

影响植物生长因素的模糊聚类分析研究^[20]

韩锦春, 李宏开

(安徽农业大学文理学院, 安徽 合肥 230036)

摘要 通过对影响植物生长因素的模糊聚类分析研究, 实现了对主要因素的主从排序, 进而形成了对地域、地块的适宜度评价, 从而为植物的合理布局与规划提供了可以信赖的数量依据。

关键词 植物; 影响因素; 模糊聚类分析; 主从排序; 适宜度评价; 数量依据

The Fuzzy Cluster Analysis on Influential Factors in Plant Growth

HAN Jinchun, LI Hongkai

(Anhui Agriculture University, Hefei 230036)

Abstract According to the fuzzy cluster analysis, this paper presents the sequencing method of the principal and subordinate factors based on which the suitability evaluation of regions and massifs is formed, and thus provides a reliable quantity basis for the arrangement and programming of plants.

Keywords plant; influential factor; fuzzy cluster analysis; sequencing of the principal and the subordinate factors; suitability evaluation; quantity basis

1 引言

植物在生长过程中受到多种因素的影响, 不仅受到气象因素, 比如光照、风力、温度、湿度的影响, 也受到土质、肥力、微量元素、地下水水位的影响, 同时还受到管理因素, 如人工抚育等影响, 这些影响集中地反映于植物栽植地域、地块对该植物的适宜性上。如何选择适宜的地域、地块, 就成为植物布局与规划的关键问题。为了进行行之有效的适宜度评价就必须通过对该植物的影响因素的考察来实现。在众多的影响因素中, 哪些是主要因素, 哪些是次要因素, 搞清这些因素的主从排序, 无疑对优化植物布局规划, 促进植物生长发育, 使其更好地美化环境, 为人类创造出更多的财富是十分重要的, 为此特开展本项研究。

2 方法^[2~4]

选取不同地域、地块形成论域 $U = \{u_1, u_2, \dots, u_m\}$, 在论域中, 对影响植物生长因素进行分类排队找出影响因素集 $V = \{v_1, v_2, \dots, v_n\}$, 分别按照规定的评分标准对不同地域、地块中的影响因素进行模糊打分, 形成影响因素评分矩阵 $A = (a_{ij})_{m \times n}$, 并对衡量该植物生长好坏程度的有关指标进行测定, 在此基础上, 对已模糊打分的影响因素矩阵采用一定的方法进行标定, 以便计算出相关程度系数, 得出模糊关系矩阵 $R = (r_{ij})_{m \times n}$, 这个模糊关系矩阵 R 满足自反性和对称性但不满足传递性, 为了进行模糊聚类分析, 对 R 进行布尔乘传递闭包运算, 直至 $R^k = R^2$ ($k = 1, 2, \dots, n$) 时, 取 $R^* = R^k$, 则 R^* 既满足自反性, 对称性, 又满足传递性, 为模糊等价关系矩阵。对 R^* 求其在不同阈值 λ 下的截矩阵, 此时再进一步考察 λ 与植物生长指标的关系, 寻

[20] 收稿日期: 1998-05-11

资助项目: 林业部重点资助项目 (92-02-06)

求 λ 值与植物生长的内在联系,若 λ 值与衡量植物生长好坏的指标联系密切,即可通过 λ 截矩阵来分析诸影响因素的强弱程度. 一般情况下,当 λ 由大到小逐渐下降时,分类由细变粗,形成一个动态聚类分析图,通过这个动态聚类分析图就可以实现把离群因素分离出来,并可计算出各因素的权重,进而实现对主要影响因素的主从排序,再结合各地域、地块的影响因素情况,即可进行植物生长的适宜度评价.

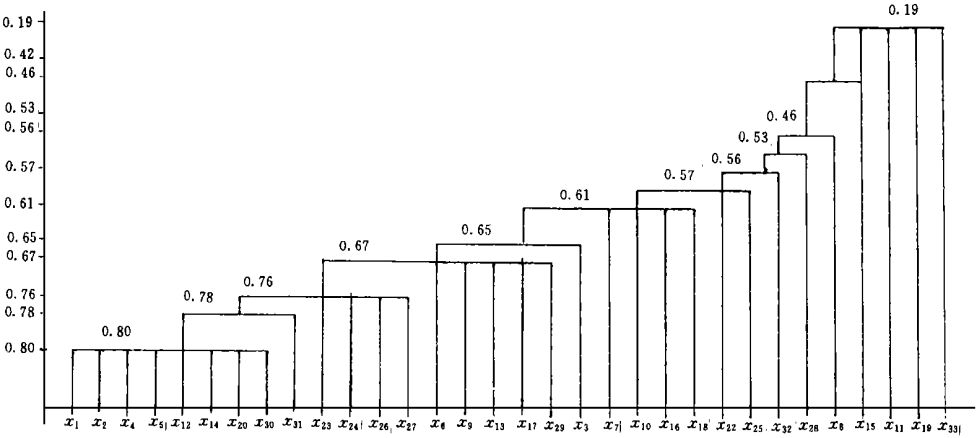


图 1 动态聚类分析图

3 试例

苏、皖长江以北地区影响刺槐生长因素的主从排序和不同立地类型的适宜性评价.

3.1 构造数学模型

苏皖长江以北地区区域范围较小,经纬线跨度不大,就其气候状况来说,在区域范围内变化不明显. 基于此,在分析这一区域对刺槐生长影响因素时,认为气候条件近似相同,故可排除气温、风力、光照等因素. 只考虑土壤质地,地下水位等因素,而这些因素又主要反映在立地类型上,森林立地类型的划分主要是为了掌握生长地段和宜林地的自然属性及其对不同利用方式的适宜性、风险性. 按照中国森林立地分类系统进行三级划分. 即立地类型区、立地类型组、立地类型. 其中,以地形和气候作为立地类型区,以土地类型和局部小地形作为立地类型组,以土地因子作为立地类型的划分依据. 这样,将苏皖长江以北地区共划分为 3 个立地类型区, 11 个立地类型组, 33 个立地类型(见表 1). 选取“土壤质地”,“土层厚度”,“土壤肥力”以及“地下水位(湿润度)”作为反映各立地类型影响刺槐生长的主要因素,据此,可以在对苏皖长江以北地区进行分析的基础上,通过对该地区的 33 个立地类型的四个影响刺槐生长的主要因素按照资源条件好,利于刺槐生长的评分高;资源条件差、不利于刺槐生长的评分低这一原则,并结合不同程度的等级划定评分标准,按照规定的评分标准(见表 2)进行模糊打分形成 33 个类型、4 个要素的评分矩阵.(见表 3)采用模糊数学中的数量积法,建立模糊相似关系矩阵 $R = (a_{ij})_{n \times n}$

$$R = \begin{pmatrix} a_{11} & a_{12} & \cdots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \cdots & a_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{n1} & a_{n2} & \cdots & a_{nn} \end{pmatrix}$$

其中 $a_{ij} = \begin{cases} 1 & i=j \\ (1/m) * \sum_{k=1}^n a_{jk} * a_{ki} & i \neq j \end{cases}$

在确定了 $m = 4$ 和选定常数 $M = 93$ 时,即可根据表 3 计算 a_{ij} ,得

到模糊相似关系矩阵 R (见表 4). 经计算可得 $R^8 = R^{16}$, 记 $R^8 = T(R) = R^*$ (矩阵 R^* 见表 5), 故 R^* 可作为进行聚类分析的模糊等价关系矩阵. 采用不同的阈值进行 λ 水平聚类,根据模糊等价关系矩阵 R^* , 给定不同的阈值,就可以得到与之对应的聚类. 对于从 0.19 到 0.80 的不同聚类可以形成动态聚类分析图(如图 1).

表 1 苏、皖长江以北地区刺槐产区立地类型表

类型区	类型亚区	类型组	类型	影响刺槐生长因素简述(土壤质地、肥力、厚度、地下水位(湿度))	立地指数
淮 北 平 原 区	北部黄泛平原亚区	潮土组	松散砂土型	土壤质地轻、肥力低、土层厚、地下水位常在 2 米以下	10
			砂粘适中两合土型	土壤质地轻至中壤、肥力较高、土层较厚、地下水位常在 1.5 米以下	14
			粘重淤土型	土壤质地中至重壤、肥力高、土层厚、地下水位常在 1 米左右	12
			较疏山淤土型	土壤质地较疏、肥力较高、土层深厚、地下水位常在 1.5~ 2 米	12~ 14
		堆积土组	较疏河渠堤堆积型	土壤质地较疏、肥力较高、土层深厚、地下水位低	12~ 14
			较板路堤堆积型	土壤质地中至重壤、肥力中等、土层较厚、地下水位常较低	12
	中部河间平原亚区	砂姜黑土组	中位砂姜层黄土型	土壤质地重壤、平均肥力中等、土层中等、地下水位常在 1.5~ 2 米	18
			中位砂姜层青白土型	土壤质地重壤、肥力较低、土层中等、地下水位常在 1.5 米左右	8~ 10
			深位砂姜层淤黑土型	土壤质地重壤、肥力较高、土层深厚、土壤湿润	12
			深位砂姜层山淤黑土型	土壤质地重壤、肥力中等、土层厚、土壤较湿润	10~ 12
			浅表砂姜层砂姜黑土型	土壤质地重壤、肥力较低、土层薄、土壤干旱	6~ 8
		堆积土组	村庄堆积土型	土壤质地轻至重壤、肥力较高、土层中等、地下水位低	12
			路堤堆积土型	土壤质地中至重壤、肥力中等、土层厚、地下水位低	10
			河塘堤坝堆积土型	土壤质地轻壤、肥力较高、土层深厚、地下水位低	10~ 12
	东北部残丘亚区	丘坡组	浅薄黑碎石土型	土壤质地重壤、肥力低、土层薄、易旱	6~ 8
			中厚山红土壤型	土壤质地中至重壤、肥力中下、土层中等、土壤湿润	8
			厚层山黄土型	土壤质地重壤、肥力中等、土层较厚、土壤湿润	8~ 10
			厚粘山淤土型	土壤质地重壤、肥力中等、土层厚、土壤较湿润	10
	南部湾岗亚区	湾地潮土组	浅水位淤土型	土壤质地重壤、肥力中等、土层厚、地下水位低常在 1 米以上	10
			中水位两合土型	土壤质地中壤、肥力中上等、土层深厚、地下水位低	12
			深水位砂土型	土壤质地轻壤、肥力中等、土层深厚、地下水位低	10~ 12
		岗地潮棕壤土组	粘性坡黄土型	土壤质地重壤、肥力中下等、土层中等、地下水位 2~ 3 米	10
			壤性白黄土型	土壤质地轻至重壤、水肥条件较好、土层中等、地下水位 3 米	12
			轻粘淤坡黄土型	土壤质地轻至中壤、肥力中等、土层中等、地下水位 2 米以下	10~ 12

续表 1 苏、皖长江以北地区刺槐产区立地类型表

类型区	类型亚区	类型组	类型	影响刺槐生长因素简述(土壤质地、肥力、厚度、地下水位(湿度))	立地指数
江淮丘陵区	丘陵亚区	丘陵黄棕壤土组	重壤中厚润型	土壤质地重壤、肥力较低、土层中等、土壤湿润	8—10
			轻粘厚层湿润型	土壤质地轻至重壤、肥力中等、土层厚、土壤湿润	10
			粘厚湿型	土壤质地重壤、肥力较高、土层深厚、土壤湿润	12
	岗亚地区	岗地粘盘黄棕壤组	中厚润粘型	土壤质地重壤、肥力低、土层中等、土壤湿润	8—10
			厚湿粘重型	土壤质地重壤、肥力中等、土层深厚、土壤湿润	8
滨海平原区	海滨平原盐土亚区	堆积土组	堆积海堤型	土壤质地轻壤、肥力低、土层厚、地下水位低	8
			堆积河堤型	土壤质地轻至中壤、肥力中等、土层厚、地下水位低	8—10
			堆积路堤型	土壤质地重壤、肥力中等、土层较浅、地下水位低	6—8
		滩涂组	低盐滩涂型	土壤质地重壤、肥力低、土层薄、地下水位 1.5米以下	6

表 2 影响刺槐生长因素的评分标准表

土壤质地		地下水位(湿润度)		土壤厚度		土壤肥力		立地指数	
等级	评分	等级	评分	等级	评分	等级	评分	等级	评分
重壤	1	2m 以下(湿度)	5	深厚	5	高	5	14	5
中壤	3	1.5— 3m(半湿)	4	厚	4	较高	4	12	4
轻壤	5	1— 1.5m(半干旱)	2	中等	3	中等	3	10	3
		1m 以上(干旱)	0(1)	较薄	2	较低	2	8	2
				薄	1	低	1	6	1

* 由于论域 G 中的土壤类型有平原和丘陵两种地形,故在考虑影响刺槐生长的“地下水位”和“土壤湿润程度”两个因素时,只列作一个因素。其中平原地区用“地下水位”来衡量,丘陵地区用“土壤湿润度”来衡量。

表 3 立地类型影响因素模糊评分表

土壤类型	土壤质地	地下水位(湿润度)	土壤肥力	土壤厚度
1.松散砂土型	轻壤 $\bar{5}a_{11}$	2米以下 $\bar{5}a_{12}$	低 $\bar{1}a_{13}$	较厚 $\bar{4}a_{14}$
2.砂粘适中两合土型	轻中壤 $\bar{4}a_{21}$	1.5米以下 $\bar{4}a_{22}$	较高 $\bar{4}a_{23}$	较厚 $\bar{4}a_{24}$
3.粘重淤土型	中重壤 $\bar{2}a_{31}$	1米左右 $\bar{2}a_{32}$	高 $\bar{5}a_{33}$	较厚 $\bar{4}a_{34}$
4.较疏山淤土型	中重壤 $\bar{2}a_{41}$	1.5— 2米 $\bar{4}a_{42}$	高厚 $\bar{5}a_{43}$	深厚 $\bar{4}a_{44}$
5.疏松河渠堆积型	轻壤 $\bar{5}a_{51}$	2米以下 $\bar{5}a_{52}$	较高 $\bar{4}a_{53}$	深厚 $\bar{5}a_{54}$
6.较板路堤堆积型	中重壤 $\bar{2}a_{61}$	1.5— 2米 $\bar{4}a_{62}$	中等 $\bar{3}a_{63}$	较厚 $\bar{4}a_{64}$
7.中位砂姜层黄土型	重壤 $\bar{1}a_{71}$	1.5— 2米 $\bar{4}a_{72}$	中等 $\bar{3}a_{73}$	较厚 $\bar{4}a_{74}$
8.中位砂姜层青白土型	重壤 $\bar{1}a_{81}$	1.5米左右 $\bar{3}a_{82}$	较低 $\bar{2}a_{83}$	中等 $\bar{3}a_{84}$
9.深位砂姜层淤黑土型	重壤 $\bar{1}a_{91}$	较湿润 $\bar{4}a_{92}$	较高 $\bar{4}a_{93}$	深厚 $\bar{5}a_{94}$
10.深位砂姜层山淤黑土型	重壤 $\bar{1}a_{101}$	较湿润 $\bar{4}a_{102}$	中等 $\bar{3}a_{103}$	较厚 $\bar{4}a_{104}$
11.浅表砂姜层砂姜土型	重壤 $\bar{1}a_{111}$	干旱 $\bar{0}a_{112}$	较低 $\bar{2}a_{113}$	薄 $\bar{1}a_{114}$
12.村庄堆积土型	轻中壤 $\bar{4}a_{121}$	2米以下 $\bar{5}a_{122}$	较高 $\bar{4}a_{123}$	中等 $\bar{3}a_{124}$

续表 3 立地类型影响因素模糊评分表

土壤类型	土壤质地	地下水位(湿润度)	土壤肥力	土壤厚度
13.路堤堆积土型	中 重壤 $\bar{2}a_{13} \downarrow$	1.5- 2米 $\bar{4}a_{13} \downarrow$	中等 $\bar{3}a_{13} \downarrow$	较厚 $\bar{4}a_{13} \downarrow$
14.河塘堤坝堆积土型	轻壤 $\bar{5}a_{14} \downarrow$	2米以下 $\bar{5}a_{14} \downarrow$	较高 $\bar{4}a_{14} \downarrow$	深厚 $\bar{5}a_{14} \downarrow$
15.浅薄黑碎石土型	重壤 $\bar{1}a_{15} \downarrow$	湿润 $\bar{5}a_{15} \downarrow$	低 $\bar{1}a_{15} \downarrow$	薄 $\bar{1}a_{15} \downarrow$
16.中厚山红土型	中 重壤 $\bar{2}a_{16} \downarrow$	湿润 $\bar{5}a_{16} \downarrow$	较低 $\bar{2}a_{16} \downarrow$	中等 $\bar{3}a_{16} \downarrow$
17.厚层山黄土型	重壤 $\bar{1}a_{17} \downarrow$	湿润 $\bar{5}a_{17} \downarrow$	中等 $\bar{3}a_{17} \downarrow$	较厚 $\bar{4}a_{17} \downarrow$
18.厚粘山淤土型	重壤 $\bar{1}a_{18} \downarrow$	轻湿润 $\bar{4}a_{18} \downarrow$	中等 $\bar{3}a_{18} \downarrow$	较厚 $\bar{4}a_{18} \downarrow$
19.浅水位淤土型	重壤 $\bar{3}a_{19} \downarrow$	1米以上 $\bar{0}a_{19} \downarrow$	中等 $\bar{3}a_{19} \downarrow$	较厚 $\bar{4}a_{19} \downarrow$
20.中水位两合土型	中壤 $\bar{3}a_{20} \downarrow$	2米以下 $\bar{5}a_{20} \downarrow$	较高 $\bar{4}a_{20} \downarrow$	深厚 $\bar{5}a_{20} \downarrow$
21.深水位砂土型	轻壤 $\bar{5}a_{21} \downarrow$	2米以下 $\bar{5}a_{21} \downarrow$	较高 $\bar{3}a_{21} \downarrow$	深厚 $\bar{5}a_{21} \downarrow$
22.粘性坡黄土型	重壤 $\bar{1}a_{22} \downarrow$	2- 3米 $\bar{5}a_{22} \downarrow$	较低 $\bar{2}a_{22} \downarrow$	中等 $\bar{3}a_{22} \downarrow$
23.壤性白黄土型	中壤 $\bar{3}a_{23} \downarrow$	3米以下 $\bar{5}a_{23} \downarrow$	较高 $\bar{4}a_{23} \downarrow$	中等 $\bar{3}a_{23} \downarrow$
24.轻粘淤坡黄土型	轻 中壤 $\bar{4}a_{24} \downarrow$	2米以下 $\bar{4}a_{24} \downarrow$	中等 $\bar{3}a_{24} \downarrow$	中等 $\bar{3}a_{24} \downarrow$
25.重壤中厚湿润型	重壤 $\bar{1}a_{25} \downarrow$	湿润 $\bar{5}a_{25} \downarrow$	较低 $\bar{2}a_{25} \downarrow$	中等 $\bar{3}a_{25} \downarrow$
26.轻粘厚层湿润型	中壤 $\bar{3}a_{26} \downarrow$	湿润 $\bar{5}a_{26} \downarrow$	中等 $\bar{3}a_{26} \downarrow$	较厚 $\bar{4}a_{26} \downarrow$
27.粘厚湿型	重壤 $\bar{1}a_{27} \downarrow$	湿润 $\bar{5}a_{27} \downarrow$	较高 $\bar{4}a_{27} \downarrow$	深厚 $\bar{5}a_{27} \downarrow$
28.中厚润粘型	重壤 $\bar{1}a_{28} \downarrow$	湿润 $\bar{5}a_{28} \downarrow$	低 $\bar{1}a_{28} \downarrow$	中等 $\bar{3}a_{28} \downarrow$
29.厚湿粘重型	重壤 $\bar{1}a_{29} \downarrow$	湿润 $\bar{5}a_{29} \downarrow$	中等 $\bar{3}a_{29} \downarrow$	较厚 $\bar{4}a_{29} \downarrow$
30.堆积海堤型	轻壤 $\bar{5}a_{30} \downarrow$	2米以下 $\bar{5}a_{30} \downarrow$	低 $\bar{1}a_{30} \downarrow$	较厚 $\bar{4}a_{30} \downarrow$
31.堆积河堤型	轻 中壤 $\bar{4}a_{31} \downarrow$	2米以下 $\bar{5}a_{31} \downarrow$	较低 $\bar{2}a_{31} \downarrow$	较厚 $\bar{4}a_{31} \downarrow$
32.堆积路堤型	重壤 $\bar{1}a_{32} \downarrow$	2米以下 $\bar{5}a_{32} \downarrow$	中等 $\bar{3}a_{32} \downarrow$	较薄 $\bar{2}a_{32} \downarrow$
33.低盐滩涂型	重壤 $\bar{1}a_{33} \downarrow$	1.5米以下 $\bar{4}a_{33} \downarrow$	低 $\bar{1}a_{33} \downarrow$	薄 $\bar{1}a_{33} \downarrow$

3.2 寻求 λ 值与刺槐生长指标间关系

由于刺槐在各立地类型下的生长指标,可以用立地指数来衡量,所以在得到聚类分析图后,将不同的 λ 值和 33个立地类型各自的立地指数(当立地指数介于两数值之间时取其中值)结合起来,采用数理统计中的回归分析法^[3]来探求立地指数与阈值 λ 之间的相关关系.将阈值 λ 设为变量 Y , λ 所对应的各类中立地指数值设为变量 X ,经回归分析计算,可得回归方程

$$Y = - 3\ 1384 + 0\ 4078X$$

其对应的相关系数 $R = 0\ 9507$,表示有 99%的把握认为 X 与 Y 间呈现线性相关关系.由此可知立地指数 X 与阈值 Y 间存在着正相关关系,且线性相关程度十分密切,即当 $R \lambda$ 越大时,包含于大类的 λ 平均值越大,立地指数越高,则越适合刺槐的生长.因此,可以以 λ 为依据对立地类型进行聚类.

3.3 模糊聚类分析

由聚类图可以看出 λ 由大到小变化时,分类由细变粗,而且具有如下的规律: 1) 当 $\lambda \leq \lambda_i$ 时, $R \lambda_i$ 包含于 $R \lambda_j$ 之中; 2) 在 $R \lambda_i$ 到 $R \lambda_j$ 的变化过程中,影响刺槐生长的主导因子越来越被析出. 当 $\lambda = 0\ 65$ 时,可将论域 G 中的各元素分为十四类.其中 {7}, {8}, {10}, {11}, {15}, {18}, {19}, {22}, {25}, {28}, {32}, {33}各自为类,其余的一大类为适合刺槐生长的立地类型,而这些单独成类的则为离群立地类型.在分析影响刺槐生长因素时,得出“土壤质地”这一影响因素所占权重为 0.44“土壤肥力”所占权重为 0.44“地下水位(湿润度)”

表 4 模糊相似关系矩阵

1.00
0.65 1.00
0.44 0.50 1.00
0.59 0.69 0.61 1.00
0.80 0.82 0.65 0.81 1.00
0.52 0.56 0.40 0.50 0.67 1.00
0.47 0.52 0.44 0.57 0.61 0.40 1.00
0.37 0.39 0.32 0.42 0.40 0.34 0.33 1.00
0.53 0.60 0.54 0.68 0.71 0.54 0.53 0.39 1.00
0.47 0.52 0.44 0.57 0.61 0.46 0.45 0.33 0.53 1.00
0.12 0.17 0.17 0.18 0.19 0.13 0.12 0.09 0.15 0.12 1.00
0.66 0.69 0.54 0.58 0.82 0.56 0.52 0.39 0.59 0.52 0.16 1.00
0.53 0.56 0.46 0.59 0.67 0.48 0.46 0.34 0.54 0.46 0.13 0.56 1.00
0.80 0.82 0.65 0.81 0.08 0.67 0.61 0.46 0.71 0.61 0.19 0.82 0.67 1.00
0.38 0.34 0.23 0.34 0.42 0.31 0.30 0.23 0.32 0.30 0.04 0.39 0.31 0.42 1.00
0.53 0.52 0.39 0.53 0.62 0.45 0.43 0.32 0.48 0.43 0.10 0.54 0.45 0.62 0.34 1.00
0.53 0.56 0.46 0.61 0.67 0.52 0.49 0.37 0.57 0.49 0.12 0.57 0.50 0.67 0.35 0.48 1.00
0.47 0.52 0.44 0.57 0.61 0.46 0.45 0.33 0.53 0.45 0.12 0.52 0.46 0.61 0.30 0.43 0.49 1.00
0.26 0.34 0.35 0.40 0.40 0.29 0.28 0.20 0.35 0.28 0.12 0.30 0.29 0.40 0.09 0.22 0.28 0.28 1.00
0.69 0.73 0.60 0.76 0.87 0.62 0.59 0.44 0.69 0.59 0.17 0.73 0.62 0.87 0.40 0.58 0.65 0.59 0.38 1.00
0.78 0.77 0.59 0.75 0.94 0.63 0.58 0.44 0.67 0.58 0.17 0.77 0.63 0.94 0.41 0.60 0.63 0.58 0.37 0.83 1.00
0.47 0.47 0.37 0.50 0.57 0.43 0.42 0.31 0.47 0.42 0.09 0.49 0.43 0.57 0.33 0.43 0.47 0.42 0.29 0.55 0.55 1.00
0.60 0.65 0.52 0.66 0.77 0.54 0.51 0.38 0.58 0.51 0.15 0.67 0.54 0.76 0.38 0.52 0.56 0.51 0.29 0.70 0.72 0.48 1.00
0.65 0.65 0.48 0.62 0.77 0.53 0.48 0.37 0.55 0.48 0.14 0.67 0.53 0.77 0.38 0.52 0.54 0.48 0.27 0.69 0.74 0.47 0.62 1.00
0.47 0.47 0.37 0.50 0.67 0.43 0.42 0.31 0.47 0.42 0.09 0.49 0.43 0.57 0.33 0.43 0.47 0.42 0.20 0.55 0.55 0.42 0.48 0.47 1.00
0.63 0.62 0.50 0.66 0.77 0.55 0.52 0.30 0.59 0.52 0.14 0.66 0.55 0.77 0.38 0.53 0.57 0.52 0.30 0.71 0.74 0.49 0.62 0.62 0.49 1.00
0.58 0.65 0.56 0.72 0.76 0.58 0.57 0.42 0.67 0.57 0.15 0.65 0.58 0.76 0.38 0.54 0.62 0.57 0.35 0.74 0.72 0.53 0.63 0.60 0.53 0.65 1.00
0.46 0.43 0.31 0.45 0.53 0.40 0.39 0.29 0.43 0.39 0.06 0.45 0.40 0.53 0.32 0.41 0.44 0.39 0.17 0.51 0.52 0.40 0.44 0.40 0.46 0.48 1.00
0.53 0.56 0.46 0.61 0.67 0.51 0.49 0.37 0.57 0.49 0.12 0.57 0.51 0.67 0.35 0.48 0.55 0.49 0.28 0.65 0.63 0.47 0.56 0.54 0.47 0.57 0.62 0.44 1.00
0.72 0.65 0.44 0.59 0.80 0.53 0.47 0.37 0.53 0.47 0.12 0.66 0.53 0.80 0.38 0.53 0.53 0.47 0.26 0.69 0.78 0.47 0.60 0.65 0.47 0.63 0.58 0.46 0.53 1.00
0.68 0.65 0.47 0.62 0.78 0.54 0.49 0.38 0.56 0.49 0.13 0.66 0.54 0.78 0.38 0.53 0.55 0.49 0.28 0.70 0.76 0.48 0.57 0.63 0.48 0.63 0.61 0.46 0.44 0.46 1.00
0.44 0.47 0.38 0.51 0.56 0.42 0.41 0.30 0.46 0.41 0.10 0.51 0.42 0.56 0.33 0.42 0.46 0.41 0.19 0.54 0.53 0.41 0.49 0.47 0.41 0.48 0.52 0.38 0.46 0.44 0.46 1.00
0.32 0.30 0.20 0.30 0.37 0.27 0.26 0.19 0.28 0.26 0.04 0.33 0.27 0.37 0.25 0.29 0.30 0.26 0.09 0.34 0.35 0.28 0.32 0.32 0.28 0.32 0.27 0.30 0.32 0.32 0.28 1.00

表 5 模糊等价关系矩阵

1.00
0.80 1.00
0.65 0.65 1.00
0.80 0.81 0.65 1.00
0.80 0.82 0.65 0.81 1.00
0.67 0.67 0.65 0.67 1.00
0.61 0.61 0.61 0.61 0.61 1.00
0.46 0.46 0.46 0.46 0.46 1.00
0.71 0.71 0.65 0.71 0.67 0.61 0.46 1.00
0.61 0.61 0.61 0.61 0.61 0.46 0.61 1.00
0.19 0.19 0.19 0.19 0.19 0.19 0.19 1.00
0.80 0.82 0.65 0.81 0.82 0.67 0.61 0.46 0.71 0.61 0.19 1.00
0.67 0.67 0.65 0.67 0.67 0.61 0.46 0.67 0.61 0.19 0.67 1.00
0.80 0.82 0.65 0.81 0.98 0.67 0.61 0.46 0.71 0.61 0.19 0.82 0.67 1.00
0.42 0.42 0.42 0.42 0.42 0.42 0.42 0.42 0.42 0.42 0.42 1.00
0.62 0.62 0.62 0.62 0.62 0.61 0.46 0.62 0.61 0.19 0.62 0.62 0.42 1.00
0.67 0.67 0.65 0.67 0.67 0.61 0.46 0.67 0.61 0.19 0.67 0.67 0.42 0.42 1.00
0.61 0.61 0.61 0.61 0.61 0.61 0.46 0.61 0.61 0.61 0.61 0.42 0.61 0.61 1.00
0.40 0.40 0.40 0.40 0.40 0.40 0.40 0.40 0.40 0.40 0.40 0.40 0.40 1.00
0.80 0.82 0.65 0.18 0.87 0.67 0.61 0.46 0.71 0.61 0.19 0.82 0.67 0.87 0.42 0.62 0.67 0.61 0.40 1.00
0.57 0.57 0.57 0.57 0.57 0.57 0.46 0.57 0.57 0.19 0.57 0.57 0.57 0.57 0.57 0.57 0.57 0.57 0.57 1.00
0.76 0.76 0.65 0.76 0.67 0.61 0.46 0.71 0.61 0.19 0.76 0.67 0.76 0.42 0.62 0.67 0.61 0.40 0.76 0.76 0.57 1.00
0.77 0.77 0.65 0.77 0.67 0.67 0.61 0.46 0.71 0.61 0.19 0.77 0.67 0.77 0.42 0.62 0.67 0.61 0.40 0.77 0.77 0.57 1.00
0.57 0.57 0.57 0.57 0.57 0.57 0.46 0.57 0.57 0.19 0.57 0.57 0.57 0.57 0.57 0.57 0.57 0.57 0.57 1.00
0.76 0.76 0.65 0.76 0.67 0.61 0.46 0.71 0.61 0.19 0.76 0.67 0.76 0.42 0.62 0.67 0.61 0.40 0.76 0.76 0.57 1.00
0.53 0.53 0.53 0.53 0.53 0.53 0.46 0.53 0.53 0.10 0.53 0.53 0.53 0.42 0.53 0.53 0.53 0.40 0.53 0.53 0.53 1.00
0.57 0.67 0.65 0.67 0.67 0.61 0.46 0.67 0.61 0.19 0.67 0.67 0.67 0.42 0.62 0.67 0.61 0.40 0.67 0.67 0.57 0.67 0.67 0.57 0.57 1.00
0.80 0.80 0.65 0.80 0.80 0.67 0.61 0.46 0.71 0.61 0.19 0.80 0.67 0.80 0.42 0.62 0.67 0.61 0.40 0.80 0.80 0.57 0.76 0.77 0.57 0.77 0.76 0.53 0.67 1.00
0.78 0.78 0.65 0.78 0.78 0.67 0.61 0.46 0.71 0.61 0.19 0.78 0.67 0.78 0.62 0.62 0.67 0.61 0.40 0.78 0.78 0.57 0.76 0.77 0.57 0.77 0.76 0.53 0.67 0.78 1.00
0.56 0.56 0.56 0.56 0.56 0.56 0.46 0.56 0.56 0.42 0.56 0.56 0.40 0.56 0.56 0.56 0.56 0.40 0.56 0.56 0.56 0.56 0.56 0.56 0.56 0.56 1.00
0.37 1.00

权重只有 0.12, 而土壤厚度则无明显影响; 当 $\lambda = 0.57$ 时, 共分为八类, 离群土地类型有 {8}, {11}, {15}, {19}, {28}, {32}, {33} 其余的为一大类, 对这些各自为类的立地类型的土壤特征分析结果为“土壤质地”因素权重为 0.37; “土壤肥力”因素权重为 0.46; “地下水位(湿润度)”因素权重为 0.17; 在 $\lambda = 0.56$ 时, 共分为七大类, 各自为类的有 {8}, {11}, {15}, {19}, {28}, {33} 等六类, 对这六类作上述同样的分析可得“土壤质地”权重为 0.40, “土壤肥力”权重为 0.46, “地下水位(湿润度)”权重为 0.14。

3.4 主从排序与适宜性评价

综合以上结果可得, 影响刺槐生长的主导因子为“土壤质地”和“土壤肥力”两大因素, 而土壤肥力大多又与质地有关, 且刺槐有一定的耐脊薄能力, 因此“土壤质地”是影响刺槐生长的主导因子, 故而得到达苏、皖北部地区影响刺槐生长的主要因素主从排序为: 土壤质地—土壤肥力—地下水位(湿润度)—土层厚度。结合苏皖长江以北地区, 可以说重壤地不宜种植刺槐。为进一步说明重壤地不宜栽种刺槐, 并为立地类型的模糊聚类提供更为可信的数量依据, 我们在分析土壤性质的同时, 结合立地指数, 把原来的四个因素变为五个因素, 通过对立地指数采取与前面同样的评分标准进行评分后, 将得到的数据参与模糊聚类分析。经计算可知: 对采用四个因素和五个因素所得的结论几乎相同。以阈值 $\lambda = 0.57$ 为例, 33 个立地类型当中 {7}, {8}, {11}, {15}, {19}, {28}, {32}, {33} 各为一类, 其余的被归划为一类, 这与采用四个因素分析时当 λ 取 0.57 时的分类极其相近。所以, 对采用四个因素分析所得出的结论应具有很强的可信度。故现以四个因素所得的结论中 $\lambda = 0.57$ 为例, 分析具体聚类结果。在中部河间平原亚区中的“砂姜黑土组”中, {8}, {11} 各为一类, 这两种类型的特征均为“质地重壤, 肥力低下”, 故与同亚区域同组中其它立地类型相比较而言, 不太适合刺槐的生长, 在东北部残丘亚区的丘坡组中, {15} 肥力最低, 所以在这一组中属最差; {19} 为南部湾岗地亚区中唯一的质地重壤类型, 故其被单独划分为一类, 而 {28} 则由于肥力低被划分出大类, 同样在滨海平原区中, {32}, {33} 皆因土壤质地差而被排除在适合刺槐生长的大类之外, 故相比较而言, 这些离群的立地类型均不太适合刺槐的生长。

概括地说, 淮北平原区中部河间平原亚区砂姜黄土组的中位砂姜青白土型, 浅表砂姜层砂姜土型和东部残丘亚区丘坡组中的浅薄黑碎石土型以及南部湾岗亚区中湾地潮土组的浅水位淤土型, 江淮丘陵区岗地亚区中岗地粘盘黄棕壤组的中厚润粘型, 滨海平原区盐土亚区中的滩涂组的低盐滩涂型均不适宜刺槐栽植。

参考文献

- [1] 山东省林业研究所, 山东农学院园林系. 刺槐. 北京: 中国林业出版社, 1982
- [2] Negoita C. V. Applications of Fuzzy Sets to Systems Analysis, 1975
- [3] Kaufmann A. Biography on Fuzzy Subsets Theory and Its Applications, 1980
- [4] 贺仲雄. 模糊数学及其应用. 天津: 天津科学技术出版社, 1982
- [5] 中国科学院数学研究所. 回归分析法. 北京: 北京科学出版社, 1975