

基于物种生存域的干旱半干旱区地下水与植被关系研究

张 俊, 赵振宏, 马洪云, 王 冬

(中国地质调查局 干旱半干旱区地下水与生态重点实验室, 中国地质调查局西安地质调查中心, 西安 710054)

摘 要:土壤水分和盐分是干旱半干旱区植被生态最直接和最主要的环境因子,是地下水与植被相互作用关系的关键纽带。以宁夏回族自治区盐池县的地下水浅埋区为研究对象,通过野外生态地质调查,获取了每个调查点的植被类型及土壤水分和盐分含量,并以土壤含水率和含盐量为变量,圈划了 5 个优势物种的生存域,并根据不同物种生存域范围叠加图,分析了地下水位下降对植被的影响。生存域叠加图分析表明,地下水位下降将导致研究区植被类型出现以盐蒿—芨芨草—苦豆子—骆驼蓬—沙蒿等优势种为代表的盐生—湿生—旱生—沙生植被类型演替趋势。研究表明,以土壤水盐为变量绘制物种生存域范围图,能形象地刻画干旱半干旱区不同植被物种的适生环境,并可用于预测地下水位变化后植被物种的演替趋势。

关键词:干旱半干旱区; 土壤含水率; 土壤含盐量; 生存域; 植被类型

中图分类号:P641.69

文献标识码:A

文章编号:1005-3409(2014)05-0240-04

Study on Relationship between Groundwater and Vegetation in Arid and Semiarid Region Based on Survival Regions of Plant Species

ZHANG Jun, ZHAO Zhen-hong, MA Hong-yun, WANG Dong

(Key Laboratory of Groundwater and Ecology in Arid and Semi-arid Areas,
CGS, Xi'an center of China Geological Survey, Xi'an 710054, China)

Abstract: Soil moisture and salinity are the most direct and important ecological environmental factors for vegetation in arid and semiarid region, which are critical links of interactions between groundwater and vegetation. Ecological and hydrogeological survey was conducted in field with shallow water table in Yanchi County of Ningxia Hui Autonomous Region. The data of vegetation types and moisture and soil salinity at each investigation point were obtained. Then, moisture and salinity of soil were selected as the variables, survival regions of five dominant species were determined. Survival regions of five dominant species were mapped in a coordinate system to analyze the impact of decline of groundwater table on vegetation. The result indicates that the decline of groundwater table will bring about succession of vegetation types according to the order of halophytic, hygrophilous, xerophytic to sandy vegetation. The result shows that the map of survival regions of plant species is good at describing suitable environment of different vegetation species in arid and semi-arid region. Furthermore, survival regions of plant species can be used to predict the trend of vegetation succession species due to groundwater level change.

Key words: arid and semiarid region; soil moisture; soil salinity; survival regions; vegetation types

干旱半干旱区植被与地下水的关系是生态水文地质学的一项重要研究内容^[1]。在区域尺度上,研究者应用遥感、植被调查方法、水文地质调查等方法,依据统计分析结果,提出了盖度或植物类型与地下水位埋深相关的生态地下水位埋深、适宜地下水位埋深、最

佳地下水位埋深、盐渍临界深度、生态警戒地下水位埋深等概念^[2-4]。然而,地下水位对植被并非直接影响,而是通过影响土壤水分和盐分,对植被产生间接影响^[5-6]。地下水与植被的关系实际上是地下水、土壤和植被三者的相互作用^[7-8]。其中,土壤水分和盐

收稿日期:2013-11-28

修回日期:2014-01-08

资助项目:国土资源公益性行业科研专项“鄂尔多斯盆地水与生态关系研究科研平台建设”(201311076);中国地调局地调项目(1212011121162)

作者简介:张俊(1982—),男,山西太原人,硕士,助理研究员,主要从事水文地质、生态水文地质研究。E-mail:36170038@qq.com

分作为影响植被生态最直接和最主要的环境因子,是地下水与植被相互作用关系的关键纽带,研究干旱区地下水与植被的关系,需要从土壤水盐入手^[9-12],首先对植被生长与土壤水分、盐分等生态因子的关系进行深入分析,这样才能从生态水文地质学角度探讨干旱区地下水与植被的关系^[13]。

干旱半干旱区地下水对植被的影响主要体现在一些滩地、河谷等地下水埋深较浅的低洼地区^[14],这些地区植被以湿生、喜水、耐盐植被为主,地下水开采引起的地下水位下降首先影响该区的土壤水盐环境,继而对这些植被的生存造成影响。在地下水浅埋区,以实地调查为手段,获取不同植被类型生长所需的土壤水分、盐分等生态因子状况,从而确定不同植被生存所必须具备的土壤水分、盐分等限制性生态因子的阈值——即生存域^[15]。由于不同植物物种的生存域范围各不相同,当某一区域的生境条件在外界作用(如地下水开采引起地下水位下降)下发生明显改变,使某一物种生境超出其生存域时,该物种就会消亡,另一些植物物种则可能会出现。如果知道生境条件的变化方向,结合各物种生存域的相对位置,就能进行植物物种演替序列的分析,预测地下水位下降对植被生态的影响,为干旱区地下水资源合理利用和生态环境保护提供依据。

1 研究区概况

研究区位于宁夏回族自治区盐池县,地处鄂尔多斯高原西部。地理坐标 37°40'N, 107°05'E, 海拔约 1 480 m。属温带半干旱大陆性季风气候,年平均降水量 320 mm,蒸发量 2 000 mm。研究区地形总体西高东低,为一东西向长条形梁间洼地。地下水埋深受地形控制,在洼地内埋深较浅,局部以泉水形式出露地表,由东向西汇流,并在低洼地形成湿地、盐碱地。沙生、旱生、中生、湿生、盐生植被均有分布,具备相对完整的干旱区植被空间演替序列。地势较高处为干旱荒漠,土壤类型以风积细砂、粉细砂为主,植被以沙蒿、苦豆子、骆驼蓬等沙生、旱生植被为主。地势低洼处为湿地和盐碱地,土壤类型为粉土、粉质黏土,植被以芨芨草、白刺和盐蒿等湿生和盐生植被为主。

2 研究方法

依托国土资源大调查项目,通过野外生态地质调查,开展典型区生态地质填图,精细刻画典型区内水文地质和植被生态各要素的空间分布特征和变化规律。在研究区内,沿地形地貌、植被分带或地下水埋深变化最大方向,按线距为 1 km 平均布设 10 条调

查路线。每条调查路线按点距 200 m 设置调查点,共调查 123 个点。每个调查点均进行植被样方调查,记录样方内出现的全部植被物种及优势物种,每个样方内采用手工钻钻探至潜水位,记录包气带岩性结构及潜水水位埋深值。每个浅井内,按 20 cm 为间隔分层取土壤含水率、易溶盐样品。土壤含水率样品用铝盒及保鲜膜封装,并在 12 h 内采用烘干法计算含水率。易溶盐样品送实验室委托测试。

以土壤含水率和含盐量(易溶盐含量)为纵横坐标,建立二维平面坐标系。以某一植物物种为单位,将出现该物种的所有样地归为同一类,统计这些样地中 50~100 cm 深度范围内的土壤含水率和含盐量,在平面坐标系内绘制散点图,即可圈划出该物种的生存域。由于该物种出现的样地既包含其适应性较好的情况,又包含了适应性一般和较差的情况,且样地数目具有一定的统计意义,所圈划的生存域能够全面反映该物种的生存范围。每个物种均有一定数量的样地,满足统计分析所要求的样本数量,保证所圈划的生存域能够反映该物种的生存范围。

3 结果与分析

3.1 优势物种生存域

选择典型区内具有代表性的沙蒿、苦豆子、骆驼蓬、芨芨草和盐蒿 5 个优势物种进行分析,绘制得到 5 个优势物种的生存域。

由各物种的生存域图(图 1)可以发现,每一物种的生存域包含了野外调查的多个样地,不同样地该物种地境稳定层内的理化指标组态各不相同,说明该种植物可在多种水、盐条件下生存,不同的水盐条件对同一植物可能有相同的适宜性。物种的生存域图在二维坐标中多为椭圆或近似椭圆,而不是矩形,即说明植物的生存条件不是水、盐因子的简单叠加,而是多个因子对植物的协同作用。

3.2 物种生存阈值叠加分析

将各物种生存阈值空间进行叠加,可生成生存阈值叠加图。将沙蒿、苦豆子、骆驼蓬、芨芨草和盐蒿等优势种群的土壤水盐环境阈值叠加到一张图上,生成优势物种生存域叠加图(图 2)。不同植物物种的生存域不完全重叠,说明区域地境条件异质性的存在决定了种群类型的差异。某一地点可能只适宜几个特定物种的生存,这些物种就组成了该地特定的植物群落,从而形成了植被的分布规律和格局。多个物种生存域范围重叠的部位,说明这一处的水盐条件对这多个物种都是最佳适应,这些物种具有相似的生活习性,要求的水盐宏观条件比较一致,具有共生关系。

各物种的生存域之间可能是相交关系,交集内的地境条件对两物种都适宜,二者可以共生;而交集之外的地境条件只能允许某一物种生存,即二者不能共生。

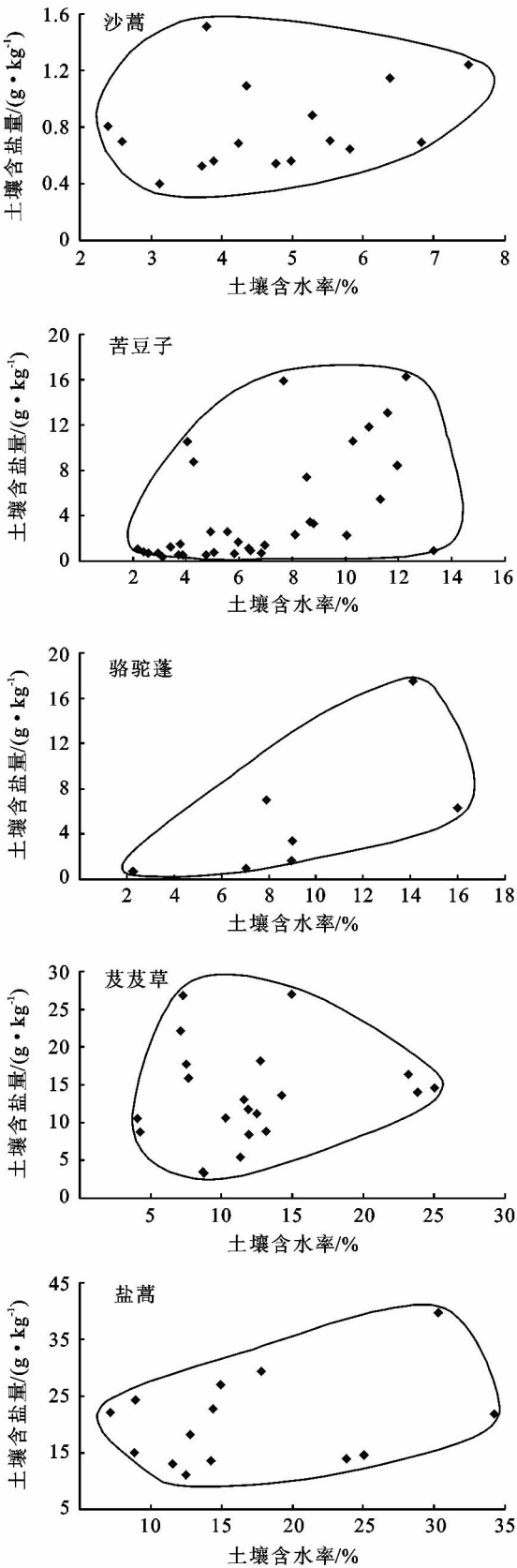


图 1 优势物种生存域图

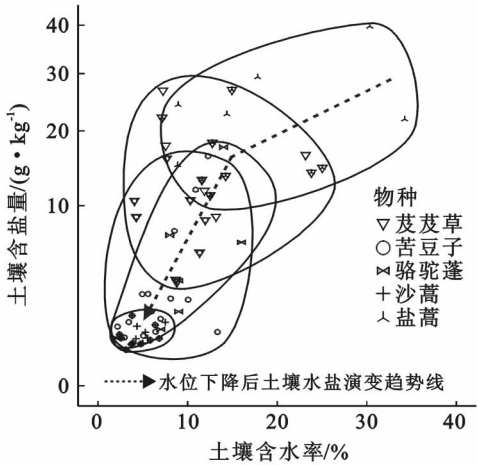


图 2 优势物种生存域及土壤水盐演变趋势

3.3 地下水位下降对植被的影响分析

地下水位下降后,包气带支持毛细水带下移,土壤含水率将降低,同时,地下水位下降后,潜水蒸发作用减弱,盐分由富集作用向淋滤作用转变,土壤含盐量将逐渐降低。地下水位下降初期,土壤含水率随之快速降低,而盐分的淋滤下移需要一定时间。因此,水位下降初期,土壤含水率降低速率大于含盐量降低速率,水位下降后的土壤水盐演变趋势线斜率较小。水位下降后期,土壤含水率下降速率降低,而盐分降低速率变化不大,水位下降后的土壤水盐演变趋势线斜率增大。根据以上分析,以某植被(如盐蒿)所在土壤水盐条件为起点,在生存域叠加图上可绘制出地下水位下降后该植被所在土壤的水盐变化趋势线。

如图 2 所示,沙蒿的生存域范围最小,仅生长于含水率和含盐量均低的沙地环境中,该区内包气带岩性为风积沙,土壤含水率和盐分含量稳定性高,基本不受地下水位变化的影响,地下水位的变化不会引起沙蒿生长环境的改变。因此,地下水开采对沙蒿等沙生植被群落无影响。

苦豆子和骆驼蓬等旱生植被的生存域范围为长条形,其土壤含水率范围窄而含盐量范围较宽,显示其对于干旱环境的适应性较强,对盐分变化的敏感性差,属于旱区广域植被类型,野外调查发现,苦豆子根系深度小于 1 m,主要利用土壤水,基本不依赖地下水,而骆驼蓬根系深度最大可达 3 m,野外发现部分年龄较大的骆驼蓬根系可深入地下水毛细水上升带,因此,部分骆驼蓬的生长对地下水有一定的依赖;据此可推知,地下水位下降对苦豆子群落基本无影响,仅对部分年龄较大的骆驼蓬有影响。

与其他物种相比,芨芨草的生存域范围为椭球状,土壤含水率和含盐量阈值范围相当,且位于生存域图中部,说明其适于在水盐含量适中的地区生长,

野外调查发现,芨芨草一般生长于水位埋深 1.5 m 左右的地带,对地下水位的变化敏感,对地下水的依赖作用明显。因此,地下水位下降对芨芨草群落的影响较大。

盐蒿的生存域范围为长条形,其土壤含水率范围宽而含盐量范围较窄,显示其对土壤含水率的变化不敏感,对盐分具有极强的耐受性,主要生长于高盐环境中,为典型耐盐碱植被。由图 2 还可以看出,地下水位下降初期,土壤水盐演变趋势线基本在盐蒿生存域范围内,其生长不会发生明显变化,水位下降后期,随着盐分含量的降低,将被芨芨草、白刺等植被类型所替代。

综上所述,当地下水位下降后,土壤水盐演变趋势线基本落在优势物种生存域范围内,表明水位下降造成的土壤水盐环境变化未超出优势物种的适应范围,植被生态不会受到破坏,植被类型将出现以盐蒿—芨芨草—苦豆子—骆驼蓬—沙蒿等优势种为代表的盐生—湿生—旱生—沙生植被类型演替序列。

4 结论

土壤水分和盐分作为影响植被生态最直接和最主要的环境因子,是地下水与植被相互作用的关键纽带。以土壤水盐为变量可以绘制出物种生存域范围图,能形象刻画不同物种的适生环境,并可以用来推断物种演替规律,预测地下水位下降对植被的影响。生存域叠加图分析表明,沙蒿、苦豆子和骆驼蓬生长基本不依赖地下水,对地下水位下降不敏感,而芨芨草对地下水位变化敏感,地下水位下降对芨芨草群落的影响较大。盐蒿对地下水位变化不敏感,但随着土壤盐分含量因淋滤作用降低后,将被芨芨草、白刺等植被类型所驱替。地下水位的下降会导致地下水浅埋区植被类型出现以盐蒿—芨芨草—苦豆子—骆驼蓬—沙蒿等优势种为代表的盐生—湿生—旱生—沙生植被类型演替趋势。

传统上,生态环境因子可分为环境因子和生物因子两大类,植被物种的分布与演替规律除受环境因子影响外,还受繁殖体散布、定居优先和种间竞争等生物因子的限制。本文采用的生存域是地质生态学新提出的一个概念,侧重于探讨地质环境因子对物种分布的控制,未充分反映样方内各物种的数量特征。为完善生态域的概念,在今后的研究中,需要将传统植被生态学中反映群落物种数量特征的量化指标,如盖度、多度和重要值等指标引入生态域的研究,为地质

环境与植被生态关系的研究提供更加科学完善的理论支撑。

参考文献:

- [1] 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):1331-1334.
- [2] 金晓媚,万力,薛忠歧,等. 基于遥感方法的银川盆地植被发育与地下水关系研究[J]. 干旱区资源与环境,2008,22(1):129-132.
- [3] 金晓媚. 黑河下游额济纳绿洲荒漠植被与地下水位埋深的定量关系[J]. 地学前缘,2010,17(6):181-186.
- [4] 周绪,刘志辉,戴维,等. 干旱区地下水位降幅对天然植被衰退过程的影响分析[J]. 水土保持研究,2006,13(3):143-145.
- [5] 苏娜,焦菊英,马祥华. 黄土丘陵沟壑区主要群落地上生物量季节变化及其与土壤水分的关系[J]. 水土保持研究,2012,19(6):7-12.
- [6] 李小雁. 干旱地区土壤—植被—水文耦合、响应与适应机制[J]. 中国科学:地球科学,2011,41(12):1721-1730.
- [7] Ma Xiaodong, Chen Yaning, Zhu Chenggang, et al. The variation in soil moisture and the appropriate groundwater table for desert riparian forest along the Lower Tarim River[J]. Journal of Geographical Sciences,2011,21(1):150-162.
- [8] 韩双平,刘少玉,刘志明,等. 玛纳斯河流域地下水—土壤水—植被生态耦合关系试验研究[J]. 南水北调与水利科技,2008,6(6):100-104.
- [9] 杨梅焕,朱志梅,曹明明,等. 毛乌素沙地东南缘不同沙漠化阶段土壤—植被关系研究[J]. 西北农林科技大学学报:自然科学版,2010,38(5):181-192.
- [10] 弋良朋,马健,李彦. 不同土壤条件下荒漠盐生植物根际盐分特征研究[J]. 土壤学报,2007,44(6):1139-1143.
- [11] 周茅先,肖洪浪,罗芳,等. 额济纳三角洲地下水水盐特征与植被生长的相关研究[J]. 中国沙漠,2004,24(4):431-436.
- [12] 文海燕,赵哈林. 退化沙质草地植被与土壤分布特征及相关分析[J]. 干旱区研究,2004,21(1):76-80.
- [13] 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):160-167.
- [14] 张俊,赵振宏,王冬,等. 鄂尔多斯高原地下水浅埋区植被与地下水埋深关系[J]. 干旱区资源与环境,2013,27(4):141-145.
- [15] 徐恒力,汤梦玲,马瑞. 黑河流域中下游地区植物物种生存域研究[J]. 地球科学:中国地质大学学报,2003,28(5):551-556.