

中华人民共和国农业行业标准

NY/T 4380.1—2023

农业遥感调查通用技术 农作物遥感估产 监测技术规范 第1部分：马铃薯

General techniques of agricultural survey with remote sensing—
Technical specification for crop yield estimation—Part 1: Potato

2023-04-11 发布

中华人民共和国农业农村部 发布



目次

前言 II

1 范围 1

2 规范性引用文件 1

3 术语和定义 1

4 缩略语..... 1

5 总体流程 2

6 数据获取与处理 2

 6.1 遥感影像数据 2

 6.2 基础数据 2

7 种植面积监测 3

 7.1 监测流程 3

 7.2 种植面积监测模型 3

 7.3 种植面积监测报告 4

8 长势监测 4

 8.1 监测流程 4

 8.2 长势监测模型 4

 8.3 长势监测报告 5

9 产量估算 6

 9.1 估算流程 6

 9.2 产量估算模型 6

 9.3 产量估算报告 7

10 产值估算 8

 10.1 估算流程 8

 10.2 产值估算模型 8

 10.3 产值估算报告 8

附录 A(资料性) 我国马铃薯主产区域和生育时期划分 9

参考文献 11

前 言

本文件按照 GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

本文件是 NY/T 4380.1—2023《农业遥感调查通用技术 农作物遥感估产监测技术规范》的第1部分。NY/T 4380 已经发布了以下部分：

——第1部分：马铃薯

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由农业农村部市场与信息化司提出。

本文件由农业农村部大数据发展中心归口。

本文件起草单位：农业农村部大数据发展中心、航天宏图信息技术股份有限公司。

本文件主要起草人：韩巍、韩旭、姜雷、申克建、胡华浪、杨唯、孙丽、何亚娟、杜英坤、陈媛媛、焦为杰、王亚鑫、马卫峰、段丁丁、牛帆帆、张宁丹。



农业遥感调查通用技术 农作物遥感估产 监测技术规范 第1部分：马铃薯

1 范围

本文件规定了马铃薯估产总体流程、数据获取与处理、种植面积监测、长势监测、产量估算、产值估算等内容。

本文件适用于采用空间分辨率优于 30 m 的中高分辨率光学卫星遥感数据开展马铃薯主产区监测工作。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

GB/T 13989 国家基本比例尺地形图分幅和编号
GB/T 15968 遥感影像平面图制作规范
GB/T 20257(所有部分) 国家基本比例尺地图图式
NY/T 3526 农情监测遥感数据预处理技术规范

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

马铃薯 **potato**

土豆

地蛋

洋芋

茄科多年生草本植物栽培马铃薯的地下块茎。呈圆、卵、椭圆等形，有芽眼，表皮呈红色、黄色、白色或紫色。

[来源：GB/T 22515—2008, 2.2.5.19]

3.2

马铃薯生育时期 **growing period of potato**

生育阶段

包括发芽期、幼苗期、块茎形成期、块茎膨大期、成熟期等生育时期。

3.3

植被指数 **vegetation index**

利用遥感影像不同谱段数据线性或非线性组合形成的反映绿色植物生长状况和分布的特征指数。

[来源：GB/T 30115—2013, 3.11, 有修改]

3.4

归一化差值植被指数 **normalized difference vegetation index; NDVI**

近红外波段反射率和可见光红波段反射率之差与两者之和的比值。

4 缩略语

下列缩略语适用于本文件。

CGCS:国家大地坐标系(China Geodetic Coordinate System)

GNSS:全球导航卫星系统(Global Navigation Satellite System)

MAE:平均绝对误差(Mean Absolute Error)

NDVI:归一化差值植被指数(Normalized Difference Vegetation Index)

R^2 :决定系数(Coefficient of Determination)

RMSE:均方根误差(Root Mean Square Error)

UTM:通用横轴墨卡托投影(Universal Transverse Mercator Projection)

VI:植被指数(Vegetation Index)

5 总体流程

主要包括数据获取与处理、种植面积监测、长势监测、产量估算、产值估算 5 个步骤。

6 数据获取与处理

6.1 遥感影像数据

6.1.1 遥感影像数据选择

可根据马铃薯种植条件及区域划分选择遥感影像数据。我国马铃薯种植区域分为北方一季作区、中原二季作区、西南一二季混作区和南方冬作区,见附录 A 的 A.1。

6.1.2 遥感影像时相选择

我国不同种植区域马铃薯生育时期划分见 A.2,遥感影像时相应保证马铃薯块茎形成期、块茎膨大期、成熟期至少有一期影像。

6.1.3 遥感影像数据质量

遥感影像数据质量应符合下列要求:

- a) 影像数据集中云层覆盖面积应少于 5%,分散云层的覆盖总面积应少于 10%,且主要监测区应无云层覆盖;
- b) 应不存在条带、斑点噪声、行丢失等。

6.1.4 遥感数据预处理

遥感数据预处理应符合下列要求:

- a) 根据传感器参数对遥感数据进行辐射定标和大气校正,步骤应按 NY/T3526 的规定执行;
- b) 遥感影像应进行几何校正,校正后卫星影像平地、丘陵地的平面坐标误差应小于 1 个像元,山地的平面坐标误差应小于 2 个像元;
- c) 用监测区域界限掩膜或裁剪上述遥感影像;
- d) 对经过校正和裁剪的遥感影像,进行植被指数的计算。

6.1.5 空间基准

空间基准应符合下列要求。

- a) 大地基准:应采用 2000 国家大地坐标系(CGCS 2000)。
- b) 高程基准:应采用 1985 国家高程基准。
- c) 投影方式:省级及以上尺度采用阿尔伯斯等面积投影,省级以下尺度采用高斯-克吕格投影或通用横轴墨卡托投影(UTM)。

6.2 基础数据

6.2.1 地面调查数据

应选取与遥感影像获取时间相近的时间进行调查,前后日期相差应小于 20 d。马铃薯地面调查点要求如下:

- a) 应属于马铃薯遥感监测影像拍摄范围内,并且选择土壤肥力、灌溉方式、管理水平、马铃薯品种、马铃薯长势等具有代表性的地块;

- b) 调查点数量应位于耕地范围内不少于 30 个,在监测范围较大时可适当增加调查点数,样点在监测区内尽可能均匀分布,记录 GNSS 坐标信息。

6.2.2 统计数据

监测区域内马铃薯种植面积和产量统计数据从国家统计局、地方主管部门获取。

6.2.3 价格数据

马铃薯价格为监测区域内市场批发价格,获取方式如下:

- a) 全国农产品商务信息公共服务平台(<http://nc.mofcom.gov.cn/>);
- b) 全国农产品批发市场价格信息系统(<http://pfsc.agri.cn/#/indexPage>)。

6.2.4 辅助数据

辅助数据应包括下列内容:

- a) 监测区域作物物候数据;
- b) 种植区空间分布数据或耕地分布数据;
- c) 监测区域行政区划基础地理信息。

7 种植面积监测

7.1 监测流程

种植面积监测流程见图 1。

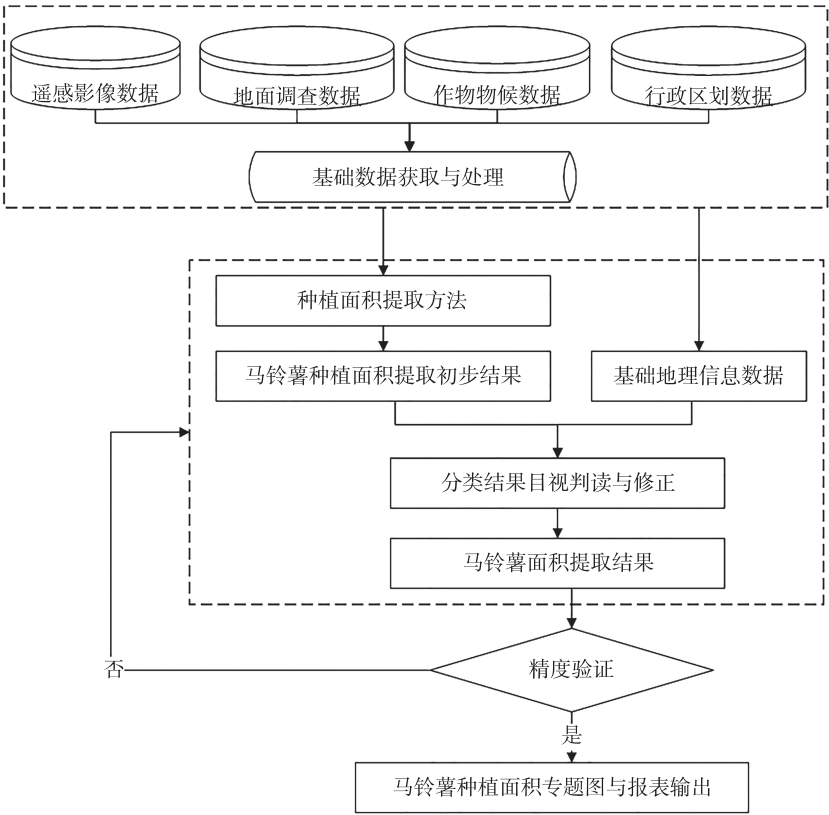


图 1 种植面积监测流程

7.2 种植面积监测模型

7.2.1 监测方法

种植面积监测采用的方法如下。

- a) 监督分类:最大似然分类法、平行多面体分类法、最小距离分类法、波谱角分类法、决策树分类法。
- b) 非监督分类:K-均值(K-MEANS)聚类、ISODATA 聚类。
- c) 基于作物物候特征的马铃薯遥感识别方法,该方法通过分析时间序列数据中作物生长的关键物

候期的特征值提取作物。

d) 集成分类方法:随机森林法、神经网络法、模糊数学法。

7.2.2 精度检验与评价

精度检验与评价应符合下列要求:

- a) 利用马铃薯统计数据与遥感监测面积计算相对误差。
- b) 种植面积精度评价应基于地面调查验证数据通过构建混淆矩阵确定。评价指标应包括总体精度、Kappa 系数、生产者精度、用户精度等。

7.3 种植面积监测报告

7.3.1 种植面积分布图

种植面积分布图应符合下列规定:

- a) 利用地理信息系统软件制作 100 dpi 以上分辨率的种植分布图,采用 TIFF/JPG/PNG 格式;
- b) 种植面积分布图要素应包括标题、指北针、比例尺、经纬度网格、图例、制图单位和日期、遥感数据来源说明;
- c) 基本地图要素制作方式应该按 GB/T 20257 的规定执行,遥感影像平面图制作规范应该按 GB/T 15968 的规定执行;
- d) 国家基本比例尺地形图分幅和编号应按 GB/T 13989 的规定执行。

7.3.2 种植面积统计表

包括统计单元名称、统计面积数等信息。

7.3.3 种植面积监测报告

包括报告标题、报告正文、种植面积分布图、种植面积统计表、报告编写人和编写时间。

8 长势监测

8.1 监测流程

长势监测流程见图 2。

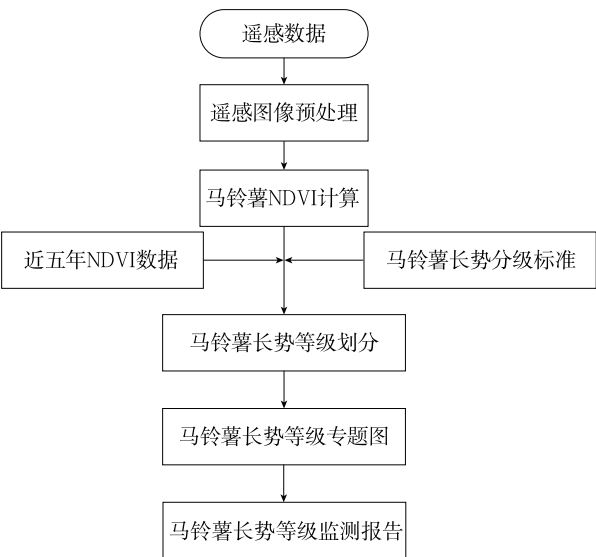


图 2 长势监测流程

8.2 长势监测模型

8.2.1 指标计算

8.2.1.1 NDVI 均值为监测区内马铃薯关键生育期(块茎形成期、块茎膨大期和成熟期)遥感像元 NDVI 的平均值,按公式(1)计算。

$$M = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n M_i \dots\dots\dots (1)$$

式中：
M —— 监测区域 NDVI 平均值；
n —— 监测区域遥感影像中马铃薯所占像元总数；
i —— 监测区域遥感影像中马铃薯像元序号；
M_i —— 监测区域遥感影像中第 i 个马铃薯像元的 NDVI。

8.2.1.2 多年 NDVI 均值为监测区内马铃薯多年关键生育期(块茎形成期、块茎膨大期和成熟期)遥感像元 NDVI 的平均值,按公式(2)计算。

$$M_y = \frac{1}{N} \sum_{j=1}^N M_j \dots\dots\dots (2)$$

式中：
M_y —— NDVI 多年均值；
N —— 统计年份,为近 5 年；
j —— 年份序号；
M_j —— 遥感影像中第 j 年 NDVI。

8.2.1.3 NDVI 距平态为监测区目标监测年份与多年马铃薯关键生育期(块茎形成期、块茎膨大期和成熟期)遥感像元平均值的差异,按公式(3)计算。

$$\Delta M = M - M_y \dots\dots\dots (3)$$

式中：
ΔM —— NDVI 距平态；
M —— NDVI 均值；
M_y —— NDVI 多年均值。

8.2.1.4 NDVI 标准差为监测区目标监测年份与多年的马铃薯关键生育期(块茎形成期、块茎膨大期和成熟期)遥感像元平均值的标准偏差,按公式(4)计算。

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{j=1}^N (M_j - M_y)^2} \dots\dots\dots (4)$$

式中：
σ —— 马铃薯某一关键生育期 NDVI 标准差；
N —— 统计年份,一般为近 5 年；
M_j —— 马铃薯某一关键生育期第 j 年的 NDVI；
M_y —— 马铃薯某一关键生育期多年 NDVI 均值。

8.2.2 长势分级标准

长势等级划分根据植被指数距平态和标准差计算结果,按表 1 确定。

表 1 长势等级划分

长势等级	较好	正常	较差
判定条件	ΔM > σ	-σ ≤ ΔM ≤ σ	ΔM < -σ

8.3 长势监测报告

8.3.1 监测结果图

长势监测专题图分辨率应大于 100 dpi,采用 TIFF/JPG/PNG 格式。长势监测专题图要素应包括标题、指北针、比例尺、图例、制图单位和日期、遥感数据源说明、长势等级等。

8.3.2 监测报告

长势监测报告应包括下列内容：

- a) 长势监测时间范围、卫星及其传感器、分析长势等级及其比例、不同长势等级的面积及其比例等有关信息；
- b) 统计表格应包括根据监测结果获取的长势分布范围、等级面积及比例等信息；
- c) 图片信息应包括说明长势信息的照片信息。

9 产量估算

9.1 估算流程

产量估算流程见图 3。

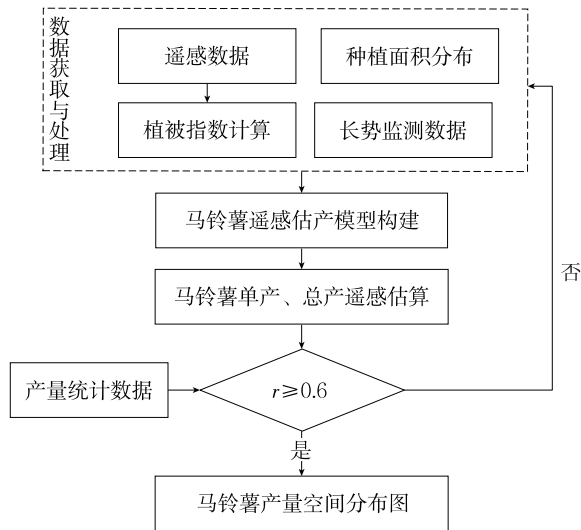


图 3 产量估算流程

9.2 产量估算模型

9.2.1 单产估算方法

包括数据集建立、关系式构建和县域产量遥感估算 3 个步骤。

- a) 数据集建立。
 - 1) 利用关键生育期遥感影像计算马铃薯种植区域的植被指数(VI)；
 - 2) 收集马铃薯种植区域内的积温、降水量和产量等统计数据。
- b) 关系式构建。
 - 1) 根据历史的马铃薯产量统计数据与块茎形成期、块茎膨大期和成熟期等关键生育期植被指数(VI)、积温、降水量之间的关系建立估产模型；
 - 2) 马铃薯产量统计数据应为县域尺度上的单位面积产量,植被指数(VI)应为关键生育期县域范围内全部像元植被指数(VI)的均值；
 - 3) 关系式应采用多元线性回归模型、多元幂函数模型等获取,应通过最小二乘法获取线性拟合的斜率和截距。
- c) 县域产量遥感估算。

为保障马铃薯产量估算结果的准确性,一个县域内至少应有 30 个地面样本点数。县域产量遥感估算按公式(5)计算,并获得监测区域遥感监测产量空间分布图。

$$Y = a_0 + a_1 \times VI + a_2 \times T + a_3 \times P \dots\dots\dots (5)$$

式中:

- Y —— 遥感估算产量数值,单位为千克每公顷(kg/hm²)；
- VI —— 像元尺度植被指数,VI 采用 NDVI 等；
- T —— 生长有效积温,单位为摄氏度·日(d·℃)；
- P —— 关键生育期内降水量,单位为毫米(mm)。

a_1 、 a_2 、 a_3 、 a_0 ——分别为植被指数(VI)、积温和降水量的斜率及截距,产量遥感估算模型构建中拟合得到。

9.2.2 总产估算方法

总产估算应基于监测区域内单产和种植面积计算得到,按公式(6)计算。

$$S = \sum_{i=1}^n Y_i \times A_i \quad \dots\dots\dots (6)$$

式中:

S ——马铃薯总产,单位为千克(kg);

Y_i ——第*i*个县域的马铃薯单产,单位为千克每公顷(kg/hm²);

A_i ——第*i*个县域的马铃薯种植面积,单位为公顷(hm²)。

9.2.3 精度检验与评价

a) 模型精度检验与评价。

采用皮尔逊相关系数评价马铃薯产量遥感估算结果的精度。精度验证不合格的,应重新选择估算因子,选择更换遥感数据源或采用其他估算方法,直至满足精度要求。按公式(7)计算马铃薯产量统计数据(Y_m)与遥感估算产量(Y_s)间的皮尔逊相关系数 r 。 $r \geq 0.6$ 应作为合格标准。

$$r = \frac{cov(Y_m, Y_s)}{\sigma_{Y_m} \sigma_{Y_s}} \quad \dots\dots\dots (7)$$

式中:

r ——皮尔逊相关系数;

$cov(Y_m, Y_s)$ ——产量统计数据 and 遥感估算产量的协方差;

σ_{Y_m} ——产量统计数据标准差;

σ_{Y_s} ——遥感估算产量的标准差。

b) 产量估算精度检验与评价。

采用决定系数(R^2)、均方根误差(RMSE)和平均绝对误差(MAE)来评价马铃薯产量遥感估算结果的精度。当决定系数 $R^2 \geq 0.5$ 时,表明马铃薯遥感估产模型是可用的,马铃薯遥感估产结果是准确的。当决定系数 $R^2 < 0.5$ 时,需通过更换遥感数据源、重建估算模型等方式开展质量控制,直到满足精度要求。3种指标的分别按公式(8)、公式(9)、公式(10)计算。

$$R^2 = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n (p_i - o_i)^2}{\sum_{i=1}^n (o_i - \bar{o})^2} \quad \dots\dots\dots (8)$$

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (p_i - o_i)^2}{n}} \quad \dots\dots\dots (9)$$

$$MAE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |p_i - o_i| \quad \dots\dots\dots (10)$$

式中:

P_i ——马铃薯产量的遥感预测值,单位为千克(kg)。

O_i ——马铃薯产量的实测值,单位为千克(kg)。

\bar{O} ——马铃薯产量实测值的平均值,单位为千克(kg)。

n ——验证样本的数量。

9.3 产量估算报告

9.3.1 分布示意图

在获取马铃薯产量遥感估算空间分布图的基础上,利用地理信息系统软件制作马铃薯产量分布示意图(TIFF/JPG/PNG格式,100 dpi以上分辨率),产量分布示意图中应包括标题、指北针、比例尺、经纬度

网格、图例、制图单位和日期。

9.3.2 信息统计表

马铃薯产量信息统计表应包括统计数据中马铃薯单产、总产信息以及遥感估算的马铃薯单产、总产信息、产量估算精度评价等信息。

9.3.3 估算报告

产量估算报告应包括下列内容：

- a) 产量遥感估算报告应包括卫星及传感器、监测时间和遥感监测结果信息；
- b) 估算报告形式应采用文字描述、统计表格和图片等,统计表格应包括单产、总产、产量估算精度评价等信息；
- c) 产量估算报告应包括报告标题、报告正文、产量分布示意图、产量信息统计表、报告编写人和编写时间。

10 产值估算

10.1 估算流程

马铃薯产值估算流程见图 4。

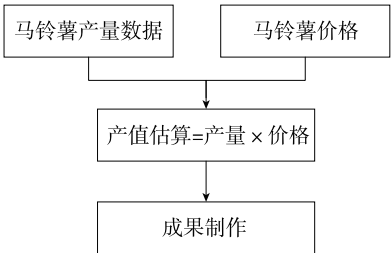


图 4 产值估算流程图

10.2 产值估算模型

马铃薯产值应按公式(11)计算。

$$O = \sum_{i=1}^n S_i \times P_i \dots\dots\dots (11)$$

式中：

- O ——产值,单位为元。
- S_i ——第 i 个区域产量,单位为千克(kg)。
- P_i ——第 i 个区域的价格,单位为元。

10.3 产值估算报告

产值估算报告应包括下列内容：

- a) 内容包括产量、价格等信息；
- b) 形式采用文字描述、统计表格和图片等；
- c) 报告标题、报告正文、产值信息统计表、报告编写人和编写时间。

附 录 A
(资料性)

我国马铃薯主产区域和生育时期划分

A. 1 我国马铃薯主产区域划分

我国马铃薯主产区域划分见表 A. 1。

表 A. 1 我国马铃薯主产区域划分

主产区域划分		主产区域范围	影像空间分辨率	光谱波段
北方一季作区	东北一季作区	黑龙江、吉林和内蒙古东部,以及辽宁的北部和西部	10 m~30 m 1 m~5 m	红光波段 绿光波段 蓝光波段 近红外波段
	华北一季作区	内蒙古中西部、河北北部、山西中北部和山东西南部		
	西北一季作区	甘肃、宁夏、陕西西北部和青海东部		
中原二季作区		辽宁、河北、山西、陕西南部,湖北、湖南东部,河南、山东、江苏、浙江、安徽、江西		
西南一二季混作区		云南、贵州、四川、重庆、湖南湖北的西部山区、陕西的安康地区	1 m~5 m	
南方冬作区		广东、广西、福建、海南、江西南部地区、湖南湖北中东部地区		

A. 2 马铃薯各生育时期定义

马铃薯各生育时期定义见表 A. 2。

表 A. 2 马铃薯生育时期定义

生育时期	定义
发芽期	种薯播种后芽眼开始萌芽至幼苗出土这一时期。短者历时 20 d~30 d,长者可达数月
幼苗期	幼苗出土到现蕾这一时期。一般历时 15 d~20 d
块茎形成期	现蕾至开花这一时期。一般历时 30 d 左右。决定单株结薯数的关键时期
块茎膨大期	从盛花至茎叶衰老这一时期。历时 15 d~25 d。决定块茎体积大小的关键时期
成熟期	一般当植株地上部茎叶枯黄,块茎内淀粉积累达到最高值,即为成熟期

A. 3 我国马铃薯生育时期划分

我国马铃薯生育时期划分见表 A. 3。

表 A. 3 我国马铃薯生育时期划分

主产区	春季/秋季	生育时期	时间
北方一季作区	秋季马铃薯	发芽期	5 月中下旬
		幼苗期	6 月中旬~7 月上旬
		块茎形成期	7 月中旬~8 月中下旬
		块茎膨大期	8 月中下旬~9 月上中旬
		成熟期	9 月中下旬
中原二季作区	春季马铃薯	发芽期	3 月上旬
		幼苗期	3 月下旬~4 月上旬
		块茎形成期	4 月上旬~4 月下旬
		块茎膨大期	5 月上旬~5 月下旬
		成熟期	6 月上旬

表 A.3（续）

主产区	春季/秋季	生育时期	时间
中原二季作区	秋季马铃薯	发芽期	8月上旬
		幼苗期	8月中下旬
		块茎形成期	9月上旬~9月下旬
		块茎膨大期	10月上旬~10月下旬
		成熟期	11月上旬
西南一二季混作区	春季马铃薯	发芽期	1月上旬~3月中旬
		幼苗期	1月下旬~3月下旬
		块茎形成期	2月上中旬~4月上中旬
		块茎膨大期	3月上中旬~5月中下旬
		成熟期	4月~6月
	秋季马铃薯	发芽期	7月下旬~8月上旬
		幼苗期	8月上旬~8月下旬
		块茎形成期	9月上中旬~10月上中旬
		块茎膨大期	9月中下旬~11月上中旬
		成熟期	10月~12月
南方冬作区	秋季马铃薯	发芽期	10月中下旬~11月上旬
		幼苗期	11月上旬~11月中下旬
		块茎形成期	12月上中旬~1月上中旬
		块茎膨大期	1月中下旬~2月中下旬
		成熟期	2月~3月

参 考 文 献

- [1] GB/T 30115 卫星遥感影像植被指数产品规范
 - [2] GB/T 22515 粮油名词术语 粮食、油料及其加工产品
-