

沙埋和土壤水分对冀北沙荒地封禁条件下土壤种子库的影响

陈颖^{1,2}, 朱凯¹, 刘琳³, 徐学华¹, 李玉灵¹

(1. 河北农业大学 林学院, 河北 保定 071000; 2. 廊坊市水务局, 河北 廊坊 065000;

3. 中国建设银行 鹿泉分行, 河北 鹿泉 050200)

摘要:风沙活动、土壤干旱和人为干扰是限制冀北沙荒地植被自然恢复的主要因子。该研究以冀北沙荒地封禁区、未封禁区为研究对象, 自然保护区为对照, 采用野外采样与室内种子萌发试验相结合的方法, 施予干旱、良好水分、水渍 3 类水分条件处理和埋深 0.5 cm 和 2.0 cm 的 2 种沙埋处理, 分别研究土壤种子库物种组成、多样性, 并探讨地上植被与土壤种子库间的相似性关系。结果表明:封禁区、未封禁区均为良好水分条件下物种数最多, 多样性指数和丰富度指数最大, 而自然保护区在任何水分条件下物种多样性指数均较高, 且物种数均明显高于封禁和未封禁区, 说明水分是限制沙荒地土壤种子库种子萌发的主要因子, 封禁对自然保护区种子库种子萌发影响较小。封禁区和未封禁区不同沙埋处理物种数及物种组成完全相同, 自然保护区沙埋 0.5 cm 处理的物种数明显高于沙埋 2.0 cm 的处理, 并以多年生草本为主, 双子叶植物居多, 偶有乔灌木出现;封禁区、未封禁区未出现灌木和乔木, 说明沙埋对封禁区、未封禁区土壤种子库多样性影响较小, 对自然保护区影响较大。封禁区、自然保护区土壤种子库与地上植被 Sorensen 相似性指数表现为:良好水分>干旱>水渍, 未封禁区表现为良好水分条件种子库与地上植被相似性最小, 表明水分条件对封禁区、自然保护区土壤种子库与地上植被关系影响较大, 对未封禁区影响不大;无论何种沙埋处理土壤种子库与地上植被相似性指数均较低, 说明土壤种子库与地上植被物种组成差异较大, 种子库与地上植被关系受沙埋厚度影响较大。在土壤水分条件良好时封禁条件下物种多样性高于未封禁条件, 说明土壤水分条件适宜时, 封禁措施能提高地上植被物种多样性;封禁区、未封禁区、自然保护区无论何种处理, Sorensen 相似性指数均较低, 表明封禁措施对土壤种子库物种数量与地上植被关系影响不大。

关键词:土壤种子库;水分条件;沙埋条件;封禁措施

中图分类号:S 152.7 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2016)03-0163-07

植被自然恢复是从根本上防止生物入侵、保障生态系统安全、促进生态系统进展演替的有效途径之一,也是国际社会普遍认同的主要发展趋势。土壤种子库是植被自然恢复的有效途径之一。因为土壤种子库包含了存在于土壤上层凋落物和土壤中的全部存活的种

子^[1],它是潜在的天然植被群落,植被天然更新的物质基础,对地域森林生态系统的恢复与重建具有重要意义^[2],但是土壤种子库种子萌发受多种因素的影响^[3],国内外学者对土壤种子萌发条件进行了大量研究^[4-6],并指出自然和人类活动的共同作用导致土壤种子库的分布变化。封禁是人工促进植被自然恢复的重要保障,切断人为干扰,必将改变种子库分布条件。对于干旱半干旱地区沙漠化土地而言,土壤水分和沙埋厚度是决定种子萌发的关键条件,在封禁条件下,干旱与沙埋是控制沙生植物自然分布及沙地天然植物群落建成的主要因子^[7]。因此,研究沙漠化土地在封禁条件下水分与沙埋厚度对土壤种子库的影响对沙漠化土地近自然植被恢复有重要意义。

冀北沙荒地由于过度放牧,土质沙化严重,地上植

第一作者简介:陈颖(1989-),女,硕士研究生,助理工程师,现主要从事水土保持与植被恢复等研究工作。E-mail:451898047@qq.com.

责任作者:李玉灵(1962-),女,博士,教授,现主要从事植物生态学相关等教学与科研工作。E-mail:liyuling0425@126.com.

基金项目:国家林业局 948 资助项目(2009-4-29);国家林业局行业公益专项资助项目(201404214)。

收稿日期:2015-09-24

被物种数减少,植被覆盖度降低。人为干扰、风沙活动、土壤干旱是其土地退化的主要因素。为此当地各级政府和林业部门对严重退化沙荒地采取封禁措施。该研究以当地退化沙荒地附近的自然保护区为对照,分析封禁与未封禁条件下不同水分条件与沙埋厚度对沙荒地土壤种子库物种组成、多样性以及与地上植被关系的影响,明确沙荒地土壤种子库种子萌发的适宜水分条件和埋土厚度,为加快中国北方山地退化生态系统自然恢复进程和效果提供科学依据,为今后退化山地植被恢复与重建提供理论基础。

1 材料与方法

1.1 试验地概况

研究区位于河北围场满族蒙古族自治县木兰围场国有林场管理局孟滦林场。孟滦林场行政区划为围场县南山嘴乡(北纬 $41^{\circ}34' \sim 42^{\circ}36'$, 东经 $116^{\circ}42' \sim 118^{\circ}20'$)。该区属半湿润向半干旱的过渡地区,年平均降水量 $380 \sim 560$ mm,年平均蒸发量 $1\,350 \sim 1\,500$ mm,无霜期 $67 \sim 125$ d,年日照时数 $2\,352 \sim 2\,573$ h, $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 积温 $2\,182 \sim 3\,007^{\circ}\text{C}$,年平均气温 $-1.4 \sim 4.0^{\circ}\text{C}$ 。从 2002 年开始,木兰围场国有林场管理局对孟滦林场严重退化沙荒地采取封禁措施后,至 2012 年封禁区内植被密度、多年生草本植物数量、半灌木数量均有所增加。该研究选取林场内未封禁区、封禁区作为研究样地,以自然保护区作为对照样地。自然保护区是天然油松次生林区,其内植被状况良好。

1.2 试验方法

1.2.1 野外土样采集 在萌发前对土壤种子库种子密度进行了本底调查,将土层分为 $0 \sim 2$ 、 $2 \sim 5$ 、 $5 \sim 10$ cm 3 层进行取样,将取回的同样地同一层的土混匀、阴干,在底部穿有小孔的塑料盘内先铺 3 cm 的无种子细沙,再把土样均匀铺在细沙上面,约 2 cm 厚,将塑料盘置于有自然光温室,控制室温 $18 \sim 30^{\circ}\text{C}$,浇水量为田间持水量的 $70\% \sim 80\%$ 。每天进行苗数和苗形态的记录,待可辨认时进行种的鉴定。可知土壤种子库种子密度表现为:未封禁区 ($3\,247.10$ 粒/ m^2) $>$ 封禁区 ($1\,174.14$ 粒/ m^2) $>$ 自然保护区 ($1\,066.82$ 粒/ m^2)。采用无重复多样点采样法,在 $0 \sim 2$ 、 $2 \sim 5$ 、 $5 \sim 10$ cm 3 层进行取样,3 样地各取 25 个样点的土样,代表该区土壤种子库情况。将土样带回实验室作为室内种子萌发培养样品。

1.2.2 室内不同水分和沙埋种子萌发试验 将取回的土样放在一起,混匀、过筛(孔径 0.02 mm)、阴干,分成 10 份,分别置于底部穿有小孔的塑料盆内平铺 3 cm 厚。3 个样地各 15 盆,然后在 3 样地各取 9 盆,分别进行干旱、良好水分、水渍处理。干旱、良好水分条件处理的浇

水量为土壤田间持水量的 $30\% \sim 40\%$ 和 $70\% \sim 80\%$,水渍条件是将盛有种子库的塑料盆始终保持底部 1.5 cm 左右的水渍状态。再在各样地各取 6 盆分别在表层覆盖 0.5 cm 或 2.0 cm 厚的沙子,进行沙埋 0.5 cm 和沙埋 2.0 cm 处理。2 种沙埋处理浇水量均为田间持水量的 $70\% \sim 80\%$ 。从出苗起,每天进行出苗数和幼苗形态记录,待可辨认时进行种的鉴定。

1.3 项目测定

1.3.1 土壤种子库物种组成 物种组成通过查阅植物志,找出各个物种的拉丁名和功能类型。

1.3.2 土壤种子库物种多样性指数 参照马克平^[8]研究方法,采用 Margalef 丰富度指数、Shannon-Wiener 多样性指数和 Pielou 均匀性指数^[9]来表征土壤种子库物种多样性,公式如下:

Margalef 丰富度指数: $R = S$;

Shannon-Wiener 多样性指数: $H = - \sum P_i \lg P_i$;

Pielou 均匀性指数: $E = H / \ln S$;

其中, S 为群落中的物种数量, N_i 为第 i 种的个体数目, N 为群落中所有种的个体总和。 $P_i = N_i / N (i = 1, 2, 3, 4, \dots, n)$ 。

1.3.3 土壤种子库与地上植被关系 种子库与地上植被的相似性采用 Sorensen 的相似性系数(Similarity Coefficient)计算。

$SC = 2a / (a + b)$;

其中, SC 为 Sorensen 指数的值, a 为土壤种子库中的物种数, b 为地上植被的物种数, ω 为种子库和地上植被共有的物种数。

1.4 数据分析

采用 Microsoft Office Excel 2003 软件对试验所得数据进行处理、作图,采用 SPSS 17.0 软件对数据进行相关性分析($P < 0.05$)。

2 结果与分析

2.1 水分对土壤种子库的影响

2.1.1 不同水分条件土壤种子库物种组成 由表 1 可知,不同土壤水分条件下,封禁区、未封禁区、自然保护区均以多年生草本为主,封禁区、未封禁区未出现灌木和乔木。自然保护区内偶有乔灌木出现。无论是封禁区、未封禁区,还是自然保护区,均为良好水分条件下物种数最多,干旱条件与水渍条件的物种数较少,二者数量相当或干旱条件下物种数略大,封禁与未封禁无显著差别,说明土壤水分是土壤种子库物种数量的主要影响因子;无论何种水分条件,自然保护区内物种数均明显高于封禁区和未封禁区,表明自然保护区土壤种子库发育较封禁区、未封禁区更饱满。

表 1 不同水分条件土壤种子库物种组成

Table 1 Species composition of soil seed bank in different water conditions

封禁状况	水分条件	物种数目	多年生草本	一年生草本	半灌木	常绿乔木	单子叶植物	双子叶植物	物种组成
Closing measure	Water condition	Numbers of specie	Perennial herb	Annual herb	Sub-shrub	Evergreen tree	Monocotyledon	Dicotyledon	Species composition
封禁区 Closed region	D	3	2	1	—	—	2	1	一年生草本: 狗尾草 (<i>Setaria viridis</i>); 多年生草本: 隐子草 (<i>Cleistogenes squarrosa</i>), 小红菊 (<i>Dendranthema chonetii</i>)
	W	7	4	3	—	—	2	5	一年生草本: 狗尾草、刺藜 (<i>Chenopodium aristatum</i>)、广布野豌豆 (<i>Vicia cracca</i>); 多年生草本: 隐子草、小红菊、碱草 (<i>Elymus dahuricus</i>)、细叶苔草 (<i>Carex rigescens</i>)
未封禁区 Unclosed region	WL	2	2	0	—	—	1	1	多年生草本: 隐子草、小红菊
	D	3	2	1	—	—	2	1	一年生草本: 早熟禾; 多年生草本: 隐子草、小红菊
	W	5	3	2	—	—	3	2	一年生草本: 早熟禾、刺藜; 多年生草本: 隐子草、小红菊、披针苔草 (<i>Carex lanceolata</i>)
自然保护区 Natural reserve	WL	3	2	1	—	—	2	1	一年生草本: 早熟禾; 多年生草本: 隐子草、小红菊
	D	9	6	2	—	1	1	7	一年生草本: 刺藜、反枝苋 (<i>Amaranthus retro flexus</i>); 多年生草本: 隐子草、小红菊、草地老鹳草 (<i>Geranium pratense</i>)、匍匐委陵菜 (<i>Potentilla reptans</i>)、蒲公英 (<i>Herba taraxaci</i>)、地榆 (<i>Sanguisorba officinalis</i>); 常绿乔木: 油松 (<i>Pinus tabuli formis</i>)
	W	11	7	3	1	—	3	8	一年生草本: 刺藜、反枝苋、画眉草 (<i>Eragrostis pilosa</i>); 多年生草本: 隐子草、小红菊、草地老鹳草、匍匐委陵菜、蒲公英、碱草 (<i>Elymus dahuricus</i>); 地榆半灌木: 水杨梅 (<i>Aduba rubella</i> Hance)
	WL	7	5	2	—	—	2	5	一年生草本: 刺藜、画眉草; 多年生草本: 隐子草、小红菊、草地老鹳草、蒲公英、地榆

注: “D”表示干旱条件; “W”表示良好水分条件; “WL”表示水渍条件; “—”表示该物种未出现。下同。
Note: ‘D’ meant dry water conditions; ‘W’ meant well water conditions; ‘WL’ meant water logging conditions. The same below.

2.1.2 不同水分条件土壤种子库物种多样性指数分析 由图 1 可知,封禁区、未封禁区均在良好水分条件下 Shannon-Wiener 多样性指数最高,且封禁条件下更高,但在干旱处理和渍水处理下,封禁区多样性指数不及未封禁区大。自然保护区随土壤水分含量的增大,Shannon-Wiener 多样性指数呈现下降趋势;Pielou 均匀度指数随土壤水分含量的增加,未封禁区和自然保护区变化趋势基本相近,封禁区呈现逐渐增加趋势;Margalef 丰富度指数随土壤水分含量的变化,封禁、未封禁和自然保护区均呈现相同变化趋势,均在水分条件良好时达到最大,封禁区大于未封禁区,在干旱和水渍条件下二者相近。以上结果表明,各项指数几乎均在土壤水分条件良好时达到最大,说明土壤水分是限制土壤种子库多

萌发的因子,当土壤水分条件处于干旱或水渍状态时,封禁、未封禁区物种多样性差别不大,但水分条件良好时,还是封禁条件下物种多样性较高。说明水分条件适当时,采取封禁措施可以提高土壤种子库物种多样性和丰富度,而当水分条件较差时,采取封禁措施使种子库某些物种无法萌发,导致物种多样性偏低。由此可以说明当水分条件不足或过剩时,封禁条件的影响没有水分条件对土壤种子库物种多样性影响大;另一方面,不论水分条件如何,自然保护区的多样性指数均较高,说明地上林木植被的存在,为林内外种子定居提供了适宜的条件,提高了林下土壤种子库的物种多样性,为了进一步分析地上植被与土壤种子库的关系,分析了土壤种子库与地上植被的相似性指数。

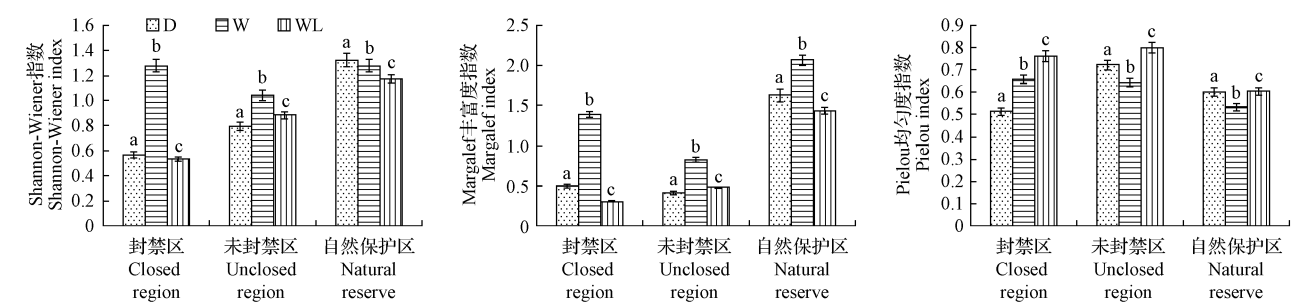


图 1 不同水分条件下土壤种子库多样性指数、均匀度指数和丰富度指数
Note: The different lowercase letters mean significant difference between different treatments on same plots ($P<0.05$). The same below.

图 1 不同水分条件下土壤种子库多样性指数、均匀度指数和丰富度指数
Fig. 1 Indexes of diversity, richness and pielou of the soil seed bank in different water conditions

2.1.3 土壤种子库与地上植被关系分析 由表 2 可知,土壤种子库中所含的物种数均远远低于地上植被物种数。封禁区、自然保护区土壤种子库与地上植被 Sorensen 相似性指数以良好水分条件最高,且与干旱、水渍条件

表 2 不同水分条件下土壤种子库与地上植被关系

Table 2 Relationship between soil seed bank and vegetation in different water conditions

封禁状况 Closing measure	水分条件 Water condition	地上植被 Standing vegetation/种	土壤种子库 Soil seed bank/种	共有种 Common species/种	Sorensen 指数 Sorensen index
封禁区 Closed region	D		3	2	0.22 a
	W	15	7	3	0.27 b
	WL		2	1	0.12 c
未封禁区 Unclosed region	D		3	2	0.27 a
	W	12	5	2	0.24 b
	WL		3	2	0.27 a
自然保护区 Natural reserve	D		9	5	0.29 a
	W	25	11	6	0.33 b
	WL		7	4	0.25 a

表 3 不同沙埋条件土壤种子库物种组成

Table 3 Species composition of soil seed bank under different sand burial conditions

封禁状况 Closing measure	沙埋条件 Sand burial condition/cm	物种数目 Numbers of specie	多年生草本 Perennial herb	一年生草本 Annual herb	半灌木 Sub-shrub	单子叶植物 Monocotyledon	双子叶植物 Dicotyledon	物种组成 Species composition
封禁区 Closed region	0.5							一年生草本:狗尾草、广布野豌豆;多年生草本:隐子草、小红菊、细叶苔草
	2.0							一年生草本:狗尾草、刺藜;多年生草本:隐子草、小红菊、细叶苔草
未封禁区 Unclosed region	0.5	5	3	2	—	3	2	一年生草本:刺藜、早熟禾;多年生草本:隐子草、小红菊、柔毛委陵菜 (<i>Potentilla griffithii</i>)
	2.0							一年生草本:刺藜、早熟禾;多年生草本:隐子草、小红菊、披针苔草
自然保护区 Natural reserve	0.5	11	8	2	1	4	7	一年生草本:刺藜、画眉草;多年生草本:隐子草、小红菊、草地老鹳草、 匍匐委陵菜、蒲公英、碱草、地榆、细叶苔草;半灌木:水杨梅
	2.0	3	3	—	—	1	2	多年生草本:隐子草、匍匐委陵菜、蒲公英

2.2.2 不同沙埋条件土壤种子库物种多样性指数分析 从图 2 可以看出,各处理土壤种子库多样性、丰富度、均匀性指数都表现为沙埋 0.5 cm 处理更高,且与沙埋 0.5 cm 处理有显著差别,表明沙埋厚度对土壤种子库多样性有显著影响。封禁区物种多样性、丰富度、均匀度

有显著性差异,其次是干旱条件,水渍条件下相似性指数最低;而未封禁区表现为良好水分条件种子库与地上植被相似性最小,另外 2 种水分条件下 Sorensen 指数相同。表明水分条件对封禁区、自然保护区土壤种子库与地上植被关系影响较大,对未封禁区影响不大。相同水分条件下,封禁与未封禁区 Sorensen 指数并未出现显著差异,表明封禁措施对土壤种子库物种数量与地上植被关系影响不大。

2.2 沙埋对土壤种子库的影响

2.2.1 不同沙埋条件土壤种子库物种组成 由表 3 可知,封禁区和未封禁区 2 种沙埋处理物种数及物种组成完全相同,说明封禁措施和沙埋厚度对增加土壤种子库物种数没有明显效果。自然保护区沙埋 0.5 cm 处理的物种数明显高于其它处理,而沙埋 2.0 cm 处理的物种数明显低于其余各个处理,说明自然保护区土壤种子库物种种类多,而且 0.5 cm 沙埋条件是自然保护区土壤种子库种子萌发的适宜埋土厚度,超出特定范围,抑制土壤种子萌发。

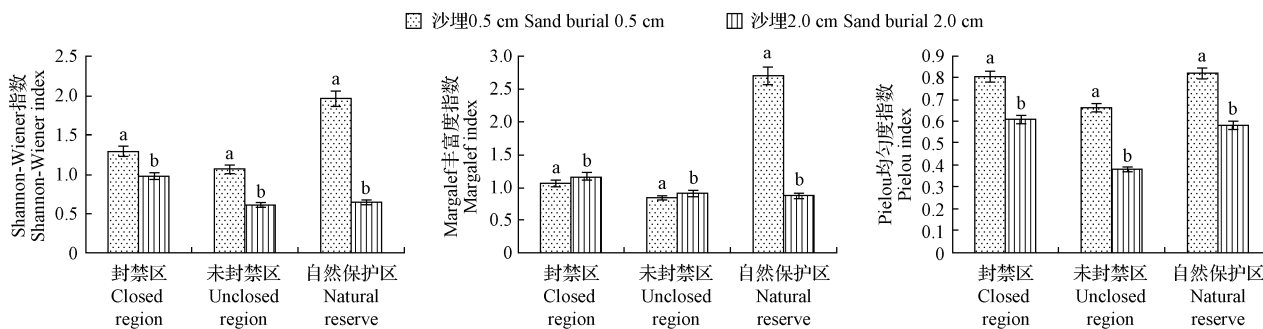


图 2 不同沙埋条件土壤种子库多样性指数

Fig. 2 Index of diversity of soil seed bank in different sand burial treatments

2.3 土壤种子库与地上植被关系分析

由表 4 可以看出,封禁区不同沙埋处理的土壤种子

库与地上植被相似性指数相等;未封禁区沙埋 2.0 cm 处理土壤种子库与地上植被相似性指数高于沙埋 0.5 cm

的处理,可能是由于未封禁区表层长期处于人为干扰下,只有埋土厚度较深的种子才能拥有一个稳定的贮藏环境,所以沙埋厚度较大时才能促进其物种种子的萌发;而自然保护区由于地上植被的保护作用,沙埋 0.5 cm 处理的种子库与地上植被相似性指数高于沙埋 2.0 cm 的处理。无论何种处理相似性指数均较低^[10-11],说明进行沙埋处理的土壤种子库与地上植被物种组成差异较大,种子库与地上植被关系受沙埋厚度影响较大。封禁区与未封禁区相比,未封禁区 Sorensen 指数略高,但差异项检验不显著,表明封禁措施对土壤种子库物种数量与地上植被关系影响不大。

表 4 不同沙埋条件土壤种子库与地上植被关系

Table 4 Relationship between soil seed bank and vegetation in different sand burial treatments

封禁状况 Closing measures	沙埋条件 Sand burial condition/cm	地上植被 Standing vegetation/种	土壤种子库 Soil seed bank/种	共有种 Common species/种	Sorensen 指数 Sorensen index
封禁区	0.5	15	5	2	0.22 a
Closed region	2.0		5	2	0.22 a
未封禁区	0.5	12	5	2	0.24 a
Unclosed region	2.0		5	3	0.35 b
自然保护区	0.5	25	11	6	0.33 a
Natural reserve	2.0		3	3	0.21 b

3 结论与讨论

封禁区、未封禁区、自然保护区均为良好水分条件下物种数最多,干旱条件与水渍条件的物种数较少;无论何种水分条件,自然保护区内物种数均明显高于封禁区和未封禁区;物种以多年生草本为主,封禁区、未封禁区未出现灌木和乔木;自然保护区内偶有乔灌木出现;封禁区、未封禁区的多样性指数和丰富度指数在良好水分条件下最大,说明土壤水分是限制退化沙荒地土壤种子库多物种萌发的主要因子;另一方面,不论水分条件如何,自然保护区的物种多样性指数均较高,只有在土壤水分条件良好时封禁条件下物种多样性才高于未封禁条件。说明自然保护区种子库种子萌发受水分条件影响较小,而土壤水分条件适宜时,封禁措施促进了土壤种子库多物种的萌发,提高了地上植被物种多样性;封禁区、自然保护区土壤种子库与地上植被 Sorensen 相似性指数以良好水分条件最高,其次是干旱条件,水渍条件最低;而未封禁区表现为良好水分条件种子库与地上植被相似性最小。表明水分条件对封禁区、自然保护区土壤种子库与地上植被关系影响较大,对未封禁区影响不大;另一方面,封禁区、未封禁区、自然保护区无论水分条件如何,Sorensen 相似性指数均较低,表明封禁措施对土壤种子库物种数量与地上植被关系影响不大。封禁区和未封禁区沙埋 0.5 cm 处理与沙埋 2.0 cm 处理物种数及物种组成完全相同,自然保护区沙埋 0.5 cm 处理的物种数明显高于沙埋 2.0 cm 的处理;物种以多年生

草本为主,双子叶植物居多;自然保护区内有半灌木出现;沙埋影响土壤种子库多样性,封禁区、未封禁区受沙埋厚度影响较小,自然保护区受沙埋影响较大;封禁区物种多样性、丰富度、均匀度指数均略大于未封禁区,说明封禁措施能够提高土壤种子库多样性;无论何种处理土壤种子库与地上植被相似性指数均较低,说明土壤种子库与地上植被物种组成差异较大,种子库与地上植被关系受沙埋厚度和封禁措施影响较大。

土壤种子库物种数的多少直接决定着土壤种子库群落的稳定性^[12]。沙荒地的干旱与沙埋是影响土壤种子库种子萌发和幼苗存活的重要因素。不同植物由于各自的生物学特性不同,因而种子萌发所需条件也不相同。一般来说,种子发芽受水分条件影响较大,尤其是水分不足时,可能会抑制种子发育;在该研究中同样表明与干旱和水渍条件相比,土壤水分条件良好时,土壤种子库的物种组成、数量、多样性指数及其与地上植被的相似性都达到最高值,值得一提的是与水分过剩相比,土壤水分欠缺更有利于土壤种子库发育,这可能是由于该地区长期处在干旱水分条件下,土壤种子库种子完全适应在相对干旱条件下萌发、生长。王增如等^[5]的研究结果也证明了这点。

有学者研究结果表明一定深度沙埋环境能够为土壤种子的萌发创造适宜的环境^[7,13]。一方面沙埋能够阻挡土壤表面的鸟类、昆虫等生物对土壤种子库种子的采食,另一方面沙埋可以改善土壤局部环境,例如温度下降、土壤含水量增加等,促进种子萌发、幼苗出土和幼苗生长^[14]。但过度的沙埋环境使种子难于萌发,幼苗不能出土^[3],原因可能是由于种子受到环境胁迫因子影响休眠率显著增加^[15],也可能是由于氧气的缺乏或温度波动。该研究中沙埋 0.5 cm 处理的种子萌发数量明显高于沙埋 2.0 cm 的处理也验证了这点。一般生境土壤种子库与地上植被的相似性都类似于自然保护区状况,即沙埋 0.5 cm > 2.0 cm,但未封禁区表现为沙埋 0.5 cm < 2.0 cm,可能是由于未封禁区长年受到人为干扰,其土壤种子库内种子已适应埋土较深的生存环境,反倒是 2.0 cm 埋土厚度更适宜于种子萌发。而封禁区对沙埋厚度响应不明显,表现为 0.5 cm 和 2.0 cm 埋土厚度种子萌发率一样,说明经过封禁后物种种子的萌发相对于未封禁的沙荒地来说,基本不受沙埋厚度的制约。

目前,人工促进植被自然恢复主要采取封禁措施。封禁区是采用人工培育的方式促进植被的自然演替,未封禁区是人为活动导致植被逆行演替,自然保护区植被则是当地植物演替顶级群落,自然更替和人工封育经历了不同的演替过程,其土壤种子库组成、密度、多样性势必不同,对外界条件的抵抗能力也有着很大的差异。该研究结果也表明,自然保护区水分条件影响较小,物种多样性指数也较高,体现了群落的物种结构、自然更新

能力较封禁区、未封禁区更高,对变化的水分因素抵抗能力更强。说明生态演替的阶段越高,越能够抵抗外界的干扰。大量研究表明,对退化沙地实施封禁措施后会显著提高地上植被和土壤种子库的密度和植物种数^[16-18]。该研究结果只有在土壤水分条件良好时,才能体现出封禁措施的作用,而当水分条件较差时,土壤种子库物种多样性甚至比未封禁条件下还要低,这或许是封禁区在降水较多的年份,土壤种子库种子大量萌发,而种子库种源又不及自然保护区补充源充分,导致种子库储量减少、物种多样性降低。由此可见,只有在土壤水分条件满足且埋深在特定范围内的前提下,封禁措施才有作用。

完全依靠自然条件恢复植被显然是一个漫长的过程,该研究结果也表明,封禁、未封禁区土壤种子库没有木本植物,即使是自然保护区也偶有乔灌木植物种,说明该地区土壤种子库发育不良,如果借助种子库进行植被恢复,只能处于恢复的初级阶段。所以人工促进植被自然恢复,不仅要采取封禁措施,还要在封禁的条件下,人工补充木本植物种或捐赠种子库或直接人工栽植乔灌木植物,只有这样才能在植被自然恢复的基础上,缩短植被恢复演替进程,提高植被恢复速率,促使群落向更为丰富、均匀、稳定的方向发展。

参考文献

- [1] 张玲,李广贺,张旭. 土壤种子库研究综述[J]. 生态学杂志, 2004, 23(2): 114-120.
- [2] 郑华,欧阳志云,王效科,等. 红壤丘陵区不同森林恢复类型土壤种子库特征研究[J]. 自然资源学报, 2004, 19(3): 361-368.
- [3] HARPER J L, BENTON R A. The germination of seeds on surface of a water supplying substrate[J]. Journal of Ecology, 1966, 54: 151-156.
- [4] 刘琳,姜韬,李玉灵,等. 冀北山地不同生境下土壤种子库特征分析[J]. 东北林业大学学报, 2012, 40(7): 112-114.
- [5] 王增如,徐海量,尹林克,等. 不同水分处理对激活土壤种子库的影响:以塔里木河下游为例[J]. 自然科学进展, 2008, 18(4): 389-396.
- [6] 赵晓英,任继周,王彦荣,等. 3种锦鸡儿种子萌发对温度和水分的响应[J]. 西北植物学报, 2005, 25(2): 211-217.
- [7] MAUN M A, LAPIERRE J. Effects of burial by sand on seed germination and seedling emergence of four dune species[J]. American Journal of Botany, 1986, 73: 450-455.
- [8] 马克平. 生物群落多样性的测度方法I α 多样性的测度方法(下)[J]. 生物多样性, 1994, 2(4): 231-239.
- [9] 林鹏. 植物群落学[M]. 上海: 上海科学技术出版社, 1986.
- [10] 王相磊,周进,李伟,等. 洪湖湿地退耕初期种子库的季节动态[J]. 植物生态学报, 2003, 27(3): 352-359.
- [11] 李吉攻,徐海量,张占江,等. 河水溢满对塔里木河下游荒漠河岸林地地表植被与土壤种子库的影响[J]. 应用生态学报, 2008, 19(8): 1651-1657.
- [12] 袁莉,周自宗,王震洪. 土壤种子库的研究现状与进展综述[J]. 生态学报, 2008, 27(3): 186-192.
- [13] 聂春雷,郑元润. 鄂尔多斯高原4种主要沙生植物种子萌发与出苗对水分和沙埋的影响[J]. 植物生态学报, 2005, 29(1): 32-41.
- [14] 朱雅娟,董鸣,黄振英. 沙埋和种子大小对固沙禾草沙鞭的种子萌发与幼苗出土的影响[J]. 植物生态学报, 2005, 29(5): 730-739.
- [15] 王文娟,贺达汉,唐小琴,等. 不同温度和沙埋深度对砂生槐种子能发及幼苗生长的影响[J]. 中国沙漠, 2011, 31(6): 1437-1442.
- [16] 李锋瑞,赵丽娅,王树芳,等. 封育对退化沙质草地土壤种子库与地上群落结构的影响[J]. 草业学报, 2003, 12(4): 90-99.
- [17] 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.
- [18] 青秀玲. 典型草原主要植物繁殖特性的研究[D]. 呼和浩特: 内蒙古农业大学, 2002.

Effect of Sand Burial Conditions and Water Conditions on Soil Seed Bank Under Closing Measures in Mountainous Region of North Hebei

CHEN Ying^{1,2}, ZHU Kai¹, LIU Lin³, XU Xuehua¹, LI Yuling¹

(1. College of Forestry, Agricultural University of Hebei, Baoding, Hebei 071000; 2. Langfang Water Supplies Bureau, Langfang, Hebei 065000; 3. Luquan Branch of China Construction Bank, Luquan, Hebei 050200)

Abstract: Blown-sand activity, soil drought and human disturbance are the main factors limiting the vegetation natural restoration of northern of Hebei sandy wasteland. In this paper, we compared the species composition and diversity of soil seed banks and studied the similarity between ground vegetation and soil seed banks at closed and unclosed mountainous region in north of Hebei, the natural reserve was used as control group. We combined field sampling with indoor seed germination test, and studied the moisture conditions of drought(D), well water(W) and water (WL) and buried depth of 0.5 cm and 2.0 cm. The results showed that: W had the most species, the highest Shannon-Wiener index and Margalef index in both closed and unclosed regions. Natural reserve had higher species diversity index and more species than the other two regions under all water conditions. It indicated that water was the major limiting factor for soil seed bank germination in degraded sandy wasteland and closing measure had little influence on the germination of nature reserve. Species number and species composition were the same under both burial depths in both closed and unclosed regions. 0.5 cm sand burial depth had significantly more species than 2.0 cm sand burial depth in natural reserve, and the majority plant species in natural reserve were perennial herbaceous plants, most of which were dicotyledons, shrubs were found

不同种衣剂对白菜生长及其根际土壤微生态的影响

陈 鹏, 王 娟, 丁方丽, 文才艺, 闫凤鸣, 申顺善

(河南农业大学 植物保护学院, 河南 郑州 450002)

摘 要:以白菜为试材,利用4种种衣剂进行拌种处理,调查白菜出苗及在穴盘和田间的生育指标,并分析其对根际土壤微生态的影响。结果表明:供试种衣剂显著影响白菜种子出苗,其中丁硫克百威、福克和克醇福美双显著降低种子出苗势和出苗率,其出苗势分别为61.2%、65.3%和63.5%,比对照降低28.2%、23.4%和25.5%,其出苗率分别为64.1%、75.3%和72.4%,比对照降低26.4%、13.5%和16.9%;供试种衣剂均显著影响白菜苗期生长,其中,福克和克醇福美双的影响最显著,地上部鲜重分别为1.32 g/株和1.36 g/株,比对照降低64.0%和62.9%,根鲜重分别为0.11 g/株和0.09 g/株,比对照降低57.7%和65.4%,供试4种种衣剂均显著降低白菜苗期根系活力,比对照降低14.8%~29.6%,而移栽后在田间的生长没有显著影响;供试种衣剂均显著影响苗期白菜根际土壤酶活性,其中,丁硫克百威对白菜苗期根际土壤脲酶、磷酸酶和蔗糖酶活性的影响最为显著,分别为47.04、62.40、1.90 mg·mL⁻¹·g⁻¹,比对照降低46.3%、17.7%和37.9%。而移栽后在田间生育期种衣剂对白菜根际土壤酶活性没有显著影响;供试种衣剂显著影响白菜苗期根际土壤微生物种群数量,减少根际土壤细菌和放线菌的数量,而增加真菌的数量。

关键词:种衣剂;生育指标;根际土壤酶活性;根际土壤微生物

中图分类号:S 634.106⁺.1 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2016)03-0169-05

种衣剂是一种由杀菌剂、杀虫剂、植物生长调节剂和微量元素等作为活性成分,以成膜剂、渗透剂、分散剂和稳定剂等作为助剂经过特殊工艺加工而成的一种种

子处理剂,能够提高作物的抗逆性和抗虫抗病能力等^[1]。20世纪30年代自从英国 Germain's 公司研制出第一种种衣剂以来^[2],经过几十年的发展,种衣剂已经成为种子处理的最主要途径之一。在我国,种衣剂的发展起步较晚,始于20世纪70年代末80年代初^[3],经过几十年的发展,已经得到了质的飞跃。然而,到目前为止,我国的种衣剂主要是针对于大田作物,蔬菜种衣剂的推广应用还很有限^[4]。虽然已有很多学者对此进行了大量研究与探索,但注册上市的蔬菜种衣剂却凤毛麟

第一作者简介:陈鹏(1989-),男,硕士研究生,研究方向为蔬菜植物病害防治。E-mail:515162318@qq.com.

责任作者:申顺善(1966),女,博士,教授,研究方向为植物病害生物防治。E-mail:shen0426@163.com.

基金项目:公益性行业(农业)科研专项资助项目(201303030)。

收稿日期:2015-10-09

occasionally. Neither shrubs nor woody plants were found in both closed and unclosed regions, indicating that sand burial condition had more influence on seed species diversity of soil seed banks in both closed and unclosed regions, and had less influence in natural reserve. The order of Sorensen similarity index in closed region and nature reserve were: W>D>WL, while unclosed region with W showed the lowest similarity with ground vegetation. Indicating that water condition had a greater influence on the similarity between seed bank and ground vegetation in closed region and nature reserve, and less influence in unclosed region. The Sorensen similarity index was low under all burial conditions, indicating that the species composition of soil seed bank and ground vegetation had a big difference and sand burial condition had a great influence on the Sorensen similarity index. Closed region had higher species diversity than unclosed region under W, indicating that the closing measure could improve species diversity when water condition was well; Sorensen similarity index of closed region, unclosed region and natural reserve were low under all water conditions, indicating that closing measure had little influence on the relationship between the species numbers of soil seed bank and ground vegetation.

Keywords: soil seed bank; water condition; sand burial condition; closing measures