9079(8)

61—65

第15卷 第1期　　生 态 学 报　　Vol. 15, No. 1
1995年3月　　ACTA ECOLOGICA SINICA　　Mar., 1995

无树草甸草原火周期研究方法的探讨

周道玮
（东北师范大学草地研究所，长春，130024）

S812
Q948.158

A

摘 要 火是草地生态系统正常的自然环境因子，火周期是火状况的组成要素之一，无树草原火周期一直没有可行的研究方法。本文以扰动生态理论为基础，根据最优化原理，通过解 $A \cdot \sum_{i=1}^{n} \cdot R' = C$ 方程，确立了一种研究无树草甸草原火周期的方法——最佳积累量法。实验表明该方法所计算的羊草-杂类草原火周期为4a，符合生产实际。

关键词：无树草甸草原，火周期，研究方法，扰动生态理论，最优化理论。 生态学，草原，

火是生态系统独特的重要的正常的自然环境因子[1-4]。火状况是描述火在生态系统中存在和发生特点的术语，其组成要素之一是火周期(Fire cycle)，又称火间隔(Fire interval)和火频次(Fire frgquency)。除热带雨林外，植被火多都呈周期性发生[5,6]。

森林及有树草原火周期的研究方法有许多，如以 Arno 等人为代表的树木火疤痕法，年轮分析学者发现的年轮分析法[7]、Wagner 创立的树木龄级法和 Yarie 发现的生命表法及考古学工作者偶然发现的地层碳颗粒法等。无树草原由于没有木本植物以记录下来火历史，因此上述方法除地层碳颗粒以外，都不能应用于无树草原以研究其火周期。地层碳颗粒法由于受到价格昂贵等限制，实践中也很难应用。至今为止，还没有一种简捷易行的研究无树草原火周期的方法。

以前的研究者一般通过二条途径确定草原火周期。一是根据所研究范围草原火的年平均发生面积进行确定。采用的计算公式如下：

$$C = S/S' \qquad (1)$$

式中：C＝草原火周期；

S＝研究区面积，指同一气候或同一植被；

S'＝平均每年草原火烧过的面积。

这一方法计算出的火周期只是一种过去发生事件的总结，不能预示未来；同时，也是现代人为干预条件下（主要是防火干预）草原火的人为发生周期，未能揭示出草原火的自然火周期。

第二条途径是研究者根据自己的经验感觉做出判定。不同阶层不同地区的研究者或使用者都有自己的一套经验标准。如牧民根据枯草层厚度和蚊虻数量判定自己的夏牧地是否应该再烧一次；萨瓦纳灌丛草地研究者根据灌丛侵入扩展程度判定又一次火烧应该进行等。

上述两条途径或方法都未能使无树草原火周期的研究达到定量化和标准化，所给出的火周期幅度也相当大。这样的值不能进行各地区比较，缺乏严格的科学意义。

收稿日期：1993 06 29，修改稿收到日期：1993 12 08。

总结第二条途径的经验，作者发现里面潜伏着坚实的生态学理论基础，深化发展而成为本文的研究方法——最佳积累量法(Method of optimum accumulation)。

1 理论基础

设计思想首先是接受扰动理论：生态系统经常受到某些非时刻存在但间断发生的外界自然环境因子的干扰作用。每一次干扰作用发生，都能使生态系统脱离其一段时间内发展形成的平衡态，甚至重新开始发展。这些干扰作用的因子有些呈周期性发生，使生态系统呈周期性波动变化或发展[8-10]。马世骏(1990)论述到：自然干扰作用总是使生态系统返回到生态演替的早期阶段；一些周期性的自然干扰使生态系统呈周期演替现象，成为生态系统演替不可缺少的诱因。

对于草原来说，火烧是这样一个周期性发生的自然干扰因子[11,12]。草原火烧与草原枯落物积累相联系，在一次火烧发生后，草原枯落物被清除，以后随着枯落物的积累，草地生态系统的各项特征指标都将逐渐发生变化。根据这一变化过程，可以确知最佳的枯落物积累量。当枯落物积累达到这一最佳量值时，生态系统的总体功能最强。超过此值，生态系统的功能将下降。表明此时应再一次进行火烧，否则不符合生态系统的发展是为了获得最大保护功能的自身原则规律。如果自然草地在长期的发展变化过程中适应了周期性火烧，则自然草地在达到了最佳积累量值时，自然火将又一次发生(自然雷电火源每年都存在，且每年春秋二季总有适宜的火气候条件)。也只有枯落物积累达到这一程度时，草原火才能发生，且保证连续扩展。这是由草原-火二者之间长期选择适应而形成的协调机制决定的。

利用最优化原理模型[13,14]，可以确知最佳的枯落物积累量。根据枯落物年产量和年积累速率可以计算出达到这一最佳积累量值所需的时间间隔。此值即为自然火周期，至少是人为用火管理草原从中获取最大生态效益和最佳经济效益的计划火烧间隔值。

2 实验设计

根据前述理论基础，实验设计如下：在1991年4月1日呼伦贝尔羊草-杂类草草原火烧裸地上，以每平方米100g枯落物为基数，向上覆草，设置一枯落物系列。自每平方米500g以后，增加幅度为50g，至800g/m² 止，共得12个处理(包括火烧裸地)，每个处理重复5次。生长季节里，测定各处理的不同枯落物量所影响的群落特征和土壤理化性质变化值。

所涉及的其它技术方法皆用常规法，例如地上生物量用收获样方法，分解用投袋法等。

3 实验结果——无树草甸草原火周期的计算

测定结果表明：随着枯落物的增加，群落生产力下降、地表平均温度下降、地表昼夜温差减小、土壤含水率升高、土壤有机质含量起初升高后来降低、土壤N、P、K及pH值也发生转折性变化[15,16]。

将测得的上述变化值经转化后代入最优化原理模型公式：

$$D = \left(\prod_{i=1}^{n} d_i\right)^{1/n} \tag{2}$$

对上式进行几何求积，得知当每平方米地上现存量为548g/m² 时(包括当年枯草产量，覆盖的枯落物为400g)，总期望系数 D 最大(图1)[8]。

根据测定此区年平均枯落物产量为每平方米200g，年平均积累速率为0.7316g·g⁻¹·a⁻¹。因此，枯落物积累到每平方米548g所需年数 n 满足下列方程：

$$200 \cdot \sum_{i=1}^{n} \cdot 0.7316^{i} = 548 \quad (3)$$

解此方程，得 $3<n<4$，即第 4 年。

前文已述，此值即为自然火周期。其生态意义是：火烧后，随枯落物积累的逐渐增多，草原生态系统的各项生态指标逐渐恢复发展，至第 4 年，枯落物的总体效应最大，长期选择适应形成的协调机制，自然火源将引发又一次火烧，释放限制系统发展的约束条件，保证系统发展达到最大的保护功能。

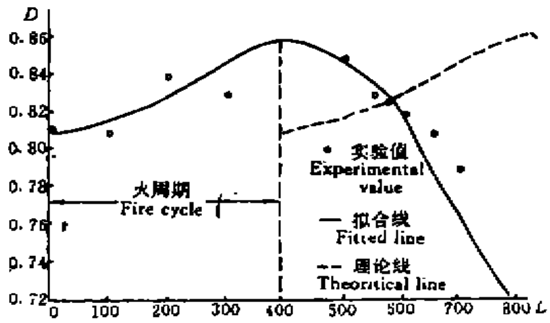

图 1　枯落物综合效应曲线与火周期
L=枯落物量 D=综合效应系数

Fig. 1　Comprehensive effects curve of litter and fire cycle L=litter amount D=coefficient of comprehensive effects

在考虑草食动物每年取食 20% 的情况下，此区草地约每 7a 发生一次火烧。在此区的类似草地中，牧民每 6—7a 进行一次火烧以改良夏牧场，维持草地经验感觉上的良好是有道理的，也表明此值可信。此值至少可以用来指导人为用火改良草场，即做为计划火烧的人为火周期，以保证从草地中获得最大的综合效益。

根据鄂温克旗草原防火部门的记录资料*，利用 1 式计算知，此区人为火周期为 26a（S=84 万 hm^2，S'=3.3 万 hm^2，1950—1986 间的 15a 平均值），亦即在现代人类活动增加了火源和现代防火保护减少了每次发火面积的条件下，此区草原大约每 26a 被轮烧一遍。此值与考虑牲畜每年取食 45% 情况下的自然火周期值近似。这似乎说明了此区草原防火工作并没有阻止草原火的存在发生，也进一步说明了自然草原火的难以排除性。

4　问题与讨论

4.1 该方法的前提条件是草原火呈周期性发生，这可以从作者所列的文献及其它文献中得到肯定。但需说明的是草原火与森林火一样，其周期是一种统计周期，并不像从一点到另一点式的物理模型周期那样直接可以用算式表达。

4.2　由于枯落物年产量是一变化值，年平均积累速率也是一受诸多因素影响的不稳定值。因此，所计算的火周期值较抽象。这也表明为什么火周期不能用物理模型表达。

4.3　当草原枯落物积累达到每平方米 80g，且分布均匀时，草原火即可发生并连续扩展。而达到每平方米大于 80g 枯落物仅需 1 年，那么为什么草原火要达到周期末才能发生呢？这是一个长期困扰火生态学工作者的问题。一般解释是：在植被与火的长期相互作用发展过程中，二者相互选择适应了一整套调控机制。如羊草-杂类草草原如果连续二年发生火烧，则第二年群落生产力降低 60% 以上，生产力降低导致枯落物减少，又要增大火周期。Mutch（1970）提出了一野火与生态系统选择及适应的假说：如果一物种发展形成了能在周期性火烧中生存的解剖机制和繁殖机制，那么火决定的枯物则有通过自身选择而获得有效增加群落可燃性的特征。他进一步论述到：虽然植物群落被燃着有偶然性和随机性，但群落的燃烧特性不是随机的。R. 梅（1976）认为新生群落可燃性低，老群落可燃性高，这样保证了植被火周期性发生。笔者认为分解到一定程度的枯落物的燃点低，易于被自然火源引着并连续扩展，也是一条保证植被火周期

* 内蒙古呼伦贝尔盟林管局，1987，呼伦贝尔盟地方林业统计资料（下册）。

性发生的原因。

4.4 如果不承认草原火有周期,那么该法所计算的数值至少可用以作为用火管理草原时,计划火烧所应间隔的年限值。因这样,才能使草原保持最大的生态效应并获得最好的经济效益。

4.5 该实验值是火后第1年人工模拟枯落物自然积累的结果,第2、3、4年以后结果怎样,尚待进一步研究。但随枯落物自然积累的增加,各项指标的变化规律可能与之相似。

4.6 生产实践的经验启迪了本文方法的设计思想,本研究结果证实了生产实践的合理性。

参 考 文 献

1 Daubenmire R. Plant and environment. Wiley and Sons. New York, 1947

2 Daubenmire R. Ecology of fire in grasslands. *Adv. Ecol. Res.* 1968, 5: 209—266

3 Gill A M. Fire and the australia flora: A review, *Aust. For.* 1975, 38: 4—25

4 Mooney H A, *et al.* Fire regimes and ecosystem properties. 1981, USDA GTR-WO-26

5 Walter H. 世界植被. 北京: 科学出版社. 1979

6 Chandler C. *et al. Fire in forestry.* Wiley and Sons. New York. 1983. 1

7 Fitts H C. Principles and practices of dendroecology. in proceeding of the international symposium on ecological aspect of tree-ring analysis. Marymount college. New York. 1987. 6—17

8 周道玮, 祝廷成. 羊草草甸草原枯落物生态效应的研究: 最佳积累量与"0-1"扰动理论. 中国博士后首届学术大会论文集. 北京: 国防工业出版社. 1993, 1736—1739

9 Mooney H A, Godrón M. Disturbance and ecosystem. Spring-verlag. 1983

10 Pickett S T A, *et al.* The ecology of nature disturbance and patch dynamics. A cademic press Inc. 1985

11 Kucera C L. Grassland and fire. in Mooney H A. 1981. USDA GTR-WO-26

12 Vogl R J. Effects of fire on grassland. in kozlowski fire and ecosystem. A cademic press. 1974. 139—194

13 苏宁虎. 林地枯落物最佳积累量确定方法的探讨. 生态学报, 1988, 8(2): 147—153

14 Low C W. A report on a simplex evolutinary operation for multiple response. *Trans. Inst. Chem. Eng.* 1967, 45: 3—8

15 周道玮. 草原枯落物生态效应的研究(Ⅰ). 中国草地, 1993, (2): 48—51

16 周道玮. 草原枯落物生态效应的研究(Ⅱ). 中国草地, 1993, (5): 9—12

METHOD FOR DETERMINING FIRE CYCLE IN TREELESS MEADOW GRASSLANDS

Zhou Daowei

(Institute of Grassland, Northeast Normal University, Changchun, 130024)

Based on the theory of disturbance ecology and the principles of opitimization, an optimum accumulation method has been developed which can be used to determine the cycle of fires occurring in treeless meadow grasslands. After a grassland fire, the grassland ecosystem will have its characteristics contineously changed with gradually accumulating litters. If the litter-related to a fire has a yield of A and is accumulated at a rate of R, then the litter will be accumulated to an optimum amount of C in N years before another fire. N was found to satisfy the following equation:

$$A \cdot \sum_{i=1}^{n} R^{i} = C \cdot$$

The results from experiments show that if $A = 200\mathrm{g} \cdot \mathrm{m}^{-2} \cdot \mathrm{a}$, $R = 0.7316\mathrm{g} \cdot \mathrm{g}^{-1} \cdot \mathrm{a}$ and $C = 550\mathrm{g} \cdot \mathrm{m}^{-2}$ then $3 < N < 4$. This means that the grassland has a fire cycle of 4 year.

Key words: Treeless meadow grassland, fire cycle, methodology, theory of disturbance ecology.