# 绪论

## 研究背景与意义

## 国内外研究进展

### 作物模型研究进展

### 遥感与作物模型同化研究进展

### 基于景观模型反演土壤磷含量

### 景观模型反演土壤磷元素中存在的问题

## 研究内容

## 技术路线

# 材料与方法

## 多源遥感数据集

### Sentinel-2植被指数

NDVI、EVI、NDWI、WRI

### MODIS产品

降雨、NPP、LAI

## WOFOST模型

### WOFOST 模型简介

### WOFOST 模型的原理

#### 物候发育

#### 二氧化碳同化

#### 呼吸作用

#### 干物质分配

#### 蒸腾作用

### WOFOST 模型的优势

## 数据同化方法

### 敏感性分析方法

### SUBPLEX优化算法

### 集合卡尔曼滤波算法

## 景观模型

### 数据预处理方法

#### 皮尔逊相关系数

#### 主成分分析

### 数字土壤制图方法

#### 趋势项制图回归模型

#### 克里金法

#### 空间自相关

#### 模型精度评价

# 研究区概况与数据获取

## 研究区概况

### 区位与地理条件

### 气候条件

### 土壤类型

## 数据来源与处理

### 耕地土壤数据

### WOFOST参数设置

#### 作物参数

#### 土壤参数

#### 气象参数

#### 农田管理参数

### 景观模型参数获取

#### 地形与水文

#### 气候因子

#### 多源遥感产品

#### 作物与农田管理

#### 土壤属性

# 面向作物生长过程的土壤养分变化模拟

## 作物种植信息识别

### 轮作制度识别

### 物候信息提取

## WOFOST模型参数敏感性分析

### 小麦敏感性分析的参数与取值范围

### 水稻敏感性分析的参数与取值范围

### 潜在情况下的敏感性分析

#### 小麦

##### 作物磷吸收的敏感性分析

##### LAI的敏感性分析

#### 水稻

### 水限制和养分限制下的敏感性分析

#### 小麦

#### 水稻

## WOFOST 模型的校准与验证

### 小麦模型的校准

#### 物候期的校准与验证

#### LAI的校准与验证

### 水稻模型的校准

#### 物候期的校准与验证

#### LAI的校准与验证

## 遥感与作物模型同化的耕地磷素预测

### 基于克里金插值的耕地磷素预测

### 结果精度分析

# 融合景观-作物生长模型的耕地有效磷空间分布预测

## 数据描述性统计与变量筛选

### 耕地有效磷数据描述性统计

### 耕地有效磷与景观-作物要素的相关性分析

### 基于主成分分析的变量筛选

## 基于景观-作物生长模型的耕地有效磷制图

### 趋势项回归模型构建

### 结合作物生长模型的趋势项制图

### 精度验证

### 土壤有效磷空间分布制图结果

# 耕地土壤有效磷变化时空分析

## 总体耕地有效磷变化空间分布

### 变化量分析

### 空间自相关分析

莫兰指数

## 耕地土壤有效磷时空分布

（2019、2020）

### 耕地土壤有效磷分级总体分布

### 不同种植类型土壤有效磷分布

### 不同行政区土壤有效磷分级统计

## 土壤磷元素污染风险分析

2020-2019得到磷元素累积量

# 结论与展望

## 研究结论

## 展望