

# 以龟裂地植丛发生演替为例 探讨植物对环境的反应与反馈效应\*

王玉辉 周广胜

黄培佑

(中国科学院植物研究所植被数量生态学开放研究实验室, 北京 100093) (新疆大学生物系, 乌鲁木齐 830046)

**摘要** 准葛尔盆地荒漠龟裂地植丛发生演替的研究结果表明:在荒漠龟裂地发生演替的初始阶段,环境因子对植物发生具有极大的限制作用。但是,一旦有先锋植物侵入,植物就会通过自身的生命活动不断改善其生存环境,为新植物的进入创造条件,新植物的定居又会反作用于环境,使其生存条件进一步改善,如此往复,推动整个微生态系统由简单至繁杂呈顺序性、方向性发展。生命的存在及其活动过程对环境的反应和对于环境的反馈作用,是导致生态系统顺向发展的根本动力。该研究将为如何改善生境质量提供理论基础,对植被恢复及受损生态系统的重建,特别是对加深全球变化环境下气候与植被关系的理解,提高预测陆地生态系统对全球变化反应的能力有重要的意义。

**关键词** 演替;龟裂地;积沙;土壤含水量;植物种类

**The responses of plant to environment and its feedback based on the general succession in takir** Wang Yuhui, Zhou Guangsheng (Laboratory of Quantitative Vegetation Ecology, Institute of Botany, Academia Sinica, Beijing 100093), Huang Peiyou (Department of Biology, Xinjiang University, Urumqi 830046), *J. Plant Resour. & Environ.* 1999, 8(3): 29~33

The interaction between the vegetation in the polygonal ground in Zhunge'r Basin and the local environment is discussed. Usually the polygonal ground is bare due to the lack of water. However, once some pioneer plants, such as *Anabasis aphylla* L., *Salsola arbuscula* Pall. or *S. laricifolia* Turcz. ex Litv., invade and survive, the sand will be deposited in the leeward of the plants. As a result of the sand deposition, the water content of soil surface will increase, and it will provide new plants with the invasion chance under the improved environment conditions. On the other hand, the more the plants invade, the better the environment becomes. In this way, a beneficial circle will be made between the plants and the local environment. Moreover, the relationships between sand deposition and soil surface water content, plant species number and soil water, and plant species number and sand deposition are also discussed. The study is helpful to restore and reestablish terrestrial ecosystems, to improve the understanding of the interaction between vegetation and environment, and to predict the responses of terrestrial ecosystems to global change.

**Key words** succession; takir; sand deposition; water content; plant species

\* 国家自然科学基金重大项目(39393000)和国家自然科学基金重点项目(39730110)资助

王玉辉:女,1972年1月生,博士研究生,生态学专业,主要从事全球变化与陆地生态系统相互关系研究。

收稿日期:1999-05-27

恢复受损和退化的生态系统,促进未开发生态系统的合理利用和改造,实现系统的稳定与可持续发展是当前生态学研究的重点课题之一。而生态系统的演替规律则是理解和解决这一问题的关键。在传统的植物群落学研究中,演替是指一个植物群落为另一个植物群落所取代的过程,此过程主要考虑植物种类的变化状况。生态系统演替是将整个生态系统作为研究对象,将植物和环境因子同时考虑,着眼于整个生态系统的动态特征,并试图解释整体现象是怎样由较低水平现象相互作用而产生的<sup>[1]</sup>。迄今为止,演替理论已取得了巨大的发展,但就演替过程中植物与环境间的相互作用,除在造林及防护林的环境效益或林地对环境的影响研究方面对这一作用有一些概念性认识外,有关资料很少,且多以静态为主<sup>[2]</sup>。本文从生态系统的角度出发,将整个荒漠龟裂地植丛这一微生态系统作为研究对象,探讨龟裂地植丛的发生发展规律,以揭示植物对环境的反应及其对环境的反馈作用。

## 1 自然概况和调查研究方法

实验在准噶尔盆地中部古尔班通古特沙漠西南边缘的龟裂地上进行。该地位于 $44^{\circ}11' \sim 46^{\circ}20' N$ ,  $84^{\circ}31' \sim 90^{\circ}00' E$ ,属温带大陆性气候,蒸发强烈,气候干燥,年平均降水量117 mm,各季降水分布较均匀,但冬雪比值较高。春季冬雪融水,配之降水,将有效补给土壤水分,为早春短命植物群丛及荒漠灌丛的繁衍提供有利条件。

古尔班通古特沙漠以固定、半固定沙丘为主,在其边缘大约有 $6 \times 10^5 \text{ hm}^2$ 的龟裂地,形成沙丘与龟裂地相间排列的空间格局。龟裂地主要是由径流夹带的粘粒,在低处淤积经强烈蒸发收缩后形成的坚实而形状不规则的硬块地。地表平坦光滑,土层紧实干硬,土质粘重,渗透力低,通透性差,容水能力强,不利于植物扎根生长,通常呈光裸状态。而在与龟裂地相间的沙丘和覆于龟裂地的小沙体上则分布着大量的无叶假木贼(*Anabasis aphylla* L.)、猪毛菜(*Salsola* spp.)、四齿芥[*Tetradlea quadricornia* (Steph.) Bunge]、卷果涩芥[*Malcolmia scorpioides* (Bunge) Boiss.]和鹤虱(*Lappula* spp.)等早春短命植物及白梭梭(*Haloxyylon persicum* Bunge ex Boiss. et Buhse)、沙拐枣(*Calligonum* spp.)和怪柳(*Tamaris* L.)等旱生灌木。

于1996年选择春夏交替,早春植物生长茂盛的5月上中旬对测区进行了调查研究,记录样地的积沙状况、植物种类及积沙上植物的生长状况,测定积沙最高点处龟裂地表层土壤含水量及相邻光裸龟裂地表层土壤含水量。

## 2 龟裂地植丛的形成和机理分析

### 2.1 龟裂地植丛的形成过程

龟裂地生境条件恶劣,地表紧实干硬,光滑平坦,通透性差,渗透力低,土质粘重,容水能力强,加上该区降水少,雨日也少,而且多偶发性降雨,水分下渗困难,只有沿裂隙才可下渗至深层。同时残留于土表的水分又因蒸发而极易散失,所以除偶然有积水,引起暂时性高含水现象外,通常地表层含水量约1%,裂隙积沙的含水量约0.2%,难以满足植物正常的落子、着床及萌发生长需要。但当强风携带的沙粒沉积在龟裂地缝隙后,裂隙就具有了砂土的某些水性

状,即土质疏松、通透性增强,水分渗透力增高,降水及融雪水容易沿着裂隙渗入,形成不同于粘土表层的特殊水分空间;同时散布的植物种子也容易滚落滞留在缝隙中,在沙粒覆盖下形成着床条件。在缝隙中水分状况能满足种子的萌发条件并可支持幼体存活时,对极端环境忍耐力强的植物如无叶假木贼、木本猪毛菜(*Salsola arbuscula* Pall.)或松叶猪毛菜(*S. laricifolia* Turcz. ex Litv.)等便会在裂隙中定居成功。当这些在光裸的龟裂地上存活的植株高达3~15 cm, 植冠投影不足20 cm<sup>2</sup>时,在风的运移作用和植物的机械阻挡作用下,即会在植株的下风位形成长3~10 cm,宽2~3 cm,高1 cm以下的小沙堆。随着龟裂地表出现积沙,受沙层覆盖的龟裂地表层土壤水分含量也随之发生变化。在一定厚度的积沙覆盖情况下,龟裂地表层土壤水分含量将随着积沙规模的增加而增加。在正常年份的4~5月间,有些植物便依附于此沙堆生长,致使积沙能力进一步增强,沙堆体积增大,从而导致土壤水分条件的进一步改善,为新的植物种类的进入创造条件。伴随着植物、积沙作用与其反馈所引起的往复运动过程,植物—积沙—地表含水量—植物的耦连关系即形成。此种耦连关系,在当地气候相对稳定条件下建立,由第一株植物在如此极端环境下的出现而启动。所以,植物对环境的反应及其对环境的反馈推动了整个微形生态系统的运动发展,致使原来寸草不生的龟裂地出现荒漠植丛并呈现沙丘演替的运动过程。

## 2.2 积沙对龟裂地表层土壤水分状况的影响

在干旱地区,土壤质地在水分与植物关系上同潮湿地区相反。在潮湿地区,具有高度持水性的粘土,是最潮湿的土壤,而持水性弱的沙土,则较为干旱。在干旱地区,土壤不会完全湿透,大量的水分储存在土壤表层,其深度仅为雨季时雨水渗透的深度。假定降雨量为50 mm,它仅仅湿润粘土上部10 cm。在沙土中,它将渗透至深50 cm。此后随着雨水被蒸发,在粘土中,表土不久就会开裂,上部5 cm迅速干燥,50%的雨水很快就损失了;在沙土中,其表面也以同样的方式干旱,但毛管水过程很快中断,停止蒸发,90%以上的水深留在土壤中<sup>[3]</sup>。沙土土质疏松,渗透能力强,容易使降水下渗并阻止粘土表面板结,由沙层下渗的水分可以滞留在沙下的粘土层,当其含水量达田间持水量后,在重力作用下,水将继续下移,故水量的多寡将制约着高含水层的厚薄。另外,因沙土缺乏毛细现象,当沙层超过15 cm以后,其下的水分将不受蒸发影响,所以沙土能起到隔离作用,改变粘土表层蒸发状况使沙下的粘土成为有效储水层。黄培佑等(1987年)在研究不同厚度积沙与龟裂地表层土壤水分含量的关系时发现<sup>[4]</sup>:在一定积沙厚度范围内(约5~40 cm),龟裂地表层含水量将随着沙层厚度的增加而增加,但当积沙过薄或粘土裸露,水分将通过蒸发而耗失。反之,若沙层过厚(>40 cm),因有限的水分难以湿透厚层沙土而下移至粘土表层,使得沙底层粘土含水量相应降低。

## 2.3 积沙规模、龟裂地表层含水量与植物种类的关系

2.3.1 单种植物对土壤水分的影响 单种植物对土壤水分影响的调查分析结果见图1,可以看出,由单种植物引起的积沙所覆盖的龟裂地表土含水量要高于无积沙覆盖的光裸龟裂地,这一环境条件的改善将为龟裂地植丛的进一步发展打下坚实的基础。

2.3.2 多种植物与积沙及土壤水分的关系 图2和图3给出了植物种类数与积沙面积及土壤表层含水量的关系。可以看出,随着植物种数的增加,积沙面积和土壤表层水分含量都相应增加,而且,当植物种类小于8种时,积沙面积和土壤表土水分含量增加幅度较小,但当植物种类大于8种时,积沙面积和土壤表层水分含量呈指数形式增加。

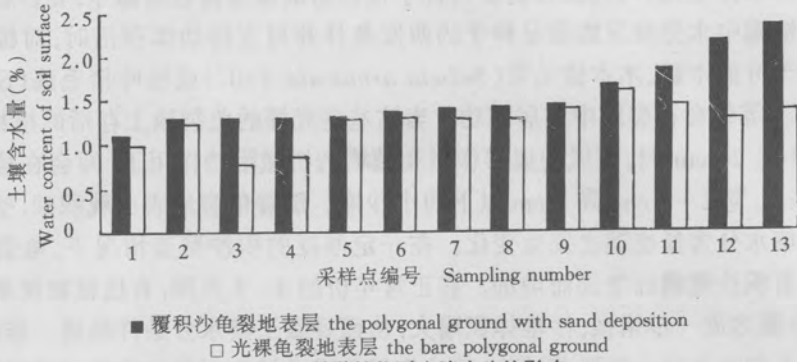


图1 Effect of plants in single species on the water content of soil surface

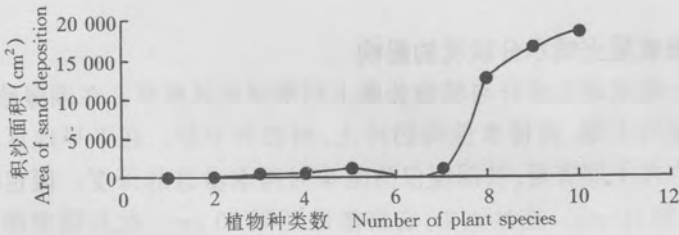


图2 Relationship between the area of sand deposition and the number of plant species

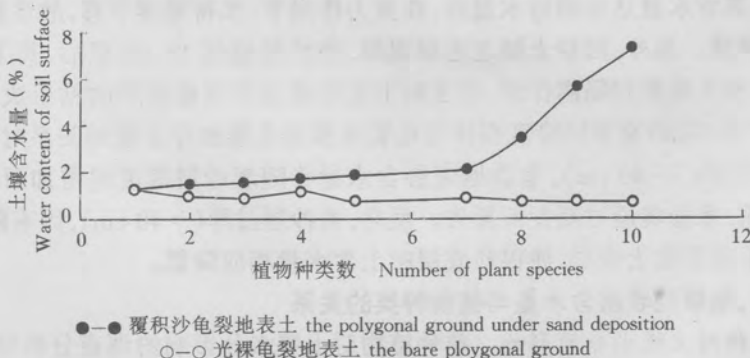


图3 The relationship between the number of plant species and water content of soil surface

纵观龟裂地植丛的发展过程,原有裸露的龟裂地表,在有植物侵入后,地表逐渐被积沙所覆盖。最初侵入的具有独特旱生结构的无叶假木贼(叶退化)和木本猪毛菜(肉质)逐渐被一般的草本植物所替代,而且植物的盖度和密度随之加大,植物种类更为丰富,有些区域已有耐旱的多年生灌木梭梭[*Haloxyylon ammodendron* (C. A. Mey.) Bunge]、沙拐枣幼苗出现。这说

明干旱、不稳定的恶劣生态环境已开始向较为稳定的方向发展。

### 3 结果与讨论

龟裂地植丛发生是植物对环境的响应与反馈的结果,作为生态系统重要组成部分的植物,对环境因子并非被动反应,而是在气候相对稳定的情况下,通过一系列生命活动,改善其存在的微环境,促进新种的进入,不断推动生物与环境间的相互作用范围和深度,为生物与环境构成的生态系统呈良性、可预测发展打下基础。当非生物因子构成的物理环境中出现生命现象,特别是绿色植物进入后,就会逐渐推动生态系统的构建与完善。此时,整个系统将逐步摆脱物理环境的决定性支配作用。随着生命活动的增强,其对生命维持系统也将产生作用。而改善了的环境系统又会反作用于生命系统,如此作用与反馈的往复过程,将推动生物与非生物因素共同构建的生态系统运动和发展。而生物对环境的响应及其对环境的反馈作用,正是推动生态系统由简而繁,呈顺序性、方向性演化即生态演替过程的根本动力。

迄今为止,关于全球变化与陆地生态系统关系的研究大多注重于探讨气候变化对陆地生态系统的影响<sup>[5-7]</sup>,关于植被对于全球变化的反馈作用研究甚少<sup>[8]</sup>,只有周广胜与张新时<sup>[8]</sup>在区域尺度上就植被对于气候(主要是温度和降水)的反馈作用进行了初步的探讨。本研究则以龟裂地植丛发生演替为例,探讨了龟裂地植丛对于环境的响应及其对于环境的反馈作用,对于恢复与重建受损的生态系统,特别是加深植被与环境相互作用的理解,探讨气候变化对于陆地生态系统的可能影响具有借鉴作用。

#### 参 考 文 献

- 1 田汉勤,齐 晔. 生态演替过程分析. 见:马世骏主编. 现代生态学透视,北京:科学出版社,1990. 90~100.
- 2 黄培佑. 从龟裂地植物群落建群现象剖析生态演替中有关问题. 新疆环境保护,1995,17(3):4~6.
- 3 Walter H. Vegetation of the earth and ecological system of the geobiosphere. Second edition, New York: Springer-Verlag, 1979.
- 4 黄培佑编著. 干旱生态学 生物环境与生态建设策略. 乌鲁木齐:新疆大学出版社,1993. 217.
- 5 周广胜. 气候-植被关系的研究(I)——气候-植被分类. 见:林金安主编. 植物科学综论,哈尔滨:东北林业大学出版社,1993. 234~245.
- 6 周广胜. 气候-植被关系的研究(II)——植被的净第一生产力研究. 见:林金安主编. 植物科学综论,哈尔滨:东北林业大学出版社,1993. 246~254.
- 7 周广胜,李迪强. 对全球变化反应的陆地生态系统研究. 见:国家自然科学基金委员会,中国科学院上海文献情报中心编. 全球变化与生态研究,上海:上海科学技术出版社,1994. 36~48.
- 8 周广胜,张新时. 植被对于气候的反馈作用. 植物学报,1996,38(1):1~7.

(责任编辑:宗世贤)