

辽东山区核桃楸人工林立地类型 数量分类的研究*

赵荣慧 沈培元**

(沈阳农学院 林学系)

摘 要

辽宁东部山区是我国用材林基地之一,该区气候湿润,土壤肥沃,适于核桃楸生长。为了在经营管理上做到“适地适树”,我们做了核桃楸立地类型数量分类的研究。首先,选定与立地类型密切相关的立地因子,建立多变量数学模型,计算其线性组合函数值,即主分量。用第一主分量与第二主分量作二维排序,再分别进行两维聚类,划出核桃楸立地类型。

为使用方便起见,以信息量最多的第一主分量,编制核桃楸立地类型上层林分高表,应用于林业生产实际。

辽宁东部山区是我国用材林基地之一。该区属长白山支脉,龙岗山构成本区山脉的骨架,海拔千米左右,山地之下多为400米以下的丘陵。土壤肥沃,多属棕色森林土类。气候湿润,多雨雪,年降水量最长达1200毫米,平均气温5—10℃。属长白山植物区系,温带混交林带,代表植物有红松(*Pinus koraiensis* S. et Z.)、沙松冷杉(*Abies holophylla* Maxim.)、紫杉(*Taxus caspidata* S. et Z.)、枫桦(*Betula costata* Trautv.)、色木槭(*Acer mono* Maxim.)、黄蘗(*Phellodendron amurense* Rupr.)、以及核桃楸(*Juglans manshurica* Maxim.)等。由于历史的原因,原始林已不复存在,演化成次生林。核桃楸在该区生长良好,易于栽培,材质好,经济价值高,已成为山区人民喜爱的珍贵阔叶树种之一。解放后,在该区营造了大面积的核桃楸人工林,现已成林、成材。为了解决该树种造林与经营管理的适地适树问题,特作该树种林分立地类型分类的研究。

一、立地因子的选择

为保证立地分类的客观效果,选择与立地有关的生物学、生态学以及立地学因子,是很必要的,这些因子应具备反映立地敏捷,直观而易于测定。笔者在沈阳、抚顺、本溪、丹东和铁岭等市县设置82块核桃楸人工林标准地,详细测定了对立地起指示作用的林分因子,其中上层林分高是反映立地优劣最敏感的数量指标,它比任何一种其它量都更能反映一定立木的生产能力^[3]。在一定林令的上层林分高,是反映立地质量最明显的指标之一;林分密度在极端情况下,亦是影响林分高生长的林分因子。因此,选定上层林分高、林令和林分密度,作为指示立地的林分因子。立地质量的另一因素,是林地肥力、包括土层厚度、有机质含量、以及含水量等。另外,由坡度、坡向和坡位组合的地形因子,极大地影响着土壤的物

* 本文得到郭锡昌、毛士田教授、王书光老师的大力协助,特致谢意。

** 沈培元执笔。

本文于1986年3月6日收到。

理特性,对于土壤水分、透气性和林分的光热状况等,都有密切的关系。

为简化计算,使定性因子参与计算,按立地因子在程度上的差别,给予分级。现将标准列于表 1。

表 1 立地因子的分级标准

Table 1 The classification norms of the site factors

林分因子				土壤肥力因子						地形因子					
上层林分 高 x'_1	林 龄 x'_2	密度 x'_3		土层厚度 (厘米) x'_4		有机质 % x'_5		湿度 % x'_6		坡度 x'_7		坡向 x'_8		坡位 x'_9	
		分级标准	代用值	级距	代用值	级距	代用值	级距	代用值	级距	代用值	级距	代用值	级距	代用值
实 际 高 度 (米)	实 际 年 龄 (年)	每亩 100 株以下	1	厚 (≥ 51)	4	多 (≥ 6.1)	3	湿 (≥ 41)	3	平 (≤ 5)	4	阴	4	下	3
				较厚 (31—50)	3	中 (3.1—6.0)	2	潮 (21—40)	2	缓 (6—20)	3	半阴	3	中	2
		每亩 101 株以上	2	浅 (11—30)	2	少 (≤ 3.0)	1	干 (≤ 20)	1	陡 (21—30)	2	半阳	2	上	1
				薄 (≤ 10)	1					急 (≥ 31)	1	阳	1		

二、数量分类的方法

林分立地的数量分类,是以森林生态学为理论基础,依据严密的数学方法,较为精确地对信息交错重迭的立地因子进行分析处理,建立多变量的数学模型,通过电算,作出客观的立地分类。其具体方法分为两步,先采用主分量分析的理论,计算各立地因子的主分量,用信息占有量最多的两个主分量,即第一、二主分量在两维平面坐标上排序。其次是在排序的基础上,再依聚类分析的理论,对主分量进行聚类,从而划分出林分的立地类型。

主分量可按下式计算:

$$Y = ux \quad (1)$$

其中: Y : 主分量矩阵 (y_{ij})

u : 坐标旋转的变换矩阵 (u_{ij})

x : 立地因子标准化后矩阵 (x_{ij})

可先用 x 求其离差矩阵:

$$S = xx^T \quad (2)$$

再以特征多项式计算 S 的 9 个特征根 λ_i :

$$|S - \lambda I| = 0 \quad (3)$$

其中

$$A = YY^T = uxx^T u^T = \begin{pmatrix} \lambda_1 & 0 & \cdots & 0 \\ 0 & \lambda_2 & \cdots & 0 \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ 0 & 0 & \cdots & \lambda_9 \end{pmatrix} \quad (4)$$

$$I = uu^T \quad (5)$$

将 $\lambda_i (i=1, 2, \dots, 9)$ 代入式(6), 计算相应的特征向量 u_i 的各分量 (u_{ij}) :

$$(S - \lambda I)u = 0 \quad (6)$$

现将矩阵 $x=(x_{ij})$ 与 $u=(u_{ij})$ 列出:

$$x = \begin{pmatrix} 0.239 & 0.239 & 0.185 & \cdots & -0.223 & -0.223 \\ 0.399 & 0.293 & 0.230 & \cdots & -0.192 & -0.192 \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ 0.112 & 0.112 & 0.001 & \cdots & -0.110 & -0.221 \\ 0.090 & 0.239 & -0.206 & \cdots & -0.058 & -0.058 \end{pmatrix}$$

$$u = \begin{pmatrix} 0.450 & 0.438 & -0.277 & 0.296 & 0.361 & 0.349 & 0.195 & 0.320 & 0.220 \\ -0.077 & -0.030 & 0.364 & -0.502 & 0.008 & 0.117 & 0.577 & 0.095 & 0.502 \\ -0.136 & -0.119 & -0.533 & 0.001 & -0.412 & -0.230 & 0.458 & 0.462 & -0.194 \\ 0.051 & 0.083 & -0.178 & 0.328 & -0.328 & -0.392 & -0.077 & 0.284 & 0.709 \\ -0.172 & -0.141 & -0.371 & -0.361 & -0.176 & -0.482 & -0.520 & 0.218 & -0.319 \\ -0.153 & -0.211 & 0.379 & 0.272 & 0.186 & -0.281 & -0.262 & 0.704 & 0.191 \\ -0.363 & -0.517 & -0.064 & 0.516 & 0.156 & 0.431 & 0.273 & -0.192 & 0.095 \\ -0.141 & -0.177 & -0.435 & -0.275 & 0.706 & -0.400 & 0.004 & -0.117 & 0.107 \\ 0.752 & -0.651 & -0.001 & -0.081 & -0.062 & -0.025 & -0.010 & -0.001 & 0.015 \end{pmatrix}$$

代入式(1)计算出82个样本的主分量 $y_{ij} (i=1, 2, \dots, 9; j=1, 2, \dots, 82)$ 。主分量的排序分析, 只需在降维的条件下进行, 因此, 仅计算占有信息量较大的少数主分量(本资料计算两个主分量 y_1 与 y_2)。若9维空间坐标降至一维上, 其信息保存量, 可依特征根 $\lambda_i (i=1, 2, \dots, 9)$ 在各分量离差平方和所占比例来反映。

表 2 信息量比率

Table 2 The percentage of information quantity

特征根	λ_1	λ_2	λ_3	λ_4	λ_5	λ_6	λ_7	λ_8	λ_9
λ_i	4.28188	1.21458	0.97281	0.72421	0.59704	0.47403	0.39119	0.30759	0.03057
$P_i = \frac{\lambda_i}{\sum \lambda_i} \times 100$	47.576	13.495	10.869	8.047	6.634	5.275	4.347	3.418	0.340
$\sum P_i$	47.576	61.071	71.940	79.887	86.621	91.896	96.243	99.660	100.000

不难看出, λ_1 的累计值说明第一主分量 y_1 占总信息量的47.576%, λ_1 与 λ_2 累计61.071%, 故以第一、二两主分量作为排序与分类的基础。

以第一主分量 y_1 为横坐标, 第二主分量 y_2 为纵坐标, 将 y_{1j} 、 y_{2j} 绘于两维平面上, 构成第一、二两主分量的排序图。

在两维排序的基础上, 以逐步聚类的方法进行两个主分量的聚类。首先, 按第一主分量样本值 y_{1j} 的大小顺序排列, 为使其序列不出现负值, 将 y_{1j} 加1, 以 y'_{1j} 表示; 同时应算出相邻两 y'_{1j} 的差值(距离) D 。如表3所示, 依差值之较大者, 将排序的序列分成数段, 如以2、3两顺序号为例, 其 y'_{1j} 的 D 值为0.067是较大者, 故1与2两个 y'_{1j} 可划为一段, 这样, 顺次以 D 值大者为分割界, 全部 y'_{1j} 初步分成15小类, 叫初始聚类 G_1 , 并计算小类的平均值 $\bar{y}_{1jk}$,

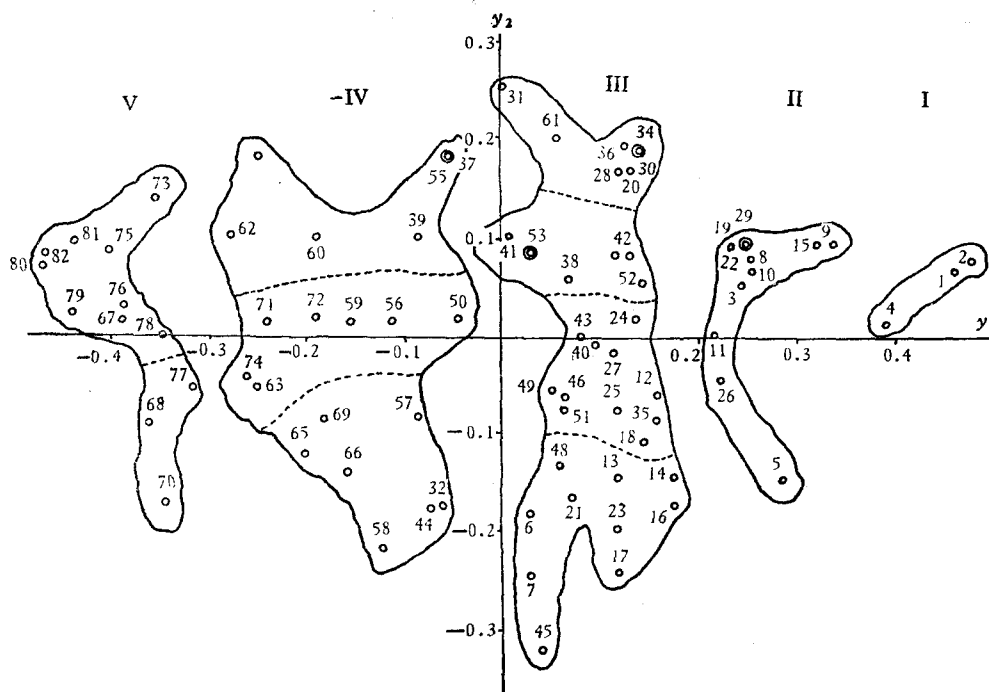


图1 第一、二主分量排序图
Fig.1 The orderly diagram of first and second principal components

称为聚类中心。相邻聚类中心的差值,即聚类中心距,再按各聚类中心距较大者为界,再度重复进行,待各类中心距大体相近时,分类即告结束。表4列出从第三次聚类 G_3 起始的计算过程,及其结果:

经四次聚类,82个第一主分量的样本点 y_{1i} 被分成五类,以实线在上图中构出其范围。

以同法将第二主分量的样点 y_{2i} 进行排序和聚类,将结果用虚线在图上划出。这样,经过主分量的两维排序与分类,形成一个完整的核桃楸林分立地类型图。从表6可以看出,该图的横坐标(第一主分量)所反映的信息是林地的土壤肥力及其林木的生长,因而在该坐标上从左向右林地的肥力与林木生长愈来愈好;同样,纵坐标(第二主分量)主要反映地形因子的信息,该坐标从下至上地形因子逐渐变好。

为确保分类的质量,对于聚类在各立地类型的样本,可用判别函数式(巴叶斯 Bayes)判别其所属类别,判别结果与分类归属一致时,才被认定分类准确无误。

现概略介绍各林分立地类型的特征。

类型 I: 立地条件最佳,该类型多处于溪谷的冲积土壤上,土层深厚,腐殖质丰富,水分条件好,但面积不大,是适于核桃楸生长的理想立地。

类型 II: 多分布于距溪谷较近的缓坡或平坦的地面上,土层较深厚,腐殖质的含量和水分条件均可满足核桃楸的生长,林木生长较好,亦是较为良好的立地条件。

类型 III: 该类型分布范围广,地形的跨度大,以地形条件又可再分为四个次级的立地类型。林地多来自采伐迹地,火烧迹地、撩荒地和林中空地等。部分林地有轻微的水土流失,但植被保存完好,土层一般在40厘米左右,有机质处于中等,能保证幼林的生长。

表 3 第一主分量排序表

Table 3 The orderly table of first principal components

顺序号	y'_{1j}	差值D	顺序号	y'_{1j}	差值D	顺序号	y'_{1j}	差值D	顺序号	y'_{1j}	差值
1	1.482		22	1.160		43	1.043		64	0.812	
2	1.458	0.024	23	1.142	0.018	44	1.034	0.009	65	0.804	0.008
3	1.391	0.067	24	1.141	0.001	45	1.028	0.006	66	0.757	0.047
4	1.345	0.046	25	1.137	0.004	46	1.025	0.003	67	0.754	0.003
5	1.321	0.024	26	1.128	0.009	47	1.025	0.000	68	0.752	0.002
6	1.281	0.040	27	1.123	0.005	48	1.009	0.016	69	0.743	0.009
7	1.265	0.016	28	1.122	0.001	49	1.002	0.007	70	0.718	0.025
8	1.265	0.000	29	1.119	0.003	50	0.991	0.011	71	0.689	0.029
9	1.261	0.004	30	1.117	0.002	51	0.958	0.033	72	0.665	0.024
10	1.254	0.007	31	1.116	0.001	52	0.951	0.007	73	0.658	0.007
11	1.249	0.005	32	1.110	0.006	53	0.949	0.002	74	0.658	0.000
12	1.237	0.012	33	1.107	0.003	54	0.940	0.009	75	0.646	0.012
13	1.223	0.014	34	1.091	0.006	55	0.930	0.010	76	0.612	0.034
14	1.211	0.012	35	1.087	0.004	56	0.918	0.012	77	0.607	0.005
15	1.172	0.039	36	1.077	0.010	57	0.912	0.006	78	0.589	0.018
16	1.171	0.001	37	1.074	0.003	58	0.892	0.020	79	0.561	0.028
17	1.167	0.004	38	1.066	0.008	59	0.878	0.014	80	0.557	0.004
18	1.166	0.001	39	1.063	0.003	60	0.855	0.023	81	0.523	0.034
19	1.163	0.003	40	1.056	0.007	61	0.841	0.014	82	0.522	0.001
20	1.163	0.001	41	1.053	0.003	62	0.818	0.023			
21	1.161	0.002	42	1.052	0.001	63	0.815	0.003			
22	1.160	0.001	43	1.043	0.009	64	0.812	0.003			

表 4 聚类的部分计算过程和结果

Table 4 A Part of the calculative process of clustering

顺序号 G_3	频数 f_k	$\sum_{k=1}^{f_k} y'_{1j}$	类中心	中心距	顺序号 G_4	频数 f_k	$\sum_{k=1}^{f_k} y'_{1j}$	类中心	中心距
1—3	3	4.334	1.444	0.128	1—3	3	4.334	1.444	
4—6	3	3.947	1.316	0.069	4—14	11	13.922	1.266	0.178
7—14	8	9.975	1.247	0.113					
15—35	21	23.759	1.131	0.067	15—50	36	38.641	1.104	0.162
36—50	15	15.962	1.064	0.139					
51—59	9	8.328	0.925	0.077	51—70	20	16.735	0.837	0.267
60—61	2	1.696	0.848	0.073					
62—70	9	6.713	0.775	0.112	71—82	12	7.281	0.607	0.230
71—75	5	3.316	0.663	0.078					
76—80	5	2.926	0.585	0.062					
81—82	2	1.045	0.523						

类型Ⅳ与Ⅴ：由于地形条件的差异，前者又分为三个次级类型，后者再划两个次级类型，该两类型多分布于次生林的边缘地带，植被破坏较为严重，森林环境不明显；有些分布于高山陡坡的低洼地带，有水土流失现象，土壤表层腐殖质含量很少，水分不足，核桃楸生长不良。两类型的主要差别在于，各自然因素给土壤带来的差异，反映在肥力上有较为明显的不同。

表 5 各立地类型立地质量的数量指标

Table 5 The quantitative indice of site quality of the site types

立地 类型	土壤肥力因子			地形因子		
	土层厚 (厘米)	有机质含量%	土壤湿度%	坡度	坡向	坡位
I	>50	>5.6	>51	<5°	阴 (半阴)	下
II	46—50	4.6—5.5	41—50	6—10°	半阴	下 (中)
III	36—45	3.6—4.5	31—40	11—15°	半阴 (半阳)	下 (中)
IV	26—35	2.6—3.5	21—30	16—20°	半阳	中 (下)
V	<25	<2.5	<20	>20°	阳 (半阳)	中 (上)

注：表中 () 内指为数不多的地块

三、应 用

各立地因子在线性函数 (主分量) 中的作用、地位及相关性等，是完全不同的，如以数量指标表达，则称第 i 个立地因子对第 j 个主分量的负荷量：

$$l_{ij} = \sqrt{\lambda_j} u_{ji} \quad (7)$$

($i, j = 1, 2, \dots, p$)

立地因子对选定 k 个主分量所起的作用，以式 (8) 来表达：

$$h^2 = \sum_{j=1}^k l_{ij}^2 = \sum_{j=1}^k \lambda_j u_{ji}^2 \quad (8)$$

($i = 1, 2, \dots, p; j = 1, 2, \dots, k$)

现将主分量 y_1 、 y_2 以及 y_3 的负荷量列出。

表6 各林分立地因子的负荷量

Table 6 The loading of the stand site factors

林分立 地因子	负 荷 量			
	$\sqrt{\lambda_1} u_{1i}$	$\sqrt{\lambda_2} u_{2i}$	$\sqrt{\lambda_3} u_{3i}$	h^2
上层林分高	0.93216	-0.08521	-0.13412	0.89417
林 龄	0.90552	-0.03326	-0.11796	0.83199
林分密度	-0.57250	0.40095	-0.52747	0.76674
土层厚	0.61248	-0.55369	0.00095	0.68170
有机质含量	0.74700	0.00903	-0.40742	0.72408
土壤湿度	0.72262	0.12893	-0.22728	0.59045
坡 度	0.40353	0.63632	0.45295	0.77291
坡 向	0.66292	0.10457	0.45647	0.65877
坡 位	0.45566	0.55348	-0.19209	0.55086

前已述及, 各主分量所占有的信息量是不同的, 而且各立地因子在不同的主分量中, 各自的作用也很不一样, 因此, 主分量所反映立地因子的数量和程度是有所侧重的, 一个主分量有时是多个立地因子的综合性指标, 也可能是少数立地因子的综合性指标, 这主要取决于主分量中各立地因子负荷量的大小。在表 6 中, 如在第一主分量中, 上层林分高的负荷量最大 (0.93216), 与其密切相关的是林令 (负荷量为 0.90552), 两者反映着林分生长状况, 这种生长是在土壤因子特别是有机质 (0.74700) 与水分 (0.72262) 负荷量较大的条件下, 才能取得, 当然其它因子也起作用, 因负荷量不如前者, 毕竟不占主导地位, 因而说第一主分量是反映林分生长力和土壤肥力的综合指标。在第二主分量中, 负荷量最大者莫过于坡度 (0.63632) 与坡位 (0.55348), 也就是说地形因子特别是坡度、坡位在该主分量中, 占据主导地位。

已知第一主分量的信息量 (47.576%) 最大 (见表 2), 含负荷量较大的因子也较多, 用它作为立地类型分类的主要根据, 是理所当然的。而第二主量的信息量 (13.395%), 远较第一主分量为小, 并且仅含两个负荷量不太大的立地因子, 所以在分类中只能处于辅佐地位。另外, 由于目前林业经营水平还不高, 林分立地类型划分过细, 也难以为生产接受。因此, 作者仅以上层林分高 (在第一主量中负荷量最大) 作为立地条件的指示指标, 编制了核桃楸林分立地类型上层林分高表, 以便应用于林业生产。

该表的编制方法比较简单, 首先, 分别各类型计算以 5 年为一龄级的平均林龄 $\bar{A}_g$, 及其相应上层林分的平均高 $\bar{H}_{gA}$, 代式 (9) 计算其标准误 $S_{\bar{H}_{gA}}$:

$$S_{\bar{H}_{gA}} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (H_{gA} - \bar{H}_{gA})^2}{n_g (n_g - 1)}} \quad (9)$$

其中: n_g 为第 g 类的样本单元数

以 99.7% 的置信概率与自由度 $f = n_g - 1$, 确定可靠性指标 t , 计算相对区间的变动系数 E_{gA} :

表 7 核桃楸林分立地类型上层林分高表

Table 7 The upper storly stand height table of the manchurian Walnut site types

上 层 林 分 高 林龄	立 地 类 型	上 层 林 分 高				
		I	I	II	IV	V
5		3.9—4.7	3.1—3.8	2.3—3.0	1.5—2.2	0.5—1.4
10		6.7—8.0	5.6—6.6	4.5—5.5	3.4—4.4	2.3—3.3
15		9.7—11.0	8.4—9.6	7.1—8.3	5.8—7.0	4.5—5.7
20		12.2—13.5	10.9—12.1	9.6—10.8	8.3—9.5	7.0—8.2
25		14.4—15.5	13.0—14.7	11.7—12.9	10.4—11.6	9.1—10.3
30		16.0—17.1	14.8—15.9	13.2—14.7	12.2—13.3	11.0—12.1
35		17.2—18.5	16.0—17.1	14.8—15.9	13.5—14.7	12.5—13.6
40		18.4—19.5	17.2—18.3	16.1—17.1	15.0—16.0	13.9—14.9
45		19.7—20.5	18.4—19.6	17.4—18.3	16.5—17.3	15.4—16.4
50		20.3—21.3	19.5—20.3	18.5—19.4	17.5—18.4	16.5—17.4

$$E_{gA} = \frac{t \cdot S_{\bar{H}_{gA}}}{\bar{H}_{gA}} \times 100 \quad (10)$$

把 $\bar{A}_g$ 与 $\bar{H}_{gA}$ 绘于坐标纸上,随手绘上层林分高和林令的生长过程曲线;并以同法绘 $\bar{A}_g$ 与 E_{gA} 曲线,以两曲线的第A令级的 H_{gA} 与相应 E_{gA} 代式(11),计算立地类型各龄级的上层林分高的区间幅度:

$$L_{gA} = H_{gA} \pm E_{gA} \times H_{gA} \quad (11)$$

以此编成核桃楸林分立地类型上层林分高表。

参 考 文 献

- 中国科学院林业土壤研究所编 1960 辽宁经济植物志. 辽宁人民出版社 151—152.
 关庆如、沈培元 1956 东北东部林区老岭地方地位级表编制的研究. 林业科学 (3) 255—270.
 沈培元 1984 用巴叶斯 (Bayes) 准则判别林分立地类型. 林业科学 (2012) 139—148.
 阳含熙等著 1981 植物生态学的数量分类方法. 科学出版社 232—252.
 南京大学数学系计算数学专业编 1979 概率统计基础和概率统计方法. 科学出版社 309—314.

THE QUANTITATIVE CLASSIFICATION OF THE SITE TYPES OF MANCHURIAN WALNUT PLANTATIONS IN THE MOUNTAIN AREA OF EASTERN LIAONING

Zhao Ronghui Shen Peiyuan

(Department of Forestry, Shenyang Agricultural College)

The mountainous area in eastern Liaoning Province is one of timber forest bases in china. The conditions, such as humid climate and fertile soil, in this area are favorable to the growth of manchurian walnut. In order to realize the rule of "proper trees in proper sites" and to manage them properly, we were engaged in studies on the quantitative classification of the monchurian walnut plantation site types.

At first, the site factors closely related to the site types were selected, a multivariable mathematic model was established, and thier linnear combined function values were calculated. These values are the principal components. Secondly, the first and second principal components were used for two dimenssional ordinations, and then were grouped into two dimenssional clusterings and the site types of manchurian walnut plantations were separated out.

For convenience, the principal components with most messages are used in making an upper stand height table of the manchurian walnut site types which will be applied to the forest production.