金塔沙漠不同人工植被类型土壤种子库特征

滕玉风，占玉芳，马 力，鲁延芳，钱万建，田晓萍
（张掖市林业科学研究院，甘肃 张掖 734000）

摘　要：［目的］对甘肃省酒泉市金塔沙漠不同类型人工植被林地的土壤种子库进行调查研究，以揭示干旱条件下沙漠人工植被土壤种子库的分布规律、种子库物种多样性的变化特征以及土壤种子库与地上植被的关系，为河西走廊退化人工林生态系统的恢复与重建提供理论依据。［方法］通过野外植被调查、土壤种子库取样和土样萌发试验进行分析研究。［结果］①土壤种子库中，共统计到植物种有 24 种，胡杨—假苇拂子茅群落、胡杨＋沙枣—柽柳＋花棒＋柠条—芦苇＋黑沙蒿群落、梭梭—河西菊群落、柽柳—花花柴群落土壤种子库物种数依次为 18 种、18 种、14 种、3 种，土壤种子密度依次为 660.71，267.85，29.64，19.29 粒/m^2。土壤种子库中一年生、多年生草本的物种和密度占优势，乔木、灌木和半灌木种子所占比例较低。②物种多样性分析表明，乔木林土壤种子库物种的 Margalef 丰富度指数大于灌木林，土壤种子库物种的 Shannon-Wiener 多样性指数、Simpson 多样性指数、Pielou 均匀度指数变化趋势基本一致，均为胡杨＋沙枣—柽柳＋花棒＋柠条—芦苇＋黑沙蒿群落＞柽柳—花花柴群落＞梭梭—河西菊群落＞胡杨—假苇拂子茅群落，而生态优势度指数与之相反。③乔木林土壤种子库植物与地上植被的相似程度高于灌木林。［结论］沙漠人工植被林地土壤种子库物种丰富度低，以草本植物为主，沙漠自我恢复度低，人工营造乔木林、灌木林有利于干旱荒漠区生态恢复与重建。

关键词：金塔沙漠；土壤种子库；人工植被
文献标识码：A　　**文章编号**：1000-288X(2020)03-0163-07　　**中图分类号**：S728.4，S71

文献参数：滕玉风，占玉芳，马力，等.金塔沙漠不同人工植被类型土壤种子库特征［J］.水土保持通报，2020，40(3)：163-169. DOI：10.13961/j.cnki.stbctb.2020.03.023；Teng Yufeng，Zhan Yufang，Ma Li，et al. Characteristics of soil seed bank of artificial vegetation types in Jinta desert［J］. Bulletin of Soil and Water Conservation，2020，40(3)：163-169.

Characteristics of Soil Seed Bank of Artificial Vegetation Types in Jinta Desert

Teng Yufeng，Zhan Yufang，Ma Li，Lu Yanfang，Qian Wanjian，Tian Xiaoping
（*Zhangye Academy of Forestry*，*Zhangye*，*Gansu* 734000，*China*）

Abstract：［Objective］Soil seed banks of different types of artificial forest land were studied in the Jinta desert of Jiuquan City，Gansu Province，to reveal the artificial vegetation distribution rule of soil seed banks，variety characteristics of species diversity，and relationship between the soil seed bank and the vegetation. The goal was to provide a theoretical basis for the restoration and reconstruction of the degraded plantation ecosystem in the Hexi corridor.［Methods］The analytical research was conducted through field vegetation survey，soil seed bank sampling，and soil germination experiment.［Results］① There were 24 kinds of plants species. The numbers of soil seed banks of the *Populus euphratica-Calamagrostis pseudophragmites community*，the *P. euphratica* ＋ *Elaeagnus angustifolia-Tamarix chinensis* ＋ *Hedysarum scoparium* ＋ *Caragana korshinskii-Phragmites australis* ＋ *Artemisia ordosica* community，the *Haloxylon ammodendron-Hexinia polydichotoma* community，and the *Tamarix chinensis-Karelinia caspia* community were 18，18，14，and 3 species，respectively. The seed densities were 660.71，267.85，29.64，and 19.29 granules/m^2，respectively. The species and density of annual and perennial herbs were dominant，and the proportion of arbor，shrubs，and subshrubs was low. ② The analysis of species diversity showed that the Margalef richness index of soil seed banks of arboreal forest was larger than that of the shrubs. The variety trends of

收稿日期：2020-03-04　　**修回日期**：2020-04-10
资助项目：国家自然科学基金项目“河西走廊人工沙漠植被土壤种子库的结构与萌发策略研究”(31560240)
第一作者：滕玉风(1973—)，女(汉族)，甘肃省靖远县人，本科学历，高级工程师，研究方向为荒漠化综合治理和林果花良种引育。Email：lky-tyf@126.com。

the Shannon-Wiener diversity index, Simpson diversity index, and Pielou evenness index of soil seed banks were almost the same as *P. euphratica* + *E. angustifolia*-*T. chinensis* + *H. scoparium* + *C. korshinskii*-*P. australis* + *A. ordosica* community > *T. chinensis*-*K. caspia* community > *H. ammodendron*-*H. polydichotoma* community > *P. euphratica*-*C. pseudophragmites* community. However, the ecological dominance index was in contrast. ③ The similarity in the arbor soil seed banks of arboreal forest and ground vegetation was higher than that of the shrubs. [Conclusion] The species abundance of the soil seed bank was low in artificial forest lands. Majority of them were herbs, the desert had a low restoration capacity, and the artificial arbor forests and shrubs were beneficial for the restoration and reconstruction of the arid desert area.

Keywords: Jinta desert; soil seed bank; artificial vegetation

土壤种子库(soil seed bank)是指存在于土壤表层和土壤中全部具有活力种子的总和[1]。种子库是潜在的植物群落,是种群定居、繁衍和扩散的基础,在植被的发生和演替、更新和恢复过程中起着重要的作用[2]。近几十年来土壤种子库一直是种群生态学和恢复生态学研究的热点之一[3-7],国内许多学者对种子库的密度、种子库与地表植被的关系,种子库动态变化等进行了诸多研究[4,8-14]。土壤种子库的空间格局变异与地上植被组成和结构有关[15],当林分类型有差别[16]时,其土壤种子库的丰富度、种子库的密度等在空间上常常表现出明显的差异[15]。国内针对干旱荒漠区不同类型植物群落种子库的研究较少,位于河西走廊中段的甘肃省酒泉市金塔县,生态环境十分脆弱,戈壁和沙漠广泛分布,目前对该区域的土壤种子库的特征研究尚未见报道。本研究以植被类型为指标,选择胡杨+沙枣—柽柳+花棒+柠条—芦苇+黑沙蒿群落、胡杨—假苇拂子茅群落、柽柳—花花柴群落和梭梭—河西菊群落共4种沙漠植被类型为研究对象,开展土壤种子库的特征研究,分析土壤种子库的组成、分布、密度、数量特征,土壤种子库物种多样性及其与地上植被的关系,旨在探讨干旱条件下沙漠人工植被类型土壤种子库分布规律、种子库物种多样性的变化特征以及土壤种子库与地上植被的关系,为河西走廊退化生态系统的恢复与重建提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 研究区概况

研究区位于甘肃省酒泉市金塔县,河西走廊中段北部边缘,地理位置处于东经97°58′—100°20′,北纬39°47′—40°59′。东和北面与内蒙古额济纳旗毗连,西面与甘肃嘉峪关、玉门、肃北接壤,南与酒泉市和张掖市高台县为邻。东西长约250 km,南北宽约400 km,总面积1.88×10^4 km^2。海拔1 100~1 500 m之间。境内东部和东南部属巴丹吉林沙漠边缘和合黎山地带,西部为戈壁荒漠。气候属于典型的温带干旱大陆性气候,冬季寒冷,夏季炎热,温差大,日照充足,蒸发大,年日照时数达3 408.2 h,年平均气温9.6 ℃,无霜期166 d,年均降水量43.5 mm,年均蒸发量2 538 mm。土壤类型以灰棕漠土为主。植被主要为旱生、盐生的灌木或草本植物[17]。

1.2 样地调查与取样

1.2.1 地上植被调查 2018年8月在酒泉金塔的金沙湖、张家花庄子和金塔胡杨林景区3个区域各选1个人工林样地,在夹墩沙窝选2个人工林样地,共选取5个样地进行植被群落调查。每个样地面积为50 m×50 m,采用典型取样方法在乔木林样地中选取3个10 m×10 m乔木样方,3个4 m×4 m灌木样方和3个1 m×1 m的草本样方,在灌木林样地中选取3个4 m×4 m灌木样方和3个1 m×1 m的草本样方。分别调查每个样方中的乔木层植物种的种类、数量、株高、胸径、冠幅,灌木层和草本层植物的种类、数量、株高、盖度、物候相。共调查乔木样方6个、灌木样方12个和草本样方15个。同时用GPS记录各样地位点。

1.2.2 土壤种子库取样 2018年10月底,在8月份已确定的地上植被调查样地内进行样地内土壤种子库取样(见表1),沿对角线方向“之”形取样,每1 m设置1个取样点,每个样地内共设140个样点。在每个取样点设置10 cm×10 cm小样方,分0—2,2—5和5—10 cm这3个土层采集原状土壤样品,装入自封袋,带回实验室。自然风干后去除杂物,并将同一样地中每20个样点的同层土样混合。

1.2.3 萌发试验 带回实验室的土样,选用117 cm×117 cm育苗盘作发芽床,装填厚度为4~5 cm的珍珠岩作基垫,置于露天场所。取适量土样均匀平摊于育苗盘表层,土壤种子库土样厚度为1~2 cm,每一土样设2~4个重复。种子发芽期间,适时浇水,保持育苗盘内土壤湿润;逐日观察,记录种子萌发情况,可以辨认的幼苗迅速进行鉴定统计,鉴定后轻轻拔除。无法鉴定的幼苗继续生长直至开花能够进行鉴定。试验于2019年4月27日至9月30日进行,至不再有种子萌发为止。计算出1 m^{2}内土壤种子库密度。

表 1　金塔沙漠人工林调查样地基本信息

样地编号	植被类型	地点	经纬度	林种	株行距/m×m	平均树高/m
S_1	胡杨+沙枣—柽柳+花棒+柠条—芦苇+黑沙蒿群落	金沙湖	39°55′31.705″N,98°50′3.950″E	乔木林	2×4	4.83
S_2	胡杨—假苇拂子茅群落	胡杨林景区	40°02′N,98°49′E	乔木林	1.2×2	11.02
S_3	梭梭—河西菊群落	夹墩沙窝	40°17′35.267″N,99°23′25.277″E	灌木林	3×3	1.25
S_4	梭梭—河西菊群落	夹墩沙窝	40°16′41.186″N,99°23′53.893″E	灌木林	3×3	0.79
S_5	柽柳—花花柴群落	张家花庄子	40°11′48.179″N,99°02′54.969″E	灌木林	2×3	1.67

1.3　数据处理

1.3.1　种子库的种子密度　将萌发试验的统计结果按参试土样及取样面积的大小换算为 1 m^2 土壤中所有萌发种子的数量,即为样地土壤种子库的种子密度。

1.3.2　种子库中种子生活型　参照《中国植物志》[18-19]对种子萌发试验进行植物种类鉴定,将统计到的植物分为乔木、灌木、多年生草本和一年生草本植物 4 种类型,分别计算各类型植物占所有植物总数的比例。

1.3.3　种子库中物种的多样性指数　本研究应用 Margalef 物种丰富度指数,Shannon-Wiener 多样性指数,Simpson 多样性指数,生态优势度指数和 Pielou 均匀度指数公式[20]进行种子库物种丰富度、物种多样性指数和均匀度指数计算。计算公式为:

Margalef 物种丰富度指数:

$$F=\frac{S-1}{\ln N} \tag{1}$$

Shannon-Wiener 多样性指数:

$$H=-\sum_{i=1}^{s}P_i\ln P_i \tag{2}$$

Simpson 多样性指数:

$$D=1-\sum_{i=1}^{s}P_i^2 \tag{3}$$

生态优势度指数:

$$C=\frac{\sum_{i=1}^{s}n_i(n_i-1)}{N(N-1)} \tag{4}$$

Pielou 均匀度指数:

$$E=\frac{H}{\ln S} \tag{5}$$

式中:S 为种子库中所有物种数;n_i 为第 i 个种的个体数;N 为种子库中所有种的种子总数;P_i 是第 i 种植物的种子数 n_i 占种子库中总种子数 N 的比例,即 $P_i=\frac{n_i}{N}$。

1.3.4　种子库中物种的相似性的计算　采用 Sorenson 相似性系数(K)测度地上植物群落与土壤种子库植物群落在物种组成上的差异,计算公式为:

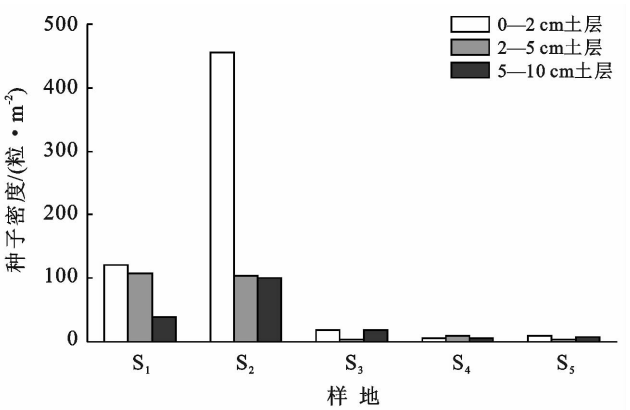
$$K=2c/(a+b) \tag{6}$$

式中:K 为相似性系数;c 为土壤种子库和地上植被共有的植物种数;a 为地上植物种数;b 为土壤种子库的植物种数。

2　结果与分析

2.1　种子库种子分布

胡杨乔木林植物群落土壤种子库的种子密度显著高于梭梭、柽柳灌木林植物群落(见图 1)。0—10 cm 土壤种子密度胡杨+沙枣—柽柳+花棒+柠条—芦苇+黑沙蒿群落、胡杨—假苇拂子茅群落、梭梭—河西菊群落、柽柳—花花柴群落依次为 267.85,660.71,29.64,19.29 粒/m^2。



注:S_1,S_2,S_3,S_4,S_5 为样地编号,详见表 1。

图 1　金塔沙漠不同样地 0—10 cm 土层的种子分布

在胡杨+沙枣—柽柳+花棒+柠条—芦苇+黑沙蒿群落和胡杨—假苇拂子茅群落土壤种子库中,土壤种子主要分布于 0—2 cm 土层,占种子总数的 62.08%;2—5 cm 土层中的种子,占种子总数的 22.85%;5—10 cm 土层中的种子,占种子总数的 15.07%。在梭梭—河西菊群落土壤种子库中,土壤种子主要分布于 0—2 cm 土层和 5—10 cm 土层,其中:0—2 cm 土层中的种子,占种子总数的 38.55%;2—5 cm 土层的种子,占种子总数的 22.89%;5—10 cm 土层中的种子,占种子总数的 38.55%。柽柳—花花

柴群落土壤种子库中，土壤种子主要分布于0—2 cm土层和5—10 cm土层，其中：0—2 cm土层中的种子，占种子总数的48.15%；2—5 cm土层中的种子，占种子总数的14.81%；5—10 cm土层中的种子，占种子总数的37.04%。

2.2 土壤种子库物种组成

在调查的5个样地的土壤种子库中，共统计到24种植物种子，分属9科（见表2）。以藜科植物最多，共7种，分别是沙米、梭梭、雾冰藜、盐生草、刺沙蓬、松叶猪毛菜；禾本科5种，分别是假苇拂子茅、狗尾草、滨麦 、狼尾草、芦苇；菊科5种，分别是黑蒿、黑沙蒿、花花柴、刺儿菜、苦苣菜；杨柳科2种，分别是胡杨和旱柳；胡颓子科1种，为沙枣；蓼科1种，为沙木蓼；榆科1种，为榆树；豆科1种，为花棒；柽柳科1种，为柽柳。

表2 不同样地土壤种子库中主要植物种及种子数量

科名	植物种	生活型谱	乔木林种子数量		灌木林种子数量		
			S_1	S_2	S_3	S_4	S_5
藜科(Chenopodiaceae)	盐生草(*Halogeton glomeratus*)	E	25	0	0	0	0
	沙米(*Agriophyllum squarrosum*)	E	22	0	0	0	0
	雾冰藜(*Bassia dasyphylla*)	E	5	0	0	0	0
	蒙古虫实(*Corispermum mongolicum*)	E	36	3	2	1	1
	刺沙蓬(*Salsola ruthenica*)	E	60	1	1	17	0
	松叶猪毛菜(*Salsola larici folia*)	C	45	2	1	0	0
	梭 梭(*Haloxylon ammodendron*)	B	0	0	31	0	0
禾本科(Gramineae)	狼尾草(*Pennisetum alopecuroides*)	D	0	0	0	1	0
	狗尾草(*Setaria viridis*)	E	0	0	0	3	0
	假苇拂子茅(*Calamagrostis pseudophragmites*)	D	35	10	20	810	20
	芦 苇(*Phragmites australis*)	D	50	0	0	0	0
	滨 麦(*Leymus mollis*)	D	2	0	0	29	0
菊科(Compositea)	花花柴(*Karelinia caspia*)	D	1	0	0	0	0
	黑 蒿(*Artemisia palustris*)	E	19	0	0	1	0
	苦苣菜(*Sonchus oleraceus*)	E	15	0	0	17	0
	黑沙蒿(*Artemisia ordosica*)	C	0	10	0	0	0
	刺儿菜(*Cirsium setosum*)	D	0	0	0	4	0
杨柳科(Salicaceae)	胡 杨(*Populus euphratica*)	A	17	1	0	36	7
	旱 柳(*Salix matsudana*)	A	6	0	0	1	0
胡颓子科(Elaeagnaceae)	沙 枣(*Elaeagnus angusti folia*)	A	20	0	0	0	0
榆科(Ulmaceae)	榆 树(*Ulmus pumila*)	A	7	0	0	0	0
柽柳科(Tamaricaceae)	柽 柳(*Tamarix chinensis*)	B	5	0	0	0	0
豆科(Leguminosea)	花 棒(*Hedysarum scoparium*)	B	5	0	0	0	0
蓼科(Polygonaceae)	沙木蓼(*Atraphaxis bracteata*)	B	0	0	0	5	0
合 计	24种		375	27	55	925	28

注：表中的数据为0—10 cm土层0.1 m×0.1 m×0.1 m×140的种子数量。A为乔木；B为灌木；C为半灌木；D为多年生草本；E为一年生草本。

在胡杨＋沙枣—柽柳＋花棒＋柠条—芦苇＋黑沙蒿群落和胡杨—假苇拂子茅群落两个乔木林土壤种子库中，共统计到20种植物种子，分属8科。藜科植物最多，共6种，菊科5种，禾本科3种，杨柳科2种，胡颓子科、榆科、柽柳科和豆科各1种。其中胡杨＋沙枣—柽柳＋花棒＋柠条—芦苇＋黑沙蒿群落种子库中统计到18种植物种子，分属8科。藜科最多，共6种。菊科和禾本科各3种。杨柳科2种，胡颓子科、榆科、柽柳科和豆科各1种。种子密度最大的植物种为刺沙蓬，其次为芦苇。胡杨—假苇拂子茅群落种子库中统计到18种植物种子，分属6科。藜科最多(3种)，菊科、禾本科和杨柳科各1种。种子密度最大的植物种为假苇拂子茅和黑沙蒿，其他物种种子密度较小。

在灌木林土壤种子库中，共统计到14种植物种子。分属5科。藜科、禾本科植物最多，各4种，菊科3种，杨柳科2种，蓼科1种。其中梭梭—河西菊群落种子库中统计到14种植物种子。分属5科。藜科、禾本科植物最多，各4种，菊科3种，杨柳科2种，蓼科1种。种子密度最大的植物种为假苇拂子茅，胡杨、梭梭、滨麦其次，其他物种种子密度较小。柽柳—

花花柴群落种子库中物种很少,仅统计到 3 种植物种子,分属 3 科。藜科、禾本科、杨柳科各 1 种。种子密度最大的植物种为假苇拂子茅,其他物种种子密度很小。

2.3　种子库植物生活型

生活型分析结果表明(见表 2),在所有种子库中,一年生植物有 8 种,分别为盐生草、沙米、雾冰藜、蒙古虫实、刺沙蓬、狗尾草、黑蒿和苦苣菜;多年生草本 6 种,分别为狼尾草、假苇拂子茅、芦苇、滨麦、花花柴和刺儿菜;乔木 4 种,分别为胡杨、榆树、沙枣和旱柳;灌木 4 种,为梭梭、柽柳、花棒和沙木蓼;半灌木 2 种,为黑沙蒿和松叶猪毛菜。多年生植物植株数量占所有种子库植物数量的 64.65%,一年生植物植株数量占所有种子库植物数量的 16.24%。乔木、灌木和半灌木植株数量极少,所占比例均很小,乔木、灌木和半灌木植物数量总共占所有种子库植物数量的 19.11%。土壤种子库总体表现出科属种较为集中,一年生、多年生草本的物种和密度占优势的特点。

2.4　种子库物种多样性

土壤种子库多样性分析结果(见表 3)表明,金塔沙漠人工林土壤种子库植物的丰富度指数乔木林高于灌木林。0－10cm 土层土壤种子库的 Margalef 丰富度指数胡杨＋沙枣—柽柳＋花棒＋柠条—芦苇＋黑沙蒿群落＞胡杨—假苇拂子茅群落＞柽柳—花花柴群落＞梭梭—河西菊群落。

0—10 cm 土层土壤种子库物种的 Shannon-Wiener 多样性指数,Simpson 多样性指数,Pielou 均匀度指数呈现出:胡杨＋沙枣—柽柳＋花棒＋柠条—芦苇＋黑沙蒿群落＞柽柳—花花柴群落＞梭梭—河西菊群落＞胡杨—假苇拂子茅群落。

0—10 cm 土层土壤种子库物种的生态优势度指数则出现与 Shannon-Wiener 多样性指数、Simpson 多样性指数、Pielou 均匀度指数相反的规律,生态优势度指数由大到小依次为胡杨—假苇拂子茅群落、梭梭—河西菊群落、柽柳—花花柴群落、胡杨＋沙枣—柽柳＋花棒＋柠条—芦苇＋黑沙蒿群落。

表 3　金塔沙漠不同样地土壤种子库植物多样性、均匀度、丰富度指数

样地号	Margalef 指数 F	Shannon-Wiener 指数 H	Simpson 指数 D	生态优势度指数 C	Pielou 均匀度指数 E
S_1	2.868 3	2.537 7	0.906 0	0.091 6	0.878 0
S_2	1.610 6	0.597 9	0.229 9	0.769 8	0.240 6
S_3	0.998 2	0.957 2	0.548 1	0.441 8	0.594 8
S_4	0.600 2	0.705 9	0.426 0	0.558 2	0.642 6
S_5	1.517 1	1.416 8	0.705 1	0.267 8	0.790 7

2.5　土壤种子库与地上植被的关系

不同植物群落土壤种子库与地上植被的物种组成存在一定的差异。研究区乔木植物群落土壤种子库植物与地上植被的相似程度高于灌木植物群落。乔木植物群落土壤种子库植物与地上植被的共有物种数多,土壤种子库的物种数大于或等于地上植被的物种数。灌木植物群落土壤种子库植物与地上植被相似程度很低,共有物种数极少,表现在土壤种子库植物与地上的植被不一定有共有物种。

乔木林胡杨＋沙枣—柽柳＋花棒＋柠条—芦苇＋黑沙蒿群落土壤种子库植物与地上植被相似性系数为 0.275 9,该群落相似性系数不高,相似程度较低,将土壤种子库与地上植被相对照发现共有植物种 5 种,分别为胡杨、沙枣、柽柳、花棒、芦苇,均是当地耐强盐碱和干旱胁迫的物种。胡杨、沙枣、柽柳、花棒、芦苇在种子库中均有种子,且多年生草本芦苇在种子库中数量最多,乔木胡杨、沙枣在种子库中数量次之,灌木柽柳、花棒数量最少。糙叶黄耆、黑沙蒿、黄花矶松、红砂、柠条、沙拐枣在种子库中未统计到种子。盐生草、沙米、雾冰藜、蒙古虫实、刺沙蓬、黑蒿、苦苣菜一年生草本,花花柴、假苇拂子茅、滨麦多年生草本,半灌木松叶猪毛菜在地上植被中未统计到。

乔木林胡杨—假苇拂子茅群落土壤种子库的物种数与地上植被的物种数相同,但物种组成存在一定的差异。经计算土壤种子库植物与地上植被相似性系数为 0.583 3,表明地上植被与土壤种子库群落组成上的相似程度比较高,共有植物种 7 种,分别为胡杨、假苇拂子茅、蒙古虫实、刺儿菜、苦苣菜、狗尾草、刺沙蓬,在种子库中多年生草本刺儿菜在种子库中数量最多,其次为乔木胡杨、一年生草本蒙古虫实,其他植物数量很少。沙枣、芦苇、珍珠猪毛菜、灰绿藜、黑沙蒿在种子库中未统计到种子。旱柳、沙木蓼、滨麦、狼尾草、黑蒿在地上植被中未统计到。

梭梭—河西菊群落 2 个样地中,土壤种子库与地上植被相似性系数分别为 0.25,0。综合 2 个样地计算出的相似性系数 0.2,相似程度低,土壤种子库与地上植被共有植物种仅梭梭 1 种。胡杨(乔木)、松叶猪毛菜(半灌木)、一年生草本蒙古虫实、刺沙蓬和多

年生草本假苇拂子茅在地上植被中未统计到。沙拐枣、河西菊、芦苇在种子库中未统计到种子。

柽柳—花花柴群落土壤种子库与地上植被相似性系数为0,说明该群落土壤种子库与地上植被没有相似性。在柽柳—花花柴群落中,地上植物有5种,分别为柽柳、小果白刺、盐爪爪、花花柴、骆驼刺,在种子库中均未统计到种子,但在种子库中却统计到胡杨、假苇拂子茅、松叶猪毛菜、刺沙蓬、蒙古虫实、黑沙蒿6个物种。

3 讨论

(1) 土壤种子库基本特征。荒漠区土壤种子库组成简单,种子库密度较低。本研究在金塔沙漠人工林植被土壤种子库中,统计到植物种子共有24种,以假苇拂子茅为主的多年生草本植物具有较大的密度且普遍存在于各植物群落的各层土壤中。土壤种子库总体表现出科属种较为集中,一年生、多年生草本的物种和密度占优势,乔木、灌木和半灌木种子比例较低的特点。

沙漠乔木人工林植被土壤种子库物种数、种子密度显著高于灌木林,胡杨+沙枣—柽柳+花棒+柠条—芦苇+黑沙蒿群落、胡杨—假苇拂子茅群落、梭梭—河西菊群落和柽柳—花花柴群落土壤种子库物种数依次为18种、18种、14种和3种,种子密度依次为267.85,660.71,29.64,19.29粒/m^2。乔木林土壤种子库中植物种子的垂直分布规律为表层土壤中种子比例高,随着土层的加深而递减,这与彭军[21]和杨小波[22]对土壤种子库特征研究中的结论一致。灌木林土壤种子库中,土壤种子主要分布于0—2 cm土层和5—10 cm土层,而2—5 cm土层的种子最少。种子密度5—10 cm土层>2—5 cm土层,这可能与供试群落受到的干扰、表面沙土流动有关,使得相当数量的种子向深层次分布[20]。

(2) 土壤种子库多样性。土壤种子库多样性分析结果表明,人工乔木林土壤种子库植物的Margalef丰富度指数大于灌木林,即胡杨+沙枣—柽柳+花棒+柠条—芦苇+黑沙蒿群落>胡杨—假苇拂子茅群落>柽柳—花花柴群落>梭梭—河西菊群落。土壤种子库物种的Shannon-Wiener多样性指数,Simpson多样性指数,Pielou均匀度指数变化趋势基本一致,均为:胡杨+沙枣—柽柳+花棒+柠条—芦苇+黑沙蒿群落>柽柳—花花柴群落>梭梭—河西菊群落>胡杨—假苇拂子茅群落,而生态优势度指数与之相反。

(3) 土壤种子库与地上植被的关系。本研究4个类型沙漠人工植被群落土壤种子库物种数均大于地上植物,对4个类型植物群落土壤种子库相似性系数计算表明,乔木植物群落土壤种子库植物与地上植被的相似程度高于灌木植物群落。灌木林梭梭—河西菊群落、柽柳—花花柴群落土壤种子库与地上植被相似性系数分别为0.2和0,表明灌木植物群落土壤种子库植物与地上植被相似程度很低。胡杨+沙枣—柽柳+花棒+柠条—芦苇+黑沙蒿群落、胡杨—假苇拂子茅群落土壤种子库植物与地上植被相似性系数分别为0.275 9,0.583 3,表明地上植被与土壤种子库群落组成上的相似程度比较高,乔木林中土壤种子库植物与地上植被的共有物种数多。说明随着植物群落结构逐渐复杂,地上植被与土壤种子库的共有种数会逐渐增加,地上与土壤种子库群落组成上的相异性逐渐减小。这是由于植物群落越复杂、群落结构越稳定,且群落中的地上植物生长良好,其开花、结种等繁衍过程均正常,可使土壤种子库与地上植被共有的物种种子储量增多。同时,该区风大和风频的环境特点使得外来物种的种子容易进入该区,使外来种子的比例逐渐增加,呈现出了土壤种子库物种数大于地上植物的特征。土壤种子库中存在的植物在现有群落并没有出现,可能是群落演替前期各阶段产生的,它们的寿命较长,从而在土壤中长期保存下来,从而导致种子库与地上植被差异较大[23]。土壤种子库物种数量的增加有利于生态系统的恢复和未来植被的构成。

4 结论

综上所述,金塔沙漠人工林土壤种子库物种组成简单,种子库密度和多样性指数低,这与研究区人工林植被群落组成相对单一和种子植物相对较少密切相关。土壤种子库中一年生、多年生草本的物种和密度占优势,乔木、灌木所占比例均较小,说明土壤种子库对沙区灌木层、乔木层更新和演替的贡献较小。因此,针对金塔沙漠自我恢复能力低这一现状,通过人工营造乔木林、灌木林,改善沙地生长环境,为土壤种子库中种子萌发创造有利条件,促使土壤种子库参与到地上植被更新,将对河西走廊干旱荒漠区生态恢复和重建起到积极作用。

[参 考 文 献]

[1] Harper J L. Population Biology of plants [M]. Landon: Academic Press, 1977:15-39.

[2] 赵凌平,程积民,万惠娥.黄土高原典型草原区草地土壤种子库的动态分析[J].水土保持通报,2008,28(5):60-65.

[3] 闫巧玲,刘志民,李荣平.持久土壤种子库研究综述[J].

生态学杂志,2005,24(8):948-952.

[4] 于顺利,陈宏伟,郎南军.土壤种子库的分类系统和种子在土壤中的持久性[J].生态学报,2007,27(5):2099-2108.

[5] Matus G, Papp M, Tothmeresz B. Impact of management on vegetation dynamics and seed bank formation of inland dune grassland in Hungary [J]. Flora, 2005,200(3):296-306.

[6] Gardmark A,Enberg K,Ripa J,et al. The ecology of recovery [J]. Annales Zoologici Fennici, 2003,40(2):131-144.

[7] Tekle K,Bekele T. The role of soil seed banks in the rehabilitation of degraded hillslopes in Southern Wello, Ethiopia [J]. Biotropica, 2000,32(1):23-32.

[8] 曾彦军,王彦荣,南志标,等.阿拉善干旱荒漠区不同植被类型土壤种子库研究[J].应用生态学报,2003,14(9):1457-1463.

[9] 赵丽娅,李锋瑞,张华,等.科尔沁沙地围封沙质草甸土壤种子库特征的研究[J].生态学杂志,2004,23(2):45-49.

[10] 沈有信,刘文耀,崔建武.滇中喀斯特森林土壤种子库的种-面积关系[J].植物生态学报,2007,31(1):50-55.

[11] 沈有信,刘文耀,张彦东.东川干热退化山地不同植被恢复方式对物种组成与土壤种子库的影响[J].生态学报,2003,23(7):1454-1460.

[12] 任珺,陶玲,刘新民.水分供应对沙漠植被土壤种子库中种子萌发的影响[J].植物学报(英文版),2002,44(1):124-126.

[13] 赵丽娅,李兆华,李锋瑞,等.科尔沁沙地植被恢复演替进程中群落土壤种子库研究[J].生态学报,2005,25(12):3204-3211.

[14] 赵文智,白四明.科尔沁沙地围封草地种子库特征[J].中国沙漠,2001,21(2):204-208.

[15] 韩有志,王政权.两个林分水曲柳土壤种子库空间格局的定量比较[J].应用生态学报,2003,14(4):487-492.

[16] Butler B J, Chazdon R L. Species richness, spatial variation, and abundance of the soil seed bank of a secondary tropical rain Forest1 [J]. Biotropica, 1998,30(2):214-222.

[17] 张慕华,陈学林,崔治家,等.甘肃金塔野生植物资源调查[J].安徽农业科学,2010,38(28):15812-15813,15817

[18] 马全林,卢琦,魏林源,等.干旱荒漠白刺灌丛植被演替过程土壤种子库变化特征[J].生态学报,2015,35(7):2285-2294.

[19] 鲁延芳,马力,占玉芳,等.河西走廊中部沙漠人工植被中土壤种子库特征[J].草业科学,2019,36(9):2334-2341.

[20] 占玉芳,马力,甄伟玲,等.河西走廊中部沙漠人工梭梭林土壤种子库特征[J].林业科技通讯,2019(9):54-58.

[21] 彭军,李旭光,董鸣,等.重庆四面山亚热带常绿阔叶林种子库研究[J].植物生态学报,2000,24(2):209-214.

[22] 杨小波,陈明智,吴庆书.热带地区不同土地利用系统土壤种子库的研究[J].土壤学报,1999,36(3):327-333.

[23] 王译梓,蒙朝阳,刘济明.不同林分下小蓬竹的群落土壤种子库[J].安徽农业科学,2008,36(7):2759-2761.

(上接第 161 页)

[26] 裴志林,杨勤科,王春梅,等.黄河上游植被覆盖度空间分布特征及其影响因素[J].干旱区研究,2019,36(3):546-555.

[27] 李媛媛,徐成东,肖革新,等.京津唐地区细菌性痢疾社会经济影响时空分析[J].地球信息科学学报,2016,18(12):1615-1623.

[28] 崔晓临,赵娟,白红英,等.基于 MODIS NDVI 的陕西省植被覆盖变化分析[J]. 西北农林科技大学学报(自然科学版),2013,41(5):87-93.

[29] 刘志红, Li Lingtao, Tim R,等.专用气候数据空间插值软件 ANUSPLIN 及其应用[J].气象,2008,34(2):92-100.

[30] 翟雅倩,张翀,周旗,等.秦巴山区植被覆盖与土壤湿度时空变化特征及其相互关系[J].地球信息科学,2018,20(7):967-977.

[31] 王劲峰,徐成东.地理探测器:原理与展望[J]. 地理学报,2017,72(1):116-134.

[32] 毕硕本,计晗,陈昌春,等.地理探测器在史前聚落人地关系研究中的应用与分析[J].地理科学进展,2015,34(1):118-127.

[33] 高登义,邹捍,周立波,等.中国山地环境气象研究进展[J].大气科学,2003,27(4): 567-590.

[34] 刘学军,卢华兴,仁政,等.论 DEM 地形分析中的尺度问题[J].地理研究,2007,26(3):434-442.

[35] 房亮.基于 DEM 地形参数计算的尺度效应研究[D].西安:西北大学,2006.