第6卷 第2期 林业科学研究 Vol.6, No.2
1993年4月 FOREST RESEARCH Apr., 1993

中国沙棘的表型结构与种群变异*

黄 铨 佟金权

摘要 在中国沙棘天然分布区内，自西至东选择青海省大通县东峡林区到河北省丰宁满族自治县等5个有代表性的地方，用样地调查与统计分析的方法，研究了中国沙棘主要经济性状的变异及其组配情况，比较了各种群的异同；统计了各主要经济性状变异的基本参数；揭示出各性状在群体内可自由组配的现象。认为5个种群可划分为两个地理群，地理群内相对一致，地理群间差异较大。种群变异表现为性状出现频率的递变。

关键词 中国沙棘、表型结构、种群变异

中国沙棘(*Hippophae rhamnoides* 1. Subsp. *sinensis* Rousi)是集生态效益、经济效益、社会效益于一体的广域性灌木、亚乔木树种，由于其用途广泛，近些年来受到多种经营部门的重视。为了拟制选优标准，划分和选择优良类型，从事系统的遗传改良，以及探索种群的演化，进行中国沙棘生物系统学的研究是十分必要的。为此，在1988和1989年的果实成熟季节，开展了中国沙棘营养和生殖性状表型结构及种群变异的研究。

1 调查地点的选择及概况

中国沙棘为我国特产，总面积约为100万hm^2，天然分布集中于青海、甘肃、宁夏、陕西、山西、河北，呈西南—东北走向。为掌握中国沙棘的性状变异与种群演化的模式，在上述分布区内，选择了青海省大通县东峡林区、甘肃省榆中县兴隆山自然保护区、陕西省黄龙县、山西省关帝山林区、河北省丰宁满族自治县共5个有地理代表性地方的天然林进行了调查。这5个地方的基本情况如表1。

2 调查、研究方法

为了使性状变异的研究，能从定性描述发展为"定量分析"，采用了系统的样地调查和统计分析技术。

样地是在各调查点群落密集的地段设置调查线，然后再沿调查线设置多个样方。各样方间距为100 m，面积为6 m×6 m，如按距离确定的样方位置没有沙棘灌丛，测定样方可提前或错后10 m，这样如仍无调查对象，则越过此点到下个规定位置设置样方。

调查对象为样方内全部植株。但沙棘萌蘖力强，同一原株可萌生很多根蘖株，此时仅对

1992—08—10收稿。

黄铨副研究员，佟金权(中国林业科学研究院林业研究所 北京 100091)。

*本文为FAO资助项目"木本固氮树种的改良和利用"的部分内容。

参与部分外业调查工作的还有董太祥、王道先、李峰、杨培林、吕志农、田广玉、吴永麟、袁源、岳爱琴、张有生、王宁、童成金、曹良图及黄龙县水保站等单位的有关同志。徐永昶、富裕华二位先生给予了大力支持和帮助，在此一并致谢。

表1 调查地区概况一览表

地点	经度 (°'E)	纬度 (°'N)	海拔 (m)	年均温 (℃)	1月均温 (℃)	7月均温 (℃)	无霜期 (d)	降水量 (mm)	土壤
东峡	101 35～101 54	35 56～37 15	2 650～3 000	1.5	-12.4	12.6	100	552	山地碳酸盐黑钙土
兴隆山	104 10	35 50	2 600～2 800	5.2	-9.0	18.0	110	559	壤质灰褐土
黄龙	109 39～110 17	35 24～36 02	1 000～1 300	8.6	-5.7	21.5	158	606	砂土、黄垆土、黄墣土等
关帝山	111 30～111 35	37 32～37 35	1 000～2 100	7.0	-8.0	20.0	120	600	山地褐色土
丰宁	115 54～117 24	40 53～42 00	400～1 400	1.2～8.0	-14.0～-16.0	17.6～23.3	90～130	430～520	草甸土、草甸棕壤

注：丰宁的各项数据，前者为坝上的，后者为坝下的。

原株(本文称样株)按性状详细调查记载，对其根蘖株则只统计其株数。雌株样株是统计分析的基础。各调查点调查的样方数、总株数和雌株样株数如表2。

表2 样方数和调查株数统计

调查点	样方数	总株数	雌株样株数
东峡	296	2 420	193
兴隆山	285	3 923	273
黄龙	308	7 134	194
关帝山	301	3 530	269
丰宁	301	5 644	324
总计	1 491	22 651	1 253

性状调查的项目和方法是：实测位于南向骨干延长枝上的枝条长度、发枝数、棘刺数，并选择有代表性的中位枝段测定10 cm长度枝条上的叶片数、叶片长度和宽度。在南、北两个方位的骨干延长枝上，每方位随机选取10粒果实，实测果实的纵径(高度)、横径、果柄长度、百粒果重、种子千粒重。树型则以主干情况区分为主干型、灌丛型、中间型(主要为双干)，凭直观记载，果实颜色亦凭感官直接记录。

在统计中除进行各性状变异的基本参数统计外，绘制了各数量性状的相对次数曲线图，为种群比较提供详实、形象的材料。

3 结果与分析

3.1 性状变异概况

根据对雌株样株性状变异的调查材料，统计均值、标准差、变异范围(5个调查点的总变异范围)，结果见表3。

棘刺数是分3个部分统计的。2年生枝系的棘刺数，是指着生于这个2年生枝及其各个当年枝棘刺的总和。这个总和数是地理种群间比较的基础。其余两项则分别为其枝条的棘刺数。之所以以2年生枝系的棘刺总数作为比较的基础，而不用10 cm长枝段的棘刺数，是因为调查发现同一无性系的不同分生株，处于优劣相异立地时，新生枝长度不同，10 cm长枝段的棘刺数差异明显，但2年生枝系的棘刺总数却较接近，故认为该数较稳定较能代表棘刺数的遗传特性。

发枝数是指2年生枝段上萌生的新枝数量。果形系数则指鲜果纵径与横径之比，是表明果形的指标。

表3　16个性状变异情况汇总

性状		变异范围	东峡	兴隆山	黄龙	关帝山	丰宁	总平均
二年生枝	长度(cm)	1.5～88.0	27.17 ±8.49	20.00 ±10.55	30.76 ±15.57	37.52 ±13.03	34.65 ±14.91	30.02 ±12.51
	发枝数(个)	2～89	15.20 ±5.75	12.74 ±5.91	11.76 ±8.78	11.74 ±5.36	10.82 ±5.64	12.45 ±6.29
当年生枝枝叶状况	顶端延长枝长度(cm)	3.0～81.0	26.41 ±9.64	17.30 ±9.58	28.76 ±16.88	17.44 ±7.42	26.08 ±11.65	23.20 ±11.03
	中位侧枝长度(cm)	1.5～80.0	7.69 ±3.94	7.28 ±5.15	18.13 ±11.99	8.83 ±4.39	16.37 ±8.55	8.39 ±6.80
	叶片密度(片/10cm)	4～60	13.92 ±3.28	21.28 ±7.57	16.89 ±10.41	16.93 ±6.79	16.46 ±7.84	17.10 ±7.18
	叶片均长(cm)	2.2～7.2	4.83 ±0.82	4.88 ±0.64	4.27 ±0.91	4.57 ±0.81	4.44 ±2.45	4.60 ±1.13
	叶片均宽(cm)	0.3～1.5	0.79 ±0.12	0.83 ±0.14	0.79 ±0.21	0.56 ±0.14	0.59 ±0.35	0.71 ±0.19
棘刺数	二年生枝系(个)	0～167	10.13 ±4.38	13.63 ±6.95	15.82 ±18.30	14.65 ±9.60	10.53 ±7.81	12.95 ±9.41
	当年顶端延长枝(个)	0～64	4.25 ±3.21	2.79 ±2.78	5.03 ±7.76	2.53 ±2.21	2.66 ±2.94	3.45 ±3.78
	当年中位侧枝(个)	0～58	1.52 ±0.92	1.69 ±1.80	2.45 ±5.29	1.32 ±2.20	3.31 ±4.86	2.06 ±3.01
果实	果柄长度(cm)	0.05～0.45	0.20 ±0.03	0.17 ±0.04	0.21 ±0.06	0.23 ±0.08	0.22 ±0.07	0.21 ±0.06
	百果重(g)	5.1～44.0	15.47 ±3.77	13.57 ±3.52	18.60 ±5.30	18.26 ±4.74	17.90 ±6.41	16.76 ±4.75
	横径(cm)	0.4～1.0	0.64 ±0.06	0.62 ±0.06	0.71 ±0.08	0.66 ±0.06	0.67 ±0.09	0.66 ±0.07
	纵横径平均(cm)	0.4～0.9	0.60 ±0.06	0.58 ±0.06	0.67 ±0.07	0.63 ±0.07	0.65 ±0.09	0.63 ±0.07
	果形系数	0.73～1.19	0.87 ±0.06	0.87 ±0.07	0.90 ±0.06	0.91 ±0.05	0.94 ±0.07	0.90 ±0.06
种子千粒重(g)		5.1～16.4	10.21 ±1.69	9.32 ±1.52	8.27 ±1.60	8.45 ±1.48	8.72 ±1.55	8.99 ±1.57

3.2　主要经济性状地理变异特征

3.2.1　*树形及果实颜色*　树形方面，除东峡外，从兴隆山起向东，经黄龙、关帝山到丰宁，主干型的比例逐渐增多，灌丛型的比例则减少。

成熟期的果实颜色有桔黄、桔红、黄、红、枣红(为暗紫红色)和黄绿(黄色晚熟型)5种，显示多基因控制的数量性状特征，其地理分布亦显示一定的规律性。自西向东，桔黄色果的比率逐渐减少，桔红果和红果的比率逐渐增加。黄色果于中部比率最小，向东、西两侧延伸均逐步增加。桔黄色果在各地区均占优势[1]。种群变异情况如表4。

3.2.2　*果形系数*　以果形系数为横坐标，以样地内出现的样株数的百分比为纵坐标，绘成果形系数相对次数曲线图，示明其分布状态(图1)。横坐标的数据为各分组的组中值，取上限排外法分组(以下各图均同此)绘制。

表4 树形及果实颜色分化情况统计 (单位：%)

地点	树形			果实颜色					
	主干型	中间型	灌丛型	黄绿	黄	桔黄	桔红	红	枣红
东峡	77.8	16.7	5.5	个别	28.1	70.0	1.9	0	0
兴隆山	48.1	23.7	28.2	1.0	9.1	74.7	14.0	1.2	0
黄龙	78.0	5.0	17.0	0	7.3	55.5	30.9	4.2	2.1
关帝山	83.0	12.0	5.0	0.7	14.5	52.8	24.2	7.8	0
丰宁	100.0	0	0	0	18.5	42.6	32.3	6.6	0
平均	77.38	11.48	11.14	0.3	15.5	59.1	20.7	4.0	0.4

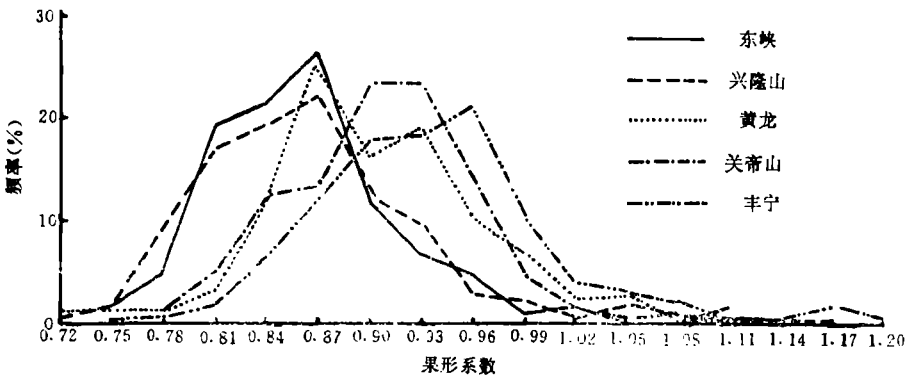

图1 果形系数相对次数曲线

从图1可知，果形系数的分布分为两群，一群为东峡和兴隆山，另一群为黄龙、关帝山、丰宁。从西至东，波峰顺次向东推移，果形系数自西向东逐渐增大。群内差异较小，群间差异较大。

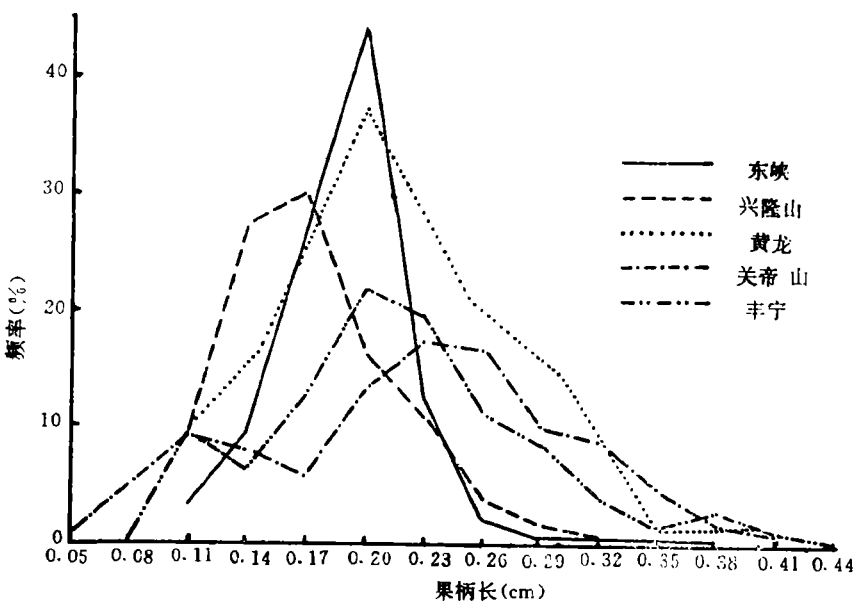

图2 果柄长相对次数曲线[1)]

1) 黄龙县地区果柄长度的测查精度与其它各地区有别，故另按0.10，0.15，0.20…的组距统计绘图。

3.2.3　果柄长度　图2显示：东峡与兴隆山的沙棘果柄长度较短，且变异系数较小；黄龙、关帝山、丰宁果柄较长，变异系数也较大。

3.2.4　百果重　百果重总体上为偏常态分布(图3)，右翼呈波状延续。5个调查地成为两群，黄龙、关帝山、丰宁为一群，东峡和兴隆山为另一群。群内图式高度一致，群间差异明显。东部种群果实较大，西部种群相对较小。

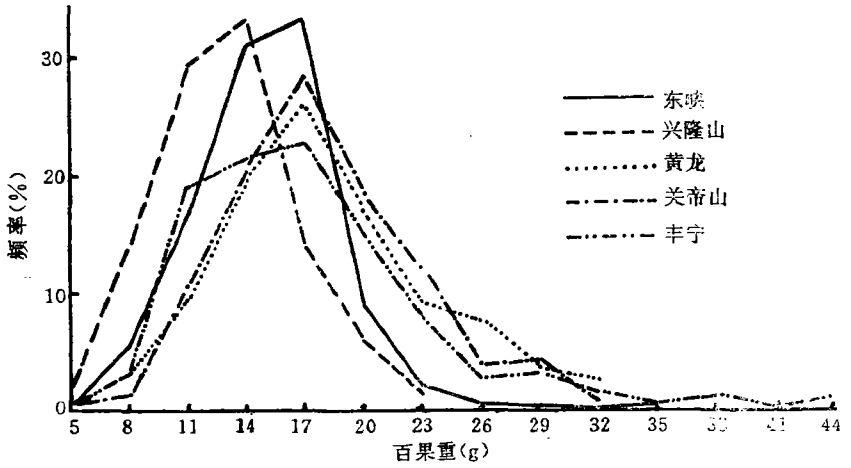

图3　百果重相对次数曲线

3.2.5　种子千粒重　果实纵横径平均值、棘刺数的变异情况，也与上述性状变异相似，即在总体上可区分为两个地理群，为偏常态和正偏峰分布(图4)。东峡与兴隆山波峰高，向右延续少。其余三地区波峰低，向右延续长，即大果和棘刺多者所占比率大。

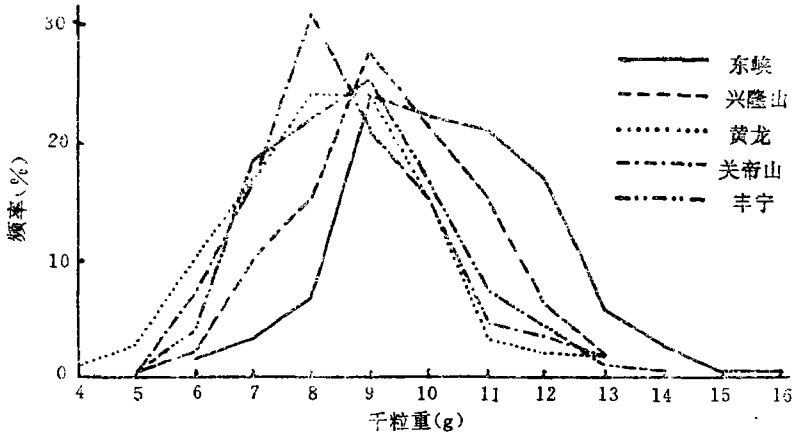

图4　种子千粒重相对次数曲线

3.3　性状相关及主要性状之间的组配

对所调查的各种性状，分别作自变量和因变量的散点图分析。另又将主要经济性状之间的组配情况作了实际统计，表明多数性状之间是随机组合的。但也有些性状之间存在相关关系(表5)，给间接相关选择创造了一定的条件。

表5 四对性状的回归方程及相关系数

地点	二年生枝长x 与发枝数y	二年生枝棘刺数x 与当年延长枝棘刺数y	果柄长度x 与果形系数y	百粒果重x 与种子千粒重y
东峡	$y=5.93+0.41x$ $r=0.46^{**}$	$y=2.32+0.42x$ $r=0.47^{**}$	$y=0.76+0.58x$ $r=0.37^{**}$	$y=6.32+0.28x$ $r=0.51^{**}$
兴隆山	$y=6.07+0.37x$ $r=0.60^{**}$	$y=0.62+0.16x$ $r=0.45^{**}$	$y=0.75+0.75x$ $r=0.41^{**}$	$y=7.03+0.17x$ $r=0.41^{**}$
黄龙	$y=1.97e^{0.01x}$ $r=0.39^{**}$	$y=-1.10+1.92\ln x$ $r=0.33^{**}$	$y=0.82+0.41x$ $r=0.44^{**}$	$y=4.81+0.20x$ $r=0.67^{**}$
关帝山	$y=9.24+0.07x$ $r=0.17^{**}$	$y=0.61+0.13x$ $r=0.57^{**}$	$y=0.85+0.28x$ $r=0.40^{**}$	$y=-1.51+0.51x$ $r=0.54^{**}$
丰宁	$y=4.54+0.17x$ $r=0.47^{**}$	$y=0.64+0.15x$ $r=0.66^{**}$	$y=0.90+0.15x$ $r=0.15^{**}$	$y=6.93+0.10x$ $r=0.43^{**}$

注：从上至下$r_{0.05}=0.14$、0.11、0.14、0.12、0.11；$r_{0.01}=0.18$、0.15、0.18、0.16、0.15。

上述各对性状之间的相关均达极显著水准，所以在各个性状的组配中，虽各组配均可出现，但机率差异很大。从总体看，中国沙棘是以主干型、桔黄色的亚圆形果，百果重在25 g以下的植株所占比例最高。是以这类植株为主体的多态型种群系统。

果实颜色与百果重之间，也有一定相关性。通常黄色、桔黄色单果较重，桔红色果居中，红色果较轻，黄绿色果最轻。

3.4 种群变异与环境因子的关系

为判明种群变异与环境因子的关系，特将6个经济性状的种群变异与8个环境因子进行相关分析，结果如表6。

表6 种群变异与环境因子的相关①

环境因子	果形系数	百果重(g)	平均直径(cm)	果柄长(cm)	种子千粒重(g)	棘刺数(个)
经度(°'E)	0.986**	0.758	0.735	0.711	0.779	0.097
纬度(°'N)	0.853	0.255	0.360	0.537	0.214	0.540
海拔(m)	0.917*	0.883*	0.921*	0.731	0.856	0.267
年均温(℃)	0.338	0.571	0.611	0.286	0.922*	0.915*
1月均温(℃)	0.318	0.160	0.174	0.079	0.468	0.351
7月均温(℃)	0.791	0.627	0.701	0.396	0.973**	0.633
无霜期(d)	0.186	0.135	0.732	0.236	0.735	0.805
降水量(mm)	0.444	0.593	0.068	0.104	0.253	0.809

① $r_{0.05}=0.878$，$r_{0.01}=0.957$，*相关显著，**相关极显著。

从表6可知，果形系数的种群变异与经度相关极显著，与海拔相关显著。变异的趋势是随着经度的增加由小变大，随着海拔的增加而由大变小。百果重与海拔相关显著，即百果重随着海拔的升高而变小。另与经度也有一定关系，即随着经度的增加而变大。种子千粒重与7月均温和年均温相关显著，7月均温和年均温低者，种子千粒重值较大，反之则较小。

通常认为棘刺数与早生条件密切相关，但本项研究证明，在降水量达475 mm以上、606 mm以下的范围内，棘刺数随着年均温的增加而增加。降水量的影响居第二位，且达不到显著性水准。

4　结语和讨论

（1）中国沙棘的性状变异幅度很大，一些性状之间存在着显著和极显著的相关性，但总的来说各种性状之间可以组配，给沙棘育种提供了有利条件。选择材料广泛，可利用性状相关，并可通过杂交手段将各种有益的基因组合在一起。

（2）从果形系数、果柄长度、百果重、种子千粒重等相对次数曲线图可以看出，在从西南向东北走向的天然中国沙棘分布区内，明显地区分为两个地理群，即干旱气候区的东峡、兴隆山西部地理群，半湿润气候区的黄龙、关帝山、丰宁东部地理群。群内各性状分布频率基本一致，群间则有明显差别。这种状况与赵汉章等[2]的种源试验结果是一致的。说明种群表型结构的研究，在探明种群特征和种群变异的模式上，有着积极作用。而这种研究方法在时间和经费的投入上是经济的。

（3）从沙棘属植物的分布状况看，多数种、亚种分布交叉点在喜玛拉雅山和青藏高原，从中国沙棘多数性状的分化状况看，靠近这个区域的种群，性状变异分布曲线峰顶高，性状分化小，远离这个区域的则峰顶低而且分散。从种源演化的角度看，A.Rousi关于沙棘属植物起源于喜玛拉雅山之说是符合中国沙棘种群变异的实际情况的[1)]

（4）从沙棘属植物的性状演化趋势看，少刺、黄色或桔黄色的扁圆果形的短柄果实为原始态，多刺、桔红色或红色圆形、长圆果形的长柄果为衍生态[3]。中国沙棘亚种内的性状变异也遵循着同一的衍进路线。桔黄果由多而少，红色果由无到少到较多；果形系数由小而大等等，在地理上呈现为自西南向东北的衍进方向。因此，中国沙棘是源于我国青藏高原，经青海、甘肃、陕西、山西、河北、内蒙古和东北而逐渐扩展开来的。在演化过程中，经自然选择(近代又有人类的无意识选择)使果实由小而大，在干旱和较高温条件下，棘刺则由少而多。

（5）由于处于冀、晋、陕等地高经度、海拔较低、半湿润气候区的东部，种群性状分化程度高，变异范围大，有更广泛的选择余地和更大的改良潜力，应充分利用它作为育种和造林材料。

（6）兴隆山和关帝山均为我国的自然保护区，从种群表型结构调查资料看，这两个地区的中国沙棘种群，基本上代表了中国沙棘种群系统的遗传资源，应在保护其它生物资源的同时，作为中国沙棘的基因库重点予以保护，以保存其遗传多样性，为长远利益服务。

参　考　文　献

1　黄铨，佟金权.中国沙棘主要经济性状的变异.沙棘，1992，5(2):18～21.

2　赵汉章，朱长进.中国沙棘果实性状的地理变异及果用种源的选择.沙棘，1991，(4):15～18.

3　廉永善，陈学林.沙棘属植物的性状演化及其意义.沙棘，1992，(2):16～20.

1）罗西，A.沙棘属植物的进化关系及其分类.见：马英才主编.国际沙棘学术交流会论文集.西安：国际沙棘学术交流会秘书处翻译、编印，1989.12～15.

The Phenotype Structure and Population Variation of Chinese Hippophae

Huang Quan Tong Jinquan

Abstract In the natural distribution area of Chinese Hippophae, from the west to the east, Dongxia Forest Area, Datong County, Qinghai Forest Area Qinghai Province etc. 5 representative regions were selected to study the variation of main economic features and the matching condition of Chinese Hippophae by means of sample plot survey and statistical method. Differences and similarities of different populations were compared, basical parameters of every main economic features calculated and the possibility of matching of the features in overall pointed out. It's considered that the 5 populations can be divided into 2 groups. Variations among different populations are represented by the gradient of frequency of some features.

Key words Chinese Hippophae, phenotype structure, population variation

Huang Quan, Associate professor, Tong Jinquan (The Research Institute of Forestry, CAF Beijing 100091).

浙江省林木种苗工作座谈会在亚林所召开

1993年元月10～13日，浙江省林业厅在亚林所召开全省林木种苗工作座谈会。参加会议的代表有来自科研、教学部门的专家、教授，各地(市)林业局、各良种基地(场圃)主管种苗工作的领导，共90余人。

会议主要议题是：①传达林业部领导关于种苗工作的讲话精神，介绍林业部"林木种苗生产、管理技术培训团"赴美考察情况；②总结交流了1992年全省林木良种建设和国营苗圃计划执行情况。17年来，全省林木良种建设取得了很大的成绩，形成了以科研、生产和管理相结合，科学研究、良种生产和推广使用一条龙的繁育体系；③讨论研究在当前及今后一个时期内，全省林木种苗工作如何适应形势，深化改革，面向市场，强化服务，壮大自身实力，促进其健康发展等问题。会议就适应发展需要，调整良种结构，作了广泛的讨论和具体部署：①大力调整全省良种基地结构；②良种选育逐步向高世代、多目标努力；③切实搞好现有种子园、母树林的疏伐和病虫害防治工作；④提高良种基地经济效益，逐步实行有偿投资；⑤改革良种基地内部管理机制。

代表们一致认为，这次会议开得及时，在当前新形势下，全省林木种苗工作改革已势在必行。在搞好服务的前提下，要积极参与市场竞争，逐步提高经济效益，使全省林木种苗工作在新形势下更上一个新台阶。

（中国林科院亚林所 王赵民）