

260-265

12024(6)

第14卷 第3期  
1994年9月生态学报  
ACTA ECOLOGICA SINICAVol. 14, No. 3  
Sep., 1994宁夏沙坡头地区人工固沙植被种间  
水分竞争的初步研究

冯金朝 陈荷生

(中国科学院兰州沙漠研究所, 兰州, 730000)

Q948.158

A

**摘要** 本文通过研究沙坡头地区人工固沙植被中油蒿(*Artemisia ordosica*)和柠条(*Caragana korshinskii*)对环境资源利用(包括时间、空间和水资源)所表现出的不同生长状况和生理生态特性,阐明了环境条件的动态变化,尤其是沙地表面结皮的形成、降水入渗浅层化对固沙植物水分利用与竞争的重要影响。结果表明,油蒿以其较强蒸腾耗水能力和根系的浅层密集分布,在与柠条的水分竞争中占据优势,能够更好地利用作为唯一水分来源的降水补给。

**关键词:** 沙地, 降水, 水分竞争。

固沙植被

沙漠地区干旱少雨,水分是限制植物生长的主要因素,如何有效地利用有限的降水资源是沙生植物生长和生存的基本问题,也是干旱地区植物生理生态研究的一个重要方面。宁夏沙坡头地区位于腾格里沙漠东南缘,环境条件恶劣。从1956年至今,经过广大沙漠科研工作者艰苦努力,人工植物固沙工作和研究取得了巨大成就。但由于该地区气候干燥、降水稀少,沙地水分补给不能满足各种植物蒸腾耗水的生理需要,人工固沙植被中建群植物之间为利用有限的降水资源、维持其生长和生存必然发生水分竞争。30多年来,在无灌溉条件下,由主要固沙植物种油蒿(*Artemisia ordosica*)、柠条(*Caragana korshinskii*)和花棒(*Hedysarum scoparium*)组成的人工植被逐渐演变以油蒿群落为主的人工-天然植被群落<sup>[1]</sup>,研究和揭示其自然演变的动态过程和机制,不仅要人工植被中各植物种的生物学特性包括植物解剖结构、生理功能等继续深入研究<sup>[2-4]</sup>,更重要的是要对植物群落结构、不同植物种之间的相互作用以及影响其相互关系的环境因素进行综合评价。本文就人工固沙植被中油蒿和柠条的水分利用与竞争、以及所表现出的生理生态特性进行了初步研究和探讨。

## 1 自然概况与研究方法

### 1.1 自然概况

本试验研究工作在宁夏中卫县境内中国科学院沙坡头沙漠科学研究开放站进行。沙坡头地区属草原化荒漠地带,这里格状流动沙丘高大,多风沙。气候干燥,干旱少雨,年平均降水量186.2mm,年平均气温9.7℃、昼夜温差大,年蒸发量大于3000mm。该地区光照强烈,盛行西北风,年平均风速 $2.8\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ ,最大风速 $19\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ 。该地沙土机械成分以细沙为主,物理粘粒少,储水能力弱。沙地田间持水量为3.7%,永久凋萎含水率为0.6%,可供植物利用的有效土壤水分含量仅3.1%左右<sup>[5]</sup>。

### 1.2 观测项目和方法

研究对象为固沙区1956年、1964年、1973年和1981年4个不同时间序列的人工植被以

收稿日期:1992 12 01,修改稿收到日期:1993 12 06。

及水分平衡观测场 1987 年栽植的油蒿和柠条。

1.2.1 植物生长状况 记录不同植物生长发育阶段时间;测量当年枝生长量;观测植物的株高、冠幅、根深、根幅及盖度。

1.2.2 植物水分生理状况 用快速称重法测定枝叶蒸腾强度;用压力室法测定枝叶水势。

1.2.3 沙地土壤水分状况 用土钻取土样,通过烘干称重测定不同深度沙层的土壤含水量以及不同固沙区地表结皮的持水量。

1.2.4 降水入渗测定 每次降雨后,记录降水量;观测不同固沙区降水入渗深度,并分层取土样测定其土壤含水量。

## 2 结果与讨论

### 2.1 植物耗水规律与降水时空分布

沙坡头地区沙丘深厚,地下水埋藏很深,植物根系不能吸收利用,而且沙地土壤储水能力弱,可供植物利用的有效含水量仅 3.1% 左右,因此沙地植被蒸发蒸腾所消耗的沙地土壤水分只能靠降水补给。降水是人工固沙植物生长和生存的唯一补给水源,降水的时空分布制约着沙地水分动态变化,是影响固沙植物水分利用与竞争的主要环境资源因子。

2.1.1 降水年内分配与植物耗水的关系 据沙坡头气象站多年观测资料,沙坡头地区年平均降水量为 186.2mm,降水在年内不同时间的分配不均,干湿季明显,呈典型沙漠气候特征。降水多表现为中小雨,其中小雨(<10mm)雨量占年降水量的 50%,中雨(10—25mm)雨量占 39.9%,年降水及其在不同月份中的分布情况如表 1 所示。

表 1 沙坡头地区的降水特征<sup>(9)</sup>  
Table 1 Precipitation in Shapotou area

月份 Month	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
降水量(mm) Precipitation	1.2	1.1	4.1	13.2	20.5	23.8	35.3	54.0	22.2	10.1	1.7	0.4

表 2 降水与固沙植物耗水的关系(1990 03—1991 02)  
Table 2 Relationship between precipitation and water consumption of desert plants

植物种 Species	时间 Time (Month)									
	3—4		5—7		8—10		11—2		总计 Total	
	P,mm	E,mm	P,mm	E,mm	P,mm	E,mm	P,mm	E,mm	P,mm	E,mm
油蒿 <i>A. ordosica</i>	24.3	14.2	69.3	107.8	90.3	101.9	2.9	49.9	186.8	273.8
柠条 <i>C. korshinskii</i>		13.9		74.2		127.7		43.4		259.2

注,P——降水量(Precipitation),E——蒸散量(Evapotranspiration)。

根据沙坡头试验站水分平衡观测场内大型称重式电子蒸散计观测资料,对主要固沙植物种油蒿和柠条不同生长发育阶段实际蒸散耗水量的变化进行了统计,并与降水的分布和变化进行比较。结果(表 2)表明,固沙植物在生长旺盛期需消耗大量水分以满足其生理生态需要,尽管该期降水量占年降水量的比例较大,但降水的绝对量与油蒿和柠条的蒸散耗水量相比,二者之差均为 70—80mm 水量,远不能满足植物的需要。从水量平衡的关系看,降水收入项<<蒸散支出项。因此,得不到降水充分补给的沙地土壤水分经常处于亏缺状态,固沙植物因而受到水分胁迫。这种植物可利用水资源的有限性决定了固沙植物种在恶劣环境条件下相互之间为生长和生存而产生激烈的水分竞争。

### 2.1.2 降水入渗补给

降水必须渗入沙地根际层才能为植物根系吸收利用,降水对植物的有效性与降水强度和历时有关系,也受沙地结构的影响。沙坡头地区气候干燥,蒸发强烈,流沙地表常形成0—10cm厚的干沙层,可阻止土壤水分进一步蒸发,因此深层沙土含水量相对稳定,通常保持在2%—3%左右,多雨季节,降水在沙地中易渗漏,余水借重力作用向下渗入深沙层。但在不同年代人工植被固沙区,由于大气降尘和枯枝落叶累积,地表形成了不同厚度和结构的结皮层,大大增加了持水量,造成了降水的地表截留,降水分配格局发生改变。

随着固沙年限延长,人工植被固沙区地表结皮的形成由薄到厚、由无机结皮发育为生长有低等植物和苔藓类植物的生物结皮,持水能力依次增加,截留水分增多,降水在沙地中的入渗深度受其影响呈线性递减(图1),入渗区域明显浅层化,主要分布在地表以下0—40cm沙层,这也是植物所能利用的有效降水补给区域。由图2所示降水在不同固沙区土壤中补给水分剖面分布,可计算分析结皮的持水能力。1956年固沙区地表结皮含水量为22.1%,厚度为4.5cm,取容重为1.6,则其截留水量为15.9mm;1973年固沙区地表结皮含水量13.1%,厚度2.4cm,其截留水量为5.0mm;流沙地表干沙层取多年平均厚度6.7cm,含水量4.2%,其截留水量为4.5mm。

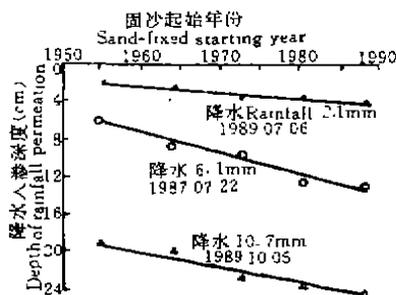


图1 不同植被固沙区的降水入渗

Fig. 1 Rainfall permeation in different sand-fixed site

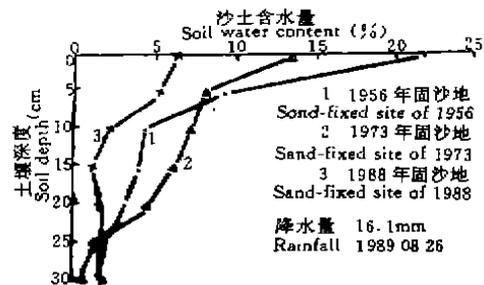


图2 降水在不同植被固沙区的入渗剖面

Fig. 2 The distribution of rainfall permeation in different sand-fixed site

上述结果表明,人工植被固沙区中地表结皮的形成阻滞了降水向下渗漏、改变了降水在沙地中的分配格局,使得降水入渗浅层化。这一明显化将不同植物种的水分利用影响很大,显然对根系浅层分布的植物种有利。

### 2.2 油蒿和柠条的水分竞争

在沙坡头地区无灌溉条件下,受降水资源有限性和沙地水分亏缺的环境因素限制,油蒿和柠条为各自生存发展产生相互作用,进行水分竞争,表现出不平衡的演变过程。图3表明了人工植被固沙区中油蒿和柠条种群的各自发展过程及现状。油蒿种群在其盖度达到最大值(30%左右)之前发展较快,生长旺盛;之后,由于沙地水分亏缺,不能满足植物旺盛生长的耗水条件和生理需要,种群个体之间通过自疏作用使盖度逐渐减少至与环境条件相适应程度,表现出相对稳定状态,其稳定盖度也受降水波动影响,保持在15%左右。柠条种群发展过程与油蒿大致相同,但其衰退过程提前。由于干旱缺水,大量柠条过早枯死。由此可见,柠条在沙地水分利用方面,与油蒿相比,不能较好地利用降水补给,水分竞争能力差,因而其生长和发展受到抑制。油蒿则能适应环境条件,较好地利用了降水补给,在沙地水分竞争中占优势。

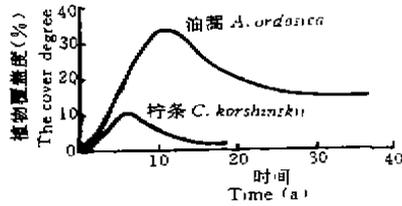


图3 人工植被固沙区植物种群覆盖度变化

Fig. 3 Changes of the cover degree in sand-fixed sites

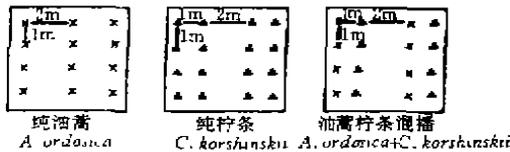


图4 水分平衡观测场内植物的不同配置

Fig. 4 The different distribution of plant species

沙坡头站水分平衡观测场的测定结果(表3)能够更好地说明油蒿和柠条的水分竞争。其试验小区植物配置如图4所示,2种植物的生长状况表明,在同一生境条件下,混播油蒿与纯林油蒿生长状态基本一样,而混播柠条较之纯林柠条,生长明显表现不良,株高几乎减小一半,盖度减少更明显。显然,这是油蒿在沙地水分竞争中强烈抑制柠条生长的结果,说明沙坡头地区人工植被向以油蒿为主的人工-天然植被演变是植物水分竞争选择的必然趋势。

2.3 植物水分竞争的生理生态特性

油蒿和柠条的生长发育具有明显的时间特征,从萌芽出叶至生长停止落叶,在时间上表现基本相同,说明2种植物对降水的利用在时间上具有等同性。但二者植株在空间的分布包括地上部分植株和地下部分根系存在着显著差异。油蒿属半灌木,枝条密集,成丛生长,为地上

芽植物,柠条属灌木,枝条稀疏,束状挺立,为矮高位芽植物。油蒿根系分布范围广,侧根水平延伸,不定根多而易生,须根发达,主要侧根和须根均分布于10—40cm土层,说明油蒿这种水平根系主要吸收利用浅层沙土水分,这与降水入渗补给区域是相吻合的。柠条为垂直根系,根幅窄小,侧根和须根主要分布于40—80cm沙层,不如油蒿根系发达。从沙坡头地区的降水及其入渗补给特点来看,油蒿根系在水分利用与竞争方面,与柠条相比,处于优势地位。降水补给部分在浅土层中被油蒿大量吸收和截留,渗入深沙层的水分减少,柠条由于水分亏缺,生长受到抑制,并随着沙地水分枯竭加剧而枯死。

表3 不同配置油蒿和柠条的生长状况(1990 10 20)  
Table 3 The growth of *A. ordosica* and *C. korshinskii* in different distribution

植物种 Species	配置 Distribution	株高(cm) Height	冠幅(cm <sup>2</sup> ) Size of crown	盖度(%) Cover degree
油蒿 <i>A. ordosica</i>	纯林 Pure	59.0	97.8×89.9	14.0
	混播 Mixed	57.4	116.8×102.1	22:1
柠条 <i>C. Korshinskii</i>	纯林 Pure	114.1	43.5×41.0	9.5
	混播 Mixed	63.8	32.3×28.7	1.4

植物对水分的吸收利用是通过自身的生理活动来实现的,人工固沙植被中油蒿和柠条的水分竞争也必然与其水分生理活动有密切关系。植物蒸腾作用是反映植株体内水分活动的重要指标,蒸腾强弱靠植物根系吸水维持。一般地,枝叶蒸腾强度大,说明根系吸水能力较强,反之,根系吸水能力较弱。比较不同植被固沙区和水分平衡观测场油蒿和柠条的蒸腾强度(表4)可知,无论植物年龄大小、沙地水分状况如何,油蒿的蒸腾强度均大于柠条。其中水分平衡场(1988年栽植)油蒿蒸腾强度比柠条高31.4%,其它固沙区则平均高89.1%。该试验结果与前

人工作<sup>(2)</sup>是一致的,说明即使沙地水分条件恶化,靠降水的入渗补给,油蒿根系仍保持较强的吸水能力,对沙地水分的竞争能力大于柠条。

### 3 结论

沙坡头地区降水稀少,水分条件是植物生长的主要限制因子。在有限的降水条件下,沙地水分亏缺不能满足植物蒸散耗水需要,使得人工植被固沙区内植物之间为维持生长和生存发展进行水分竞争。油蒿和柠条对沙地水分的竞争,不仅与其各自生理生态特性密切相关,而且受环境条件变化的影响。

表4 不同固沙区植物的蒸腾作用( $\text{mgH}_2\text{O} \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ )  
Table 4 Plant transpiration in different sand-fixed sites (1990 07 11)

植物种 Species	固沙区 Sand-fixed Sites				
	1956	1964	1973	1981	1988
油蒿 <i>A. ordosica</i>	1.00	5.11	5.28	2.50	20.9
柠条 <i>C. Korshinskii</i>	3.17	1.50	1.87	0.80	15.9

3.1 降水是沙坡头地区人工固沙植物可利用水分的唯一补给来源。降水的时空分布不仅制约着沙地水分的动态变化,而且是影响植物生长和种间水分竞争的主要环境因素。

3.2 人工植被固沙区沙地表面生物结皮的形成和发育,提高了地表对降水的截留能力,改变了降水在沙地中的分配格局,使降水在沙地中的入渗补给呈浅层化分布特点,有利于根系浅层分布的植物(油蒿)的水分吸收利用,因而也是影响固沙植物水分利用的又一重要因素。

3.3 油蒿水平根系发达,水分吸收能力较强,主要分布于浅层土壤内,与降水入渗补给区域一致。这些特点决定了油蒿对坡头地区自然环境条件的适应性,在与柠条的水分竞争中处于优势地位。

### 参 考 文 献

- 1 邱国玉,石庆辉.沙坡头人工植被组成分析.干旱区资源与环境,1991,5(1),22—31
- 2 刘家琼.我国荒漠不同类型植物的水分状况和旱生结构.植物学报,1987,29(6),662—672
- 3 蒋瑾等.沙坡头地区主要固沙植物生物学生理学特性的研究.林业学报,1983,19(2),113—200
- 4 廖次远等.流沙治理研究.银川,宁夏人民出版社,1980,60—120
- 5 李金贵.沙坡头降水特点分析.中国沙漠,11(1),44—49
- 6 陈荷生等.腾格里沙漠东南缘沙坡头地区水分平衡的初步研究.中国沙漠,1991,11(2),1—12
- 7 J R Etherington 著,曲仲湘等译.环境与植物生态学(第二版).北京,科学出版社,1989,295—309
- 8 Valther H & Stadelman E. A new approach to the water relations of desert plants. In Brown, G. W ed., *Desert Biology* I Academic Press, New York, 1974, 213—310
- 9 Kramer P J. Fifty years of progress in water relations research *Plant physiol.*, 54:463—471

PRILIMINARY STUDY ON THE PLANT INTERSPECIFIC  
COMPETITION FOR WATER IN THE ARTIFICIAL  
SAND-BINDER VEGETATION IN SHAPOTOU  
AREA, NINGXIA

Feng Jinchao Chen Hesheng

(Institute of Desert Research, Chinese Academy of Sciences, Lanzhou 730000)

In the artificial sand-binder vegetation in Shapotou area, Ningxia, *Artemisia ordosica* was found to have quite different growing situations and ecological and physiological features from *Caragana korshinskii* that were reflected in using the environmental resources, including time, space and precipitation. Based on this, the important effects of the dynamic change in environmental conditions, particularly the biocrust formation in sandy land surface and the infiltration of precipitation getting more shallow layer of soil, on the sand-binders in water use and competition for water were dealt with in detail. The results showed that *A. ordosica* was superior to *C. korshinskii* in competition for water because *A. ordosica* had a stronger capacity of evapotranspiration and more shallowly distributed root systems to uptake more water that could make better use of precipitation as a sole source of water.

**Key words**, sandy soil, infiltration of precipitation, competition for water, sand-binder.