

吐鲁番盆地地下水与植被的关系研究

张晓,魏青军,刘亮

(新疆地矿局第一水文工程地质大队,新疆乌鲁木齐 830091)

摘要:吐鲁番盆地是我国西部极端干旱地区的一个山间盆地,气候干旱、降雨稀少,荒漠生态典型,生态环境脆弱。文章从植被生长与土壤含水率、含盐量、地下水矿化度、埋深等方面进行分析,得出吐鲁番盆地艾丁湖周围低湿地植被生态可持续发展的合理生态水位为埋深2.5~3.5 m。总结了吐鲁番盆地天然绿洲区的植被随地下水变化的关系及其演替模式。

关键词:地下水;土壤含水率;含盐量;潜水矿化度;生态水位;吐鲁番盆地

中图分类号:X171.1 **文献标识码:**B

引文格式:张晓,魏青军,刘亮.吐鲁番盆地地下水与植被的关系研究[J].山东国土资源,2016,32(7):42-48.

ZHANG Xiao, WEI Qingjun, LIU Liang. Research on Relation between Groundwater and Vegetation in Turpan Basin[J]. Shandong Land and Resources, 2016,32(7):42-48.

0 引言

吐鲁番盆地处于我国西部的极端干旱地区,属于天山山脉中的一个近于EW向延伸的山间盆地,北侧为博格达山,南侧是觉罗塔格山、库鲁克塔格,其西为喀拉乌成山。盆地的海拔低,其位于艾丁湖的最低点海拔-155 m,是我国陆地的最低点,与北侧的博格达峰和西侧的天格尔峰相对高差分别达5 600 m和4 717 m。由于吐鲁番盆地与博格达山和喀拉乌成山相对高差大,受焚风效应和盆地效应的影响,导致了盆地现今的极端干旱气候,年降雨量仅为10~26 mm,而蒸发量却高达3 000 mm。

受干热气候影响,盆地的荒漠地貌广泛发育,在盆地的南、北侧,沿博格达山和觉罗塔格山前展布大面积的砾漠,它们是由洪积物发展而来;在盆地的中东部发育有库木塔格沙漠;盆地中部的火焰山裸露中、新生代的红色岩系,这里几乎寸草不生;在艾丁湖周边是盐壳、盐沼或泥漠。盆地内部的植物主要沿沟谷、阶地、河漫滩和洪积扇前缘发育,以及人工种植物。在盆地的边缘地区——山地,生长有森

林植被。总体而言,吐鲁番盆地内部的植被为干旱的稀树、荒漠草原景观^[1],生态环境相当脆弱。

吐鲁番盆地处新疆维吾尔自治区东疆地区的吐哈聚煤带,2010年新疆地质部门预测的煤炭资源超过了700亿t,随即自治区规划了“疆煤东运”工程,为给该工程提供供水依据,开展了东疆煤炭基地地下水勘查项目,同期开展生态水文地质工作,以确保建设开发用水与保护生态协调发展^①。为此,从土壤含水率、含盐量、地下水矿化度、埋深几方面着手探索研究吐鲁番盆地天然植被与地下水的关系。

1 数据来源与方法

2011年9月,在吐鲁番盆地天然植被区按照植被生长状况和分布格局布置了301个植被调查点,主要调查植被的种类、长势等;布置了48个植被与地下水关系调查点(在天然植被区施工探井),主要调查优势植被的生长与地下水埋深、潜水矿化度、土壤含水率、土壤含盐量的关系,总计采集了240组土壤含水率样品、33组潜水矿化度样品、357组土壤含盐量样品。

收稿日期:2015-12-23;修订日期:2016-01-20;编辑:陶卫卫

基金项目:新疆维吾尔自治区人民政府与国土资源部合作“三五八”项目(项目编号:2010005)

作者简介:张晓(1984—),女,陕西商南人,工程师,主要从事水工环地质相关领域的勘查工作;E-mail:372167048@qq.com

①新疆地矿局第一水文工程地质大队张明江等,新疆东疆地区煤炭基地地下水勘查吐鲁番-哈密盆地地下水勘查总体设计,2010年。

地下水位埋深用钢卷尺在探井中直接量取;潜水矿化度样品采集在揭露地下水位的探井中用容器直接采取,送水质检测单位进行水质简分析,取得矿化度数据;土壤含水率样品采集自地表算起,按 0.5 m,1.0 m,2.0 m,3.0 m,4.0 m,5.0 m 的深度进行采取,直至揭露地下水位,样品采集后按照土工试验方法标准(GB/T50123—1999)进行测试并计算土壤含水率数据;土壤含盐量样品采集自地表算起,按 0.00~0.05 m,0.05~0.25 m,0.25~0.50 m,0.50~0.75 m,0.75~1.00 m,1.00~2.00 m,2.00~3.00 m 的深度进行采取,样品采集后按照土工试验方法标准进行易溶盐测试获得土壤含盐量数据。

2 结果与分析

2.1 土壤含水率

2.1.1 土壤含水率特征

土壤含水率受地下水埋深影响极大,随深度的增加,含水率也会增加,这是一般的规律。该次工作在盆地艾丁湖周缘及其地下水浅埋地段施工探井,采取土壤含水率(质量百分比)样品和易溶盐样品,测试后发现:随深度的增加,土的含水率总体上呈现出增加的趋势,土的含水率的递增率随深度增加呈逐渐减小趋势(图 1);而随着地下水埋深的增加,土的含水率总体上呈现出递减的趋势(图 2)。

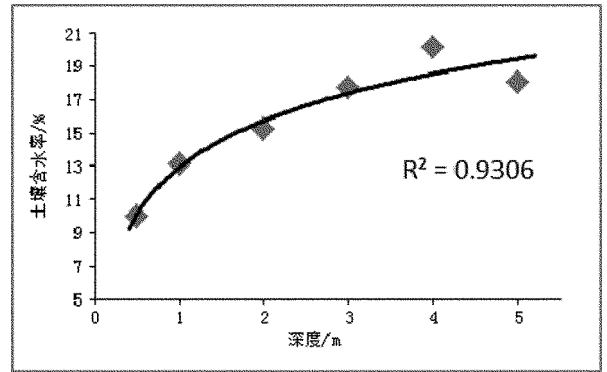


图 1 土壤平均含水率随深度变化趋势图

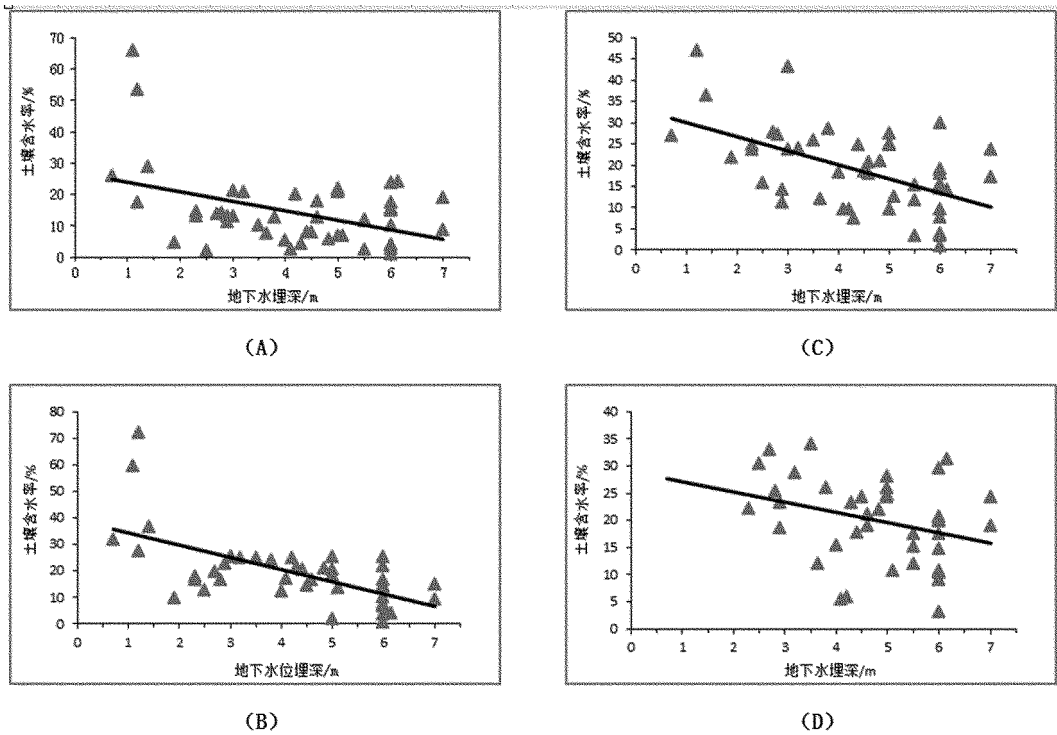


图 2 不同深度土壤含水率与地下水埋深关系趋势图

(A:0.0~0.5m;B:0.5~1.0m;C:1.0~2.0m;D:2.0~3.0m)

根据取样测试结果,在 5 m 深度范围内,土壤含水率为 9.97%~20.10%;不同深度的平均含水率为 2.49%~27.27%(表 1)。在 0.5 m 时,平均含水率为

9.97%;在 1.0 m 时,平均含水率为 13.10%;在 2.0 m 时,平均含水率为 15.25%;在 3.0 m 时,平均含水率为 17.73%;在 4.0 m 时,平均含水率为 20.10%;在

5.0 m 时,平均含水率为 18.06%。总之,土壤含水率在一定深度内受地下水位埋深的控制作用明显,距离水面近,含水率自然会高,反之亦然。

表 1 不同深度土壤含水率

序号	土的不同层次深度/m						平均值
	0.0~0.5	0.5~1.0	1.0~2.0	2.0~3.0	3.0~4.0	4.0~5.0	
1	3.90	7.40	3.40	10.70	19.70	8.40	8.92
2	15.00	16.50	9.60	10.20	14.70	16.60	13.77
3	17.30	21.80	19.00	29.60	49.70	26.20	27.27
4	12.50	16.80	20.70	19.00	21.20	20.50	18.45
5	6.80	13.60	12.60	10.70	8.40	25.80	12.98
6	8.50	9.30	23.70	24.30	29.50	24.10	19.90
7	3.90	14.30	14.40	20.70	17.30	8.60	13.20
8	23.80	25.30	30.00	20.00	23.00	22.60	24.12
9	7.80	20.70	24.80	17.80	18.60	17.20	17.82
10	10.30	14.20	17.90	17.60	19.60	16.30	15.98
11	7.90	14.60	18.50	24.30	27.00	27.40	19.95
12	19.10	10.00	17.10	18.90	26.80	19.50	18.57
13	24.20	3.90	14.10	31.30	22.90	22.90	19.88
14	2.73	6.75	7.77	9.09	10.88	8.92	7.69
15	5.63	20.79	20.98	22.04	20.75	21.93	18.69
16	1.05	0.69	0.87	3.20	4.17	4.95	2.49
17	6.78	1.99	9.52	24.25	23.35	17.58	13.91
18	2.35	17.26	9.64	5.48	4.32	15.54	9.10
最小值	1.05	0.69	0.87	3.20	4.17	4.95	2.49
最大值	24.20	25.30	30.00	31.30	49.70	27.40	27.27
平均值	9.97	13.10	15.25	17.73	20.10	18.06	15.70

2.1.2 土壤含水率与 NDVI 值

天然植被的生长与土壤水关系非常密切,土壤含水率是限制植物生长发育的重要生态因子,植物群落的生长发育及其适宜生产力是由土壤资源中的土壤水分供给状况来决定^[2-3]。

该次调查虽然数据点较少,但是还是发现植被生长与土壤含水率的关系呈线性相关的趋势(图 3, NDVI(归一化植被指数,NDVI 值采用 NASA 对全球免费发布的 MODIS 数据中的 MOD13(陆地二级标准数据产品),该数据内容为栅格化的归一化植被指数(NDVI)和增强型植被指数(EVI),空间分辨率为 250 m)其值的大小代表植被发育或覆盖度的好坏)。从图 3 中可以看出:大多数天然植被生长在 10%~30%之间的含水率区间,这与吐鲁番盆地极端干旱生境的耐旱物种的分布是非常适应的。盆地内分布的植物种类,诸如怪柳、梭梭、骆驼刺、刺山柑、芦苇都是耐旱的优势物种。

据该次调查的结果,考虑气候干旱以及日照、降雨影响的深度范围,以 1.0~2.0 m 深度的土的含水

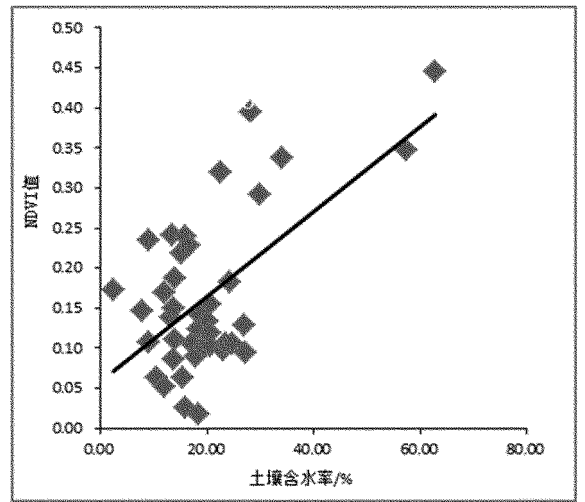


图 3 NDVI 值与土壤含水率关系趋势图

率为例说明这些植物生长的土壤含水率范围,怪柳的范围是 9.5%~27.70%、梭梭的范围是 3.4%~24.8%、骆驼刺的范围是 0.87%~27.12%、刺山柑的范围是 1.73%~17.85%、芦苇的范围是 3.45%~36.45%。虽然这些植物较为耐旱,但是维系其正常生长,不至于永久凋萎,还是需要稳定的水分供应,这在干旱区,就不得不依靠地下水来维系。

2.2 土壤含盐量

2.2.1 土壤盐分特征

吐鲁番盆地的土壤含盐量,通过采样测试,土的 pH 值平均值为 7.32,根据酸碱分级标准,呈弱碱性。0.00~0.05 m 土层含盐量平均值为 16.07%,0.05~0.25 m 土层含盐量平均值为 10.04%,0.25~0.50 m 土层含盐量平均值为 5.02%,0.50~0.75 m 土层含盐量平均值为 4.79%,0.75~1.00 m 土层含盐量平均值为 4.46%,总体上呈 T 型分布^[4]。0.00~0.05 m>0.05~0.25 m>0.25~0.50 m>0.50~0.75 m>0.75~1.00m(由于盐分在 1.00 m 以下变化微小,在此不再赘述),说明盐分在蒸发作用下表聚现象明显,而随着深度的增加,盐分直接受土壤的毛细作用和潜水矿化度控制。

2.2.2 土壤盐分与 NDVI 值

土壤盐分的分布直接控制了植物根系的生长范围,从图 4(A)中可以看出,表层 0.25~0.50 m 深度,含盐量低于 2.0%,NDVI 值范围较宽,NDVI 值可达 0.7,含盐量高于 2.0%,植被生长明显受到抑制,而高于 7.0%,植被几乎不发育;0.75~1.00 m 深度(B),土壤盐分的高低与植被生长还保持着表层的

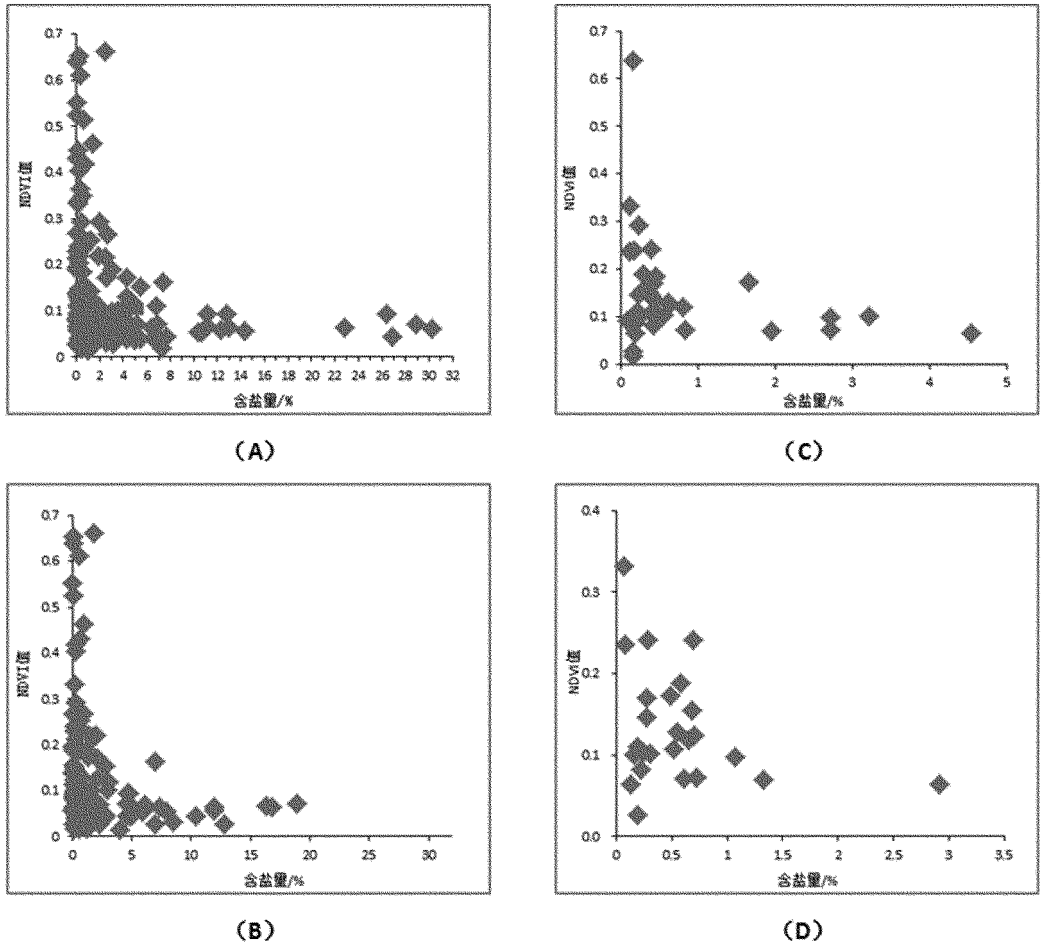


图 4 不同深度土的含盐量与 NDVI 值散点图
(A:0.25~0.50 m;B:0.75~1.00 m;C:1.00~2.00 m;D:2.00~3.00 m)

特征,但是到了 1.00~2.00 m (C),2.00~3.00 m (D),可以看出植被生长与一定深度的含盐量有密切的关系。

2.3 潜水矿化度与 NDVI

盆地处于干旱地区,土壤盐渍化现象很严重,盐渍化的轻重程度决定了植物可否存活,而盐渍化与地下水及其矿化度有着千丝万缕的联系。为此,需要研究潜水矿化度与植被生长的关系。

采用 NDVI(归一化植被指数)与潜水矿化度的关系来研究植被与其的关系,显得较为便利,可以从宏观上说明潜水矿化度对植被生长影响(图 5),盆地内的天然植被区随着潜水矿化度的增加,植被指数 NDVI 值也随着降低,说明植被生长状况越来越差。

(1)潜水矿化度小于 2 600 mg/L 时,干旱区的各种类型植物长势均较好,植物群落呈随机状分布,植被覆盖度较高,NDVI 值最高可达 0.7。这一范围

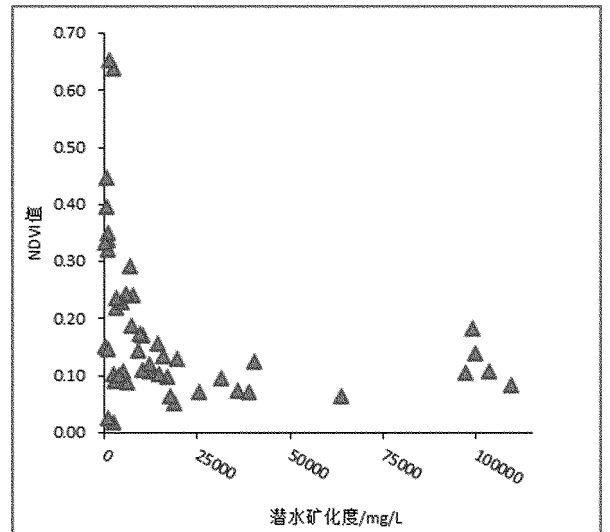


图 5 NDVI 值与潜水矿化度散点图

所见植物种类较多,调查中的大部分植被种类均可见到,主要有梭梭、怪柳、芦苇、骆驼刺、盐爪爪、盐节木、香蒲、花花柴、异果霸王等。

(2) 潜水矿化度大于 2 600 mg/L, 小于 19 000 mg/L 时, 植物种类大为减少, 植物群落呈簇状、零星状分布, 植被覆盖度较低, 一般在 0.4 以下。这一范围, 所见的植物种类主要是盐柴类灌木和喜水耐盐碱的物种, 主要有梭梭、怪柳、盐节木、盐爪爪、盐穗木、芦苇等。

(3) 潜水矿化度大于 19 000 mg/L 时, 植物种类稀少, 多是一些耐干旱而依靠降雨、洪水等生长的短命植物或生长于湖相沉积层中的粘土透镜体中的耐盐碱物种, 呈零星状生长, 长势很差。

此外, 在调查盆地南部的确尔布拉克沟谷时, 发现地下水矿化度在 8 000 mg/L 时, 芦苇长势良好, 高度可达到 3 m 以上; 随着矿化度的增高到 12 000 mg/L 时, 芦苇的长势就大大变差, 枝干细弱, 高度也降到 0.4 m 以下; 而到 17 000 mg/L 时, 芦苇已经消失, 仅见一些残枝败叶。

2.4 地下水埋深

2.4.1 地下水埋深与 NDVI 值

在干旱地区, 地下水埋深与植被生长被认为有着很好的关联关系^[5]。在吐鲁番盆地, 虽然数据量较少, 但是已经得到了很好的体现。为验证地下水埋深与植被生长的关系, 应用 NDVI 值来衡量这一关系, 是非常简便的方法(图 6)。从图中可以看出: 随着地下水埋深的增加, NDVI 值也随着下

降, 植被的生长状况也随着逐渐变差。

2.4.2 地下水埋深与植被生长

盆地内植被的分布格局对地下水埋深有着一一定的响应关系(图 7、图 8), 地下水水位埋深小于 2.0 m 条件下, 低湿地植被占比大于 70%, 水位埋深在 2.0 m 以内变化时, 会出现低湿地植被群系的演替, 但仍会保持低湿地植被的格局。水位埋深大于 2.0 m 后, 会出现低湿地的萎缩与低湿地植被的退化。因此, 2.0 m 的水位埋深界线可称为低湿地植被退化的警戒水位。水位埋深介于 2.0~3.5 m 时, 属低湿地植被区与耐旱、耐盐植被的过渡地带, 随水位埋深的增加, 低湿地植被比重渐次降低, 耐旱、耐盐的地带性植被比重增加, 并出现中生植被。水位埋深大于 2.5m 后, 会出现低湿地植被的渐次消失, 因此 2.5 m 的水位埋深界线可称为低湿地植被消失的警戒水位。水位埋深大于 2.5 m 时, 低湿地植被将消失, 与地下水埋深关系不是很密切的耐旱、耐盐植被是非敏感区内的优势植被, 耐旱、耐盐的地带性植被比重也会随水位埋深增加而增大^[6]。

2.5 植被分布格局

通过植被调查发现: 在吐鲁番盆地, 随地下水埋深的增加, 植物群落由灌木-草本群落组成逐渐演替为单一的草本群落。从植被发育演替的规律看, 吐鲁番盆地的植被群落有 3 种模式:

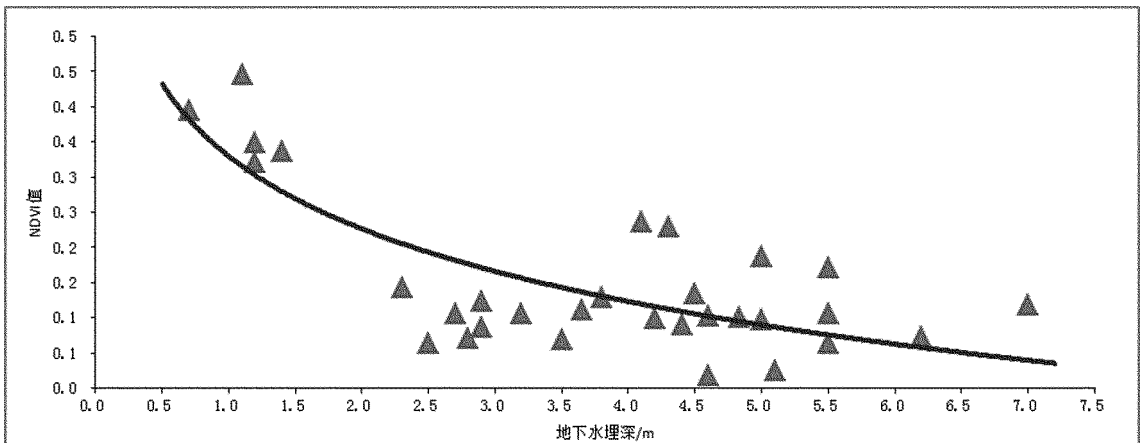


图 6 NDVI 值与地下水埋深变化趋势图

(1) 在冲洪积扇的顶部、中上部, 地层岩性多为砂砾石, 地下水埋藏深度大于 30 m, 土壤含水量依靠洪水和降雨贡献。在这一地段, 植被多为耐旱物种, 从生长多种植被(梭梭、怪柳、盐穗木、花花柴、刺山柑、翼果霸王等)演替为生长花花柴、刺山柑、

翼果霸王的演替模式。

(2) 在冲洪积扇的中下部, 地层岩性多为砂、粉土, 地下水埋藏深度在 30~10 m 之间, 土壤含水量依靠降雨和少量地下水贡献。在这一地段, 植被多为耐旱、耐盐碱物种, 从生长芦苇、骆驼刺、白刺的生

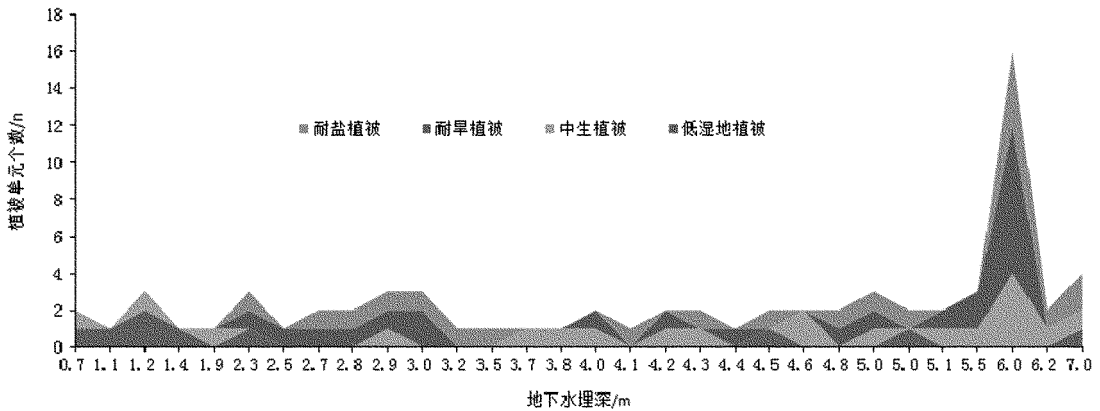


图7 地下水埋深与植被类型分布图

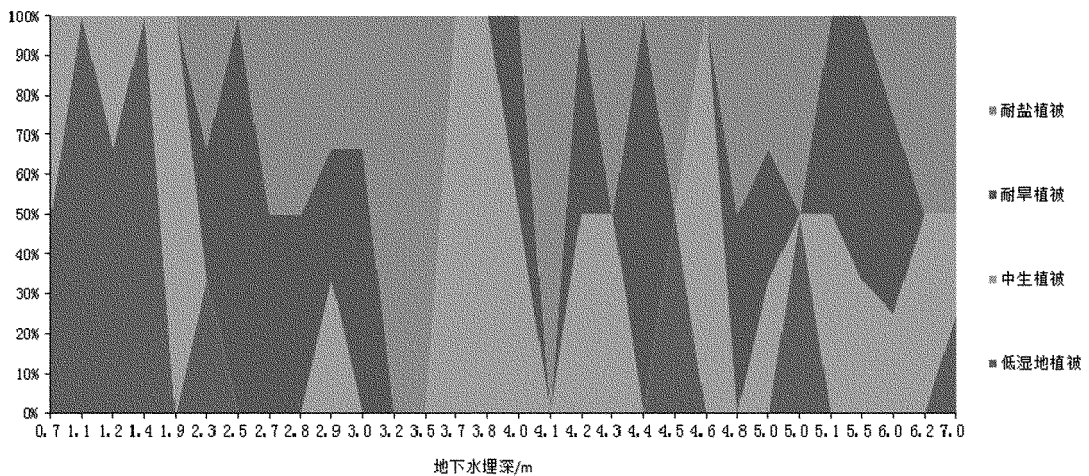


图8 地下水埋深与植被分布百分比堆积图

物群落演替为生长单一骆驼刺的演替模式。

(3)在冲洪积扇的下部以至艾丁湖干湖区,地层岩性多为粉土、粘土、粉砂,地下水埋藏深度小于10 m地区,土壤含水量主要依靠地下水贡献。在这一地段,植被多为耐盐碱物种,从生长芦苇、盐穗木、柽柳演替为只生长盐穗木或柽柳的演替模式^[7]。

3 结论

(1)干旱荒漠区植物生存的主要水源就是地下水,地下水的埋深将会控制植被所赖以生存的土壤的含水率以及含盐量,最终使土壤含水率和含盐量共同控制了植被群落的发育特征^[8],①在含水率高、含盐量低的农田边缘的植被生态区,植被种类相对多样;②在含水率低、含盐量低的荒漠植被生态区,单一物种的骆驼刺则成为绝对的优势物种;③在含水率高、含盐量高的荒漠植被生态区,超盐生的盐穗木、盐生—超盐生的细穗柽柳则成为优势物种;④

在含水率高、含盐量极高的荒漠区,植被几乎不发育,仅在粘土透镜体发育区存在零星发育的超盐生的柽柳(笔者认为植被生长所需的水估计与粘性土的超滤作用有关)。从上述土壤含水率、含盐量、潜水的矿化度与NDVI值的变化趋势就不难得出结论。

(2)地下水与天然植被之间有着复杂的关系,它涉及地下水、土壤、植被等相互之间的动态平衡,而干旱区生物过程微弱,生态系统规模小、稳定性低,地下水的变化会直接影响天然植被的生长发育,进而与脆弱生态环境的保育有着十分密切的关系,控制合理的地下水位是维系干旱区植被生态的根本措施。经过调查确定吐鲁番盆地合理的生态水位是2.5~3.5 m(地下水埋深),梭梭、柽柳、骆驼刺、芦苇、盐穗木等这些吐鲁番盆地的优势物种可以正常生长发育。在控制目前地下水位不变的条件下,保证每年的入湖水量是非常重要的。

(3)从植被生长与不同深度土壤的含盐量的趋势图可以看出当深度达到 2.0 m 以深,植被生长与含盐量的关系不再密切,而数据点也相当分散,说明随着深度的增加,植被生长与含盐量的关系逐渐淡化,说明土壤含盐量对植被的控制随着深度的增加,控制作用逐渐减弱,而表层 1.0 m 深度范围的含盐量对植被的控制作用非常明显,这可能也是盐渍化治理的关键——有效降低表层土壤的含盐量才能种植农作物^[9]。

(4)多年来,艾丁湖水影响着周边的植被生态,但随着湖水的干涸,地下水成为影响湖周生态的重要因素。入湖水量则是对艾丁湖周缘植被生长的补给水源,随着人类活动的加强,入湖水量越来越少,往往都集中在植物需水量最小的冬季,年复一年,湖周的植被生态在物竞天择的自然规律下,不断地因为缺水而演替、退化。艾丁湖周的植被生态是多年演替—演化的结果,生态环境极其脆弱,一旦遭到破坏,很难恢复。从目前的生态水文地质条件来看,控制合理的地下水水位是维持与保护植被生态的关键。经过测算,维系艾丁湖 400 km² 的植被生态,从植被蒸发蒸腾的量来估计,每年需要 0.8~1.5×10⁸ m³ 的水量进入艾丁湖区。

总的来说,若采取一定措施,如上游地区节约用水,增加下游的入湖水量;合理用水,减少水源损失;限制水库明渠发展,减少水源蒸渗损失;严禁乱砍乱挖固沙植物,杜绝乱挖骆驼刺、沙枣树等防风植物等现象,艾丁湖周围地区的植被生态环境在若干年后会有所好转。当然,这是一项长期而且艰巨的任务。

(5)该文是在水文地质的角度下通过宏观指标

研究吐鲁番盆地天然植被与土壤含水率、含盐量、地下水埋深、潜水矿化度等的关系分析,并综合绘制地下水埋深与植被类型分布图、植被分布百分比堆积图的基础上得出的结论,在实践中操作方便,能快速确定一个地区的优势植被与地下水的关系及其演替模式,对于干旱区植被生态环境建设有一定的指导意义,尤其是对一些亟待快速恢复植被生态的地区。

致谢:该文在撰写过程中得到了西安地质矿产研究所黄金廷副研究员,中国矿业大学(徐州)孙强教授的指导,在此表示诚挚的感谢。

参考文献:

- [1] 程捷,管立宏,张学文,等.新疆吐鲁番盆地全新世植被特征与气候变迁[A]//董为主编.第十届古脊椎动物学学术年会论文集[C].北京:海洋出版社,2006:283.
- [2] 郑丹,李卫红,陈亚鹏,等.干旱区地下水与天然植被关系研究综述[J].资源科学,2005,27(4):165.
- [3] 张雷明,上官周平.黄土高原土壤水分与植被生产力的关系[J].干旱区研究,2002,19(4):62.
- [4] 魏青军,李白业,李雪妮,等.吐鲁番盆地平原区盐渍化特征分析[J].干旱区资源与环境,2014,28(4):164-166.
- [5] 金晓媚,万力,张幼宽,等.银川平原植被生长与地下水关系研究[J].地学前缘,2007,14(3):199-202.
- [6] 张丽,董增川,黄晓玲.干旱区典型植物生长与地下水位关系的模型研究[J].中国沙漠,2004,24(1):111-113.
- [7] 黄金廷,侯光才,陶正平,等.鄂尔多斯高原植被生态分区及其水文地质意义[J].地质通报,2008,27(8):1333-1334.
- [8] 顾峰雪,张远东,潘晓玲,等.阜康绿洲土壤盐渍化与植物群落多样性的相关性分析[J].资源科学,2002,24(3):46-47.
- [9] 张长春,邵景力,李慈君,等.地下水位生态环境效应及生态环境指标[J].水文地质工程地质,2003,30(3):6-9.

Research on Relation between Groundwater and Vegetation in Turpan Basin

ZHANG Xiao, WEI Qingjun, LIU Liang

(No.1 Hydrogeology and Engineering Geology Exploration Team of Xinjiang Geology and Mineral Bureau, Xinjiang Urumqi 830091, China)

Abstract: Turpan basin is an extremely arid mountain basin of western China. It has the characteristics of dry climate, scarce rainfall, typical desert ecosystem and weak ecological environment. In this paper, from aspects of the relation between the growth of vegetation, soil moisture, soil salinity, groundwater salinity and depth, it is concluded that reasonable ecological water level of peripheral ecological sustainable development in Aydin Lake of Turpan basin is 2.5~3.5m. The relation and changes of vegetation succession model in Turpan basin with groundwater have been summarized.

Key words: Groundwater; soil moisture; salt content; diving salinity; ecological water level; Turpan basin