

浙北平原主要绿化树种应用现状与适应性评价

金 凯¹, 黄玉洁^{2*}, 蔡建武¹, 吴初平², 朱小楼¹, 高洪娣³,

朱锦茹², 袁位高², 江 波²

(1. 浙江省桐乡市林业工作站, 浙江 桐乡 314500; 2. 浙江省林业科学研究院, 浙江 杭州 310023;

3. 浙江省林业生态工程管理中心, 浙江 杭州 310020)

摘要: 采用植物平均生长指数、频度分析法和聚类分析法, 对浙江省桐乡市主要平原绿化树种的应用状况进行分析, 并对其进行适应性评价。结果表明: 桐乡市绿化乔木和灌木树种分别有 41 种和 25 种, 使用频度最高的乔木树种是樟(*Cinnamomum camphora*)和女贞(*Ligustrum lucidum*), 使用频度最高的灌木树种是夹竹桃(*Nerium oleander*)和红叶石楠(*Photinia × fraseri*); 平均生长指数大于 80 的乔木和灌木树种分别有 31 种和 22 种; 使用频率较高、生长较好的乔木树种为樟、水杉(*Metasequoia glyptostroboides*)、杜英(*Elaeocarpus decipiens*)等 20 种; 使用频率较高且生长较好的灌木树种为夹竹桃、红叶石楠、金边黄杨和海桐; 女贞、雪松、龙柏、杜鹃、金叶女贞等树种使用频率较高但生长较差, 建议适当减少这些树种的使用比例, 增加使用生长好的适生适地树种。

关键词: 植物生长指数; 适应性; 绿化树种; 浙北平原

中图分类号: S731.1

文献标识码: A

Application and Adaptability Evaluation on Main Afforestation Tree Species in Tongxiang

JIN Kai¹, HUANG Yu-jie^{2*}, CAI Jian-wu¹, WU Chu-ping², ZHU Xiao-lou¹, GAO Hong-di³,

ZHU Jin-ru², YUAN Wei-gao², JIANG Bo²

(1. Tongxiang Forestry Station of Zhejiang, Tongxiang 314500, China; 2. Zhejiang Forestry Academy, Hangzhou 310023, China;

3. Zhejiang Forestry Ecological Engineering Administration, Hangzhou 310020, China)

Abstract: Investigations were made on tree and shrub species for afforestation in Tongxiang, Zhejiang province, and evaluation was made on their adaptability by plant average growth index, frequency analysis and cluster analysis method. The results showed that there were 41 arbor species and 25 shrub species. The frequency of *Cinnamomum camphora* and *Ligustrum lucidum* was the highest in the arbor species, and that of *Nerium indicum* and *Photinia × fraseri* was the highest in shrub species. The average growth index of 31 arbor species and 22 shrub species were over 80. Twenty arbor species, like *C. camphora*, *Metasequoia glyptostroboides*, *Elaeocarpus decipiens*, etc. had advantages of higher frequency and good growth, while shrub species of *N. indicum*, *P. × fraseri*, *Euonymus japonicus*, *Pittosporum tobira* had the same condition. The investigation demonstrated that growth of *L. lucidum*, *Cedrus deodara*, *Sabina chinensis* cv. *kaizuka*, *Rhododendron simsii* and *L. vicaryi* was poor. Advices were put forwarded to reduce application of poor growth species.

Key words: plant growth index; adaptability; afforestation tree species; Tongxiang

收稿日期: 2015-11-01; 修回日期: 2016-02-22

基金项目: 浙江省森林生态科技创新团队项目(2011R50027)

作者简介: 金凯(1971-), 男, 浙江桐乡人, 工程师, 主要从事平原绿化工作。*通讯作者

森林生态系统为人类提供了自然资源和生存环境的多种生态服务功能, 是森林生态系统与生态过程所形成及所维持的人类赖以生存的自然环境与效用。随着人民生活水平的日益提高, 对环境的要求越来越高, 绿色、环保、低碳的理念已逐步为人们接受并重视。然而, 与山区相比, 平原地区人口稠密, 经济发达, 生态环境相对脆弱。平原绿化可以改善生态环境, 培育森林资源和森林文化旅游, 促进农村产业结构调整, 为农民增收培育新的经济增长点, 同时, 促进城乡绿化一体化、美丽乡村和宜居水乡建设, 为人们提供良好的生活生产环境。

国内外学者对城市植被在减噪、降温增湿、固碳放氧、滞尘等展开了研究^[1~14], 认为城市植被的保护和建设对改善城市生态环境具有重要的意义; 也有一些学者从群落学角度对城市中的自然植物群落进行过调查研究^[15~16]。但是, 针对平原地区森林建设的研究相对较少^[17~19], 导致平原绿化建设没有充分体现这些功能, 森林景观单一、环境效益较差等问题。本研究以桐乡市为例, 分析浙北平原森林植物配置及生长状况, 旨在为平原绿化的植物选择或植物调整提供参考建议, 为下一步平原绿化建设提供科学指导。

1 研究区概况

桐乡市位于浙江省北部杭嘉湖平原腹地, 境内地势平坦低洼, 无山丘, 大致东南高, 西北低, 略向太湖倾斜。平均海拔 5.3 m, 相对高差约 3 m。属亚热带季风气候, 日照充足、雨量充沛、温和湿润、四季分明、无霜期较长。年平均气温 16.0℃, 年无霜期 243 d。境内河流属长江流域太湖运河水系, 河道纵横密布, 但河道底坡平缓、流量小、流速低, 河水流向、流量多变。土壤主要为河流冲积土和湖泊沼泽淤积土。

2 研究方法

2.1 样地设置

根据平原森林的特点, 样地设置区域主要包括通道绿化带, 公园绿地, 学校、政府机关、工业区等附属绿地, 农田林网等。选择绿地或者通道两侧典型区域, 建立观察测定样地 45 个, 其中通道绿化 21 个样地、公园绿地 6 个、工业区等附属绿地 6 个、农田林网 12 个。每个绿地样地面积 20 m × 20 m, 通道绿化样地面积为 50 m × 10 m。

2.2 调查内容

乔木和灌木分别进行调查。

乔木: 测定树高、胸径、枝下高、冠幅, 并注明叶片形状、数量、颜色、有无病虫害等健康状况。每木检尺一律用钢围尺, 胸径为树干距地面 1.3 m 高度(长度)处测量, 读数记到 0.1 cm。

灌木: 调查灌木的盖度、株数、地径、平均高度, 并注明叶片形状、数量、颜色、有无病虫害等健康状况。每木检尺一律用钢围尺, 读数记到 0.1 cm。

2.3 分析方法

采用植物平均生长指数和频度分析法, 研究桐乡市平原森林植物组成和生长特点。

(1) 植物生长评价方法

所调查的 45 个样地中, 对所有乔灌木树种进行调查, 采用何小弟等^[20]的做法, 对植物生长状况进行分级。分级标准如下:

0 级: 乔灌木枝条干枯, 整株濒死, 观赏价值丧失;

1 级: 乔灌木生长衰弱, 病虫害严重, 树相残破, 有碍观赏;

2 级: 乔灌木生长势较好, 姿态一般, 时有病虫害或风折, 有一定的观赏价值;

3 级: 乔灌木姿态及生长势良好, 有少量病虫害, 观赏价值较高;

4 级: 乔灌木姿态优美, 生长势旺盛, 无病虫害, 观赏价值高。

每一树种生长指数计算公式为:

$$Y=(\sum[(X_i\times N_i)]/[(N\times X_{i\max})])\times 100$$

式中：Y为生长指数，X_i为每级级值，N_i为该级株数，N为总株数，X_{imax}为该树种最高级值。

(2) 树种使用频率的分析方法

树种在桐乡市森林中使用频率通过频度表示的为该树种出现的样地数与总样地数之比。

通过分析树种分布的频度特征可以得到桐乡市森林植物群落的组成情况，从而可以为树种的调整和选用提供依据。

(3) 聚类分析

使用 SPSS19.0 对乔木和灌木的频度及生长指数分别进行聚类分析。

3 结果与分析

3.1 树种的频度特征

表 1 乔木树种的频度

Table 1 Frequency of arbor species

树种	学名	频度/%	树种	学名	频度/%
樟	<i>Cinnamomumcamphora</i>	93.3	构树	<i>Broussonetia papyrifera</i>	26.7
女贞	<i>Ligustrum lucidum</i>	60.0	楝	<i>Melia azedarach</i>	26.7
水杉	<i>Metasequoia glyptostroboides</i>	56.7	二乔木兰	<i>Magnolia soulangeana</i>	26.7
杜英	<i>Elaeocarpus decipiens</i>	56.7	山樱花	<i>Cerasus serrulata</i>	26.7
龙柏	<i>Sabina chinensis</i> cv. <i>Kaizuca</i>	46.7	榉树	<i>Zelkova serrata</i>	26.7
湿地松	<i>Pinus elliottii</i>	43.3	黑杨	<i>Populus nigra</i>	26.7
紫叶李	<i>Prunus cerasifera</i> f. <i>atropurpurea</i>	40.0	红槭	<i>Acer palmatum</i> f. <i>atropurpureum</i>	26.7
木犀	<i>Osmanthus fragrans</i>	40.0	沙梨	<i>Pyrus pyrifolia</i>	13.3
无患子	<i>Sapindus mukorossi</i>	40.0	落羽杉	<i>Taxodium distichum</i>	13.3
垂柳	<i>Salix babylonica</i> f. <i>babylonica</i>	36.7	杨梅	<i>Myrica rubra</i>	13.3
雪松	<i>Cedrus deodara</i>	33.3	鸡爪槭	<i>Acer palmatum</i>	13.3
桑	<i>Morus alba</i>	30.0	枫杨	<i>Pterocarya stenoptera</i>	13.3
银杏	<i>Ginkgo biloba</i>	30.0	荷花玉兰	<i>Magnolia grandiflora</i>	13.3
朴树	<i>Celtis sinensis</i>	30.0	三球悬铃木	<i>Platanus orientalis</i>	13.3
香橼	<i>Citrus medica</i> var. <i>medica</i>	30.0	榔榆	<i>Ulmus parvifolia</i>	13.3
梧桐	<i>Firmiana platanifolia</i>	30.0	龙爪槐	<i>Sophora japonica</i> var. <i>japonica</i> f. <i>pendula</i>	13.3
榆树	<i>Ulmus pumila</i>	30.0	玉兰	<i>Magnolia denudata</i>	13.3
合欢	<i>Albizia julibrissin</i>	30.0	重阳木	<i>Bischofiapolycarpa</i>	13.3
池杉	<i>Taxodium ascendens</i>	30.0	柿	<i>Diospyros kaki</i>	13.3
全缘叶栎树	<i>Koelreuteria bipinnata</i> var. <i>integrifoliola</i>	30.0	枇杷	<i>Eriobotrya japonica</i>	13.3

从表 1 和表 2 可以看出，桐乡市乔木和灌木树种分别为 41 种和 25 种，乔木中常绿树种 13 种，落叶树种 28 种；灌木中常绿树种 19 种，落叶树种 6 种。频度最高的乔木树种是樟，频度值 93.3%，在所有乔木中占绝对优势。第二是女贞，频度值 60.0%。频度值大于 40%的乔木树种有樟、女贞、构树、水杉、杜英、龙柏、湿地松、紫叶李、无患子和木犀共 10 种。使用最多的灌木树种是夹竹桃和红叶石楠，频度值均为 56.7%，在灌木中优势并不明显。频度超过 30.0%的灌木树种有夹竹桃、红叶石楠、金边黄杨、海桐、黄杨、红花檵木、月季、

表 2 灌木树种的频度特征

Table 2 Frequency of shrub species

树种	学名	频度/%	树种	学名	频度/%
夹竹桃	<i>Nerium indicum</i>	56.7	榕叶冬青	<i>Ilex ficoidea</i>	26.7
红叶石楠	<i>Photinia × fraseri</i>	56.7	蜡梅	<i>Chimonanthuspraecox</i>	26.7
金边黄杨	<i>Euonymus japonicus</i> var. <i>aurea-marginatus</i>	50.0	紫荆	<i>Cercis chinensis</i>	26.7
海桐	<i>Pittosporum tobira</i>	46.7	金叶女贞	<i>L. vicaryi</i>	26.7
黄杨	<i>Buxus sinica</i>	33.3	八角金盘	<i>Fatsia japonica</i>	13.3
红花檵木	<i>Lorpetalum chinense</i> var. <i>rubrum</i>	33.3	珊瑚树	<i>Viburnum odoratissimum</i>	13.3
月季	<i>Rosa chinensis</i>	33.3	齿叶冬青	<i>Ilex crenata</i>	13.3
紫薇	<i>Lagerstroemia indica</i>	33.3	枸骨	<i>I. cornuta</i>	13.3
小叶黄杨	<i>B. sinica</i> var. <i>parvifolia</i>	30.0	含笑花	<i>Michelia figo</i>	13.3
小叶女贞	<i>Ligustrum quihoui</i>	30.0	青木	<i>Aucuba japonica</i>	13.3
杜鹃	<i>Rhododendron simsii</i>	30.0	柑橘	<i>Citrus reticulata</i>	13.3
南天竹	<i>Nandina domestica</i>	26.7	海棠花	<i>Malus spectabilis</i>	13.3
火棘	<i>Pyracantha fortuneana</i>	26.7			

紫薇、小叶黄杨、小叶女贞和杜鹃共 11 种。

3.2 树种生长状况评价

45 个样地中 66 种乔木树种和灌木树种的平均生长指数见表 3 和表 4。从表 3 可以看出，平均生长指数大于 90 的共有 17 个乔木树种，分别是紫叶李、垂柳、楝、桑、水杉、二乔木兰、沙梨、落羽杉、杨梅、银杏、无患子、大叶女贞、朴树、鸡爪槭、香橼、杜英；平均生长指数大于 80 小于 90 的共有 14 种，分别是山樱花、湿地松、梧桐、枫杨、荷花玉兰、榆树、樟、三球悬铃木、合欢、榔榆、龙爪槐、玉兰、池杉、全缘叶栎树。表 4 可以看出，平均生长指数大于 90 的共有 17 个灌木树种，分别是夹竹桃、南天竹、红叶石楠、黄杨、八角金盘、齿叶冬青、枸骨、小叶黄杨、海桐、含笑花、青木、红花檵木、月季、金边黄杨、柑橘、火棘、木犀；平均生长指数大于 80 小于 90 的共有 5 个树种，分别是榕叶冬青、蜡梅、紫薇、海棠花、紫荆。调查显示，32 个乔木树种、21 个灌木树种的平均生长指数在 80 以上，说明这些物种在桐乡表现良好，从物种多样性的角度来看，表现良好的植物种较多。

表 3 乔木树种的平均生长指数
Table 3 Average growth index of arbor species

树种	平均生长指数	树种	平均生长指数	树种	平均生长指数	树种	平均生长指数
紫叶李	97.4	无患子	93.4	荷花玉兰	87.0	女贞	78.3
垂柳	96.9	朴树	93.2	榆树	85.2	榉树	78.1
楝	96.4	鸡爪槭	91.7	樟	84.4	黑杨	76.4
桑	95.8	香橼	91.7	三球悬铃木	83.3	重阳木	76.2
水杉	95.4	杜英	90.2	合欢	83.3	构树	75.9
二乔木兰	93.8	木犀	89.8	榔榆	83.3	龙柏	73.1
沙梨	93.8	山樱花	89.6	龙爪槐	83.3	红槭	70.8
落羽杉	93.8	湿地松	89.2	玉兰	83.3	雪松	70.5
杨梅	93.8	梧桐	89.1	池杉	81.3	柿	66.7
银杏	93.5	枫杨	87.5	全缘叶栎树	81.3	枇杷	62.5

3.3 树种适应性评价

桐乡市乔木树种频度特征和生长指数的聚类分析结果见图 1。从图 1 频度特征看，除樟使用频率最高以外，其他树种可以分为 2 组，频度较高的 1 组为池杉、合欢、全缘叶栎树、朴树、梧桐、桑、香橼、银杏、榆树、构树、红槭、二乔木兰、榉树、楝、黑杨、山樱花、雪松、木犀、紫叶李、无患子、垂柳、湿地松、龙柏、杜英、水杉和女贞；较低的一组为三球悬铃木、枫杨、荷花玉兰、榔榆、沙梨、龙爪槐、落羽杉、枇杷、鸡爪槭、柿树、杨梅、玉兰和重阳木。从生长指

表 4 灌木树种的平均生长指数
Table 4 Average growth index of shrub species

树种	平均生长指数	树种	平均生长指数
夹竹桃	99.7	月季	92.4
南天竹	99.5	金边黄杨	91.7
红叶石楠	99.3	柑橘	91.7
黄杨	98.5	火棘	90.0
八角金盘	98.4	榕叶冬青	81.8
齿叶冬青	97.5	蜡梅	81.3
枸骨	96.4	紫薇	80.6
小叶黄杨	96.3	海棠花	80.0
海桐	95.6	紫荆	80.0
含笑花	93.8	小叶女贞	79.5
青木	93.8	金叶女贞	77.3
珊瑚树	93.8	杜鹃	73.2
红花檵木	93.4		

数看，除柿和枇杷的生长指数最低以外，其他树种可以分为 2 组，指数较高的 1 组为池杉、全缘叶栎树、杜英、木犀、山樱花、梧桐、湿地松、鸡爪槭、香橼、二乔木兰、沙梨、落羽杉、杨梅、朴树、无患子、银杏、枫杨、荷花玉兰、紫叶李、垂柳、楝、桑、水杉、三球悬铃木、合欢、榔榆、龙爪槐、玉兰、樟和榆树；较低的一组为构树、黑杨、重阳木、榉树、女贞、红槭、雪松和龙柏。从以上结果可以得出，在桐乡市的主要绿化乔木中，使用频率较高且生长情况相对较好的树种有樟、水杉、杜英、湿地松、紫叶李、木犀、无患子、垂柳、池杉、全缘叶栎树、山樱花、梧桐、香橼、二乔木兰、朴树、银杏、楝、桑、合欢和榆树。使用频率较高女贞、龙柏、雪松、红槭、构树、黑杨的生长情况较差，这些树种主要分布于通道两侧和工业区，可能与污染较严重、土壤条件较差有关。

桐乡市灌木树种频度特征和生长指数的聚类分析结果如图 2。从图 2 看出，频度可以分为 3 组，较高的 1 组为夹竹桃、红叶石楠、金边黄杨和海桐；中等的一组为金叶女贞、紫荆、榕叶冬青、南天竹、蜡梅、火棘、紫薇、杜鹃、月季、黄杨、红花檵木和小叶女贞；较低的一组为海棠花、柑橘、青木、含笑花、枸骨、齿叶冬

从以上结果可以得出, 桐乡市的主要绿化灌木中, 使用频率高且生长较好的主要为夹竹桃、红叶石楠、金边黄杨和海桐。杜鹃和金叶女贞使用频率较高, 但生长情况较差。

4 结论与讨论

本研究以桐乡市为例, 分析平原森林植物配置及生长状况, 为平原绿化的植物选择或调整提供参考。

(1) 乔木和灌木树种数分别为 41 种和 25 种, 乔木中常绿树种 13 种, 落叶树种 28 种, 灌木中常绿树种 19 种, 落叶树种 6 种。使用乔木最多的是樟, 频度值 93.3%; 大叶女贞第二, 频度值为 60.0%。灌木使用最多的是夹竹桃和红叶石楠, 频度值均为 56.7%。

根据频度分析可以看出, 桐乡市的绿地配置多采用落叶乔木树种和常绿灌木树种。樟、女贞、夹竹桃和红叶石楠最为常用。因此桐乡市森林景观相对比较丰富, 特别是选择使用乡土树种, 不仅可以丰富植物景观、改善景观单一化, 而且在维护植物多样性、体现当地的植物特色具有重要作用。

(2) 平均生长指数大于 90 的有 17 个乔木树种, 如紫叶李、垂柳、榉、桑、水杉等, 大于 80 小于 90 的有 14 个, 有木犀、山樱花、湿地松、梧桐、枫杨等。平均生长指数大于 90 的共有 17 个灌木树种, 如夹竹桃、南天竹、红叶石楠、黄杨等, 大于 80 的有 5 个, 分别是榕叶冬青、蜡梅、紫薇、海棠花、紫荆。

聚类分析显示, 在桐乡市的主要绿化树种中, 使用频率较高、生长较好的乔木树种为池杉、全缘叶栎树、杜英、木犀、山樱花、梧桐、湿地松、香樟、二乔木兰、朴树、无患子、银杏、紫叶李、垂柳、榉、桑、水杉、合欢、樟和榆树; 使用频率高且生长情况较好的灌木树种主要为夹竹桃、红叶石楠、金边黄杨和海桐。

从以上结果可以看出, 桐乡市大部分绿化植物生长状况较好, 但在某些地块中也有部分植物生长较差, 部分使用频率较高的树种生长不容乐观, 如女贞、雪松、龙柏、杜鹃、金叶女贞等。建议在植物配置时因地制宜选择树种, 适当减少这些树种的使用比例, 增加使用生长好的适生适地树种, 并按照植物生物学、生态学 and 美学规律进行搭配, 以保证植物的健康生长, 从而发挥绿地的生态环境效益和景观效益。另外, 在植物搭配时还要考虑人的行为, 否则绿地会受到破坏。调查中发现一些植物生长不良, 人为因素是一个重要的原因。

参考文献:

- [1] 王蕾, 黄尚玉, 刘连友, 等. 北京市 11 种园林植物滞留大气颗粒物能力研究[J]. 应用生态学报, 2006, 17 (4): 597-601.
- [2] 吴耀兴, 康文星, 郭清和, 等. 广州市城市森林对大气污染物吸收净化的功能价值[J]. 林业科学, 2009, 45 (5): 42-48.
- [3] 张庆费, 郑思俊, 夏楠, 等. 上海城市绿地植物群落降噪功能及其影响因子[J]. 应用生态学报, 2007, 18 (10): 2295-2300.
- [4] 杨学军, 唐东芹, 许东新, 等. 上海地区绿化树种重金属污染防治特性的研究[J]. 应用生态学报, 2004, 15 (4): 687-690.
- [5] 薛皎亮, 谢映平, 李景平, 等. 太原市空气中 S 污染物在植物体内的积累研究[J]. 城市环境与城市生态, 2001, 14 (1): 17-22.
- [6] 鲁敏, 李英杰. 部分园林植物对大气污染物吸收净化能力的研究[J]. 山东建筑学院学报, 2002, 17 (2): 45-49.
- [7] 李少宁, 王燕, 商建东, 等. 北京市城市森林生态服务功能研究[J]. 灌溉排水学报, 2011, 30 (4): 122-127.
- [8] 吴中能, 于一苏, 边艳霞. 合肥主要绿化树种滞尘效应研究初报[J]. 安徽农业科学, 2001, 29 (6): 780-783.
- [9] 张秀梅, 李景平. 城市污染环境中适生树种滞尘能力的研究[J]. 环境科学动态, 2001 (2): 27-30.
- [10] 栗志峰, 刘艳, 彭倩芳. 不同绿地类型在城市中滞尘作用的研究[J]. 干旱环境监测, 2002, 16 (3): 162-167.
- [11] 邱媛. 城市植被的滞尘功能和植物监测重金属与大气 SO₂ 的研究[D]. 广州: 中山大学, 2007.
- [12] 张新猷, 古润泽, 陈自新, 等. 北京城市居住区绿地的滞尘效益[J]. 北京林业大学学报, 1997, 19 (4): 12-17.
- [13] 刘伟涛. 基于重金属污染修复的城市森林配置模式的初步研究[D]. 南京林业大学, 2006.
- [14] 莫丹, 管东生, 刘淑雯, 等. 广州城区生态安全岛森林生物量、叶片滞尘和物种多样性研究[J]. 环境科学学报, 2011, 31 (3): 666-672.
- [15] 陈攀, 慎佳泓, 胡广, 等. 西湖风景名胜区内不同类型森林群落的空间分布及 β 多样性[J]. 生态学报, 2009, 29 (6): 2929-2937.
- [16] 汪殿蓓, 暨淑仪, 陈飞鹏, 等. 深圳南山区天然森林群落多样性及演替现状[J]. 生态学报, 2003, 23 (7): 1415-1422.
- [17] 吴初平, 蔡建武, 黄玉洁, 等. 桐乡市主要乔木树种重金属累积特征研究[J]. 浙江林业科技, 2014, 34 (4): 22-25.
- [18] 蔡建武, 吴初平, 金凯, 等. 桐乡市平原绿化建设成效价值评估[J]. 浙江林业科技, 2014, 34 (4): 81-86.
- [19] 吴初平, 蔡建武, 黄玉洁, 等. 平原森林吸收污染物、减噪和滞尘等净化功能研究[J]. 灌溉排水学报, 2015, 34 增刊 1: 270-273.
- [20] 何小弟, 孙传余, 李晓储, 等. 扬州城市绿地树种配置关联分析[J]. 扬州大学学报 (农业与生命科学版), 2002, 23 (4): 84-87.