

小叶锦鸡儿灌丛地上生物量的预测模式*

姜凤岐 卢凤勇

(中国科学院林业土壤研究所)

研究绿色植物地上部分的现存量(Standing crop)主要有三种方法 (Chapman, 1976; 李文华, 1978), 一种是直接收获法, 象收获农作物和牧草那样, 全部刈割后称重; 第二种是标准地或样方内全收获法, 用以推算出单位面积或整体的生物量; 第三种是采用数学模拟的方法, 根据一定的实测数据建立起生物量总量或各组分(象树木的干、枝、叶)与简单易测的测量因子(如树高或胸径)的相关方程并逐一计算。农作物和牧草等草本植物易被收割, 因此, 采取前两种方法是可行的, 而对于多年生的木本植物则很难办到, 人们通常是用第三种方法, 即数学模拟法加以估计。而我们见到的大多数报道其研究对象是以乔木为主的森林, 对灌木为主的灌丛植被生物量的测定尚属缺如。

灌丛植被在我国有广泛地分布, 它们不但具有一定的经济价值, 而且具有重要的生态学意义。特别是分布在我国“三北”地区的各类灌丛, 大多数是优良的饲料和燃料, 同时, 在防风固沙、保持水土, 维持这一地区生态平衡(尽管是相当脆弱的)方面发挥着积极的作用。小叶锦鸡儿(*Caragana microphylla*)灌丛是科尔沁沙地的主要植被类型。研究小叶锦鸡儿灌丛生物量的变化、组成, 对预测沙地的演替方向以及决定放牧的措施将提供科学依据。本文试图以数量化理论 I 建立单个小叶锦鸡儿灌丛地上生物量(即现存量)与灌丛平均高、平均地径、株数和生长状况的相关方程, 用来预测锦鸡儿灌丛的生物量。

一、数学模式的基本原理

日本学者林知己夫五十年代建立的数量化理论 I (董明春等, 1980; 朱劲伟等, 1980; 陈楚莹等, 1980) 的基本原理, 是假定因变量 Y 依赖于自变量 $X_j (j=1, 2, 3, \dots, M)$, X_j 为项目, M 是自变量的总个数。当 X_j 为数量化的量时, 如长度、高度、角度、……, 可把这些量分成若干等级; 当 X_j 为非数量化项目时, 如坡向、地形……, 则可把这些项目分成若干类别。这些等级和类别统称为类目。 X_j 可分成 r_j 类, 并以 C_{jk} 表示 ($k=1, 2, 3, \dots, r_j$)。本理论的要点对 C_{jk} 评分。样本在类目中是否落入叫做反应, 以 $\delta_{i(jk)}$ 表示:

$$\delta_{i(jk)} = \begin{cases} 1 & \text{当第 } i \text{ 个样本落入项目 } X_j \text{ 的 } k \text{ 类目时} \\ 0 & \text{否则} \end{cases}$$

这样, 可以把所有样本在各类目中的反应结果列一个反应表。

因变量 Y 可以视做自变量 X_j 各自做出一定贡献的结果, 当 $X_j \in C_{jk}$ 时, 对因变量 Y 具有相同的贡献。 C_{jk} 具有一个确定的值, 称得分。对于第 i 个样本, 将在 $j=1, 2, \dots, M$ 中所取得

* 本项工作是在曹新孙先生指导下进行的。

的得分相加, 总得分即为 Y_i 的估计值 $\hat{Y}_i$, 其方程 是:

$$\hat{Y}_i = \sum_{j=1}^M \sum_{k=1}^{r_j} \hat{C}_{jk} \delta_{i(jk)} \quad (1)$$

应用最小二乘法求 $\sum_{i=1}^n (Y_i - \hat{Y}_i)^2$ 对 C_{jk} 的偏导数, 令其为零, 即可解出 C_{jk} 的估计值 $\hat{C}_{jk}$, $\hat{C}_{jk}$ 是下面方程的解:

$$\sum_{j=1}^M \sum_{k=1}^{r_j} \hat{C}_{jk} f_{lm}(jk) = \sum_{i=1}^n Y_i \delta_i(lm) \quad (2)$$

式中 $l=1, 2, \dots, M$; $j=1, 2, \dots, M$; $m=1, 2, \dots, r_l$; $k=1, 2, \dots, r_j$; $i=1, 2, \dots, n$

当第 i 个样本 $X_j \in C_{jk}$ 时, $\delta_{i(jk)} = 1$, 否则, $\delta_{i(jk)} = 0$

$$f_{lm}(jk) = \sum_{i=1}^n \delta_i(lm) \delta_{i(jk)}$$

实际上, $f_{lm}(jk)$ 是 $X_i \in C_{lm}$, 且 $X_j \in C_{jk}$ 同时发生的个数。从矩阵理论得知, 公式 (2) 可以表示为

$$X^T X \hat{C} = X^T Y \quad (3)$$

式中 X 为反应矩阵, 其转置矩阵为 X^T , $\hat{C}$ 为未知量即得分 $\hat{C}_{jk}$ 所形成的列向量, Y 为样本中的因变量形成的列向量。以上表示有 $\sum_{j=1}^M r_j$ 个未知数, 根据线性代数的知识, 也应该有 $\sum_{j=1}^M Y_j$ 个方程, 但其中最多只有 $\sum_{j=1}^M r_j - (M-1)$ 个是线性无关的, 因此, 可设 $C_{j1} = 0 (j=2, 3, \dots, M)$, 在此条件下, 求 (2) 式或 (3) 式的解, 便可唯一的求出 C_{jk} , 从而完成了对 X_j 的数量化。

二、小叶锦鸡儿灌丛地上生物量预测的数学模式

用于建立小叶锦鸡儿灌丛地上生物量预测数学模式的基本资料系作者1981年9月在内蒙古昭乌达盟翁牛特旗乌兰敖都地区直接调查所取得。该地区属于半干旱沙地灌丛地带(中国植被编委会, 1980), 主要由固定沙丘、半固定沙丘、流动沙丘以及丘间低地(或草甸)镶嵌组成的复合地貌。据近10年气象资料统计*, 年平均气温6.7℃, 年降雨量平均为286.2毫米, 蒸发量为2501.2毫米, 平均干燥度为1.99。≥8级的大风日数平均为75.3天。可见, 风沙干旱是该区气候的重要特点。

小叶锦鸡儿抗严寒和酷热, 耐瘠薄, 耐旱力强, 是固定沙地的重要灌木树种, 也是良好的薪炭和饲料树种。在本区, 小叶锦鸡儿以灌丛形式广泛分布在固定沙丘、半固定沙丘和流动沙丘上, 盖度在1—20%之间, 为该区最适生的灌木树种。

试样采用全刈法, 分别量取每丛灌木的平均高、平均根径、株数, 并立即称重(鲜重), 然后抽样在室内测叶、嫩枝和老枝的比例及含水率, 并换算出单丛总干重及叶、嫩枝和老枝的分干重(见表1)。

按着数量化理论 I 计算程序的要求, 将上述影响小叶锦鸡儿灌丛地上生物量(因变量)的主要实测因子(自变量): 平均高、平均地径、株数、生长状况4个项目划分为24个类目列于表2。

* 根据翁牛特旗海金山气候站1971—1980年气象资料统计整理。

表 1

小叶锦鸡儿灌丛样本生长和生物量调查表

样本号	平均高 (厘米)	平均地径 (厘米)	株 数	鲜 重 (斤)	干 重 (斤)			
					合 计	叶	嫩 枝	老 枝
1	55.8	1.05	93	5.3	3.483	0.388	1.041	2.054
2	51.2	0.83	73	4.3	2.466	0.315	0.485	1.666
3	46.0	0.72	55	3.1	2.037	0.227	0.609	1.201
4	46.8	0.72	57	2.2	1.446	0.161	0.432	0.853
5	71.1	0.92	105	19.0	12.840	1.522	1.900	9.418
6	111.3	0.96	175	22.0	14.868	1.762	2.200	10.906
7	73.3	0.71	157	9.4	6.353	0.753	0.940	4.660
8	104.3	1.13	52	9.4	6.353	0.753	0.940	4.660
9	75.1	0.88	101	17.9	12.097	1.434	1.790	8.873
10	62.0	1.10	94	5.5	3.717	0.441	0.550	2.726
11	55.0	0.40	70	4.2	2.838	0.336	0.420	2.082
12	66.0	0.72	100	9.1	5.942	0.889	0.741	4.312
13	123.0	1.50	89	39.0	25.321	3.812	3.174	18.480
14	84.0	0.73	135	14.3	9.387	1.397	1.164	6.776
15	90.0	0.35	58	7.3	5.093	0.762	0.635	3.696
16	73.0	0.42	105	9.9	5.497	0.967	0.806	4.691
17	85.0	0.68	274	23.9	15.605	2.335	1.945	11.325
18	76.0	0.33	50	4.6	2.950	0.516	0.470	1.964
19	69.0	0.29	46	2.9	1.860	0.326	0.296	1.238
20	75.0	0.64	12	5.4	3.462	0.606	0.551	2.305
21	67.0	0.58	44	2.9	1.860	0.326	0.296	1.238
22	107.3	0.90	40	2.1	1.356	0.260	0.323	0.773
23	121.8	0.73	33	6.0	3.468	0.636	0.921	1.931
24	136.2	1.18	99	32.7	19.010	3.469	5.021	10.526
25	116.8	0.78	69	49.9	29.019	5.294	7.662	16.063
26	107.8	0.88	61	40.6	23.609	4.307	6.233	13.069
27	103.3	0.78	41	10.5	6.132	1.140	1.612	3.380
28	113.0	1.00	85	30.3	17.621	3.215	4.652	9.754
29	116.7	0.83	163	27.7	16.109	2.939	4.253	8.917
30	109.8	0.87	53	18.6	10.816	1.973	2.856	5.987
31	101.7	0.75	172	40.6	23.609	4.307	6.233	13.069
32	66.3	0.75	85	6.1	3.500	0.732	0.628	2.140
33	81.0	0.70	125	5.5	3.156	0.660	0.567	1.929
34	95.0	0.83	46	7.5	4.897	0.733	0.610	3.554

表 2

自 变 量 项 目

项 目		丛 平 均 高 (厘米)									平 均	
类 目	范围	40—49	50—59	60—69	70—79	80—89	90—99	100—109	110—119	>120	0.21—0.40	0.41—0.60
	代号	C ₁₁	C ₁₂	C ₁₃	C ₁₄	C ₁₅	C ₁₆	C ₁₇	C ₁₈	C ₁₉	C ₂₁	C ₂₂
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	10

原来程序要求将全部样本依次在表 2 各类目下填写反应值 $\delta_{k(jk)} = 1$ 或 0, 建立反应表。但一个样本在 24 个类目中只 4 个类目中的 $\delta_{k(jk)} = 1$, 其余 20 个类目 $\delta_{k(jk)} = 0$, 即每一项目只有一个类目反应值为 1。这样, 致使反应表相当繁杂, 为此, 将各类目编成序号 (如表 2 最下一栏), 然后将每一样本依次在每个项目中落入的类目号写出, 制成简化反应表 (见表 3), 以 BASIC 程序用美国产 Z-80 型电子计算机计算。

表 3

简 化 反 应 表

样 本 号	样本在各项目中落入的 类 目 代 号				实 测 值 (斤)				
	C ₁	C ₂	C ₃	C ₄	鲜 重	干 重			
						合 计	叶	嫩 枝	老 枝
1	2	13	17	0	5.300	3.483	0.338	1.041	2.054
2	2	12	16	0	4.300	2.466	0.315	0.485	1.666
3	1	11	15	0	3.100	2.037	0.227	0.609	1.201
4	1	11	15	0	2.200	1.446	0.161	0.432	0.853
5	4	12	18	21	19.000	12.840	1.522	1.900	9.418
6	8	12	19	21	22.000	14.868	1.762	2.200	10.906
7	4	11	19	21	9.400	6.353	0.753	0.940	4.660
8	7	13	15	21	9.400	6.353	0.753	0.940	4.660
9	4	12	18	21	17.900	12.097	1.434	1.790	8.873
10	3	13	17	21	5.500	3.717	0.441	0.550	2.726
11	2	0	16	21	4.200	2.838	0.336	0.420	2.082
12	3	11	17	21	9.100	5.942	0.889	0.741	4.312
13	9	13	17	21	39.000	25.321	3.812	3.174	18.480
14	5	11	19	21	14.300	9.387	1.397	1.164	6.776
15	6	0	15	21	7.300	5.093	0.762	0.635	3.696
16	4	10	18	21	9.900	5.497	0.967	0.806	4.691
17	5	11	19	21	23.900	15.605	2.335	1.945	11.325
18	4	0	15	20	4.600	2.950	0.516	0.470	1.964
19	3	0	15	20	2.900	1.860	0.326	0.296	1.238
20	4	11	0	20	5.400	3.462	0.606	0.551	2.305
21	3	10	15	20	2.900	1.860	0.326	0.296	1.238
22	7	12	15	0	2.100	1.356	0.260	0.323	0.773
23	9	11	14	0	6.000	3.488	0.636	0.921	1.931
24	9	13	17	0	32.700	19.010	3.469	5.021	10.526
25	8	11	16	0	49.900	29.019	5.294	7.662	16.063
26	7	12	16	0	40.600	23.609	4.307	6.233	13.069
27	7	11	15	0	10.500	6.132	1.140	1.612	3.380
28	8	13	17	0	30.300	17.621	3.215	4.652	9.754
29	8	12	19	0	27.700	16.109	2.939	4.253	8.917
30	8	12	15	0	18.600	10.816	1.973	2.856	5.987
31	7	11	19	0	40.600	23.609	4.307	6.233	13.069
32	3	11	17	0	6.100	3.500	0.732	0.628	2.140
33	5	11	19	0	5.500	3.156	0.660	0.567	1.929
34	2	12	16	21	7.500	4.897	0.733	0.610	3.554

根据计算结果, 建立小叶锦鸡儿灌丛地上生物量 (总量及各分量) 的如下预测方程:

$$\hat{Y}_i(\text{鲜重}) = -7.400\delta_{(11)} - 24.282\delta_{(12)} - 24.136\delta_{(13)} - 22.306\delta_{(14)} - 15.868\delta_{(15)} +$$

类 目 划 分 表

地 径 (厘米)			每 丛 株 数							生 长 状 况		
0.61—0.80	0.81—1.00	>1.00	0—20	21—40	41—60	61—80	81—100	101—120	>120	正常	稍差	很差
C ₂₃	C ₂₄	C ₂₅	C ₃₁	C ₃₂	C ₃₃	C ₃₄	C ₃₅	C ₃₆	C ₃₇	C ₄₁	C ₄₂	C ₄₃
11	12	13	0	14	15	16	17	18	19	0	20	21

$$11.035\delta_i(16) + 5.308\delta_i(17) + 8.288\delta_i(18) + 9.117\delta_i(19) - 3.629\delta_i(21) - 4.808\delta_i(22) + 12.516\delta_i(23) + 2.492\delta_i(24) + 6.408\delta_i(25) - 11.262\delta_i(31) - 8.620\delta_i(32) + 4.546\delta_i(33) + 35.945\delta_i(34) + 26.157\delta_i(35) + 42.497\delta_i(36) + 23.358\delta_i(37) - 7.013\delta_i(41) + 26.464\delta_i(42) - 4.652\delta_i(43)$$

$$\hat{Y}_i(\text{干重}) = -4.745\delta_i(11) - 14.791\delta_i(12) - 15.708\delta_i(13) - 14.548\delta_i(14) - 10.151\delta_i(15) + 6.296\delta_i(16) + 2.449\delta_i(17) + 4.217\delta_i(18) + 5.113\delta_i(19) - 2.511\delta_i(21) - 3.616\delta_i(22) + 8.027\delta_i(23) + 2.210\delta_i(24) + 3.965\delta_i(25) - 7.234\delta_i(31) - 4.916\delta_i(32) + 3.196\delta_i(33) + 21.275\delta_i(34) + 16.399\delta_i(35) + 26.311\delta_i(36) + 14.343\delta_i(37) - 4.736\delta_i(41) + 17.225\delta_i(42) - 1.887\delta_i(43)$$

$$\hat{Y}_i(\text{叶干重}) = -0.763\delta_i(11) - 2.513\delta_i(12) - 2.318\delta_i(13) - 2.110\delta_i(14) - 1.370\delta_i(15) + 1.300\delta_i(16) + 0.722\delta_i(17) + 0.989\delta_i(18) + 1.089\delta_i(19) - 0.308\delta_i(21) - 0.351\delta_i(22) + 1.190\delta_i(23) + 0.107\delta_i(24) + 0.495\delta_i(25) - 1.026\delta_i(31) - 1.004\delta_i(32) + 0.407\delta_i(33) - 3.760\delta_i(34) + 2.694\delta_i(35) + 4.098\delta_i(36) + 2.282\delta_i(37) - 0.639\delta_i(41) + 2.553\delta_i(42) - 0.636\delta_i(43)$$

$$\hat{Y}_i(\text{嫩枝干重}) = -0.894\delta_i(11) - 3.371\delta_i(12) - 2.766\delta_i(13) - 2.655\delta_i(14) - 2.556\delta_i(15) + 1.897\delta_i(16) + 0.923\delta_i(17) + 1.383\delta_i(18) + 0.689\delta_i(19) - 0.380\delta_i(21) - 0.736\delta_i(22) + 1.508\delta_i(23) - 0.021\delta_i(24) + 1.277\delta_i(25) - 1.218\delta_i(31) - 0.519\delta_i(32) + 0.644\delta_i(33) + 5.503\delta_i(34) + 3.283\delta_i(35) + 5.958\delta_i(36) + 3.556\delta_i(37) - 0.757\delta_i(41) + 2.918\delta_i(42) - 1.545\delta_i(43)$$

$$\hat{Y}_i(\text{老枝干重}) = -0.894\delta_i(11) - 3.371\delta_i(12) - 2.766\delta_i(13) - 2.655\delta_i(14) - 2.556\delta_i(15) + 1.897\delta_i(16) + 0.923\delta_i(17) + 1.383\delta_i(18) + 0.689\delta_i(19) - 1.589\delta_i(21) - 0.736\delta_i(22) + 1.508\delta_i(23) - 0.021\delta_i(24) + 1.276\delta_i(25) - 4.635\delta_i(31) - 0.519\delta_i(32) + 0.664\delta_i(33) + 5.503\delta_i(34) + 3.283\delta_i(35) + 5.958\delta_i(36) + 3.556\delta_i(37) - 3.251\delta_i(41) + 2.918\delta_i(42) - 1.545\delta_i(43)$$

三、数学模式的相关性检验

用复相关系数(R)和剩余标准差(S)可以鉴定估计值 $\hat{Y}_i$ 和实测值 Y_i 之间相关的紧密程度。复相关系数 R 以下式计算:

$$R = \frac{\sum_{i=1}^n (Y_i - \bar{Y})(\hat{Y}_i - \bar{\hat{Y}})}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (Y_i - \bar{Y})^2 \cdot \sum_{i=1}^n (\hat{Y}_i - \bar{\hat{Y}})^2}} \quad (4)$$

式中 Y_i 为实测值, $\bar{Y}$ 为观测值的平均值, $\hat{Y}_i$ 为预测值, $\bar{\hat{Y}}$ 为预测值的平均值。

剩余标准差公式为:

$$S = \sqrt{\frac{\sum (Y_i - \hat{Y}_i)^2}{N - M - 1}} \quad (5)$$

式中 N 为样本数, M 为项目数 (即自由度)。

应用 (4) 式和 (5) 式计算 $\hat{Y}_i$ (鲜重) 等 5 个小叶锦鸡儿灌丛地上生物量预测方程的复相关系数和剩余标准差电算结果如下:

预 测 方 程	R	S
$\hat{Y}_i$ (鲜重)	0.961234	3.92161
$\hat{Y}_i$ (干重)	0.960918	2.33801
$\hat{Y}_i$ (叶子重)	0.958152	0.428651
$\hat{Y}_i$ (嫩枝干重)	0.955786	0.624842
$\hat{Y}_i$ (老枝干重)	0.958473	1.45818

不难看出, 复相关系数 R 全部在 0.95 以上, 表明 5 个方程的实测值与预测值的相关性较强。表 4 为用上述 5 个方程做出的预测值与实测值对比。

表 4

小叶锦鸡儿灌丛生物量实测值与预测值对比

鲜 重		干 重		叶 干 重		嫩 枝 干 重		老 枝 干 重	
实 测 值	预 测 值	实 测 值	预 测 值	实 测 值	预 测 值	实 测 值	预 测 值	实 测 值	预 测 值
6.000	6.000	3.483	3.488	0.636	0.636	0.921	0.921	1.931	1.931
32.700	34.670	19.010	20.742	3.469	3.639	5.021	4.491	10.526	12.693
49.900	49.737	29.019	28.783	5.294	5.300	7.662	7.637	16.063	15.825
40.600	36.733	23.609	21.198	4.307	3.950	6.233	5.648	13.069	11.604
10.500	15.357	6.132	8.936	1.140	1.679	1.612	2.337	3.380	4.923
30.300	33.841	17.621	19.846	3.215	3.539	4.652	5.185	9.754	11.177
27.700	27.125	16.109	16.035	2.939	2.739	4.253	4.160	8.917	9.127
18.600	8.313	10.816	4.887	1.973	0.864	2.856	1.263	5.987	2.753
40.600	34.169	23.609	20.084	4.307	3.554	6.233	5.229	13.069	11.296
6.100	7.525	3.500	3.982	0.732	0.926	0.623	1.268	2.140	1.787
5.500	12.993	3.156	7.484	0.660	1.462	0.567	1.750	1.929	4.264
7.500	9.504	4.897	6.806	0.733	0.718	0.610	0.566	3.554	5.424

四、预报方程的应用与讨论

试验地区位于科尔沁沙地西部, 整个科尔沁沙地小叶锦鸡儿灌丛生长状况几乎一致, 因此, 该地区小叶锦鸡儿灌丛的地上生物量均可按上述公式预测。应用时, 将欲测样本各自变量逐一对应表 2 各类目, 落入时, $\delta_{x_{jk}} = 1$, 否则取 0, 然后, 分别代入上述 5 个预测方程中, 相加后即可得到该样本的各生物量预测值。例如, 有一灌丛平均高 1.25 米, 平均单株地径为 0.70 厘米, 共有 30 株, 其生长状况为“正常”。查表 2 得所落入类目依次为 C_{10} 、 C_{23} 、 C_{32} 和 C_{41} , 这意味着在 5 个预报方程中除这 4 项有值外, 其余均为 0, 代入相加后得:

$$\hat{Y}_i(\text{鲜重}) = 6.000 \text{ 斤 (3.0 公斤)}$$

$$\hat{Y}_i(\text{干重}) = 3.488 \text{ 斤 (1.744 公斤)}$$

$$\hat{Y}_i(\text{叶干重}) = 0.636 \text{ (斤) (0.318 公斤)}$$

$$\hat{Y}_i(\text{嫩枝干重}) = 0.921 \text{ 斤 (0.461 公斤)}$$

$$\hat{Y}_i(\text{老枝干重}) = 1.931 \text{ 斤 (0.966 公斤)}$$

如单位面积内有几丛, 则将对应的各生物量相加即得出单位面积各生物量值, 并据此, 推算一定地区的小叶锦鸡儿地上部分资源状况。

五、讨 论

1. 自变量的贡献和测定 本预测方程共使用 4 个自变量, 它们对因变量 (即生物量) 的贡献, 即左右其值大小的程度是不同的。按数量化理论 I 的规定, 衡量其贡献大小的方法之一是以每个项目中各类目的得分的最大值与最小值之差——得分范围——来表示的。得分范围大, 说明这个自变量对影响因变量的权重亦大。从上述 5 个预报方程中 4 个自变量的得分 (见表 5) 可以看出, 对因变量贡献大小的顺序是: 株数、平均高、生长状况、平均地径。其中, 株数的影响最大, 而平均地径影响最小。

准确地测定各自变量的值是得到较满意估计值 (即预测值) 的基本保证。平均高和平均地径比较易测, 因为小叶锦鸡儿灌丛一般株高差异不大, 可据目测选出标准株测量, 如个体差异较大, 则可按大、中、小三级分别测量后平均。株数是贡献最大的自变量, 只要认真查数就会使这个自变量的测定准确。

生长状况是个非数量化的自变量, 它对生物量的影响是通过新 (叶 + 嫩枝) 与老 (老枝) 两部分的鲜重比实现的。根据调查, 当生长状况为“正常”时, 其新老比大致为 5:5; 当生长状况为“稍差”时, 其新老比大致为 4:6; 当生长状况为“很差”时, 其新老比大致为 3:7。因此, 生长状况的确定对灌丛总生物量, 特别是各分量的估计不容忽视, 需要认真对待。根据经验, 自然衰老的灌丛和处在较强放牧状态下的灌丛的生长状况为“很差”, 处在轻度放牧状态下的未衰老灌丛的生长状况为“稍差”, 处在未受人畜干扰的未衰老灌丛的生长状况为“正常”。

2. 应用范围 非天然灌丛或刚刚经过人工平茬处理的天然灌丛, 不能使用该预报方程。

表 5

项目得分范围及类目得分表

项 目	类 目	得 分					得 分 范 围				
		鲜 重	干 重	叶干重	嫩枝干重	老枝干重	鲜 重	干 重	叶干重	嫩枝干重	老枝干重
平均高 (厘米)	C ₁₁ 40—49	-7.399	-4.745	-0.763	-0.894	-3.108					
	C ₁₂ 50—59	-24.282	-14.792	-2.513	-3.371	-9.012					
	C ₁₃ 60—69	-24.136	-15.708	-2.318	-2.766	-10.718					
	C ₁₄ 70—79	-22.306	-14.548	-2.109	-2.655	-9.747					
	C ₁₅ 80—89	-15.868	-10.151	-1.370	-2.556	-6.245	35.317	22.003	3.813	5.268	14.048
	C ₁₆ 90—99	11.035	6.296	1.300	1.897	2.781					
	C ₁₇ 100—109	5.308	2.449	0.722	0.923	0.784					
	C ₁₈ 110—119	8.288	4.217	0.989	1.383	1.813					
	C ₁₉ >120	9.117	5.113	1.089	0.689	3.330					
平均地径 (厘米)	C ₂₁ 0.21—0.40	-3.629	-2.511	-0.308	-0.380	-1.589					
	C ₂₂ 0.41—0.60	-4.808	-3.616	-0.351	-0.736	-1.931					
	C ₂₃ 0.61—0.80	12.516	8.027	1.190	1.508	5.251	17.324	11.643	1.541	2.244	7.183
	C ₂₄ 0.81—1.00	2.492	2.210	0.107	-0.021	2.056					
	C ₂₅ >1.00	6.408	3.965	0.495	1.276	2.110					
株 数	C ₃₁ 0—20	-11.262	-7.234	-1.026	-1.218	-4.635					
	C ₃₂ 21—40	-8.620	-4.916	-1.004	-0.519	-3.399					
	C ₃₃ 41—60	4.546	3.196	0.407	0.664	2.135					
	C ₃₄ 61—80	35.945	21.275	3.760	5.503	12.012	53.760	33.546	3.125	7.176	20.947
	C ₃₅ 81—100	26.157	16.399	2.694	3.283	10.504					
	C ₃₆ 101—120	42.497	26.311	4.099	5.958	16.312					
	C ₃₇ >120	23.358	14.343	2.282	3.556	8.509					
生长状况	C ₄₁ 5:5	-7.013	-4.736	-0.639	-0.757	-3.251					
	C ₄₂ 4:6	23.464	17.225	2.553	2.918	11.441	33.477	21.961	3.192	4.463	14.691
	C ₄₃ 3:7	-4.651	-1.887	-0.636	-1.545	0.369					

参 考 文 献

- Chapman, S. D., 1976 生产量生态学和营养估算. 东北林学院〈科技译丛〉1976(2):114.
 李文华 1978 森林生物生产量的概念及其研究的基本途径. 自然资源(1):71—92.
 董明春等 1980 数量化理论 I 在林木选优中的应用. 中国科学院林业土壤研究所集刊第4集: 21—40.
 朱劲伟等 1980 应用数量化理论 I 分析林带防风作用. 林业科学增刊110—115.
 陈楚莹等 1980 杉木定期生长量与气候因子的相关分析. 中国科学院林业土壤研究所〈杉木人工林生态学研究论文集〉65—86.
 中国植被编委会 1980 中国植被. 科学出版社. 446—485.

THE MODEL OF ESTIMATING ABOVE-GROUND BIOMASS OF CARAGANA MICROPHYLLA BRUSH

Jiang Fengqi Lu Fengyong

(Institute of Forestry and Pedology, Academia Sinica)

By applying the method of quantification theory I, five mathematical equations for estimating the biomass of natural Caragana microphylla brush have been established. Those models may be used for calculating fresh and dry weight of brush, dry weight of leaves, tender and large branches. Average height, average diameter at ground, number of plouts and growth state are the four factors affecting biomass. Among those factors, the number of plants plays the most important role.