

高原鼠兔时空动态的元胞自动机模拟

刘汉武^{1*}, 周立², 刘伟², 周华坤²

(1. 运城学院应用数学系, 运城 044000; 2. 中国科学院西北高原生物研究所, 西宁 810001)

摘要 利用高寒草甸和高原鼠兔(*Ochotona curzoniae*)的生态特征建立了元胞自动机模型,并通过模拟得到了高原鼠兔种群时空动态的规律。结果表明:高原鼠兔有效洞口的扩散量与扩散力的变化基本一致,扩散可减轻高原鼠兔对高寒草甸的危害;高原鼠兔对原栖息地的留恋指数 α 越小,高原鼠兔越易扩散;退化草甸上高原鼠兔密度越大,对已治理草地的入侵就越远;退化草甸恢复后,植被低矮时,入侵距离短、危害重,而植被较高时,入侵距离远、危害轻;全球气候变暖后,如果高原鼠兔的繁殖期不延长,则增温前后的种群动态相差不大;如果增温后高原鼠兔的生长期延长,在非退化高寒草甸上,增温前后种群动态差别不大,在退化高寒草甸上,高原鼠兔种群将迅速增大。

关键词 高原鼠兔; 元胞自动机; 扩散; 入侵; 全球变暖

中图分类号: Q 141; Q 145.1 **文献标识码:** A **DOI:** 10.3969/j.issn.0529-1542.2010.06.014

Simulation of spatio-temporal dynamics of *Ochotona curzoniae* by using a cellular-automata model

Liu Hanwu¹, Zhou Li², Liu Wei², Zhou Huakun²

(1. Department of Applied Mathematics, Yuncheng University, Yuncheng 044000, China;
2. North-West Plateau Institute of Biology, Chinese Academy of Sciences, Xining 810001, China)

Abstract Based on the ecological characteristics of alpine grasslands and *Ochotona curzoniae*, a cellular-automata model was developed to investigate the spatio-temporal dynamics of *O. curzoniae* populations. The variation of the dispersal of effective holes is approximately consistent with that of the dispersal force of *O. curzoniae*. Dispersal of *O. curzoniae* can reduce damages to the alpine grasslands caused by its overabundance. It is easy for *O. curzoniae* to disperse when the reluctance parameter α of plateau pika to its previous habitat is small. When the density of *O. curzoniae* inhabiting in degraded grasslands is high, *O. curzoniae* invades far. When the height of restored vegetation is low, the invading distance of *O. curzoniae* is short and the induced damages are heavy. Contrarily, the invading distance is long and the damage is light when the restored vegetation is high. If the growing season of *O. curzoniae* is not prolonged with global warming, the population dynamics of *O. curzoniae* is similar before and after global warming. If the growing season of *O. curzoniae* is prolonged after global warming, the population dynamics of *O. curzoniae* inhabiting in undegraded grasslands is similar before and after warming. The population of *O. curzoniae* inhabiting in degraded grasslands will swell up quickly.

Key words *Ochotona curzoniae*; cellular-automata; dispersal; invading; global warming

高原鼠兔(*Ochotona curzoniae*)(以下简称鼠兔)是青藏高原的生态关键种。它是小型食肉动物的主要食物,它构建的洞穴为小型鸟类和蜥蜴提供巢穴,它的挖掘活动有助于营养物质的循环并促进生态系统的演变,它还是一种新开发的实验动物^[1]。鼠兔的存在是高寒草甸(以下简称草甸)生态系统健

康发展和保护生物多样性的重要条件。近年来过度放牧和全球气候变化导致草甸严重退化,这为鼠兔提供了良好的栖息环境,导致其数量激增^[2]。鼠兔和放牧动物争夺食物;它的挖掘活动破坏土壤结构,造成水土流失,导致草场进一步退化;作为鼠疫的疫源动物和包囊虫的中间宿主,也频繁地给人类带来

收稿日期: 2009-10-19 修订日期: 2010-03-18

基金项目: 山西省自然科学基金项目(2009011005-3);山西省高等学校科技研究开发自选项目(20091149);运城学院院级科研项目

* 通信作者 E-mail: liuhanwu-china@163.com

麻烦。正由于鼠兔的双重作用,应该加强对其种群动态的监控和管理,使其保持适当的种群规模和空间分布,既发挥其关键种的作用,同时又不破坏草甸。这要求研究鼠兔种群的空间动态规律。

元胞自动机方法常被用来模拟种群的空间动态。元胞自动机是一个时间、空间和状态都离散的动力系统,散布在规则格网中的每一元胞依确定的局部规则作同步更新,大量元胞通过简单的相互作用而构成动态系统的演化。关于元胞自动机的详细论述可参见文献[3-4]。Karafyllidis^[3]利用元胞自动机研究了温室效应对昆虫和微生物地理分布的影响,Wang 等^[4]利用元胞自动机研究了在可控系统中一年生杂草的扩散机理,Matsinos 等^[5]利用元胞自动机研究了竞争、扩散、干扰对草地植物群落的影响。

本文基于鼠兔和草甸的生态学特征建立元胞自动机模型,来探究鼠兔的扩散机理,更有力地指导鼠兔数量的监测与控制。

1 材料与方法

1.1 元胞自动机模型的建立

影响鼠兔分布的因素很多,如生境位置、土壤质地、离水源的距离、灌丛植物盖度、阔叶植物高度^[6]、天敌分布^[7]、人类活动^[8]等。造成鼠兔扩散的因素有环境变化、捕食压力^[7]、分窝等。影响出生死亡的因素有种群密度与环境容纳量的比值、食物条件等。其中有些因素并不是独立的,为简单起见,这里只考虑植被高度、鼠兔密度与环境容纳量的比值。由于特殊的地理和气象条件,草甸有生长季节(4-9月)和非生长季节(10月-次年3月),鼠兔有繁殖季节(4-8月)和非繁殖季节(9月-次年3月)。将870 m×870 m均质草甸分成17.4 m×17.4 m^[9]的小方格,每一个方格是一个元胞,共有50×50个元胞。采用8邻居法,时间步长为1个月,使用周期边界。

0.25 m×0.25 m面积上植被生物量干重 $x(g)$ 在生长季节(4-9月)满足 Logistic 方程^[9] $x = \frac{15.23}{1+204.1 \exp(-0.93t)}$; 在非生长季节(10月-次年3月)满足 Malthus 方程^[9] $x = 93.16 \exp(-0.21t)$ 。植被高度 $h(m)$ 正比于植被生物量 x , 为 $h = 0.042x$ ^[9]。

过低的植被不能为较多的鼠兔提供食物,但随

着植被高度的增加,由于视觉受限,鼠兔不能有效发现捕食者,因此鼠兔不选择植被过高的生境生活,所以元胞 (i, j) 内在时刻 t 的环境容纳量 $K_{i,j}^t$ (有效洞口数)先随植被增高而增大,然后减小,直至为零。这里 $K_{i,j}^t$ 为^[9]

$$K_{i,j}^t = \begin{cases} 4.71h + 13.04 & (h < 4.87) \\ 35.99 & (h = 4.87) \\ -3.08h + 50.98 & (h > 4.87) \end{cases}$$

有效洞口的动态表现为在元胞内的生死和元胞间的扩散。在时刻 t 元胞 (i, j) 内的有效洞口数 $m_{i,j}^t$ 在繁殖季节(4-8月)满足 Logistic 方程 $m_{i,j}^{t+1} - m_{i,j}^t = 0.749m_{i,j}^t \left(1 - \frac{m_{i,j}^t}{K_{i,j}^t}\right)$, 在非繁殖季节(9月-次年3月)满足 Malthus 方程 $m_{i,j}^{t+1} - m_{i,j}^t = r_4 m_{i,j}^t$ 。

记 $C_{i,j} = \frac{m_{i,j}^t}{K_{i,j}^t}$, 当 $C_{i,j} - C_{i,j+1} > \alpha$ 时,在下一时刻 $t+1$ 元胞 (i, j) 内的有效洞口迁往元胞 $(i, j+1)$, 对其他7个邻居也是这样,其中参数 α 是一个表示鼠兔对原有栖息地留恋的量。鼠兔营家族式生活,所以在同样的自然情况下与亲属生活在一起要比离开亲属受益更多。由元胞 (i, j) 迁往其8个邻居中的有效洞口数可通过建立、求解线性方程组算出,按照条件:迁移后元胞 (i, j) 内的 C 值比有 (i, j) 内有效洞口迁入的邻居的 C 值高 α , 建立方程组。

每只鼠兔在植被生长季节日消耗干物质 2.4 g, 在植被的非生长季节,日消耗 23.52 g^[10]。鼠兔造成危害的临界阈值为 9.05 只/hm²^[11]。根据刘季科等^[11]的数据可折算出鼠兔的洞口系数为 0.4, 所以在每个元胞内造成危害的经济阈值为有效洞口 0.69 个,并且,每个有效洞口在植被生长季节日消耗干物质 0.96 g, 在非生长季节日消耗 9.41 g。

1.2 元胞自动机模型的检验

2006年,在青海省果洛藏族自治州玛沁县进行了鼠兔的扩散试验。选择180 m×180 m样地,分成81个20 m×20 m的样方(图1),灰色区域为源区,共4×9个样方,此区域有广阔的背后区域,且源区及背后区域有大量鼠兔,白色区域为扩散区,共5×9个样方。试验开始时统计源区各样方中有效洞口数,灭杀扩散区的全部鼠兔,随后每月记录各样方内有效洞口数。扩散区外是高的人工垂穗披碱草草地,那里没有鼠兔,这样可以保证扩散区内的鼠兔都是从源区迁入或由迁入的鼠兔生产的。

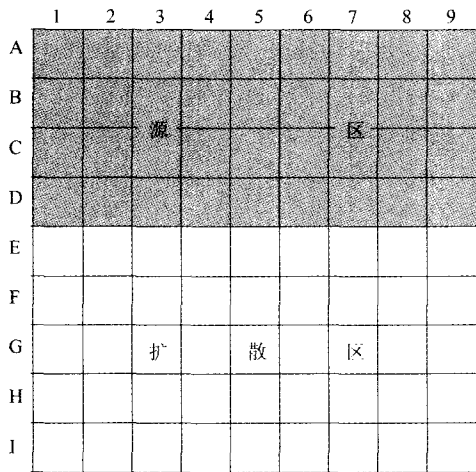


图1 扩散试验样地

由于在元胞自动机模型中元胞边长为 17.4 m, 而扩散试验样方的边长为 20 m, 所以在检验模型时将模型中元胞边长调整为 20 m, 其他参数成比例调整, 且将模型中元胞数调整为 5×5 个。取样方(3~7)×(C~G)中 4 月份有效洞口数作为初始值代入模型进行模拟, 将模拟值和实测值绘于图 2, 从图中可以看出实测值和模拟值很接近, 所以可以认为模型是合理的。

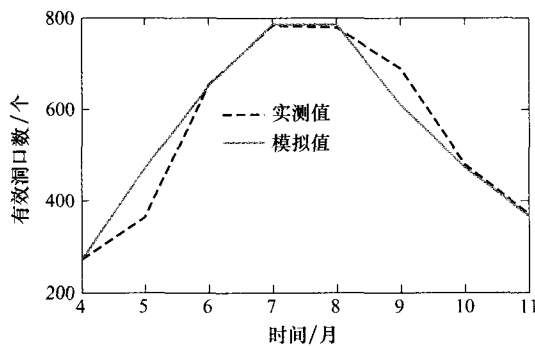


图2 鼠兔种群规模的模拟值和观察值

1.3 模拟

模拟时取 $r_4 = -0.26$, 这样当 4 月份每个元胞中有 5 个有效洞口时有效洞口数年复一年地接近周期变化。模拟时取 α 为 0.1。

1.3.1 对扩散的模拟

定义扩散力 S 为所有元胞与所有邻居间大于 α 的 C 值差的和, 即 $S = \sum_{i=1}^{50} \sum_{j=1}^{50} s_{i,j}$ 。元胞 (i, j) 与它的 8 个邻居都有一个 C 的差值, 所有大于 α 的差值的和即为 $s_{i,j}$ 。考虑图 3 所示的两种初始配置, 其中每个黑色元胞内有 5 个有效洞口, 其余的元胞内没

有有效洞口, 两种配置中有效洞口数相同, 都是 180 个, 但集中的程度不同。

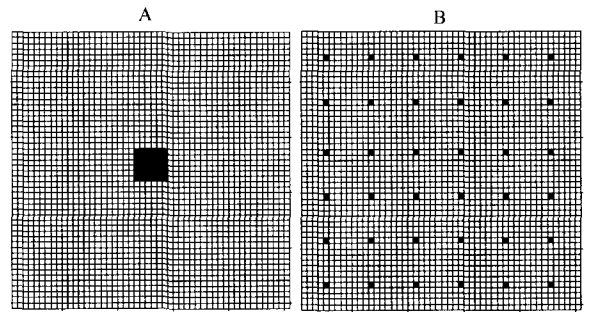


图3 有效洞口的初始配置

1.3.2 模拟鼠兔对恢复草甸的入侵

退化草甸的治理和恢复往往是局部的, 恢复的草甸和退化草甸之间有漫长的边界线。在治理刚刚结束时, 恢复的草甸内没有鼠兔, 而其相邻的退化草甸内有鼠兔, 这样退化草甸内的鼠兔就会向恢复的草甸入侵。

模拟时不区分具体的治理措施, 只看治理后植被的高度。考虑 A、B、C、D、E、F 共 6 种情况, 即模拟开始时植被高度及其环境容纳量都分别增加 0、0.05、0.1、0.15、0.2、0.25 m, 其中 A 表示退化的草甸, 其他情况下植被逐渐增高。在退化草甸上, 鼠兔的数量分 7 个梯度, 即在每个元胞内, 分别有 0、1、2、3、4、5、6 个有效洞口。

1.3.3 模拟全球变暖对鼠兔的影响

草甸生态系统极其脆弱, 对全球气候变化极其敏感, 对全球变暖的响应具有超前性。有研究表明全球变暖使草甸生长期延长, 生产力下降^[12], 同时, 也有研究表明模拟增温可使植被生长期缩短、生物量减少^[13]。在模拟时, 植被情况考虑两个方面, 共 9 种情况, 即植被生长期延长、不变、缩短; 植被生物量增加、不变、减少。

鼠兔对气温升高的反应还未见报道, 这里就表 1 中 6 种假设分别模拟, 当出生率、死亡率改变时, 先将出生率调整为原来的 95% 或 105%, 然后适当调整死亡率, 使得当初始的 4 月每个元胞内有 5 个有效洞口时鼠兔种群规模年复一年的近似周期变化, 括号内为模拟时使用的出生率和死亡率。

有效洞口的初始配置采用图 3B, 有鼠兔栖息的元胞内分别有 0.4 个和 5 个有效洞口。植被考虑两种情况: 退化草甸和非退化草甸。

表 1 鼠兔种群对气温升高所做反应的 6 种假设

假设	出生率	死亡率	繁殖期
1	不变(0.75)	不变(-0.26)	不变(4-8月)
2	增大(0.77)	减小(-0.27)	不变(4-8月)
3	减小(0.71)	增大(-0.26)	不变(4-8月)
4	不变(0.75)	不变(-0.32)	延长(4-9月)
5	增大(0.79)	减小(-0.32)	延长(4-9月)
6	减小(0.71)	增大(-0.31)	延长(4-9月)

2 结果与分析

2.1 鼠兔扩散的规律

有效洞口扩散的数量与扩散力的变化趋势基本一致,图 4 是配置 B 的情形。当两个元胞间 C 值的差大于 α 时,这个差就是扩散力的一部分;同时这个差也导致这两个元胞间有有效洞口的扩散,扩散的数量与这个差有关系,也与当时相邻元胞内有效洞口的数量、环境容纳量及 α 有关系,所以有效洞口的扩散数量与扩散力之间有类似的变化趋势,但不完全同步。

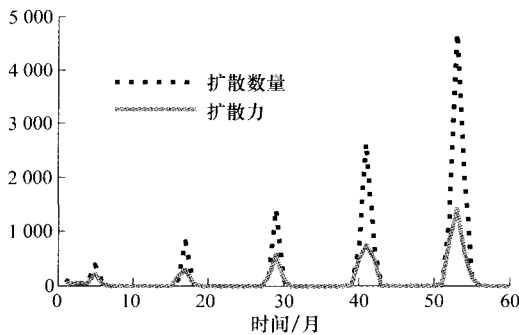


图 4 配置 B 下有效洞口扩散数量与扩散力

扩散力为所有元胞与所有邻居间大于 α 的 C 值差的和,所以扩散力的大小决定于元胞间 C 值的差和这些差当中有多少个比 α 大。形象地说,扩散力的大小取决于在多少元胞中要求迁出、有多少元胞可以迁入和迁移的动力有多大。这样与配置 A 相比,配置 B 的扩散力要大,图 5 为含有鼠兔的元胞内有 0.4 个有效洞口的情形。

两种配置下,鼠兔对草甸的危害如图 6 所示,鼠兔对草甸总的危害为曲线与横轴之间所夹的面积。图中 A、B 两个配置下有有效洞口的元胞都含有 0.4 个有效洞口。从第 15 到第 27 个月,配置 B 的情况危害比较小,这是由于鼠兔通过迅速扩散,占有大量元胞,每个元胞内的有效洞口数都比较少,从而受危害的元胞数也比较少,这可以称为扩散的稀释作用,在配置 B 的情况下稀释作用较大。从第 28 个月开始大体上配置 B 的情况危害比较大,这是由于鼠兔扩散后,虽然每个元胞内的有效洞口数量相对减少,

但仍达到危害水平,从而受危害的元胞数比较多,这种情况下稀释作用表现在受危害的程度小。图 7 为在图 6 的情况下受危害元胞内有效洞口数的平均值,可以看出自第 28 个月以后配置 B 的被危害元胞内的有效洞口要少。

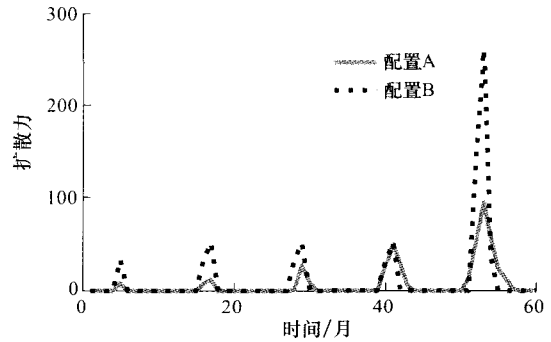


图 5 扩散力

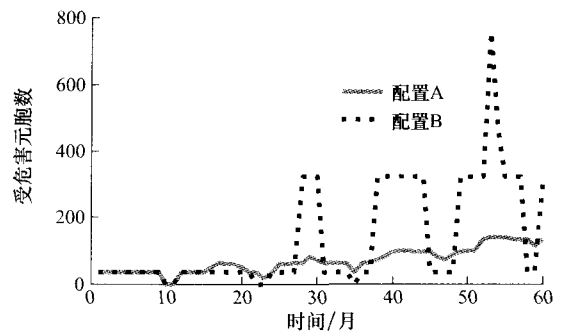


图 6 受危害元胞数

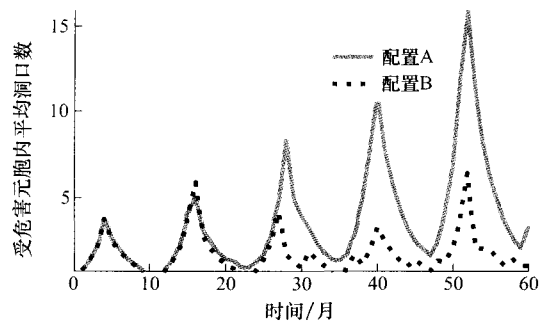
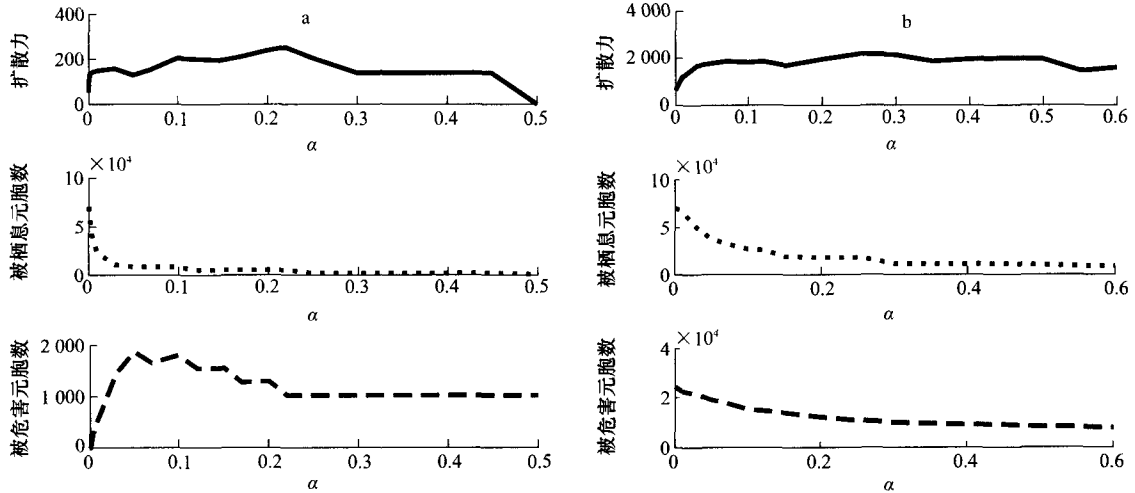


图 7 受危害元胞内的平均有效洞口数

量 α 对鼠兔的扩散有着重要影响,图 8 说明了在配置 B 情况下 α 对鼠兔扩散的影响。图中曲线分别表示 α 的值从 0 逐渐增大时,30 个月内被栖息元胞数、扩散力、受危害元胞数的变化过程。图 a 和 b 是配置 B 中每一被栖息元胞内分别有 0.4 个和 5 个有效洞口的情形。随 α 从 0 逐渐增大,被栖息元胞数从很大迅速减小并逐渐趋于平稳,这是由于 α 较小时鼠兔可以迅速扩散占领大量元胞。当 α 变化时扩散力表现出没有规律的震荡,这是因为扩散力不只决定于 α ,还和各元胞内的 C 值有关。 α 变化时受

危害元胞数表现出两种不太一样的情形如果开始时被栖息的元胞内有较少的有效洞口, α 较小时鼠兔可以通过扩散占有大量元胞, 使得每个元胞内的鼠兔都很少, 受危害的元胞也就较少; 反之, 如果开始

时被栖息的元胞内有较多的有效洞口, α 较小时鼠兔可以通过扩散占有大量元胞, 使得每个元胞内的鼠兔相对较少但仍能达到危害水平, 这样受危害的元胞就比较多了。



图a和b分别表示配置B中每一被栖息元胞内分别有0.4个和5个有效洞口的情形

图8 α 对扩散的影响

2.2 鼠兔对恢复草甸的入侵

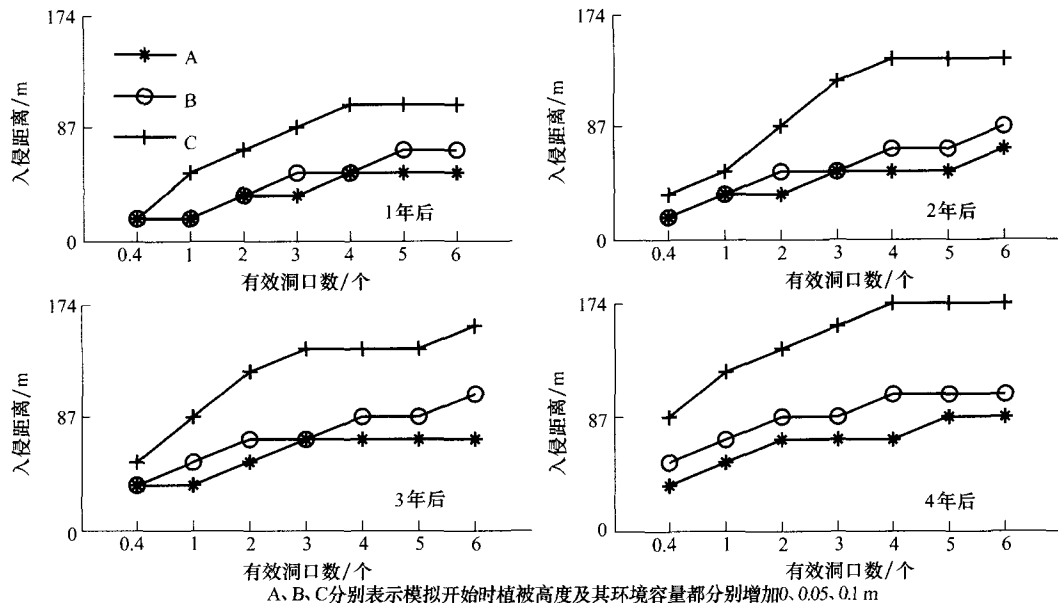
当退化草甸上鼠兔密度比较大时, 在相同的时间内入侵恢复草地的距离就比较远。表2为情况C时, 鼠兔入侵距离与退化草甸上每个元胞内有效洞口数的关系。

植被比较低时(情况 A、B、C), 植被越高, 在相同的时间内入侵距离越大。图9为情况 A、B、C时4年内入侵距离。当植被比较高时, 治理后的草地上C值与 α 的关系受多种因素的影响, 入侵距离没

有明显的规律。

表2 情况C时元胞内不同有效洞口数条件下鼠兔的入侵距离

时间	不同有效洞口数时鼠兔入侵距离/m						
	0.4	1	2	3	4	5	6
1年后	17.4	52.2	69.6	87.0	104.4	104.4	104.4
2年后	34.8	52.2	87.0	121.8	139.2	139.2	139.2
3年后	52.2	87.0	121.8	139.2	139.2	139.2	156.6
4年后	87.0	121.8	139.2	156.6	174.0	174.0	174.0
5年后	104.4	139.2	156.6	174.0	191.4	191.4	191.4



A、B、C分别表示模拟开始时植被高度及其环境容量都分别增加0.05、0.1 m

图9 鼠兔的入侵距离

治理后植被低矮时,环境容纳量较大,导致扩散量较大,所以往往鼠兔入侵到的地方危害也随之发生。扩散之后,鼠兔新占据的地方与无鼠兔的地方的 C 值差较小,在短时间内不再扩散,要等到新占据的元胞内种群规模积累到一定程度

才继续扩散,所以入侵的距离一般较短。与之相反,治理后植被较高时,往往鼠兔入侵到的地方危害并不发生,入侵距离一般较长。图 10 为退化草甸上每个元胞内有 3 个有效洞口时的入侵过程。

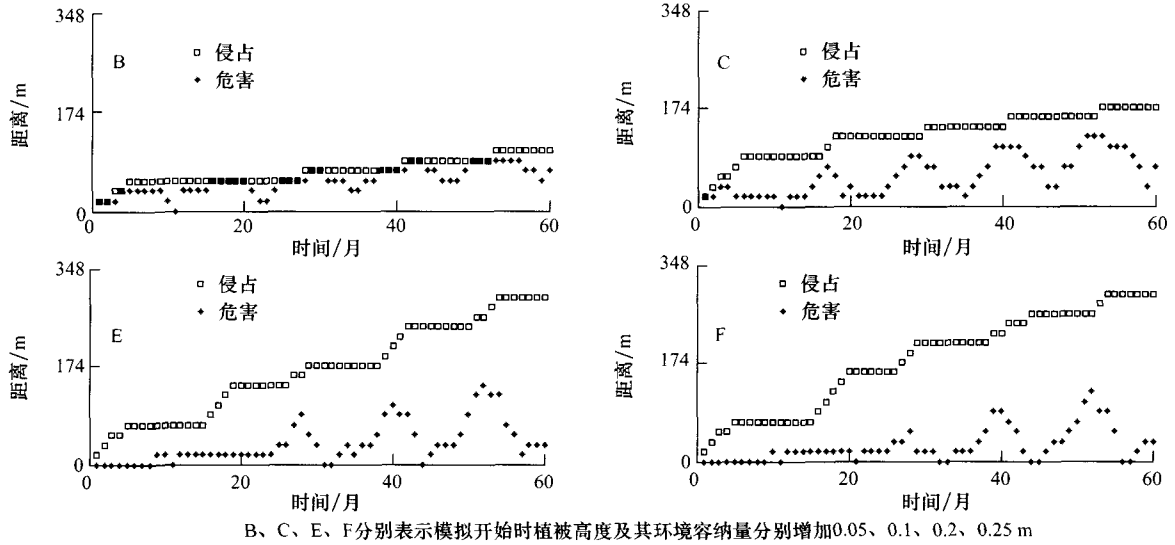


图 10 鼠兔的入侵过程

2.3 全球变暖对鼠兔的可能影响

无论植被是 9 种情况中的哪一种,鼠兔种群都表现出相似的变化方式,所以下面只就植被的生长期延长、生物量下降情况给出模拟结果。在模拟时,生长季节由 4—9 月调整为 4—10 月,环境容纳量由 0.152 m 调整为 0.144 m,生长率由 0.93 调整为 0.9,枯死率由 -0.21 调整为 -0.26。此时,在 0.25 m × 0.25 m 面积内,增温后植被的最大干重 14.06 g 是增温前最大干重 14.51 g 的 97%。

如果鼠兔的繁殖期不延长(假设 1、2、3),增温前后,在种群规模、生死数量、扩散数量及危害程度上几乎没有区别。

如果增温后鼠兔的生长期延长(假设 4、5、6),在退化草甸和非退化草甸上表现出两种不同的情形。在非退化草甸上,尽管增温后鼠兔的生长期延长了,增温前后在鼠兔种群规模、生死数量、扩散数量及危害程度上还是几乎没有区别。图 11 为在假设 5 的情况下,非退化草甸上初始时刻含鼠兔的元胞内有 5 个有效洞口时增温前后的比较。在退化草甸上,鼠兔的环境容纳量较大,加上增温后生长期的延长,使得鼠兔种群迅速增大,同时使得生死数量、扩散数量及危害程度都变大。图 12 为在假设 4 的

情况下,退化草甸上初始时刻含鼠兔的元胞内有 0.4 个有效洞口时增温前后的比较。

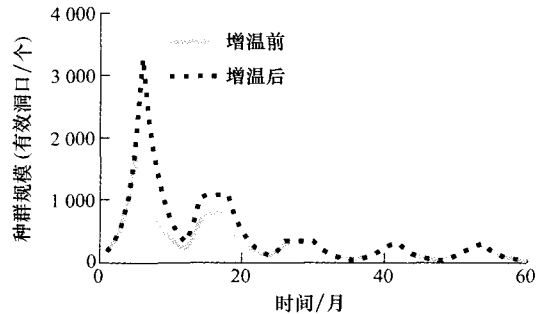


图 11 在假设 5 下,非退化草甸上增温前后鼠兔种群动态的比较

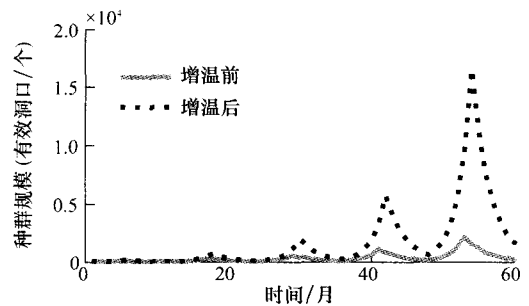


图 12 在假设 4 下,退化草甸上增温前后鼠兔种群动态的比较

3 讨论

扩散可减轻鼠兔对草甸的危害,但应该注意危害的减轻是暂时的,鼠兔扩散的最终结果是找到更合适的栖息地,随之而来的是种群以更快的速度增长,并形成更大的种群,产生更大的危害。如果恢复后的植被较高,邻近的鼠兔对其入侵距离远、危害轻,如果恢复后的植被较低,则相反。其原因在于较高的植被不适合鼠兔生存,所以恢复植被,造成不适合鼠兔生存的环境是根治鼠兔危害的最终办法。全球气候变暖已是一个不争的事实,鼠兔,这种接近 r 对策的动物,没有理由不延长其繁殖期。这样,在退化草甸上,鼠兔种群将迅速增大,使草甸进一步退化,产生更适合鼠兔生存的环境,这种恶性循环会周而复始永无止境地进行下去。因此退化草甸的恢复必须借助于外力,要借助于人的干预。

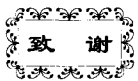
在模拟时,模型中鼠兔的冬季死亡率取较为特殊的一0.26,这样当4月份每个元胞中有5个有效洞口时有效洞口数年复一年地接近周期变化。这样处理其实就是固定鼠兔种群的动态,使得模拟中出现的鼠兔种群变化都是由于其他因素造成的,而不是来自鼠兔种群本身。

在很大程度上,建立的模型是理论上的,通过模拟可以得到有关草甸及鼠兔的一些一般性规律,但要将模型应用到实际还有很多因素要考虑。如放牧通过直接改变植被高度而改变鼠兔的环境容纳量;实际的草甸并非完全均质,存在植被上的差异,有的地方还有河流、道路等;还要考虑鼠兔的捕食者,且捕食者的分布也不是均匀的;年与年之间的出生率和死亡率

也并非常数,受当年的植被状况、气象因素等影响。

参考文献

- [1] 梁俊勋. 介绍一种新型的实验动物——高原鼠兔[J]. 动物学杂志, 1990, 25(4): 46-49.
- [2] 刘伟, 王启基, 王溪, 等. 高寒草甸“黑土滩”退化草地的形成原因及生态过程[J]. 草地学报, 1999, 7(4): 300-307.
- [3] Ioannis K. A model for influence of the greenhouse effect on insect and microorganism geographical distribution and population dynamics[J]. BioSystems, 1998, 45(1): 1-10.
- [4] Wang J H, Kropff M J, Lammert B, et al. Using CA model to obtain insight into mechanism of plant population spread in a controllable system; annual weeds as an example[J]. Ecological Modelling, 2003, 166(3): 277-286.
- [5] Matsinos Y G, Troumbis A Y. Modeling competition, dispersal and effects of disturbance in the dynamics of a grassland community using a cellular automaton model[J]. Ecological Modelling, 2002, 149(1-2): 71-83.
- [6] 王育, 王小明, 王正寰, 等. 高原鼠兔生境选择的初步研究[J]. 四川大学学报(自然科学版), 2004, 41(4): 1041-1045.
- [7] 魏万红, 曹伊凡, 张堰铭, 等. 捕食风险对高原鼠兔行为的影响[J]. 动物学报, 2004, 50(3): 319-325.
- [8] 江小蕾. 植被均匀度与高原鼠兔种群数量相关性研究[J]. 草业学报, 1998, 7(1): 60-64.
- [9] 刘汉武. 高原鼠兔种群时空动态的元胞自动机模拟[D]. 西宁: 中国科学院西北高原生物研究所, 2008.
- [10] 杨振宇, 江小蕾. 高原鼠兔对草地植被的危害及防治阈值的研 究[J]. 草业科学, 2002, 19(4): 63-65.
- [11] 刘季科, 张云占, 辛光武. 高原鼠兔数量与危害程度的关系 [J]. 动物学报, 1980, 26(4): 378-385.
- [12] 王谋, 李勇, 黄润秋, 等. 气候变暖对青藏高原腹地高寒植被的影响[J]. 生态学报, 2005, 25(6): 1275-1281.
- [13] 李英年, 赵亮, 赵新全, 等. 5年模拟增温后矮嵩草草甸群落结构及生产量的变化[J]. 草地学报, 2004, 12(3): 236-239.



2009—2010 年度为我刊审稿的专家名单

蔡青年、曹克强、曹雅忠、曹坳程、陈福良、陈功友、陈红印、陈怀谷、陈捷、陈巨莲、陈林、陈乃中、陈书龙、陈万权、陈笑瑜、成卓敏、程登发、程兆榜、翟保平、董金皋、杜予州、段霞瑜、樊美珍、范在丰、封洪强、冯洁、冯俊涛、傅俊范、高灵旺、高微微、高希武、高增贵、高智谋、戈峰、郭建英、郭予元、郭泽建、国立耘、韩宝瑜、郝树广、何康来、何月秋、何自福、洪宽、侯茂林、黄红娟、黄启良、姬广海、简桂良、简恒、姜子德、江幸福、蒋继志、蒋细良、解超杰、康振生、孔垂华、雷仲仁、李保华、李宝聚、李波、李国庆、李健强、李金云、李克斌、李里特、李莉、李明福、李明远、李世东、李世访、李香菊、李兴红、李正西、李志红、梁革梅、廖金铃、刘波微、刘长远、刘太国、刘伟成、刘西莉、刘新刚、刘杏忠、陆宴辉、罗礼智、马占鸿、马忠华、倪汉文、倪汉祥、牛建新、农向群、庞义、彭德良、齐俊生、乔红波、邱德文、芮昌辉、盛承发、施大钊、施宗伟、石旺鹏、宋玉立、万方浩、王保民、王春林、王殿轩、王海鸿、王慧敏、王进军、王开运、王锡锋、王晓鸣、王音、王跃进、王振营、王忠跃、王琦、魏鸿钧、魏守辉、问锦曾、吴慧平、吴茂森、吴青君、吴为人、吴文君、吴学宏、吴钜文、肖崇刚、肖炎农、肖炎岩、谢丙炎、谢令德、谢明、徐汉虹、徐金汉、徐世昌、徐学农、杨怀文、杨立军、杨文才、于拴仓、虞国跃、余道坚、俞晓平、喻大昭、袁会珠、袁庆华、袁哲明、曾玲、张朝贤、张帆、张广民、张国珍、张杰、张礼生、张力群、张龙、张润志、张兴、张永军、张友军、张泽华、张志铭、张钟宁、赵博光、赵廷昌、折冬梅、郑永权、郑斐能、周常勇、周立刚、周明国、周涛、周雪平、周益军、周益林、朱宝成、朱昌雄、朱恩林、朱振东、祝增荣、郑军锐

谨向以上各位审稿专家表示衷心感谢!