

用土壤信息系统评价土地种植机动性的 数学模型及应用*

曾志远

(中国科学院南京土壤研究所, 210008)

摘 要

土地种植机动性(Land Flexibility)意指土地交换种植不同作物的机动能力。它是土地生产能力和土地潜力的一个重要指标。这方面研究还处在起步阶段。

本文借助于加拿大土壤信息系统,研究和提出了评价土地种植机动性的一个数学模型,并用这个模型计算和分析了加拿大不同气候及其它成土因素条件下代表性土地单位的土地种植机动性指数,认为此模型可用。进而又用此模型计算和分析了加拿大全国,特别是加拿大大草原三省的土地种植机动性指数。所得结果与加拿大全国和大草原地区的实际情况相吻合。研究表明,此模型可作为省或国家规模的寻找和评价农地的一个快速方法,并可用来宏观地掌握全省或全国的土地潜力,土地开垦不足或过垦的情况,从而作为农地使用调整和国土整治的一个管理工具。同时本研究也说明了建立土壤信息系统和充分发挥其功能的重要性和迫切性。

关键词 土地种植机动性,土地潜力,土地评价,数学模型,土壤信息系统,加拿大,湿草原

一、概 念

土地种植机动性,即土地种植各种作物的机动性。也可称之为土地换种各种作物的能力。也有人建议称之为土地适种能力。它来自英语 Land Flexibility 一词。此语无论在中国,还是在外国,至今尚无表达完善的科学定义;而且在中国尚无公认的译法。它的意思大致是指土地可以机动性地交换种植多少种作物并均能得到一定数量收获的能力。本研究就是在这个意义上使用这一概念的。例如江苏南部的某块土地,既能种水稻,又能种小麦,又能种玉米、大豆、大麦、油菜等多种作物,且产量都可达到值到种植的地步,那它的土地种植机动性就高。反之,西藏的某块土地,只能种青稞;如果种植其它作物,不是根本不能生长,就是虽然能勉强生长,但产量低到不具种植意义,那它的土地种植机动性就低。

显然,土地种植机动性与土壤本身的特性有密切关系。但是,它也不单纯是一个土壤上的概念。它还与其它一系列自然条件有关,如气候、地形、水文等等。因此,它在本质上是一个土壤地理学的问题。

土地种植机动性也与社会经济发展水平有关。在高投入的情况下,一个本来只能种植两种作物的土地,有可能种植三种。这时它种植作物的机动性就变化和提高了。

但本文讨论的土地种植机动性侧重在土地的自然属性,亦即自然土地种植机动性(Physical land flexibility),或潜在土地种植机动性(Potential land flexibility)。

* 此项工作是作者1985—1987年间在加拿大土地资源研究中心(Land Resource Research Centre)所进行的研究工作的一部分,并在1989年全国生物地理与土壤地理会议(赤峰)上作过交流。

二、数学模型

此项研究工作在加拿大土地资源研究中心(LRRC)借助于加拿大土壤信息系统(CanSIS)进行。评价以加拿大1:500万土壤图的图斑为单位。因为加拿大土壤信息系统中的许多数据文件是以这张土壤图的图斑为单位存储数据的。其数据结构为多边形(Polygon)结构。在这张图上,加拿大全国共有755个图斑。在数据库中,每一个图斑存储有1099个变量(项目或指标)的数据。包括了土壤本身的各种性质及与土壤有关的气候、地形、水文、生物、社会经济等大量资料。

资料是极为丰富的。问题在于评价时如何来综合这些资料。

作者曾尝试用传统的土地评价方法,选择并分列若干个独立的或综合的指标进行评价。但结果仍不够一目了然。因为仍需查看多个指标,还要进行许多附加的分析和说明才能解决问题。因此,我们改辟它径,即力图设计出一个综合各种变量的高度综合指标来醒目地、简洁地表明土地种植作物的机动性。

但是,要从1000多个变量或因子出发来设计出一个综合指标,是十分困难的。

曾志远和 J. Dumanski 经过一段时间的研究和几种方案的实践、对比、设计并推荐了一个评价土地种植机动性的数学模型,即综合计算公式¹⁾。

这个数学模型的基本设计思想是:根据定义(如前节所述),土地种植机动性的概念中应当包含以下3个因素:(1)该土地生长某种作物的可能性;(2)该土地生长某种作物可达到的收益;(3)该土地可生长作物的总数目。因此,计算土地种植机动性的数学模型,可设想为生长各种作物可能性的量度与其收益的量度之积求和。

关于某块土地生长某种作物的可能性的量度,可以用该土地对该作物的适宜性的量度来代表。而且,CanSIS数据库中有这种数据。当以图斑为计算单位时,可以分别用该图斑中对种植某种作物“很适合”(Well Suitable)、“适合”(Suitable)和“不适合”(Not Suitable)各占面积的百分比来代表。

关于某块土地生长某种作物可达到的收益的量度,可以用该土地上种植该作物的产量来代表。CanSIS数据库中也有这种数据。但是,如果用已有的过去某一时段的实际产量数据,算出来的土地种植机动性数值,就将是该时段的实际土地种植机动性,它只能代表该土地过去的状况,而不能指明该土地自然的种植机动性或潜在的种植机动性。因此,我们选用了根据 R. B. Stewart (1981)的模式计算的期望产量(Anticipated yield),即潜在产量¹⁾。该模式包含了影响产量的多种综合因子;且这些因子基本上都是较为稳定的,故可用来估算土地的潜在或期望产量。

有了上面两种变量,我们即可算出它们的积。但这时得到的仅是该土地对某一种作物种植机动性的量度。我们可以在该土地对每种作物的种植机动性数值算出来以后求和,即可得到该土地对各种作物总的种植机动性的量度。还需考虑,土地种植机动性是为了评价各块土地这种能力的相对大小,而不是也不可能知道它的绝对大小。因此,用这个模

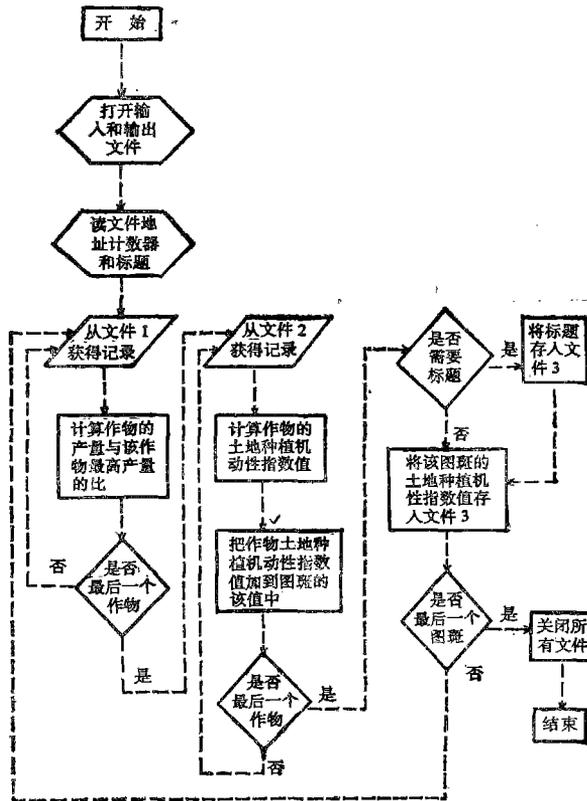
1) Z. Y. Zeng, J. Dumanski A Proposal: land flexibility. An unpublished Proposal submitted at a meeting of the Land Use and Evaluation staff of LRRI on Jan. 23, 1986.

型算出来的种植机动性数据应该是无量纲的。

根据以上的考虑和研究,曾志远和 J. Dumanski 设计和推荐的计算自然或潜在土地种植机动性指数(以下简称土地种植机动性指数)的数学模型的最后形式如下:

$$LF = \sum_{i=1}^n (S_{i1} + 0.75S_{i2}) \frac{Y_i}{Y_{i\max}} \quad (1)$$

式中, LF 为某一块土地(本文中为土壤图中的某一个图斑)的土地种植机动性指数,无量纲。 S_{i1} 为该块土地“很适合”种植作物 i 的面积百分比; S_{i2} 为该块土地“适合”种植作物 i 的面积百分比; Y_i 为该块土地种植作物 i 时的期望产量(公斤/公顷); $Y_{i\max}$ 为作物 i 在所考虑区域范围内的最高期望产量(公斤/公顷); i 为作物代号, $i = 1, 2, 3, \dots, n$; n 为评价土地种植机动性时考虑的作物的总数,视评价的区域范围和可用资料的多少而定。 S_{i2} 前乘以 0.75,是因为根据 J. Dumanski, R. B. Stewart 的观点,“适合”区的生产效能被认为是“很适合”区生产效能的 75%^[2]。“不适合”区无论面积多大,其生产效能都视为



说明: 每一个土壤图斑用每一个文件中的一个记录为代表
 文件 1: 包含小麦、玉米、大麦、油菜、燕麦五种作物在图斑中的潜在期望产量及其在全国的最高期望产量数据。
 文件 2: 包含每一图斑的“适合”和“最适合”种植各种作物的面积百分比。
 文件 3: 输出文件: 包含每一图斑的土地种植机动性指数。

图 1 计算土地种植机动性指数的框图

Fig. 1 Flow chart for calculating the land flexibility indices

0, 故该项不包含在公式中。

式中的 S_{i1}, S_{i2}, Y_i 均是根据 R.B. Stewart 模式考虑到土壤本身及与土壤有关的各种自然因素数据计算出来的综合指标, 且均存在于 CanSIS 的土地潜力数据库(LPDB——Land Potential Data Base) 中。 Y_{imax} 亦可从 LPDB 数据库中检索和分选出来。因此, 土地种植机动性指数就可计算出来。计算机程序流程图示意图如图 1。

由于评价土地种植机动性时要根据评价区域范围的大小和可用资料的多少来确定应考虑的作物总数, 故土地种植机动性指数的最大值与考虑的作物的总数 n 有关。可以看出, 这个指数的最大值就等于 n 。因为, 如果每种作物在该土地上的期望产量能达到所考虑区域范围内的最高期望产量, 那么, $Y_i/Y_{imax} = 1$; 又如果该土地“很适合”种植每种作物的面积百分比为 100%, 那么“适合”和“不适合”种植每种作物的面积百分比就均为 0, 故 $S_{i1} + 0.75S_{i2} = S_{i1} = 1$; 故式中每一项的值都为 1, 共有 n 项, 故最后 $LF = n$ 。

三、模型的应用

(一) 加拿大不同气候及其它成土因素条件下代表性土壤图斑土地种植机动性指数的计算与分析

曾志远和 J. Dumanski (1986¹⁾) 首先使用此模式计算了从加拿大最南端的温泽(Windsor) 到西北地区(North-West Territories) 的沃米利恩堡(Fort Vermillion) 不同气候条件下一些代表性土壤图斑的土地种植机动性指数 LF 。旨在初步确定这个数学模型的适用性。

这次计算和分析考虑春小麦、玉米、大麦、油菜、燕麦五种作物。因此公式(1)具体化为

$$\begin{aligned}
 LF = & (S_{11} + 0.75S_{12}) \frac{Y_1}{Y_{1max}} + (S_{21} + 0.75S_{22}) \frac{Y_2}{Y_{2max}} \\
 & + (S_{31} + 0.75S_{32}) \frac{Y_3}{Y_{3max}} + (S_{41} + 0.75S_{42}) \frac{Y_4}{Y_{4max}} \\
 & + (S_{51} + 0.75S_{52}) \frac{Y_5}{Y_{5max}} \quad (2)
 \end{aligned}$$

用此式计算的部分结果如表 1。表中图斑所在地点从上到下按从南到北(西北)的方向。其中, 温泽和渥太华代表温暖湿润区, 温尼伯和埃德蒙顿代表温和湿润区, 里加纳和萨斯卡吞(南)代表温和干燥区, 皮斯里沃和沃米利恩堡代表寒冷湿润区。

由结果可见, 在较湿润的条件下, 土地种植机动性指数由温暖区到寒冷区逐渐减小, 依次为 3.984, 3.274, 2.813, 2.197, 1.765, 0.066。里加纳和萨斯卡吞(南)所处地区比较干燥, 故那里虽比埃德蒙顿温暖, 但其土地种植机动性指数却比较低。

由上述情况看, 此模式是较能反映不同气候条件下土地种植机动性的实际情况的。

曾志远和 J. Dumanski 接着又计算了不同母质、不同地形等成土因素条件下的一些代表性土壤图斑的土地种植机动性指数 LF 。表 2 为部分结果。

1) Z. Y. Zeng, J. Dumanski A Proposal, land flexibility. An unpublished Proposal submitted at a meeting of the Land Use and Evaluation staff of LRR1 on Jan. 23, 1986

表 1 加拿大境内各种不同气候条件下代表性土壤图斑的土地种植机动性指数
 Table 1 Land flexibility indices of some representative map units under different climatological conditions in Canada

图斑代码 Map unit code	图斑所在地点 Place	所处纬度 Latitude	春小麦 Spring Wheat			玉米 Corn			大麦 Barley							
			图斑中各种适宜 度的面积百分数 Area % for different suitabilities	期望产量 (公斤/公顷) Expective yield (kg/ha)	全国最高值 5237.6	图斑中各种适宜 度的面积百分数 Area % for different suitabilities	期望产量 (公斤/公顷) Expective yield (kg/ha)	全国最高值 6787.7	图斑中各种适宜 度的面积百分数 Area % for different suitabilities	期望产量 (公斤/公顷) Expective yield (kg/ha)	全国最高值 6479.3					
G1007	温莎 Windsol	约 42°N	很合适 Very suitable	20	0	4761.8	很合适 Very Suitable	80	20	0	6787.7	很合适 Very Suitable	20	80	0	5760.5
G1002	渥太华 Ottawa	约 45°N	40	50	10	5186.6	40	50	10	5806.4	20	20	20	10	6138.2	
A3107	温尼伯 Winnipeg	约 49.5°N	40	50	10	4570.6	0	40	60	5649.1	50	50	0	5397.8		
A2055	里加纳 Regina	约 50.5°N	50	30	20	2718.5	20	10	70	0000.0	70	10	20	3915.6		
A1015	萨斯卡通(南) South Saskatoon	约 51.5°N	70	0	30	1899.5	0	0	100	0000.0	70	0	30	3001.8		
A3097	埃德蒙顿 Edmonton	约 53.5°N	60	40	0	2521.4	0	0	100	0000.0	60	30	10	4741.8		
B4022	皮斯里沃 Peace River	约 56°N	40	50	10	2680.4	0	0	100	0000.0	60	0	40	5344.7		
C2024	沃米利恩堡 Ft. Vermillion	约 58.5°N	0	30	70	1526.7	0	0	100	0000.0	0	0	100	0000.0		

续表 1

图斑代码 Map unit code	图斑所在地点 Place	所处纬度 Latitude	油菜 Coluna			燕麦 Oats			土地种植机动性指数 (无量纲) Land flexibility indices (LF)
			图斑中各种适宜 度的面积百分数 Area % for different suitabilities			图斑中各种适宜 度的面积百分数 Area % for different suitabilities			
			很 适 合 Very Suitable	适 合 Suitable	不 适 合 Unsu- table	很 适 合 Very Suitable	适 合 Suitable	不 适 合 Unsu- table	
G1007	温莎 Windsor	约 42°N	20	80	0	20	80	0	6003.9
G1002	渥太华 Ottawa	约 45°N	10	80	10	0	90	10	4612.6
A3107	温尼伯 Winnipeg	约 49.5°N	50	50	0	0	100	0	3981.8
A2055	里加纳 Regina	约 50.5°N	70	10	20	0	80	20	2630.5
A1015	萨斯卡吞(南) South Saskatoon	约 51.5°N	0	70	30	0	70	30	1650.9
A3097	埃德蒙顿 Edmonton	约 53.5°N	60	30	10	60	30	10	4263.2
B4022	皮斯里沃 Peace River	约 56°N	40	20	40	60	0	40	4718.4
C2024	沃米利恩堡 Ft. Vermillion	约 58.5°N	0	0	100	0	0	100	0000.0
									全国最高值 6408.0
									全国最高值 4378.5

表 2 加拿大不同母质与不同地形等成土因素条件下的一些代表性图斑的土地种植机动性指数

Table 2 Land flexibility indices of some representative map units under different geomorphological and other soil-forming conditions in Canada

图斑代码 Map unit code	图斑所在地点 Place	土地种植机动性指数 Land flexibility indices (LF)
A3108	沃尔登 Verden	1.498
A3113	洛伊德敏斯特 Lloydminster	1.657
A4119	布塞柔 Beausejour	2.743
A4120	麦都兰 Meddowland	1.095
A4132	圣·约翰堡 Ft. St. John	0.823
A2049	韦本 Weyburn	1.123
A2031	科罗纳申 Coronation	0.127
A1018	洛克格伦 Rock Glen	0.111
A1007	奥特努克 Outlook	0.653

这些地点的 LF 值的变化依赖于地方性的条件。这里不再一一叙述。据 J. Dumanski 的对比分析,认为结果是比较合理的。

因此,确定的数学模型是基本符合要求和可以推荐使用的。它于 1986 年 1 月 23 日提交专家组讨论后付诸使用。

(二) 加拿大全国土地种植机动性的指数计算与分析

S. C. Bauer (1986¹⁾) 应用曾志远和 J. Dumanski 的模式,计算和分析了加拿大全国各省所有土壤图斑的土地种植机动性指数 LF , 并绘制了全国的分幅土地种植机动性指数分级图。

此研究考察了九种作物: 春小麦、大麦、燕麦、玉米、油菜、四季豆、土豆、大豆、向日葵。因此,公式(1)中的 $n = 9$; 公式展开有 9 项; 土地种植机动性指数的理论最大值为 9。

此研究除计算了全国 755 个图斑的 LF 值并统计出它们的最大、最小、平均值外,还分别按省和按土类进行排序、统计,得出各省和各大土类的 LF 平均值、最大值和最小值。因此,其计算机流程图比图 1 复杂得多。此处略去。

表 3 和表 4 是分别按省和按大土类统计计算的结果。

由表 2 可见,加拿大全国平均 LF 值为 0.650。这是相当低的。因加拿大大部分地区冰天雪地。例如西北地区 (North-West Territories) 和育空 (Yukon Territory) 地区,没有农业发展。其 LF 值均为 0。加拿大较活跃的农业区主要存在于靠近美国北界的狭长地带中。

LF 平均值各省中最高的是 2.969。出现在爱德华太子岛省。该省处在圣劳伦斯河口大西洋海湾中。农业最为发展。但其面积很小。对农业有最大意义的是安大略省。其面积广大,且 LF 均值也高达 1.894。全国最大的 LF 值为 8.377 也处于本省东南部的伦敦 (London) 以北地区。再次是曼尼托巴省和萨斯喀彻温省,其 LF 均值分别为

1) S. C. Bauer. Agriculture Land Flexibility in Canada. Geography and Economics, University of Waterloo, 25. April, 1986.

表 3 加拿大各省土地种植机动性指数的平均值和最大值
 Table 3 The means and maximum values of land flexibility indices
 in the Canadian provinces

省 区 Province or region	LF 平均值 means	LF 最大值 maximum	最大值所在图斑 Map code for the maximum
布列颠哥伦比亚 British Columbia	0.082	3.924	G1017
阿尔伯特 Alberta	0.572	3.343	A3097
萨斯喀彻温 Saskatchewan	1.081	4.311	A3075
曼尼托巴 Manitoba	1.004	4.221	A3087
安大略 Ontario	1.894	8.377	C1014
魁北克 Quebec	0.571	5.598	G1004
纽芬兰 Newfoundland	0.008	0.150	C2116
新布伦瑞克 New Brunswick	0.833	1.534	C2110
新斯科舍 Nova Scotia	0.921	3.363	C2114
爱德华王子岛 Prince Edward Island	2.969	4.089	D3054
育空地区 Yukon Territory	0.000	0.000	—
西北地区 North-West Territories	0.000	0.000	—
加拿大全国 Canada	0.650	8.377	C1014

表 4 加拿大全国各大土类土地种植机动性指数的平均值和最大值
 Table 4 The mean and maximum values of land flexibility indices of
 the soil great groups in Canada

大 土 类 Soil great groups	LF 平均值 means	LF 最大值 maximum	最大值所在图斑 Map code for the maximum
黑色黑钙土 Black Chernozemic	2.258	4.311	A3075
黑色碱土 Black Solonchic	1.464	2.339	B2013
棕色黑钙土 Brown Chernozemic	0.420	0.939	A1013
棕色碱土 Brown Solonchic	0.315	0.549	B1006
冷冻纤维有机土 Cryic Fibrisol	0.024	0.336	H3040
冷冻潜育土 Cryic Gleysol	0.000	0.000	—
冷冻正常松岩性土 Cryic Orthic Regosol	0.000	0.000	—
堆积松岩性土 Cumulic Regosol	0.231	0.692	F2016
暗棕色黑钙土 Dark Brown Chernozemic	0.824	1.895	A2055
暗灰色黑钙土 Dark gray Chernozemic	1.636	3.585	A4125
纤维有机和类分解有机土 Fibrisol and Mesisol	0.089	0.586	H1027
灰色淋溶土 Gray Luvisol	0.499	4.316	C2046
灰棕色淋溶土 Gray brown luvisol	4.278	8.377	C1014
腐殖质铁质灰壤 Humo Ferric Podzol	0.348	4.089	D3054
腐殖质潜育土 Humic Gleysol	3.276	6.978	G1007
正常潜育土 Orthic Gleysol	0.625	6.338	G2020
正常松岩性土 Orthic Regosol	0.231	1.432	F1016
正常不饱和棕壤 Orthic Dystric Brunisol	0.239	3.363	E3067
正常饱和棕壤 Orthic Eutric Brunisol	0.029	0.475	E2054
正常暗棕壤 Orthic Melanic Brunisol	1.669	4.889	E1008
石质地 Rockland	0.000	0.000	—
脱碱土 Solod	1.912	2.223	B4020

1.004 和 1.081。尽管数值不算高,但该两省面积广大,农业区面积也占较高比例。因此成为加国重要农业基地之一。其它省区的 LF 平均值都低于 1。低于 1 的省区面积之和占全国总面积的 54.68%。除无农业的两个省级区外, LF 值最低的省是纽芬兰省,低到 0.008。因该省占最大面积的北部地区处于世界闻名的极度寒冷区之一拉布拉达半岛。在 LF 平均值低于 1 的省分中,有阿尔伯特省、魁北克省,新布伦瑞克省和新斯科舍省,或由于农业区有相当面积,或由于 LF 均值也较高,所以也具有较大的农业意义。

由以上情况看,较高的土地种植机动性指数,是与气候和土壤条件较好的、生产潜力高的地区吻合的;而较低的指数是与寒冷或干燥的土壤、气候条件相联系的。

表 4 列出了加拿大全国各大土类的土地种植机动性指数。由表 4 可见,在加拿大各大土类中,具有较高 LF 均值(>1.400)的是黑色黑钙土、黑色碱土、暗灰色黑钙土,灰棕色淋溶土、腐殖质潜育土、正常暗棕壤、脱碱土。其中灰棕色淋溶土具有最大的 LF 均值,达 4.278。占第二位的是腐殖质潜育土,为 3.276。第三是黑色黑钙土,为 2.258。有 3 个大土类 LF 的平均值为 0,即冷冻潜育土,冷冻正常松岩性土和石质地。它们不具农业生产能力。其它 LF 均值极低(<0.100)的大土类还有冷冻纤维有机土(0.024)、正常饱和棕壤(0.029)和纤维有机土和半分解有机土(0.089)。

加拿大全国土地种植机动性指数分级图,是按图斑来归并等级的。各等级之间的界线,是根据不同 LF 值出现的频数直方图(bar graph)中的各个低谷而定。 LF 值大约每增加 0.8 左右出现一次低谷。故分级图按 LF 值的分级一般是: <0.5 , $0.5\sim 1.2$, $1.3\sim 2.0$, $2.1\sim 2.8$, $2.9\sim 3.6$ 和 >3.6 。全国各地的土地种植机动性指数在图上可以一目了然的。

S. C. Bauer 的研究认为,用这个数学模型计算的“土地种植机动性指数看来是对加拿大土地种植机动性的相当精确的评估,用此法编制的加拿大土地种植机动性分级图的图型看来与人们所期望的非常吻合”¹⁾。

(三) 加拿大大草原诸省土地种植机动性指数的计算与分析

J. Dumanski, 曾志远, V. Kirkwood (1987²⁾) 研究和计算了加拿大西部大草原区三个省(曼尼托巴、萨斯喀彻温,阿尔伯特)的土地种植机动性指数。我们考虑了 8 种作物:春小麦、大麦、燕麦、玉米、油菜、四季豆、大豆、向日葵。因此,公式(1)中的 n 等于 8;公式展开后有 8 项;求得指数的理论最高值等于 8。但式(1)中 $Y_{i\max}$ 的取值不是取加拿大全国范围内的最大值,而是取上述三个省范围内的最大值。

用公式(1)计算出这三个省所有土壤图斑的 LF 值以后,先找出它们中间的最大值。此值出现于大草原区最东南部温尼伯南边的红河平原(Red River Plain)。图斑号为 G1014。数值为 5.03。然后以此值为 100,三个省所有图斑的 LF 值均除以此值,得出它们的百分数。最后以百分数进行分级画图。这张图更鲜明地反映出大草原区内土地种植机动性的变化(图 2)。

1) S. C. Bauer. Agricultural land flexibility in Canada. Geography and economics. University of Waterloo. 25. April. 1986

2) J. Dumanski, Z. Y. Zeng, V. Kirkwood, 1987. Assessing the Physical Land Flexibility of the Prairie Region of Western Canada.

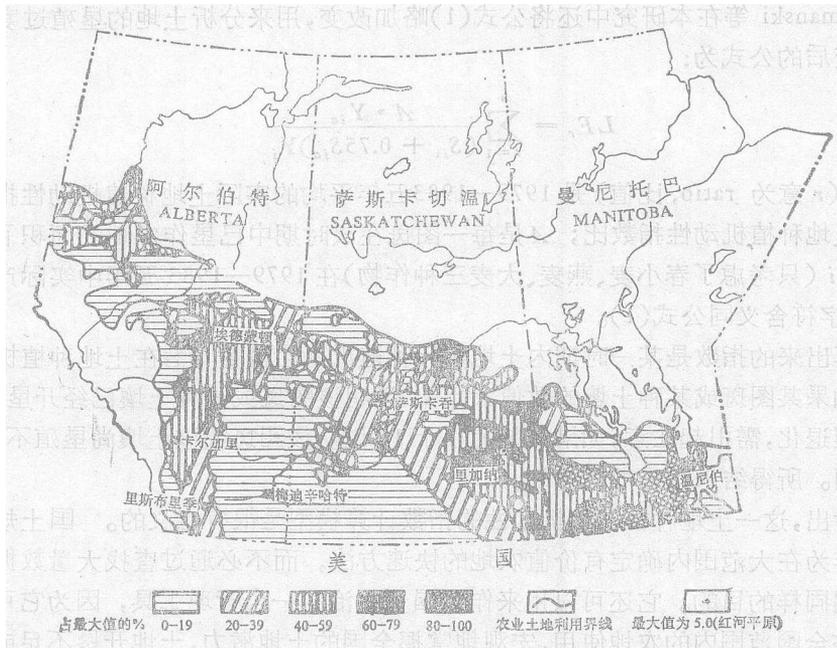


图2 加拿大大草原各省自然或潜在土地种植机动性指数分级图
(根据8种计算,表示为本区最大值的百分比)

Fig. 2 Grading map of the physical land flexibility indices of Canada prairie provinces

由图上可见,曼尼托巴省南部 LF 值最高,为标准值(红河平原值)的80%以上;然后是曼尼托巴省温尼伯以东地区和萨斯卡彻温东部和中部部分地区,为标准值的60—80%;再后是曼尼托巴西部、萨斯卡彻温东部和中部及阿尔伯特西部和北部,为标准值的40—60%。其它地区 LF 值低于标准值的40%,而且常低于20%。

在大草原的各大土类中,黑色黑钙土具有很高的 LF 值。这表明此种土壤具有较高的抗干旱和其它自然灾害的能力,也表明这种土壤具有长期提供稳定粮食产量的战略重要性。它也易于管理。在黑色黑钙土之后,具有高 LF 值的依次是暗灰色黑钙土,暗棕色黑钙土和棕色黑钙土。此结论与 S. C. Bauer 的结论(表4)完全一致。

在每一个大土类中, LF 值的变化与土壤质地密切相关。例如,在黑色黑钙土类中, LF 值在砂质土上为标准值的43.9%,在粘土上为标准值的67.0%;在暗灰色黑钙土类中,在壤土上为标准值的36.9%,在粘土上为标准值的55.4%,等等。由此可见,在草原土壤的土类范围内,土地种植机动性指数,随着土壤中粘粒含量的增加而增加¹⁾。

因气候等因素往往是更强的影响因素,所以黑色黑钙土中的砂质土壤,其 LF 值可以比灰色黑钙土中的壤质土壤高得多。

由以上叙述可见,用此模型计算的结果与三省的实际情况相符合,也与该区内的各大土类的及每一土类中不同质地土壤的农业生产特性相符合。

1) 加拿大学者 J. Dumanski 等人认为在加拿大草原土壤范围内粘质土壤的 LF 值大于壤质土壤的情况是合理的。

J. Dumanski 等在本研究中还将公式(1)略加改变,用来分析土地的垦殖过度或垦殖不足。改变后的公式为:

$$LF_r = \sum_{i=1}^n \frac{A \cdot Y_{ia}}{(S_{i1} + 0.75S_{ia})Y_i} \quad (3)$$

式中 LF_r (r 意为 ratio, 比值) 是 1979—1983 五年平均的实际土地种植机动性指数与自然或潜在土地种植机动性指数比; A 是每一图斑在该时期中已垦作农地的面积百分比; Y_{ia} 是作物 i (只考虑了春小麦、燕麦、大麦三种作物) 在 1979—1983 五年中实际产量的平均值; 其余字符含义同公式(1)。

这样算出来的指数是某一时期内土地实际种植机动性量度与潜在土地种植机动性量度的比。如果某图斑或某种土壤的数值大于 1, 说明该图斑或该种土壤已经开垦过度, 可能发生土壤退化, 需引起注意; 如果其数值小于 1, 说明该图斑或该土壤尚垦殖不足, 可扩大农业利用。所得结果也是很有趣的。

可以看出, 这一土地种植作物机动性的指数计算模型是很有意义的。国土规划人员可以用它作为在大范围内确定有价值农地的快速方法, 而不必通过查找大量数据资料的方法来达到同样的目的。它还可以用来作为国土整治的一个管理工具, 因为它可以用来评价和调整全国范围内的农地使用, 宏观地掌握全国的土地潜力, 土地开垦不足或过垦等情况。

本数学模型的应用是以建立了土壤信息系统为前提的。这表明土壤信息系统的建立是很有意义的。在还没有这种系统的地方, 使用此模型比较困难。解决的办法是: (1) 尽快建立土壤信息系统; (2) 将公式(1)表示为根据众多自然因子值计算土地适宜性和计算作物潜在产量的各级原始公式的推导综合式, 从而可利用有资料的原始因子数据。当然这还需要作大量的工作。

参 考 文 献

1. Stewart, R. B., 1981: Modelling Methodology for Assessing Group Production Potentials in Canada. Technical Bulletin, IRRI, Canada.
2. Dumanski J. Stewart, R. B., 1983: Group Production Potentials for Land Evaluation in Canada. Res. Br., Agric. Canada, Ottawa. pp. 80.

A MATHEMATIC MODEL FOR EVALUATION LAND FLEXIBILITY BY MEANS OF SOIL INFORMATION SYSTEM AND ITS APPLICATION

Zeng Zhiyuan

(Institute of Soil Science, Academia Sinica, Nanjing, 210008)

Summary

Land flexibility means how many types of crop can be selectively and productively grown in a land. It is an important index of the land productivity and land capability. Research in this field is still in its starting stage. This article introduced and proposed a mathematic model for calculating the land flexibility index. The model was used to calculate and analyse the land flexibility indices of some representative land units under different conditions of climate and other soil-forming factors in Canada. The results indicated that the model was reasonable and applicable. Furthermore, it was also used to calculate and analyse the land flexibility indices for whole Canada (755 map units in all), especially for the three prairie provinces in Canada. The results accorded with the actual situations of both whole Canada and the prairies. This research also showed that this model could be taken as a quick way to search and evaluate agricultural lands in a province or in a nation, and could be used to macroscopically master the potentials, over-reclamation or under-reclamation of lands in a province or in a nation. So it is an administering tool for readjusting and realigning lands in a country-wide scope. Moreover, this research also revealed that establishing a soil information system and bringing it into full play would be very important and urgent.

Key words Land flexibility, Land capability, Land evaluation, Soil information system, Mathematic model, Canada, Prairie