52
单果种子质量	6 28E-05	2. 16E-04	4. 71E-04	8. 37	28 85	62 78	22 49
出种率	1 73E-05	1. 62E-04	3. 93E-04	3. 02	28 36	68 62	9 62
出种数	1 10E-05	1. 53E-04	2. 34E-04	2. 77	38 54	58 70	6 71
出仁率	1 66E-06	1. 50E-07	2. 81E-07	79. 42	7 15	13 43	91 74
千粒质量	1 97E-01	9. 49E-04	5. 30E-04	93. 00	4 49	2 51	95 39

2 2　文冠果分布区表型性状与生态环境因子的相关性

为研究文冠果分布区各个表型性状与生态环境各因子的关系, 将文冠果 15个表型性状与采样地的地理生态因子进行偏相关分析与检验, 结果见表 6。由表 6可以看出, 在 15个表型性状中, 除果宽和出种数 2个性状外, 其余性状与各地生态因子的相关性均未达到显著水平。出种数与经度呈极显著负相关, 随经度的增大而减少。果实宽度的变化比较复杂, 受到纬度和年平均气温的综合影响, 即在文冠果自然分布区内, 果宽随纬度的增大而增大, 但随年平均气温的增大而减小。其它 13个性状与单一的生态因子相关不显著。

© 1994-2010 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

表 6 文冠果表型性状与地理生态因子的偏相关系数

性状	纬度(N)/(°)	经度(E)/(°)	海拔/m	年平均气温/℃	年降水量/mm
叶长	-0.052 0	0.214 4	-0.086 7	0.1586	0.320 2
叶宽	0.207 5	0.087 2	0.103 7	-0.246 1	0.158 3
小叶数	-0.224 2	0.513 2	-0.506 9	0.377 4	0.525 5
种长	0.217 4	0.144 8	0.272 2	-0.379 6	-0.011 5
种宽	0.218 8	0.137 7	0.209 2	-0.349 2	-0.045 5
种形指数	0.100 3	-0.010 2	-0.182 3	0.000 3	-0.252 6
果长	0.294 1	-0.254 8	-0.240 7	-0.325 6	-0.246 8
果宽	0.615 5*	0.034 6	-0.435 3	-0.598 3*	-0.400 4
果形指数	0.217 0	0.246 6	-0.269 9	-0.103 8	-0.085 2
果实质量	-0.029 1	0.399 0	0.225 9	-0.228 4	0.343 6
单果种子质量	0.073 4	0.223 3	0.056 8	-0.221 5	0.153 6
出种率	0.178 5	-0.440 7	-0.343 1	0.076 9	-0.439 0
出种数	0.097 5	-0.720 6**	-0.206 9	0.311 8	-0.494 1
出仁率	0.051 0	0.004 5	-0.147 7	0.202 9	0.061 8
千粒质量	0.010 2	0.398 7	0.109 8	-0.254 5	0.283 0

2.3 聚类分析

由图 1可以看出, 以分层聚类平均距离 0.8为阈值, 14个分布区明显分为 4类, 第 1类为河南卢氏 1个分布区, 这类分布区具有种子、果实小的特点; 第 2类为河南陕县 1、河南陕县 2、河北唐山、河南栾川 4个分布区, 这类分布区具有叶片大、小叶数多、种子及果实的大小处于中等大小的特点; 第 3类为山西大宁、甘肃子午岭、新疆伊宁、内蒙古翁牛特旗 4个分布区, 这类分布区具有小叶数少、叶子较大、出种率低的特点; 第 4类为新疆喀什、河南灵宝、内蒙古阿鲁科尔沁旗、陕西安塞、河北张家口 5个分布区, 特点介于其它 3类之间。判别分析结果显示, 在 14个文冠果分布区聚类中, 小叶数、出种率、出种数、种子质量 4个性状是分类的主要依据 (表 7)。

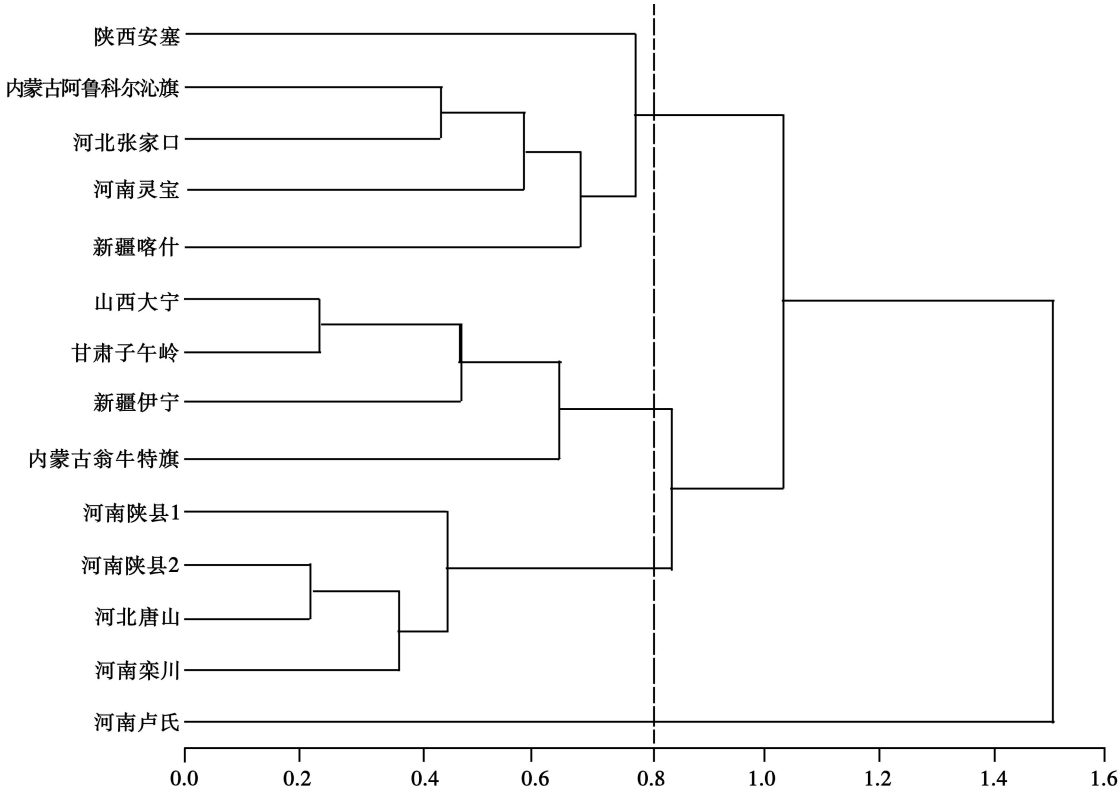

图 1 文冠果分布区表型性状聚类分析图

© 1994-2010 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

表 7　文冠果 15个表型性状的逐步判别分析

步骤	性状	剔除变量的 F 值	变量 Wilks' 值
1	小叶数	10.929	
	小叶数	10.536	0.314
2	出种率	5.022	0.179
	小叶数	9.101	0.099
3	出种率	4.601	0.060
	出种数	4.199	0.056
	小叶数	8.796	0.028
4	出种率	4.138	0.016
	出种数	6.531	0.023
	种子质量	5.388	0.020

根据 Mantel's Test[15]方法研究发现, 文冠果分布区间地理距离和欧式距离相关性不显著 (R^2 = 0.0046), 只有 0.46%的遗变异可以由地理距离解释, 即 99.54% ($1-R^2$)的遗传变异是由其它因素决定(图 2)。

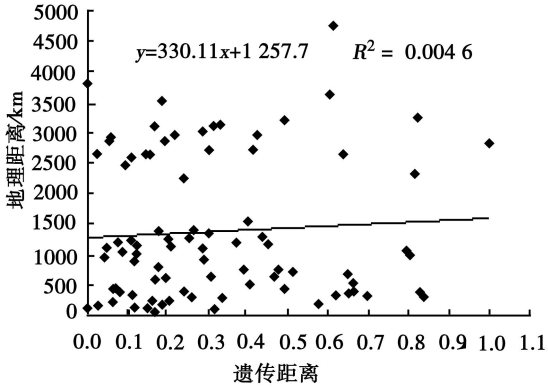

图 2　不同分布区的文冠果遗传距离和地理距离相关性

3　结论

在文冠果 15个表型性状中, 出种数与经度呈极显著负相关; 果实宽度随纬度的增大而增大, 但随年平均气温的增大而减小; 而其它 13个性状与单一的生态因子相关不显著。文冠果各表型性状分布区间差异显著, 这可能是单一生态因子对各性状影响不显著, 但是环境中各生态因子对文冠果 15个性状的累积影响效果比较大。

参考文献:

[1] 张含国. 红皮云杉遗传多样性的研究 [D]. 哈尔滨: 东北林业大学, 2002

[2] 李斌, 顾万春, 卢宝明. 白皮松天然群体种实表型多样性研究 [J]. 生物多样性, 2002, 10(2): 181~188

[3] 罗建勋, 顾万春. 云杉天然群体种实形状变异研究 [J]. 西北农林科技大学学报, 2004, 32(8): 60~66

[4] Danile Z V, Daniel P. Patterns of morphological variation and diversity of Cocos nucifera (Arecaceae) in Mexico[J]. Zmerican Journal of Botany, 1998, 85(6): 855~865

[5] 王赞. 柠条锦鸡儿遗传多样性研究 [D]. 北京: 中国农业大学, 2005

[6] Xie C Y, Ying C C. Genetic architecture and adaptive landscape of interior lodgepole pine (*Pinus contorta* ssp. *latifolia*) in Canada [J]. Canadian Journal of Forest Reserch, 1995(25): 2010~2021

[7] Daehler C C, Yorkston M, Sun W, *et al*. Genetic variation in morphology and growth characters of *Acacia koa* in the Hawaiian Islands [J]. International Journal of Plant Science, 1999, 160(4): 767~773

[8] Volis S, Mendlinger S, Whittaker L O, *et al*. Phenotypic variation and stress resistance in core and peripheral populations of *Hordeum spontaneum* [J]. Biodiversity and Conservation, 1998(7): 799~813

[9] Jonas C S, Geber M A. Variation among populations of *Clarkia unguiculata* (Onagraceae) along altitudinal and latitudinal gradients [J]. American Journal of Botany, 1999(86): 333~334

[10] James E A, Brown A J. Morphological and genetic variation in the endangered Victorian endmic grass *Agrostis adamsonii* Vickery (Poaceae) [J]. Australian Journal of Botany, 2000(48): 383~395

[11] 葛颂. 酶电泳资料和系统与进化植物学研究综述 [J]. 武汉植物学研究, 1994, 12(1): 71~84

[12] 葛颂, 洪德元. 遗传多样性及其检测方法. 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

[13] 牟洪香, 候新村, 刘巧哲. 不同地区文冠果种仁油脂肪酸组分及含量的变化规律 [J]. 林业科学研究, 2007, 20(2): 193~197

[14] 中国油脂植物编委会. 中国油脂植物 [M]. 北京: 科学出版社, 1987

[15] Smouse P E, Long J C, Sokaal R R. Multiple regression and correlation extensions of the Mantel test of matrix correspondence[J]. Syt Zool, 1986(35): 627~632

© 1994-2010 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net