

京郊荒滩生态恢复及其植被变化研究

——以延庆县为例

贾瑞燕, 匡栋, 马士龙, 肖辉杰

(北京林业大学教育部水土保持与荒漠化防治重点实验室, 北京 100083)

**摘要:** 在延庆县荒滩中, 分别选择人工造林恢复植被2年、11年、封禁恢复植被7年和对照区4个样区, 在大量野外调查的基础上, 对其物种种类、优势种重要值、物种多样性特征、生活型谱和盖度等指标进行了对比分析。结果表明: 荒滩生态恢复过程中, 人工植被长势良好, 植物种类明显增加, 群落物种的丰富度指数、均匀度指数、多样性指数均比对照区显著提高, 植物群落结构从简单逐渐变为复杂; 生活型谱组成发生了显著变化, 一、二年生草本植物的比例显著降低; 植被盖度明显增加。3个生态恢复样区中, 尤其是人工造林恢复植被2年的恢复模式效果最显著, 可以在京津及其周边地区相似立地条件的地方推广应用。

**关键词:** 荒滩; 生态恢复; 植被变化

中图分类号: X 171. 1      文献标识码: A      文章编号: 1005-3409(2005)06-0166-03

The Ecological Restoration and Changes in Species Diversity in the Wasteland of Beijing Outskirt

——A Case Study in Yanqing

JIA Rui-yan, DING Guo-dong, MA Shi-long, XIAO Hui-jie

(Beijing Forestry University, Key Laboratory of Soil and Water Conservation and Desertification Combating, Ministry of Education, Beijing 100083, China)

**Abstract:** The four sample-lands of different controlling measures in Yanqing wasteland were chosen. The comparing analysis was carried out on the species composition, dominant species important index, species diversity, life form spectrum and coverage. The results showed that the cultivated vegetation grew well during restoration, and vegetational variety increased and the indicators of richness, evenness and diversity, compared with the sample-land without controlling measures, have been bettered. Especially, the mode of cultivated vegetation, which has been contrasted 2 years before, was the best of all and deserved to be extended.

**Key words:** wasteland; eco-restoration; vegetational variety

延庆县位于首都北京的西北部, 处于内蒙古高原和河北坝上地区与北京平原区的过渡地带, 其北、东、南三面环山, 是首都西北部的重要生态屏障, 是环北京生态环境建设工程的重要组成部分。该县的妫河流域是北京的风沙口之一, 该流域风蚀沙化面积约60 km<sup>2</sup>, 主要分布于沿河沙地、山脚、山前洪积扇和河道两侧, 局部地区已出现半流动沙丘, 已成为北京的主要风沙源之一。近15年来, 延庆县开展了大规模的荒滩生态恢复工程, 植被状况得到明显改善。为了研究荒滩生态恢复后植被的变化及其不同生态恢复模式植被的变化有什么不同。本文以延庆人工造林恢复植被2年、11年、封禁恢复植被7年和对照区进行植被各指标的对比研究, 以期对延庆县乃至京津及其周边地区的荒滩治理提供理论依据。

1 试验区概况

试验区属大陆性季风气候区, 是暖温带与中温带, 半干旱与半湿润的过渡带, 春季干旱多风, 夏季炎热多雨, 秋季凉爽干燥, 冬季寒冷少雪。由于受河北坝上及内蒙古气流影响, 风

力较大, 年平均风速5. 1 m/s。年平均气温8. 8℃, 1月份平均气温- 8. 8℃, 7月份平均气温23℃。无霜期150~160 d。四季分明, 昼夜温差大, 无霜期短。雨热同期, 降雨少且主要集中在7、8、9三个月, 多年平均降雨量为467 mm, 而且雨量分布不均。土壤母质层主要以石灰岩为主, 土壤类型主要为石灰性褐土, 有部分潮土和水稻土分布。

试验区的地貌主要是冲击扇造成的卵石滩和沙场, 土层浅薄、营养低下, 卵石遍地、漏水漏肥、风蚀沙化严重, 植被稀疏, 立地条件恶劣。各个样区具体植被恢复模式如表1。

2 调查研究内容和方法

2. 1 样地选择和植被特征的测定

于2004年7月10日~2004年7月20日分别在延庆人工造林恢复植被2年、11年、封禁恢复植被7年和对照区4个样地内, 采取典型抽样的办法选择有代表性的群落类型进行调查。具体方法如下: 乔木林设置10 m × 10 m样地, 量测样地内每株树的胸径、树高、株数、冠幅等, 按路线法记载林下植

\* 收稿日期: 2004-12-14

作者简介: 贾瑞燕(1979-), 女, 农学硕士研究生, 主要研究方向为水土保持与荒漠化防治。

被(灌木、草本)各植物种的盖度、高度、多度等特征;灌木和小乔木林:用样线法分别调查其盖度、密度等特征,对林下植被用1 m×1 m的样方调查其植物种类组成、株(丛)数、盖度、高度、生物量等特征<sup>[1]</sup>。

表1  试验样地基本情况

恢复模式	恢复年限	植被配置	备注
人工造林恢复植被	2年	乔木:新疆杨、刺槐、榆树、黑杨、五角枫、火炬等(采用大苗造林)	利用沙生植物进行生物盖沙、铺设马来西亚生态垫和德国环保型生态垫进行物理盖沙,为提高造林成活率施用保水剂、植物生长激活剂等保水材料
		苗木胸径>3 cm);灌木:中间锦鸡儿、柠条锦鸡儿、杨柴;草本:草	
		木樨	
		主要栽植侧柏(采用2年生实苗造林)	没有采用任何科技措施
封禁恢复植被	7年	———	没有采用任何科技措施
对照区		———	———

2.2  分析计算

(1)重要值的计算采用如下公式<sup>[2]</sup>:

重要值*I*= 相对密度+ 相对盖度+ 相对高度

(2)植物多样性的测定,采用以下指数公式<sup>[3]</sup>:

<sup>1</sup> Shannon—Weiner 指数  $H = - \sum (P_i \ln P_i)$  , 其中:  
*H*——信息多样性指数;*P<sub>i</sub>*——第*i*植物种的个体数占全部植物种个体数的百分比。Shannon—Weiner 指数可以用来描述种的个体出现的紊乱和不确定性,即种的多样性,信息量*H* 越大,未确定性也越大,因而多样性也就越高<sup>[2]</sup>。

    ④Simpson 指数  $D = \sum [n_i(n_i - 1) / N(N - 1)]$  , 式中:  
*D*——生态优势度;*n<sub>i</sub>*——第*i*植物种的个体数;*N*——全体植物种个体数的总和。Simpson 指数是对多样性的反面即集中性(Concentration)的度量<sup>[4]</sup>。

(3)植物群落均匀度指数,则采用Pielou s 指数(*E<sub>p</sub>*)和A lat a l o s 指数(*E<sub>A</sub>*)<sup>[5,6]</sup>: $E_p = H / \ln S$ ,  $E_A = (1/D - 1) / (e^H - 1)$  , 其中,*H*——Shannon—Wiener 指数;*S*——物种总数;*D*——Simpson 指数。

(4)植物群落丰富度指数则采用Margalef s 指数(*O*)<sup>[5]</sup>: $O = (S - 1) / \ln N$  , 其中,*S*——植物种总数;*N*——全部植物种个体数总和。

3  结果与分析

3.1  人工种植林灌草生长状况

    人工种植林灌草生长状况直接关系到该地区防沙治沙工程成败,对防沙治沙工作起着至关重要的作用。通过对不同树种、灌木和草种的生长状况进行调查可知(见表2,表3),几种树木和灌木生长都比较好。乔木中刺槐(*Robinia pseudoacacia*)长势最好,栽植3年时郁闭度就达到62.48%,其次为火炬(*Rhus typhina*)、榆树(*Ulmus pumila*);灌木中中间锦鸡儿(*Caragana sinica*)生长速度快,萌蘖力强,生长旺盛,恢复植被3年时盖度就达到31.9%。

3.2  不同样地植物种类及其重要值比较

    根据记名样方与样线中出现的植物进行统计分类,结果表明:对照区仅有8个科、11个属、12种植物,优势种为狗尾草(*Setaris viridis*)、酸枣(*Var spinosa*)、荆条(*Vitex negundo*)、灰菜(*Chenopodium album*),其重要值分别为1.360 0、0.261 0、0.252 5、0.243 7;人工造林恢复植被2年的荒滩,除了人工种植的乔灌草外,入侵的植物种类增加到23个科、43个属、51种植物,优势种为猪毛蒿(*Artemisia*

*scop aria*)、鸡眼草(*Kummerowia stipulacea*)、狗尾草、香青兰(*Dracocephalum moldavica*)等,其重要值分别为0.827 7、0.214 3、0.212 9、0.189 8;人工造林恢复植被11年的荒滩含有23个科、40个属、40种植物,优势种为河朔莢花(*Wikstroemia chamaedaphne*)、苔草(*Carex humilis*)、隐子草(*Cleistogenes squarrosa*)、胡枝子(*Lespedeza bicolor*)等,其重要值分别为0.575 5、0.518 2、0.462 5、0.441 5;封禁恢复植被7年的荒滩上仅有12个科、21个属、23种植物,优势种为猪毛蒿(*Artemisia scoparia*)、黄蒿(*Artemisia annua*)、隐子草、猪毛菜(*Salsola collina*)等,其重要值分别为0.709 5、0.597 7、0.452 3、0.359 2。由此看出,恢复年限以及恢复模式的不同组成的植物种类也有所不同,且优势种存在很大的差异。人工造林恢复植被的荒滩其植物种类要显著高于封禁和未治理的荒滩;并且人工造林恢复植被的荒滩中,采取乔灌草及科技措施综合治理的荒滩虽然只恢复了2年,但是植物种类要多于单一种植侧柏且没有采取任何科技措施的荒滩。

表2  不同树种生长状况

试验样地	树种	平均株高/ m	平均胸径/ cm	郁闭度/ %
人工恢复植被2 <sub>a</sub>	新疆杨	10.25	8.25	7.5
	刺槐	6.75	8.5	62.48
	榆树	4.5	8	31.28
	黑杨	4	5.5	18.48
	五角枫	3	6	5.3
	火炬	3	5	37.32
人工恢复植被11 <sub>a</sub>	侧柏	2.5	——	11.7

表3  不同灌木生长状况

试验样地	灌木/草种	平均株高/ cm	盖度/ %	生物量/(g·m <sup>-2</sup> )
人工恢复植被2 <sub>a</sub>	中间锦鸡儿	99	31.9	181.7
	柠条锦鸡儿	114	1.72	17.42
	杨柴	89.5	2.85	8.36

表4  4个样区内植物种类组成对比

序号	对照区		人工造林恢复植被2年		封禁恢复植被7年		人工造林恢复植被11年	
	植物种	重要值	植物种	重要值	植物种	重要值	植物种	重要值
1	狗尾草	1.3600	猪毛蒿	0.8277	猪毛蒿	0.7095	河朔莢花	0.5755
2	酸枣	0.2610	鸡眼草	0.2143	黄蒿	0.5977	苔草	0.5182
3	荆条	0.2525	狗尾草	0.2129	隐子草	0.4523	隐子草	0.4625
4	灰菜	0.2437	香青兰	0.1898	猪毛菜	0.3592	胡枝子	0.4415
5	猪毛蒿	0.1770	隐子草	0.1660	胡枝子	0.1584	百里香	0.3851
6	棉蓬	0.1615	委陵菜	0.1540	委陵菜	0.0907	猪毛蒿	0.1267
7	八角刺	0.1261	荆条	0.1064	狗尾草	0.0906	远志	0.1045
8	铁杆蒿	0.1224	太阳花	0.0967	太阳花	0.0737	水败草	0.0989
9	太阳花	0.0715	胡枝子	0.0811	小红菊	0.0720	蒺藜	0.0798
10	刺蓬	0.0566	刺菜	0.0809	败酱	0.0598	狗娃花	0.0551
丰富度	12		51		23		40	

注: 本表仅列出了重要值较大的前10种植物

3.3  不同样地植物多样性比较

    由于不同的植物群落在结构和功能上都存在很大的差异,这种差异主要受制于组成种不同的生物学特性。因此,对群落组织化程度的测度指标即物种多样性的研究具有十分重要的意义。用2.2中关于植物多样性的测定公式计算得出各样区的多样性指数,如表5所示。

3.3.1  物种丰富度

    人工造林恢复植被11年、2年和封禁恢复植被7年的样区Margalef指数分别为7.089 3、6.749 0和3.259 9,高于对照区的2.301 7,说明荒滩经过人工造林恢复植被和封禁恢复

植被后,其物种丰富度已远远超过对照区。另外人工造林恢复植被 11 年 Margalef 指数> 人工造林恢复植被 2 年的样地> 封禁恢复植被 7 年的样地,说明人工造林恢复植被的模式更有利于植物的生长,并且人工造林恢复植被 2 年的样地 Margalef 指数与人工造林恢复植被 11 年的样地非常接近,说明乔灌草搭配,并配以高科技技术的模式效果更好。

3.3.2 群落均匀度

在人工造林恢复植被和封禁恢复植被的样地中,Alatalo 指数都高于对照区,Pielou 指数只有封禁恢复植被的样地低于对照区,说明荒滩植被恢复后植物种在空间上的分布变得比较均匀。

3.3.3 物种多样性

人工造林恢复植被2 年的样地Shannon—Wiener 指数2.464 > 人工造林恢复植被 11 年的样地 2.020 5> 封禁恢复植被 7 年的样地 1.348 3> 对照区的 1.127 4,表明荒滩经过生态恢复后,群落朝着复杂化方向发展,使得其多样性指数较高。并且在 3 种恢复措施中,人工造林恢复植被 2 年的模式虽然恢复时间短,但是其 Shannon—Wiener 指数最高,说明这种模式更有利于群落的发展,而封禁恢复植被的 Shannon—Wiener 指数 1.348 3 与对照区的 1.127 4 差异不显著,恢复效果不明显。人工造林恢复植被 2 年的样地Simpson 指数0.135 8< 人工造林恢复植被 11 年的样地0.172 6< 封禁恢复植被 7 年的样地 0.406 0< 对照区的0.679 3,这恰好说明了 Simpson 指数是对多样性的反面即集中性(Concentration)的度量,也就是说荒滩生态恢复后大量的植物种入侵,导致

表6 4 个样区内植物的生活型谱比例对比

样区	总种数	乔木		灌木		木质藤本		多年生草本		一、二年生草本	
		种数	百分率/%	种数	百分率/%	种数	百分率/%	种数	百分率/%	种数	百分率/%
人工恢复 2 年	60	6	10	5	8.3	0	0	28	46.7	21	35
封育 7 年	23	0	0	1	4.4	0	0	13	56.5	9	39.1
人工恢复 11 年	41	1	2.4	5	12.2	1	2.4	23	56.1	11	26.8
未治理区	12	0	0	3	25	0	0	2	16.7	7	58.3

3.5 不同样地植被盖度比较

植被盖度是衡量群落覆盖地表程度的一个综合性量化指标,也是反映植被保持水土功能的一个重要指标,特别是多年生植被盖度一直是衡量沙区地表固化程度的量化指标<sup>[8]</sup>。从表 7 可以看出,对照区植被盖度仅为 15%,人工造林恢复植被 2 年的样区,植被盖度提高到 80%,但是由于恢复模式的不同,人工造林恢复植被 11 年的样地,仅提高到 60%,封育恢复植被的样地仅提高到 50%。并且人工造林恢复植被 2 年的样区内乔木、灌木和多年生草本的总盖度最高,在冬春季时植被残留在地面上的秸秆增强了对地表的覆盖程度,隔绝了空气和地表松散土壤的接触,提高了当地的起沙临界风速,更好的抑制地表起沙。

4 结 论

通过对荒滩不同生态恢复模式的植物种类组成、重要值、一系列物种多样性指标、生活型谱及盖度的综合分析研究,我们可以得到以下结论:

(1) 荒滩生态恢复后,人工植被长势良好,尤其是刺槐和中间锦鸡儿生长最旺盛;恢复年限以及恢复模式的不同组成的植物种类及其优势种也有所不同。未治理的对照荒滩上仅有 12 种植物;人工造林恢复植被 2 年的荒滩入侵的植物种类增加到 51 种;人工造林恢复植被 11 年的荒滩含有 40 种植物,并且河朔蒺花、胡枝子、百里香等灌木和苔草、隐子草等禾本

优势种作用不明显,而表现出其生态优势度较低。

表5 4 个样区内植物多样性指数对比

样区	Margalef 指数	Alatalo 指数	Pielou 指数	Shannon—Wiener 指数	Simpson 指数
人工造林恢复植被 2 年	6.7490	0.5919	0.6209	2.464	0.1358
封禁恢复植被 7 年	3.2599	0.5132	0.4300	1.3483	0.4060
人工造林恢复植被 11 年	7.0893	0.7327	0.5477	2.0205	0.1726
对照区	2.3017	0.2262	0.4537	1.1274	0.6793

3.4 不同样地植物生活型谱比较

按照《中国植被》生活型系统表,从演化形态学,主轴木质化程度和寿命长短几个方面将各样区所有植物分成乔木、灌木、木质藤本、多年生草本和一、二年生草本 5 个生活型并分别进行统计(结果见表 6)<sup>[7]</sup>。

植被的生活型谱可以反映群落的稳定性、局部环境条件状况及其发展方向。一、二年生植物以种子度过不良季节,对恶劣环境有最大的适应性,但其萌发及幼苗生长对环境要求较严格,在群落中具有较大的不稳定性。因此,在生活型谱中,一、二年生植物的比例越大,群落越不稳定。从表 6 中可以看出:3 个植被恢复区的一、二年生植物比例分别为 35%、39.1%和 26.8%,而对照区一、二年生植物的比例为 58.3%,由此反映出 3 个植被恢复区的群落相对对照区均具有较大的稳定性,尤其是人工造林恢复植被 11 年的群落,一、二年生草本植物的比例最低,说明这个样区的群落已达到相当稳定的状态。

科植物成为优势种;而封禁恢复植被 7 年的荒滩上仅有 23 种植物,并且还是以蒿类植物为优势种,恢复效果不明显。

表7 4 个样区内植被盖度对比 %

试验样地	植被总盖度	乔木郁闭度	灌木盖度	草本植物盖度	多年生草本植物盖度	一年生草本植物盖度
	盖度	闭度	盖度	盖度	物盖度	植物盖度
人工造林恢复植被 2 年	80	33	40	31	12	19
封禁恢复植被 7 年	50	0	2	48	30	18
人工造林恢复植被 11 年	60	10	45	28	21	7
对照区	15	0	5	10	2	8

(2) 通过对 4 个样区丰富度、均匀度、信息多样性指数和生态优势度的对比分析,可以看出,荒滩生态恢复后群落物种的丰富度指数、均匀度指数、多样性指数均比对照区有所提高,植物群落结构从简单逐渐变为复杂。其中,封禁恢复植被 7 年的样区各个指数与对照区比较接近,恢复效果不明显;人工造林恢复植被 2 年的样区,虽然恢复时间比较短,但其各种指数均与人工造林恢复植被 11 年的样区比较接近,恢复效果非常明显。

(3) 通过对 4 个样区植物生活型谱、盖度的对比分析,可以看出,荒滩生态恢复后,一、二年生草本植被的比例都比对照区显著降低,群落达到相对稳定的状态,并且随着恢复年限的增加,群落越稳定;植被盖度比对照区显著增加,但由于植被调查是在夏季覆盖度较高的情况下进行,在春秋植被覆

一方面, 由于植物耗水机理不同, 地下水位不同, 导致不同观测点同一深度放水前后变化幅度不同, 除 7 月下旬胡杨林地漫灌后含水量剧增外, 其余时间苜蓿地表层 0 ~ 20 cm 及 60 ~ 120 cm 水分条件最好, 基本上戈壁含水量最低。另一方面, 由于土壤特性的不同, 同一观测点不同深度放水前后变化幅度也不同。各观测点土壤含水量变化最大的土层分别对应为: 胡杨林地 60 ~ 120 cm; 苜蓿地 40 ~ 80 cm; 人工梭梭林地 120 cm 以下; 戈壁各层含水量变化幅度基本一致。

### 3 结 论

本文分析结果表明:

(1) 地下水位小于 2.5 m 时, 可有效补给土壤水。各个观测点中胡杨林地及苜蓿地地下水埋深较浅, 对土壤水的有效天然补给作用比较明显, 人工梭梭林地次之, 仅在上游放水使地下水位抬升后, 120 cm 以下土壤含水量有近 25% 的增量, 戈壁最差。

(2) 观测期内, 由于灌溉与否及灌溉方式的不同, 导致胡杨林地平均土壤含水量最大值出现在 7 月下旬漫灌后, 约为 36%; 苜蓿地平均土壤含水量最大值则出现在 8 月上旬, 为 34%; 人工梭梭林地平均最大土壤含水量也出现在 7 月下旬

参考文献:

[ 1 ] 沈振荣, 等. 水资源科学实验与研究[ M ]. 北京: 中国科学技术出版社, 1992. 261– 280.

[ 2 ] 刘昌明, 王会肖, 等. 土壤—作物—大气界面水分过程与节水调控[ M ]. 北京: 科学出版社, 1999. 12– 18.

[ 3 ] 康绍忠, 梁银丽, 蔡焕杰, 等. 旱区水—土—作物关系及其最优调控原理[ M ]. 北京: 中国农业出版社, 1998. 84– 90.

[ 4 ] Thomsen A, Hansen B, Schelde K. Application of TDR to water level measurement[ J ]. Journal of Hydrology, 2000, 236: 252– 258.

[ 5 ] Ferre P A, Rudotph D. Spasial averaging of water content by time domain reflectometry implications for twin rod probes with and without dielectric coatings[ J ]. Water Resource Research, 1996, 32( 2 ): 271– 279.

[ 6 ] Zegelin S J, White I, Jenkins D R. Improved field probes for soil water content and electrical conductivity measurement using time domain reflectometry[ J ]. Water Resource Research, 1989, 25( 11 ): 2367– 2376.

[ 7 ] Herkelrath W N, Hamburg S P, Fred Murphy. Automatic real-time monitoring of soil moisture in a remote field area with time domain reflectometry[ J ]. Water Resource Research, 1991, 27( 5 ): 857– 864.

[ 8 ] 王国尚, 金会军, 林清. 时域反射仪在寒区冻融土参数测试中的应用[ J ]. 冰川冻土, 1998, 20( 1 ): 88– 92.

[ 9 ] 李晓娟, 曾德超. TDR 在监测土壤水分动态变化中的应用[ J ]. 计算机与农业, 1999, ( 4 ): 14– 15.

[ 10 ] 王根绪, 沈永平, 钱鞠, 等. 高寒草地植被覆盖对土壤水分循环影响研究[ J ]. 冰川冻土, 2003, 25( 6 ): 653– 659.

[ 11 ] 张丽, 王秀茹, 刘兰华, 等. 黑河流域额济纳景观格局分析[ J ]. 水土保持学报, 2003, 10( 4 ): 124– 128.

( 上接第 168 页)

盖度降低时, 人工造林恢复植被 11 年和封禁恢复植被 7 年的样地还有一定的风蚀存在, 必须加强治理, 而人工造林恢复植被 2 年的样区, 植被盖度提高到 80%, 一年生草本植物盖度仅占 19%, 可以更好地起到抑制地表起沙的作用。

从以上可以看出, 由于延庆县荒滩风蚀比较严重, 种子定居比较困难, 仅靠封禁手段还不能使植被达到很好的恢复; 而

参考文献:

[ 1 ] 任继周. 草业科学研究方法[ M ]. 北京: 中国农业出版社, 1996. 15.

[ 2 ] 孙儒泳, 李博, 等. 普通生态学[ M ]. 北京: 高等教育出版社, 1997.

[ 3 ] 贺金生, 陈伟烈. 陆生植物群落多样性梯度变化回顾[ J ]. 生态学报, 1997, 17( 1 ): 91– 97.

[ 4 ] Simpson E H. Measurement of diversity [ J ]. Nature, 1949, 163( 4148 ): 688.

[ 5 ] Magurran A. Ecological diversity and its measurement [ M ]. Princeton: Princeton University Press, 1988.

[ 6 ] 马克平, 黄建辉, 于顺利, 等. 北京东陵山植物群落多样性研究( )——物种丰富度、均匀度和物种多样性指数[ J ]. 生态学报, 1995, 15( 3 ): 268– 277.

[ 7 ] 黄和平, 等. 皇甫川流域治理区与原生植被区植物多样性比较研究[ J ]. 水土保持学报, 2003, 17( 6 ): 125– 128.

[ 8 ] 刘鸿雁, 等. 内蒙古浑善达克沙地和河北坝上地区不同地表覆盖类型对北京沙尘天气物源的贡献[ J ]. 科学通报, 2003, 48( 11 ): 1 229– 1 232.

周边漫灌后, 约为 18%; 戈壁平均最大土壤含水量值最小, 为 7. 5%, 发生在 9 月下旬平均日辐射已显著降低的时候。

(3) 放水前, 戈壁及人工梭梭林地土壤水分在垂直剖面上分布较均匀, 各层水分含量绝对差基本在 8% 以内, 放水后, 戈壁各土壤层水分含量变化较小, 人工梭梭林地 120 cm 以下水分含量升至 28. 8% 以上, 水分含量最大绝对差达到了 27%, 后期降至 15%; 放水前, 胡杨林地及苜蓿地各层水分含量最大绝对差接近 30%, 放水后, 该值降低为不足 15%, 胡杨林地这一水分最大绝对差在 8 月底再次上升为 30%, 而苜蓿地直到 10 月该绝对差值仍控制在 20% 以内。

(4) 由于土壤特性以及植物根系发育所造成的差异性, 同一土壤剖面不同深度在来水前后变化的程度有一定的差异。胡杨林地土壤含水量变化最大的土层为 60 ~ 120 cm; 苜蓿地 40 ~ 80 cm 的土层含水量变化最大; 而人工梭梭林地含水量变化最大的土层则在 120 cm 以下; 戈壁各层含水量较小, 变化量也较小, 各层含水量变化幅度无太大差异。

土壤水分是作物生长的基本条件, 了解土壤剖面含水量的变化规律, 有助于更合理的开发利用土壤水资源。对防止额济纳旗生态环境进一步恶化, 有极为重要的意义。