

# 基于遥感影像的县域冬小麦种植信息提取 —以陕西省武功县为例

王建兴,车自力

(咸阳师范学院资源环境与历史文化学院,陕西 咸阳 712000)

**摘要:**冬小麦是陕西省关中地区重要的粮食作物。本研究以陕西省武功县为例,使用 Landsat8 OLI 影像作为数据源,综合使用 NDVI 阈值分割和决策树分类技术提取了武功县 2017 年冬小麦种植区域,并对各乡镇冬小麦种植面积和空间分布信息进行统计分析。结果表明:(1)在本研究区,冬小麦越冬期结合油菜开花期是利用遥感影像提取冬小麦种植信息的最佳时期组合;(2)运用 NDVI 阈值分割法结合决策树分类从 OLI 影像提取冬小麦种植面积的精度达到 93% 以上;(3)武功县 2017 年冬小麦种植面积为 21 181.97 hm<sup>2</sup>,下辖各乡镇中长安和贞元两镇冬小麦种植面积较大,分别占总面积的 24% 和 19%;在县域尺度上,使用遥感技术提取的冬小麦种植面积和空间分布信息是准确可靠的。

**关键词:**冬小麦;种植面积;遥感影像;NDVI 阈值;武功县

**中图分类号:**S315 **文献标志码:**A

## Planting information extraction of winter wheat based on remote sensing images at county level —A case study in Wugong County, Shaanxi Province

WANG Jian-xing, CHE Zi-li

(College of Resources and Environment & Historical Culture, Xianyang Normal University, Xianyang, Shaanxi 712000, China)

**Abstract:** Winter wheat is the major grain crop in Guanzhogn region. Based on Landsat 8 OLI image, growth area of winter wheat in Wugong County, Shaanxi Province in 2017 was extracted by NDVI threshold segmentation and decision tree classification. The growth area and distribution of winter wheat in each town were calculated and analyzed. The results showed that: (1) Wintering period combined with flowering period of oil rape was the optimal choice of winter wheat growth information extraction; (2) The precision of winter wheat planting area extracted from the OLI image by NDVI threshold segmentation and decision tree classification was more than 93%; (3) The winter wheat area of Wugong County was 21 181.97 hm<sup>2</sup> in 2007. Winter wheat area in Changning and Zhenyuan was larger than other towns and occupied by 24% and 19% of the whole plant area respectively. The growth area and spatial distribution of winter wheat extracted from remote sensing images were reliable.

**Keywords:** winter wheat; plant area; remote sensing images; NDVI threshold; Wugong County

粮食作物产量的稳定是经济社会发展的基础<sup>[1]</sup>,近年来,随着种植结构的调整,经济作物的种植面积逐年增加,粮食作物尤其是小麦的种植面积相应减少<sup>[2]</sup>。在当前单位面积产量稳定的情况下,足量的种植面积是粮食安全的重要保障<sup>[3]</sup>。相比传统的调查方法,使用卫星遥感影像监测农作物种

植信息具有快速、客观、省时省力等优势,可以作为提取冬小麦种植面积和空间位置信息的有效手段<sup>[4]</sup>。潘耀忠等使用多源遥感影像数据建立基于特征物候期植被指数的冬小麦种植面积估算模型,提高了冬小麦种植面积遥感估算的精度和稳定性<sup>[5]</sup>。王庆林等选用拔节期和抽穗期的国产环境

收稿日期:2017-05-08

修回日期:2017-07-21

**基金项目:**陕西省教育厅专项科研项目“陕西省城市建设用地的利用绩效评价及其供给优化研究”(15JK1799);陕西省普通高等学校优势学科建设项目(历史地理学:0602);陕西省教育科学“十三五”规划课题(SGH16H188);咸阳师范学院大学生创新创业训练计划项目(1509024129)

**作者简介:**王建兴(1976-),男,陕西汉中市中人,硕士、讲师,主要从事遥感与土地资源利用研究。E-mail:wangjxss@126.com

卫星影像数据,使用 NDVI 阈值划分技术提取了 2013 年大丰市冬小麦种植面积<sup>[6]</sup>;田海峰等选取与 2014 年冬小麦分蘖期、越冬期、拔节期共 3 个生育期对应的 3 期 OLI 影像,对当年虞城县冬小麦种植面积进行估算<sup>[7]</sup>;王连喜等综合运用 MODIS 和 Landsat 影像数据,使用决策树分类和混合像元分解等技术提取了 2014 年江苏省冬小麦种植面积<sup>[8]</sup>。

关中地区是陕西省重要的粮食生产区域,其中武功县作为国家商品粮基地县,是该地区小麦主产区之一<sup>[9]</sup>。本研究使用 Landsat OLI 遥感影像,提取 2017 年武功县冬小麦种植面积和空间分布,以期为农业部门掌握农田种植结构信息、指导农业生产提供参考。

## 1 材料与方法

### 1.1 研究区概况

武功县地处关中平原西部,东临兴平,西接扶风县和杨凌农业高新技术产业示范区,南部与周至县隔河相望,北部与乾县接壤。下辖 8 个镇,土地面积 397.8 km<sup>2</sup>。地势平坦而微有起伏,主要由河谷冲积阶地、黄土台塬、河漫滩和山前洪积扇前缘地带几种类型构成。属大陆性季风半湿润气候,四季分明,雨热同期,光照充足。全年总日照数 2163 小时左右,年平均气温 12.9℃,无霜期 227 天左右,总降水量 552.6~663.9 mm。耕作制度以一年两熟为主,主要农作物为冬小麦和夏玉米,其中冬小麦常年种植面积为 2.15 万 hm<sup>2</sup>。

### 1.2 数据获取

本研究选用美国 Landsat 8 卫星搭载的运营性陆地成像仪(Operational Land Imager,OLI)获取的影像作为数据源<sup>[10]</sup>。Landsat 8 为近极点太阳轨道卫星,

轨道高度 705 km,重访周期 16 天。OLI 影像为 9 波段多光谱影像,光谱范围覆盖 430~2 290 nm;空间分辨率在全色影像上为 15 m,多光谱影像上为 30 m;成像范围为 185 km×185 km。

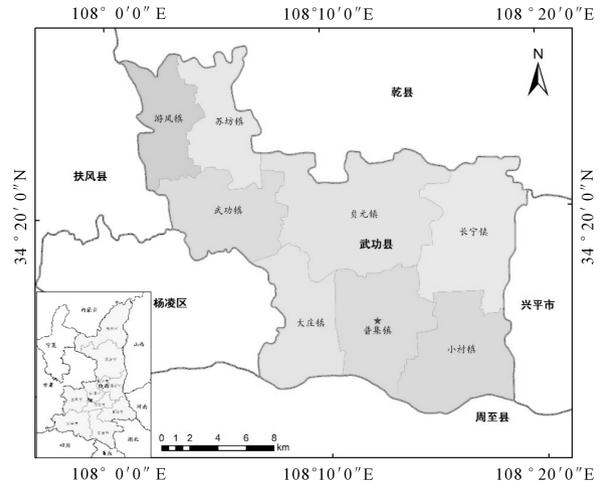


图 1 武功县地理位置与行政区划图

Fig.1 Location and administrative divisions of Wugong County

本研究区冬小麦 10 月上旬播种,10 月中旬出苗,10 月下旬至 11 月中旬分蘖,随后随着气温的降低停止生长并进入越冬阶段,次年 3 月份随气温上升恢复生长。在冬小麦越冬期间,研究区遥感影像上保持绿色植物的光谱特征的地表主要植被为冬小麦,另外还有少量冬油菜分布,二者不易区分;花期的冬油菜在影像上具有独特的特征,与其它农作物有着显著的区别(图 2)。根据这一特点,选择 2017 年 2 月 12 日、2017 年 4 月 17 日共 2 期 OLI 影像(L1T 级)用于冬小麦种植信息提取,2 期影像云层覆盖率均小于 1%。

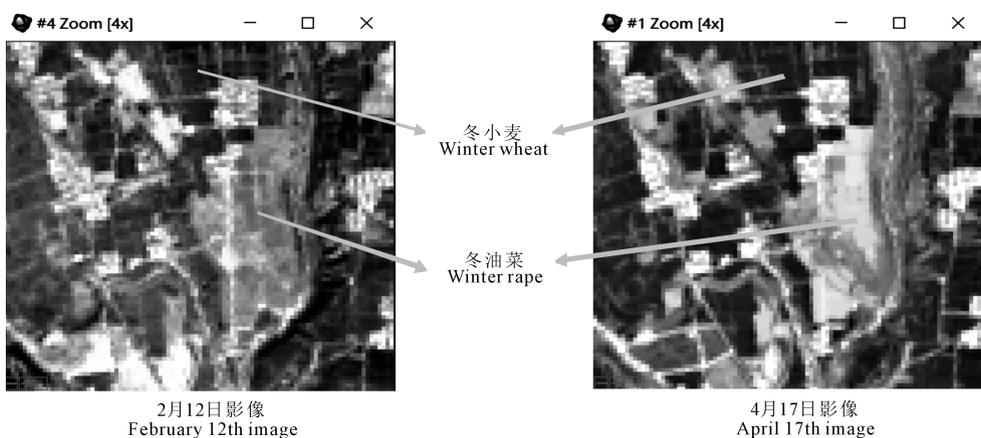


图 2 不同时期影像上的冬小麦与冬油菜

Fig.2 Winter wheat and winter rape in different periods

于 2017 年 1 月和 4 月,在研究区境内选取不同盖度的农田样区 10 个,其中小麦田 6 个,油菜田 4 个。每个样区面积大于  $300\text{ m} \times 300\text{ m}$ , 以确保在 OLI 影像上有足量的像元与之对应。样区之间间隔在 1 km 以上。用 Garmin eTrex20 手持 GPS 记录各样区四角坐标,并根据坐标信息,在 ArcGIS 10.2 软件中绘制出各样区的多边形矢量图,得到 10 个样区在武功县境内的分布,如图 3 所示。

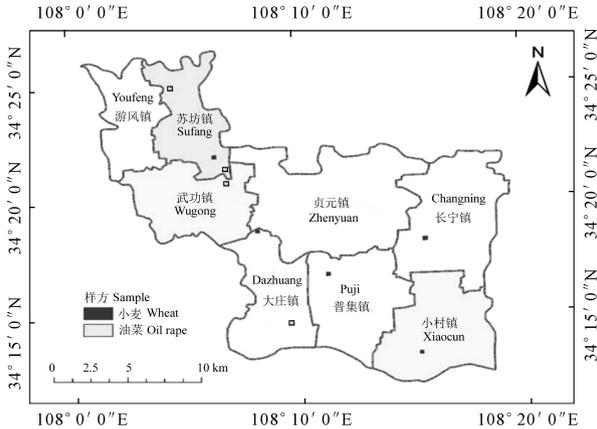


图 3 调查样本的空间分布

Fig.3 Spatial distribution of the investigated sample

### 1.3 数据预处理

OLI 影像 L1T 级产品已经过辐射校正和几何精校正<sup>[11]</sup>。在遥感影像处理软件 ENVI5.1 中,首先使用 Radiometric Calibration 工具对影像进行辐射定标;再使用 FLAASH Atmospheric Correction 工具对辐射定标得到的数据进行大气校正,得到地表反射率数据;然后使用 Gram-Schmit Pan Sharpening 工具将多光谱反射率数据与全色数据融合,得到  $15\text{ m} \times 15\text{ m}$  空间分辨率的地表反射率影像;进而使用 1:400 万武功县行政边界矢量图对影像进行裁切得到研究区各时期的影像。

### 1.4 冬小麦种植信息提取方法

归一化植被指数(normal difference vegetation index, NDVI)是指示地表绿色植被覆盖状况的敏感指标,取值范围在  $-1 \sim 1$  之间,NDVI 值越接近于 1,表明地表植被特征越明显<sup>[12]</sup>。本研究内没有大面积常绿乔灌的分布,果园、林地、草地等地表植被在冬季均呈现出枯黄状态,失去植被特征,对应影像上的 NDVI 值与裸地和建筑用地类似,都远小于 1 且接近于 0 值;水体的 NDVI 表现为负值。同时期地表大面积呈现出绿色植被特征的只有种植冬小麦和冬油菜的地块,因此可以通过这一时期的 NDVI 影像提取小麦和油菜的种植区域。在 ENVI5.1 中使用 Band math 工具计算 2017 年 2 月 12 日和 4 月 17

日 2 期 OLI 影像的归一化植被指数 NDVI,计算公式为:  $NDVI = (b1 - b2) / (b1 + b2)$ , 其中  $b1$  为近红外波段,  $b2$  为红光波段。

为了得到纯冬小麦种植区域,需要将冬油菜从上述提取结果中去除。遥感影像上,油菜在花期与同期其它植被有着显著的区别。使用 ENVI5.1 软件,结合 Google earth 高分辨率卫星影像和实地调查,通过目视解译,在 4 月 17 日影像上识别油菜、小麦、林地、果园及草地等植被覆盖区域,并提取对应区域的光谱反射率,如图 4 所示。与其它植被相比,冬油菜冠层光谱在花期具有鲜明的特征,主要表现为在 562 nm、655 nm 和 865 nm 三个波段上的反射率显著高于其它植被。根据冬油菜的这一光谱特征,可以使用花期的影像提取出冬油菜种植区域。

### 1.5 精度检验

为了保证结果的准确性和可信度,需要对从遥感影像上提取的冬小麦种植面积数据进行检验,本研究使用地面实测冬小麦样方面积检验影像中提取得到的农作物种植面积,计算公式为<sup>[13]</sup>:

$$A = (1 - |(S_0 - S) / S|) \times 100\% \quad (1)$$

式中,  $A$  为提取精度,  $S_0$  为影像上提取得到的农作物种植面积,  $S$  为地面样方实测面积。

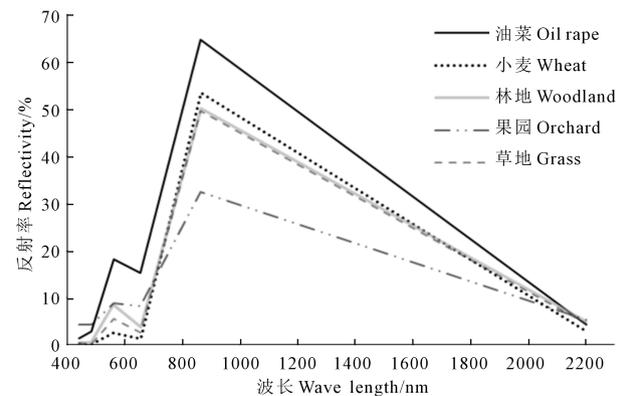


图 4 4 月 17 日影像上不同植被光谱反射率

Fig.4 Spectral reflectance of different vegetation in April 17th

## 2 结果与分析

### 2.1 冬小麦种植区域提取

在 2 月 12 日影像上,调查样区位置对应的冬小麦地块的 NDVI 值范围为  $0.55 \sim 0.78$ , 油菜地块的 NDVI 值范围为  $0.56 \sim 0.73$ , 通过目视解译对影像上植被覆盖区域的 NDVI 值进行多次判断,最终选用 0.53 作为阈值,区分影像上植被与非植被区域。使用决策树分类法对 2 月 12 日 NDVI 影像进行监督分类,判定 NDVI 值大于 0.53 的区域为冬小麦与冬

油菜种植区域。在4月17日影像上,通过目视解译选取油菜地块的感兴趣区(region of interest, ROI),使用基于光谱角匹配的目标侦测法(Target Detection),结合油菜地块ROI光谱信息提取油菜种植区域,结果如图5所示,可以看出,武功县油菜种植十分零散,斑块单元面积较小,只是在武功镇东北部和苏坊镇局部有小范围的连片种植区,由ArcGIS 10.2统计得到全县油菜种植面只有162.63 hm<sup>2</sup>。使用油菜种植区域图像作为掩膜,从冬小麦与冬油菜种植区域图中去除油菜种植区域,最终得到冬小麦种植区域图,结果如图6所示,可以看出,冬小麦在武功县种植面积大,分布广泛,是该地区的主要农作物,各乡镇都有大量种植。

## 2.2 精度检验

在ArcGIS 10.2软件中分别查询10个调查样区多边形的面积,作为地面样区的实际面积(S);将冬

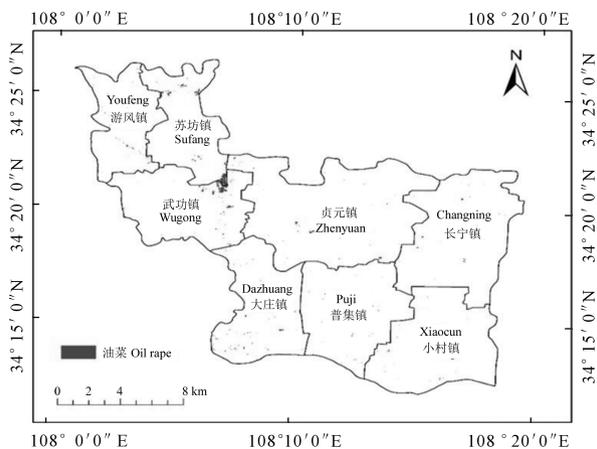


图5 武功县2017年油菜种植区域分布图

Fig.5 Distribution map of oil rape planting area in Wugong County in 2017

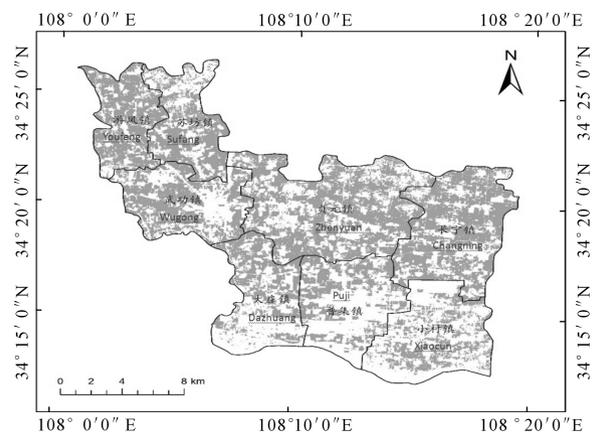


图6 武功县2017年冬小麦种植区域分布图

Fig.6 Distribution map of winter wheat planting area in Wugong County in 2017

小麦种植区域提取结果导入ArcGIS 10.2软件中,使用区域统计工具计算各调查样区多边形内小麦种植区域面积(S<sub>0</sub>)。将S和S<sub>0</sub>代入精度计算公式(1)中计算各调查样区农作物种植面积的提取精度,结果如表1所示,4个油菜样区提取精度最高为96.83%,精度最低的为91.26%,平均值为93.33%;6个小麦样区提取精度最高的为99.51%,精度最低的为93.26%,平均值为97.32%。精度检验结果表明从OLI影像提取得到的冬小麦种植面积与实际面积高度接近,具有很高的精度。

## 2.3 冬小麦种植面积与空间分布

在ArcGIS 10.2软件中,使用区域统计工具计算武功县各乡镇冬小麦种植面积,结果如表2所示,2017年全县冬小麦种植面积为21 181.97 hm<sup>2</sup>,比往年种植面积略低。由图6和表2可知,武功县冬小麦种植分布的空间格局是:北部地区种植集中,南部地区种植分散,主要分布于黄土台塬区。武功县北部的黄土台塬地区,地势高,光照资源丰富,耕地数量大,非常适宜冬小麦种植,该区的冬小麦种植面积占到了全县总面积的75.68%,南部三镇土地面积占全县土地总面积的比例超过了35%,但是冬小麦的种植面积只占全县总种植面积的24.32%。按冬小麦种植面积分镇进行排序,贞元镇冬小麦种植面积最大,达到了5076.56hm<sup>2</sup>,占全县总种植面积的23.97%;紧随其后的是长宁镇,种植面积为4 017.56 hm<sup>2</sup>,占全县总种植面积的18.97%;仅这两个镇的冬小麦总面积就占了全县冬小麦总种植面积的40%以上;北部的武功镇、游风镇和苏坊镇冬小麦种植面积位居第3至第5名,分别达到了2 488.70 hm<sup>2</sup>、2 354.35 hm<sup>2</sup>和2 093.29 hm<sup>2</sup>,共占全县总面积的32.74%;南部的大庄镇、普集镇和小村镇冬小麦种植面积相对较小,三镇的冬小麦总种植面积只有5151.51hm<sup>2</sup>,是全县种植比例最低的乡镇。这主要是因为:(1)南部三镇位于陇海铁路和连霍高速两条交通干线两侧,工业较为发达,建筑用地较多,且随着工业化进程的推进还在逐年增加,耕地面积占比较少;(2)三镇的南部为渭河河漫滩和河流阶地,具备较好的水热条件,调查中发现,该区果园、苗木、蔬菜等经济效益更高的作物种植较多,且种植面积有逐年增加的趋势,冬小麦种植面积受到挤压,相应减少。

表 1 各样区实测面积与影像提取面积精度检验

Table 1 Accuracy of image extraction area in different samples

样方编号 Sample number	作物类型 Crop type	实测面积/m <sup>2</sup> Measured area	影像提取面积/m <sup>2</sup> Image extraction area	精度/% Accuracy
1	油菜 Oil rape	92702.02	86092.36	92.87
2	油菜 Oil rape	91632.52	99641.20	91.26
3	油菜 Oil rape	92186.99	89264.65	96.83
4	油菜 Oil rape	90395.34	97319.63	92.34
5	小麦 Wheat	95123.16	98604.67	96.34
6	小麦 Wheat	94603.98	90091.37	95.23
7	小麦 Wheat	93405.52	87717.11	93.91
8	小麦 Wheat	92570.07	98809.29	93.26
9	小麦 Wheat	91458.71	93690.29	97.56
10	小麦 Wheat	92813.57	92358.78	99.51

表 2 各乡镇冬小麦种植面积统计

Table 2 Statistics on the planting area of winter wheat in each township

乡镇名称 Town name	小麦种植面积/hm <sup>2</sup> Wheat planting area	占总面积比例/% Proportion of total area
武功镇 Wugong Town	2488.70	11.75
游凤镇 Youfeng Town	2354.35	11.11
长宁镇 Changning Town	4017.56	18.97
小村镇 Xiaocun Town	1549.60	7.32
普集镇 Puji Town	1817.79	8.58
苏坊镇 Sufang Town	2093.29	9.88
贞元镇 Zhenyuan Town	5076.56	23.97
大庄镇 Dazhuang Town	1784.12	8.42
总计 Total	21181.97	100.00

### 3 结论与讨论

#### 3.1 结论

本研究利用两个时点的 Landsat OLI 数据提取陕西省武功县 2017 年冬小麦种植面积和空间分布信息,取得了良好的效果,主要结论有:

(1)在有多种越冬作物种植的地区,从单期卫星遥感影像上难以精确提取冬小麦种植信息;多生育期影像数据结合能够排除其它作物干扰,有效提取冬小麦。在本研究区,冬小麦越冬期结合油菜开花期是利用遥感影像提取冬小麦种植信息的最佳时期组合,可以有效排除同时期油菜地块,得到冬小麦种植区域;

(2)NDVI 阈值分割法和决策树分类结合是从多光谱分辨率卫星影像上提取农作物种植信息的有效方法,应用此方法提取武功县冬小麦的精度达到 93%以上。

(3)从 OLI 影像上提取到的武功县 2017 年小

麦种植面积为 21 181.97 hm<sup>2</sup>,与常年播种面积接近。冬小麦种植分布的空间格局是:北部地区种植集中,南部地区种植分散,主要分布于黄土台塬区。分乡镇看,贞元镇冬小麦种植面积最大,长宁镇紧随其后,两镇总种植面积占全县面积的 42.94%,南部各乡镇冬小麦种植面积较小。

#### 3.2 讨论

Landsat 系列影像获取便利,地面分辨率和重访周期都适合大面积农作物监测,是县域尺度农业遥感监测的理想数据源。通过与实地调查情况对比,本研究中冬小麦提取效果较好,对于武功镇东北部区域连片种植的油菜提取精度也较高;但对于其它区域零星种植的油菜地块提取效果较差。这主要是由于 OLI 影像的多光谱分辨率为 30m,小片种植的油菜地块往往在影像上不足一个像元,与周边其它农作物构成的混合像元无法有效识别。张荣群<sup>[14]</sup>等人在使用中等分辨率卫星影像提取农作物种植信息的研究中也发现,对连片种植的大宗农作物提取精度较高;而对分散种植,地块较为破碎的农作物提取精度较低。

使用卫星遥感影像提取农作物种植信息,农作物物候期的选取很重要,往往不能从单期影像直接提取农作物。本研究中同期影像上小麦与油菜易混淆,需要结合油菜花期的影像提取油菜种植区域并进行排除。此外,卫星平台的遥感传感器受天气因素影响较大,不能保证在每个重访周期内都获取到所需范围内地表影像数据,其应用也有一定的局限性,在实际应用中,需要根据农作物的物候特征灵活选取影像和分析方法。刘佳<sup>[4]</sup>、王庆林<sup>[6]</sup>、田海峰<sup>[7]</sup>等人的研究也表明,根据农作物物候期的特点选用多期影像是提取农作物空间信息的有效途径。

## 参考文献:

- [1] 陈印军. 我国粮食生产形势、问题与对策[J]. 中国农业信息, 2004, (2): 8-12.
- [2] 肖川, 刘永功, 王莉. 利用补贴倾斜促进粮食作物生产[J]. 经济问题探索, 2013, (9): 170-174.
- [3] 杜娟, 郑新奇. 基于 Lindo 模型的济南市粮食安全与耕地保护研究[J]. 山东师范大学学报(自然科学版), 2006, 21(1): 110-113.
- [4] 刘佳, 王利民, 杨福刚, 等. 基于 HJ 时间序列数据的农作物种植面积估算[J]. 农业工程学报, 2015, 31(3): 199-206.
- [5] 潘耀忠, 李乐, 张锦水, 等. 基于典型物候特征的 MODIS-EVI 时间序列数据农作物种植面积提取方法——小区域冬小麦实验研究[J]. 遥感学报, 2011, 15(3): 578-594.
- [6] 王庆林, 李卫国, 王荣富. 基于不同时相遥感的冬小麦种植面积的提取[J]. 江苏农业学报, 2014, (6): 1286-1291.
- [7] 田海峰, 王力, 牛铮. 基于 OLI 影像的县域冬小麦种植面积提取[J]. 河南农业科学, 2015, 44(6): 156-160.
- [8] 王连喜, 徐胜男, 李琪, 等. 基于决策树和混合像元分解的江苏省冬小麦种植面积提取[J]. 农业工程学报, 2016, (5): 182-187.
- [9] 李向阳. 武功县小麦生产现状存在问题及对策[J]. 陕西农业科学, 2012, 58(6): 175-176.
- [10] 张玉君. Landsat8 简介[J]. 国土资源遥感, 2013, 25(1): 176-177.
- [11] 初庆伟, 张洪群, 吴业炜, 等. Landsat-8 卫星数据应用探讨[J]. 遥感信息, 2013, 28(4): 110-114.
- [12] Labus M P, Nielsen G A, Lawrence R L, et al. Wheat yield estimates using multi-temporal NDVI satellite imagery[J]. International Journal of Remote Sensing, 2002, 23(20): 4169-4180.
- [13] 权文婷, 周辉. HJ 星数据在关中冬小麦种植面积遥感监测中的应用[J]. 遥感技术与应用, 2014, 29(6): 930-934.
- [14] 张荣群, 王盛安, 高万林, 等. 基于时序植被指数的县域作物遥感分类方法研究[J]. 农业机械学报, 2015, (s1): 246-252.

(上接第 193 页)

- [19] 张益望, 刘文兆, 王俊. 补充灌溉及氮磷配施对冬小麦产量形成和水氮利用的影响[J]. 生态学杂志, 2010, (07): 1307-1313.
- [20] 段文学, 于振文, 张永丽, 等. 施氮量对旱地小麦耗水特性和产量的影响[J]. 作物学报, 2012, 38(09): 1657-1664.
- [21] Sepaskhah A R, Azizian A, Tavakoli A R. Optimal applied water and nitrogen for winter wheat under variable seasonal rainfall and planning scenarios for consequent crops in a semi arid region[J]. Agricultural Water Management, 2006, 84(12): 113-122.
- [22] Xue Q, Zhu Z, Musick J T, et al. Physiological mechanisms contributing to the increased water use efficiency in winter wheat under deficit irrigation. [J]. Journal of Plant Physiology, 2006, 163(2): 154-164.
- [23] 郭松年, 丁林, 王福霞. 作物调亏灌溉理论与技术研究进展及发展趋势[J]. 中国农村水利水电, 2009, (08): 12-16.
- [24] 邓西平. 渭北地区冬小麦的有限灌溉与水分利用研究[J]. 水土保持研究, 1999, 6(01): 42-47.
- [25] 翟丙年, 李生秀. 不同水分状况下施氮对夏玉米水分利用效率的影响[J]. 植物营养与肥料学报, 2005, 11(04): 473-480.
- [26] Moraditochae M. The role of zeolite and their integrated Azospirillum and Azotobacter inoculation and different levels of chemical nitrogen fertilizer under irrigation management on increasing yield and water use efficiency in peanut[J]. International Journal of Agriculture and Crop Sciences, 2013, 5(6): 673-678.
- [27] 刘佳, 张杰, 秦文婧, 等. 施氮和接种根瘤菌对红壤旱地花生生长及氮素累积的影响[J]. 核农学报, 2016, 30(12): 2441-2450.