

河湟谷地生长季植被健康指数 1-km 栅格数据集 (2000–2020) 的研发

孙南沙¹, 陈琼^{1,2*}, 刘峰贵^{1,2}, 周强^{1,2}, 郭媛媛^{1,3}

1. 青海师范大学地理科学学院, 西宁 810008;

2. 高原科学与可持续发展研究院, 西宁 810008;

3. 中国科学院遗传与发育生物学研究所农业资源研究中心, 石家庄 050022

摘要: 河湟谷地是青海省最重要农业区和粮食生产基地, 分析河湟谷地的农业干旱演变趋势, 对于保障青海省农业健康发展有着十分重要的意义。本数据集是在 MOD09GA 数据(地表反射率)和 MOD11A1 产品(LST)的基础上, 利用植被健康指数(Vegetation Health Index, VHI)计算得到, 植被健康指数是耦合植被归一化指数(NDVI)和地表温度(LST)两者的相互关系来反映地区农业干旱程度的参数, 本数据集覆盖的地区为河湟谷地, 时间序列为 2000–2020 年的 3–11 月(生长季), 3–5 月(春季), 6–8 月(夏季), 9–11 月(秋季), 空间分辨率为 1 km×1 km, 数据格式为.shp 和.tif, 由 406 个文件组成, 数据量为 20.9 MB。

关键词: 河湟谷地; 农业干旱; 生长季; 植被健康指数

DOI: <https://doi.org/10.3974/geodp.2022.04.10>

CSTR: <https://cstr.escience.org.cn/CSTR:20146.14.2022.04.10>

数据可用性声明:

本文关联实体数据集已在《全球变化数据仓储电子杂志(中英文)》出版, 可获取:

<https://doi.org/10.3974/geodb.2022.08.03.V1> 或 <https://cstr.escience.org.cn/CSTR:20146.11.2022.08.03.V1>.

1 前言

农业干旱具有持续时间长、影响范围广等特点, 会给农业生产、人类活动和经济发展造成严重的影响, 甚至会影响社会的稳定和安全, 是农业面临的主要灾害之一^[1–3]。联合国政府间气候变化专门委员会(IPCC)在其第六次评估报告中指出: 全球持续变暖会导致蒸发不断加强, 未来农业干旱的面积会有所增加^[4]。我国 2021 年农业干旱灾害累计造成农作物受灾面积达 3,426.2 千 hm², 直接经济损失 200.9 亿元^[5]。所以研究我国农业干旱问题对保证粮食供应和维护社会稳定意义重大。

收稿日期: 2022-09-01; 修订日期: 2022-10-26; 出版日期: 2022-12-24

基金项目: 中华人民共和国科学技术部(2019YFA0606902)

*通讯作者: 陈琼 AAB-3346-2021, 青海师范大学地理科学学院, qhchenqiong@163.com

数据引用方式: [1] 孙南沙, 陈琼, 刘峰贵等. 河湟谷地生长季植被健康指数 1-km 栅格数据集(2000–2020)的研发[J]. 全球变化数据学报, 2022, 6(4): 589–596. <https://doi.org/10.3974/geodp.2022.04.10>. <https://cstr.escience.org.cn/CSTR:20146.14.2022.04.10>.

[2] 孙南沙, 陈琼, 刘峰贵等. 河湟谷地生长季植被健康指数 1-km 栅格数据集(2000–2020) [J/DB/OL]. 全球变化数据仓储电子杂志, 2022. <https://doi.org/10.3974/geodb.2022.08.03.V1>. <https://cstr.escience.org.cn/CSTR:20146.11.2022.08.03.V1>.

河湟谷地地处青海省东北部，是黄河及其支流湟水河冲积形成的河谷^[6]，区域总面积约为 3.3 万 km²，仅占全省总面积的 4.5%左右，却集中了全省将近 70%的人口，80%以上的耕地，是青海省人口最集中，农业和粮食生产占比最高的地区，因此研究河湟谷地的农业干旱情况对促进青海省农业可持续发展有着十分重要的意义。相较于其它指数，植被健康指数（VHI）在农业干旱监测领域有更好的适用性^[7]，也被国内外学者广泛应用于农业干旱研究领域。本数据集基于 MODIS 遥感数据，利用 VHI 计算模型算出 2000–2020 年河湟谷地逐年、逐季节的 VHI 值，并通过阈值法确定农业干旱情况，该数据集能直观反映河湟谷地农业干旱区位置和农业干旱面积变化，为河湟谷地抗旱政策制定和农业生产、管理提供参考。

2 数据集元数据简介

《河湟谷地生长季植被健康指数 1-km 栅格数据集（2000–2020）》^[8]的名称、短名、作者、地理区域、数据年代、时间分辨率、空间分辨率、数据集组成、数据出版与共享服务平台、数据共享政策等信息见表 1。

表 1 《河湟谷地生长季植被健康指数 1-km 栅格数据集（2000–2020）》元数据简表

条 目	描 述
数据集名称	河湟谷地生长季植被健康指数 1-km 栅格数据集（2000–2020）
数据集短名	YHV_VHI_2000-2020
作者信息	孙南沙 GNW-6596-2022，青海师范大学地理科学学院，say0524@163.com 陈 琼 AAB-3346-2021，青海师范大学地理科学学院，qhchenqiong@163.com 刘峰贵 L-8795-2018，青海师范大学地理科学学院，lfg_918@163.com 周 强 AAB-3351-2021，青海师范大学地理科学学院，zhouqiang729@163.com 郭媛媛 GOG-8661-2022，青海师范大学地理科学学院，821709854@qq.com
地理区域	河湟谷地（35°N–38°N，100°E–103°E），总面积约为 3.3 × 10 ⁴ km ² ，包括 14 个行政单元
数据年代	2000–2020
时间分辨率	年、季节
空间分辨率	1 km
数据格式	.shp、.tif
数据量	14.3 MB（压缩后）
数据集组成	由 406 个文件组成，包括逐季、逐年植被健康指数等数据文件
基金项目	中华人民共和国科学技术部（2019YFA0606902）
数据计算环境	Google Earth Engine (GEE)，ArcGIS
出版与共享服务平台	全球变化科学研究数据出版系统 http://www.geodoi.ac.cn
地址	北京市朝阳区大屯路甲 11 号 100101，中国科学院地理科学与资源研究所
数据共享政策	全球变化科学研究数据出版系统的“数据”包括元数据（中英文）、通过《全球变化数据仓储电子杂志（中英文）》发表的实体数据集和通过《全球变化数据学报（中英文）》发表的数据论文。其共享政策如下：（1）“数据”以最便利的方式通过互联网系统免费向全社会开放，用户免费浏览、免费下载；（2）最终用户使用“数据”需要按照引用格式在参考文献或适当的位置标注数据来源；（3）增值服务用户或以任何形式散发和传播（包括通过计算机服务器）“数据”的用户需要与《全球变化数据学报（中英文）》编辑部签署书面协议，获得许可；（4）摘取“数据”中的部分记录创作新数据的作者需要遵循 10%引用原则，即从本数据集中摘取的数据记录少于新数据集总记录量的 10%，同时需要对摘取的数据记录标注数据来源 ^[9]
数据和论文检索系统	DOI, CSTR, Crossref, DCI, CSCD, CNKI, SciEngine, WDS/ISC, GEOSS

3 数据研发方法

3.1 算法原理

植被健康指数（Vegetation Health Index, VHI）是 Kogan 等提出的，由植被状态指数（Vegetation Condition Index, VCI）和温度状态指数（Temperature Condition Index, TCI）计算而来^[10]。当农作物受到农业干旱影响时，VCI 和 TCI 在反映农作物生长状态及温度状况方面有着各自的优势^[11]。由于 VCI 代表的是植被状态，TCI 代表的是温度状态，所以当干旱发生时，植被生长会受到胁迫，此时 VCI 指数会降低，另外，干旱的发生通常伴随着温度的异常升高，当温度异常升高时，TCI 指数则会降低。本研究采用集合了 VCI 与 TCI 各自优势的加权组合指数 VHI^[12]，来研究河湟谷地的农业干旱问题。VCI、TCI 以及 VHI 的具体计算方法如下：

$$VCI = 100 \times \frac{NDVI - NDVI_{min}}{NDVI_{max} - NDVI_{min}} \quad (1)$$

$$TCI = 100 \times \frac{LST_{max} - LST}{LST_{max} - LST_{min}} \quad (2)$$

$$VHI = \alpha VCI + (1 - \alpha) TCI \quad (3)$$

式中， α 的取值一般为 0.5^[13]。Kogan 等提出了基于 VHI 的农业干旱判别阈值^[14]：

$$G(VHI) = \begin{cases} 1, VHI \leq 40 \\ 0, VHI > 40 \end{cases} \quad (4)$$

式中， $G(VHI)$ 为干旱值，1 值代表农业干旱，0 值则代表农业不干旱。

3.2 技术路线

作者利用研究区 2000–2020 年的 MOD09GA 地表反射率数据和 MOD11A1 地表温度产品进行数据集研发，步骤如下（图 1）：

（1）在 GEE 中导入研究区范围，获取研究区 2000–2020 年的 MOD09GA 地表反射率数据和 MOD11A1 地表温度数据；

（2）对地表反射率数据进行波段计算 $\left(NDVI = \frac{NIR - R}{NIR + R} \right)$ ， NIR 为近红外波段， R 为红外波段

求出 NDVI，利用 GEE 中的 quality.Mosaic() 函数，实现 NDVI 的最大值合成，并利用 S-G 滤波对 NDVI 进行平滑处理，利用 GEE 中的 mean() 函数实现 LST 的平均值合成；

（3）在 ArcGIS 中对 NDVI、LST 进行投影转换和重采样，并计算出逐年、逐季的 VCI、TCI，最后计算出逐年、逐季的 VHI；

（4）整体分析河湟谷地的农业干旱情况。

4 数据结果与验证

4.1 数据集组成

河湟谷地 2000–2020 年生长季植被健康指数的数据名称有两种：VHI.YYYY.1_km_season.tif 和 VHI.YYYY.1_km_GSeason.tif，其中 VHI 表示数据内容为植被健康指数；YYYY

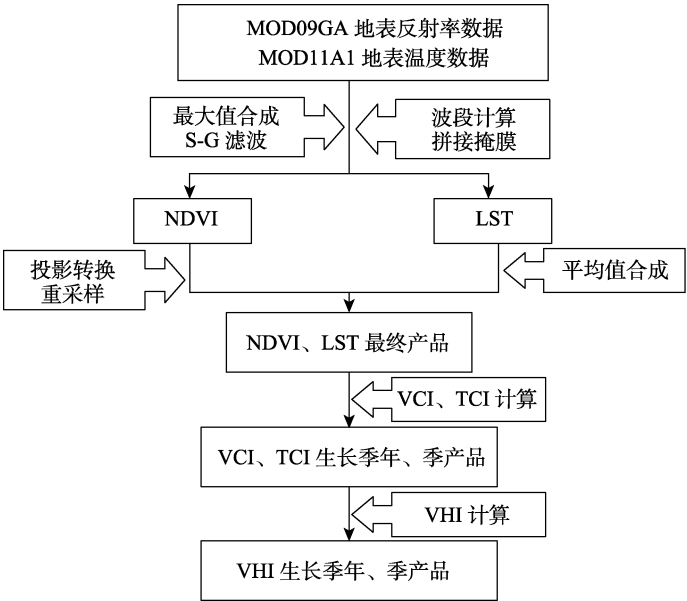


图 1 数据集研发技术路线流程图

表示数据时间为 YYYY 年；1_km 表示数据集的空间分辨率为 1 km；GSeason 表示数据集的时间尺度为年；season 表示数据集的时间尺度为季节。

4.2 数据结果

4.2.1 生长季农业干旱年际时空变化

2000–2020 年河湟谷地生长季 VHI 如图 2 所示，可以看出河湟谷地近 20 年的年生长

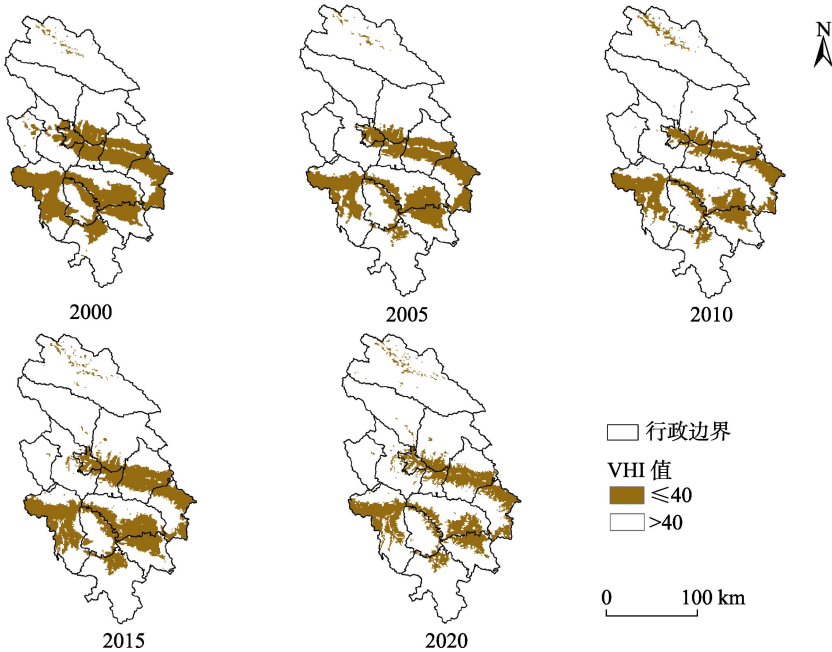


图 2 河湟谷地 2000–2020 年生长季 VHI 分布图

季农业干旱面积有一个不断下降的趋势，从原来的超过 $1.0\times 10^4\text{ km}^2$ 到现在的小于 $0.7\times 10^4\text{ km}^2$ ，平均每年减少 142.85 km^2 ，农业干旱面积下降幅度较大。而河湟谷地农业干旱地区主要位于河湟谷地的中部和南部地区，也就是黄河和湟水河的低热河谷地带。

4.2.2 生长季农业干旱季节时空变化

由 2000–2020 年河湟谷地春、夏、秋季的植被健康指数（图 3、图 4 和图 5），可以直观地看出：（1）春季农业干旱地区主要位于河湟谷地的北部、中部和南部地区；（2）夏季和秋季的年农业干旱地区主要位于河湟谷地的中部和南部地区；（3）各季的农业干旱地区基本都在蒸散发较大的低热河谷地区。2000–2020 年河湟谷地春、夏、秋季农业干旱面积变化如图 6 所示，其中近 20 年来河湟谷地春季农业干旱面积基本没有变化，始终维持在 $1.4\times 10^4\text{ km}^2$ 以上，而夏、秋两季的农业干旱面积有一个非常明显的下降趋势，秋季的下降趋势明显又大于夏季，近 20 年夏季农业干旱面积平均每年减少 187.09 km^2 ，而秋季农业干旱面积平均每年减少则高达 369.64 km^2 ，但是整体来看河湟谷地春季农业干旱面积最大，秋季次之，夏季最小，说明河湟谷地的农业干旱以春旱为主，秋旱和夏旱严重程度较轻。

从图 7 可以看出近 20 年来河湟谷地春季 VHI 的平均值基本都小于 40，夏季 VHI 的平均值在 50 到 60 之间，秋季 VHI 的平均值在 40 到 50 之间，河湟谷地夏季 VHI 的平均值最大，秋季 VHI 的平均值次之，春季 VHI 的平均值最小，即河湟谷地春季的农业干旱严重程度最高，秋季次之，夏季最轻。此外，对三季的 VHI 平均值进行趋势拟合可以看出各季的 VHI 平均值都有不同程度的上升，其中，秋季 VHI 平均值的上升幅度最大，夏季次之，春季最小。可以得出在这 20 年期间，河湟谷地各季的农业干旱严重程度有所缓解，但是春季是河湟谷地农业干旱易发季节。

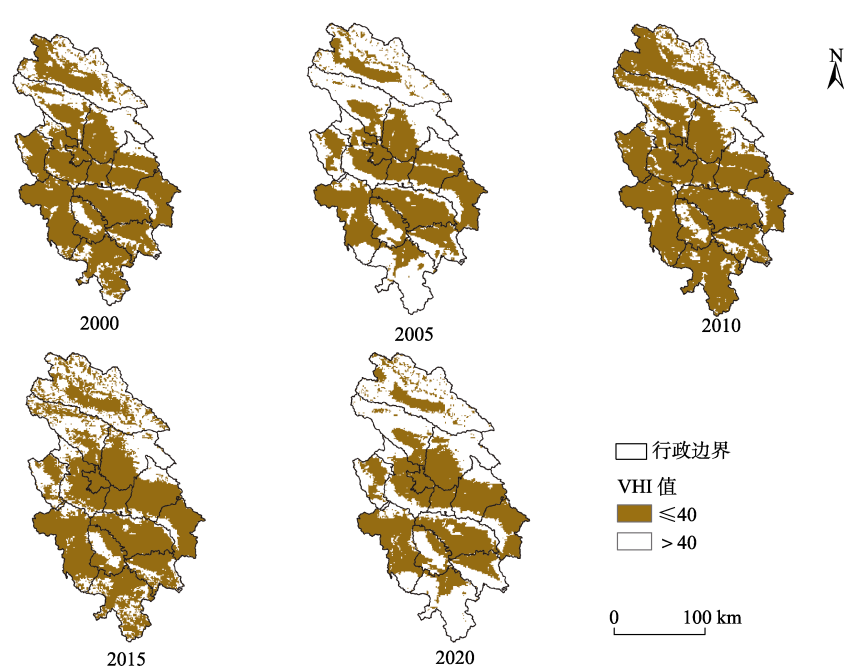


图 3 河湟谷地 2000–2020 年春季 VHI 分布图

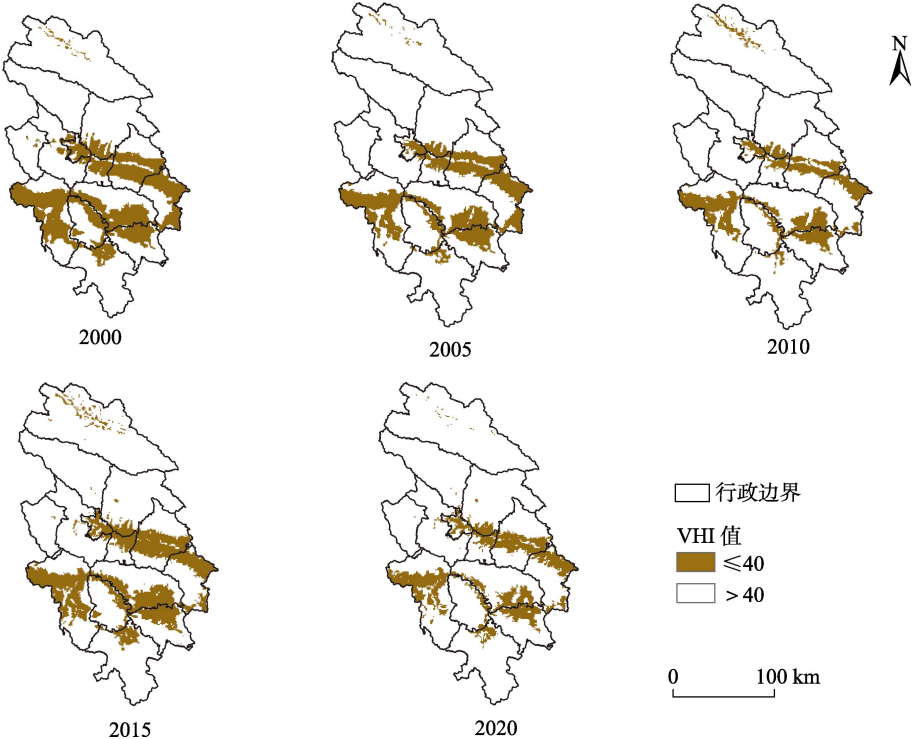


图4 河湟谷地 2000–2020 年夏季 VHI

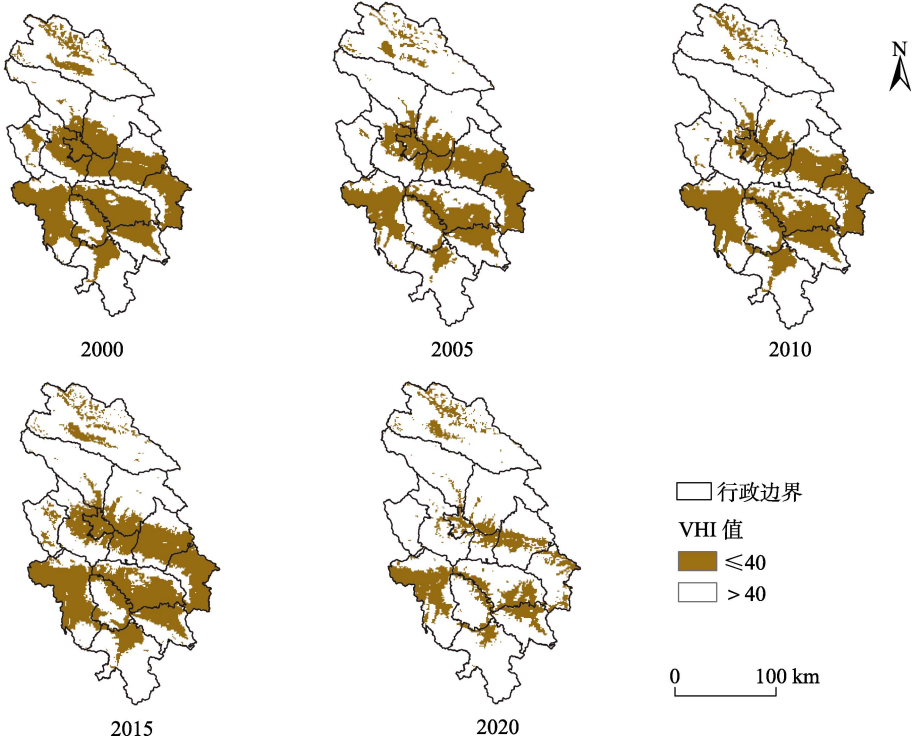


图5 河湟谷地 2000–2020 年秋季 VHI 分布图

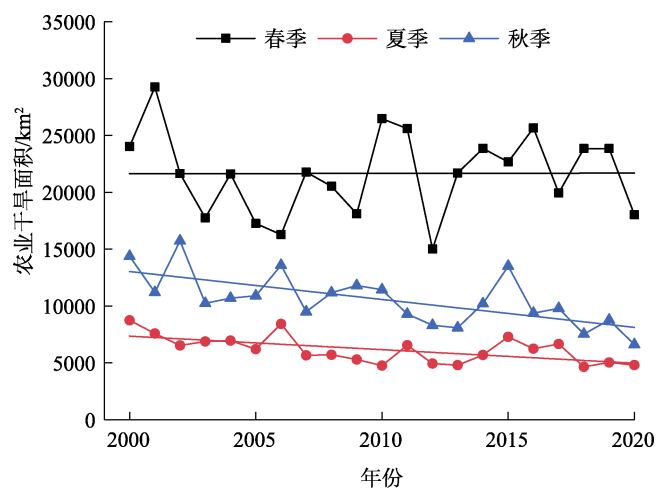


图 6 河湟谷地 2000–2020 年春、夏、秋季农业干旱面积统计图

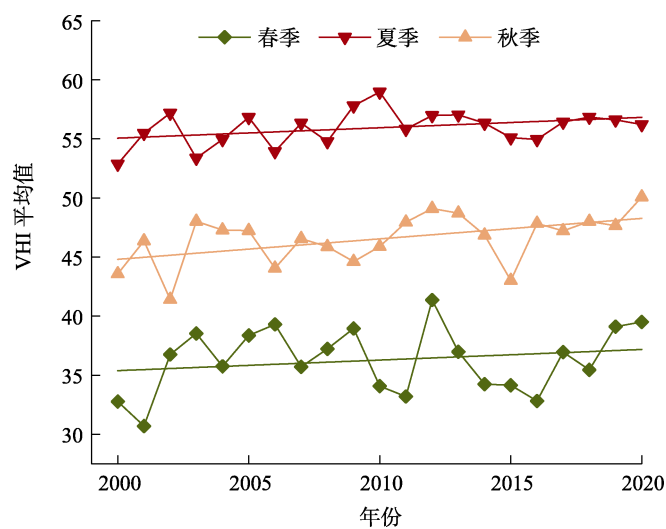


图 7 河湟谷地 2000–2020 年春、夏、秋季 VHI 平均值统计图

5 讨论和总结

研究河湟谷地的农业干旱对青海省的农业健康发展有着非常重要的现实意义，本文结合遥感数据计算河湟谷地 2000–2020 年生长季 VHI 值，获取本时段内逐年和逐季节农业干旱特征。

从研究结果来看，整个河湟谷地的农业干旱情况在不断的缓解，这可以从侧面反映该区域的自然条件在不断改善，符合目前青藏高原自然环境正在变暖变湿这一结论^[15]，此外不管是从年际还是各季来看，河湟谷地农业干旱区的位置都位于大通河、湟水河和黄河组成的河谷地区，而这里又是河湟谷地农业最集中的区域，结合这两点表明在河湟谷地利用 VHI 来识别农业干旱区具有一定的合理性，同时鉴于 VHI 的易操作性，未来可以考虑把 VHI 作为一项指标应用在河湟谷地乃至青海省的农业干旱监测之中。

作者分工：陈琼提出研究思路，刘峰贵、周强设计总体框架；孙南沙、郭媛媛负责数据采集处理及验证工作；孙南沙完成数据论文撰写。

利益冲突声明：本研究不存在研究者以及与公开研究成果有关的利益冲突。

参考文献

- [1] Zhang, L. F., Jiao, W. Z., Zhang, H. M., *et al.* Studying drought phenomena in the continental United States in 2011 and 2012 using various drought indices [J]. *Remote Sensing of Environment*, 2017, 190: 96–106.
- [2] Cong, D. M., Zhao, S. H., Chen, C., *et al.* Characterization of droughts during 2001–2014 based on remote sensing: a case study of Northeast China [J]. *Ecological Informatics*, 2017, 39: 56–67.
- [3] 吴泽棉, 邱建秀, 刘苏峡等. 基于土壤水分的农业干旱监测研究进展[J]. 地理科学进展, 2020, 39(10): 1758–1769.
- [4] IPCC. Climate change 2021: the physical science basis [OL]. <http://www.ipcc.ch>.
- [5] 中华人民共和国应急管理部. 2021 年全国自然灾害基本情况[EB/OL]. [2022-01-23]. https://www.mem.gov.cn/xw/yjglbgzdt/202201/t20220123_407204.shtml.
- [6] 罗静, 张懿铨, 刘峰贵等. 青藏高原东北部河湟谷地 1726 年耕地格局重建[J]. 地理研究, 2014, 33(7): 1285–1296.
- [7] 牟伶俐, 吴炳方, 闫娜娜等. 农业旱情遥感指数验证与不确定性分析[J]. 水土保持通报, 2007(2): 119–122.
- [8] 孙南沙, 陈琼, 刘峰贵等. 黑龙江流域生长季温度植被干旱指数 1-km 栅格数据集(2007–2018) [J/DB/OL]. 全球变化数据仓储电子杂志, 2021. <https://doi.org/10.3974/geodb.2022.08.03.V1>. <https://cstr.escience.org.cn/CSTR:20146.11.2022.08.03.V1>.
- [9] 全球变化科学研究数据出版系统. 全球变化科学研究数据共享政策[OL]. <https://doi.org/10.3974/dp.policy.2014.05> (Updated 2017).
- [10] Kogan, F. N. Application of vegetation index and brightness temperature for drought detection [J]. *Advances in Space Research*, 1995, 15(11): 91–100.
- [11] Bayarjargal, Y., Karnieli, A., Bavasgala, M., *et al.* A comparative study of NOAA-AVHRR derived drought indices using change vector analysis [J]. *Remote Sensing of Environment*, 2006, 105(1): 9–22.
- [12] Eskinder, G., Oagile, D., Reuben, S., *et al.* Analysis of the long-term agricultural drought onset, cessation, duration, frequency, severity and spatial extent using Vegetation Health Index (VHI) in Raya and its environs, Northern Ethiopia [J]. *Environmental Systems Research*, 2018, 7(1): 1–18.
- [13] Zhang, A. X., Jia, G. S. Monitoring meteorological drought in semiarid regions using multi-sensor microwave remote sensing data [J]. *Remote Sensing of Environment*, 2013, 134: 12–23.
- [14] Kogan, F. N. Operational space technology for global vegetation assessment [J]. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 2001, 82(9): 1949–1964.
- [15] 丁佳, 刘星雨, 郭玉超等. 1980–2015 年青藏高原植被变化研究[J]. 生态环境学报, 2021, 30(2): 288–296.