

宁东北部 NDVI 时空变化及其影响因素

田 华,李金芳,杨嘉懿,谢祖锋,张 晴,蒲 芳

(西安科技大学 地质与环境学院,陕西 西安 710054)

摘 要:为探究宁东北部植被指数的变化及其影响因素,明确 NDVI 的时空变化规律及其与地下水位埋深、气温、降水量和蒸发量等水文气象因素之间的响应关系,应用 MODIS NDVI 数据结合同时期气象和区域地下水位埋深数据进行统计分析。结果表明:2000—2019 年宁东北部植被指数整体呈现增长趋势(68.41%增长率);区域内植被指数由东南向西北逐渐变大,西北部 NDVI 大于 0.3 的面积增加了 15.63%;NDVI 与气温和降水量呈正相关关系,与地下水位埋深和蒸发量呈负相关关系,在地下水位埋深为 3~4 m 时,植被指数达到最大。研究区植被指数变化受地下水位埋深和气候因素的共同影响,各因素对 NDVI 的影响程度表现为蒸发量>地下水位埋深>降水量>气温。

关键词:宁东北部;NDVI;时空变化;地下水位埋深;水文气象因素

中图分类号:Q948;P339

文献标识码:A

文章编号:1000-0852(2022)03-0102-07

0 引言

植被在一定程度上代表了土地覆盖的变化,是衡量气候和人为因素对环境影响的重要指标^[1-2]。归一化植被指数(NDVI)作为一种监测植被生长变化的因子,可反映地表的植被覆盖程度^[3-4],用于评价地表植被生态^[5-6]。目前,NDVI 已经被广泛用于区域植被变化研究,基于遥感数据可查明不同植被类型 NDVI 与地下水及各气象因子之间均存在一定的联系^[7-8],地下水以及气象因子中的温度、降水、蒸发等更是影响干旱区植被生长的重要因素^[9-11]。局部地区植被与地下水关系研究表明,植被生态与地下水埋深高度表现为反相关,如在民勤绿洲,埋深越小时植被发育越好^[12]。王超^[13]等在呼伦贝尔草原露天矿区研究发现适宜植被生长的地下水位埋深为 1~2 m。LV^[14]等人将遥感 NDVI 数据与数字高程模型(DEM)及地下水水位数据结合起来,得到了鄂尔多斯盆地海流兔河流域植被与地下水水位埋深的相互关系。同时,许多学者探讨了气象因素对植被的影

响。PARUELO JM^[15]等研究了北美灌丛和草原 NDVI 年际变化与气候之间的关系。YANG L^[16]等研究了 1989—1993 年北美草原 NDVI 和气象因子间的关系,结果表明,不同地区影响植被生长发育的主控因子不同。李芳^[17]等基于 MODIS NDVI 数据,运用相关分析法分析了张掖市植被 NDVI 与气温、降水、日照时数和蒸发量的相关性和滞后性,其中 NDVI 对蒸发量的响应最明显。而在部分西北地区,降水则是影响植被覆盖和空间分布的主导气候因子^[18]。

银川宁东北部深居内陆,属中温带干旱区^[19],大陆性气候十分典型,气候干旱,地表植被覆盖率低,生态环境脆弱^[20],区内植被指数变化及其与水文气象要素之间的响应关系研究对于该地区生态环境的保护具有重要意义。因此,选取 2000—2019 年的 MODIS NDVI 数据,研究宁东北部植被指数的时空变化特征,探讨地下水位埋深、气温、降水、蒸发等因素对植被指数

1 研究区概况

研究区位于宁东能源化工基地北部(北纬 38°00′~38°10′,东经 106°30′~106°45′),属宁夏回族自治区银川市管辖,总面积约 406 km²。区内分布有梅花井、羊场湾、英子梁、丁家梁、清水营、灵新等几处煤田(见图 1)。属中温带内陆干旱气候区,常年干旱少雨、蒸发强烈、日照充足、辐射较强^[21]。年平均降水量 215.57 mm,多集中在 6—9 月,占全年降水量的 71.18%。年平均蒸发量 1389.78 mm,多集中在 4—8 月,占全年蒸发量的 64.86%。西邻黄河,区内常年性地表径流仪大河子沟,全长 65 km。区内主要有低山丘陵、沙地和黄土丘陵三种地貌类型,地形呈东北、西南高,西北偏低,区域生物量低、植被低矮、稀少,恢复困难,草地以荒漠草原和草原带沙生植被为主,无天然森林,广泛分布有多年野生草本植物,间有半灌木、灌木。

2 数据与方法

2.1 数据来源

植被数据由地理空间数据云(<http://www.gscloud.cn>)和美国航空航天局 NASA(<https://www.nasa.gov/>)获取。选用 2000—2019 年植被生长旺盛的 7—9 月份 MOD13Q1 数据产品共 120 幅影像,具有 250 米的空间分辨率以及 16 天的时间分辨率,运用 ENVI、ArcGIS 等软件对影像进行投影转换、几何校正、裁剪等处理,最后输出 NDVI 数值并计算出每幅影像的平均值。

地下水位埋深数据来自于宁夏回族自治区水文环境地质勘察院水文地质勘察所水位统测数据,通过 MAPGIS 插值后得到与 MODIS NDVI 分辨率一致的同期地下水位埋深网格数据。

气象数据由中国气象数据网(<http://data.cma.cn>)下载统计,选取工作区附近惠农、银川、陶乐、盐池站



图 1 研究区相对位置

Fig.1 Relative location of study area

2000—2019 年 NDVI 同期气温和降水蒸发资料。

2.2 研究方法

2.2.1 归一化植被指数(NDVI)

NDVI 由于对植被的生长非常敏感,常被用来表示植被的动态变化,也用于分析季节性植被变化与年际间植被变化。NDVI 的取值范围为-1.0~1.0。NDVI 值大于 0 时,越接近 1 表示植被长势越好,植被覆盖度越高;NDVI 值等于 0 或者有略微浮动时,表示基本无植被生长;NDVI 小于 0 时,代表该处为水体^[22]。

2.2.2 一元线性回归分析

通过一元线性回归分析法对 2000—2019 年研究区 NDVI 随时间的变化速率进行计算^[23]。

$$\theta slope = \frac{n \times \sum_{i=1}^n i \times NDVI_i - \sum_{i=1}^n i \sum_{i=1}^n NDVI_i}{n \times \sum_{i=1}^n i^2 - \left(\sum_{i=1}^n i \right)^2} \quad (1)$$

式中:变量 n 为年序号,为研究的时间序列长度 20,取值范围为 1~20;NDVI_{*i*} 为第 i 年的年均 NDVI 或季节平均 NDVI,如果 $\theta slope > 0$,说明 NDVI 变化趋势是增加,反之则减少,具体分为显著减小($\theta slope < -0.01$)、轻度减小($-0.01 < \theta slope < -0.005$)、基本不变($-0.005 < \theta slope < 0$)、轻度增加($0 < \theta slope < 0.005$)、显著增加($\theta slope > 0.005$)5 类^[24]。

3 结果与讨论

3.1 NDVI 时空变化特征

3.1.1 NDVI 年际变化趋势

由图 2 可知,区内植被指数(0.13~0.27)低于陕北

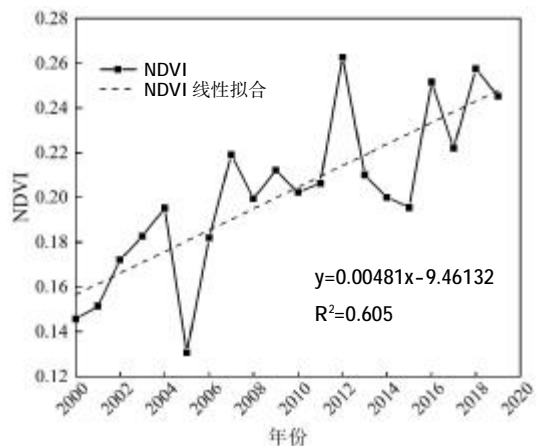


图 2 2000—2019 年 NDVI 变化趋势

Fig.2 Variation trend of NDVI from 2000 to 2019

地区的年均 NDVI 值(0.4~0.65)^[25],与近年来宁夏植被指数的年际变化规律一致^[26]。其中最大值出现在 2012 年(0.27),最小值在 2005 年(0.13)。NDVI 平均

值年际变化整体呈现上升趋势,可以分为三个增长阶段:2000—2004 年稳步增长;2005—2012 年涨幅最大;2013—2019 年呈波浪式上升,波动较大。

采用一元线性回归分析法计算各阶段 NDVI 随时间变化的线性回归系数 $\theta slope$ 。结果表明,2000—2019 年 NDVI 的变化速率 $\theta slope$ 均大于 0,三个阶段 NDVI 的变化速率表现为第二阶段(0.0521)>第一阶段(0.0387)>第三阶段(0.0165),表明 2005—2012 年期间增长速率最大。

3.1.2 NDVI 空间分布特征

为了反映区内植被空间覆盖变化的平均水平,更直观地分析区内近 20 年 NDVI 的空间变化规律,分别选取各阶段 NDVI 值较低的 2000、2005、2013、2019 年,对不同年份的 NDVI 按遥感影像元亮度值(Digital Number, DN)进行分级显示,得到其空间分布(见图 3),不同区间 NDVI 面积占比见表 1。

由图 3 可知,研究区整体植被指数偏低。结合表 1 可知,NDVI 在 0~0.1 之间的面积在逐渐减少且在由东向西偏移,NDVI 在 0.1~0.2 之间的面积在逐渐减少,而 NDVI 在 0.2~0.3 之间的面积增加明显,由 26.35%(2000 年)增加到了 53.08%(2019 年),占到了整个区域面积的一半以上。NDVI 大于 0.3 的面积在逐渐增加,其中 NDVI 大于 0.4 的面积比重从 2000—2019 年在连续增加,在西北部表现的尤为明显。整体来看,研究区植被指数由东南向西北在逐渐变大,同时该地区的生态环境逐渐变好。

3.2 NDVI 水文气象影响因素分析

3.2.1 地下水位埋深

根据研究区地下水监测孔实测结果,区内地下水位埋深在 0.5~22m(见图 4)。运用克里金插值法对地下水位埋深数据进行处理,并与 NDVI 建立对应关系(见图 5(a))。以 1m 为间隔,将地下水位埋深进行区间划分,建立区间 NDVI 均值与地下水位埋深的关系(见图 5(b))。由图 5 可以看出,植被指数在不同地下水位埋深区间均有分布,且随地下水位埋深的增大,NDVI 呈现先

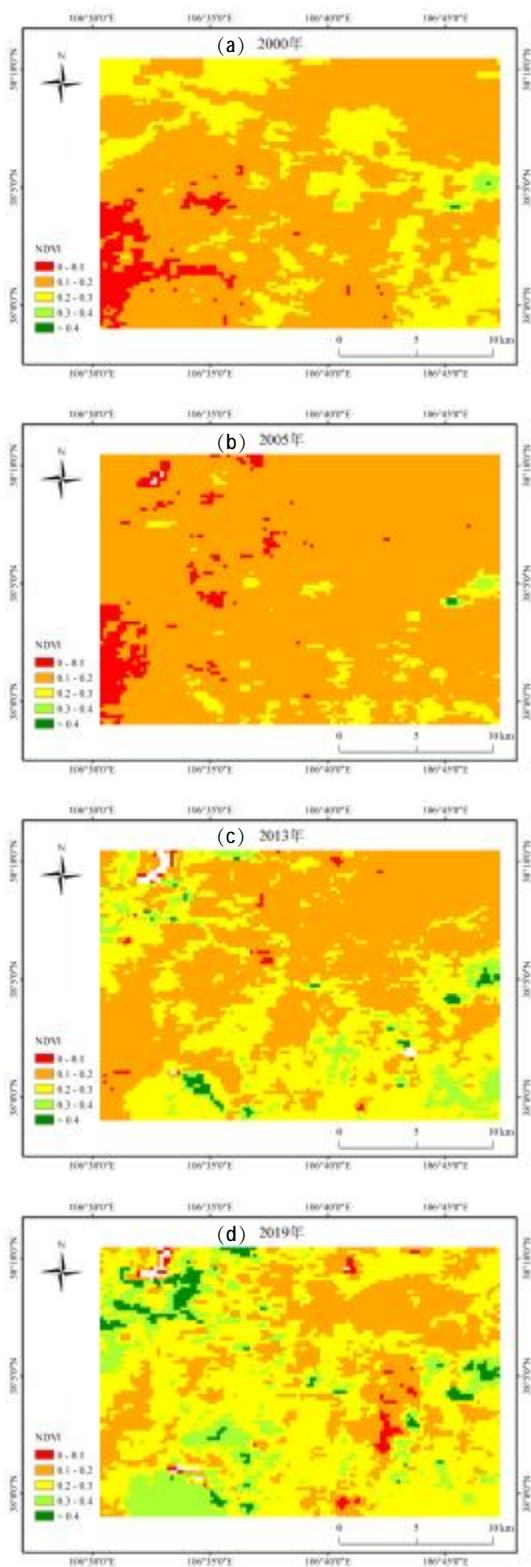


图 3 研究区 NDVI 空间变化规律

Fig.3 Spatial variation of NDVI in the study area

表1 研究区NDVI面积变化百分比

Table1 Proportion of NDVI area variation in the study area

NDVI 范围	2000 年	2005 年	2013 年	2019 年
0~0.1	5.02	4.77	0.59	1.13
0.1~0.2	67.93	89.59	55.31	29.01
0.2~0.3	26.35	5.74	37.36	53.08
0.3~0.4	0.66	0.31	5.77	13.31

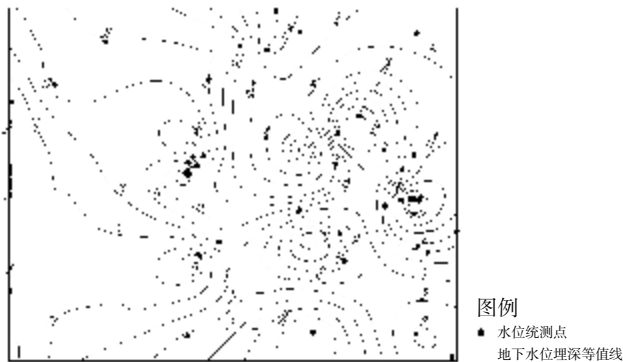


图4 地下水位埋深等值线图

Fig.4 Contour map of water table depth

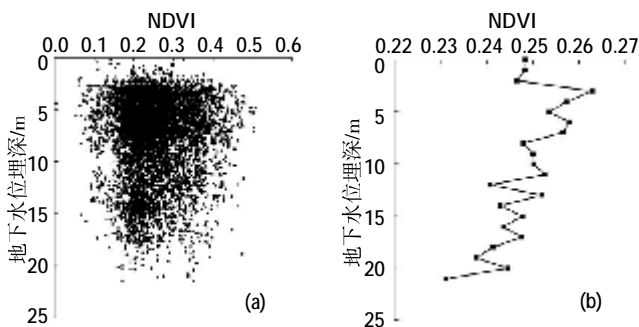


图5 NDVI 与地下水位埋深关系

Fig.5 The relationship between NDVI and depth of groundwater

增大后减小的特征。在 0~3 m, NDVI 变化不太明显, 当地下水位埋深为 3~4 m 时, NDVI 达到最大, 均值 0.26, 这是由于该处地下水位埋深相对较浅, 水分较充足, 由此可大致推断最适宜研究区植被生长的地下水位埋深为 3~4 m。当地下水位埋深 > 4 m, 植被指数开始慢慢减小, 到 10 m 之后, 数据分布明显稀疏, 相对于埋深较浅的地区, 植被覆盖度有所下降, NDVI 值减小了 7.7%, 但仍维持在研究区的中间水平, 可能是由于该处的植被水分并不完全依赖于地下水, 受到了其他水分的补给。当地下水位埋深 > 20 m 时, 由于植物根系吸收不到充足水分, 导致植物因缺水而不能正常生长, 基本无植被生长, 植被指数与地下水位埋深也不再相关。

3.2.2 气温

温度是影响植物生长发育的重要环境因子, 不同植物都有适宜其自身生长的温度范围, 通常随着温度的升高植物生长加快。由气温与 NDVI 的年际变化规律(见图 6)可以看出, 研究区近 20 年平均气温整体呈上升趋势, 其中最高气温是 2017 年(22.22℃), 最低气

温是 2004 年(20.36℃)。区内植被指数与气温的变化规律在不同时期差异较大。2000—2004 年植被指数随温度的降低而增加, 呈现与温度变化相反的趋势; 2005—2010 年植被指数与温度变化较为一致, 但具有明显的滞后性; 2011—2019 年植被指数与温度变化基本一致, 即随着温度的升高植被指数增大, 推测当地的植被类型可能由耐寒植物转向喜温植物。经计算, 气温与 NDVI 两者的偏相关系数为 0.138, 反映出温度虽对区内植被的生长具有一定的促进作用, 但并不是造成 NDVI 年际波动的主要因子。

3.2.3 降水量

降水量是决定植被类型分布及其生长状况的重要因素。由于区内地下水位埋深较大, 植物生长所需的土壤水分主要依靠大气降水, 因此, 降水的增加或减少都会改变土壤的水分含量, 进而影响植物对水分的吸收。由降水量与 NDVI 年际变化规律(见图 7)可以看出, 2000—2019 年研究区降水量波动较大, 2018 年降水量最大(68.40mm), 最小降水量出现在 2005 年

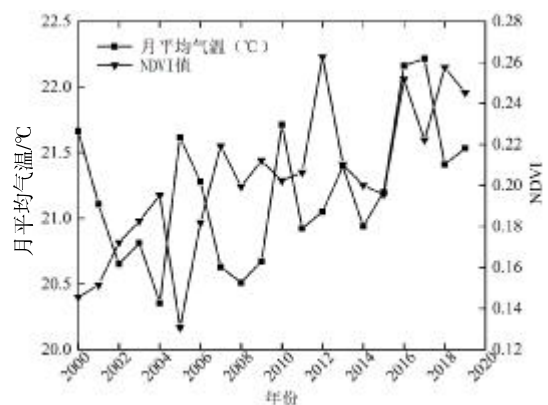


图6 NDVI 和气温的年际变化

Fig.6 Annual variation of NDVI and temperature

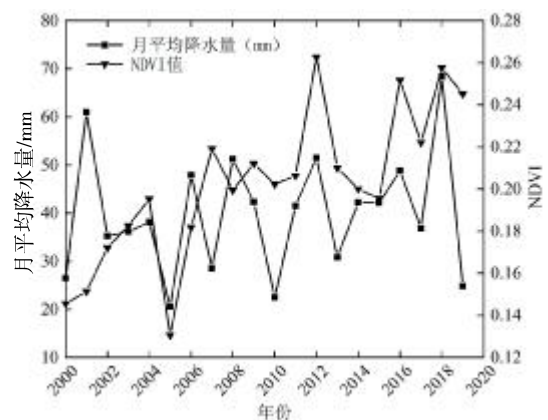


图7 NDVI 和降水量的年际变化

Fig.7 Annual variation of NDVI and precipitation

(20.56 mm)。NDVI 与降水量的变化趋势极为一致,即降水量大时植被生长较好,降水量小时植被状况较差,计算得降水量与 NDVI 的偏相关系数为 0.331,高于气温的相关系数,表现为低度正相关,因此降水比于气温对 NDVI 的影响较大。

3.2.4 蒸发量

在降雨稀少,地下水及入径流量不充足的地区,若是蒸发量很大,则极易发生干旱,进而阻碍植被生长。由于研究区属于中温带干旱区,常年干旱少雨,地下水位埋深较大,蒸发强烈,所以植被发育较差。由蒸发量与 NDVI 年际变化规律(见图 8)可知,从 2000 年到 2019 年,区内蒸发量开始逐年下降,植被指数则与蒸发量变化趋势相反,即随蒸发量的减小,NDVI 呈现增长的趋势,其中蒸发量减小率为 77.76%,植被指数增长率为 68.41%,表明两者之间具有明显的负相关关系。其原因可能是植被蒸腾作用受气孔阻力控制,土壤湿度和地温对气孔阻力、土壤蒸发和植物蒸腾作用的影响较大,当地表蒸发减少,地表的显热通量会增加,地表温度逐渐升高,导致植被蒸腾量减少,植物受水分胁迫几率变大,最终导致区域生物量减少^[27]。所以蒸发量可能和地温一起通过影响该地区的土壤湿度来影响植被,

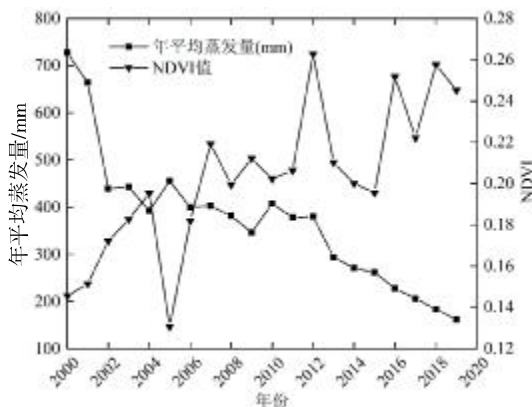


图 8 NDVI 和蒸发量的年际变化
Fig.8 Annual variation of NDVI and evaporation

地温越高表明土壤蒸发量越大,土壤湿度越低,植被越稀少,NDVI 值越低^[28]。因而,NDVI 与蒸发量呈负相关。

3.3 综合影响分析

为进一步查明不同因素对 NDVI 的综合影响,利用 SPSS 25 对 NDVI 与地下水位埋深、气温、降水量和蒸发量之间的关系进行皮尔逊相关性分析^[29],结果如表 2 所示。

由表 2 可以看出,NDVI 与气温和降水量均呈正相关关系,相关系数分别为 0.138 和 0.331。与地下水位埋深和蒸发量呈负相关关系,相关系数分别为 -0.348 和 -0.660。其中 NDVI 与蒸发量的相关性最高,降水量次之,与气温的相关性最低,说明在气象因子中,NDVI 对蒸发量的响应最明显。综上所述,不同因素对植被指数的影响程度具体表现为蒸发量>地下水位埋深>降水量>气温。由此可知,地下水位埋深与气候因子对研究区植被指数的变化均有一定影响,尤其以蒸发作用的影响较大。

4 结论

基于 MODIS NDVI,对宁东北部地区植被指数的时空变化特征及其影响因素进行了分析研究,结论如下:

(1)2000—2019 年区内 NDVI 整体呈增长趋势,增长率为 68.41%,其中以 2005—2012 年间增长最快,增长速率为 0.0521,在空间上植被指数由东南向西北在逐渐变大,西北部 NDVI 大于 0.3 的面积增加明显。

(2)研究区植被指数变化受地下水位埋深和气象因素的共同影响,以蒸发作用对其影响最大,各因素对 NDVI 的影响表现为蒸发量>地下水位埋深>降水量>气温。

(3)NDVI 与气温和降水量呈正相关关系,与地下水位埋深和蒸发量呈负相关关系。在地下水位埋深为 3~4 m 时,植被指数最大。

表2 NDVI与各影响因素的相关性分析

Table2 Correlation analysis between NDVI and various influencing factors

项目	地下水位埋深/m	月平均气温/℃	月平均降水量/mm	年平均蒸发量/mm	NDVI 值
地下水位埋深/m	1	—	—	—	—
月平均气温/℃	-0.315	1	—	—	—
月平均降水量/mm	-0.219	-0.158	1	—	—
年平均蒸发量/mm	-0.402	0.472	-0.016	1	—
NDVI 值	-0.348	0.138	0.331	-0.660*	1

注:* 为在 0.05 水平下(双侧)显著相关。

参考文献:

- [1] 吴加敏, 蔡创创, 孙灏, 等. 宁夏沿黄城市带植被覆盖时空演变及其驱动力分析[J]. 干旱区研究, 2020,37(3):696-705. (WU Jiamin, CAI Chuangchuang, SUN Hao, et al. Spatiotemporal evolution and driving force analysis of fractional vegetation coverage over the urban belt along the Yellow River in Ningxia [J]. Arid Zone Research, 2020,37(3):696-705. (in Chinese))
- [2] 张林齐, 任立良, 江善虎, 等. 1982-2015 年渭河流域植被变化特征及气候因素影响[J]. 水文, 2018,38(2):66-72. (ZHANG Linqi, REN Liliang, JIANG Shanhu, et al. Vegetation change characteristics in Weihe River basin during 1982-2015 and its related climatic factors [J]. Journal of China Hydrology, 2018,38(2):66-72. (in Chinese))
- [3] 程杰, 杨彦彦, 黎雅楠. 2000-2018 年陕北地区 NDVI 时空变化及其对水热条件的响应[J]. 灌溉排水学报, 2020,39(5):111-119. (CHENG Jie, YANG Liangyan, LI Yanan. Spatiotemporal variation in NDVI and its response to hydrothermal change from 2000 to 2018 in Northern Shaanxi Province [J]. Journal of Irrigation and Drainage, 2020,39(5):111-119. (in Chinese))
- [4] 宋鹏飞, 白利平, 王国强, 等. 黑河流域地下水埋深与气候变化对植被覆盖的影响研究[J]. 北京师范大学学报(自然科学版), 2014,50(5):549-554. (SONG Pengfei, BAI Liping, WANG Guoqiang, et al. Space time variety rule of vegetation response to dynamic change of groundwater and climate changing in Heihe River basin [J]. Journal of Beijing Normal University (Natural Science), 2014,50(5):549-554. (in Chinese))
- [5] 张绪财, 金晓媚, 朱晓倩, 等. 格尔木河流域植被指数时空分布及其影响因素研究[J]. 现代地质, 2019,33(2):461-468. (ZHANG Xucai, JIN Xiaomei, ZHU Xiaoqian, et al. Spatial-temporal characteristics of vegetation index and its impact factors in the Golmud River Basin [J]. Geoscience, 2019,33(2):461-468. (in Chinese))
- [6] 江红南, 姜红涛, 丁建丽. 基于遥感数据的于田绿洲土壤湿度时空变化及其影响因素分析[J]. 干旱区资源与环境, 2017,31(12):136-142. (JIANG Hongnan, JIANG Hongtao, DING Jianli. Effect factors on soil moisture tempo-spatial variability of Yutian Oasis in arid area of China [J]. Journal of Arid Land Resources and Environment, 2017,31(12):136-142. (in Chinese))
- [7] 管子隆, 吕爱锋, 贾绍凤, 等. 格尔木河中游地区植被覆盖与地下水埋深关系研究[J]. 南水北调与水利科技, 2018,16(3):86-93. (GUAN Zilong, LV Aifeng, JIA Shaofeng, et al. Study on the relationship between vegetation cover and groundwater depth in the middle reaches of Golmud River [J]. South-to-North Water Transfers and Water Science & Technology, 2018,16(3):86-93. (in Chinese))
- [8] 赵卓文, 张连蓬, 王胜利. 宁夏不同植被类型归一化指数与气象因子分析[J]. 测绘科学, 2016,41(7):98-103. (ZHAO Zhuowen, ZHANG Lianpeng, WANG Shengli. Correlation between NDVI and meteorological factors of different vegetation types in Ningxia [J]. Science of Surveying and Mapping, 2016,41(7):98-103. (in Chinese))
- [9] 金晓媚, 王松涛, 夏薇. 柴达木盆地植被对气候与地下水变化的响应研究[J]. 水文地质工程地质, 2016,43(2):31-36+43. (JIN Xiaomei, WANG Songtao, XIA Wei. Response of vegetation to variation in climate and groundwater in the Qaidam Basin [J]. Hydrogeology & Engineering Geology, 2016,43(2):31-36+43. (in Chinese))
- [10] ZHANG C, LU D, CHEN X, et al. The spatiotemporal patterns of vegetation coverage and biomass of the temperate deserts in Central Asia and their relationships with climate controls [J]. Remote Sensing of Environment, 2016,175:271-281.
- [11] ZHENG K, WEI J, PEI J, et al. Impacts of climate change and human activities on grassland vegetation variation in the Chinese Loess Plateau [J]. Science of the Total Environment, 2019,660:236-244.
- [12] 曹乐, 聂振龙, 刘敏, 等. 民勤绿洲天然植被生长与地下水埋深变化关系[J]. 水文地质工程地质, 2020,47(3):25-33. (CAO Le, NIE Zhenlong, LIU Min, et al. Changes in natural vegetation growth and groundwater depth and their relationship in the Minqin oasis in the Shiyang River Basin [J]. Hydrogeology & Engineering Geology, 2020,47(3):25-33. (in Chinese))
- [13] 王超. 呼伦贝尔草原露天煤矿区植被对地下水埋深变化响应研究[D]. 呼和浩特: 内蒙古大学, 2019. (WANG Chao. The Responds of Vegetation to the Groudwater Depth in the Grassland Open-Pit Coal Mine Area [D]. Hohhot: Inner Mongolia University, 2019. (in Chinese))
- [14] LV J, WANG X S, ZHOU Y, et al. Groundwater-dependent distribution of vegetation in Hailiutu River catchment, a semi-arid region in China [J]. Ecohydrology, 2013,6(1):142-149.
- [15] PARUELO J M, LAUENROTH W K. Interannual variability of NDVI and its relationship to climate for North American shrublands and grasslands [J]. Journal of Biogeography, 1998,25:721-733.
- [16] YANG L, WYLIE B K, TIESZEN L L, et al. An analysis of relationships among climate forcing and time-integrated NDVI of grasslands over the U.S. Northern and central great plains [J]. Remote Sensing of Environment, 1998,65:25-37.
- [17] 李芳. 张掖市植被覆盖动态变化及其与气象因子的关系[D]. 兰州: 甘肃农业大学, 2011. (LI Fang, Dynamic analysis of vegetation cover and relationships with climate factors in Zhang-ye region [D]. Lanzhou: Gansu Agricultural University, 2011. (in Chinese))
- [18] 同英杰, 文彦君, 张翀. 2003-2017 年陕西省 NDVI 时空变化及其影响因素[J]. 水土保持通报, 2020,40(3):155-162+169+325. (TONG Yingjie, WEN Yanjun, ZHANG Chong. Spatiotemporal variation of NDVI and its influence factors in Shaanxi Province during 2003-2017 [J]. Bulletin of Soil and Water Conservation, 2020,40(3):155-162+169+325. (in Chinese))
- [19] 赵卓文, 张连蓬, 李行, 等. 基于 MOD13Q1 数据的宁夏生长季植被动态监测[J]. 地理科学进展, 2017,36(6):741-752. (ZHAO Zhuowen, ZHANG Lianpeng, LI Xing, et al. Monitoring vegetation dynamics during the growing season in Ningxia based on MOD13Q1 data [J]. Progress in Geography, 2017,36(6):741-752. (in Chinese))

- [20] 蓝欣, 郑娇玉, 江帆, 等. 石羊河流域下游植被覆盖变化与地下水气候的响应分析[J]. 兰州大学学报(自然科学版), 2015,51(6): 865-870+876. (LAN Xin, ZHENG Jiaoyu, JIANG Fan, et al. A study on the responses of vegetation cover to dynamic changes in groundwater and climatic factors in the lower reaches of Shiyang River basin [J]. Journal of Lanzhou University (Social Sciences), 2015,51(6):865-870+876. (in Chinese))
- [21] 神祥金, 张佳琦, 吕宪国. 青藏高原沼泽湿地植被 NDVI 时空变化及其对气候变化的响应[J]. 生态学报, 2020,40(18):6259-6268. (SHEN Xiangjin, ZHANG Jiaqi, LV Xianguo. Spatio-temporal change of marshes NDVI and its response to climate change in the Qinghai-Tibet Plateau [J]. Acta Ecologica Sinica, 2020,40(18): 6259-6268. (in Chinese))
- [22] 吴淑莹, 周伟, 袁涛, 等. 宁东煤矿基地采煤沉陷区植被动态变化研究[J]. 西北林学院学报, 2020,35(1):218-225. (WU Shuying, ZHOU Wei, YUAN Tao, et al. Vegetation dynamics in mining subsidence area of Ningdong coal mine base [J]. Journal of Northwest Forestry University, 2020,35(1):218-225. (in Chinese))
- [23] 郭继凯, 吴秀芹, 董贵华, 等. 基于 MODIS / NDVI 的塔里木河流域植被覆盖变化驱动因素相对作用分析[J]. 干旱区研究, 2017,34(3):621-629. (GUO Jikai, WU Xiuqin, DONG Guihua, et al. Vegetation Coverage Change and Relative Effects of Driving Factors Based on MODIS/NDVI in the Tarim River Basin [J]. Arid Zone Research, 2017,34(3):621-629. (in Chinese))
- [24] 王林林, 刘普幸, 王允. 近 14 年来柴达木盆地 NDVI 时空变化及其影响因素[J]. 生态学杂志, 2015,34(6):1713-1722. (WANG Linlin, LIU Puxing, WANG Yun. Spatial and temporal variations of NDVI and its influencing factors in Qaidam Basin in the last 14 years [J]. Chinese Journal of Ecology, 2015,34(6):1713-1722. (in Chinese))
- [25] 张园, 袁凤辉, 王安志, 等. 2001-2018 年长白山自然保护区生长季 NDVI 变化特征及其对气候变化的响应[J]. 应用生态学报, 2020,31(4):1213-1222. (ZHANG Yuan, YUAN Fenghui, WANG Anzhi, et al. Variation characteristics of NDVI and its response to climatic change in the growing season of Changbai Mountain Nature Reserve during 2001 and 2018 [J]. Chinese Journal of Applied Ecology, 2020,31(4):1213-1222. (in Chinese))
- [26] 黄悦悦, 杨东, 冯磊. 2000-2016 年宁夏植被覆盖度的时空变化及其驱动力[J]. 生态学杂志, 2019,38(8):2515-2523. (HUANG Yueyue, YANG Dong, FENG Lei. Spatiotemporal variation in vegetation coverage and its driving forces in Ningxia during 2000-2016[J]. Chinese Journal of Ecology, 2019,38(8):2515-2523. (in Chinese))
- [27] 彭擎, 王让会, 蒋烨林, 等. 植被-地温指数(NDVI-LST)在新疆干旱监测中的适用性[J]. 生态学报, 2018,38(13):4694-4703. (PENG Qing, WANG Ranghui, JIANG Linye, et al. Adaptability of drought situation monitor in Xinjiang with the NDVI-LST index [J]. Acta Ecologica Sinica, 2018,38(13):4694-4703. (in Chinese))
- [28] 唐亮, 何明珠, 许华, 等. 基于无人机低空遥感的荒漠植被覆盖度与归一化植被指数验证及其对水热梯度的响应[J]. 应用生态学报, 2020,31(1):35-44. (TANG Liang, HE Mingzhu, XU Hua, et al. Validation of vegetation coverage and NDVI based on UAV remote sensing method and its response to hydrothermal gradient [J]. Chinese Journal of Applied Ecology, 2020,31(1):35-44. (in Chinese))
- [29] 杨远航, 文广超, 谢洪波, 等. 柴达木盆地典型地貌单元归一化植被指数变化特征[J]. 水土保持通报, 2020,40(4):133-139. (YANG Yunhang, WEN Guangchao, XIE Hongbo, et al. Characteristics of normalized vegetation index under typical geomorphic units in Qaidam Basin [J]. Bulletin of Soil and Water Conservation, 2020,40(4):133-139. (in Chinese))

Spatio-Temporal Variation and Influencing Factors of NDVI in Northern Ningdong

TIAN Hua, LI Jinfang, YANG Jiayi, XIE Zufeng, ZHANG Qing, PU Fang

(College of Geology and Environment, Xi'an University of Science and Technology, Xi'an 710054, China)

Abstract: In order to study the temporal and spatial variation of NDVI in northern Ningdong and figure out the relation with hydrological and meteorological factors including water depth, temperature, precipitation, and evaporation, the data of MODIS NDVI during 2000-2019 were used for statistical analysis. The results show that, (1) The vegetation index is gradually increased with the average growth rate of 68.41% during the study period. (2) The vegetation index gradually increases from southeast to northwest, with the northwest area that NDVI is greater than 0.3 increases by 15.63%. (3) The NDVI has positive correlation with temperature and precipitation, and negative correlation with water depth and evaporation. The vegetation index reaches the maximum point when the water depth is 3~4m. Conclusion: The variation of the vegetation index is affected by both water depth and meteorological factors, with the impacting order of: evaporation>water depth>precipitation>temperature.

Keywords: Northern Ningdong; NDVI; temporal and spatial variation; water depth; hydrological and meteorological factors