

毛乌素沙区灌木立地质量数量化 表两种编制方法的比较*

朱灵益 于九如 杨忠信 王北 韦少敏 王葆芳

摘要 应用两种方法编制了毛乌素沙区常见的8种灌木的数量化表。第一种方法用数量化理论(I)模型,直接编制灌木生物量对各立地因子的数量化表,第二种方法应用经济计量学中联立方程模型的建模思想,将数量化理论(I)模型与多元回归模型结合起来,先分别编制灌木种的冠幅、灌高对各立地因子数量化表,然后将其所得数值代入各灌木种生物量(单株/丛干重)对冠幅、灌高的多元回归模型中。最后通过理论值与实际值计算出相对误差值。结果是第一种方法编制的8个灌木种数量化表,相对误差为10%~19%,第二种方法编制的8个灌木种数量化表相对误差为46%~359%。

关键词 灌木、立地质量、生物量、数量化理论(I)模型

70年代后期,我国开始对乔木树种用定量方法评价立地质量,但灌木林至今还使用定性方法评价立地质量,满足不了当前生产发展的要求。何况我国干旱区面积大,占国土总面积约1/3,区内沙漠、盐碱、黄土、山地等土地类型生长着灌木树种。因此科学地适地适树造林,关系我国西北地区大农业的开发利用。为此,将灌木林立地质量评价列入国家“七五”科技攻关专题,对8个灌木树种,柠条(*Caragana intermedia* Kuang.),毛条(*Caragana korshinskii* Kom.),花棒(*Hedysarum scoparium* Bge.),踏郎(*Hedysarum laeve* B.),沙柳(*Salix psommophila* C.),沙棘(*Hippophae rhamnoides* L.),白沙蒿(*Artemisia sphaerocephala* Krasch),黑沙蒿(*Artemisia ordosica* Willd),用两种方法研究以灌木树种生物量作为指标评价立地质量。第一种方法是数量化理论(I)^[1],第二种方法应用经济计量学中联立方程模型的建模思想^[2],将数量化理论(I)模型与多元回归模型结合起来,先分别编制灌木的冠幅、灌高对各立地因子的数量化,然后将其所得数值代入各灌木种生物量对冠幅、灌高的多元回归模型中。最后通过理论值与实际值计算出相对误差值,比较这两种方法那一种方法更接近实际值。

1 调查方法和项目、类目的选择

1.1 外业调查

按土地类型随机取样,调查内容:立地因子包括沙地、黄土地、滩地、盐碱地、梁地;

1992—06—29收稿。

朱灵益副研究员,王葆芳(中国林业科学研究院林业研究所北京100091);于九如,韦少敏(天津大学);杨忠信(陕西省榆林地区治沙研究所);王北(宁夏回族自治区农林科学院林业研究所)。

*本文是“七五”国家重点攻关专题“毛乌素沙地立地分类评价和适地适树的研究”的一部分。参加野外调查的还有宝音、周心澄、李金昌、孙德祥、郭建斌、李生宝、党兵、陈晨。

非立地因子包括年龄、密度、平茬次数、风蚀沙埋厚度、调查月份。

调查样方面积300 m²，分成3等分，每小样方面积100 m²，每个立地因子重复3~5次，每个树种调查200~300块标准地，8个灌木种共调查标准地2275块。

1.2 半定位观测

在陕西、宁夏、内蒙三个省(区)，按8个灌木种设置23个立地类型。观测时间为1987~1989年，每年从5月至9月，每月调查2次。调查内容有冠幅、灌高、地径、年龄、密度、生物量湿重、以及生物量干湿比系数。

1.3 数量化表项目、类目的选择

数量化表项目、类目的内容关系到制定数量化表的精度和使用的简便。如项目、类目太多势必增加野外调查工作量，使用时又过于繁琐，如果漏掉主要项目就要降低精度。根据以往多年定位观察和野外调查的经验，初步确定各灌木种的项目和类目，然后经过运算将偏相关系数最小的项目删掉。经t检验把差异不显著的类目进行合并，编制出数量化表，再进行F值检验相关系数(R)值，该数值反映了一定水平下预测模型的可用性。

8种灌木项目、类目的划分见表1。

表1 8种灌木项目、类目的划分

项 目	类 目						
	1	2	3	4	5	6	7
地 貌	黄土梁	硬梁	软梁	湿滩	干滩	轻盐碱滩	沙丘
流动状况	流动、半流动	半固定	固定	无伏沙			
沙丘大小	中型以上	小型	平沙地				
坡 位	顶部上部	中部	下部	平地	丘间地	坡麓	
坡 向	阳坡	半阳坡	阴坡	半阴坡	平地		
坡 度	平地(<1°)	平缓地(1~2°)	缓坡(3~5°)	缓斜坡(6~9°)	斜坡(10~17°)	斜坡(>17°)	
调查月份	6	7	8	9			
风蚀沙埋	沙埋	风蚀	无风蚀沙埋				
平茬次数	0	1	2	3	4	5~6	
年 龄	按实际年龄情况确定等级						
密 度	按各树种的实际密度确定等级						

2 结果与分析

2.1 模型简介及编制数量化表

在数量化理论(I)中，因变量与各项目、类目的反应，遵从下列线性模型：

$$y_i = \sum_{j=1}^m \sum_{k=1}^{r_j} \delta_i(j \cdot k) b_{jk} + \epsilon_i \quad i = 1, 2, \dots, n \quad (1)$$

其中 $\delta_i(j \cdot k)$ ($i = 1, 2, \dots, n$; $j = 1, 2, \dots, m$; $k = 1, 2, \dots, r_j$)为j项目的k类目在第i样本中的反应， b_{jk} 是依赖于j项目的k类目的常系数，即k类目的得分数； ϵ_i 是第i次抽样的随机误差项；m为项目个数； r_j 为第j项目类目个数； y_i 为灌木树种单株生物量。

经计算得出柠条、花棒多因子立地质量数量化表(表2、3，其它灌木种表省略)。

表2 花柳多因子立地质量数量化表

项 目	类 目	干重(kg)		项 目	类 目	干重(kg)	
		得分	范围/偏相关			得分	范围/偏相关
沙丘大小	中型以上沙丘	0.144 09		月 份	6	0.440 59	
	小型沙丘	0.109 14	0.135 12		7	0.314 93	0.413 16
	平沙地	0.008 97	0.094 48		8	0.437 58	0.372 56
部 位	上、中、下	0.004 77	0.071 87	9	0.027 43		
	丘间地	0.076 64	0.050 24	1~2	-0.540 62		
	0~800	2.250 76		3~4	-0.229 80		
密 度 (株/hm ²)	801~1 200	0.806 46		5~6	-0.020 42		
	1 201~1 600	0.652 50		7~8	0.109 76	0.822 64	
	1 601~2 000	0.675 92	2.204 41	(a) 9~10	0.282 02	0.496 03	
	2 001~3 000	0.358 93	0.751 40	11~12	-0.138 06		
	3 001~4 000	0.152 01		13~14	-0.168 31		
	4 000以上	0.146 35		20	0.054 62		
复相关系数	0.857 33	剩余标准差	0.167 16	F值检验	129.798	F _{0.01} = 3.20	

表3 柠条多因子立地质量数量化表

项 目	类 目	干重(kg)		项 目	类 目	干重(kg)	
		得分	范围/偏相关			得分	范围/偏相关
地 貌	沙丘	-0.092 60		年 龄 (a)	1	0.072 81	
	硬梁	-0.115 65	0.131 90		2	-0.107 62	
	干滩	0.004 01	0.222 97		3	-0.072 13	
	黄土	0.016 25			4	-0.088 77	
沙丘流动状况	流动、半流动	0.035 17	0.117 96	5	-0.068 78	0.264 13	
	固定、半固定	-0.082 99	0.079 77	6	-0.007 58	0.348 27	
	无伏沙	0.014 53		7	-0.191 32		
沙丘大小	中型以上沙丘	0.327 89	0.291 93	8	-0.048 69		
	小型沙丘	0.265 84	0.152 08	9~10	0.126 93		
	平沙丘	0.035 96		11~12	0.032 53		
平茬次数	0	0.309 47		密 度 (株/hm ²)	400~1 200	0.239 70	
	1	0.303 12			1 201~1 900	0.786 15	
	2	0.316 81	0.282 01		1 901~2 480	0.385 95	0.699 94
	3	0.380 76	0.220 02		2 481~3 600	0.353 18	0.733 59
	4	0.212 56			3 601~4 400	0.278 42	
	5~6	0.034 74			4 401~5 800	0.294 83	
月 份	6	0.040 92		5 801~9 500	0.086 21		
	7	-0.117 06	0.198 35				
	8	-0.157 43	0.388 63				
	9	0.024 43					
复相关系数	0.838 72	剩余标准差	0.028 15	F值检验	115.895	F _{0.01} = 2.63	

首先建立冠幅、灌高与立地因子间的数量化(I)模型,然后再建立单株干重与冠幅、灌高之间的多元线性回归模型。

$$\begin{cases} (GD)_i = \sum_{j=1}^m \sum_{k=1}^{r_j} \delta_i^{(1)}(j \cdot k) b_{jk}^{(1)} + \varepsilon_{1i} \\ (GF)_i = \sum_{j=1}^m \sum_{k=1}^{r_j} \delta_i^{(2)}(j \cdot k) b_{jk}^{(2)} + \varepsilon_{2i} \\ (DEGE) = a_0 + a_1(GD)_i + a_2(GF)_i + \varepsilon_{3i} \end{cases} \quad (2)$$

GD 为灌高, GF 为冠幅, $DEGE$ 为单株干重(kg)。计算得出花棒、柠条多因子立地质量数量化表(表4、5)。

表4 花棒多因子立地质量数量化表

项 目	类 目	冠幅 GF		灌高 GD	
		得 分	范围/偏相关	得 分	范围/偏相关
沙丘大小	中型以上沙丘	-0.020 00		-0.070 00	
	小型沙丘	-0.100 00	<u>-0.080 00</u>	-0.080 00	<u>-0.010 00</u>
	其 它	-0.060 00	0.032 74	-0.075 00	0.164 00
沙丘部位	丘 间 地	0.480 00	<u>0.520 00</u>	0.290 00	<u>0.180 00</u>
	上、中、下	1.080 00	0.113 34	0.110 00	<u>0.265 80</u>
	平缓沙地	-0.040 00		0.130 00	
月 份	6	0.080 00		0.510 00	
	7	0.110 00	<u>0.260 00</u>	0.320 00	<u>0.490 00</u>
	8	-0.150 00	0.077 07	0.420 00	<u>0.265 80</u>
	9	0.040 00		0.020 00	
年 龄 (a)	1~2	-2.490 00		-0.590 00	
	3~4	-1.120 00		0.070 00	
	5~6	-0.980 00		0.100 00	
	7~8	-0.860 00	<u>0.850 00</u>	0.400 00	<u>1.690 00</u>
	9~10	-0.480 00	0.538 97	0.560 00	<u>0.687 10</u>
	11~12	-0.840 00		0.480 00	
	13~14	-0.200 00		0.730 00	
密 度 (株/hm ²)	20	0.650 00		1.100 00	
	0~400	6.620 00		0.870 00	
	401~800	3.440 00		0.690 90	
	801~1 200	2.120 00		0.540 00	
	120 1~1 600	2.320 00	<u>5.490 00</u>	0.590 00	<u>0.530 00</u>
	160 1~200 0	2.130 00	0.670 87	0.690 00	<u>0.358 50</u>
	200 1~300 0	1.730 00		1.370 00	
300 1~400 0	1.240 00		0.349 00		
400 1~600 0	1.130 00		0.340 00		
复 概 关	0.836 15		0.820 00		
剩余标准差	1.017 16		0.344 01		
F 值检验 F=0.01	F=69.717**	F _{0.01} =3.14	F=61.575**		
$y = -0.436 2 + 0.230 8(GF) + 0.718 3(GD)$				R=0.730 2	
				S=0.734 2	

表5 柠条多因子立地质量数量化表

项 目	类 目	冠 幅 (x_1)		灌 高 (x_2)	
		得 分	范围/偏相关	得 分	范围/偏相关
地 貌	黄 土 梁	0.131 23		0.070 73	
	硬 梁	-0.180 34		-0.172 23	
	干 滩	-0.027 64	<u>0.194 16</u>	-0.037 47	<u>0.238 16</u>
	软 梁	0.166 52	0.241 16	0.200 69	0.279 44
	其 它	0.022 44		0.015 43	
沙丘流动状况	流动半流动	-0.175 16		0.032 62	
	固定半固定	0.161 73	<u>0.336 89</u>	0.120 43	<u>0.087 81</u>
	其 它	0.039 78	0.099 84	0.043 52	0.151 32
沙丘大小	中型以上沙丘	0.767 8		0.370 89	
	小型沙丘	0.729 4	<u>0.518 76</u>	0.313 68	<u>0.201 01</u>
	其 它	0.249 04	0.150 08	0.169 88	0.299 82
沙丘部位	丘 间 地	-0.132 14		-0.031 33	
	上 中 下	0.122 00	<u>0.137 85</u>	0.167 80	<u>0.190 29</u>
	平缓沙丘	0.132 78	0.198 45	-0.022 49	0.263 64
	其 它	-0.005 07		0.068 24	
月 份	6	0.201 47		0.061 17	
	7	-0.142 25	<u>0.201 94</u>	-0.011 40	<u>0.072 57</u>
	8	-0.000 44	0.326 59	-0.044 56	0.517 32
	9	0.131 33		-0.238 67	
年 龄 (a)	1	-0.240 05		-0.020 17	
	2	-0.110 03		0.011 35	
	3	-0.071 14		0.063 51	
	4	-0.100 99		0.072 03	
	5	0.069 12	<u>0.410 71</u>	0.122 74	<u>0.180 02</u>
	6	0.019 80	0.336 82	0.123 49	0.232 82
	7	-0.178 65		0.107 17	
	8	-0.099 90		0.059 70	
	9~10	0.339 57		0.159 85	
	11~12	0.221 65		0.108 05	
密 度 (株/hm ²)	400~1 200	0.569 12		0.499 84	
	1 201~1 900	0.670 99		0.406 89	
	1 901~2 480	0.563 23		0.432 15	
	2 481~3 600	0.470 47		0.418 18	
	3 601~4 400	0.284 35	<u>0.451 35</u>	0.385 25	<u>0.271 26</u>
	4 401~5 800	0.276 92	0.349 74	0.292 00	0.275 27
	5 801~9 500	0.219 64		0.228 58	
复 相 关	0.667 99		0.710 53		
剩 余 标 准 差	0.351 49		0.171 99		
F 值 检 验	$F = 24.5179^{**}$		$F = 31.025^{**}$		
$F_{\alpha} = 0.01$		$F_{0.01} = 2.725$			
$y = -0.225 1 + 0.336 8x_1 + 0.536 5x_2$			$R = 0.694 1$		
			$S = 0.272 8$		

2.2 两种模型精度比较

为了比较两种数学模型编制的灌木种立地质量数量化表估计精度, 用估计值与实际值的相对误差来评价, 即 $100(y_i - \hat{y}_i)/y_i$, y_i 为实际值, \hat{y}_i 为估计值。经计算得出两种数学模型 8 个灌木生物量残差相对精度表 (表 6)。

表6 两种数学模型生物量精度检验比较表

灌木种	实际单株 生物量干重平均值 (kg)	第一种——数量化理论(I)		第二种——多元联立方程	
		平均相对误差 (%)	相对误差<30% 的样方比例 (%)	平均相对误差 (%)	相对误差<30% 的样方比例 (%)
柠条	0.636	12	100	56	47
毛条	0.818	10	100	959	15
花棒	0.939	15	100	46	27
踏郎	0.172	18	94	63	31
白沙蒿	0.298	18	87	52	73
黑沙蒿	0.128	18	86	308	0
沙柳	0.225	19	85	278	15
沙棘	0.372	15	100	184	9

从表 6 可以看出, 用数量化理论(I)数学模型编制的 8 个灌木种生物量表, 其精度比用联立方程编制的表要高得多, 平均相对误差都小于 20%。而用第二种方法编制的 8 个灌木种生物量数量化表, 平均相对误差最小的为 46%, 精度不够不能使用。

3 结论与讨论

(1) 用第一种方法编制 8 个灌木种生物量数量化表, 平均相对误差不超过 20%; 而用第二种方法编制的 8 个灌木种生物量数量化表, 平均相对误差最小 46%, 精度不够不能使用。

(2) 用第二种方法编制的数量化表, 精度偏低原因有以下两点: ①由于各个灌木种生物学特性不一样, 有的灌木种萌蘖性强, 经过平茬或沙埋后萌蘖出很多枝条, 所以只用灌高、冠幅不能完全反映地上部分生物量, 还应该增加萌条量这个变量。②以灌高、冠幅为因变量, 立地因子为自变量, 所得数据, 又以灌高、冠幅为自变量, 生物量为因变量, 再代入多元回归模型, 多了一次转换势必增加了误差。

参 考 文 献

- 董文泉, 周光亚, 夏立显. 数量化理论及其应用. 吉林: 人民出版社, 1979. 1~48.
- 吴永业. 经济计量学. 北京: 中国铁道出版社, 1987. 166~224.

A Comparison of Quantitative Tables of Site Quality for Shrubs Established by Two Different Methods

Zhu Lingyi Yu Jiuru Yang Zhongxin Wang Bei
Wei Shaomin Wang Baofang

Abstract Two different methods were used to establish the quantitative tables of site quality for 8 common species of shrubs: *Caragana intermedia*, *Caragana korskinskii*, *Hedysarum scoparium*, *Hedysarum laere*, *Salix spammophila*, *Artemisia ordosica*, *Artemisia sphaerocephala* and *Hippophae rhamnoides*. Weight of biomass of the shrubs was used as an index to establish the tables. The model of quantitative theory (I) was used to establish the first table. The second table was established by using the combination of model of quantitative theory (I) and model of multiple regression. At first, the quantitative tables of the crown width and shrub height were worked out, then the data was used in the model of multiple regression. Finally, the relative errors were calculated through theoretic values and realistic values. The relative errors of the first table was 10%~19%, while those of the second one 46%~359%.

Key words shrub, site quality, biomass, model of quantitative theory (I)

Zhu Lingyi, Associate Professor, Wang Baofang (The Research Institute of Forestry CAF Beijing 100091), Yu Jiuru, Wei Shaomin (Tianjin University), Yang Zhongxin (The Research Institute of Sand Control in Yulin Prefecture, Shanxi Province), Wang Bei (The Research Institute of Forestry, Ningxia Academy of Agriculture).