

# 我国长江中下游农业区冬闲田的遥感监测分析

翟孟源<sup>1</sup>, 徐新良<sup>2</sup>, 姜小三<sup>1\*</sup>

(1. 南京农业大学资源与环境科学学院, 南京 210095; 2. 中国科学院地理科学与资源研究所, 北京 100101)

**摘要:** 近20年以来, 随着我国经济结构的调整 and 农村劳动力的转移, 部分地区冬闲田的面积呈明显增长态势。为了科学、合理及高效地利用冬闲田资源, 本研究以长江中下游农业区为实验区, 利用长时间序列 NDVI 数据, 结合研究区耕地空间分布和农作物在出苗期和成熟期 NDVI 变化特征, 构建了 NDVI 动态阈值法的冬闲田遥感监测方法, 进而对研究区 2007 至 2008 年冬闲田的空间分布和闲置时间进行了提取分析。研究发现, 2007 至 2008 年, 我国长江中下游农业区冬闲田总面积为 20.55 万 km<sup>2</sup>, 占耕地总面积的 45.49%。冬闲田集中分布于研究区北部和西北部的江苏、安徽、河南、湖北、湖南和江西的西北部地区, 其中, 湖北、湖南和江苏是冬闲田分布面积最多的省份, 3 省冬闲田面积占了研究区冬闲田总面积的 53.41%。

**关键词:** 长江中下游农业区; 冬闲田; NDVI; 遥感监测

**DOI:** 10.3724/SP.J.1047.2012.00389

## 1 引言

我国人口多, 人均耕地资源少。随着我国经济的快速发展, 工业化和城市化的不断推进, 全国耕地资源呈现出数量不断减少、质量不断退化的局面, 严重影响着国家粮食安全、生态环境安全和社会稳定<sup>[1]</sup>。近20年以来, 伴随我国经济结构的调整以及农村劳动力的转移, 越来越多的农户放弃了秋播耕种, 导致土地在秋收之后直至第二年播种前这段时间被大量闲置, 部分地区的冬闲田面积甚至超过耕地面积的50%以上<sup>[2]</sup>。我国作为人口大国, 粮食能源安全始终是维护社会稳定的头等大事, 也是社会经济增长的基石。故此, 加强冬闲田的有效开发利用, 尤其在南方冬春季水热资源较为丰富的地区, 对于保障我国粮食安全具有重大意义<sup>[3]</sup>。

合理利用和开发冬闲田, 必须对冬闲田的数量和空间分布状况有所了解。然而目前现有的冬闲田数据不论是准确性和时效性都远远落后于开发

利用的迫切需求。因此, 利用遥感数据大范围快速提取冬闲田的时空分布是现阶段较为理想的解决方案<sup>[4-5]</sup>。从目前国内外的研究现状看, 遥感技术在农作物监测方面的应用主要集中在农作物物候变化监测方面。江东等利用气象卫星 NOAA AVHRR 的 NDVI 数据, 分析了 NDVI 时间曲线的波动与农作物生长发育阶段及农作物长势的响应规律<sup>[6]</sup>; 张峰等提出利用时序 NDVI 数据提取作物生长过程的方法<sup>[7]</sup>; 熊勤学等利用 NDVI 植被指数时序变化特征开展了农作物秋收面积的监测<sup>[8]</sup>。农作物的大规模遥感监测, 不仅利用了遥感数据的可见光光谱信息, 还用到了多时相遥感的时序变化特征, 即通过遥感数据获取的农作物生长过程的周期性动态变化特征, 包括作物的播种、出苗、抽穗、成熟和收割等关键物候点<sup>[9]</sup>。在冬闲田时空分布的遥感监测方面, 目前尚未有成熟的提取算法, 本研究以长江中下游农业区为实验区, 利用长时间序列 NDVI 遥感数据, 结合研究区耕地空间分布和农作物物候变化特征, 构建了冬闲田空间分布和闲置

**收稿日期:** 2012-03-29; **修回日期:** 2012-06-05.

**基金项目:** 国家“973”计划项目(2010CB950901); 高分辨率对地观测重大专项(E0203/1112/JC03); 上海市气象局科技开发项目“气候变化对长江流域油菜影响分析”。

**作者简介:** 翟孟源(1985-), 男, 江苏南京人, 硕士生, 主要方向为自然资源与信息系统。

E-mail: dreamwar2005@yahoo.com.cn

**\* 通讯作者:** 姜小三(1967-), 男, 副教授, 硕士生导师, 主要从事水土流失、农业面源污染研究。

E-mail: gis@njau.edu.cn

时间的遥感监测方法,以期为冬闲田的监测及科学、合理开发利用提供技术支持。

2 研究区数据分析

长江中下游农业区(图 1)包括江苏、上海、安徽、浙江、湖北、湖南、江西和广西及广东部分地区,占地面积为 97.5 万 km<sup>2</sup>,2007 年总人口 37 083 万,是中国人口密度最大的地区。该区耕地面积 34 万 km<sup>2</sup>,占全区总土地面积的 35%,其中,2007 年农业总产值 13 343.9 亿元,占全国农业总产值的 27.3%,

粮食总产量  $13\,653 \times 10^4 \text{ t}$ ,占全国粮食总产量的 27.2%。

该区地形多以平原和低山丘陵为主,农业土地资源条件十分优越,同时拥有丰富的水热资源,年降水量 1000~1400 mm,主要集中于春、夏两季,年均温在 14~20℃,10℃ 以上活动积温介于 4500~6500℃,除淮北部分地区外,该区 1 月平均气温多在 0℃ 以上,因此,冬季河流封冻和土壤冻结等现象极为少见。该地区农业多为一年两熟或一熟(表 1)。农业发达,平原大部分地区种植水稻,同时还种植小麦、棉花、油菜等作物。

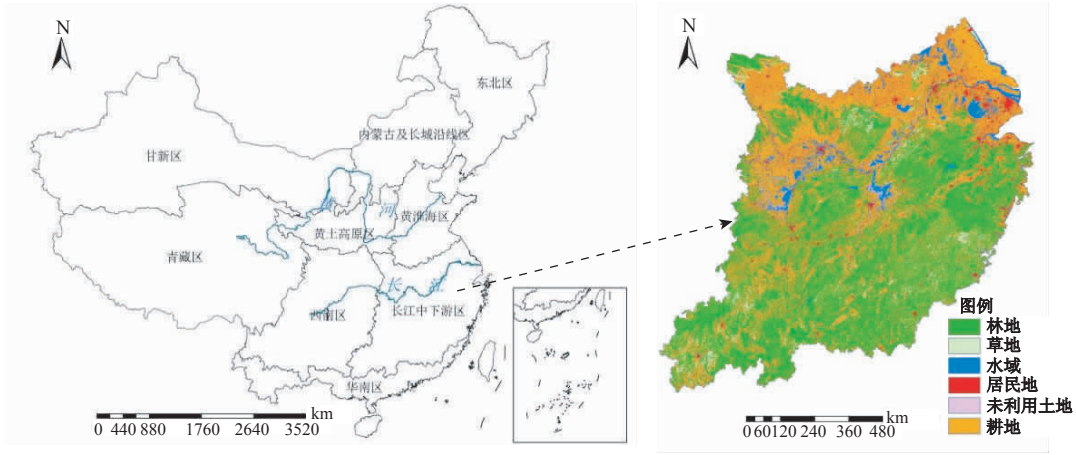


图 1 长江中下游农业区空间位置及土地利用图  
Fig. 1 The location and land use map of middle and lower reaches of Yangtze River

2.1 SPOT-VEGETATION NDVI 数据

植被是陆地生态系统重要的组成部分<sup>[11-12]</sup>,而归一化植被指数是评价地表植被覆盖状况的最有效方法<sup>[13]</sup>。SPOT-VEGETATION 是搭载在 SPOT4 和 SPOT5 卫星上的传感器,有蓝、红、近红外和短波红外 4 个波段。它主要用于全球和区域尺度陆地植被的监测。本研究采用的 SPOT-VEGETATION NDVI 数据集来自于比利时佛莱芒技术研究所(Flemish Institute for Technological Research, Vito)的 VEGETATION 影像处理中心生成的空间分辨率为 1km 的 10 日全球数据集。其预处理包括:大气校正、辐射校正、云检测和几何校正等;并利用最大值合成法 MVC(Maximum Value Composites)生成时间分辨率为 10 日的 NDVI 数据。采用的 NDVI 数据时间范围为 2007 年 1 月至 2008 年 12 月,通过投影变换生成与耕地空间数据具有一致投影基础的逐旬 NDVI 数据。

2.2 耕地空间分布数据

来自中国科学院资源环境科学数据中心的长江中下游农业区 1:10 万土地利用数据,系本研究的主要数据源<sup>[14-15]</sup>。该数据集将全国土地利用划分为 6 个一级类型、25 个二级类型,以及 8 个三级类型。本研究利用了 2008 年的土地利用现状数据,运用 GIS 技术,从土地利用类型中提取耕地,作为本研究开展冬闲田遥感自动提取的数据基础。

2.3 农作物生长发育状况数据

该数据来源于中国国家气象局中国农作物生长发育和农田土壤湿度旬值数据集,该数据集记录了 1991 年至 2012 年中国 778 个农业气象站观测的历年农作物生长发育状况,具体内容包括:作物名称、发育期名称、发育历期、发育程度、发育期距平、植株高度、生长状况、植株密度、到本旬末积温、积温距平、干土层厚度、10cm、20cm、50cm、70cm 和 100cm 土壤相对湿度。本研究选取了长江中下游

农业区 2007—2008 年的数据,并从中提取典型农作物成熟和播种时间用于验证研究区遥感提取的数据的精度。

3 冬闲田的遥感识别提取方法

3.1 农作物生长过程 NDVI 变化特征分析

相关资料表明,长江中下游农业区农作物多为一年两熟,部分地区为一年一熟。有学者指出,一年两熟制的农作物成熟时间多集中在 5 月下旬至 6 月中旬和 10 月上旬至 12 月上旬,一年一熟制的作物成熟时间多集中在 9 月下旬至 12 月中旬<sup>[10]</sup>。

表 1 长江中下游农业区农作物种植制度<sup>[10]</sup>  
Tab. 1 The cropping system types in the middle and lower reaches of Yangtze River

种植制度	类型	返青/出苗期		成熟期	
		第一季	第二季	第一季	第二季
一年二熟制	夏熟型	2 月上旬至 3 月下旬		5 月下旬至 6 月中旬	
	秋熟型	6 月中旬至 7 月		10 月上旬至 12 月上旬	
一年一熟制		3 月上旬至 4 月下旬		9 月下旬至 12 月中旬	

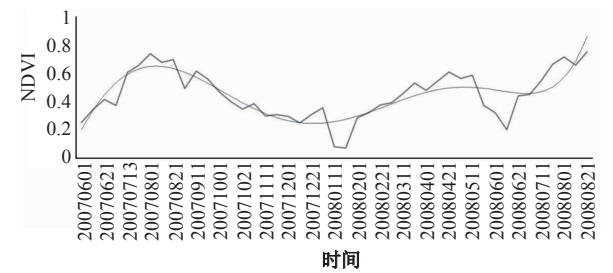


图 2 长江中下游农业区典型耕地地块的 NDVI 时间变化特征  
Fig. 2 The change characteristics of NDVI time series in middle and lower reaches of Yangtze River

为了分析长江中下游农业区农作物生长发育过程中 NDVI 周期性动态变化特征,在研究区内选择典型耕地地块,绘制了 NDVI 的时间变化曲线(图 2)。典型地块的选取遵循以下原则:(1)在研究区内均匀分布;(2)选择大块耕地中心区域,尽可能避免混合像元的影响;(3)选择的典型地块数量超过 50 个。

从图 2 可以看出,长江中下游农业区典型耕地

地块的 NDVI 在 6 月达到谷底,而后在 8 月达到最高值,在 9 月开始大幅下降,来年 1 月份降到最低点,1 月以后开始持续上扬,在 5 月达到次高值,在 6 月再次回落到谷底。结合相关资料,研究区 1 月 NDVI 出现急剧下滑,应该是 2008 年 1 月 10 日出现的 50 年一遇的南方冰雪灾害所导致<sup>[16-17]</sup>。图 2 清晰反映了研究区耕地 NDVI 在 2007 年 6 月至 2008 年 6 月间的完整的周期性动态变化特征,因此,2007 年 8 月—2007 年 12 月间农作物收获时间的确定,以及 2008 年 1 月—2008 年 8 月间农作物播种时间的确定,是本研究提取冬闲田需要解决的关键技术问题。

由于农作物从成熟到收获将导致 NDVI 的大幅度降低,为了进一步获取长江中下游农业区农作物收获的集中分布时间,本研究统计了 9 月下旬至 10 月下旬耕地 NDVI 每相邻 2 旬间负变化(下降)的栅格分布(图 3)。从统计结果看,长江中下游农业区农作物收获是一个逐步的过程,9 月下旬至 10 月下旬发生 NDVI 负变化的耕地栅格数量,尤其是 NDVI 负变化 $<-0.2$  的栅格数量,呈现向 NDVI 负变化高值区转移的趋势,其中,9 月下旬到 10 月上旬由于农作物收获开始集中出现,图 3 在 NDVI 负变化 $<-0.2$  的栅格数量明显增多,并在 NDVI 负变化为 $-0.5--0.4$  的区域出现一个小高峰,10 月上旬到 10 月下旬农作物收获最为集中,图 3 在 NDVI 负变化 $<-0.2$  的栅格数量均达到高峰,其中在 NDVI 负变化为 $-0.6--0.5$  的区域出现一个明显高峰。可见,9 月下旬到 10 月上旬农作物收获开始集中出现,10 月上旬到 10 月下旬农作物收获最为集中是长江中下游农业区农作物收获时间的典型特征。

播种时间是本研究提取冬闲田的另一个关键时间点,本研究以出苗期来反推播种时间。由于研究区内夏熟作物出苗期多集中在 2—3 月份<sup>[10]</sup>,本研究统计了 2008 年 2 月下旬至 4 月上旬耕地 NDVI 每相邻 2 旬正变化(上升)的栅格分布(图 4)。从统计结果来看,耕地 NDVI 正变化的时间分布不够集中,2008 年 2 月下旬以来,正变化高于 0.1 的栅格数在时间上呈现随时间增多的趋势,其中,从 3 月中旬到 3 月下旬正变化高于 0.1 的栅格数明显增多,可见研究区作物的出苗期,分布于 2 月以来的较长时段,其中,3 月中旬到 3 月下旬作物出苗比较集中。

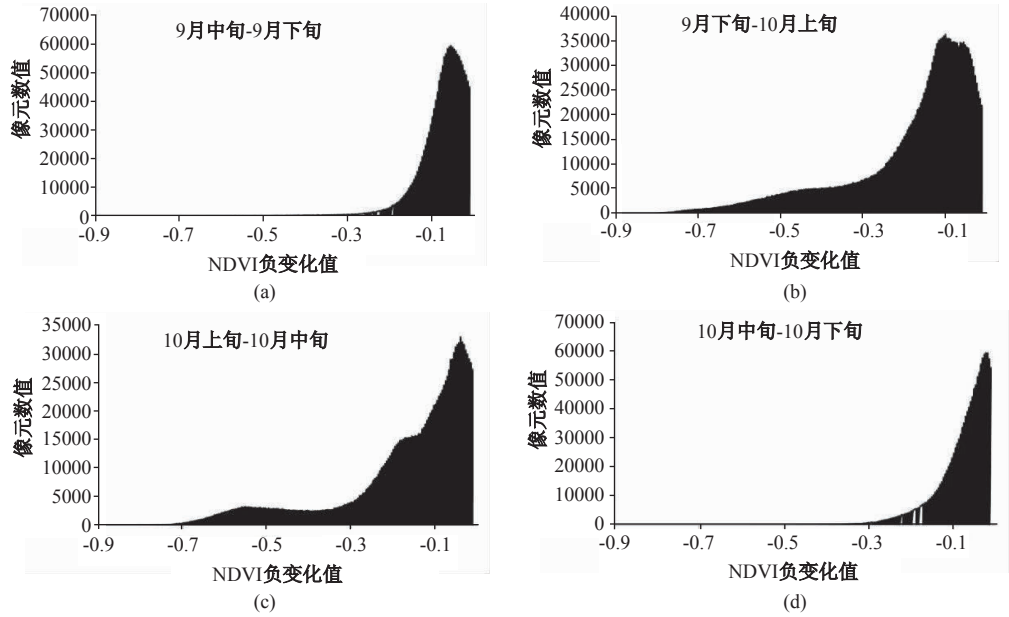


图 3 长江中下游农业区耕地 NDVI 相邻 2 旬负变化的栅格分布图  
Fig. 3 The NDVI decline of middle and lower reaches of Yangtze River in 2007

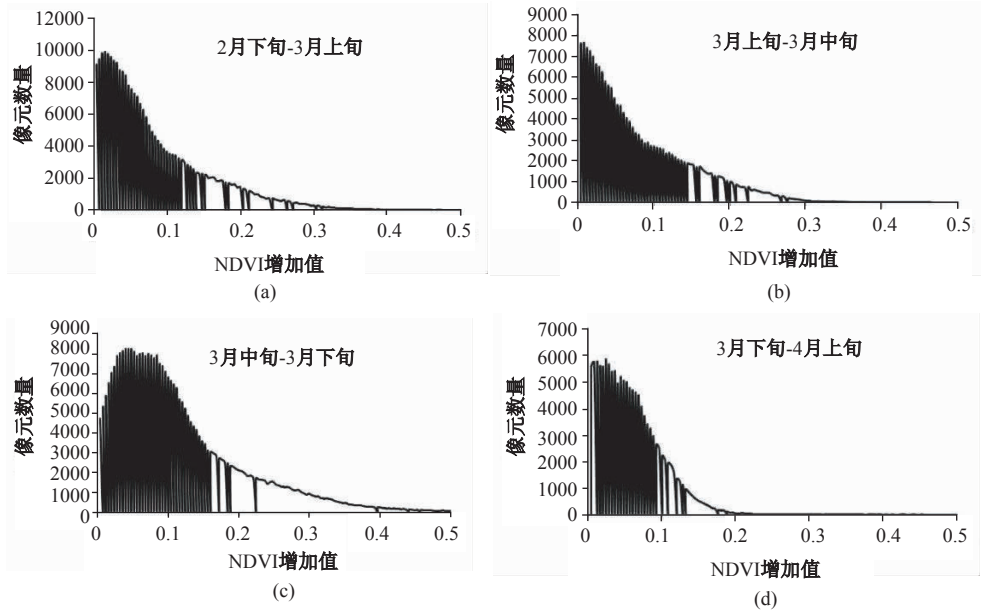


图 4 长江中下游农业区耕地 NDVI 相邻 2 旬 NDVI 增长变化的栅格分布  
Fig. 4 The NDVI increase of middle and lower reaches of Yangtze River in 2008

3.2 长江中下游农业区作物收获和播种时间的提取

由于时间序列的植被指数值蕴涵着植被的生长和枯萎的年循环节律,经时间序列函数拟合方法重构的植被指数变化曲线,可以较准确地反映农作物的出苗、拔节、抽穗、成熟、收获等生长过程<sup>[18]</sup>。目前,国内外许多学者利用多时相 NDVI 的时序变

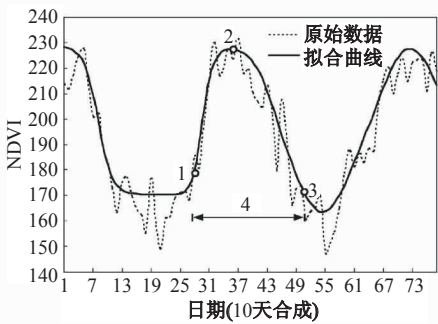
化特征,即 NDVI 在一年内经历一个或多个峰谷的动态变化过程来提取作物的物候特征<sup>[6-8,21-22]</sup>。常用的提取植被生长起始期 NDVI 阈值法,即根据预先设定的 NDVI 阈值来确定植被物候期<sup>[19]</sup>,假设当 NDVI 值低于某一阈值时,植被的生长季不可能开始;NDVI 值高于此阈值时,可以认为植被生长季节开始<sup>[20]</sup>。然而,运用此方法在进行区域大尺度和不



同植被类型的物候提取过程中,由于 NDVI 阈值难以确定,而采用统一的 NDVI 阈值又显然不合适,因此,该方法的使用还有一定的局限性。针对 NDVI 阈值法的不足,Jonsson 等提出了 NDVI 动态阈值法,即在作物生长的 NDVI 曲线上升阶段,定义 NDVI 最大值与最小值间距离的 20% 为动态阈值点,即:

$$NDVI_{\text{动态阈值}} = (NDVI_{\text{max}} - NDVI_{\text{min}}) \times 20\% + NDVI_{\text{min}}$$

式中,  $NDVI_{\text{max}}$ 、 $NDVI_{\text{min}}$  分别为一年内作物生长过程 NDVI 的最大值和最小值。当 NDVI 值上升到拟合曲线整体增幅的 20% 时,对应作物生长季的开始期,及出苗期/返青期;当 NDVI 值下降到拟合曲线整体降幅的 20% 时对应作物生长季的成熟期(图 5)。



生长季特征参数: 1. 出苗期; 2. 高峰期; 3. 成熟期; 4. 生长季长度

图 5 以 NDVI 拟合序列提取的生长季特征参数<sup>[24]</sup>

Fig. 5 Extracted seasonality parameters based on fitted NDVI series

NDVI 动态阈值法比较适合大区域尺度的作物物候提取<sup>[9]</sup>。Heumann、Beck、于信芳等都利用 20% 的动态阈值对植被物候进行了提取<sup>[21-23]</sup>。李正国等提出以 NDVI 拟合曲线整体增幅的 20% 作为返青期/出苗期和成熟期的阈值(表 1)来提取东北和华北的作物物候特征<sup>[24]</sup>。因此,本研究依据前人研究成果,并结合长江中下游农业区作物成熟期和出苗期的 NDVI 曲线变化特征(图 2、3、4),以 NDVI 振幅的 20% 作为阈值来提取作物成熟期和出苗期,即当某像元 NDVI 值达到阈值时,且此前 NDVI 呈下降趋势,则表明作物达到成熟期;若 NDVI 值达到阈值时,且此后 NDVI 呈现上升趋势,则表明作物达到出苗期。

根据 NDVI 动态阈值法,本研究作物成熟期和出苗期的具体提取过程如下:首先,对一年内耕

地 36 旬的 NDVI 数据进行逐个像元分析,获取一年中 NDVI 的最大值( $NDVI_{\text{max}}$ )和最小值( $NDVI_{\text{min}}$ ),并计算其差值(变化幅度),得到当年该像元的 NDVI 变化振幅。然后,逐个像元计算其振幅的 20%,并将其结果加上该像元的 NDVI 最低值( $NDVI_{\text{min}}$ ),作为该像元的动态阈值。获取 NDVI 动态阈值后,作物成熟期的判定依据,其表达式如下:

$$NDVI_i < NDVI_{\text{动态阈值}} \text{ and } NDVI_i < NDVI_{i-1} \\ \text{and } NDVI_{i-1} < NDVI_{i-2}$$

若某像元第  $i$  旬  $NDVI_i$  的值达到(小于)动态阈值,且满足第  $i$  旬  $NDVI_i$  值小于前一句  $NDVI_{i-1}$  值,且第  $i-1$  旬  $NDVI_{i-1}$  值小于第  $i-2$  旬  $NDVI_{i-2}$  值,即若某像元连续 3 旬的 NDVI 值呈下降趋势,则认为该像元农作物处于成熟期。

作物出苗期的判定依据如下:

$$NDVI_i > NDVI_{\text{动态阈值}} \text{ and } NDVI_i < NDVI_{i+1} \\ \text{and } NDVI_{i+1} < NDVI_{i+2}$$

若某像元第  $i$  旬  $NDVI_i$  的值达到(大于)动态阈值,且满足第  $i$  旬  $NDVI_i$  值小于后一句  $NDVI_{i+1}$  值,且第  $i+1$  旬  $NDVI_{i+1}$  值小于第  $i+2$  旬  $NDVI_{i+2}$  值,即若某像元连续 3 旬的 NDVI 值呈增长趋势,则认为该像元农作物处于出苗期。

本研究利用上述规则提取了 2007 年 7 月至 2007 年 12 月农作物的成熟期,考虑到作物成熟后可能不会立即收获,因此,将成熟期时间向后推迟 1 旬,来作为作物的收获时间。

由于研究区部分耕地在一年内可能有多次播种,因此,我们将播种时间的提取起点时间设定为每个像元秋收后开始,从而保证提取的每个播种时间一定是晚于秋收时间。同时,鉴于有学者指出作物从播种到出苗一般需要 1-2 旬<sup>[25]</sup>,因此,本研究将最后所得出苗期时间提前 2 旬,来作为作物的播种时间(图 6)。最后,本研究利用农业气象站的农作物生长发育状况数据,对提取的作物的收获时间和播种时间进行了验证(图 7),其中,收获时间提取的精度达到 91% 以上,而播种时间的提取的精度在 86% 左右。

### 3.3 冬闲田的提取

由于冬闲田是指在秋收完结之后至第二年播种前这段时间因没有种植越冬作物而被较长时间闲置的土地,考虑到长江中下游农业区作物秋收一

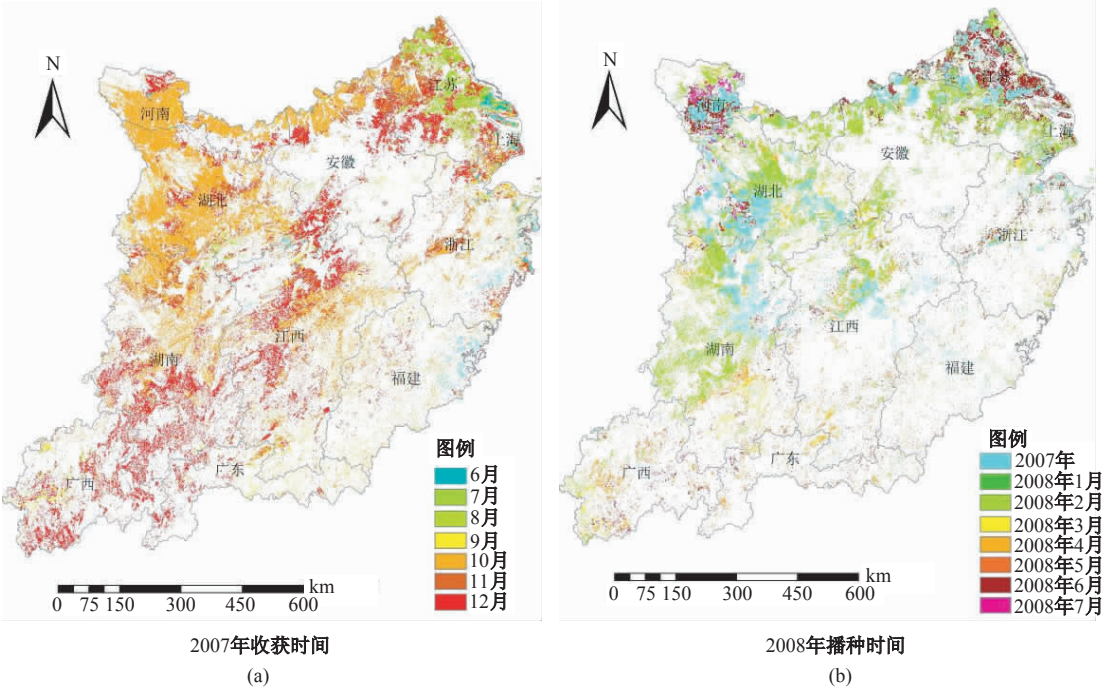


图 6 遥感方法提取的长江中下游农业区 2007 年收获时间和 2008 年播种时间分布图

Fig. 6 The distribution of sowing and mature date in the middle and lower reaches of Yangtze River by RS

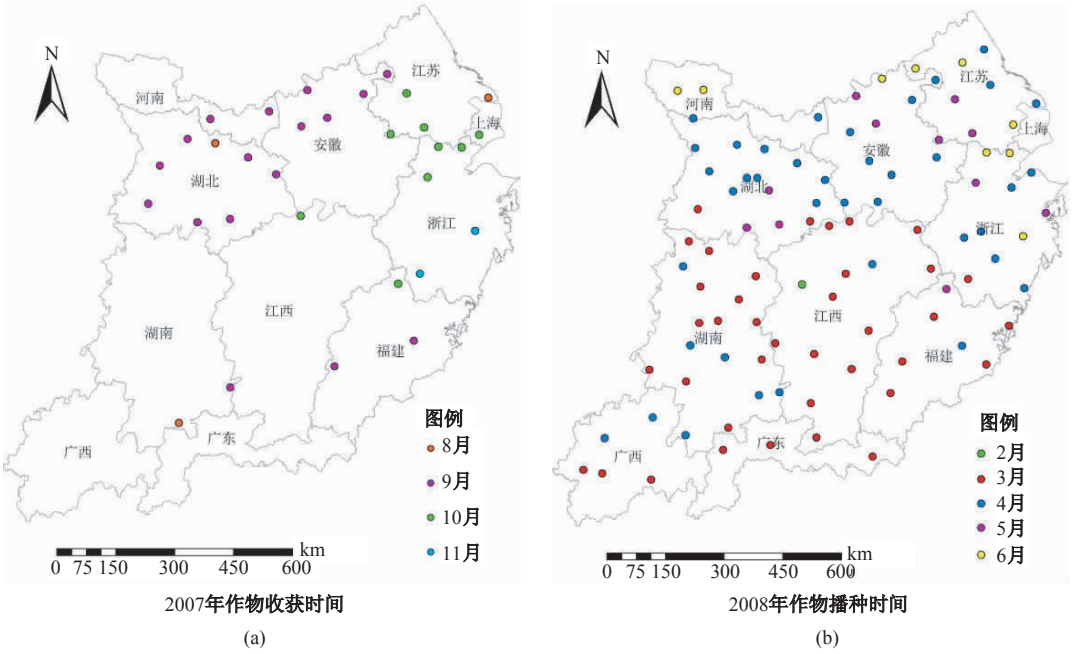


图 7 长江中下游农业区农业气象站点农作物收割与播种时间

Fig. 7 The sowing date and mature date of crops in middle and lower reaches of Yangtze River

一般在 12 月中旬结束,那么只要耕地在 1 月前还未进行播种,即没有种植越冬作物,我们就将其视为冬闲田。根据前文提取的研究区农作物收获和播种时间,首先提取播种时间在 1 月份之后的耕地,

再利用 GIS 的空间叠加功能,用作物播种时间减去其收获时间,即可获得研究区农作物从收获到来年播种的间隔时间,即冬天田的闲置时间长短(图 8)。

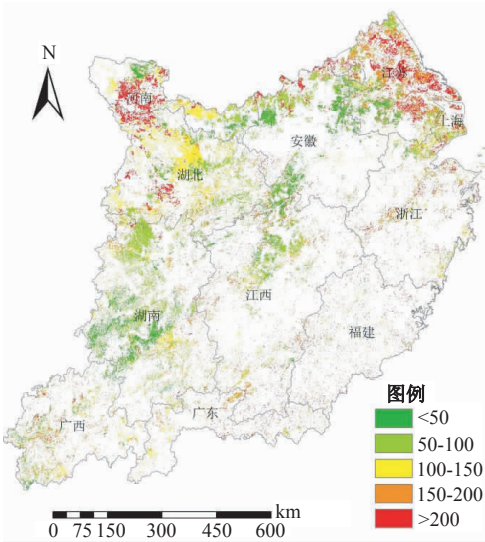


图 8 长江中下游农业区 2007—2008 年冬闲田闲置时间空间分布

Fig. 8 The winter fallow fields distribution map of the middle and lower reaches of The Yangtze River from 2007 to 2008

4 冬闲田提取结果与分析

从遥感监测的结果看,长江中下游农业区 2007 年作物收获时间(图 6(a))主要集中在 10 月至 12 月,其中,河南、湖北和湖南北部和安徽北部农作物收获时间集中在 10 月,而研究区中南部地区,以及江苏南部农作物收获时间集中在 11—12 月,此外,江苏北部地区农作物收获时间多发生在 7—8 月份。从长江中下游农业区 2008 年作物播种时间看(图 6(b)),湖北北部、湖南北部,以及江苏南部作物播种时间多集中在 2008 年 1—2 月,而湖南南部及广东、广西作物播种时间多集中在 2008 年 3—5 月,此外,江苏北部和河南局部地区,作物播种时间多集中在 2008 年 6 月。

在提取研究区农作物收获和播种时间的基础上,我们进一步提取了冬闲田的时间长短及空间分布。长江中下游农业区 2007 至 2008 年冬闲田总面积为 20.55 万 km<sup>2</sup>,占研究区耕地总量的 45.49%。研究区的冬闲田集中分布于其北部和西北部的江苏、安徽、河南、湖北、湖南及江西的西北部地区。从地理分布趋势来看,研究区冬闲田分布由北向南逐步减少,由东向西逐渐增加。其中,湖北、湖南和江苏是冬闲田分布面积最多的省份,3 省

冬闲田面积占了研究区冬闲田总面积的 53.41% (表 3)。

从冬闲田时间分布的长短看,100 天以下的冬闲田面积占了全区冬闲田总面积的 50%,其中,50 天以下的冬闲田面积占 19.8%,而 50—100 天之间的冬闲田面积占 30.2%,此外,100—150 天之间的冬闲田面积占 17.7%,150—200 天之间的冬闲田面积占 13.7%,而 200 天以上的冬闲田面积占 18.2%。从不同时间长度冬闲田的空间分布看(图 8),200 天以上的冬闲田主要集中在研究区北部的江苏和西北部的河南。而研究区西北部的冬闲田休耕时间多在 100 天以下。

表 3 2007—2008 年长江中下游农业区冬闲田面积统计结果

Tab. 1 The area of winter fallow field changes in the middle and lower reaches of The Yangtze River from 2007 to 2008

名称	面积(km <sup>2</sup> )	百分比(%)
安徽	22 459.86	10.93
福建	5 051.37	2.46
广东	4 273.94	2.08
广西	11 236.84	5.47
河南	16 799.37	8.17
湖北	37 223.36	18.11
湖南	38 012.09	18.50
江苏	34 521.85	16.80
江西	20 343.61	9.90
上海	3 391.02	1.65
浙江	12 183.81	5.93

5 结论与讨论

目前,国内利用遥感数据针对冬闲田的空间分布及闲置时间的遥感监测还刚起步。本研究以长江中下游农业区为实验区,利用长时间序列 NDVI 数据,结合研究区耕地空间分布和农作物在出苗期和成熟期 NDVI 变化特征,对研究区 2007 至 2008 年冬闲田的空间分布和闲置时间进行了提取。研究发现,NDVI 动态阈值法的冬闲田提取方法取得了比较理想的结果。2007 至 2008 年,我国长江中下游农业区冬闲田总面积为 20.55 万 km<sup>2</sup>,占耕地总面积的 45.49%。冬闲田集中分布于研究区北部和西北部的江苏、安徽、河南、湖北、湖南及江西的西北部地区,其中,湖北、湖南和江苏是冬闲田分布

面积最多的省份,3 省冬闲田面积占了研究区冬闲田总面积的 53.41%。

本研究对较大区域冬闲田空间分布和闲置时间的监测方法进行了探索,该成果对指导区域冬闲田资源的高效开发利用有较高的参考价值。但该方法也存在一定的局限性,比如本研究所使用的 SPOT-VEGETATION NDVI 数据的分辨率为  $1\text{km} \times 1\text{km}$ ,混合像元所包含的非耕地光谱信息会对结果的判释产生一定的影响。另外,受农业气象站点分布数量的影响,本研究所采用的精度检验的站点数量较少,有待下一步补充完善。

因此,针对冬闲田空间分布的遥感提取,今后应深入分析各类不同作物的物候特征,同时结合当地气候和土壤要素,并利用更高分辨率遥感影像作为数据基础,尽可能排除外界因素的影响,构建有效的冬闲田空间分布的遥感提取算法,为区域冬闲田资源的合理开发利用提供快速准确的科学依据。

#### 参考文献:

- [1] 吴兆娟,魏朝富. 国内耕地资源价值研究现状及展望[J]. 中国农学通报,2012,1:29-32.
- [2] 王月星. 闲置耕地合理利用的对策与途径研究[J]. 中国农业科技导报,2006,8(6):81-83.
- [3] 金姝兰,侯立春,徐磊. 长江中下游地区耕地复种指数变化与国家粮食安全[J]. 中国农学通报,2011,27(17):208-212.
- [4] Toshihiro Sakamoto, Nhan Van Nguyen, Hiroyuki Ohno, *et al.* Spatio-temporal distribution of rice phenology and cropping systems in the Mekong Delta with special reference to the seasonal water flow of the Mekong and Bassac rivers[J]. Remote Sensing of Environment,2006,100(1):1-16.
- [5] Toshihiro Sakamoto, Cao Van Phung, Aikihiko Kotera, *et al.* Analysis of rapid expansion of inland aquaculture and triple rice-cropping areas in a coastal area of the Vietnamese Mekong Delta using MODIS time-series imagery[J]. Landscape and Urban Planning,2009,92(1),15:34-46.
- [6] 江东,王乃斌,杨小唤,等. NDVI 曲线与农作物长势的时序互动规律[J]. 生态学报,2002,22(2):247-252.
- [7] 张峰,吴炳方,刘成林,等. 区域作物生长过程的遥感提取方法[J]. 遥感学报,2004,8(6):515-527.
- [8] 熊勤学,黄敬峰. 利用 NDVI 指数时序特征监测秋收作物种植面积[J]. 农业工程学报,2009,25(1):144-148.
- [9] Jonsson P, Eklundh L. Seasonality extraction by function fitting to time-series of satellite sensor data[C]. IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing, 2002,40:1824-1932.
- [10] 李正国,杨鹏,周清波,等. 基于时序植被指数的华北地区作物物候期/种植制度的时空格局特征[J]. 生态学报,2009,29(11):6216-6226.
- [11] Compton J. Tucker, Red and photographic infrared linear combination for monitoring vegetation[J]. Remote Sensing of Environment, 1979(8):127-150.
- [12] Hadley N F, Szarek S R. Productivity of desert ecosystems[J]. Bioscience, 1981(31):747-753.
- [13] Lehouerou H N. 1984. Rain use efficiency-a unifying concept in arid-land ecology[J]. Arid Environ., 1984(7):213-247.
- [14] 刘纪远,刘明亮,庄大方,等. 中国近期土地利用变化的空间格局分析. 中国科学(D 辑),2002,32(12):1031-1040.
- [15] 刘纪远,张增祥,徐新良,等. 21 世纪初中国土地利用变化的空间格局与驱动力分析. 地理学报,2009,64(12):1411-1420.
- [16] 徐新良,苏富岩,庄大方,等. 2008 年南方冰雪过程对生态环境影响的遥感监测——以湖南省资兴市为例[J]. 地球信息科学学报,2009,11(2):237-243.
- [17] 郑大玮,李茂松,霍治国. 2008 年南方低温冰雪灾害对农业的影响及对策[J]. 防灾科技学院学报,2008,10(2):1-4.
- [18] Fan J L, Wu B F. A methodology for retrieving cropping index from NDVI profile[J]. Journal of Remote Sensing, 2004,8(6):628-636.
- [19] Piao S, Fang J, Zhou L, *et al.* Variations in satellite-derived phenology in China's temperate vegetation[J]. Global Change Biology, 2006(12):672-685.
- [20] 王宏,李晓兵,李霞,等. 基于 NOAA NDVI 和 MSAVI 研究中国北方植被生长季变化[J]. 生态学报,2007,27(2):504-515.
- [21] Becka P S A, Atzberger C, Høgdac K A, Johansenc B, Skidmore A K. Improved monitoring of vegetation dynamics at very high latitudes: a new method using MODIS NDVI[J]. Remote Sensing of Environment, 2006(100):321-334.
- [22] Heumann B W, Seaquist J W, Eklundh L, Jönsson P. AVHRR derived phenological change in the Sahel and Soudan Africa,1982-2005[J]. Remote Sensing of Environment, 2007(108):385-392.
- [23] 于信芳,庄大方. 基于 MODIS-NDVI 数据的东北森林物候期监测[J]. 资源科学,2006,28(4):111-117.



- [24] 李正国,唐华俊,杨鹏,等. 基于时序植被指数的东北地区耕地生长季特征识别与应用研究[J]. 北京大学学报(自然科学版),2011,47(5):882-892.
- [25] 杨小唤,张香平,江东. 基于 MODIS 时序 NDVI 特征值提取多作物播种面积的方法[J]. 资源科学,2004,26(6):17-22.

A Method on Information Extraction of Winter Fallow Fields in Middle and Lower Reaches of Yangtze River by Remote Sensing

ZHAI Mengyuan<sup>1</sup>, XU Xinliang<sup>2</sup> and JIANG Xiaosan<sup>1</sup>

(1. Resources & Environment Science Department, Nanjing Agricultural University, Nanjing 210095, China;  
2. Institute of Geographic Sciences and Natural Resources Research, CAS, Beijing 100101, China)

**Abstract:** In the past 20 years, the area of winter fallow fields showed a steady increase trend because of economic structure adjustment and rural labor transfer in China. In order to make good use of winter fallow fields rationally and efficiently, the dynamic threshold method for winter fallow fields monitoring and relative information extraction was studied based on a long-time series data of the SPOT-VEGETATION NDVI, the spatial distribution of farmland and the characteristics of crop phenology. Then, the spatial and temporal distribution of winter fallow fields in middle and lower reaches of Yangtze River from 2007 to 2008 was extracted as a case study. According to this study, the dynamic threshold method based on NDVI time series data is a good way to extract area information of winter fallow fields. The results indicated that the area of the winter fallow fields in the middle and lower reaches of the Yangtze River was 205.5 million km<sup>2</sup>, occupying 45.49% of the total cultivated area. The distribution of winter fallow fields was gathered in north and northwest part of the study area including Jiangsu, Anhui, Henan, Hubei, Hunan provinces and northwest regions of Jiangxi Province, in which Hubei, Hunan and Jiangsu provinces have the most largest area of winter fallow fields, which occupied 53.41% of the total winter fallow fields area in the middle and lower reaches of Yangtze River.

**Key words:** middle and lower reaches of Yangtze River; winter fallow fields; NDVI; remote sensing monitoring