

古尔班通古特沙漠土壤因素对退化梭梭更新局限的影响*

司朗明 刘彤** 信誉

(石河子大学生命科学学院, 新疆石河子 832000)

摘要 古尔班通古特沙漠梭梭退化主要发生在平原和小沙丘(高度<5 m)区域,而与其邻近的大沙丘(高度>10 m)生境中梭梭却长势良好。本文对比分析了退化区和正常生长区小尺度范围梭梭种群年龄结构、不同盐分梯度下梭梭种子及其萌发特征、土壤理化性质及其对梭梭种群更新的影响。结果表明:退化区梭梭幼株缺乏,自然更新明显受阻。平原、小沙丘和大沙丘3种生境中梭梭种子的带果翅百粒重、无果翅百粒重和果翅直径差异显著,无盐胁迫条件下梭梭种子萌发率差异不显著,而在有盐胁迫条件下差异显著,且萌发率都随盐分浓度的增加而降低,说明退化区梭梭林更新不良与种子特征关系不大,与土壤盐分关系密切。3种生境土壤理化性质差异显著,平原和小沙丘土壤电导率明显高于大沙丘。梭梭活株密度与各土层土壤电导率、土壤含水量呈极显著负相关,梭梭幼株数(株高<40 cm)与土壤表层(0~30 cm)电导率极显著负相关。综上所述,退化区高的土壤盐分导致梭梭植株密度严重降低、抑制种子萌发和限制梭梭幼苗存活,进而使得梭梭林自然更新不良。

关键词 梭梭;种群更新;土壤;种子萌发

中图分类号 Q948 文献标识码 A 文章编号 1000-4890(2010)10-1925-06

Soil factors limiting population regeneration of degenerated *Haloxylon ammodendron* in Gurbantonggut Desert. SI Lang-ming, LIU Tong, XIN Yu (College of Life Science, Shihezi University, Shihezi 832000, Xinjiang, China). *Chinese Journal of Ecology*, 2010, 29(10):1925-1930.

Abstract: In Gurbantonggut Desert, the population degeneration of *Haloxylon ammodendron* mainly occurs on the plain and small dunes (<5 m in height), while on the nearby large dunes (>10 m in height), the plants can grow normally. In this paper, a comparative study was made on the age structure of *H. ammodendron* population, its seeds and seed germination characteristics under different salinity gradients, soil physical and chemical properties, and their effects on the population regeneration of *H. ammodendron* between degenerated and normal areas in small scale (under the conditions that the climatic factors and plant population age were similar). In degenerated area, *H. ammodendron* seedlings were lack, and the natural regeneration of *H. ammodendron* was hampered. There were significant differences in the hundred-seed weight with and without fruiting wings and the fruiting wing's diameter of *H. ammodendron* among the three habitats (plain, small dunes, and large dunes). The seed germination rate of *H. ammodendron* had no significant difference under non salt-stress condition, but had significant difference under salt-stress condition and decreased with increasing salt concentration, suggesting that the limitation of the regeneration had no relationship with seed characteristics but close relationship with soil salinity. The soil physical and chemical properties in the three habitats were significantly different, and the soil electrical conductivity on the plain and small dunes was much greater than that on large dunes. The plant density of living *H. ammodendron* population was significantly negatively correlated with the electrical conductivity and water content of different soil layers, and the number of *H. ammodendron* seedlings (<40 cm in height) was significantly negatively correlated with

* 国家“十一五”科技支撑计划资助项目(2007BAC17B03)。

** 通讯作者 E-mail: liutong_tea@sina.com

收稿日期: 2010-05-24 接受日期: 2010-07-11

the electrical conductivity of 0–30 cm soil layer. To sum up, high soil salinity severely decreased the plant density of *H. ammodendron* population, restrained the seed germination and the seedling's survival rate, and eventually led to the unhealthy natural regeneration of *H. ammodendron*.

Key words: *Haloxylon ammodendron*; population regeneration; soil; seed germination.

梭梭(*Haloxylon ammodendron*)是中国第二大沙漠——新疆古尔班通古特沙漠荒漠植被的建群种,分布面积约占我国梭梭林总面积的68%(王春玲等,2005),对维护当地生境的稳定具有重要的生态价值。然而,调查发现,该沙漠西部的平原和小沙丘(高度<5 m)地带梭梭植株大量枯死,梭梭的优势度和群落物种多样性下降,幼苗和幼株明显缺乏,面积约40万 hm^2 (刘斌等,2010),与东部相邻的大沙丘(高度>10 m)生境中正常生长的梭梭林明显不同,退化梭梭林自然更新能力较低的原因急待深入探究。

植物的自然更新影响着群落的物种组成、结构和动态变化,是种群得以增殖、扩散、延续和维持群落稳定的一个重要生态过程,也是恢复退化森林生态系统的最有效的方法(Teketay, 1997; 李小双等, 2007)。而影响种群更新的因素较多,与地理区域、植物本身以及外部环境等条件关系密切,是一个复杂的、受多环节影响的过程(Kitajima & Fenner, 2000; McLaren & McDonald, 2003; Enoki & Abe, 2004)。在区域尺度上,陆地生态系统不同气候带的植被更新及其分布主要受水热条件控制(徐文铎和常禹,1992;李斌和张金屯,2003;李霞等,2007),而在相似气候带条件的小尺度范围内,探讨土壤、地形等环境因子与植被更新的关系将更有意义。常见的植物更新方式包括种子更新和萌生更新,植物选择何种更新方式与物种的遗传特性和外界环境压力有关(高贤明等,2001;费世民等,2004)。而种子繁殖是梭梭种群扩大的唯一途径,种子萌发行为直接影响着种群的更新(黄培祐,2003)。种子更新成功与否与植物种子生产、种子性状、种子萌发、幼苗定居和幼树建成等阶段息息相关(李小双等,2007)。调查发现平原、小沙丘和大沙丘3种生境梭梭活株每年都有种子产生,但退化梭梭林中无幼苗存在,而正常生长的梭梭林自然更新良好。退化梭梭林更新不良与梭梭种子和立地土壤理化性质有着怎样的关系呢?目前学者们侧重对退化梭梭林的生态生理特性、群落退化特征以及外部生境特征的研究(韩永伟等,2001,2002;马全林等,2006;常兆丰等,2008;刘斌等,2010),而关于退化梭梭林自然更新及其影

响因子的研究尚嫌不足。基于此,本文以退化严重的平原和小沙丘生境中的梭梭林为研究对象,生长正常的大沙丘生境中的梭梭林作为对比,在小尺度范围研究退化梭梭种子及其萌发特征、立地土壤理化性质及其对自然更新的影响,为退化梭梭林的生态恢复提供科学依据。

1 研究地区与研究方法

1.1 自然概况

研究区地理位置为 $86^{\circ}29'E-86^{\circ}33'E, 45^{\circ}26'N-45^{\circ}27'N$,属典型的温带荒漠干旱气候区,7月平均气温超过 27°C ,绝对最高气温超过 44°C ,1月平均气温低于 -19°C ,绝对最低气温在 -43°C 以下。年均降水量80 mm以下,年均蒸发量3600 mm以上,海拔300 m左右。野外调查工作在哈尔扎克国家重点公益林管护区内的平原、小沙丘和高大沙丘3种生境的天然梭梭林内进行。平原主要分布在地表径流的洼地以及古湖(河)相地带,基质为冲积物,土壤主要为龟裂性盐化壤土,机械组成为壤质,土壤内盐分含量较高。小沙丘主要间断分布在平原生境中,地形起伏2~5 m,土壤为风沙土,沙层厚度10~20 cm,沙层下面的壤土含有大量盐结晶。大沙丘生境与平原区相邻,地形起伏5~25 m,土壤为风沙土,质地以细沙为主,该区风沙活动较强而土壤盐分含量较低。

1.2 研究方法

1.2.1 样地选择、植被调查 沿线设置样地,其范围约长5 km及其两侧1.5 km的梭梭林内进行调查,根据3种生境特点设置样地大小,其中平地和小沙丘生境中每个样地面积为 $50\text{ m}\times 50\text{ m}$,大沙丘生境为 $50\text{ m}\times 100\text{ m}$,每种生境3个样地(重复),共9个样地。对每个样地的物种、株数(死株、活株)、株高、地径和盖度进行调查统计。

1.2.2 不同生境梭梭种群年龄结构 梭梭株高和地径有着很高的相关性($R^2 = 0.6351, P < 0.001$)。故本研究采用株高来反映梭梭植株的龄级,分析梭梭种群的年龄特征(黄培祐等,2008)。每40 cm划分一个龄级,从幼龄到老龄共划分出I~VI 6个龄

级,统计各个样地每个龄级活的梭梭植株的株数占该样地所有株数的百分比,构成龄级结构图。

1.2.3 土壤理化性质 选取电导率(EC)、pH、土壤容重(BD)和土壤含水量(SM)等土壤理化指标。在每个样地随机选择6个土样采集点,取样深度为0~120 cm。按每30 cm一层分层取土。每层土样分2份:一份用铝盒装好带回实验室用烘干法进行土壤含水量的测定;另一份装入密封袋带回实验室放入4℃冰箱储藏备用,同时用环刀法测得各土层的土壤容重,每层3个重复。采用PHS-3C(A)酸度计测定pH,DDS-11A/C电导仪测定电导率,采用美国产Guelph Permeameter 2800K1对上述9个样地0~30 cm、30~60 cm土层的土壤饱和导水率(K_f)进行测量,每层3个重复,其值大小表示土壤入渗率的快慢。

1.2.4 梭梭种子采集与萌发试验 于10月下旬—11月上旬梭梭种子成熟期在上述3类生境的每个样地选取12株(株高和冠幅相似)的梭梭植株进行梭梭种子采集,带回实验室冷藏,于次年4月开始萌发试验。每种生境分别取1000粒带翅种子,测其果翅直径;去果翅后测其成种子(果翅去掉后饱满的种子)数、种子直径和百粒重等指标。用退化区表

层土(0~30 cm)与蒸馏水以不同比例配置溶液,代表盐分梯度,这样更能代表梭梭退化区原生境特征。土(g)/水(ml)比例:无盐胁迫(蒸馏水)、低盐胁迫(1/2)、中盐胁迫(1/1)、高盐胁迫(1/0.75),在大小合适的玻璃培养皿底部垫两张滤纸,每个培养皿均匀放置50粒种子,加入适量不同浓度的盐溶液(以滤纸和种子浸湿为宜),加盖,之后每天更换滤纸和盐溶液,每个处理4个重复,在5℃~25℃最适温变周期中萌发10 d,萌发试验在恒温培养箱中,每24 h观测1次,种子的萌发以胚根的出现为标志。萌发率(GP) = 最终发芽种子数/供试种子数×100%。

1.3 数据处理

所有数据都先在Excel 2003中处理,采用SPSS 13.0对不同生境中的梭梭种子特征、萌发率、萌发指数以及土壤指标进行方差分析,土壤电导率和含水量与梭梭活株密度进行回归分析,用SigmaPlot 10.0作图。

2 结果与分析

2.1 3种生境梭梭种群年龄结构

从图1可知,退化区梭梭幼株个体严重缺乏,表

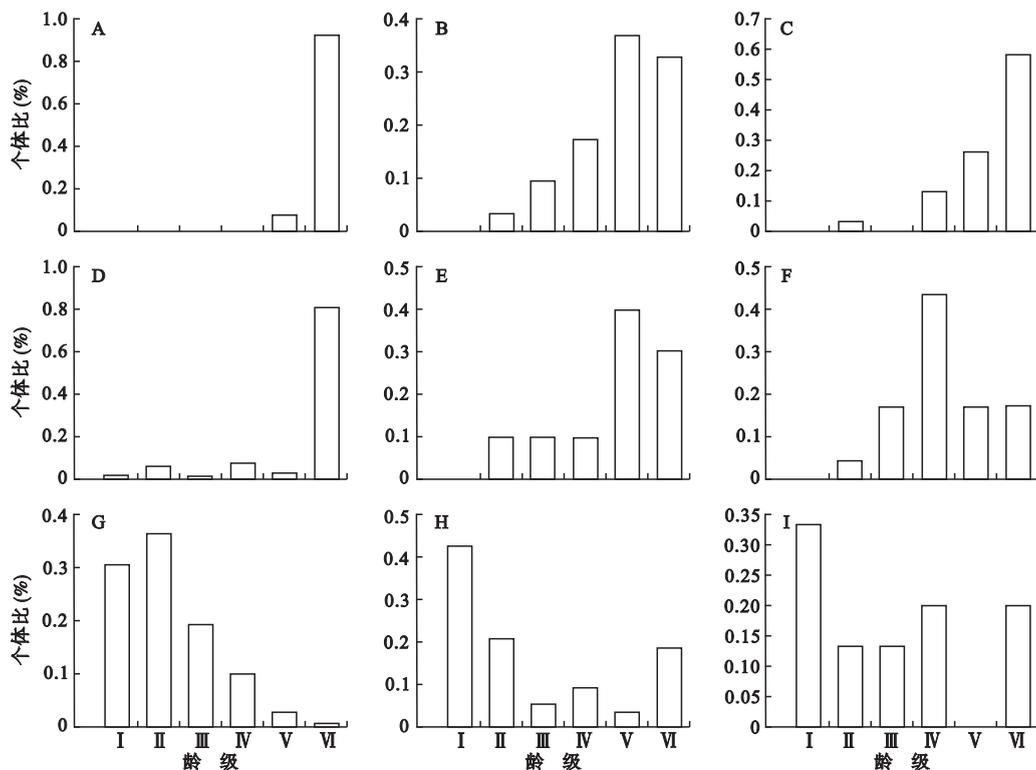


图1 梭梭种群龄级分布

Fig. 1 Age structure distribution of *Haloxylon ammodendron* population

A、B和C为平原生境3个样地,D、E和F为小沙丘生境3个样地,G、H和I为大沙丘3个样地。

表1 3类生境0~120 cm土壤理化性质的比较

Tab.1 Soil physical and chemical properties at 0-120 cm depth in three habitats

土层深度 (cm)	土壤指标	生境类型			F	P
		平原	小沙丘	大沙丘		
0-30	BD(g·cm ⁻³)	1.39±0.03	1.52±0.02	1.67±0.02	31.75	<0.01
	SM(%)	2.34±0.43	1.67±0.28	0.16±0.05	14.09	<0.01
	K _s (mm·s ⁻¹)	0.06±0.02	0.13±0.04	1.04±0.08	100.51	<0.01
	EC(mS·cm ⁻¹)	2.42±0.38	0.84±0.18	0.04±0.00	24.84	<0.01
	pH	8.64±0.16	9.97±0.08	8.73±0.07	44.28	<0.01
30-60	BD(g·cm ⁻³)	1.48±0.03	1.53±0.02	1.65±0.03	12.66	<0.01
	SM(%)	4.52±0.54	2.55±0.23	0.40±0.12	35.61	<0.01
	K _s (mm·s ⁻¹)	0.01±0.00	0.14±0.04	1.14±0.13	65.904	<0.01
	EC(mS·cm ⁻¹)	2.13±0.25	0.86±0.07	0.04±0.00	50.18	<0.01
	pH	9.02±0.14	10.04±0.05	8.74±0.08	52.07	<0.01
60-90	BD(g·cm ⁻³)	1.58±0.02	1.56±0.01	1.64±0.04	2.82	>0.05
	SM(%)	4.47±0.50	2.48±0.13	0.43±0.02	44.96	<0.01
	EC(mS·cm ⁻¹)	1.97±0.21	0.66±0.06	0.05±0.00	62.56	<0.01
	pH	9.27±0.06	10.09±0.04	8.91±0.08	93.98	<0.01
90-120	BD(g·cm ⁻³)	1.57±0.04	1.56±0.02	1.62±0.03	1.26	>0.05
	SM(%)	4.56±0.54	2.54±0.13	0.54±0.05	38.81	<0.01
	EC(mS·cm ⁻¹)	1.72±0.25	0.70±0.05	0.07±0.01	31.49	<0.01
	pH	9.45±0.04	9.96±0.05	8.98±0.10	52.89	<0.01

平均值±标准误。下同。

明梭梭林自然更新能力较差。

2.2 3种生境土壤理化性质

从表1可知,研究区土壤均呈碱性,其中小沙丘生境pH最大,其余2种生境差异不显著;土壤容重在各生境间0~30 cm、30~60 cm土层差异极显著($P<0.01$);而在土层60~90 cm、90~120 cm差异不显著($P>0.05$);其余各指标在3类生境间差异都达到极显著的水平($P<0.01$)。其中土壤容重和土壤饱和导水率变化趋势一致,均表现为大沙丘生境最大,平原和小沙丘生境较小。而土壤含水量和电导率变化趋势相同,平原生境最高,大沙丘生境最低。

平原和小沙丘生境土壤含盐量和含水量显著高于大沙丘生境。土壤含盐量影响土壤水分的有效性以及植被的生长状况,使土壤的持水能力发生变化,土壤含盐量会增大土壤的持水能力(李小刚等,2004)。宏观上,平原和小沙丘生境土壤含水量较高,但应该注意到盐度导致的土壤持水能力的增加并不能使土壤的有效含水量增加。土壤各层电导率和土壤含水量均值与梭梭活株密度均呈极显著($P<0.01$)负相关(图2),表明土壤盐分对梭梭种群的正常生长产生了重要的影响。

2.3 梭梭种子特征与萌发结果比较

2.3.1 3种生境梭梭种子特征比较 从表2可知,3类生境中的梭梭种子的带果翅百粒重、果翅直径

和无果翅百粒重有显著差异,大沙丘生境中的种子带果翅百粒重最大,无果翅百粒重最小,成种子数和种子直径差异不显著。说明由于生境的差异,梭梭种子基本特征也有所不同。

2.3.2 3种生境梭梭种子萌发结果比较 从表3可知,在无盐胁迫时3类生境中的梭梭种子萌发率差异不明显,但在3种盐胁迫处理条件下均表现平原和小沙丘差异不显著,但其均与大沙丘生境差异

表2 3类生境种子特征的比较

Tab.2 Seed characters in three habitats

种子特征	生境类型			F	P
	平原	小沙丘	大沙丘		
带果翅百粒重(g)	0.33±0.02	0.42±0.01	0.45±0.02	11.96	0.00
果翅直径(mm)	8.62±0.25	9.41±0.17	8.95±0.09	4.82	0.02
成种子数(%)	61.00±4.91	71.25±4.02	70.00±3.73	1.72	0.20
无果翅百粒重(g)	0.25±0.02	0.28±0.01	0.23±0.01	3.20	0.05
种子直径(mm)	2.00±0.07	1.92±0.18	1.99±0.03	0.14	0.87

表3 3类生境梭梭种子在不同盐胁迫处理条件下萌发率的比较

Tab.3 Germination rate of *Haloxylon ammodendron* seeds on different salt stress at three habitats

处理	生境类型			F	P
	平原	小沙丘	大沙丘		
蒸馏水	0.70±0.05	0.74±0.06	0.86±0.08	1.71	0.23
低盐胁迫	0.85±0.03	0.83±0.02	0.60±0.08	7.06	0.01
中盐胁迫	0.55±0.04	0.57±0.01	0.25±0.07	13.64	0.01
高盐胁迫	0.65±0.04	0.60±0.02	0.23±0.01	67.36	0.00

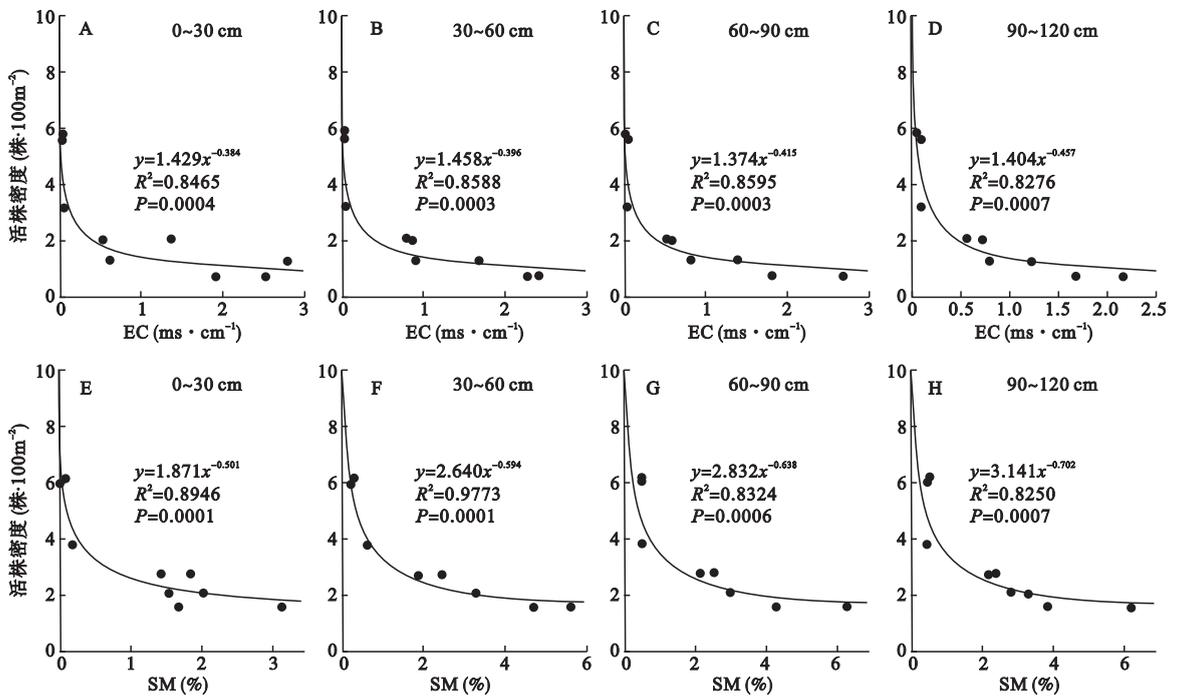


图2 土壤理化性质与梭梭活株密度的关系

Fig. 2 Relationship between soil physical and chemical properties and the density of *Haloxylon ammodendron* live plants

显著,均表现出大沙丘生境萌发率最小。这说明由于退化区梭梭植株长期生长在有盐胁迫的环境中,其种子对盐胁迫的逆境产生了抗性。3种生境的种子萌发率都表现出了随盐分浓度的增加而降低的现象,说明盐分含量对梭梭种子的萌发有抑制作用。

3 讨论

植物的天然更新成功与否取决于3个方面:种子产量充足、种子能萌发和幼苗的成活定居,其中任何一个环节受到限制都可能导致植物的更新不良(周志琼等,2009)。

种子时期是植物更新的重要阶段,种子的各项特征与环境因子相互作用决定着种子向种子库和幼苗库转化,继而影响种子库向幼苗库的转化过程(Guo *et al.*, 2000; Tomback *et al.*, 2001; 于顺利和蒋高明, 2003)。在本研究中,梭梭退化区高的土壤盐分导致土壤溶液渗透压增大,使得土壤有效含水量降低,梭梭发生生理性干旱,梭梭植株大面积死亡,使得退化区梭梭植株密度随着土壤电导率的增加而严重减小。梭梭林只有达到一定的植株密度时才可以进行自我修复和天然更新(刘晋, 2006)。退化区梭梭植株的大量枯死势必使得该区梭梭种子产量不足,限制其自然更新。

研究表明,生长在3种生境中的成年梭梭植株均能产生种子,种子的带果翅百粒重和果翅直径等基本特征差异显著,但萌发率在无盐胁迫条件下差异不显著,由此可知,退化梭梭林更新不良与种子基本特征以及萌发活力关系不大。研究发现,3种生境土壤理化性质差异显著,梭梭退化区土壤盐分显著高于正常生长区。高的土壤盐分可以通过渗透压力和离子毒害等方式抑制植物种子萌发(黄振英等, 2001; Song *et al.*, 2006)。本研究表明,3种生境中梭梭种子萌发率在盐胁迫条件下差异显著,但都随盐分胁迫强度增加而降低。调查还发现,梭梭退化区土壤板结,区内较多的积水洼地在水分蒸发后易形成物理结皮,梭梭林下还分布有生物结皮或坚硬的盐结壳。这不仅导致退化区土壤水分入渗较慢,大量降水被蒸发,土壤有效含水量进一步降低,而且使得梭梭种子不易着床。

种群的天然更新与种群中幼株的数量以及幼株在种群中的分布情况密切相关(魏新增等, 2008)。Tobe等(2005)研究认为,盐分对梭梭幼苗的生长有一定的影响,特别是当梭梭处在老苗期。黄培祐等(2009)指出,以清明为中点的1周内,气温变化缓急对梭梭实生苗早期存活起决定作用,此期实生苗的根长在4 cm左右,当急速升温、致5 cm以内的浅

土层含水迅速下降,将导致生存于其间的实生苗死亡。但是,我们于4—5月在野外的实际调查发现,退化区梭梭林内几乎无幼苗出现,但大沙丘生境中有少量幼苗存活。分析发现,土壤表层(0~30 cm)电导率与梭梭种群幼株(株高<40 cm)数极显著的负相关($R^2=0.374, P<0.01$),说明高的土壤盐分严重影响了梭梭幼苗的出土与存活。

参考文献

常兆丰,仲生年,韩福贵,等. 2008. 民勤沙区主要植物群落退化特征及其演替趋势分析. 干旱区研究, **25**(3): 382-388.

费世民,何亚平,王鹏,等. 2004. 二滩库区锥连栎林土壤种子库和幼苗格局初步研究. 四川林业科技, **25**(2): 15-20.

高贤明,王巍,杜晓军,等. 2001. 北京山区辽东栎林的径级结构、种群起源及生态学意义. 植物生态学报, **25**(6): 673-678.

韩永伟,王堃,张汝民,等. 2002. 吉兰泰地区退化梭梭蒸腾生态生理学特性. 草地学报, **10**(1): 40-44.

韩永伟,姚云峰,韩建国,等. 2001. 吉兰泰地区退化梭梭光合生态生理学特性. 草地学报, **9**(2): 143-147.

黄培祐,李启剑,袁勤芬. 2008. 准噶尔盆地南缘梭梭群落对气候变化的响应. 生态学报, **28**(12): 6051-6059.

黄培祐. 2003. 干旱区免灌植被及其恢复. 北京: 科学出版社.

黄培祐,向斌,李启剑,等. 2009. 入夏前梭梭实生苗生长动态与生境的关系. 中国沙漠, **29**(1): 87-94.

黄振英,张新时, Gutterman Y, 等. 2001. 光照、温度和盐分对梭梭种子萌发的影响. 植物生理学报, **27**(3): 275-280.

李斌,张金屯. 2003. 黄土高原地区植被与气候的关系. 生态学报, **23**(1): 82-89.

李霞,李晓兵,陈云浩,等. 2007. 中国北方草原植被对气象因子的时滞响应. 植物生态学报, **31**(6): 1054-1062.

李小刚,曹靖,李凤民. 2004. 盐化及钠质化对土壤物理性质的影响. 土壤通报, **35**(1): 64-72.

李小双,彭明春,党承林. 2007. 植物自然更新研究进展. 生态学杂志, **26**(12): 2081-2088.

刘斌,刘彤,李磊,等. 2010. 古尔班通古特沙漠西部梭梭大面积退化原因. 生态学杂志, **29**(4): 637-642.

刘晋. 2006. 准噶尔盆地荒漠区梭梭灌木林的自我修复能力研究. 中国水土保持, (3): 25-26.

马全林,王继和,赵明,等. 2006. 退化人工梭梭林的恢复技术研究. 林业科学研究, **19**(2): 151-157.

王春玲,郭泉水,谭德远,等. 2005. 准噶尔盆地东南缘不同生境条件下梭梭群落结构特征研究. 应用生态学报, **16**(7): 1224-1229.

魏新增,黄汉东,江明喜,等. 2008. 神农架地区河岸带中领春木种群数量特征与空间分布格局. 植物生态学报, **32**(4): 825-837.

徐文铎,常禹. 1992. 中国东北地带性顶极植被类型及其预测判别模型——动态地植物学说的继承与发展(I). 应用生态学报, **3**(3): 215-222.

于顺利,蒋高明. 2003. 土壤种子库的研究进展及若干研究热点. 植物生态学报, **27**(4): 552-560.

周志琼,包维楷,吴福忠,等. 2009. 岷江干旱河谷黄蔷薇和川滇蔷薇更新能力及其限制因素. 生态学报, **29**(4): 1931-1939.

Enoki T, Abe A. 2004. Saplings distribution in relation to topography and canopy openness in a evergreen broad-leave forest. *Plant Ecology*, **173**: 283-291.

Guo QF, Brown JH, Valone TJ, et al. 2000. Constraints of seed size on plant distribution and abundance. *Ecology*, **81**: 2149-2155.

Kitajima K, Fenner M. 2000. Ecology of seedling regeneration// Fenner M, ed. *The Ecology of Regeneration of Plant Communities*. Wallingford: CABI Publishing, 331-359.

McLaren KP, McDonald MA. 2003. The effects of moisture and shade on seed germination and seedling survival in a tropical dry forest in Jamaica. *Forest Ecology and Management*, **183**: 61-75.

Song J, Feng G, Tian CY, et al. 2006. Osmotic adjustment traits of *Suaeda physophora*, *Haloxylon ammodendron* and *Haloxylon persicum* in field or controlled conditions. *Plant Science*, **170**: 113-119.

Teketay D. 1997. Seedling populations and regeneration of woody species in dry Afromontane forests of Ethiopia. *Forest Ecology and Management*, **98**: 149-165.

Tobe K, Zhang L, Omasa K. 2005. Seed germination and seedling emergence of three annuals growing on desert sand dunes in China. *Annals of Botany*, **95**: 649-659.

Tomback DF, Anderies AJ, Carsey KS, et al. 2001. Delayed seed germination in whitebark pine and regeneration patterns following the Yellowstone fires. *Ecology*, **82**: 2587-2600.

作者简介 司朗明,男,1983年8月生,硕士研究生,主要从事植物生态研究。E-mail: wwwslm163@163.com
责任编辑 王伟