

群众杨改良杂种一代优势及无性系 遗传距离聚类分析*

王克胜 李淑梅 佟永昌 韩一凡 任建中 郑智礼

摘要 以群众杨无性系为材料,研究了 F_1 代木材材性性状的杂种优势,用主成分遗传距离类平均法进行了无性系聚类分析,在此基础上结合抗性进行优良无性系选择。结果表明:(1)杨树木材性状 F_1 代普遍存在杂种优势。(2)18个无性系可聚为明显不同的5类,第一类速生、纤维性状中等;第二类生长中等,密度较小,纤维较好;第三类纤维性状优良且生长良好;第四类亲本P15A生长快,纤维较好;第五类木材密度大,生长中等,纤维较好。(3)根据聚类结果,结合抗性和生长表现选出4个优良无性系。

关键词 群众杨、遗传改良、杂种优势、木材密度、遗传距离、系统聚类

材性育种和速生丰产育种是林木新品种选育的两个重要方面。选育速生、材质优良的杨树新品种是杨树遗传育种研究的重要内容。目前对杨树的速生性状的遗传变异研究较多,而对材质性状的遗传变异和选择的研究较少^[1~4],对生长和材质性状杂种优势的研究以及多性状选择的研究更少^[5,6]。群众杨(*Populus* × *xiaozhuania* W. Y. Hsu et Liang cv. 'Popularis')以其速生、耐盐碱、耐旱、抗腐烂病及溃疡病等特点在华北、西北干旱盐碱地区重点推广。为提高其速生性,消除水条较多等缺点,需要对群众杨进行改良。本文以7年生18个群众杨改良无性系为材料研究了杂种 F_1 代材性性状的杂种优势,并对18个无性系进行主成分遗传距离聚类分析,在此基础上结合抗性进行优良无性系选择。

1 材料与方 法

1.1 参试材料和试验设计

1.1.1 参试亲本与杂交组合配置 参试亲本为群众杨40(*P.* × *xiaozhuania* W. Y. Hsu et Liang cv. 'Popularis-40'),P15A(*P.* × *euramericana* (Dode) Guineir cv. 'Polska-15A'),美洲黑杨(*P. deltoides* Bartr.),晚花杨(*P.* × *euramericana* (Dode) Guineir cv. 'Serotina'),小山90(*P.* × *xiaoshan* cl. '90'),214杨(*P.* × *euramericana* (Dode) Guineir cv. 'I-214'),欧洲黑杨(*P. nigra* L.),群众杨(营口),等。按表1进行杂交组合配置,经苗期选择和1年生苗木选择产生无性系64个。

1.1.2 田间试验设计 64个无性系在1987年春按完全随机区组设计,3次重复,8株小区,株行距4 m × 6 m造林于山西省怀仁县栗家坊林场。亲本对照为群众杨40,P15A。每年进行形态、物候、生长量、病虫等观测。

1994—08—26 收稿。

王克胜助理研究员,李淑梅,佟永昌,韩一凡(中国林业科学研究院林业研究所 北京 100091);任建中,郑智礼(山西省杨树丰产林实验局)。

*本研究为国家“八五”攻关专题“欧美杨胶合板材纸浆材新品种选育”的一部分。

表 1 杂交组合及后代编号

交配亲本	父 本				
	P15A	美洲黑杨	晚花杨	小山 90	群众杨(营口)
母 群众杨 40	28	81		90	29
214 杨			26		
本 欧洲黑杨					74

1.2 材性测定方法

1993 年春,从每个无性系每次重复(3 次重复)各取代表性植株 1 株,用孔径 0.5 cm 的生长锥在胸高处与树干垂直钻取木芯。每无性系取 3 株共取 18 个系号,54 株。在取样同时记录树高、胸径。

按 Smith^[7]饱和含水量法测定木材密度。测定木材密度后的木芯用硝酸法离析,用番红染色后在 XST-Z 型投影显微镜下观察,每株随机取 50 根完整的纤维,测纤维长、纤维宽、纤维腔径,求平均值再计算出壁腔比、长宽比、(双)壁厚^[8]。

材积用以下公式计算: $V=0.268\ 538\ 427\ D^2H+0.005\ 528\ 45DH+0.560\ 172\ 171D^2$ (式中: V ——材积(cm^3); H ——树高(m); D ——胸径(cm))。

1.3 统计分析方法

对 18 个无性系按小区均值进行。

1.3.1 方差分析和多重比较

1.3.2 杂种优势分析 超母本优势^[9](%)= $(F_1 - P_1)/P_1 \times 100\%$,式中: F_1 为无性系性状值; P_1 为母本群众杨性状值。

1.3.3 主成分分析 采用基因型相关阵,进行主成分特征根、特征向量和主成分值计算。

1.3.4 主成分遗传距离聚类分析 用主成分欧氏距离计算无性系间的遗传距离,聚类分析采用系统聚类的类平均法^[10~12]。

2 结果与分析

2.1 方差分析及多重比较

方差分析表明:除纤维腔径和壁腔比两性状外,其余纤维长、纤维宽、长宽比、纤维壁厚、密度、树高、胸径、材积 8 个性状在 18 个无性系间差异均达显著或极显著水平。在方差分析基础上,用 LSR 法对纤维长、纤维长宽比、基本密度、材积 4 性状做多重比较。

表 2 表明纤维长有 12 个系号超群众杨。3 个系号(34-78、28-40、28-440)长宽比超群众杨;28-77 系号木材密度显著超群众杨;P15A 材积显著超群众杨。从位次分析,18 个无性系大致可分为以下 6 类:

第 I 类 生长快,密度较小,纤维性状好的有 28-440,P15A;

第 II 类 生长快,密度较小,纤维性状中的有 28-190,81-100,QZY,90-69,28-116;

第 III 类 生长快,密度中等,纤维性状好的有 28-150,29-92,74-78,26-470;

第 IV 类 生长中等,密度中等,纤维性状差的有 90-15;

第 V 类 生长中等,密度大,纤维性状好的有 28-77;

第 VI 类 生长量小的有 81-5,28-40,28-202,28-123,28-787。

表 2 品种效应多重比较

系号	纤维长 (mm)	比较	系号	密度 (g/cm ³)	比较	系号	长宽比	比较	系号	材积 (cm ³)	比较
28-440	0.068	a	28-77	0.099	a	74-78	0.312	a	P15A	0.084	a
P15A	0.062	a	26-470	0.031	b	28-40	0.261	a	28-440	0.059	b
26-470	0.061	a	81-5	0.026	b	28-440	0.237	a	QZY	0.058 6	b
28-123	0.054 3	a	29-92	0.10	b	29-92	0.188	a	81-100	0.056	bc
28-787	0.054 1	a	QZY	0.007	b	26-470	0.168	ab	28-190	0.055	bc
74-78	0.027	ab	28-150	0.005	b	28-787	0.167	ab	90-69	0.050	bcd
28-40	0.017	b	90-15	0.002	bc	28-77	0.159	ab	28-116	0.049 8	bcd
28-202	0.002	bc	28-40	-0.001	bc	28-150	0.102	ab	28-150	0.047	bcd
28-116	-0.002 2	bc	74-78	-0.003	bc	28-123	0.077	ab	29-92	0.045 5	bcd
28-150	-0.002 4	bc	28-190	-0.004	c	28-116	0.036	ab	90-15	0.045 4	bcd
29-92	-0.010	c	28-787	-0.004 2	c	P15A	0.030	ab	74-78	0.045 1	bcd
28-77	-0.011	c	P15A	-0.005	c	QZY	-0.013	b	26-470	0.042	bcd
90-69	-0.020	cd	81-100	-0.018 1	d	81-5	-0.135	bc	28-77	0.040 8	bcd
90-15	-0.039	d	28-440	-0.018 5	d	28-202	-0.174	bc	28-787	0.040 5	bcd
QZY	-0.056	d	28-123	-0.019 2	d	28-190	-0.272	c	28-123	0.040	bcd
81-100	-0.058	d	28-202	-0.024	d	90-15	-0.300	c	28-202	0.036 4	cd
81-5	-0.060	d	90-69	-0.039	d	81-100	-0.339	c	81-5	0.036	cd
28-190	-0.086	d	28-116	-0.045	d	90-69	-0.389	c	28-40	0.033 2	d

2.2 材性性状的杂种优势分析

F₁ 代杂种优势按文献[9]进行显著性检验,发现杂种 F₁ 代 6 个材性性状均存在显著的超亲本 QZY 的杂种优势,计算均值、标准差、95%置信限列于表 3,并把 28 系号各无性系各性状超 QZY 的优势值列于表 4。

表 3 杂种 F₁ 优势表现

性状	优势平均 (%)	标准差	变异范围 (%)	性状均值 (%)	标准差
纤维长 (X ₁)	7.858 9	7.322 6	2.94~12.78	0.769 4	0.052 3
纤维宽 (X ₂)	3.424 9	5.087 2	0.04~6.84	22.236 4	1.093 8
纤维壁厚 (X ₃)	5.218 2	7.032 3	0.49~9.94	17.536 4	1.172 0
长宽比 (X ₄)	4.817 2	5.929 5	0.83~8.80	34.484 5	1.950 7
基本密度 (X ₅)	0.839 8	12.213	-11.2~-3.25	0.341 7	0.041 6
年轮宽度 (X ₆)	-12.96 5	10.355	-19.9~-6.01	4.656 2	0.551 0

表 4 28 系号杂种 F₁ 优势表现

(单位:%)

系号(28)	纤维长	纤维宽	纤维壁厚	长宽比	基本密度	年轮宽度
-123	15.88	8.655	12.623	6.155	-7.398	-9.925 0
-116	7.477	3.709	3.550	3.027	-17.17	-12.172
-40	10.28	-1.082	-1.972	11.20	-2.606	-13.858
-202	8.411	9.737	10.059	-1.312	-8.208	-16.667
-190	-3.738	0.619	-0.986	-4.642	-1.731	-19.850
-787	15.42	5.564	6.903	9.384	-1.986	-8.802 0
-150	7.477	0.618	-0.789	6.963	1.842	5.243 0
-77	6.075	-3.091	-0.592	9.384	26.800	-26.592
-440	17.29	5.564	4.142	11.604	-5.265	1.685 0

纤维性状和木材密度对群众杨均表现正向优势,生长量表现出负向优势。从 F_1 性状优势平均值看先后为纤维长、纤维壁厚、长宽比、纤维宽、木材密度、年轮宽。

从表 4 可以看出 28 系号中 28-150 各性状的优势除纤维壁厚外,均表现为正值,是一个优良的无性系,28-77 在木材密度上具有大的杂种优势,纤维长度也比较好,其余系号较差。

2.3 主成分分析

2.3.1 基因型相关阵 R 的特征根及主成分表达式 在方差分析基础上,计算 9 个性状的基因型相关阵,用 Jacobi 方法^[10~12]求出特征根和各特征根的贡献率并计算出各特征根所对应的特征向量 q (表 5),其中只列前 4 个特征根的特征向量。

表 5 基因型相关率的特征根及特征向量

特征根	贡献率	累积贡献率	性状	q_1	q_2	q_3	q_4
3.941 9	0.437 9	43.799	纤维长 (X_1)	0.070 4	0.247 5	0.726 0	0.012 0
2.027 7	0.225 3	66.329	纤维宽 (X_2)	0.341 8	-0.225 3	0.220 2	0.035 9
1.613 7	0.179 3	84.26	纤维壁厚(X_3)	0.347 9	-0.371 1	0.332 3	0.190 4
0.791 3	0.087 9	93.053	长宽比 (X_4)	-0.208 1	0.505 6	0.433 3	-0.042 5
0.342 0	0.030 1	96.85	基本密度(X_5)	-0.298 5	0.116 5	-0.044 8	0.836 8
0.199 6	0.022 1	99.07	年轮宽度(X_6)	0.424 1	0.202 4	0.073 8	-0.092 2
0.076 8	0.008 5	99.92	树 高(X_7)	0.278 4	0.449 8	-0.281 0	-0.232 4
0.009 6	0.000 5	99.98	胸 径(X_8)	0.427 9	0.166 9	-0.109 6	0.363 5
0.001 7	0.000 2	100	材 积(X_9)	0.429 1	0.272 2	-0.166 5	0.256 1

从表 5 累积贡献率可知只求前 4 主成分就够了,因为前 4 个主成分的累积贡献率已达 93.05%。如果无性系的主成分用 Y_1, Y_2, Y_3, Y_4 表示,则前 4 个主成分的表达式分别为:

$$Y_1 = 0.070 4x_1 + 0.341 8x_2 + 0.347 9x_3 + 0.208 1x_4 + 0.298 5x_5 + 0.424 1x_6 + 0.278 4x_7 + 0.427 9x_8 + 0.429 1x_9$$

$$Y_2 = 0.247 5x_1 - 0.225 3x_2 - 0.371 1x_3 + 0.505 6x_4 + 0.116 5x_5 + 0.202 4x_6 + 0.449 8x_7 + 0.166 9x_8 + 0.272 2x_9$$

$$Y_3 = 0.726 0x_1 + 0.220 2x_2 + 0.332 3x_3 + 0.433 3x_4 - 0.044 8x_5 + 0.073 8x_6 - 0.281 0x_7 - 0.109 6x_8 - 0.166 5x_9$$

$$Y_4 = 0.012 0x_1 + 0.035 9x_2 + 0.190 4x_3 - 0.042 0x_4 + 0.836 8x_5 - 0.092 2x_6 - 0.232 4x_7 + 0.363 5x_8 + 0.256 1x_9$$

从第一主成分来看 x_9, x_8, x_6 的系数比较大;其次是 x_2, x_3 ;当第一主成分值较大时,材积比较大,胸径较大,年轮较宽,其次是纤维宽、纤维壁厚,因此可以认为,第一主成分为生长因子。

第二主成分中 x_4, x_7 的系数比较大;其次是 x_3 的系数为较大的负值; x_9, x_1 的系数次之;因此认为第二主成分为纤维和生长的综合因子。即第二主成分较大时,纤维特别是纤维长较好,纤维壁较薄且生长较快。

第三主成分中 x_1, x_4 的系数比较大;其次是 x_3, x_2 ,则第三主成分为纤维因子,因此当第三主成分比较大时,纤维长和纤维长宽比较大。

第四主成分中 x_5 的系数特别大,其次是 x_8 和 x_9 。当第四主成分值较大时,木材密度大,胸径生长快,材积也较大。因此称第四主成分为密度和生长的综合因子。

2.3.2 利用主成分值评价无性系 表 6 所列 18 个无性系前 4 个主成分值。

表 6 无性系主成分值

序 号	无性系代号	第一主成分值	第二主成分值	第三主成分值	第四主成分值
1	81-5	-1.843 4	-1.305 8	-1.082 7	-0.071 4
2	QZY	1.009 8	0.631 6	-1.738 7	0.405 7
3	28-123	-0.051 0	-1.287 1	2.045 5	-0.132 6
4	26-470	-0.625 9	-0.286 2	1.894 3	1.046 5
5	28-116	0.029 3	0.353 7	-0.344 6	-1.255 1
6	28-40	-2.797 6	0.531 4	0.546 7	-0.947 0
7	28-202	-0.154 5	-2.278 5	0.874 5	-0.601 1
8	28-190	-0.221 4	-0.410 2	-2.522 2	0.354 8
9	81-100	1.909 1	-0.561 3	-1.668 1	-0.260 8
10	28-787	-0.377 8	0.137 3	1.483 1	-0.504 1
11	28-150	-0.274 6	1.194 2	-0.295 7	-0.285 4
12	90-69	2.474 1	-2.559 9	0.129 5	-0.211 1
13	90-15	0.543 2	-1.636 4	-0.608 1	0.198 2
14	28-77	-3.867 7	0.145 0	-0.065 6	2.448 3
15	29-92	-1.313 4	1.675 0	-0.627 7	-0.446 1
16	74-78	-0.922 4	2.341 4	0.120 5	-1.020 4
17	28-440	1.589 5	1.479 8	1.308 5	0.063 4
18	P15A	4.894 7	1.836 0	0.570 8	1.218 7

第一主成分值比较大的无性系有 1、9、12、17、18;第二主成分值比较大的无性系有 11、15、16、17、18;第三主成分值比较大的无性系有 3、4、10、17;第四主成分值比较大的无性系有 4、14、18。

3.3.3 主成分遗传距离聚类分析 采用前 4 个主成分的欧氏距离,系统聚类的类平均法进行聚类分析(图 1)。

主成分遗传距离聚类及结果,18 个无性系分为 5 类,各类群前 4 个主成分值均值及 LSR 法多重比较列于表 7。

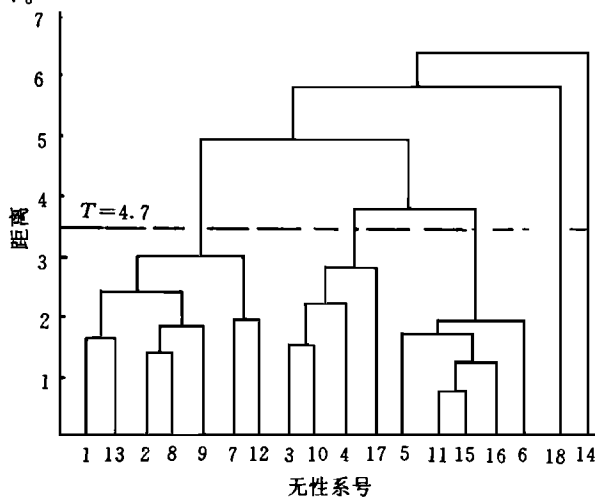


图 1 18 个杨树无性系聚类图

表7 各类群主成分值的均值

类群	无性系号	类群 Y ₁ 比较	类群 Y ₂ 比较	类群 Y ₃ 比较	类群 Y ₄ 比较
I	1,2,7,8,9,12,13	IV 4.89 a	IV 1.84 a	II 1.68 a	V 2.45 a
II	3,4,10,17	I 0.53 b	III 1.22 a	IV 0.57 ab	IV 1.22 a
III	5,6,11,15,16	II 0.13 b	V 0.15 ab	V -0.07 b	II 0.12 b
IV	18	III -1.06 b	II 0.01 ab	III -0.12 b	I -0.03 bc
V	14	V -3.87 c	I -1.16 b	I -0.95 b	III -0.79 c

普遍认为系统聚类的类平均法是聚类效果较好的方法之一^[10~12],对各主成分进行不等重复观测值的方差分析表明4个主成分在5类群间均存在极显著的差异,表明分类结果较好,从表7多重比较可以看出:

第I类:第一主成分值较大,为速生、纤维性状中等的无性系,有1,2,7,8,9,12,13。

第II类:第三主成分值较大,为生长中等、密度较小、纤维较好的无性系,有3,4,10,17。

第III类:第二主成分值较大,为纤维性状优良且生长良好的无性系,有5,6,11,15,16。

第IV类:第一、二主成分值较大,为生长快、纤维较好的无性系,有亲本P15A,即第18号无性系。

第V类:第四主成分值较大,为基本密度大、生长中等、纤维较好的无性系,有14号无性系。

2.4 优良无性系选择

根据多重比较结果,第III类和第V类是中选对象,包括26-470、28-150、28-77、29-92、74-78五个无性系;根据28系号的杂种优势分析,28-150、28-77是理想的无性系;根据主成分遗传距离聚类分析看,第III类和第V类中含理想无性系的比例高,两类中5、6、11、16、14分别为28-116、28-40、28-150、29-92、74-78、28-77。三方面的分析结果可以认为28-150、28-77、29-92、74-78可中选。28-116木材密度较小,28-40生长较小,26-470在生长和纤维方面稍逊于28-150、28-77、29-92、74-78。P15A是一个速生、纤维性状好的无性系,但易冻害。

3 结语与讨论

(1)群众杨改良杂种一代在材性性状上普遍存在杂种优势,杂种优势均值先后为纤维长、纤维壁厚、长宽比、纤维宽、木材密度。纤维长杂种优势均值最大,基本密度杂种优势均值最小。群众杨改良杂种一代在纤维性状方面改进较大,在基本密度上改进较小。

(2)采用遗传距离对杨树无性系进行系统聚类,利用了各无性系生长和材性性状基因型值的综合指标,把18个无性系分为5个类群,各类群在主成分值上各具特点。第一类速生、纤维性状中等;第二类生长中等,密度较小,纤维较好;第三类纤维性状优良且生长良好;第四类亲本P15A生长快,纤维较好;第五类木材密度大,生长中等,纤维较好。

(3)根据主成分互补的原则,对无性系进行多性状的综合评价,选择综合性状好,主成分能够互补的无性系。本试验中第二主成分值较大或第四主成分值较大的无性系有希望中选。

(4)根据多重比较结果,28系号的杂种优势分析,主成分遗传距离聚类分析结合生长表现和抗性特点,选出4个优良无性系为28-150、28-77、29-92、74-78。经区域化试验可进行推广。

参 考 文 献

- 1 王明麻,黄敏仁,阮锡根,等.黑杨派新无性系木材性状的遗传改良.南京林业大学学报,1989,13(3):9~16.
- 2 王建园,韩一凡,李玲,等.杨树抗云斑天牛新品种选育——材性性状分析.林业科学,1991,27(3):284~287.
- 3 于一苏.10个杨树品种材性分析.林业科技通讯,1992,(5):23~25.
- 4 朱湘渝,王瑞玲,佟永昌,等.10个杨树杂种组合木材密度与纤维遗传变异研究.林业科学研究,1993,6(2):131~135.
- 5 秦锡祥,王建园,王笑山,等.杨树抗云斑天牛新品种选育Ⅳ.抗云斑天牛研究.见:中国林业科学院林业研究所育种二室编著.杨树遗传改良.北京:北京农业大学出版社,1991,123~129.
- 6 王明麻,黄敏仁,邹荣领,等.美洲黑杨×小叶杨杂交育种研究.阔叶树遗传改良.北京:科学技术文献出版社,1992.
- 7 Smith D M. Maximum moisture content method for detemining specific gravity of small wood samples. USDA Forest Service, Forest Prod. Lob. Rent. ,1954. 2014.
- 8 Taylor F W. Fiber length measurment—an accurate inexpensive technique. Tappi,1975,58(12):126~127.
- 9 吴仲贤.杂种优势及其检验.遗传,1983,5(1):24~26.
- 10 刘来福.作物数量性状遗传距离及其测定.遗传学报,1979,6(3):349~355.
- 11 毛盛贤.冬小麦数量性状遗传差异及其在作物育种上的应用.遗传,1979,1(5):26~50.
- 12 裴鑫德.多元统计分析及应用.北京:北京农业大学出版社,1991.

Heterosis of *Populus* × *xiaozhuania* cv. ‘popularis’ Improved Hybrids F₁ and Cluster Analysis for Clones according to Genetic Distance

Wang Kesheng Li Shumei Tong Yongchang
Han Yifan Ren Jianzhong Zheng Zhili

Abstract Heterosis of wood quality characteristics among 18 *Populus* × *xiaozhuania* cv. ‘popularis’ improved clones has been studied and group-average method of clustering was used to cluster the *P.* × *xiaozhuania* cv. ‘popularis’ improved clones according to genetic distance.

1. Significant heterosis was observed for wood quality characteristics among *P.* × *xiaozhuania* cv. ‘popularis’ improved clones in fiber length, fiber width, ratio of length to width, (double) wall thickness and wood specific gravity.

2. 18 clones were clustered into 5 groups. The first group included clones growing fast with medium fiber quality. The second group included clones with medium growth, small wood specific gravity and better fiber quality. The third group included clones growing fast with good fiber quality. The fourth group had only one clone P15A, which grew fast and had better fiber quality. The fifth group included one clone which had the biggest wood specific gravity, medium growth and better fiber quality.

3. 4 super clones were selected according to multiple comparisons heterosis analysis,

cluster analysis and resistance.

Key words *Populus × xiaozhuania* cv. 'popularis', genetic improvement, heterosis, wood specific gravity, genetic distance, cluster analysis

Wang Kesheng, Assistant Professor, Li Shumei, Tong Yongchang, Han Yifan (The Research Institute of Forestry, CAF Beijing 100091); Ren Jianzhong, Zheng Zhili (The Experimental Bureau of Poplar, Shanxi Province).

“中国南方热带林遥感评估研究”国际 研讨会在昆明召开

欧洲联盟联合研究中心(JRC)和中国林业科学研究院资源信息研究所合作研究项目“中国南方热带林遥感评估研究”(TREES 在中国的试验),在国家科委高技术司组织下,经过一年准备,一年实施,已圆满完成合同各项要求。1995年3月1~8日,由中国林科院资源信息所主持,资源昆虫所协办,在昆明召开了国际研讨会,也是对该项工作的总结与回顾。

与会代表共35人,其中外宾7人,来自法、比、德和老挝。会议由国家科委副主任徐冠华院士任中方主席,JRC 遥感研究所热带植被监测室主任 J. P. Malingreau 博士任会议欧方主席。

会议收到论文31篇,内容丰富,覆盖面较广,涉及热带林分类方法、NOAA 数据分类研究、TM 数据分析、ERS—1 SAR 数据分类、高分辨率数据对低分辨率数据的校正、GIS 及有关的遥感基础理论和方法论研究等。

会议最后讨论了双方进一步合作的意向,探讨了在 TREES—Ⅱ 及有关领域合作的可能性。会议文集拟在欧洲印刷。

(中国林业科学研究院资源信息研究所 袁凯先)