

清水河流域河岸带植物群落结构及多样性

段杰仁¹, 石伟², 邱小琮^{3*}, 王晓奕²

(1. 宁夏固原市第七中学, 宁夏固原 756002; 2. 银川市水产技术推广服务中心, 宁夏银川 750001; 3. 宁夏大学生命科学学院, 宁夏银川 750021)

摘要 [目的]探明清水河流域河岸带植物群落组成、类型、分布、多样性等特征。[方法]在清水河流域设置30个断面,采用样方、GPS定位等野外植物群落调查方法调查记录,应用重要值、Margalef指数、Shannon-Wiener指数分析群落组成、类别、分布、多样性等特征。[结果]清水河河岸带分布有50科125属180种维管植物,包含蕨类植物1科1属2种,裸子植物1科1属1种,被子植物48科123属177种。其中双子叶植物39科98属139种,单子叶植物9科25属38种。清水河河岸带乔木类植物中旱柳、垂柳为主要物种;灌木植物类群中以柽柳分布最广;草本植物以芦苇、碱蓬、赖草、中亚滨藜、芨芨草为主。清水河河岸带植物Margalef丰富度指数在0.36~5.27之间,Shannon-Wiener多样性指数在0.25~2.93之间。[结论]清水河流域河岸带植被类型构成较为简单,多为草本植物,群落十分单一,生态功能相对较弱,主要受制于物种分布的均匀度不够。

关键词 清水河河岸带; 植被; 组成; 多样性

中图分类号 Q948.1 文献标识码 A

文章编号 0517-6611(2020)19-0073-04

doi:10.3969/j.issn.0517-6611.2020.19.020



开放科学(资源服务)标识码(OSID):

Plant Community Structure and Diversity in the Riparian Zone of the Qingshui River BasinDUAN Jie-ren¹, SHI Wei², QIU Xiao-cong³ et al (1. The 7th Middle School of Guyuan City, Guyuan, Ningxia 756002; 2. Yinchuan Aquaculture Technology Promotion Service Center, Yinchuan, Ningxia 750001; 3. School of Life Science, Ningxia University, Yinchuan, Ningxia 750021)

Abstract [Objective] The characteristics of plant community composition, category, distribution and diversity in the riparian zone of Qingshui River Basin were explored. [Method] 30 sample sites were set up in the Qingshui River Basin, the field survey methods of quadrat sampling and GPS positioning were used to investigate and record, and the important values, Margalef index, Shannon-Wiener index were applied to analyze the characteristics of community composition, category, distribution, diversity and so on. [Result] There were 180 species of vascular plants of 125 genera and 50 families in the Qingshui River riparian zone, including ferns of 1 family, 1 genera and 2 species, gymnosperms of 1 family, 1 genera and 1 species, and angiosperms of 48 families and 123 genera and 177 species. Among them, there were 139 species of 98 genera and 39 families of dicotyledons, and 38 species of 25 genera and 9 families of monocotyledons. *Salix matsudana* and *Salix babylonica* were the main species of arbor plants among the plants in the riparian zone of the Qingshui River. *Tamarix chinensis* was the most widely distributed among the shrub species. *Phragmites australis*, *Suaeda glauca*, *Leymus secalinus*, *Atrilex centralasiatica* and *Achnatherum splendens* were the main herbal plants. The Margalef index of plants in the riparian zone of Qingshui River ranged from 0.36 to 5.27, and the Shannon-Wiener index ranged from 0.25 to 2.93. [Conclusion] The composition of riparian vegetation in the Qingshui River Basin was relatively simple, mostly herb plants, the community was very simple, and the ecological function was relatively weak, mainly due to the insufficient evenness of species distribution.

Key words Riparian zone of Qingshui River Basin; Vegetation; Composition; Diversity

河岸带指河水—陆地交界处的两边,直至河水影响消失为止的地带,由于它们位置特殊,成为受水生环境影响最大的陆地环境,具有独特的空间结构和重要的生态功能^[1-2]。河岸带通过过滤和拦截沉积物、水和养分等来协调河流水平和垂直的生态平衡,因而在与之相关的土壤侵蚀程度降低、渠道稳定化、生物栖息地保护以及水质调节方面都起着重要作用^[3-4]。近年来,开发利用河岸带及其土地资源改变了河岸带周边的自然地貌特征,破坏了河岸带周边的生态环境,造成了一定程度的生态退化^[2]。河岸带植物可有效地起到过滤作用,能够降低污染程度,在调节气候和调节水体温度方面发挥一定的功能作用;河岸带植物可以储存大量的水分,使其处在动态平衡中,对缓冲洪水亦有重大作用。许多研究证明,河岸带植被对防沙固土、加固河岸廊道和控制地表径流有不可替代的作用^[1-2]。河岸带系统中的植被可为一

些生命体提供栖息地,发挥生物廊道功能^[1,5-6]。研究河岸带植物,对保护和维持整个生态河岸带功能和作用的完整性及连续性都具有重大意义^[7-8]。

清水河是宁夏境内直入黄河的第一大支流,发源于固原市开城乡,流经固原、海原、同心、中宁4县,在中宁县泉眼山汇入黄河,全长320 km,宁夏境内流域面积13 511 km²。清水河流域多年平均地表水资源量达1 740万 m³,地下水资源量约5 938万 m³。地表径流主要来源于大气降水,径流的空间分布趋势与降水大体一致,由南向北依次减小,变化幅度较大。多年平均降水量335 mm,由于降水量的减少,径流呈减少趋势,出现连续枯水年份。流域径流年内分配不均,主要集中于汛期6—9月。清水河流域水资源用于农业、工业和城乡居民生活用水^[9-11]。目前,清水河水环境已受到污染,整个生态系统功能出现退化^[11],已影响到当地居民生活与社会发展。为此,笔者于2018年夏季对清水河流域河岸带植物进行采样调查,研究清水河河岸带植物种类、数量、组成、分布特点、区系及多样性、物种丰富度等,分析河岸带植被退化的影响因素及存在的生态问题,以期恢复和重建清水河河岸带生态系统提供基础数据和科学依据。

基金项目 宁夏高等学校一流学科建设(水利工程)资助项目(NXY-LXK2017A03)。**作者简介** 段杰仁(1976—),男,宁夏固原人,中教二级,从事生物学教学与研究。*通信作者,教授,博士,从事水域生态学及水环境调控方面的教学与研究。**收稿日期** 2020-03-14

1 材料与方

1.1 样点设置与采样时间 根据清水河水文规律和支流分布情况,在清水河干流上设置 17 个断面,支流东至河设置 2 个断面,中河设置 3 个断面,中卫市第五排水沟设置 2 个断面,西河、苜麻河、双井子沟、折死沟、井沟、沙沿沟各设置 1 个断面,共设置 30 个采样断面。采样时间为 2018 年 7 月。清水河流域采样点布设见图 1。

断面的设置依据水质的采样点,范围从河岸浅滩(非水体边缘)向外延伸约 10 m,或到河边区域的外缘为止(过渡到高地或植被,与水体不相连)。在溪流或河的每一边设置 3 个或更多横断面。在数据表上标记横断面为左岸或右岸。选取长度间隔,每个横断面约 5 个点。



图 1 清水河采样点布设

Fig. 1 Layout of sampling points in Qingshui River

1.2 样本采集与鉴定 对于每个采样点,采用样方法对植被进行采样监测,按照条样平行带设置样方,每条样带上设置 3 个样方,每个样方大小设置为 $3\text{ m} \times 3\text{ m}$ ^[12],鉴定样方内全部植物种类。采用 GPS 定位仪进行经、纬度定位,并记录海拔高度。调查数据主要包括:样方内的植物种类、盖度、频度等,群落所处的经纬度、海拔高度、河宽等地形地貌及水文因子。采集部分植物标本并进行编号,记录生境、习性及其伴生植物等信息,记录不同样方内的植物种类和数量,确定群落中植物学优势种、常见种^[2]。

1.3 重要值和多样性指数计算 选取物种重要值、丰富度指数(S)、Shannon-Wiener 多样性指数(H)为物种多样性指标,对研究区不同植物类型的物种多样性进行分析和比较。重要值和 2 个多样性指数计算公式如下^[13]:

$$\text{重要值} = (\text{相对密度} + \text{相对频度} + \text{相对盖度}) / 3$$

$$\text{Margalef 指数: } D = (S - 1) / \ln N$$

式中, N 为总个体数量, S 为总物种数量。

$$\text{Shannon-Wiener 多样性指数: } H = - \sum P_i \ln P_i$$

式中, P_i 为样品中属于第 i 种个体的比例,如样品总个体数为 N_i ,第 i 种个体数为 n_i ,则 $P_i = n_i / N_i$ 。

2 结果与分析

2.1 清水河河岸带主要植物种类及重要值 调查发现,清水河河岸带分布有 50 科 125 属 180 种维管植物,包含蕨类植物 1 科 1 属 2 种,裸子植物 1 科 1 属 1 种;被子植物 48 科 123 属 177 种,其中双子叶植物 39 科 98 属 139 种,单子叶植物 9 科 25 属 38 种。

表 1 列出了清水河河岸带 30 个样地植物重要值大于 0.050 的 17 种主要种类。表 1 表明,清水河河岸乔木类植物中以垂柳、旱柳为主要物种;灌木植物类群中以怪柳分布最广,重要值亦是所有物种中最大的;草本植物类型中,芦苇、碱蓬、赖草、中亚滨藜、芨芨草为主要植被和群落。

表 1 清水河河岸带植物主要物种重要值

Table 1 Important values of main plant species in the riparian zone of Qingshui River

编号 Number	植物种 Plant species	重要值 Important value
1	怪柳	2.479
2	垂柳	0.873
3	旱柳	0.734
4	加杨	0.631
5	芦苇	0.584
6	碱蓬	0.448
7	白刺	0.356
8	赖草	0.343
9	国槐	0.225
10	油松	0.192
11	洋白蜡	0.176
12	白榆	0.168
13	中亚滨藜	0.136
14	芨芨草	0.128
15	枸杞	0.100
16	猪毛蒿	0.063
17	盐爪爪	0.054

2.2 清水河河岸带植物多样性 对 30 个监测点植物科数分布进行统计发现,清水河从发源地到入黄河口,植物科数呈整体下降趋势。清水河发源地样点有 17 科植物,所含科数最多,植物种类也最丰富;上游 9 个样点植物科数为 6~10,中游 16 个样点植物科数为 3~5;下游及支流 4 个样点植物科数为 1~2(表 2)。

清水河河岸带植物 Margalef 丰富度指数在 0.36~5.27 之间,Shannon-Wiener 多样性指数在 0.25~2.93 之间。物种多样性指数值大,说明植物群落类型在本地区表现为由多物种组成,物种丰富,组成复杂。由此可见,清水河河岸区植物物种的生态功能相对较弱,主要受制于物种分布的均匀度不够,随机性较强,而且较少的物种占优势,影响其生态功能的发挥。由表 2 可知,清水河河岸 Margalef 指数与 Shannon-Wiener 指数变化趋势基本一致,但由于 Margalef 指数变化幅度较大,故对群落多样性的反应更敏感。

2.3 清水河河岸带植物群落分布特征 根据《中国植被》的植被分类原则与系统,并参照《中国湿地植被》确定的湿地植被分类原则和依据,结合清水河植物分布特点、野外调查结果的生态分析和群丛生境特征,将清水河河岸带植被划分为3个植被型组4个植被型11个群系和18个群丛。

表2 清水河河岸带各样点植物科数、Margalef 指数、Shannon-Wiener 指数

Table 2 The number of plant families, Margalef index and Shannon-Wiener index of various spots in the riparian zone of Qing-shui River

编号 Number	样地名称 Sample site name	植物科数 Number of plant families	Margalef 指数 Margalef index	Shannon- Wiener 指数 Shannon- Wiener index
1	清水河开城	17	5.37	2.93
2	清水河东郊	10	3.60	2.30
3	沈家河水库	4	1.10	1.30
4	清水河头营	8	1.72	1.40
5	清水河杨郎	6	1.22	1.54
6	清水河三营	5	0.82	0.64
7	清水河黑城	5	2.17	1.74
8	清水河七营	4	2.14	1.08
9	清水河双井河交汇	7	1.53	1.81
10	清水河羊路	6	3.25	1.91
11	清水河李旺	1	0.26	0.55
12	清水河同心	3	1.10	1.30
13	清水河丁家塘	1	0.91	0.94
14	清水河河西	5	1.97	1.46
15	长山头水库(天湖)	3	0.34	0.27
16	清水河长山头	3	0.50	0.44
17	清水河入黄点	6	1.39	0.82
18	金鸡儿沟(1)S101	2	0.37	0.25
19	折死沟(1)罗台新村	3	1.29	1.22
20	清水河王团	4	1.36	1.23
21	双井河	2	1.30	1.22
22	苜麻河(S101 交汇处)	4	1.28	0.99
23	中河(1)三河镇与中河交汇处	3	0.84	0.70
24	寺口子水库	6	1.27	1.40
25	冬至河(1)	6	1.45	1.58
26	冬至河水库	4	0.94	1.29
27	井沟	4	1.39	1.25
28	沙沿沟(2)	4	0.95	0.50
29	清水河与第五排水沟交点(下)	7	1.61	0.60
30	泉眼山	4	1.31	1.04

2.3.1 阔叶林植被型组。该植被型组为落叶阔叶植被型,包含旱柳群系1个群系、旱柳-杂草群丛1个群丛。该群落主要位于清水河源头区域开城,乔木层旱柳高度在8 m左右,盖度20%,夹杂有人工种植的国槐、洋白蜡、油松等树种;林下草本主要以铁杆蒿、牛口刺、百里香、问荆等为主,高度在30 cm左右,盖度在80%~90%。伴生植物有旋覆花、密花香薷、缘毛紫菀、款冬、茵茴蒜等。

2.3.2 沙生植被型组。该植被型组为荒漠植被型,包括4个群系:白茎盐生草群系(下有白茎盐生草群丛)、中亚滨藜群系(下有中亚滨藜-白茎盐生草群丛和中亚滨藜群丛)、猪毛菜群系(下有猪毛菜群丛)、刺苍耳群系(下有刺苍耳群丛)。

(1)白茎盐生草群丛。该群落分布于同心折死沟、沙沿

沟附近区域以及河西、泉眼山,沿河岸两边呈片状分布,折死沟附近群落盖度30%~50%,沙沿沟、河西、泉眼山群落盖度80%,主要优势种白茎盐生草高40 cm,伴生植物有碱蓬、虎尾草、猪毛蒿、雾冰藜、地肤、中亚滨藜、反枝苋、蒺藜等。

(2)中亚滨藜-白茎盐生草群丛。该群落分布于同心井沟区域、七营清水河区域,沿河岸两边呈片状分布,群落盖度30%~50%,优势种为中亚滨藜和白茎盐生草,群丛高度30 cm左右,伴生植物有碱蓬、白草、虎尾草等。

(3)中亚滨藜群丛。该群落主要位于同心丁塘清水河区域,中亚滨藜成片沿河岸带分布,盖度75%~90%,高度50~60 cm,伴生植物有碱蓬、盐地碱蓬、白茎盐生草。

(4)猪毛菜群丛:该群落分布于同心王团附近区域,沿河岸两边呈条块状分布,群落盖度50%以上,优势种猪毛菜高40 cm,伴生有斑块状的葡根骆驼蓬和虎尾草群丛分布,主要伴生植物有中亚滨藜、虎尾草、刺苍耳、蒺藜等。

(5)刺苍耳群丛。该群落分布于原州区三营清水河区域,沿河岸两边呈带状分布,群落盖度95%以上,刺苍耳高度90 cm左右,伴生植物有反枝苋、小藜。

2.3.3 沼泽和水生植被型组。该植被型组包含沼泽植被型和盐生植被型共6个群系12个群体。沼泽植被型下有芦苇群系和拂子茅群系,盐生植被型下有芨芨草群系、碱蓬群系、赖草群系和怪柳群系。其中,芦苇群系下有芦苇群丛、芦苇+拂子茅群丛、芦苇+长苞香群丛和芦苇+碱蓬群丛;拂子茅群系下有拂子茅群丛;芨芨草群系下有芨芨草群丛;碱蓬群系下有碱蓬群丛、盐地碱蓬群丛;赖草群系下有赖草群丛;怪柳群系下有怪柳群丛、怪柳+盐爪爪群丛和怪柳-白刺群丛。

(1)芦苇群丛。该群落主要位于原州区三营寺口子水库、杨郎、三营、中宁五排清水河交汇处、清水河入黄河口、苜麻河清水河交汇区域。沿河岸以芦苇为主要植被,呈片状或带状分布,群落盖度30%~80%,芦苇高度70~120 cm,清水河入黄河口、苜麻河清水河交汇区域芦苇群落盖度90%~95%,高度140~160 cm;寺口子水库、杨郎、三营伴生植物有盐角草、碱蓬、灰绿藜、海乳草、水蓼,五排伴生植物有水葫芦苗、扁秆藜草、苍耳、菖蒲等,苜麻河清水河交汇区域芦苇群落伴生植物有乳苣、拂子茅、猪毛蒿、稗草等。

(2)芦苇+拂子茅群丛。该群落主要分布于清水河流域冬至河、杨郎,周围以芦苇、拂子茅为主要植被,群落盖度在30%~80%,芦苇高80~120 cm,拂子茅高80 cm左右,伴生植物主要有碱蓬、赖草、碱菀、苦马豆、狗尾草等。

(3)芦苇+长苞香群丛。该群落分布于清水河沈家河水库区域。优势种芦苇和长苞香蒲150 cm左右,盖度60%~80%。伴生植物有碱蓬、稗草、水蓼等。

(4)芦苇+碱蓬群丛。该群落主要位于冬至河水库区域,芦苇和碱蓬混生成片沿岸分布,芦苇高度80~200 cm,盖度30%~60%,碱蓬盖度20%,高度30~40 cm,伴生植物有赖草、碱菀、盐角草、蒲公英等。

(5)拂子茅群丛。该群落主要位于原州区杨郎清水河流域,周边以拂子茅为主,高度在90 cm左右,群落盖度50%左

右,伴生植物有猪毛蒿、碱蓬、蒲公英等。

(6) 芨芨草群落。该群落分布于清水河与双井交汇处、固原黑城清水河流域、七营清水河流域,群落盖度 50%~60%,最大达到 80%,芨芨草高 150 cm 左右,每平方米分布 3~4 株,伴生植物有猪毛蒿、芦苇、碱蓬、白茎盐生草、赖草、乳苣、小藜等。

(7) 碱蓬群落。该群落主要位于清水河与苦水河交汇处、同心河西清水河区域、清水河李旺区域、清水河羊路区域。河岸区碱蓬成片分布,群落盖度 40%~90%,高度 40~60 cm,伴生植物有中亚滨藜、白茎盐生草、二色补血草、盐爪爪、赖草、猪毛蒿。

(8) 盐地碱蓬群落。该群落主要位于双井沟入清水河流域,群落以盐地碱蓬为优势种,伴生有灰绿藜、中亚滨藜、尖叶盐爪爪、二色补血草。群落盖度 50%~70%,高度 10~30 cm 左右。

(9) 赖草群落。该群落分布于三河镇中河清水河区域、清水河原州区东郊区域。优势种赖草高 100~140 cm,盖度 40%~70%,分布 100~200 株/m²。伴生植物有碱蓬、中亚滨藜、芨芨草、蒲公英、天蓝苜蓿、刺儿菜等。

(10) 柽柳群落。该群落主要位于原州区三营寺口子水库、长山头天湖水库和长山头水库河岸边、泉眼山、清水河入黄河口、冬至河水库、三河镇中河清水河区域、芨芨河清水河交汇区域。寺口子水库、清水河入黄口、冬至河水库、三河镇中河清水河区域、芨芨河清水河交汇区域柽柳以纯林分布。寺口子水库群落盖度 30%~60%,柽柳高度在 1~2 m,清水河入黄河口群落盖度 85%~90%,高度 120~200 cm。长山头清水河区域、泉眼山区域柽柳群落盖度 80%~90%,高度 150~200 cm,分布 20 株/m² 以上,样地内有枸杞和白刺个别分布。三河镇中河清水河区域柽柳高 150 cm,盖度 20%。芨芨河清水河交汇区域柽柳盖度 20%~30%,高 130~150 cm。

(11) 柽柳-盐爪爪群落。该群落主要位于同心县城及河西清水河区域,柽柳层群落盖度 35%~50%,高度在 150 cm 左右,分布 7~8 株/m²,盐爪爪层高度 30 cm 左右,盖度 20%~30%,伴生植物有碱蓬、赖草、盐地碱蓬、猪毛蒿等。

(12) 柽柳+白刺群落。该群落分布于清水河与双井交汇处及清水河羊路区域。清水河双井交汇处群落盖度 50%~70%,柽柳高度 70 cm 左右,白刺高 50 cm 左右,柽柳分布 2~3 株/m²,白刺分布 1~2 株/m²,偶见有枸杞伴生。羊路柽柳和白刺高 30 cm 左右,盖度 30%。

3 讨论与结论

清水河河岸带分布有 50 科 125 属 180 种维管植物,单子叶与双子叶植物是大部分植物群落的建群种,被子植物分布较多,湿地植物灌木和乔木相对贫乏。在进行的 30 个样地植物重要值和 Shannon-Wiener 指数计算中,乔木类植物中旱柳、垂柳为主要物种;灌木植物类群中以柽柳分布最广,重要值亦是所有物种中最大的;草本植物类型中,以芦苇、碱蓬、赖草、中亚滨藜、芨芨草构成清水河主要植被和群落。虽然物种组成丰富且种类繁多,但是以较少物种为主,影响其生

态功能。通过对 30 个监测点植物科数分布进行统计,清水河从发源地到入黄河口,植物科数呈整体下降趋势。清水河开城样点包含 17 科植物,所含科数最多,相比植物种类也最丰富;其他样点植物科数在 1~10 之间。

物种多样性是量度物种结构与功能复杂性的首要标准,植物的物种多样性指数较大,表明该地区植物群落类型在本地区表现为由多个物种组成,物种丰富,组成复杂。清水河河岸带 Shannon-Wiener 多样性指数在 0.25~2.93 之间, Margalef 丰富度指数在 0.36~5.27 之间。物种丰富度与均匀度呈正相关,与物种多样性也呈现正相关,与生态优势度呈负相关。清水河河岸带植物物种分布的均匀度不够,随机性较强,种群分布较为集中,而且以较少的物种为主,生态优势度就高,所以多样性就低,影响其生态功能,生态功能相对较弱。清水河河岸带植物 Margalef 指数与 Shannon-Wiener 指数变化趋势基本一致, Margalef 指数变化幅度较大,故对群落多样性的反应更敏感。

清水河河岸植被划分为 3 个植被型组 4 个植被型 11 个群系和 18 个群落,并通过以该群落所特有的特征种的存在,显示出生态上的独立性。清水河河岸带以草本植被为主,群落十分单一,植被群落的层次性较差,垂直结构不够强,资源利用效率较低,河岸带高生产力的特点难以发挥,也不利于环境及生物生境的维持和保护,难以为更多的物种提供栖息空间,最终将影响群落物种多样性和系统的稳定性。

清水河流域植被稀疏,水土流失严重,水资源问题突出,量少质差。区域气候干旱、水蚀、风蚀交错,植被稀疏,沙化土地广布,生态十分脆弱。相关部门应实施生态调度,维持河岸带植被的基本功能,在保证合理开发利用的同时,减少土地的开垦,防治污染,改善流域的生态状况。

参考文献

- [1] 陈吉泉. 河岸植被特征及其在生态系统和景观中的作用[J]. 应用生态学报, 1996, 7(4): 439-448.
- [2] 李虹, 杨洪升, 岳明, 等. 大佳河自然保护区植物群落多样性调查[J]. 中国林副特产, 2019(1): 62-64.
- [3] 彭爱华. 淮阳龙湖湿地植物多样性调查分析[J]. 现代农业科技, 2018(23): 168-169.
- [4] 杨秩凡. 黄河中游段南海湖恢复湿地植物多样性研究[J]. 现代农业科技, 2019(3): 111-113.
- [5] 邱扬, 张金屯, 郑凤英. 景观生态学的核心: 生态学系统的时空异质性[J]. 生态学杂志, 2000, 19(2): 42-49.
- [6] 滕依辰. 永定河山峡段河岸带植物景观研究[D]. 北京: 北京林业大学, 2013.
- [7] 向繁国. 长江上游江津段德感坝河岸带植物群落结构及多样性研究[D]. 重庆: 西南大学, 2014.
- [8] 陈建军. 广东境内东江干流河岸带植被特征研究[D]. 广州: 暨南大学, 2010.
- [9] 和志国, 张华, 暴路敏, 等. 宁夏清水河流域生态水量确定及保障措施浅析[J]. 中国水利, 2019(3): 25-27.
- [10] 李帅, 魏虹, 刘媛, 等. 气候与土地利用变化下宁夏清水河流域径流模拟[J]. 生态学报, 2017, 37(4): 1252-1260.
- [11] 王冰. 清水河流域(原州区段)生态系统健康评价[D]. 银川: 宁夏大学, 2014.
- [12] 贾呈鑫卓, 杜凡, 赵一鹤, 等. 澜沧短周期巨尾桉工业原料人工林与其原生林下植物多样性的比较[J]. 西部林业科学, 2010, 39(2): 95-100.
- [13] 杨秀莲, 张克斌, 曹永翔, 等. 宁夏盐池县植被恢复过程中的植物多样性研究[J]. 水土保持通报, 2009, 29(6): 163-167.