

羊草小群落扩散过程的初步分析

王振堂 祝廷成

(东北师范大学生物系)

摘 要

本文以初始时没有羊草种群定居的弃耕地植物群落演替为例,利用常规生态学调查方法,对调查结果进行数学生态分析,着重研究了羊草小群落(microcommunity)的形成及其内部无性繁殖的分蘖植株的二维扩散(diffuse)过程。并初步分析了羊草种群通过有性繁殖的种子的被动散布(dispersal)将所侵入地段的相对广大的空间(面积),划分为无数个具有有限面积的单元,解决种群最大限度地占有空间的格局问题。羊草种群又在已经占据的每一个面积单元上,依靠无性繁殖的分蘖植株的主动扩散,以一定的速度在有限时间内发展种群优势,解决了种群在单位空间内充分发展的时间和速度,这对于羊草种群在最短时间内占有最大限度的空间,有着重要的生态学意义。

羊草(*Leymus chinensis*)是东北西部草原上的优良牧草,常形成单一种占绝对优势的群落。草场的兴衰与羊草群落的演替有着直接的关系。羊草群落变化的一系列过程,在弃耕地群落演替中可以清楚地观察到。

羊草种群以有性繁殖的种子靠自然力被动传播,占领新侵入的地段,依此决定未来羊草群落的分布格局。种子形成幼苗,经过无性繁殖过程,由根茎生成分蘖植株,以幼苗为中心,随机的向四周分布,可以看作是“主动”地扩散过程。经过一定时间(3—5年)后,在草层中形成一个圆形的外观清晰的羊草小群落,小群落星罗棋布的镶嵌在植被层中,景象别致(见图1)。小群落(microcommunity)以每一年为时间单元向外扩大,形成一个个



图1 羊草小群落

Fig.1 *Leymus chinensis* microcommunity

同心圆环,与水波的传播方式相似,遵循二维扩散规律。我们将这一过程称为“羊草小群落的扩散”。羊草小群落的扩散也即是羊草小群落的发生发展过程,同小群落的分布格局的变化,一起对草原草场的产量和质量有着直接的影响。本文对羊草小群落的生态学理论意义及生产实践价值作了初步的探讨。

一、弃耕地群落演替概况

弃耕地是典型的受人为破坏的草原地段,这些地段在弃耕开始时由于多年耕耘已经没有羊草栖居,如无人为的干扰破坏,经过较长时间的演替过程,可以恢复其原生植被的基本状况。孙醒东等(1964)曾依据优势植物的更迭,将羊草草原上弃耕地演替过程相对地划分为:(1)生长田间杂草和蒿类为主;(2)根茎性禾草和豆科植物侵入;(3)大部分草原植物恢复等三个阶段(孙醒东等,1964)。演替全过程大约需要15至20年时间。羊草群落的形成和发展是演替的核心。这一核心又以多呈圆形的羊草小群落的发展及分布为基础。

为了分析羊草小群落的形成发展及其分布状态,我们在东北西部羊草草原分布的中心地

表 1 不同演替时间群落的组成

Table 1 Community components at different succession time

种类组成	演替时间 (年)	项目	0—1	2—5	6—13	14—23
羊 草 <i>Leymus chinensis</i>	1		0	0.80	8	70
	2		0	0.02	14	48
芦 苇 <i>Phragmites communis</i>	1		16	11.30	6	4
	2		18	14.36	35	6
狗 尾 草 <i>Setaria lutescens</i>	1		24	44.40	70	1
	2		6	4.00	12	1
黄 蒿 <i>Artemisia scoparia</i>	1		3	26	2	1
	2		8	79	13	1
虎 尾 草 <i>Chloris virgata</i>	1		16	4.50	5	4
	2		4	0.32	3	2
披 硷 草 <i>Clinelymus dahuricus</i>	1		0	0	5	12
	2		0	0	18	23
苍 耳 <i>Xanthium strumarium</i>	1		30	0	0	0
	2		60	0	0	0
其 他 植 物	1		11	13	4	6
	2		4	2	5	21
样 方 内 总 种 数			8	11	11	23
含 有 羊 草 的 样 方 百 分 数 %			0	20	38	100

项目注: 1. 种个体数占样方内总种个体数百分比

2. 一个种的鲜重占样方内总鲜重的百分比

带, 选择了吉林省双辽县境内二十几个自然村屯, 这一地区的自然情况, 我们已作过报道 (Zhu Tingchen 等, 1981)。草原植被虽历经多年的人为破坏干扰, 但由于村屯分布较稀疏, 空旷地段面积较大, 长期实行无计划的粗放垦耕和轮荒, 保留了各个不同历史年代弃耕的大面积草原群落。从这些群落中, 首先选取典型地块, 其次通过社会调查准确地判定所划地段的弃耕年代, 然后依据地块大小确定所取样方数 (一般 5—15 个), 进行常规分析, 重点是羊草等代表性植物的株数, 株高及鲜重, 并计算各项所占样方内总体百分比, 统计含有羊草的样方占总样方的比数。结果见表 1。

从表 1 可以看到, 随着演替时间的增长, 羊草在草本层中所占的地位逐渐变化, 它的个体数由零增加到 70%, 鲜重占总鲜重的比由零增加到 48%。羊草草原常见植物种, 则随着羊草种群的变化也呈相应的改变, 它们的种数、个体数以及鲜重比均呈有规律性的演变。与此同时, 黄蒿、苍耳及狗尾草等主要习见田间杂草在草本层中的百分比, 则随之大幅度的下降 (见图 2)。在群落演替过程中, 羊草种群有着内在的变化机制, 主要是以下两个方面:

一是羊草在草本层中由单一植株, 经过无性繁殖, 发展成羊草小群落, 二是小群落在整个地段上的分布格局及其发展。两者的时空变化决定着草本层中羊草总的存在状况, 决定着草场的产量及质量。本文将分别阐述这两个方面的变化过程, 以及它们的某些生态规律性。

二、羊草小群落的形成及发展

我们认为羊草小群落 (microcommunity) 的形成和发展是羊草种群优势变化的主要过程。小群落的形成是从弃耕后第一年开始的。假设整个群落恢复演替地段有 X 个面积单元, 其中有 x 个单元上落了羊草种子, 而在 x 之中仅有 x_i 个面积单元上 ($x_i \leq x, i = 0, 1, 2, \dots, n$) 的种子能够发芽形成植株。进而以它为中心发展形成小群落, 并参予以后的演替过程, 一直到达“顶极” (即草原群落恢复基本完成)。我们规定凡未能到达“顶极”的不属于 x_i 之内。

从 x_i 中任选一株 (A)。由于羊草是根茎性禾草, 不仅仅依靠种子繁殖, 而更重要的是依靠地下根茎繁衍, 在自然条件下以无性繁殖为主, 有性繁殖为辅。以 A 为中心, 通过根茎

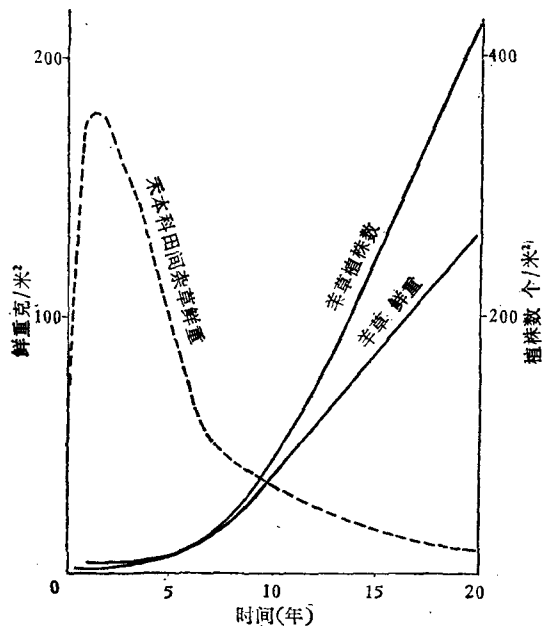


图 2 弃耕地群落演替时, 羊草及禾本科田间杂草鲜重的变化。

Fig.2 The changes in green weight of *Leymus chinensis* and weeds of *Gramineae* during the community succession on abandoned land

的分蘖繁殖, 发展成羊草小群落, 其过程可以概述于下: 由种子形成的幼苗 A , 在适宜条件下, 出土 40—50 日便在土层中伸出基本与地表面平行的随机走向的 2—5 条根茎, 每条根茎有 3—5 个茎节。根茎的茎节及顶端可形成分蘖植株。每株分蘖苗又可在当年形成新的横向发展的根茎, 进而又形成分蘖株。如此连续进行下去, 在一年之内呈现多个“世代”, 同种子

相比, 显著的缩短了生殖周期, 在短时间内即形成分蘖植株群。对于分蘖植株群我们做以下的模型化分析。

每株分蘖苗皆可以看作是从A点出发的, 经过扩散游走, 到达所处的位置的一个个体。于是整个植株群都可以看作是, 在一年时间内, 扩散在A点周围的羊草个体群。将(A)的位置做为坐标原点 R_0 , 每株分蘖苗到原点的距离为 ρ_i ($i = 1, 2, 3 \dots$), 在第一个生育年度 $T_1 = T_0 + \Delta T$ 内, 有 n_1 个分蘖植株分布在 R_0 附近, i 株到 R_0 的距离为 ρ_{1i} 。第二个生育年度将有 n_2 个分蘖植株分布在 R_0 周围, 其距离 R_0 的间隔为 ρ_{2i} 。如此, 便形成一个 ρ_{ki} 系列 ($k = 0, 1, 2 \dots$)。 ρ_{ki} 是一个随机变量, 它受根茎行走方向, 茎节长度、土壤质地, 群落特征等多种随机因素所决定, 这些因素又具有一定的“相互独立”性, 单一因素对总体的影响相对较小, 所以 ρ_{ki} 总体近似于正态分布。当 $n \rightarrow \infty$ 时可以确定小群落的扩散速度, 即小群落扩散圆在单位时间内的半径变化。

在每一个生育年度内, n_k 个羊草植株均分布在以 R_0 为圆心, 以 $\max \rho_{ki} = r_k$ ($\max \rho_{ki}$ — k 年 i 株中半径 ρ 最大者)为半径的圆内。分蘖植株向外扩散的过程, 也是羊草小群落形成的过程, 它的时空变化是一个以 R_0 为圆心的同心圆序列, 即对应时间序列:

$$\begin{aligned} &T_0, T_1, T_2, \dots, T_m, \text{ 有} \\ &R_0, R_1, R_2, \dots, R_m \text{ 同心圆序列及} \\ &r_0, r_1, r_2, \dots, r_m \text{ 同心圆半径} \\ &S_0, S_1, S_2, \dots, S_m \text{ 同心圆面积} \\ & (R_0 \text{ 为一个点, } r_0 = 0, S_0 = 0) \end{aligned}$$

经过一定时间, 便在草本层内形成外观上可以明显见到的羊草小群落。这些外观上可见的小群落的形成, 同时经历着两个方面的变化, 一是同心圆面积随着演替时间的延续而增大; 一是圆内植株密度及羊草的组成比重在增加。演替经过3—5年时, 由表1可知, 在同心圆内羊草个体数占总植株个体数尚不足1%, 分布相当稀疏, 外观上尚未能形成独立的小群落。只有在同心圆内羊草植株的密度及组成比重达到一定程度时, 才能在植被层背景中清晰地显现出圆形而孤立的小群落, 如图1所示。在我们所观察的地区内一般为6—13年时,

羊草个体数占10%以上, 鲜重达15%左右, 可以在植被层中明显地见到多呈圆形的小群落。

图3为1980年于吉林省双辽县卜石图附近调查的弃耕7年的地段上的羊草小群落状况, 相当一部分小群落近于圆形。图中小群落半径有着较明显的差异, 大者4米多, 小者不足1米, 但小群落内的羊草植株密度与所占组成比重均相近, 且外观皆较清晰, 因此, 我们将这些小群落作为7年演替的结果处理。某些小群落可能尚未经历整个演替时间, 但考虑小群落整体的平均趋势, 我们仍选取一个理想的假定经过了全部的演替时间的小群落作以下分析。

采用Skellam (1951) 推导的二维散布方程

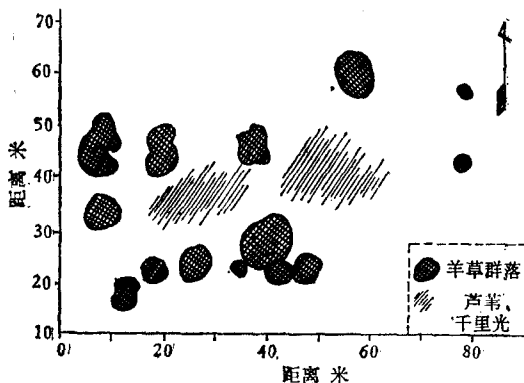


图3 演替7年时羊草小群落的分布
Fig.3 Distributions of microcommunities after seven-year succession
(1980年, 卜石图种马二场前)

(Pielou, 1978; Skellam, 1951; Вентчелб, 1961) 确定羊草小群落形成的同心圆扩展的速率。以 R_0 为原点, ρ 为极径, θ 为极角, D 为扩散系数, C 为游程系数, 则分蘖植株在 t 时刻的 ρ_i , 处于 $d\rho$, $d\theta$ 所构成的面积单元内的总体比为:

$$\phi(\rho, \theta, t) d\rho d\theta = \frac{\rho}{4\pi Dt} e^{-\frac{\rho^2}{4Dt}} \cdot d\rho d\theta$$

令 $4D = a^2$ 则

$$\phi(\rho, \theta, t) d\rho d\theta = \frac{\rho}{\pi a^2 t} e^{-\frac{\rho^2}{a^2 t}} \cdot d\rho d\theta$$

对 θ 积分, 则得到分蘖植株到 R_0 的距离处于 $\rho \pm \frac{1}{2}d\rho$ 范围内的总体期望比:

$$\begin{aligned} \phi(\rho, t) &= \int_0^{2\pi} \frac{\rho}{\pi a^2 t} e^{-\frac{\rho^2}{a^2 t}} \cdot d\theta \\ &= \frac{2\rho}{a^2 t} e^{-\frac{\rho^2}{a^2 t}} \end{aligned}$$

由于相当数量的羊草小群落外观呈圆形, 说明分蘖植株在 R_0 四周的分布机率是近于相等的, 因此我们认为游程系数 $C = 0$ 。当 $C = 0$ 时, 可求得 t 时刻包含总体 ρ_i 的边界的期望大小。令 P_i 为在时刻 t 时 ρ_i 中只有一个大于以 R_i 为半径的期望总体比, 则:

$$\begin{aligned} P_i &= \int_{R_i}^{\infty} \frac{2\rho}{a^2 t} e^{-\frac{\rho^2}{a^2 t}} \cdot d\rho \\ &= e^{-\frac{R_i^2}{a^2 t}} \end{aligned}$$

设总体中植株数目为 N , 则 $P_i = 1/N_i$ 。即选择一个 R_i 值, 使总体中只有一个成员可望离原点的距离大于 R_i , 或者说, 总体内除一株以外, 全部包含在半径为 R_i 的圆内, 于是,

$$\frac{1}{N_i} = e^{-\frac{R_i^2}{a^2 t}}$$

$$R_i^2 = a^2 \cdot t \cdot \ln N_i$$

假如 N_i 为常量, 则扩散着的植株总体所占的圆的面积 ($R_i = \max r$) s_i 与演替的时间成正比。当 N_i 是一个变量时, 假定小群落发展处于一定阶段时, 羊草个体数量的变化由简单的生死过程所决定, 其内禀增长率为 λ , 则:

$$N = N_0 e^{\lambda t} \quad \text{由于 } N_0 = 1$$

$$\text{所以 } \ln N = \lambda t \quad \text{代入 } R_i^2 \text{ 式}$$

$$\text{则 } R_i^2 = a^2 \cdot t \cdot \ln N_i = a^2 \cdot t^2 \cdot \lambda$$

$$R_i = \sqrt{a^2 \cdot \lambda} \cdot t$$

当 λ 是一个常量, 则羊草小群落扩散圆的半径 R_i 的变化平均速率 $\overline{V}$ 也是一个常量。

$$\overline{V} = \frac{R_i - R_0}{t} \quad (R_0 = 0)$$

$$= \frac{R_t}{t} = \sqrt{a^2 \lambda}$$

可知, 在群落演替实际过程中, 如果求得某时刻 t 的小群落的期望半径值 $R(m)$, 则 $\bar{V}$ 值便可以确定。以图3样地($80 \times 80 \text{米}^2$)内所存在的演替7年后的小群落为例计算小群落扩散圆变化的基本趋势。以这个地区内16个小群落的平均半径(见表2) = 2.3688做为整个研究

表2 羊草小群落的半径

Table 2 Radii of microcommunities

小 群 落 序 号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	$\bar{R}$ 均值
半 径	3.0	3.5	4.0	2.65	4.25	2.1	2.75	2.5	2.4	2.5	1.8	2.5	1.0	1.15	0.9	0.9	2.3688

地段内 $R_t(m)$ 的估计值 $\hat{R}_t$, 可求得 $\bar{V} = \sqrt{a^2 \lambda} = \bar{R}_{7/7} = 0.3384$, 表明这一地段的羊草小群落平均每年以0.34米的波幅向外扩散。倘若以 $\bar{V}$ 做最基本的预测预报依据, 则可按 $\bar{R} = \bar{V} \cdot t$ 求得自演替开始到任何一年的羊草小群落扩散圆的平均半径 $\bar{R}_t$, 以及平均面积 $\bar{s}_t$ 。如果考虑更复杂的情况, 建立起小群落变化速度 $\bar{V}(t)$ 与气象条件等诸因素的关系: $\bar{V}(t) = v(t, x_1, x_2, \dots)$ 的函数, 可依据未来气象预报的结果求得 $R(t)$ 与 $s(t)$ 。

由此, 可依据小群落总体的扩散圆随时间变化的期望面积 $S_t = S(t)$, 小群落在所研究地段上的分布频度 P , 小群落内植株密度变化 $\omega(t)$, 植株高度 $H(t)$, 以及羊草单位体积的平均干重 G 等参数, 便可建立该地段上羊草产量的预报方程。这对于确定打草场恢复使用时期是甚为必要的。

由于 $\bar{R}_t$ 是一个统计量, 所以存在着置信区间及可信概率的问题。如果要求统计结果有0.9的可信概率, 则 $\bar{R}_t$ 的置信区间 ε 为:

$$\varepsilon = s^* \cdot t_a$$

$$s^* = \sqrt{\frac{\sum (x_i - \hat{R}_m)^2}{n-1}}$$

式中: ε ——置信区间, a ——可信概率, t_a ——依赖于 a 与 n 的Student数, n ——样本容量, x_i —— t 年度小群落 i 的半径 R_{ti} 值, $\hat{R}_m$ —— t 年度 R_t 的期望估计值。由上式可求得 $\bar{R}_t$ 的置信区间 ε_a 。以我们所列举的演替7年的 $\bar{R}_7 = 2.3688$ 米的小群落为例, 可求得 $\varepsilon_{0.9} = 1.823$, 即 $\bar{R}_7 = 2.3688 \pm 1.823$ 。

三、小群落的分布格局

上述数学生态模型近似地描述了 x_i 个面圆中一个典型面圆上羊草小群落形成的过程, 它仅是羊草小群落内部植株扩散的模式, 只给出单一小群落发展变化的规律。然而, 整个植被地段上羊草种群的演替过程, 不仅取决于每一个小群落的发展, 而且还取决于 x_i 个小群落的总的生态格局。在具有 X 个面积单元的植被地块上, x_i 个羊草小群落总的时空变化, 主要包括以下几个方面: (1) 小群落的数量, 它的一个重要标度是在总面积单元中小群落所占面积

单元, 即 $x_i/X = P$, 称其为小群落出现的频度。(2) 小群落分散或聚集的分布特性。(3) 小群落发展过程中它们之间的相互关系等等。

在假设小群落中心(或称扩散圆圆心)仅占有一个面积单元的前提下, x_i 个小群落占总面积单元的频度 $P = x_i/X$ 可采用许多统计调查方法求得。我们是采用较为直观的方法求出的。在所研究地段上选取一块较典型的样地, 假定某一尺寸的方块为一面积单元, 所有小群落皆由 T_0 时开始扩散, 以及小群落是由每一面元中心向外扩展, 于是规定凡单元中心位于小群落之内者, 皆为 x_i 的一个。于是由小块样地内可得 X 及 x_i , P 可求得。图 4 为羊草小群落分布格局。

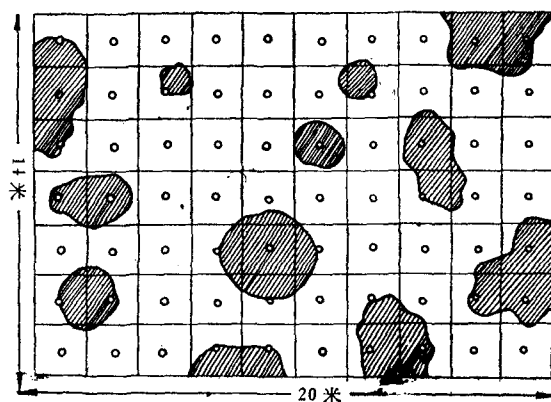


图 4 羊草小群落分布格局 (1980, 卜石图), 面积单元假定为 2×2 米², $X = 70$, $x_i = 25$, $P = 0.36$

Fig. 4 Distribution pattern of *Leymus chinensis* microcommunities, the area unit is supposed to be 2×2 m², $X = 70$, $x_i = 25$, $P = 0.36$ (Pu Shitu, 1980)

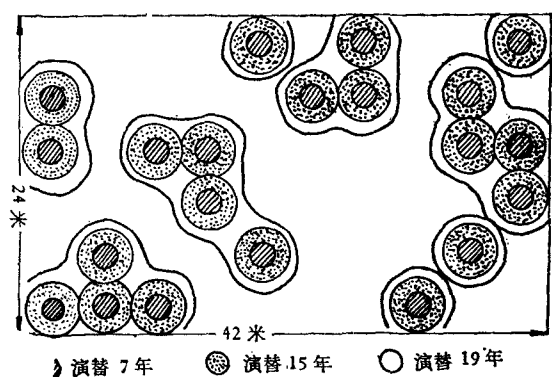


图 5 羊草小群落时空变化的模式图

Fig. 5 Model of the time and spatial change of *Leymus chinensis* microcommunities

小群落在植被地段上的分布, 总的特征是随机的、分散的、局部地带具有均匀分布特点, 个别地带还呈现聚集状态。小群落在整个群落演替过程中的时空变化, 可由图示表达。我们依据图 4 计算所得小群落出现频度 $P = 0.36$; 及扩散模型中所求得的小群落扩展速度 $V = 0.3384$, 采用随机布点的方法, 做出小群落分布及扩展的示意图, 如图 5。形象的给出了小群落分布格局的历史变化过程, 可以见到演替 7 年时, 羊草已形成外观上明显可见的小群落, 孤立而散在的分布。演替 15 年后, 小群落开始相接, 但各自的界限尚仍然存在。经过 20 年以后, 绝大多数小群落已经交汇成一个形状不规整的大群落, 草原植被恢复则达到基本完成阶段。

四、讨 论 与 小 结

以上初步分析了羊草种群在草原植被受到较彻底破坏时, 恢复其优势地位的主要过程。现就以羊草小群落的形成发展及分布格局的生态学意义和生产实践上的利用价值加以讨论。

任何种群在其发展的历程中, 都要遇到最大限度的占有生存空间, 在所占空间内以最短

的时间发展种群可能达到的最大数量,也即是以最快速度逼近环境允许的最大容量,解决生存空间与发展速度问题。在解决这一问题时,不同种群采取的生态对策不同。羊草种群解决这一问题,可以相对的划分为两个阶段。首先它依靠有性繁殖的种子的被动撒布,将无限空间转化为有限空间;进而在有限空间内依靠无性繁殖的分蘖植株的主动扩散,在短时间内恢复种群优势。

在草原植被受到破坏,已无羊草栖息的大面积弃耕地上,羊草种群开始恢复植被时,面临着一个未曾侵入的广大空间。假如这一空间内包含着 X 个面积单元,总面积为 S 。当仅有一个羊草小群落在整个地面上进行恢复演替,并以我们在本文中所分析的速度 V 向四周扩散时,则由于小群落的期望面积 $s(t)$,对于 S 是个无限小的量,恢复演替中将存在着

$$S/s(t) \rightarrow \infty$$

$$\text{或 } s(t)/S \rightarrow 0$$

的趋势。而这个小群落需要达到的目标是覆盖整个 S ,即。

$$S/s(t) \rightarrow 1$$

由 $S/s(t) \rightarrow \infty$ 转化为 $S/s(t) \rightarrow 1$,必须在 S 或 $s(t)$ 中至少包含着一个可变量,这个可变量具有趋于零或者趋于无穷大的特性。因为 S 是给定的常量,不包含趋于零的可变量,所以只能是 $s(t)$ 中包含着趋于无穷大的可变量。

$$\text{由于 } s(t) = \pi R_t^2$$

$$R_t = V \cdot t \quad (\text{本文已推导})$$

$$\text{所以 } s(t) = \pi V^2 \cdot t^2$$

$$\text{而 } V \text{ 是一个有限量或常量}$$

$$\text{所以只有当 } t^2 \rightarrow \infty \text{ 时,才有}$$

$$s(t) \rightarrow \infty$$

$$S/s(t) \rightarrow 1$$

即相对于一个羊草小群落来说,在有限时间内难以完成整个地段上的恢复种群优势的任务。

羊草种群依靠如下生态策略来实现这一过程的,首先是依靠自然力(风、水流、动物)的传播将种子撒播在 X 个面积单元中的 x 个面元上,并以一定的机率萌发、成长,进而形成 x_i 个具有面积 $s(t)$ 的小群落, x_i 个小群落的期望面积为 $s(t)$,当

$$x_i \rightarrow x, x \rightarrow X \text{ 时,}$$

$$\text{则有 } s(t) \cdot X \rightarrow S$$

$$(s(t)/S) \cdot X \rightarrow 1$$

这就是说 x_i 个羊草小群落,将可以基本覆盖 S 面积。由此可知,羊草种群依靠种子撒布将 S 空间划分为 x_i 个具有有限面积 $s(t)$ 的小空间,从而确定了小群落的空间位置,决定着小群落的分布格局。

羊草种群依靠种子的被动撒播,将无限空间转化为有限空间以后,开始进入第二阶段。由有性繁殖转移为无性繁殖。以无性繁殖为主形成扩散着的小群落,假设小群落的平均扩散速度为 V ,小群落圆心之间的平均距离为 l ,小群落面积 $s(t)$ 是时间的函数,并以两个小群落发展到相互交接的时间为群落恢复完成的时间 t ,以 $r(t)$ 为小群落平均半径。则小群落相交接时至少要满足:

$$2r(t) = l$$

$$\text{则因 } r(t) = v \cdot t$$

$$\text{所以 } 2v \cdot t = l$$

$$t = (1/2)(l/v)$$

由此可知羊草种群恢复优势所需的时间 t 取决于 l 与 v 。 l 决定于小群落的分布格局,是由种子被动撒播所确定的。 t 与 l 成正比关系, t 与 V 则成反比。 V 的大小决定于小群落的生态环境及种群的无性繁殖的能力。 V 大恢复所需时间短, V 小恢复时间则长。这一阶段的核心过程是,在有限空间上,无性繁殖所形成的分蘖植株的二维扩散过程解决了种群恢复优势所需时间问题。

综上所述,本文可获得如下结论:

1. 受到破坏的羊草草原,在恢复其原生植被的群落演替过程中,羊草常形成明显的圆形小群落,星罗棋布镶嵌在草本层中。圆形小群落随着时间的推移面积不断的扩展。星罗棋布的事实表明羊草小群落具有一定的分布格局。小群落呈圆形表明其扩展过程遵循着一定的规律。

2. 羊草种群以有性繁殖的种子靠自然力被动撒播,最大限度地侵入群落恢复地段,将相对无限大的空间分割为具有一定小面积的有限空间。在这个有限空间单元上开始进行无性繁殖过程,形成羊草小群落,在小群落内通过分蘖植株的主动扩散,使种群在有限时间内实现恢复其优势地位。

3. 羊草小群落内的分蘖植株多以种子所形成的实生苗为中心,主动的随机的向外扩散,以每年为一个时间单元构成一个不断扩大的同心圆系列,如水波的传播,遵循着游程系数等于零的二维扩散规律。

4. 可以依据小群落扩散圆的期望面积 $s(t)$,小群落的分布频数 p ,小群落内植株平均密度 $\omega(t)$,高度 $H(t)$ 及羊草平均单位体积干重 G 等参数,建立羊草产量的预报方程。此问题有待进一步研讨。

参 考 文 献

- 孙醒东、祝廷成 1964 我国东部四大草原建设问题。河北农业大学学报 3 (1): 17—42。
 祝廷成、李建东等 1965 羊草割草场和针茅放牧场种子含量的测定。吉林农业科学 2 (2): 14—20。
 Pielou, E.C. 1978 数学生态学引论。卢泽恩译,科学出版社。
 Skellam, J.G. 1951 Random dispersal in theoretical population. *Biometrika* 38: 196—218。
 Zhu Ting chen, Li Jiandong, Yang Dian chen 1981 A Study of the Ecology of Yang-Cao (*Leymus chinensis*) Grassland in Northern China, Proceedings of XIV International Grassland Congress, U.S.A. Kentucky, 429—431。
 Бенгтсепь E.C. 1961 概率论。崔明奇等译,上海科技出版社。

PRELIMINARY ANALYSIS OF THE DIFFUSION PROCESS OF *LEYMUS CHINENSIS* MICROCOMMUNITY

Wang Zhentang Zhu Tingcheng

(Northeast Normal University)

The example of the succession of the plant community on abandoned field in which Yang-chao (*Leymus chinensis*) community didn't settle originally is given in this paper to emphasis the research, that was carried out with common ecological methods, on the formation of Yang-chao microcommunity, and the two-dimension diffusion process of the asexual-reproductioned tillering standings of Yang-chao in the microcommunity. The discussion centres on following aspects: The relatively extensive area of the place invaded by Yang-chao population is divided into countless limited area units, by way of passive dispersion of the seeds, which shows the pattern of distribution. Then, on each area unit, Yang-chao population, depending on the active diffusion of the tillering standings, develops its dominance at a certain speed in a limited time period. Thus, we solve the problem about the developing time period of the population.