

橡胶坝对西安灞河河道湿地旱柳群落的影响

杜喜春

(西安文理学院生物与环境工程学院, 陕西 西安 710065)

摘要: 分析探讨灞河河道湿地部分区段旱柳大量死亡的问题, 提出解决方法及对策, 指导橡胶坝的运行及管理。调查区段为西安灞河下游 A 橡胶坝(浐灞河汇合处)至 B 橡胶坝(灞河南三环大桥)。该区段中游频繁受到水淹, 旱柳死亡严重; 上游临近 B 坝受水淹较少, 旱柳长势良好。对这 2 处长势差异较大的旱柳群落的胸径等级结构、倒伏、树皮开裂以及生存状况进行了比较和分析。结果表明旱柳倒伏、树皮开裂以及死亡状况差异显著; 倒伏与旱柳树皮开裂、死亡均正相关; 树皮开裂个体数与柳树存活个体数呈显著的负相关。倒伏和树皮开裂是旱柳死亡的直接原因, 采取降低橡胶坝水位、减少蓄排水频率和减缓蓄排水速度的措施能够形成较为稳定的河流湿地生态系统, 可减少旱柳死亡。

关键词: 旱柳; 倒伏; 树皮开裂; 死亡; 橡胶坝; 西安浐灞生态区

中图分类号: X173, TV644 **文献标志码:** A **文章编号:** 1674-3075(2019)04-0042-06

在长江、黄河等大江、大河流域梯级修建大中型水电站是新中国治水的主要策略(郑晓光和高峻, 2017)。大中型水电工程提供了绿色能源, 同时兼有防洪、灌溉、航运的综合效用(陈庆伟等, 2007)。近年来小流域水利工程建设也飞速发展, 在全国各地的小河流上修建了大量的橡胶坝。橡胶坝又称橡胶水闸, 是一种薄壁柔性结构的新型水工建筑物, 具有改善城市景观效果的作用, 在城市河流治理中应用广泛。水利工程不论规模大小, 在运行过程中普遍会遇到一些问题: 对河流通道形成阻隔, 人为改变了河流原有的自然演进和变化过程, 导致原有的生态系统和功能改变(陈庆伟等, 2007); 下游河流局部断流, 库区蓄水淹没上游漫滩、湿地和岸边植物带, 水库放水也会威胁动植物的生存(何英等, 2015)。三门峡水库建库后, 由于泥沙淤积迅速发展, 导致渭河河床不断淤积抬高(周建军和林秉南, 2003a; 2003b; 2003c), 致使出流不畅, 决口频繁, 洪灾损失严重, 对区域经济社会的发展影响很大(胡一三等, 2001)。

西安浐灞生态区是 2011 年世界园艺博览会举办地, 当时为了开发以水为主题的生态旅游项目, 规划在浐灞河上修建 23 座梯级橡胶坝以提升水面改善景观效果。浐河河道宽 80~160 m, 规划修建橡胶坝 13 座, 已建成 5 座; 灞河河道宽 400~500 m,

规划修建 10 座橡胶坝, 已建成 6 座(马聪, 2016; 雒望余等, 2013; 孙小军, 2007)。浐灞河橡胶坝工程建成运行后, 上游来沙量较大, 泥沙淤积十分严重, 使该河段的水体、景观等旅游资源遭到破坏, 导致洪水水位抬高, 影响了防洪安全(马聪, 2016; 雒望余等, 2013; 孙夏利, 2010; 杨川, 2009; 孙小军, 2007)。灞河部分区段河道湿地中的旱柳(*Salix matsudana*)群落频繁遭受水淹, 死亡严重, 但还未见类似或者相关的研究和报道。本研究期望对灞河河道湿地部分区段旱柳大量死亡的问题进行分析探讨, 提出解决这些问题的方法及对策, 用于指导橡胶坝的运行及管理。

1 研究区概况

浐灞生态区距离西安市中心 8 km, 包括浐、灞两河的南北向带状区域, 是西安市城区东部的一个富有特色的生态走廊带, 总面积 129 km²。该流域降水量年际变化大, 年最大降水量 999.0 mm, 为年最小降水量的 2~3 倍; 年内降水量分配也不均匀, 主要集中在夏季和秋季, 7~10 月降水量占全年的 60% 以上, 最高达到 77.1%, 同期也是河道旱柳群落间歇性受淹的常发季节。灞河是浐灞生态区的主要河流, 其上游为山区段河道, 汛期洪灾频发, 而非汛期常无水可用(马新萍等, 2012; 刘登伟和延军平, 2008), 年均断流 120d, 最多时达 250d(朱玲, 2006)。上游新建水库的截流也导致灞河下游的丰水期进一步缩短, 枯水期更长, 水资源严重短缺。

收稿日期: 2018-01-12

基金项目: 西安市科技计划项目(2016CXWL06)。

作者简介: 杜喜春, 1970 年生, 男, 博士, 副教授, 从事植物学和生态学方面的科研工作。E-mail: duxichun2001@163.com

浐灞生态区灞河橡胶坝建成后,研究区域-橡胶坝 A(浐灞河汇合处)和橡胶坝 B(灞河南三环大桥)区段(图 1)的旱柳落除了冬季以外,基本处于水中,特别是在夏季还要根据防洪的需要,频繁交替进行蓄水排水。受此影响,灞河河道中自然柳林大量死亡,群落严重衰退,分布范围大面积减少。



图 1 西安浐灞生态区旱柳分布示意

Fig.1 Location of the study area and *S. matsudana* community at Xi'an Chan-Ba National Ecological District

灞河河道中的旱柳群落自古以来是该流域重要的植被类型和特色景观,“灞柳风雪”是著名的关中八景之一。自然灾害、农业生产以及现在城市发展给灞河旱柳群落造成了很大压力(徐志婧等,2011;殷淑燕和黄春长,2008;王军,2001),群落出现退化趋势,“败柳”也严重影响沿河景观。

2 调查研究方法

2.1 调查方法

2014 年 6 月上旬和 8 月下旬进行了 2 次调查。调查区域的乔木基本由单一的旱柳树种组成。对于死亡状况严重的人工鸟岛和浐灞半岛北侧区域采取普查法调查。对基本上没有旱柳死亡的浐灞商务中心东侧区域随机抽取了 3 个样方,每个样方面积为 20 m×20 m。调查胸径超过 5 cm 以上的旱柳个体,记录胸径、数量、气生根以及树皮剥落和死亡状况。

草本植物的调查采用样方法。每个草本植物样

方的大小为 1 m×1 m;对于建群种、共建种、优势种和主要伴生植物均采集标本并编号记录;记录每个物种的株(丛)数、盖度、多度和高度等内容。调查得到 21 个草本植物样方,标本按照《秦岭植物志》和《中国植物志》进行严格鉴定。

灞河河道中基本没有灌木群落,因此本研究不涉及灌木。

2.2 数据处理

应用 SPSS 统计分析软件包,结合数理统计中方差分析,对受橡胶坝影响状况不同的旱柳群落的种群结构和生长状况进行比较;结合数理统计中有关相关分析对柳树群落倒伏、树皮开裂和死亡率指标之间的相关性进行简单分析。

3 结果与分析

3.1 旱柳种群生长状况

研究区段上游浐灞商务中心东侧区域的旱柳几乎不受蓄排水影响,生长良好。随机调查 3 个样方,共得到 262 棵胸径 5 cm 以上个体,全部成活;其中胸径 5~10 cm 173 棵,占 66.03%;胸径 10~15 cm 75 棵,占 28.63%;胸径 15 cm 以上 14 棵,占 5.34%。种群幼龄个体较多,老龄个体少,其年龄组成结构表现为增长型。但研究区段中游人工鸟岛和浐灞半岛北侧区域旱柳种群却面临危机:调查获取柳树个体 1099 棵,其中死树 351 棵,占 31.94%;树皮开裂 300 棵,占 27.30%;倒伏 633 棵,占 57.60%。胸径 5~10 cm 的成活率最低,树皮开裂和倒伏比例也最高;而胸径 15cm 以上个体成活率稍高一些,其树皮开裂和倒伏比例也稍低(表 1)。对该研究区域中游和上游的旱柳群落个体进行了进一步统计分析,结果表明:其胸径等级结构的差异不具有统计学意义(sig.=0.154),表明在该区域旱柳群落长期以来具有基本相同的群落结构。该研究区域中游旱柳群落受淹频繁,树皮开裂状况和倒伏状况非常严重,个体死亡数量比例很大,面临着严重的生存危机。

表 1 浐灞生态区灞河旱柳种群概况

Tab.1 Current condition of the Bahe River <i>S. matsudana</i> community in the Chanba National Ecological District								
胸径/ cm	中游死亡严重区域						上游良好区域	
	总数/棵	死亡/棵	占比/%	皮裂/棵	占比/%	倒伏/棵	占比/%	数量/棵
5~10	445	181	40.67	147	33.03	295	66.29	173
10~15	350	109	31.14	99	28.29	199	56.86	75
15~	304	61	20.07	54	17.76	139	45.72	14
合计	1099	351	31.94	300	27.30	633	57.60	262

3.1.1 倒伏导致旱柳种群死亡 研究区段中游旱柳群落倒伏严重,多达 633 棵,占 57.60%。幼龄旱

柳个体高度较低,大量个体直接被淹死亡;有的也在橡胶坝频繁交替的蓄排水过程中被水的拉力推倒后

被淹没死亡。研究表明,水淹胁迫逆境可使植物叶片失绿变黄,甚至导致一些植物死亡(何让,2015)。红树林遭受深度浸淹后,幼苗倒伏率或死亡率明显增加(何缘,2008;陈鹭真等,2006),较长的淹水(积水)时间也会加剧红树林的退化(徐蒂,2013)。相关分析的结果表明,旱柳倒伏和皮裂死亡的相关系数为 0.577(sig.=0.01)(表 2),表明倒伏越严重,被淹没后树皮开裂而死亡的个体就越多,树木的倒伏和死亡之间相关关系具有统计学意义。河道的地形比较特殊,主要由一些大小不等的水坑和一些细沙堆积而成的较高沙梁所形成的河心岛组成。旱柳大多数分布在主河道两侧以及河心岛的边缘。降低橡胶坝水位,河道退水,沙梁会发生坍塌,经过多次坍塌,原高出的柳树根系就会逐渐暴露出来,无法继续起到支持和固定作用(图 2A),这时候遇见大风或者快速的退水就会倒伏,特别是对于一些大树,还会发生多米诺骨牌效应,倒伏时压倒更多的柳树,被压倒的柳树被水淹没也容易死亡(图 2B)。

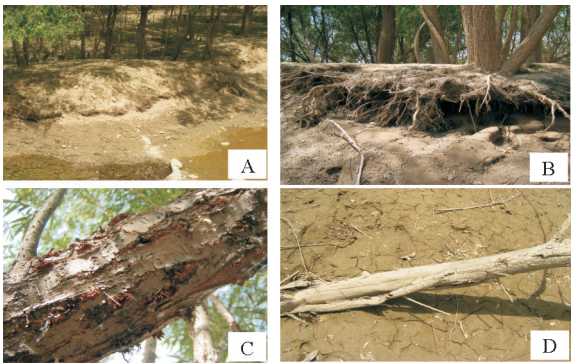
3.1.2 树皮开裂导致旱柳种群死亡 死亡的柳树个体中,树皮开裂的占 85.47%,相关分析的结果也表明,树皮开裂的个体数和柳树存活个体数相关系数为-0.207(sig.=0.05),表明树皮开裂数越多,成活个体越少,可见树皮的开裂和柳树死亡之间的负相关关系具有统计学意义(表 2)。研究表明,一些耐水淹的陆生植物受到水淹后,细胞排列疏松,组织间隙增大(Vasellati V et al, 2001),可在茎、根的皮层中产生大量的融生性或裂生性通气组织(Insausti P et al, 2001),以及不定根(王哲宇,2014;陈婷,2007;王文泉和张福锁,2001;陈鹭真等,2006)。有的茎基变粗并在地表形成纺锤状茎基(Vasellati V et al, 2001)。不定根大多分布在氧气相对充足的水体或土壤表层,植物可通过不定根直接从环境中获取氧气,并经通气组织向地下器官输送,不定根和通气组织的形成与植物改善体内氧的运输和扩散有关,是一种重要的耐淹调节机制(王哲宇,2014;Colmer et al, 2006)。旱柳适应水淹的能力很强,研究区域旱柳的这种现象就非常典型:蓄水时会很快地从柳树接近水面的高度长出大量的气生根或者气生根的早期分生组织,这些结构会穿破树皮(图 2C)。如果在这期间退水,暴露在干燥空气中的气生根干死,气生根的早期分生组织萎缩。等下一次蓄水时,同样的过程再次发生。频繁的蓄排水就会导致柳树基部树皮反复受损,最终因树皮开裂导致柳树死亡(图 2D)。

表 2 旱柳种群死亡原因的相关分析
Tab.2 Correlation analysis of *S. matsudana* mortality with lodging and bark cracking

	数量	生存	皮裂	倒伏
数量	1.000 —			
生存	0.571 * *	1.000 —		
皮裂	0.332 * *	-0.207 *	1.000 —	
倒伏	0.558 * *	0.130 0.107	0.577 * *	1.000 —

3.2 旱柳林下草本植物生长状况

2014 年 4-5 月,橡胶坝一直蓄水,河心岛和河岸边的漫滩地基本上被水淹没。进入 6 月,采取降低水位的措施后,河漫滩地显露出来,林下草本植物长势很弱,河漫滩地几乎裸露,只有零星分布的芦苇(*Phragmites australias*)、香蒲(*Typha orientalis*)、狗牙根(*Cynodon dactylon*)、辣蓼(*Polygonum flaccidum*)以及暂时无法鉴别的植物幼苗。21 个草本样方共得到 8 种植物 656 株,Shannon's 多样性指数为 1.290。



A、B:河道沙梁坍塌及柳树根系暴露;C、D:柳树树皮开裂及死亡

图 2 旱柳死亡

A and B: Collapsed sand bank and exposed willow root; C and D: Cracked willow bark and a dead willow

Fig.2 Pictures showing the status of *S. matsudana* community

水位降低后,旱柳林下草本植物群落快速恢复。2014 年 8 月下旬进行的调查发现林下河漫滩地几乎完全被草本植物所覆盖,稗草(*Echinochloa crus-galli*)和无芒稗(*Echinochloa crus-galli* var *mitis*)占据了分布面积的 85% 以上;其次是苍耳(*Xanthium sibiricum*),覆盖率约 8%;鬼针草(*Polygonum lapathifolium* var *salicifolium*)、辣蓼和荻(*Triarhena sacchariflora*)的分布面积在 3%~5%;芦苇

的分布没有增加,狗牙根和香蒲的分布区域还大幅度萎缩;黄花蒿(*Artemisia annua*)、红蓼(*Polygonum orientale*)、灰绿藜(*Chenopodium glaucum*)、苋(*Amaranthus tricolor*)、铁杆蒿(*Heteropappus altaicus*)、狗尾草(*Setaria viridis*)、葎草(*Humulus scandens*)、酸模(*Rumex acetosa*)、龙葵(*Solanum nigrum*)和扁杆荆三棱(*Scirpus planiculmis*)等植物也有分布;还发现了寄生植物菟丝子(*Cuscuta chinensis*)以及空心莲子草(*Alternanthera philoxeroides*)。21 个草本样方共得到 21 种植物 2 394 株,Shannon's 多样性指数为 1.721,草本植物的物种多样性有所提高。

4 讨论及建议

各种人工坝体水位变动强烈影响湿地生态系统植物群落的组成、结构和功能(王强等,2011;刘永等,2006;申建红等,2011;崔丽娟等,2011),灞河的橡胶坝也不例外。虽然橡胶坝可能会对河道湿地生态系统产生不利影响,但通过科学控制橡胶坝蓄水高度及其蓄排水的频率和速度,可以有效缓解柳树因倒伏和树皮开裂所引起的死亡,促进旱柳个体发育、种群和群落不断向良好的方向恢复和发展,最终形成较为稳定的河道湿地生态系统。

4.1 降低橡胶坝蓄水高度,减缓蓄排水速度和频率

4.1.1 有利于减轻柳树倒伏和树皮开裂状况 灞河旱柳种群死亡的直接原因是倒伏以及树皮开裂,而这两者都与橡胶坝的水位以及蓄排水的方式有关。首先,适当降低橡胶坝的蓄水高度,大量的小树和倒伏的柳树就不会被完全淹没而死亡。其次,河流退水过快,沙梁就容易发生坍塌引起树根暴露而倒伏;退水的巨大力量也可以直接将柳树推到,因此减缓蓄排水的速度也可以减轻树木倒伏。再次,减少蓄排水的频率,可以减少气生根反复发生,从而减轻由于树皮损伤所引起的柳树个体死亡。

4.1.2 有利于河道湿地生态系统的重建 水淹在对旱柳造成伤害的同时,也能够散布部分种类植物的种子,并且促进其萌发(王强等,2011;申建红等,2011;刘永等,2006;徐治国等,2006)。不同种类植物及其种子或果实的耐水淹能力也不尽相同,水淹后植物种子的萌发对植物群落的恢复和重建具有积极意义(申建红等,2011)。在湿地生态系统中,生物类群之间通过食物链相联系(崔丽娟等,2011;陆健健等,2006)。适度降低水位,恢复了水生草本植物群落,为进一步恢复水生动物种群,特别是特色鸟类

种群的发展创造了良好条件,从而丰富了生物多样性,完善了生态系统的组成、结构和功能。如果能长期稳定地维持较低蓄水高度,芦苇、香蒲等水生草本植物的种群也会得到恢复,其发达的根系就会起到很好的固沙和防止沙堤坍塌的效果,为旱柳根系的发育提供良好的环境,大大减轻柳树的倒伏所导致的死亡。

4.1.3 有利于河流湿地生态系统的稳定 大部分旱柳个体在橡胶坝蓄满水时被水体淹没,而降低水位后就显露出来。反复蓄排水,动、植物群落就要不断调整和适应,由于环境状况变化过大,变化的频率过快,必然产生无法适应的结果,导致植物群落的组成和结构出现衰退,生态系统恶化(徐治国等,2006)。

采取降低水位措施的同时,减少蓄排水的频率,就能够形成相对稳定的河流湿地生态系统。

湿地生态系统是具有科研、教育和美学价值等多种功能的生态系统和自然资源,能净化水质,营造野生动物栖息地,提高小环境生物多样性。湿地也是生产力最高的生态系统,每年创造的生态价值是热带雨林的 7 倍,是农田生态系统的 160 倍(孙儒泳,2002),对维护生态平衡、保护生物多样性具有特殊意义(李静等,2012)。

4.2 控制降低水位的不利影响

降低橡胶坝的水位后,草本植物群落会很快覆盖大部分漫滩地,群落在一定程度上得到了恢复。但是其种类组成比较单一,芦苇、香蒲、红蓼、酸模、扁杆荆三棱、辣蓼和荻等观赏价值较高的水生种类的种群和分布面积较小;优势种稗草将会占据 85% 以上的面积,占有绝对优势。若稗的果实和种子量过大,就很容易诱发鼠害(雍仲禹等,2012;吴林,张美文,1998);同时也导致雀类等单一鸟类种群激增(楚国忠和郑光美,1982),可能会对鸟类生物多样性产生不利影响。覆盖率达 8% 的苍耳是入侵恶性杂草,其种子和植株内有毒物质的浸出和植株的腐烂也威胁到河流的水质安全,能直接导致生物多样性的降低(王强等,2011;申建红等,2011),甚至会引起一些珍稀鸟类的死亡,必须采取有效措施对其种群进行控制。还要特别关注空心莲子草种群,本次调查首次发现并有蔓延的趋势,该草本植物也是近年来入侵的恶性杂草,如果控制不力会使物种多样性降低,导致生态灾难(郭连金等,2009;翁伯琦等,2006)。

参考文献

- 陈鹭真,林鹏,王文卿,2006.红树植物淹水胁迫响应研究进展[J].生态学报,26(2):586-593.
- 陈庆伟,刘兰芬,刘昌明,2007.筑坝对河流生态系统的影响及水库生态调度研究[J].北京师范大学学报(自然科学版),(5):578-582.
- 陈婷,2007.水淹对三峡库区岸生植物野古草和秋华柳茎通气组织及不定根形成的影响[D].重庆:西南大学.
- 楚国忠,郑光美,1982.麻雀繁殖期食性研究[J].动物学研究,(4):371-383.
- 崔丽娟,宋洪涛,赵欣胜,2011.湿地生物链与湿地恢复研究[J].世界林业研究,24(3):6-10.
- 郭连金,徐卫红,孙海玲,等,2009.空心莲子草入侵对乡土植物群落组成及植物多样性的影响[J].草业科学(7):137-142.
- 何让,2015.三种藤本植物的耐涝性研究[D].成都:四川农业大学.
- 何英,任小锋,徐婵娟,等,2015.水库放水对剑鸳繁殖的影响研究[J].现代农业科技,(11):270-276.
- 何缘,2008.红树林生态恢复研究[D].厦门:厦门大学.
- 胡一三,缪凤举,曲少军,等,2001.小浪底水库运用初期三门峡水库防洪运用分析[J].泥沙研究,(2):25-28.
- 李静,姜冰冰,王飞宇,等,2012.北京市杨镇一中人工湿地设计及污水处理效果[J].湿地科学,10(1):102-108.
- 林金成,强胜,2006.空心莲子草对南京春季杂草群落组成和物种多样性的影响[J].植物生态学报,30(4):585-592.
- 刘登伟,延军平,2008.秦岭南北径流变化特征对比分析[J].干旱区资源与环境,(11):62-67.
- 刘永,郭怀成,周丰,等,2006.湖泊水位变动对水生植被的影响机理及其调控方法[J].生态学报,26(9):3117-3126.
- 陆健健,何文珊,童春富,等,2006.湿地生态学[M].北京:高等教育出版社.
- 锥望余,赵海生,王玲,2013.西安浐灞河橡胶坝运行及养护管理研究[J].陕西水利,(2):59-61.
- 马聪,2016.西安市浐灞生态区橡胶坝工程建设对地下水渗流场影响的初步研究[D].西安:长安大学.
- 马新萍,白红英,侯钦磊,等,2012.1959年至2010年秦岭灞河流域径流量变化及其影响因素分析[J].资源科学,34(7):1298-1305.
- 申建红,曾波,类淑桐,等,2011.三峡水库消落区4种一年生植物种子的水淹耐受性及水淹对其种子萌发的影响[J].植物生态学报,(3):237-246.
- 孙儒泳,李庆芬,牛翠娟,等,2002.基础生态学[M].北京:高等教育出版社.
- 孙夏利,2010.西安浐灞生态区橡胶坝库区渗漏量及生态需水量研究[D].西安:西安理工大学.
- 孙小军,2007.浐灞河生态区橡胶坝库区泥沙冲淤演变研究[D].西安:西安理工大学.
- 王军,2001.浅析古都长安水系衰竭的原因及其思考[J].西北建筑工程学院学报(自然科学版),18(4):97-100.
- 王强,袁兴中,刘红,等,2011.水淹对三峡水库消落带苍耳种子萌发的影响[J].湿地科学,9(4):328-332.
- 王文泉,张福锁,2001.高等植物厌氧适应的生理及分子机制[J].植物生理学通讯,37(1):63-70.
- 王哲宇,2014.九种木本植物幼苗的淹水胁迫生理特征研究[D].南京:南京林业大学.
- 翁伯琦,林嵩,王义祥,2006.空心莲子草在我国的适应性及入侵机制[J].生态学报,(7):2373-2381.
- 吴林,张美文,1998.洞庭湖区东方田鼠的食物组成调查[J].兽类学报,(4):43-52.
- 徐蒂,2013.底泥的淤升及其理化性质对红树林群落退化的影响[D].长沙:中南林业科技大学.
- 徐志嫻,刘维,张建丰,2011.基于流域不同特征的浐灞河生态系统健康评价[J].杨凌:西北农林科技大学学报(自然科学版),(8):215-223.
- 徐治国,何岩,闫百兴,等,2006.营养物及水位变化对湿地植物的影响[J].生态学杂志,25(1):87-92.
- 杨川,2009.灞河橡胶坝库区淤满年限及浐河河道演变分析[D].西安:西安理工大学.
- 殷淑燕,黄春长,2008.唐代长安与洛阳都城水旱灾害对比研究[J].干旱区资源与环境,(11):78-83.
- 雍仲禹,张美文,郭聪,等,2012.洞庭湖区东方田鼠夏季迁移期在防洪堤坝上的食性[J].中国媒介生物学及控制杂志,23(1):10-14.
- 郑晓光,高峻,2017.新中国第一次水电建设高潮的历史考察[J].党史研究与教学,(2):50-58.
- 周建军,林秉南,2003a.从历史看潼关高程变化[J].水力发电学报,(3):40-49.
- 周建军,林秉南,2003b.从三门峡水库的运行看潼关高程的变化[J].水力发电学报,(3):59-67.
- 周建军,林秉南,2003c.从三门峡水库水沙条件变化看潼关高程[J].水力发电学报,(3):50-58.
- 朱玲,2006.西安放眼浐灞生态区[J].陕西水利,(1):19-20.
- P Insausti, AA Grimoldi, EJ Chaneton, et al, 2001. Flooding induces a suite of adaptive plastic responses in the grass *Paspalum dilatatum* [J]. New Phytologist, 152(2):291-299.
- TD Colmer, MCH Cox, L Voesenek, 2006. Root aeration in rice (*Oryza sativa*): Evaluation of oxygen, carbondioxide, and ethylene as possible regulators of root acclimatizations [J]. New Phytologist, 170:767-777.
- V Vasellati, M Oosterheld, D Medan, et al, 2001. Effects of Flooding and Drought on the Anatomy of *Paspalum dilatatum* [J]. Annals of Botany, 88(3):355-360.

**Influence of Rubber Dams on the *Salix matsudana* Community
in the Bahe River Wetland of Xi'an**

DU Xi-chun

(School of Biological and Environmental Engineering, Xi'an University, Xi'an 710065,P.R.China)

Abstract: Bahe River is the main river of the Chan-Ba National Ecological District in Xi'an. The *Salix matsudana* community has been an important vegetation type and representative landscape in the Bahe River basin since ancient times. To develop water-oriented eco-tourism, a number of cascaded rubber dams were built in the Bahe River basin to raise the water level and improve the landscape, but increased flooding frequency in some sections has sharply decreased the area inhabited by *S. matsudana*. The objective of this study was to determine the reasons for *S. matsudana* decline and recommend countermeasures to guide rubber dam operation and wetland management. The investigation was carried out between rubber dams A and B in early June and late August of 2014. Diameter at breast height (DBH), lodging, bark cracking and survival rate of *S. matsudana* were measured and found to differ significantly in different sections of the study area. While *S. matsudana* grew well in the upper reach of the study area, where the willows are not affected by the operation of rubber dams, the *S. matsudana* community in the middle and lower reaches of the study area was in crisis, with serious lodging, bark cracking and high mortality rate. The mortality rate of *S. matsudana* was positively correlated with lodging and bark cracking and these are the direct cause of the high mortality of *S. matsudana*. Therefore, stabilizing the wetland ecosystem would benefit *S. matsudana* and reduce the mortality. Specific recommendations include decreasing the water level, lengthening the water storage-drainage cycle and reducing water velocity during drainage.

Key words: *Salix matsudana*; lodging; bark cracking; tree mortality; rubber dams; Xi'an Chan-Ba National Ecological District