

附录 B. CropWatch 指标、空间单元和产量估算方法速览

本章附录简要介绍了 CropWatch 指标、空间单元和有关产量估算方法。对 CropWatch 指标、方法的详细介绍，请参阅 <http://www.cropwatch.com.cn> 中 CropWatch 在线资源部分。

CropWatch 指标

CropWatch 指标用来评估农业环境和农作物生长状况及变化。主要使用了两种指标对不同空间单元的作物长势进行分析：(i) 农业环境指标——反映天气因素如降雨、温度和光合有效辐射对作物生长的潜在影响，通过潜在生物量来反映；(ii) 农情遥感指标——描述作物的生长状况，如植被健康指数，耕地种植比率和最佳植被状态指数等。

其中，农业环境指标（降雨、温度、光合有效辐射）并非传统简单意义上的天气变量，而是在作物生长区内（包括沙漠和牧地）推算的增值指标，并依据农业生产潜力赋予了不同权重，因此适于作物种植区的农业环境分析。对所有指标，取值越高，指示环境条件有利于作物生长或作物生长状态越好。

指标			
指标类型/ 数据来源	单位/ 空间尺度	描述	简介和图例
潜在累积生物量			
Biomass accumulation potential			
农情指标 /混合 (气象数据+遥感数据)	g DM/m ² /基于像素，也可进行空间单元统计	基于监测期内的降雨和温度条件，对研究区作物种植区内的累积潜在生物量的估计。	具有两种成图方式，即全球基于象元 (0.25×0.25°) 潜在生物量图，和基于 CropWatch 空间单元统计的潜在生物量图。该指数的变幅分析基于当前生长季值与近十多年同期平均值的差值进行，变幅以百分比表示。
耕地种植比率			
Cropped arable land and cropped arable land fraction			
农情指标 / 遥感数据	取值[0,1] /基于像素，也可进行空间单元统计	耕地种植比率是种植面积与总耕地面积的比值，基于 NDVI 计算。	通报的监测期为 4 个月，按每月两景影像计算，共 8 景影像用于每期的耕地种植判断。对于每个像素而言，只要四个月中有一景影像的值被判定为“耕种”，则该区为“种植区”；“未种植”意味着在监测期间没有一景探测到作物种植。该指数的变幅分析基于当前生长季与近五年同期平均值的差值进行，变幅以百分比表示。
复种指数			
Cropping intensity Index			
农情指标 /遥感数据	取值[0, 1, 2, 3] /基于像素，统计一年内作物种植次数	一年内耕地利用程度，也是一年内所有作物各个生长季总种植面积与总耕地面积的比值	可以基于象元制作空间分布图，也可以按不同空间单元（作物主产区、42 个国家和中国 7 大区域）进行统计所有象元的平均值；该指数的变幅分析基于当年与近五年平均值的差值进行，变幅以百分比表示。
NDVI 归一化植被指数			
Normalized Difference Vegetation Index			
农情指标 /遥感数据	取值 [0.12-0.90] /基于像素，也可进行空间单元统计	对于绿色生物活力、长势的估计	在国家分析中采用了 NDVI 过程线图，图中绘制了更新至当前监测期的 NDVI 全国均值实时变化曲线，并与前年、近五年平均水平以及最大水平进行对比，以反映全区整体作物生长状况水平及变化过程。此外，也采用了距平聚类分析手段，绘制了 NDVI 的空间距平聚类图和与之对应的聚类过程线，用以分析作物长势的空间和时间变化规律。
CropWatch 光合有效辐射指标			

指标			
指标类型/ 数据来源	单位/ 空间尺度	描述	简介和图例
CropWatch indicator for Photosynthetically Active Radiation (PAR)			
环境指标 /遥感数 据	W/m ² /基于 Cropwatch 空间单元统 计	光合有效辐射是太阳辐射中作物用于进行光合作用的部分。对于给定的 CropWatch 空间单元, 光合有效辐射指标是在有作物种植的像元上依据生产力权重(多年平均潜在生物量)在监测期内进行加权累积计算得到。	该指数的变幅分析基于当前生长季值与近十多年同期平均值的差值进行, 变幅以百分比表示。
CropWatch 降雨指标			
CropWatch indicator for rainfall			
环境指标 /混合 (气象数 据+遥感 数据)	Liters/m ² , (升/ m ²) /基于 Cropwatch 空间单元统 计	对于给定的 CropWatch 空间单元, 降雨指标是在有作物种植的像元上根据生产力权重(多年平均潜在生物量)在监测期内对降雨进行加权累积计算得到。	采用距平聚类分析手段, 绘制了降雨的空间距平聚类图和与之对应的聚类过程线, 用以分析研究区降雨变化的时空规律。该指数的变幅分析基于当前生长季值与近十四年同期平均值的差值进行, 变幅以百分比表示。
CropWatch 温度指标			
CropWatch indicator for Air Temperature			
环境指标 /气象数 据	°C /Cropwatch 空间单元统 计	对于给定的 CropWatch 空间单元, 温度指标是在有作物种植的像元上根据生产力权重(多年平均潜在生物量)在监测期内对气温进行加权累积计算得到。	采用距平聚类分析手段, 绘制了温度的空间距平聚类图和与之对应的聚类过程线, 用以分析研究区温度变化的时空规律。该指数的变幅分析基于当前生长季值与近十四年同期平均值的差值进行, 变幅以百分比表示。
最佳植被状态指数			
Maximum vegetation condition index (VCIx)			
农情指标 /遥感数 据	取值>0 / 基于像 素, 也可进 行空间单元 统计	用于表述监测期内植被状况所处的历史水平。0 表示作物状况和近十余年最差水平相同; 1 表示作物状况和近十余年最好水平相同; >1 表示当前监测期作物状况超越历史最佳水平。	植被状态指数是基于当前 NDVI 和历史同期最大和最小 NDVI 计算得到, 可表达各时期的作物状况水平。按每月两景影像计算, 每个像元在 4 个监测期内共有 8 个植被状态指数数值(VCI), 选择最高的植被状态指数为监测季的最佳植被状况指数 (VCIx)。该指数的变幅分析基于当前生长季与近五年同期平均值的差值进行, 变幅以百分比表示。
植被健康指数			
Vegetation health index (VHI)			
农情指标 /遥感数 据	基于像素的 像元值	VHI 是植被状况指数和温度状态指数的加权平均。VHI 基于高温对作物生长不利的假设, 而忽略了低温条件对作物生长的负面影响。	植被健康指数的低值表示作物生长状况受到胁迫。在洲际作物主产区采用了距平聚类分析手段, 绘制了 VHI 的空间距平聚类图和与之对应的聚类过程线, 用以分析作物生长状况的空间和时间变化规律。
最小植被健康指数			
Minimum Vegetation health index (VHI_n)			
农情指标 /遥感数 据	取值[0, 100]/基于 像素的像元 值	VHI _n 是监测期内每个像元的最小 VHI 值, 一般 VHI _n 值小于 35 表示作物长势不佳。	VHI _n 的低值表示作物生长受到旱情影响, 往往反应监测期降水量低于平均水平。在作物主产区尺度上, VHI _n 的空间分辨率为 4km, 按周统计; 在中国尺度上, VHI _n 的空间分辨率为 1km, 按旬统计。

注: CropWatch 所使用环境指标和农情指标的原始产品都是基于像素的, 但是环境指标都是基于其在 CropWatch 空间单元上的平均统计数据进行分析的。

CropWatch 空间单元

CropWatch 通报中使用了四类空间单元, 国家、中国、作物主产区和制图报告单元。下面的表格里概要描述了各个空间单元, 并给出了它们之间的关联关系。对空间单元和边界的详细描述, 请参见 CropWatch 在线资源部分。

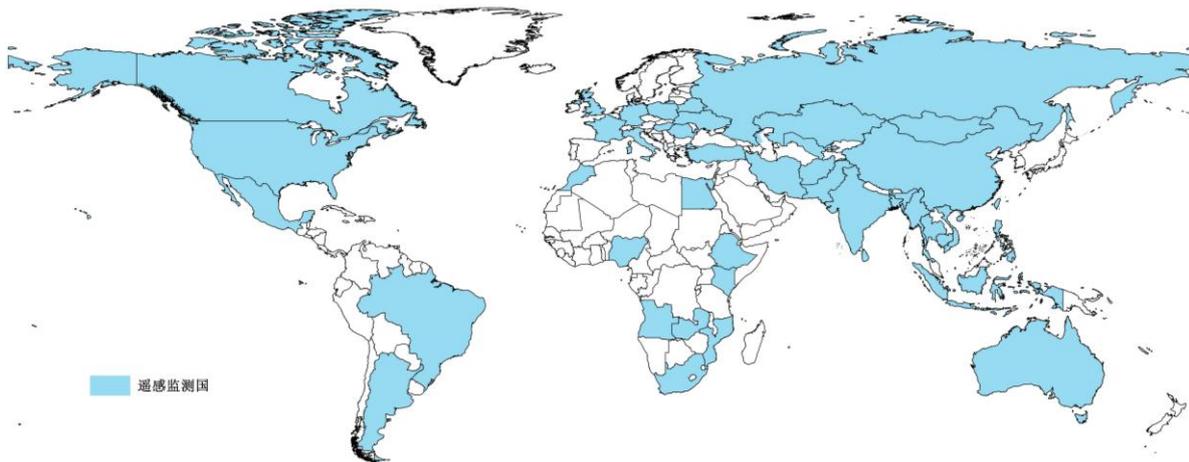
空间单元	
中国	
概述	描述

7个监测区 中国的7个监测区涵盖了国内玉米、水稻、小麦和大豆的主产省份（每个监测区所包含的省份在图中以颜色显示）。



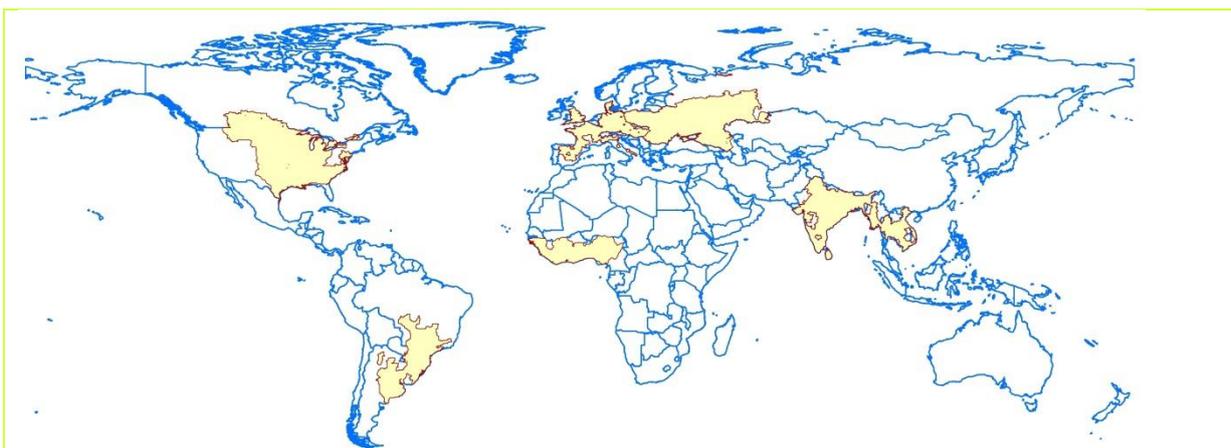
国家（一级行政区，州和省等）

概述	描述
42+1个粮食主产国（含中国）涵盖了占世界粮油生产和出口80%以上的国家	Cropwatch按照占全球大宗粮油作物（玉米、水稻、小麦和大豆）生产和出口80%的标准选取了43个重点国家进行作物长势监测和产量预测。其中，一些国家由于临近中国（如乌兹别克斯坦和柬埔寨等国）、具有地理重要性以及与全球地理政治相关性（如包含了五个人口最多的非洲国家中的四个）等原因也被包括在内。监测国家的总数为‘42+1’，包括中国和其余42个国家。对于9个面积大国（加拿大，美国，巴西，阿根廷，俄罗斯，哈萨克斯坦，印度，中国和澳大利亚），CropWatch在其二级行政区划上（省/州级别）进行了分析。对43个国家CropWatch计算了每个国家的农业环境指标，用于各国的环境异常分析。各国的农业背景信息可在CropWatch网站（ www.cropwatch.com.cn ）上查阅。



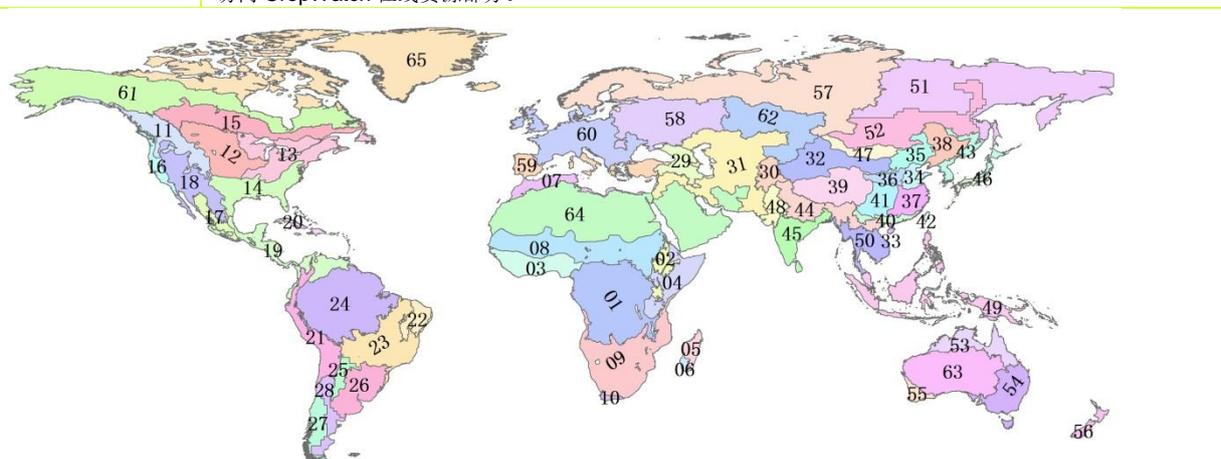
作物主产区 (MPZ)

概述	描述
6个洲际农业主产区	6个农业主产区包括西非，南美，北美，南亚和东南亚，西欧和中欧到俄罗斯西部。这6个农业主产区的筛选是基于产量统计和玉米，水稻，小麦和大豆的种植面积分布确定的，是全球重要的农业生产区。



全球制图报告单元 (MRU)

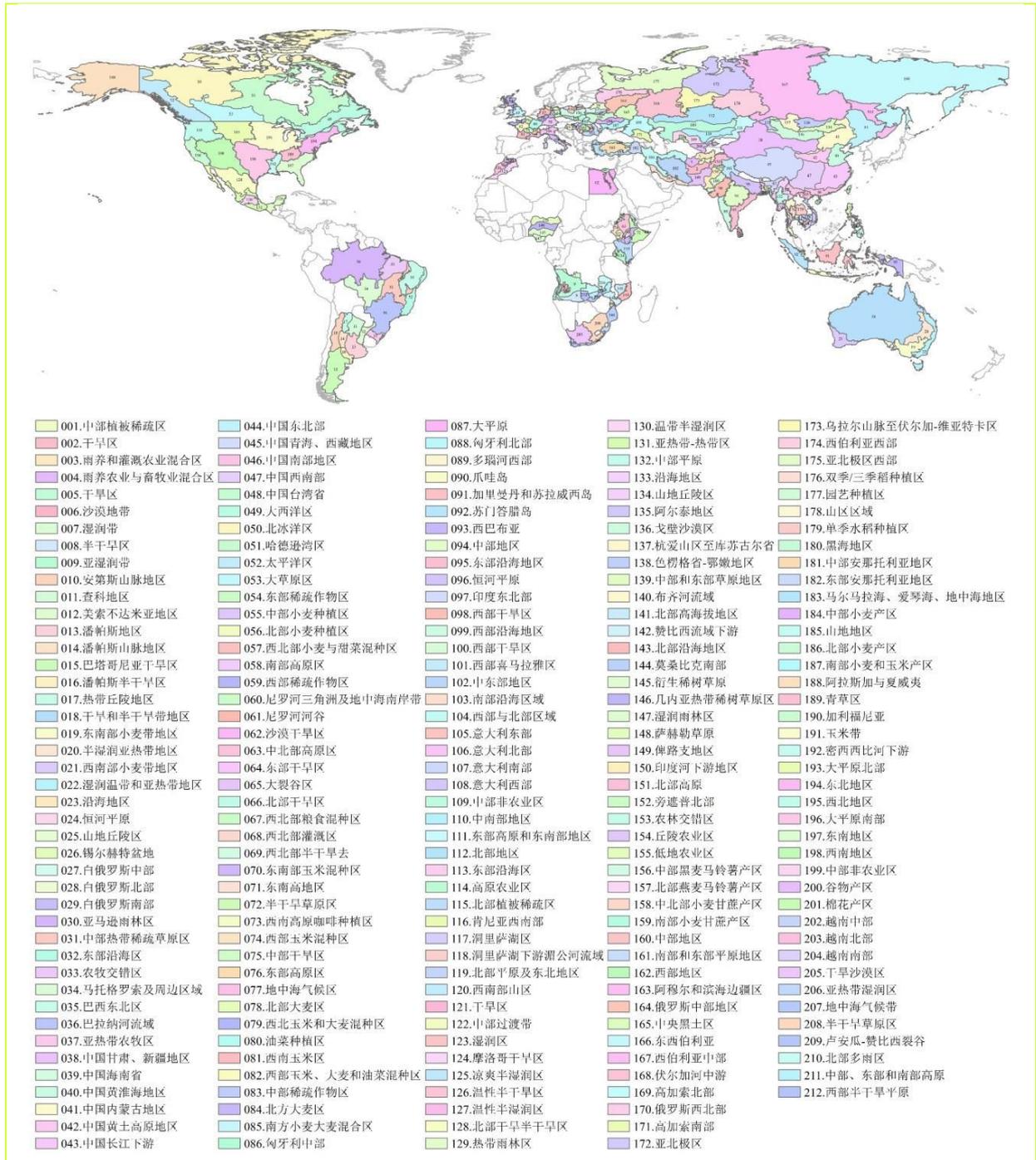
概述	描述
65个农业生态单元	制图报告单元 (MRU)是遍布全球的农业生态单元, 是描述全球范围的气候变化及其对作物生长的影响的基本空间单元。下图显示了各区域的代码和名称。部分生态区(如MRU63至MRU65)虽然没有CropWatch监测的作物, 但是依然包括在内以保证全球覆盖的完整性。关于MRU的定义及详细信息, 可访问CropWatch在线资源部分。



01:中非赤道地区	23:巴西中部和东部	45:南亚
02:东非高原	24:亚马逊流域	46:日本南部及韩国
03:几内亚海湾	25:阿根廷中北部	47:蒙古地区
04:索马里和埃塞俄比亚地区	26:巴西东南部、康塞普西翁及巴伊亚布兰卡	48:南亚旁遮普至古吉拉特地区
05:马达加斯加主岛	27:南锥西南部	49:东南亚群岛
06:马达加斯加岛西南地区	28:南锥半干旱地区	50:东南亚大陆
07:北非地中海	29:高加索地区	51:西伯利亚东部
08:突尼斯萨赫勒地区	30:中亚帕米尔山脉	52:中亚东部
09:南非	31:西亚	53:澳大利亚北部
10:南非西开普地区	32:中国甘肃、新疆地区	54:澳大利亚昆士兰至维多利亚
11:不列颠哥伦比亚至科罗拉多	33:中国海南省	55:澳大利亚纳拉伯至达令河
12:美国北部大平原	34:中国黄淮海地区	56:新西兰
13:美国玉米主产区	35:中国内蒙古地区	57:欧亚大陆北部
14:美国棉花主产区及墨西哥湾平原	36:中国黄土高原地区	58:乌克兰至乌拉尔山脉
15:北美亚北方带	37:中国长江下游	59:欧洲沿地中海地区及土耳其
16:美国西海岸	38:中国东北部	60:西欧(除地中海地区)
17:谢拉马德雷地区	39:中国青海、西藏地区	61:北美北部地区
18:墨西哥西南部及北部高原	40:中国南部地区	62:乌拉尔山脉至阿尔泰山脉
19:北美和南美北部	41:中国西南部	63:澳大利亚沙漠
20:加勒比海地区	42:台湾	64:东半球沙漠
21:安第斯山脉中部和北部	43:东亚	65:美洲亚北极区
22:巴西东北部	44:喜马拉雅山南部	

43个主产国农业分区

概述	描述
覆盖全球43个粮食主产国的217个子区域	基于耕作制度、气候分区以及地形条件综合判断, 将全球43个粮食主产国分为217个子区域。每个国家单独进行考虑。有很小一部分区域(例如, 区域001, 区域027和区域127)与目前CropWatch系统监测的作物无关, 但仍被包括在内, 以更全面地覆盖43个粮食主产国。一些地区与牧场和牲畜的监测关联性较高, 这对粮食安全也至关重要。



产量估算方法

CropWatch 对产量的预测是基于去年的作物产量，通过对当年作物单产和面积相比于上一年变幅的计算，预测当年的作物产量。计算公式如下：

$$\text{总产}_i = \text{总产}_{i-1} * (1 + \Delta\text{单产}_i) * (1 + \Delta\text{面积}_i)$$

式中 i 代表关注年份， $\Delta\text{单产}_i$ 和 $\Delta\text{面积}_i$ 分别为当年单产和面积相比于上一年的变化比率。

对于 42 个粮食主产国，单产的变幅是通过建立当年的 NDVI 与上一年的 NDVI 时间序列函数关系获得。计算公式如下：

$$\Delta \text{单产}_i = f(\text{NDVI}_i, \text{NDVI}_{i-1})$$

式中 NDVI_i 和 NDVI_{i-1} 是当年和上一年经过作物掩膜后的NDVI序列空间均值。通过对比过去五年同期平均的NDVI值，利用当期NDVI判断作物长势情况。考虑各个国家不同作物的物候，可以根据NDVI时间序列曲线的峰值或均值计算单产的变幅。

中国地区作物种植面积和其他国家的作物种植面积估算方法有所不同。对于中国、美国和加拿大，通报基于CropWatch系统利用作物种植比例（播种面积/耕地面积）和作物种植结构（某种作物播种面积/总播种面积）对播种面积进行估算。其中，中国的耕地种植比率基于高分辨率的环境星（HJ-1 CCD）数据和高分一号（GF-1）数据由非监督分类获取，美国和加拿大的耕地种植比例基于MODIS数据估算（具体方法见CropWatch在线资源）；中国的作物种植结构通过GVG系统由田间采样获取，美国和加拿大的作物种植结构由主产区线采样抽样统计获取。通过农田面积乘以作物种植比例和作物种植结构估算不同作物的播种面积。

对于其他主产国的种植面积估算，我们引入耕地种植比率（CALF）的概念进行计算，公式如下：

$$\text{面积}_i = a + b \times \text{CALF}_i$$

式中 a, b 为利用2002-2019年时间序列耕地种植比率（CALF）和2002-2019年FAOSTAT或各国发布的面积统计数据线性回归得到的两个系数，各个国家的耕地种植比率通过CropWatch系统计算得出。通过当年和去年的种植面积值计算面积变幅。

参考文献

- <https://apnews.com/article/brazil-paraguay-droughts-archive-f7538b9e0d499a4d27961a2fae3f18ce>
- <http://www.bom.gov.au/climate/current/soi2.shtml>
- http://www.bom.gov.au/climate/enso/wrap-up/archive/20210216.ssta_pacific_monthly.png?popup
- https://www.climate.gov/sites/default/files/Fig3_ENSOindices_SST_large.png
- <https://coronavirus.jhu.edu/map.html>
- https://cropmonitor.org/documents/SPECIAL/reports/Special_Report_20201215_Central_America.pdf
- <https://www.denverpost.com/2020/10/17/jamestown-evacuated-calwood-fire/>
- <https://disasterphilanthropy.org/disaster/super-typhoon-goni/>
- <http://www.fao.org/ag/locusts/common/ecg/75/en/210216DLupdate.jpg>
- <http://www.fao.org/3/i5128e/i5128e.pdf>
- <http://www.fao.org/ag/locusts/en/info/info/index.html>
- <https://www.fb.org/market-intel/whats-in-the-new-covid-19-relief-package-for-agriculture>
- <https://industrytoday.com/how-covid-19-has-affected-the-agriculture-industry/>
- <https://www.mckinsey.com/industries/healthcare-systems-and-services/our-insights/when-will-the-covid-19-pandemic-end>
- <https://news.un.org/en/story/2020/11/1077142>
- <https://www.paho.org/en/natural-disasters-monitoring/natural-disasters-monitoring-february-12-2021>
- <https://phys.org/news/2021-01-grim-year-brazilian-amazon.html>
- <https://ticotimes.net/2020/11/06/central-america-evaluates-the-destruction-caused-by-cyclone-eta>
- FAO. 2020. Crop Prospects and Food Situation - Quarterly Global Report No. 4, December 2020. Rome. <https://doi.org/10.4060/cb2334en>.
- GIEWS, 2020, conforms to the United Nations map No. 4170 Rev. 19, 2020.
- OECD-FAO 2016 Agricultural Outlook 2016-2025. INCOMPLETE.

致谢

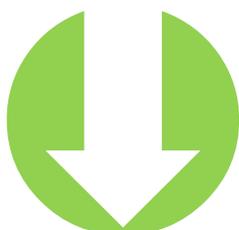
本期通报由中国科学院空天信息创新研究院的 CropWatch 国际团队撰写。我们诚挚地感谢在通报撰写过程中得到的来自国内和国际各方的有力支持。

本通报得到了中华人民共和国科学技术部、国家自然科学基金委员会以及中国科学院的项目和经费支持，包括科技部国家重点研发计划（2016YFA0600300）、国家自然科学基金委国际(地区)合作与交流项目（41561144013）、中国科学院 A 类先导专项（XDA19030200）、“一带一路”国际科学组织联盟联合研究合作专项资助（项目编号 ANSO-CR-KP-2020-07）。

我们衷心感谢以下组织机构对本通报的支持和帮助：中华人民共和国科学技术部国家遥感中心和中国资源卫星应用中心提供的 GF 一号宽幅多光谱数据和环境星 CCD 数据、国家卫星气象中心提供的风云 2/3 数据、中国气象科学数据共享服务网提供农业气象数据、中国科学院大气物理研究所“一带一路”防灾服务中长期天气-气候预测（ANSO-MISSPAD）项目所提供的 FGOALS-f2 天气-气候动力集合预报系统提供的短期天气预报、中长期（延伸期）预报和季节预测的气象预报预测数据集以及美国国家环境预测中心（National Centers for Environmental Prediction, NCEP）气候预报系统第二版本再分析数据（Coupled forecast system model version 2, CFSv2）。

我们也衷心感谢以下国际组织和个人对此次通报的支持和帮助：感谢欧盟联合研究中心粮食安全部门 (FOODSEC/JRC) 的 François KayitaKGZe 和 FerdinandoUrbano 提供的作物掩膜数据；感谢 VITO 公司的 Herman Eerens, Dominique Haesen, 以及 Antoine Royer 提供的 SPIRITS 软件、SPOTVGT 遥感影像、生长季掩膜数据和慷慨的建议；感谢 PatriziaMonteduro 和 Pasquale Steduto 提供的 GeoNetword 产品的技术细节；感谢国际应用分析研究所和 Steffen Fritz 提供的国际土地利用地图。

在线资源



本期通报只是 CropWatch 农情信息的一部分。请访问 www.cropwatch.com.cn、<http://cloud.cropwatch.com.cn/> 以获取更多资源，包括 CropWatch 方法集，国家简介以及 CropWatch 相关出版物。若还需要额外信息、高分辨率图像或申请数据产品，请联系 CropWatch 团队 cropwatch@radi.ac.cn。

www.cropwatch.com.cn、<http://cloud.cropwatch.com.cn/> 在线资源内容列表：

A. 空间单元定义

介绍了通报分析中使用的四种空间尺度单元：制图报告单元(MRU)，农业主产区(MPZ)，农业主产国以及部分主产大国的升/州级别。

B. 数据与方法

概述了 CropWatch 使用的数据集和方法集。

C. 时间序列指数集

包括时间序列的环境指标和作物指标。

D. 国家简介

对 43 个农业主产国(包括中国)的相关农业背景的介绍。

E. 国家长时间序列变化趋势

对各国家玉米、水稻、大豆和小麦四种作物的种植面积，作物单产及总产长时间序列(2001-12)

变化趋势的速览(基于 FAOSTAT 数据集)。

本期 CropWatch 通报使用了一些处于试验阶段的新指数。我们非常愿意收到来自您对这些指数产品在不同地区应用效果的意见反馈。若您对本通报的内容以及新指数的使用方法有任何的意见和建议，欢迎您联系：

吴炳方 研究员
中国科学院空天信息创新研究院

电话：+8610-64842375/ 64842376
邮箱：cropwatch@radi.ac.cn,
wubf@radi.ac.cn
