

# 基于物候差异的奇台县冬小麦遥感判识

石 玉 李 聪 陈爱京 曹孟磊

乌鲁木齐气象卫星地面站,新疆 乌鲁木齐 830002

**摘要:**为快速、准确获取大尺度范围内的冬小麦种植面积,以 Sentinel-2 卫星为数据源,利用冬小麦特殊的生长发育特征,通过监督分类方法,对奇台县冬小麦进行信息提取。选择研究区 2022 年冬小麦拔节期、收割期的卫星遥感影像,对冬小麦的种植区域及面积进行提取,并使用航拍影像数据作为基准数据对局部区域进行面积和空间精度验证。研究结果表明,使用 Sentinel-2 卫星数据对冬小麦种植斑块面积提取的平均精度在 90% 左右,拔节期的提取精度略高。

**关键词:**冬小麦;判识;卫星数据;物候差异

**中图分类号:**S512.1

DOI: 10.3969/j.issn.2097-065X.2024.06.018

## 0 引言

新疆奇台县是我区最大的小麦生产基地,以种植冬小麦为主。随着我国粮食生产的市场化,农作物的种植结构和面积年间有很大变化。农作物种植结构和空间分布等农情信息的及时准确获取,可为政府相关部门迅速、科学地制定农业政策,预测粮食产量等提供支撑<sup>[1]</sup>。目前,新疆维吾尔自治区冬小麦种植面积、产量等农作物基础信息,主要还是通过传统的实地抽样调查、统计报表等方式获得。这种方法消耗了大量人力、物力,并受主客观因素影响,调查精度的误差大<sup>[2]</sup>。随着高分辨率卫星资料的普及,遥感技术在作物提取方面快捷、客观的优势使其成为判识农作物种植面积最高效的手段。利用卫星遥感数据提取冬小麦种植信息的研究也取得了一定进展,一部分研究利用高空间分辨率的 MODIS 数据建立冬小麦的 NDVI 或 EVI 时间序列集,根据 NDVI 或 EVI 在冬小麦生长发育期内的变化特征提取冬小麦种植区域<sup>[3-4]</sup>。此类研究的精度受 MODIS 传感器空间分辨率限制,因而适用于大面积单一作物的提取。还有一部分研究基于高分辨率卫星影像数据,如 TM、环境减灾卫星、高分卫星等,利用植被指数、监督分类、决策树、深度学习等方法对冬小麦进行判识<sup>[5-9]</sup>。随着卫星资料分辨率的提高和判识方法的成熟多样,冬小麦的判识精度大幅改善。哨兵 2 号卫星于 2015 年发射,卫星图像的最高分辨率为 10 m,免费获得卫星图像的政策使其在农作物遥感监测方面具有高时效、低成本的优势。

## 1 研究区与数据

### 1.1 研究区概况

奇台县位于新疆维吾尔自治区昌吉州东部,天

山北麓,准噶尔盆地东南边缘。奇台县由北至南可划分为沙漠、平原、丘陵、山地 4 种类型,耕地集中在中南部,粮食作物以小麦和玉米为主,其他经济作物有向日葵、打瓜、葫芦等。奇台县属温带大陆性半干旱气候,土地资源丰富,光热条件较适宜。南部天山山区的积雪为平原绿洲农业提供了较稳定的灌溉水源。因此,奇台县是新疆重要的商品粮生产基地和全国粮食生产百强县之一<sup>[10]</sup>。本文以奇台县南部主要农区为研究区,研究区地理位置为 43.5°N—44.5°N,89.2°E—90.2°E。

### 1.2 数据获取和处理

本研究使用哨兵 2 号(Sentinel-2)卫星的多光谱数据,下载自欧洲航天局哥白尼数据中心(<https://scihub.copernicus.eu>),单颗星重访周期是 10 d,两颗卫星互补周期为 5 d,幅宽为 290 km,涵盖了可见光至短波红外总共 13 个光谱波段数据(表 1),空间分辨率最高达到 10 m<sup>[11]</sup>。

表 1 哨兵 2 号多光谱数据波段参数

| 波段 | 中心波长(nm) | 波段宽度(nm) | 空间分辨率(m) |
|----|----------|----------|----------|
| 1  | 442.7    | 27       | 60       |
| 2  | 492.4    | 98       | 10       |
| 3  | 559.8    | 45       | 10       |
| 4  | 664.6    | 38       | 10       |
| 5  | 704.1    | 19       | 20       |
| 6  | 740.5    | 18       | 20       |
| 7  | 782.8    | 28       | 20       |
| 8  | 832.8    | 145      | 10       |
| 8a | 864.7    | 33       | 20       |
| 9  | 945.1    | 26       | 60       |
| 10 | 1373.5   | 75       | 60       |
| 11 | 1616.7   | 143      | 20       |
| 12 | 2202.4   | 242      | 20       |

**基金项目:**新疆维吾尔自治区气象局“三农”气象服务专项“新疆陆地植被卫星遥感监测评估技术示范”(202203)

本文以 2022 年 4 月 30 日和 7 月 4 日的奇台县南部主要农区 L2A 级数据作为研究对象。该数据预先经过辐射定标和大气校正,消除了太阳高度角和大气的影 响。哨兵 2 号卫星有 4 个波段的空间分辨率是 10 m,包括能够反映植被生长的红光波段 (Band-4)和近红外波段 (Band-8),因此分析时,将空间分辨率为 20 m 和 60 m 的波段重采样为 10 m,并对图像进行镶嵌裁剪、波段融合等操作。

2 研究方法

2.1 物候分析

冬小麦在不同生长发育期,其生长形态、光谱特征等与周围作物有明显区别。冬小麦是越冬作物,生长周期从 9 月下旬到次年的 6 月下旬,经历 9 个生长发育期。4 月下旬,冬小麦处于拔节期,生长最快,叶片数量明显增加,表现为强植被,而其他作物此时处于待播或刚播的状态。7 月上旬,冬小麦已经成熟收割,表现为裸地,而其他农作物此时处于旺长状态,为强植被。根据冬小麦这两个时期和其他作物的明显物候差异,选取 2 景影像,将冬小麦的影像特征与其他作物进行对比,得到研究区内冬小麦的种植分布。

2.2 监督分类

监督分类又称训练分类,对地物的特征需要积累一定的先验知识<sup>[12]</sup>,即要事先了解研究区情况,根据实地信息选择具有代表性的训练样本,通过这些已知训练样本的光谱或纹理的特征参数,得到可判别各类地物的决策函数,再用于未知区域的图像分类<sup>[13]</sup>。监督分类常用的方法有最大似然法、支持向量机算法、马氏距离法、最小距离法和神经网络法<sup>[14]</sup>。其中,最大似然法是应用最广泛、最具代表性的统计方法,也是最适合用于提取冬小麦的分类方法<sup>[15]</sup>,其计算公式如下

$$g_i(x) = \ln P(w_i) - (x - M_i)^T S_i^{-1} (x - M_i)$$

式中, $g_i(x)$ 为像元值  $x$  对于类别  $w_i$  的归属概率; $P(w_i)$ 为类别  $w_i$  在图像中的概率; $M_i$  为类别  $w_i$  的均值向量; $S_i$  为类别  $w_i$  的协方差矩阵。

当  $P(w_i)$  为未知数时,认为  $P(w_i)$  为都相同,即  $P(w_i) = -1/m$ ,其中, $m$  为类别数。每个像元都有 1 个  $g_i(x)$  与它相对应,最大的类就是它归属的类别。

3 结果与分析

3.1 光谱调查分析

光谱技术越来越广泛地用于数字农业领域。植

物光谱的采集对于快速区分作物类别、监测作物的长势及病害、预估作物产量等都有不可替代的优势<sup>[16]</sup>。

新疆农业大学奇台县实验站是新疆农业大学建立的麦类实验站,也对其他农作物进行实验研究。7 月 5 日,利用便携式光谱仪对新疆农业大学奇台试验站内小麦、玉米、高粱等主要农作物的光谱(图 1)信息进行采集,并将其与 Sentinel-2 的多光谱(图 2)通道信息进行对比分析,发现 Sentinel-2 的多光谱曲线特征与实地采集的光谱曲线特征基本一致。冬小麦在红光波段(660 nm)反射率较其他农作物明显偏高,在近红外波段(840 nm)反射率略低于其他农作物。冬小麦在这一时期处于收割期,叶绿素水平较低,植被光谱曲线特征减弱,和其他作物光谱差异明显,通过地物光谱差异能有效从背景地物中提取冬小麦。

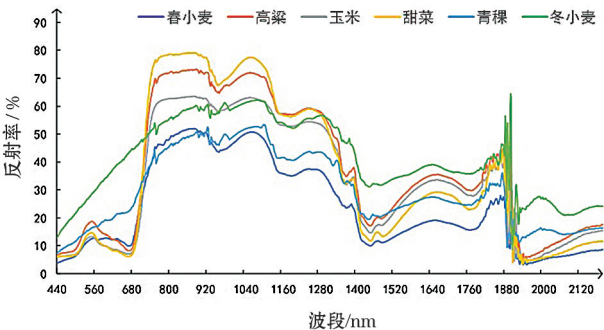


图 1 7 月 5 日不同作物实测光谱曲线

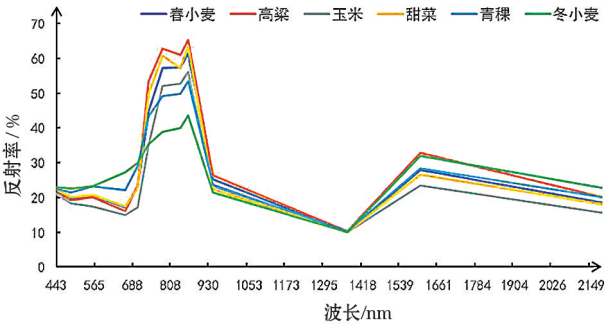


图 2 7 月 4 日 Sentinel-2 不同作物多光谱曲线

3.2 分类结果

根据冬小麦物候差异特征,选取 2022 年 4 月 30 日、2022 年 7 月 5 日两景数据,进行分类判识。在采用最大似然法分类之前,先利用先验知识和纹理特征选取不同类别的训练样本。选取时,样本的范围应尽量小且分布均匀。首先对选取的样本进行可分离性检验。可分离指数的范围为 0~2,指数大于 1.8,说明样本之间的可分离性好,可以用来进行分类训练;指值小于 1.8,说明样本间的相同属性较多,不适合作为分类样本,需要进行重新选择。将得



到的分类结果转化成格式为 shp 的矢量文件(图 3),最后利用 ArcGIS 软件统计冬小麦种植区面积。4 月 30 日是冬小麦拔节期,提取到的冬小麦种植面积为 39 619 hm<sup>2</sup>。7 月 4 日是冬小麦收割期,提取到的冬小麦种植面积为 43 555 hm<sup>2</sup>,收割期提取到的冬小麦面积略大。

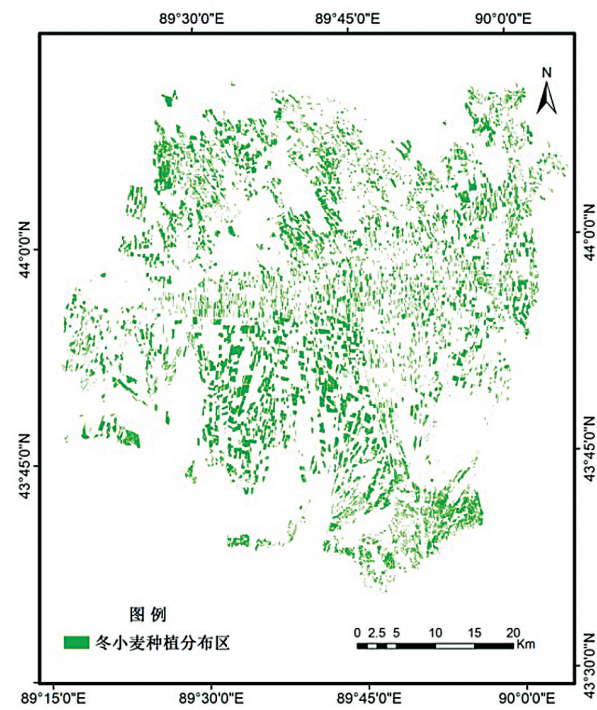


图 3 冬小麦种植面积提取效果

3.3 精度验证

利用无人机航拍数据对分类结果进行精度验证。航拍影像数据的空间分辨率为 0.2 m,达到作为实测数据的精度。通过人工实地踏勘确定作物种类,将 GIS 技术获取的样地面积作为实测数据,对分类和监测结果进行精度验证。通过 7 月 5 日的航拍和实测数据,将新疆农业大学奇台县实验站的 9 个冬小麦耕地斑块作为验证样本(图 4)。



图 4 新疆农业大学奇台县实验站航拍影像

对 Sentinel-2 卫星 4 月 30 日、7 月 4 日影像的分类结果分别进行精度验证。4 月 30 日冬小麦种植斑块面积的判识精度为 90.7%,7 月 4 日冬小麦种植斑块面积的判识精度为 89.4%,相关性均达到 0.99。因此,初步认为冬小麦的拔节期为遥感判识的最佳时期。

分析数据中,面积较大地块的提取精度都超过 92%,面积较小的地块误差会相对较大。6 号地块在拔节期和收割期的面积判识精度均较低,该地块在拔节期的植被绿度明显不如其他冬小麦地块,到收割期后,小麦还未完全成熟。实地调查确定原因为 6 号地块种植试验品种,发育期滞后。

4 结论

(1)根据冬小麦的生长发育期选择最佳时相的影像数据有利于减少异物同谱现象的干扰。冬小麦的拔节期和成熟收割期均能较好提取种植面积,但拔节期的提取精度略高,更适宜作为冬小麦判识的最佳时期。

(2)根据研究区冬小麦的生长发育信息选定遥感影像,采用监督分类方法,提取冬小麦的种植区域,研究避免了面积提取正负误差抵消的现象,经过面积精度和空间分布精度检验,提取的空间分布和面积精度是可信的。

(3)Sentinel-2 卫星数据在空间分辨率上有很大优势,本文只采用监督分类的方法对冬小麦种植区域进行提取,以后将探索尝试其他分类的方法,不断提升遥感产品的适用性和准确性。

参考文献:

[1] 孙九林. 中国农作物遥感动态监测与估产总论[M]. 北京:中国科学技术出版社,1996.

[2] 田海峰,王力,牛铮,等. 基于新遥感数据源的县域冬小麦种植面积提取[J]. 中国农学通报, 2015, 31(5): 220-227.

[3] 张莎,张佳华,白雲,等. 基于 MODIS-EVI 及物候差异阈值提取黄淮海平原冬小麦面积[J]. 农业工程学报, 2018, 34(11): 150-158.

[4] 黄青,李丹丹,陈仲新,等. 基于 MODIS 数据的冬小麦种植面积快速提取与长势监测[J]. 农业机械学报, 2012, 43(7): 163-167.

[5] 崔方宁,宋晓宇,孙宝生,等. 基于多时相 TM 影像的冬小麦面积变化监测[J]. 遥感信息, 2012, 27(5): 89-95.

[6] 张锦水,申克建,潘耀忠,等. HJ-1 号卫星数据与统计抽样相结合的冬小麦区域面积估算[J]. 中国农业科学, 2010, 43(16): 3306-3315.

# 龙南市近 30 年降水天气变化特征及其对农业的影响

邱昌福

龙南市气象局,江西 赣州 341700

**摘要:**利用 1991—2023 年龙南市逐月降水量、降水日数及暴雨日数资料,选择一元线性回归法和滑动平均法对龙南市降水天气变化特征进行分析,探讨了对农业生产的影响,最后给出了几点应对措施。结果表明:1991—2023 年龙南市多年降水量平均值为 1 513.8 mm,线性变化倾向率为 $-10.944\text{ mm}/10\text{ 年}$ ,变化趋势并不显著;龙南市年内各月都有可能出现降水,尤以 3—6 月份最为集中占年降水量的 74.9%;龙南市多年降水日数整体以显著的下降趋势为主,且 2002 年前是降水多发期,之后则是降水偏少期;龙南市平均每年暴雨日数为 4.8 d,线性变化倾向率为 $-0.16\text{ d}/10\text{ 年}$ ,下降趋势并不显著,年内暴雨主要出现在每年的 3—7 月份,占年暴雨日数的 81.3%,尤以 4—6 月份最为集中;降水天气出现时可引起农田内涝、土壤质量下降、引发洪涝灾害等问题,需及时应对。

**关键词:**降水天气;变化特征;农业影响;龙南市

**中图分类号:**P426;DF413.1

**DOI:** 10.3969/j.issn.2097-065X.2024.06.019

## 0 引言

在全球气候变暖的大背景下,各地气候要素均发生了不同程度的变化。作为主要的气象因子,降雨受地形和气流的影响较大。由于降水量的变化和分布具有不确定性,使得各地变化特征存在差异<sup>[1-4]</sup>。降水量日益成为社会各界关注的焦点,对社会的可持续发展产生了严重制约,且累积降水量会造成土地资源退化、水资源耗竭、生态环境遭受破坏,对区域内的可持续发展极为不利<sup>[5]</sup>。另外,因降水量时空分布不均,使得干旱、洪涝灾害频繁出现,由此造成的损失和影响进一步加重。恶劣天气条件,特别是极端降水天气的出现影响山体的稳定

性,进而引发山洪、泥石流、滑坡等自然灾害。因此,对龙南市的降水变化特征进行分析,可准确解释气候变化对全市降水的影响,了解不同尺度下降水量的变化特征,对全面掌握龙南市水文循环、研究气候变化及防治干旱、洪涝灾害等均具有十分重要的现实意义。

## 1 研究区概况

龙南市是江西省直辖县级市,由赣州市代管,位于江西省最南端,东邻定南县,南接广东省和平县、连平县,西靠全南县,北毗信丰县。境内地势西南高东北低,根据海拔高度可划分为中山、低山、高丘、中丘 4 个地貌类型,地属长江流域,河流属赣江水系,

[7] 姚茂华,周文婷.基于物候差异信息遥感估算冬小麦种植面积的研究[J].南方国土资源,2021(4):46-50.

[8] 赵晋陵,詹媛媛,王娟,等.基于 SE-UNet 的冬小麦种植区域提取方法[J].农业机械学报,2022,53(9):189-196.

[9] 孙逸飞,柳平增,张艳,等.基于 Sentinel-2A 遥感影像的潍坊市冬小麦种植面积提取研究[J].中国农机化学报,2022,43(7):98-105.

[10] 普宗朝,张山清,宾建华,等.近 49a 奇台县气温变化及其对春小麦产量的影响[J].西北农业学报,2012,21(9):52-58.

[11] ESA. SENTINEL-2User Handbook[EB/OL]. [2015-7-24]. [https://sentinels.copernicus.eu/documents/247904/685211/Sentinel-2\\_user\\_Handbook](https://sentinels.copernicus.eu/documents/247904/685211/Sentinel-2_user_Handbook).

[12] 张华.遥感数据可靠性分类方法研究[D].徐州:中国矿

业大学,2012.

[13] 李小玉,蒲智,李全胜.基于最大似然分类算法的土地利用变化特征分析[J].计算机与数字工程,2022,50(6):1153-1157.

[14] 王译著,黄亮.2003—2018 年昆明市呈贡区土地利用动态变化时空特征分析[J].科学技术与工程,2019,19(28):42-49.

[15] 朱长明,骆剑承,沈占锋,等.基于地块特征基元与多时相遥感数据的冬小麦播种面积快速提取[J].农业工程学报,2011,27(9):94-99.

[16] 李政,谭勇,宋少忠,等.粳稻地物光谱特征波段分析[J].农业与技术,2022,42(7):11-14.

**作者简介:**石玉,女,1980 年生,高级工程师。研究方向为遥感监测应用。