

## 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.cn> 中 CropWatch 在线资源部分。

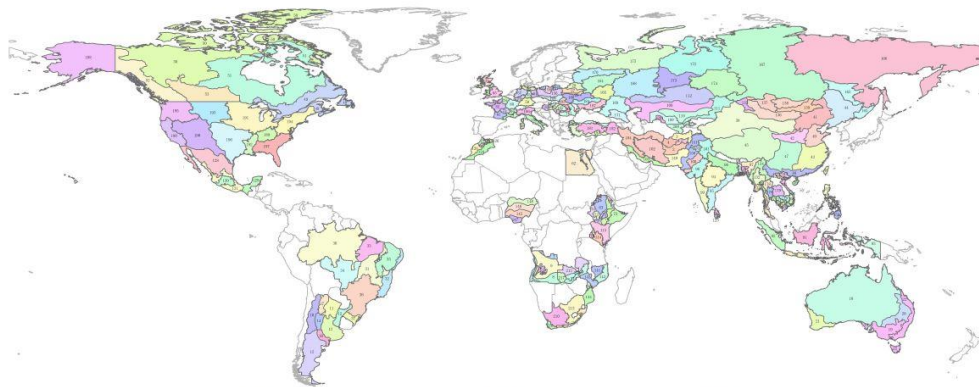
### 43 个主要国家的农业生产区

#### 总览

全球 43 个主要国家/地区的 217 个农业生产区

#### 描述

根据种植系统，气候分区和地形条件，将 43 个主要农业国家划分为 217 个农业生产区。每一个国家单独考虑。有限数量的区域（例如，区域 001，区域 027 和区域 127）与当前由 CropWatch 监视的作物无关，但被包括在内以允许对 43 个主要国家进行更全面的覆盖。一些地区与牧场和牲畜监测更为相关，但这对于粮食安全也至关重要。



- |                  |                    |                  |                      |
|------------------|--------------------|------------------|----------------------|
| 001. 中部植被稀疏区     | 055. 中部小麦种植区       | 109. 中部非农业区      | 163. 阿穆尔和滨海边疆区       |
| 002. 干旱区         | 056. 北部小麦种植区       | 110. 中南部地区       | 164. 俄罗斯中部地区         |
| 003. 雨养和灌溉农业混合区  | 057. 西北部小麦与甜菜混种区   | 111. 东部高原和东南部地区  | 165. 中央黑土区           |
| 004. 雨养农业与畜牧业混合区 | 058. 南部高原区         | 112. 北部地区        | 166. 东伯利亚            |
| 005. 干旱区         | 059. 西部稀疏作物区       | 113. 东部沿海区       | 167. 伏尔加河中游          |
| 006. 沙漠地带        | 060. 尼罗河三角洲及地中海南岸带 | 114. 高原农业区       | 168. 高加索北部           |
| 007. 湿润带         | 061. 尼罗河谷          | 115. 北部植被稀疏区     | 169. 高加索南部           |
| 008. 半干旱区        | 062. 沙漠干旱区         | 116. 肯尼亚西南部      | 170. 俄罗斯西北部          |
| 009. 亚湿润带        | 063. 中北部高原区        | 117. 洞里萨湖区       | 171. 高加索南部           |
| 010. 安第斯山脉地区     | 064. 东部干旱区         | 118. 洞里萨湖下游湄公河流域 | 172. 亚北极区            |
| 011. 查科地区        | 065. 大裂谷区          | 119. 北部平原及东北区    | 173. 乌拉尔山脉至伏尔加-维亚特卡区 |
| 012. 美索不达米亚地区    | 066. 北部干旱区         | 120. 西南部山区       | 174. 西伯利亚西部          |
| 013. 潘帕斯地区       | 067. 西北部粮食混种区      | 121. 干旱区         | 175. 亚北极区西部          |
| 014. 潘帕斯山脉地区     | 068. 西北部灌溉区        | 122. 中部过渡带       | 176. 双季/三季稻种植区       |
| 015. 巴塔哥尼亚干旱区    | 069. 西北部半干旱区       | 123. 湿润区         | 177. 园艺种植区           |
| 016. 潘帕斯半干旱区     | 070. 东南部玉米混种区      | 124. 摩洛哥干旱区      | 178. 山区区域            |
| 017. 热带丘陵地区      | 071. 东南高地          | 125. 凉爽半湿润区      | 179. 单季水稻种植区         |
| 018. 干旱和半干旱带地区   | 072. 半干旱草原区        | 126. 温性半干旱区      | 180. 黑海地区            |
| 019. 东南部小麦带地区    | 073. 西南高原咖啡种植区     | 127. 温性湿润区       | 181. 中部安那托利亚地区       |
| 020. 半湿润亚热带地区    | 074. 西部玉米混种区       | 128. 北部干旱半干旱区    | 182. 东部安那托利亚地区       |
| 021. 西南部小麦带地区    | 075. 中部干旱区         | 129. 热带雨林区       | 183. 马尔马拉海、爱琴海、地中海地区 |
| 022. 湿润温带和亚热带地区  | 076. 东部高原区         | 130. 温带湿润区       | 184. 中部小麦产区          |
| 023. 沿海地区        | 077. 地中海气候区        | 131. 亚热带-热带区     | 185. 山地地区            |
| 024. 恒河平原        | 078. 北部大麦区         | 132. 中部平原        | 186. 北部小麦产区          |
| 025. 山地丘陵地区      | 079. 西北玉米和大麦混种区    | 133. 沿海地区        | 187. 南部小麦和玉米产区       |
| 026. 锡尔赫特盆地      | 080. 油菜种植区         | 134. 山地丘陵地区      | 188. 阿拉斯加与夏威夷        |
| 027. 白俄罗斯中部      | 081. 西南玉米区         | 135. 阿尔泰地区       | 189. 青草地             |
| 028. 白俄罗斯北部      | 082. 西部玉米、大麦和油菜混种区 | 136. 戈壁沙漠区       | 190. 加利福尼亚           |
| 029. 白俄罗斯南部      | 083. 中部稀疏作物区       | 137. 杭爱山区至库苏古尔省  | 191. 玉米带             |
| 030. 亚马逊雨林区      | 084. 北方大麦区         | 138. 色楞格省-鄂嫩地区   | 192. 密西西比河下游         |
| 031. 中部热带稀疏草原区   | 085. 南方小麦大麦混合区     | 139. 中部和东部草原地区   | 193. 大平原北部           |
| 032. 东部沿海区       | 086. 匈牙利中部         | 140. 布齐河流域       | 194. 东北地区            |
| 033. 农牧交错区       | 087. 大平原           | 141. 北部高海拔地区     | 195. 西北地区            |
| 034. 马托格罗索及周边区域  | 088. 匈牙利北部         | 142. 赞比西流域下游     | 196. 大平原南部           |
| 035. 巴西东北区       | 089. 多瑙河西部         | 143. 北部沿海地区      | 197. 东南地区            |
| 036. 巴拉纳河流域      | 090. 瓜哇岛           | 144. 莫桑比克草原      | 198. 西南地区            |
| 037. 亚热带农牧区      | 091. 加里曼丹和苏拉威西岛    | 145. 衍生稀树草原      | 199. 中部非农业区          |
| 038. 中国甘肃、新疆地区   | 092. 苏门答腊岛         | 146. 几内亚热带稀树草原区  | 200. 谷物产区            |
| 039. 中国海南省       | 093. 西巴布亚          | 147. 湿润雨林区       | 201. 棉花产区            |
| 040. 中国黄淮海地区     | 094. 中部地区          | 148. 萨赫勒草原       | 202. 越南中北部沿海地区       |
| 041. 中国内蒙古地区     | 095. 东部沿海地区        | 149. 俾路支地区       | 203. 越南东北部           |
| 042. 中国黄土高原地区    | 096. 恒河平原          | 150. 印度河下游地区     | 204. 红河三角洲           |
| 043. 中国长江下游      | 097. 印度东北部         | 151. 北部高原        | 205. 越南东南部           |
| 044. 中国东北部       | 098. 西部干旱区         | 152. 劳道普北部       | 206. 越南中南部沿海地区       |
| 045. 中国青海、西藏地区   | 099. 西部沿海地区        | 153. 农林交错区       | 207. 越南西北部           |
| 046. 中国南部地区      | 100. 西部干旱区         | 154. 丘陵农业区       | 208. 越南中部高原区         |
| 047. 中国西南部       | 101. 西部喜马拉雅区       | 155. 低地农业区       | 209. 湄公河三角洲          |
| 048. 中国台湾省       | 102. 中东部地区         | 156. 中部黑麦马铃薯产区   | 210. 干旱沙漠区           |
| 049. 大西洋区        | 103. 南部沿海区域        | 157. 北部燕麦马铃薯产区   | 211. 亚热带湿润区          |
| 050. 北冰洋区        | 104. 西部与北部区域       | 158. 中北部小麦甘蔗产区   | 212. 地中海气候带          |
| 051. 哈德逊湾区       | 105. 意大利东部         | 159. 南部小麦甘蔗产区    | 213. 半干旱草原区          |
| 052. 太平洋区        | 106. 意大利北部         | 160. 中部地区        | 214. 卢安瓜-赞比西裂谷       |
| 053. 大草原区        | 107. 意大利南部         | 161. 南部和东部平原地区   | 215. 北部多雨区           |
| 054. 东部稀疏作物区     | 108. 意大利西部         | 162. 西部地区        | 216. 中部、东部和南部高原      |
|                  |                    |                  | 217. 西部半干旱平原         |

### 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。农情指标采用 5 年参考期（即 2017-2021 年），这为市场对供应变化的快速反应提供了条件。

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
<b>潜在累积生物量</b>			
<b>Biomass accumulation potential</b>			
农情指标 /遥感数据	g DM/m <sup>2</sup> /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。
<b>耕地种植比率</b>			
<b>Cropped arable land and cropped arable land fraction</b>			
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。
<b>复种指数</b>			
<b>Cropping intensity Index</b>			
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、31 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。
<b>NDVI 归一化植被指数</b>			
<b>Normalized Difference Vegetation Index</b>			
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。
<b>CropWatch 光合有效辐射指标</b>			
<b>CropWatch indicator for Photosynthetically Active Radiation (PAR)</b>			
环境指标 /遥感数据	W/m <sup>2</sup> /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。
<b>CropWatch 降雨指标</b>			
<b>CropWatch indicator for rainfall</b>			
环境指标 /遥感数据	Liters/m <sup>2</sup> , (升/ m <sup>2</sup> ) /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。
<b>CropWatch 温度指标</b>			
<b>CropWatch indicator for Air Temperature</b>			

指标			
指标类型/ 数据来源	单位/ 空间尺度	描述	简介和图例
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。
<b>最佳植被状态指数</b>			
<b>Maximum vegetation condition index (VCIx)</b>			
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。	VCIx 是根据监测期间与过去五年中同期的时间序列中 NDVI 值计算得出，该指标将监测期间的峰值 NDVI 与过去五年中同期的最大 NDVI 相比较。最佳植被状况指数 (VCIx) 表现为基于像素的函数。CWSU 显示为平均水平。
<b>植被健康指数</b>			
<b>Vegetation health index (VHI)</b>			
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。
<b>最小植被健康指数</b>			
<b>Minimum Vegetation health index (VHI<sub>n</sub>)</b>			
农情指标/ 遥感数据	取值[0, 100]/基于 像素的像元 值	VHI <sub>n</sub> 是监测期内每个像元的最小 VHI 值，一般 VHI <sub>n</sub> 值小于 35 表示作物长势不佳。	VHI <sub>n</sub> 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 <sub>n</sub> 的空间分辨率为 4km，按周统计；在中国尺度上，VHI <sub>n</sub> 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

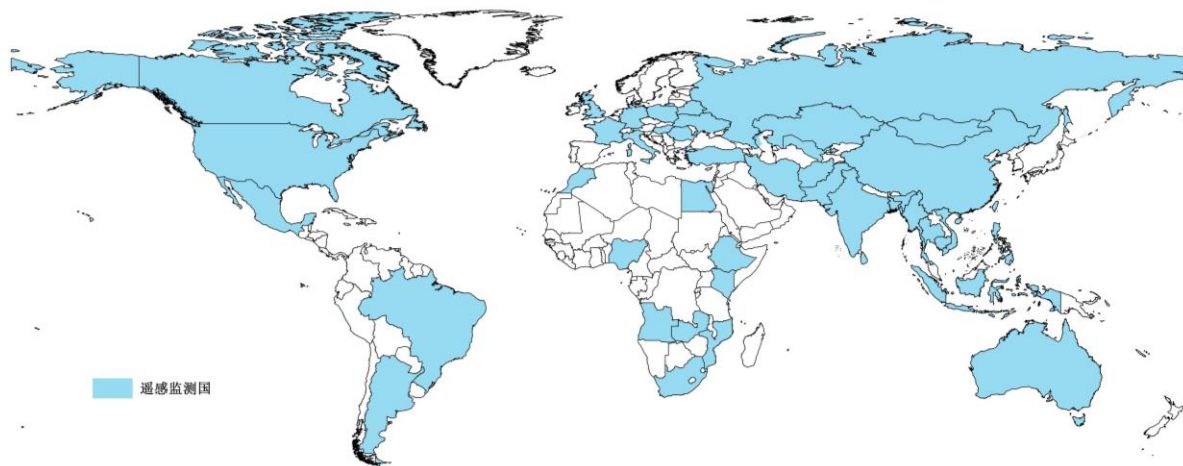
CropWatch 通报中使用了四类空间单元，国家、中国、作物主产区和制图报告单元。下面的表格里概要描述了各个空间单元，并给出了它们之间的关联关系。对空间单元和边界的详细描述，请参见 CropWatch 在线资源部分。

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）。



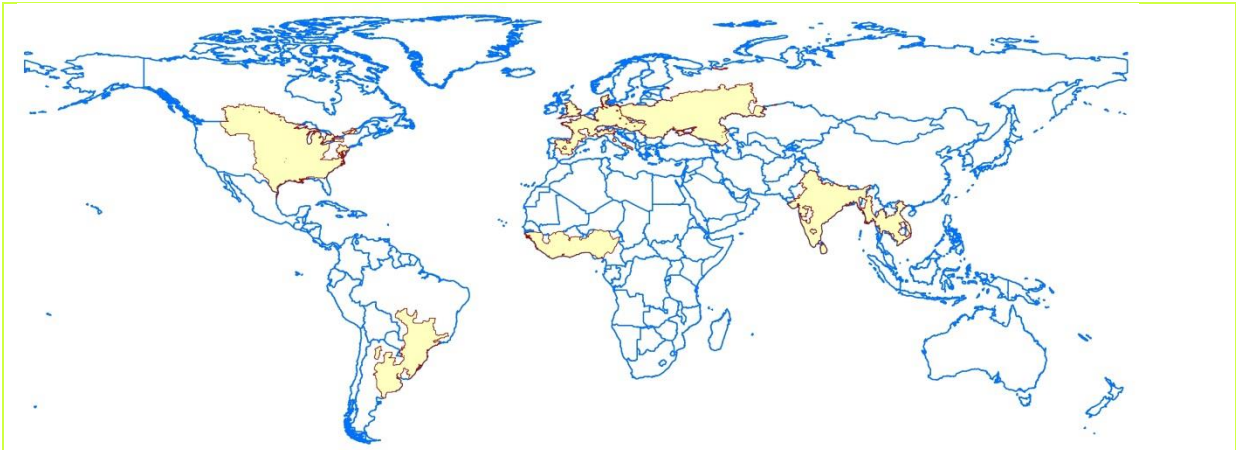
#### 国家（一级行政区，州和省等）

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’，包括中国和其他 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（ <a href="http://www.cropwatch.cn">www.cropwatch.cn</a> ）上查阅。



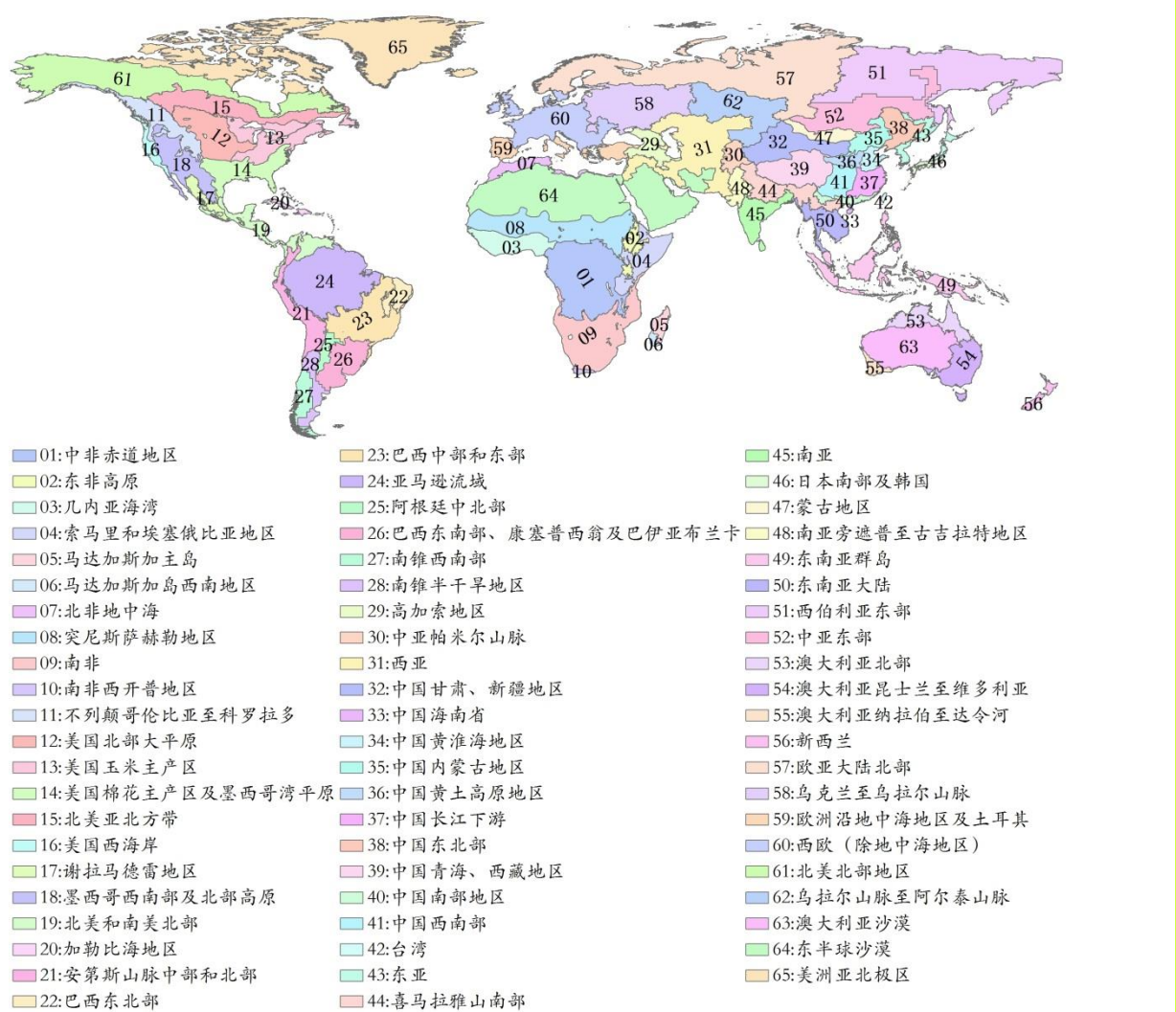
#### 作物主产区 (MPZ)

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。



## 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 43 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  $\text{NDVI}_i$  和  $\text{NDVI}_{i-1}$  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 2002-2018 年时间序列耕地种植比率（CALF）和 2002-2018 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。