

乌裕尔河 1951 – 2015 年径流量变化对 扎龙盐沼演替的影响

罗金明, 王永洁, 柏林, 刘复刚

(齐齐哈尔大学 理学院, 黑龙江 齐齐哈尔 161006)

摘要: 使用 Mann – Kendall 和滑动 t 检验方法探讨了乌裕尔河流域径流量的变化对扎龙湿地演替的影响。结果表明:扎龙湿地迅速退化与乌裕尔河流域径流量的变化密切相关。乌裕尔河中下游的径流量自 20 世纪 80 年代初显著性减少。上游来水进入湿地的径流量从 20 世纪 60 年代的 $8 \times 10^8 \text{ m}^3$ 迅速减少至 21 世纪的不足 $3 \times 10^8 \text{ m}^3$, 最低年份不足 $1 \times 10^8 \text{ m}^3$ 。径流减少导致扎龙湿地持续干旱缺水, 并使湿地水质迅速恶化和大面积沼泽退化消失。1979 年扎龙湿地盐渍土面积为 150 km^2 , 到 2014 年盐渍土面积增加到 245 km^2 以上。扎龙湿地大部分水体属于富营养化水体, 部分区域达到极富营养化程度, 并且整体上呈现恶化的趋势。长期干旱的胁迫将削弱扎龙湿地的生态功能, 甚至影响整个松嫩平原西部的生态安全。

关键词: 径流量变化; 干旱胁迫; 突变理论; 土壤盐渍化; 乌裕尔河

中图分类号: P331; X143

文献标识码: A

文章编号: 1672-643X(2018)04-0001-06

Influence of the runoff variation in Wuyur River catchment from 1951 to 2015 on the succession of the Zhalong saline marsh

LUO Jinming, WANG Yongjie, BAI Lin, LIU Fugang

(College of Sciences, Qiqihar University, Qiqihar 161006, China)

Abstract: Runoff variation in the Wuyur River catchments and its influence on the succession of the Zhalong saline marsh were analyzed using Mann – Kendall test and moving t – test method. The results indicated that rapid degradation of the marsh was closely correlated with the runoff amount variation in Wuyur River Catchment. The runoff entering the wetland was significantly decreased since 1980s, i. e., the runoffs decreased from $8 \times 10^8 \text{ m}^3$ in 1960s to less than $3 \times 10^8 \text{ m}^3$ in 21st century, with the lowest $1 \times 10^8 \text{ m}^3$. Runoff amount decreasing in Wuyur River catchments resulted in sustained drought and water shortage in Zhalong Wetland, and thereby induced to water quality severe deterioration and large area of marsh disappear. For example, the area of saline soil significantly increased from 150 km^2 in 1979 to 245 km^2 in 2015 in the Zhalong wetland. Most water body in the wetland reached a level of eutrophication status, even to be severe rich level in some areas, and the water in the wetland is generally getting worse. Long – term drought would impair the ecological function of the Zhalong wetland and even impact on the ecological safety of the whole western region of Songnen Plain.

Key words: runoff variation; drought stress; catastrophe theory; soil salinization; Wuyur River

1 研究背景

湿地系统对于地表的稳定和发展具有十分重要的意义。近年来全球的湿地迅速消失引起人们格外的关注。气候干旱是导致全球湿地面积持续减少的

重要原因^[1], 降雨量的减少导致许多半干旱区域的河流沼泽退化成旱地^[2], 水量平衡的变化对下游区域土壤的盐沼演替产生显著影响^[3]。20 世纪 50 年代, 埃及尼罗河上游修建阿斯旺大坝导致下游大面积沼泽变成次生盐渍化土壤^[4]; 20 世纪 60 年代, 我

收稿日期: 2018-02-26; 修回日期: 2018-04-03

基金项目: 国家自然科学基金项目(41771250); 国家重点研发计划项目(2016YFC0501201); 黑龙江省省属高等学校基本科研业务费科研项目(135209248, 135109231)

作者简介: 罗金明(1977-), 男, 四川成都人, 博士, 教授, 从事盐沼湿地演替与水盐运移研究。

国华北地区黄淮海平原次生盐渍化发生与上游河流的截流密切相关^[5]。

东北地区松嫩平原发育了我国大部分的内陆盐沼湿地^[6]。近年来,本地区大面积沼泽湿地退化消失转变成盐渍化土壤。统计表明,松嫩平原西部的盐渍土面积达 $2.57 \times 10^6 \text{ hm}^2$ (占整个区域的 23%),并且近年来还在以每年 2% 的速度增加^[7]。以黑龙江省中西部地区为例,20 世纪 90 年代这个地区的盐渍土面积为 $2.43 \times 10^4 \text{ hm}^2$,到 2015 年已经增加到 $2.78 \times 10^4 \text{ hm}^2$ 。本地区土壤盐渍化发展与气候的变化以及人类活动密切相关^[8]。从气候条件来看,松嫩平原中西部气候属于温带半湿润—半干旱区,年潜在蒸发量是降雨量的 2~4 倍,这种环境变化导致降雨量的变化直接影响本地区土壤的形成与发展演替方向。另一方面,近年来本地区受人类活动影响日益增强,大量的水利工程,使本地区难以得到流域上游来水的充分补给^[9]。20 世纪 70 年代,乌裕尔河流域上游修建水库导致其每年进入湿地的水流量从 20 世纪 60 年代的 $8 \times 10^8 \text{ m}^3$ 迅速减少至近年来的不足 $3 \times 10^8 \text{ m}^3$ 。来水量减少导致扎龙湿地 130 km^2 原生芦苇沼泽湿地退化消失^[8],盐渍化区域的面积增加至 1420 km^2 ^[10]。已有研究对于本地区盐沼湿地迅速退化演变成盐渍化土壤的原因进行了分析^[7-10],但是尚缺少从流域尺度探讨流域径流的变化对于流域下游湿地退化的影响。

本研究使用 Mann-Kendall 检验和滑动 t 检验等方法,探讨了 1951—2015 年乌裕尔河流域径流量的变化特征以及对扎龙湿地演替的影响。研究结果有助于了解本地区湿地的退化机理,可为湿地的保护提供参考。

2 材料与方法

2.1 研究区概况

研究区位于黑龙江省西部地区齐齐哈尔市(松嫩平原西部),属于乌裕尔河流域下游。乌裕尔河发源于小兴安岭自东北向西南流淌,进入松嫩平原地区后因地势低洼,变成了无尾河,在齐齐哈尔市东部发育了大面积原生芦苇沼泽湿地(扎龙湿地, $124^{\circ}00'E \sim 124^{\circ}30'E$, $46^{\circ}55'N \sim 47^{\circ}35'N$)。扎龙湿地位于温带半湿润—半干旱季风气候带,多年平均年降雨量 410 mm(70% 的降雨集中在 7 月和 8 月期间)。浅层地下水和地表水阴离子以 HCO_3^- 为主,阳离子以 Na^+ 和 Ca^{2+} 为主,属于 HCO_3^- — Na 型弱矿化度地下水类型^[11]。大面积的芦苇沼泽(尤其是核

心区)成为包括丹顶鹤在内的多种珍稀水禽的栖息地。近年来,气候的变化以及人为不合理的利用,导致整个流域水环境发生显著性的变化,流域下游大面积沼泽退化^[8]。

本研究收集乌裕尔河流域上游(北安站, $125^{\circ}30'E$, $47^{\circ}50'N$)和乌裕尔河下游(扎龙湿地入口—农安桥站, $124^{\circ}26'E$, $47^{\circ}35'N$)近 65 年的径流量数据,分析流域径流的变化特征。

2.2 旱涝程度界定

根据文献[12]的研究结论,扎龙湿地 5 月份理想蓄水量为 $5.6 \times 10^8 \text{ m}^3$ 。本文把每年 5 月湿地的平均蓄水量与理想蓄水量 S 进行比较来确定旱涝程度:

蓄水量 $> 120\% S$, 大涝; $120\% S > \text{蓄水量} > 100\% S$, 偏涝; $100\% S > \text{蓄水量} > 75\% S$, 正常; $75\% S > \text{蓄水量} > 50\% S$, 偏旱; 蓄水量 $< 50\% S$, 大旱。

降雨量数据来自于齐齐哈尔市气象局统计数据,湿地蓄水量依据农安桥入口以及来自双阳河流入的径流量和滨州线出口水量之差得到,数据来自齐齐哈尔市水文监测局。

2.3 M-K 突变检测与滑动 t 检验

本文使用 Mann-Kendall (M-K) 方法检验研究区近 65 年来降雨量和径流量是否发生显著变化。考虑到 M-K 突变检测的局限性,本文结合滑动 t 检验是通过考察两组样本平均值的差异是否显著来检验突变。本文选择步长为 5 年作为检验。使用 Matlab 计算 M-K 突变检测与滑动 t 检验,以 < 0.05 作为环境变量发生显著性变化的临界水平,则 M-K 检测突变临界值为 ± 1.96 ,而滑动 t 检验突变临界值为 ± 2.46 。

2.4 水体富营养化指标

本研究选用幂函数加和模型(EI)进行扎龙湿地水质富营养化特征评价^[13],探讨流域径流量的急剧减少对扎龙湿地水体富营养化的关系。水体富营养化指标包括总氮(TN)、总磷(TP)、 COD_{Mn} 和 BOD_5 ,通过层次分析法确定各指标的权重,并得到 EI 指数。把水体 EI 分值分为以下 5 个等级:1 级为贫营养化;2 级为中营养化;3 级为富营养化;4 级为重富营养化;5 级为极富营养化。

3 结果与讨论

3.1 降雨的变化

图 1 为 1951—2015 年扎龙湿地降雨量、M-K 检验以及 5 年滑动 t 检验图。由图 1(a)可以看出,

扎龙湿地的降雨量在 20 世纪 50 年代初、60 年代中期、70 年代中期、80 中期—90 中期、21 世纪初以及 2010 年以后的时间段为降雨量的低谷期,而在 20 世纪 50 年代中期、70 年代末—80 年代中期、1998 年前后、2005 年前后以及 2010 年前后的降雨量都在多年平均降雨量(410 mm)以上。通过 M-K 检验表明(图 1(b)),降雨量的整个 UB 和 UF 统计变量处于波动变化的特征,并没有表现出明显的增加或者减少的趋势,并且 UB 和 UF 统计变量都在 0.05 显著性区间内。滑动 t 检验结果(图 1(c))没有发现显著的突变时间节点。由此可见,近年来研究区的降雨量没有显著性的减少。

3.2 径流量变化

图 2 为乌裕尔河上游北安站 1951—2015 年径流量变化、M-K 检验和 5 年滑动 t 检验图。从图 2(a)可以看出,乌裕尔河上游北安站的径流量变化

可以分为两个时段:20 世纪 50 年代—20 世纪 70 年代和 20 世纪 70 年代以后。第一个时段的平均径流量($10.48 \times 10^8 \text{ m}^3$)明显高于第二个时段($6.51 \times 10^8 \text{ m}^3$)($F = 16.10, t < 0.001$)。结合 M-K 检验和滑动 t 检验的结果可知,1968—2015 年上游地区的径流量比 1951—1967 时段显著减少。这种现象可能与 20 世纪 50—60 年代小兴安岭森林砍伐,破坏了流域发源地的产流过程相关。

从图 3 可见,乌裕尔河中下游(农安桥)的径流量整体上表现为震荡式减少的特征。20 世纪 50 年代的径流量可以达到 $8 \times 10^8 \text{ m}^3$,到 20 世纪 60—80 年代则减少至不足 $6 \times 10^8 \text{ m}^3$,进入 90 年代后则迅速减少至 $5 \times 10^8 \text{ m}^3$ 以下,近年来则下降至 $3 \times 10^8 \text{ m}^3$ 以下。结合 M-K 检验和滑动 t 检验可知,通过农安桥进入扎龙湿地的径流量自 20 世纪 80 年代初显著减少。

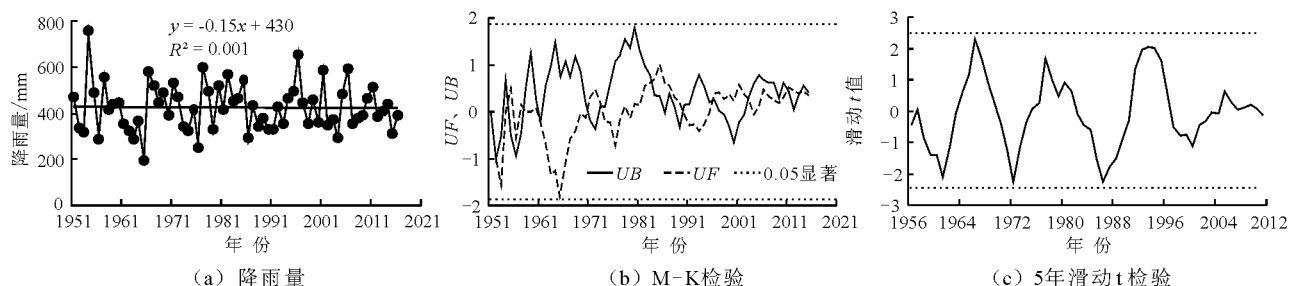


图 1 1951—2015 年扎龙湿地降雨量、M-K 检验和 5 年滑动 t 检验结果变化图

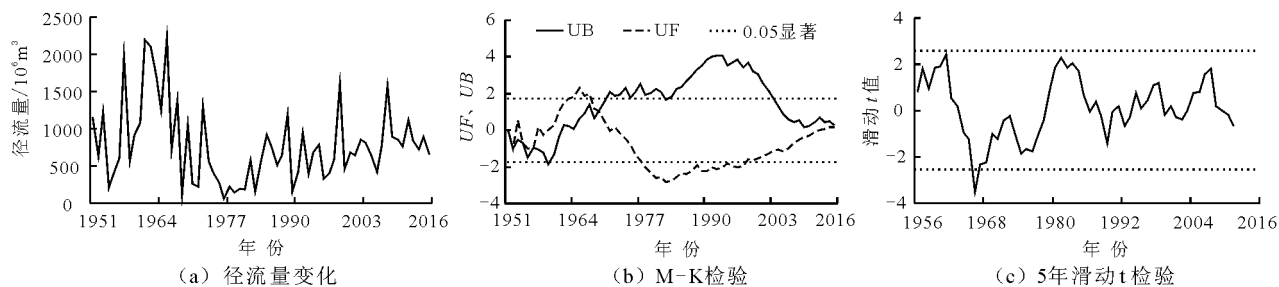


图 2 北安站 1951—2015 年径流量、M-K 检验和 5 年滑动 t 检验结果变化图

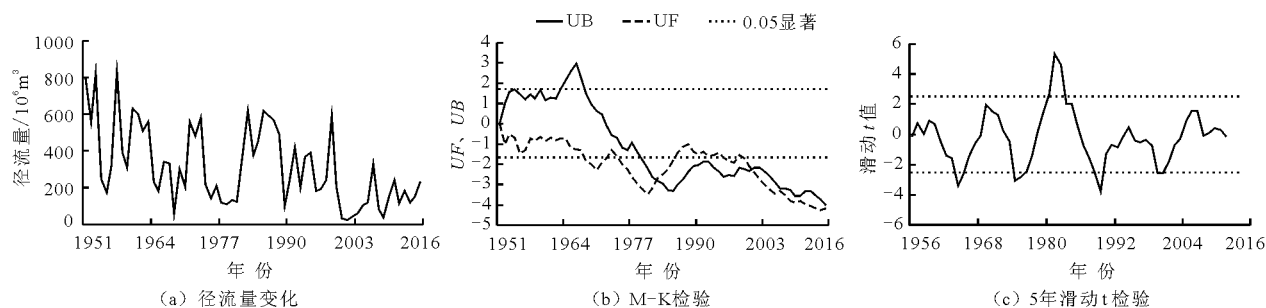


图 3 农安桥站 1951—2015 年径流量、M-K 检验和滑动 t 检验结果变化图

比较流域上游和下游的径流量变化特征可知,在 20 世纪 80 年代以前,湿地上游的水分能够较充分的汇入下游,然而自 20 世纪 80 年代以后,上游的

水分则不能完全流入下游。乌裕尔河流域下游发育大面积芦苇沼泽湿地,维系其正常生态功能所需的 60% 以上水分主要靠上游径流补充^[14]。当大部分

上游径流难以顺畅的进入下游,必然带来下游长期缺水干旱状态,最终导致湿地功能迅速退化。

3.3 流域径流量变化对湿地蓄水量的影响

图 4 为北安站和农安站径流量与湿地蓄水量间的关系图。图 4(a)可以看出,流域上游的径流量在 1980 年以前与扎龙湿地蓄水量呈现显著的正相关关系($R^2 = 0.70, P = 0.001$);但是 20 世纪 80 年代以后上游的径流量与下游湿地蓄水量几乎不相关(图 4(b))。作为湿地入水口(农安桥水文站)的径流量则与湿地蓄水量呈现出显著的线性相关($R^2 = 0.88, P = 0.002$)。由此可知,乌裕尔河流域上中游水环境的变化显著改变了进入下游湿地的水量,导致下游湿地的演替与上游径流量的关系显著削弱。

图 5 为扎龙湿地 1951–2015 年蓄水量图。从图 5 可见,20 世纪 80 年代以前,扎龙湿地蓄水量程度几乎都属于偏湿涝状态,在 20 世纪 80 年代中后期开始几乎所有年份里湿地蓄水量都低于其理想蓄水量,自 21 世纪以来迅速减少至 $3 \times 10^8 \text{ m}^3$ 以下,即使加上人

工生态补水量部分,湿地每年总蓄水量也远远低于湿地理想蓄水量 $5.6 \times 10^8 \text{ m}^3$,即湿地都处于干旱缺水状态。通过对研究区旱涝情况进行统计发现(图 5 和表 1),20 世纪 70 年代以前气候干旱年份占 33%(极端干旱事件仅 2 次,占 9.5%),正常年份占 28.57%,湿涝年份占所统计的 38%(极端湿涝事件仅 2 次,占 9.52%)。1971–2015 期间,湿地大部分年间处于干旱状态(干旱状态的年份所占比例高达 70%),湿涝年所占比例不到 20%,与 1951–1970 年期间的旱涝分布存在显著的差异。可见,20 世纪 70 年代以后研究区长期处于干旱缺水状态(1998 例外)。

从图 6 可见,湿地水面面积与蓄水量呈显著正相关的线性关系($R^2 = 0.72, P < 0.05$)。由于湿地蓄水量持续减少且处于干旱缺水状态,必然导致湿地发育的沼泽面积迅速减少同时导致湿地水质恶化。研究表明,自 21 世纪以来扎龙湿地明水面减少 46%,湖泊和水库的面积减少 16%^[15],本文的结果也证实了该结论。

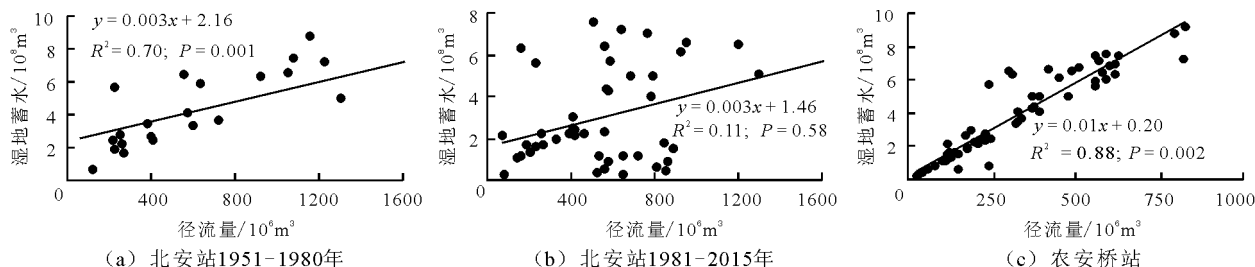


图 4 北安站和农安桥站的径流量与湿地蓄水量的关系

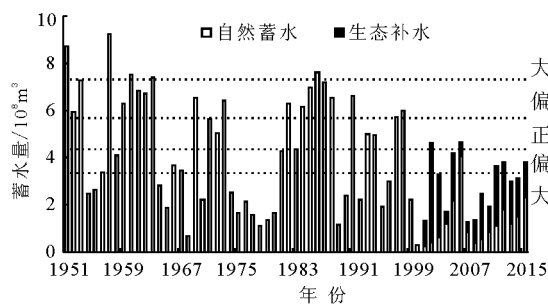


图 5 扎龙湿地 1951–2015 年的蓄水量变化

表 1 研究区近 65 年不同干旱程度的统计结果

干旱等级	1951–1970		1971–2015	
	频次	比率/%	频次	比率/%
大涝	2	9.52	1	6.51
偏涝	6	28.57	5	13.04
正常	6	28.57	9	19.57
偏旱	5	23.81	20	43.48
大旱	2	9.52	6	17.39

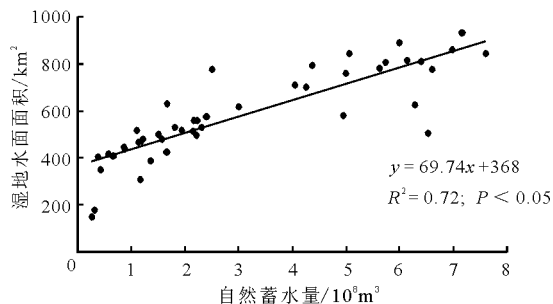


图 6 湿地蓄水量与明水面面积的关系

通过 M–K 检验表明 UB 和 UF 统计变量呈持续减少的变化特征(图 7(a)),并且在 1974 和 1981 出现突变点,说明扎龙湿地自 1980 年代以后蓄水量出现显著减少;滑动 t 检验检测到研究区 1964、1974 以及 2000 年左右湿地蓄水量存在突变点(图 7(b))。结合上述二者检测结果可知,扎龙湿地蓄水面在 20 世纪 80 年代发生了显著性减少。

综上所述,在人类活动强烈的影响下,乌裕尔河

流域(包括扎龙湿地)的生态水文过程发生了显著的变化,扎龙湿地的来水量大大减少,从而导致湿地缺水越来越严重,缺水年也明显增多,湿地长期表现出干旱缺水 and 退化的状态。学者 Qiu^[19] 在《Nature》刊文预测 21 世纪接下来的 20 年里我国东北地区还将有大面积天然盐沼湿地变成“旱”地。

3.4 干旱对湿地的影响

盐沼湿地旱化的结果导致本地区发生大面积次生盐渍化现象^[16-17]。图 8 为扎龙湿地 1979 – 2017 年近 40 年盐渍土面积的变化情况。从图 8 可知,1979 年扎龙湿地盐渍土面积为 170 km²,21 世纪以来增加大 200 km² 以上,到 2017 盐渍化面积增加到 245 km²,而且相当部分盐渍化土壤分布在湿地的核心区(图 8(b))。

干旱缺水对湿地另外一个典型影响是导致湿地

的水质迅速恶化^[18]。表 2 是研究区水体富营养化指标的变化趋势。由表 2 可知,该地区的水体富营养化程度较严重,且逐渐趋于恶化的趋势。总氮(TN)的含量都属于 IV 水质标准或者 V 级标准。TP 的含量从 1993 年的 0.10 mg/L 增加到 2008 年的 0.34 mg/L(达到 V 类水质)。BOD₅ 含量也都属于 IV/V 类水质。

图 9 从空间上揭示了扎龙湿地 2011 年水体综合指数特征。可见,湿地水质指数呈现从核心区向外逐渐增加的变化趋势,而且大部分区域的水质处于富营养化状态,位于湿地东部的缓冲区地带已经处于重富营养化状态。尽管,湿地核心区的水质富营养化程度较轻,但是核心区边缘地带的水质则较严重,尤其是受人类活动影响较严重的缓冲区以及核心区边缘。

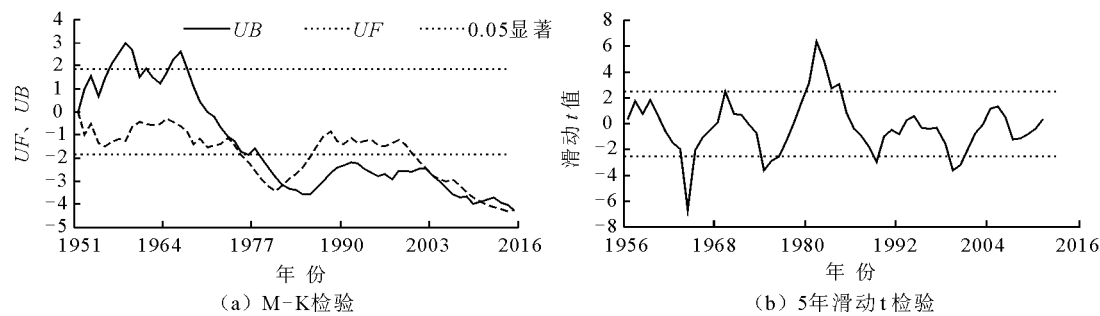
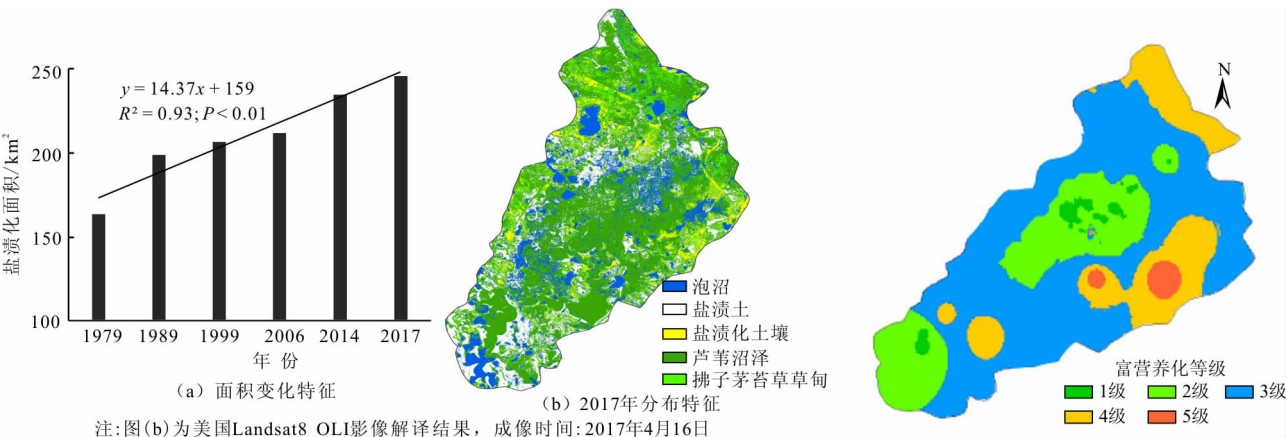


图 7 扎龙湿地 1951 – 2015 年蓄水量的 M – K 检验和 5 年滑动 t 检验结果图



注:图(b)为美国Landsat8 OLI影像解译结果,成像时间:2017年4月16日

图 8 扎龙湿地近 40 年来盐渍土面积的变化特征

图 9 湿地 2011 年水体富营养化指数的空间格局

表 2 近 20 年来扎龙湿地水体富营养指标变化										mg/L
项目	1993	1995	1996	1999	2000	2004	2006	2008	2010	2011
TN	2.51 ^V	1.91 ^V	4.83 ^V	1.31 ^{IV}	2.52 ^{IV}	2.78 ^{IV}	1.95 ^{IV}	1.36 ^{IV}	3.14 ^V	1.25 ^{IV}
TP	0.10 ^{II}	0.26 ^{IV}	0.18 ^{III}	0.10 ^{II}	0.10 ^{II}	0.18 ^{III}	0.21 ^{IV}	0.34 ^V	0.23 ^{IV}	0.26 ^{IV}
COD _{Mn}	25.02 ^{IV}	24 ^{IV}	41.19 ^V	21.51 ^{IV}	33.65 ^V	28.45 ^{IV}	22.35 ^{IV}	10.54 ^{II}	21.14 ^{IV}	15.45 ^{III}
BOD ₅	3.75 ^{III}	4.27 ^{IV}	27.05 ^V	12.2 ^V	11.68 ^V	15.68 ^V	12.46 ^V	5.46 ^{IV}	8.25 ^V	6.56 ^V

注:角标表示参照 GB3838 – 2002 水质标准的等级。

扎龙沼泽是黑龙江西部重要的原生芦苇沼泽湿地,同时还是包括丹顶鹤在内的多种珍稀水禽的栖息地和繁殖地。湿地的持续退化不仅影响着各种珍稀水禽种群规模,也将威胁着整个区域生态环境的安全。湿地持续干旱缺水引起的退化应该引起政府和湿地管理者的重视,增强湿地保护力度,减缓湿地退化步伐。

4 结 论

使用 Mann - Kendall 检验和滑动 t 检验方法探讨了近 65 年(1951 - 2015 年)乌裕尔河流域径流量的变化对扎龙湿地演替的影响。得到如下结论:

(1)扎龙湿地迅速退化与乌裕尔河流域径流量的变化密切相关。近年来,研究区降雨量并没有显著减少,但是流域下游的径流量自 20 世纪 80 年代初出现显著性减少,并导致湿地水面面积与湿地自然蓄水量显著减少(21 世纪以来扎龙湿地明水面面积减少 46%),使湿地长期处于干旱缺水状态。

(2)湿地干旱缺水导致沼泽面积迅速减少同时导致水质恶化和大面积的盐渍化土壤形成。扎龙湿地大部分水体属于富营养化水体,部分区域达到极富营养化程度,并且整体上呈现恶化的趋势。在长期干旱的胁迫下,扎龙湿地的生态功能将受到削弱甚至影响整个松嫩平原西部的生态安全。

致谢:本论文实验过程得到了齐齐哈尔大学地理本科 151 班的刘焱、吴琳琳、蔡红艳、陈鑫和李叶同学的帮助,在此表示感谢。

参考文献:

- [1] GAO Xiang, SCHLOSSER C A, MORGAN E R. Potential impacts of climate warming and increased summer heat stress on the electric grid: a case study for a large power transformer (LPT) in the Northeast United States [J]. *Climatic Change*, 2018, 147: 107 - 118.
- [2] ARNELL N W. Climate change and global water resources [J]. *Global Environmental Change*, 1999, 9(99): S31 - S49.
- [3] 冯夏青,章光新. 自然 - 人为双重作用下扎龙湿地水文情势分析[J]. *资源科学*, 2010, 32(12): 2316 - 2323.
- [4] LIOUBIMTSEVA E, HENEGBRY G. Climate and environmental change in arid central Asia: impacts, vulnerability, and adaptations [J]. *Journal of Arid Environment*, 2009, 73(11): 963 - 977.
- [5] 王遵亲,祝寿泉,俞仁培,等. 中国盐渍土[M]. 北京: 科学出版社, 1993.
- [6] 吕宪国. 中国湿地与湿地研究[M]. 石家庄: 河北科学技术出版社, 2008.
- [7] YANG Fan, AN Huafeng, MA Hongyuan, et al. Variations on soil salinity and sodicity and its driving factors analysis under microtopography in different hydrological conditions [J]. *Water*, 2016, 8(6): 1 - 13.
- [8] WANG Li, SEKI K, MIYAZAKI T, et al. The causes of soil alkalization in the Songnen Plain of Northeast China. *Paddy and Water Environment*, 2009, 7(3): 259 - 270.
- [9] 佟守正,吕宪国,苏立英,等. 扎龙湿地生态系统变化过程及影响因子分析[J]. *湿地科学*, 2008, 6(2): 179 - 184.
- [10] 张玉红,张树清,苏立英,等. 基于 3S 的扎龙湿地土地盐碱化趋势分析[J]. *农业系统科学与综合研究*, 2010, 26(2): 140 - 144.
- [11] WANG Yongjie, LUO Jinming, YE Yajie, et al. Edaphic characterization, water and salt translocation in saline marsh at local scale in Songnein Plain, Northeast China [J]. *Advanced Materials Research*, 2011, 383 - 390, 3744 - 3750.
- [12] 周林飞,许士国,李青山,等. 扎龙湿地生态环境需水量安全阈值的研究[J]. *水利学报*, 2007, 38(7): 845 - 851.
- [13] 李祚泳,汪嘉杨,赵晓莉,等. 富营养化评价的幂函数加和型普适指数公式[J]. *环境科学学报*, 2008, 28(2): 392 - 400.
- [14] FENG Xiaqing, ZHANG Guangxin, YIN Xiongrui. Hydrological response to climate change in Nenjiang river basin, Northeastern China [J]. *Water Resource Management*, 2011, 25(2): 677 - 689.
- [15] WANG Zongming, HUANG Ni, LUO Ling, et al. Shrinkage and fragmentation of marshes in the west Songnen Plain, China, from 1954 to 2008 and its possible causes [J]. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 2011, 13(3): 477 - 486.
- [16] BAI Lin, WANG Cuizhen, ZANG Shuying, et al. Remote sensing of soil alkalinity and salinity in the Wuyu'er - Shuangyang River basin, Northeast China [J]. *Remote Sensing*, 2016, 8(2): 1 - 16.
- [17] 罗金明,尹雄锐,叶雅杰,等. 人为扰动下扎龙湿地土壤环境对水质变化的影响[J]. *土壤通报*, 2014, 45(2): 450 - 456.
- [18] 张玉红,苏立英,于万辉,等. 扎龙湿地景观动态变化特征[J]. *地理学报*, 2015, 70(1): 131 - 142.
- [19] QIU J. China faces up to terrible state of its ecosystems [J]. *Nature*, 2011, 471(7336): 19.