

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——反映天气因素如降水、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（降水、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	基于监测期内的降水和温度条件，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	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

		指标	
指标类型 / 数据来源	单位 / 空间尺度	描述	简介和图例
	素, 也可进行空间单元统计		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			
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 降水指标			
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, 降水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) 在监测期内对降水进行加权累积计算得到。	采用距平聚类分析手段, 绘制了降水的空间距平聚类图和与之对应的聚类过程线, 用以分析研究区降水变化的时空规律。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	℃ / 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 (VCI _x)			
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, 每个象元在 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 (VCI _x)。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	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 16km, 按周统计; 在中国尺度上, VHI _n

指标类型 / 数据来源		单位 / 空间尺度	描述	简介和图例
-------------	--	-----------	----	-------

值 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 and 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	
------	--

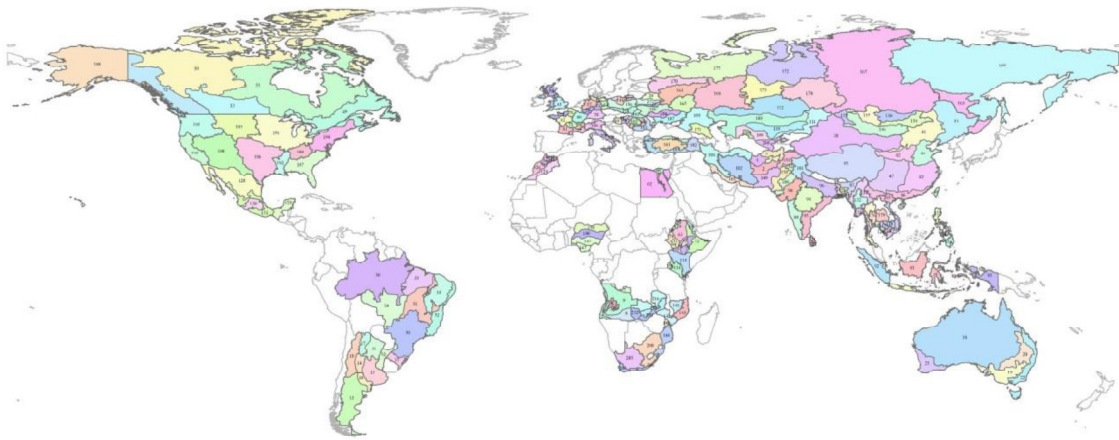
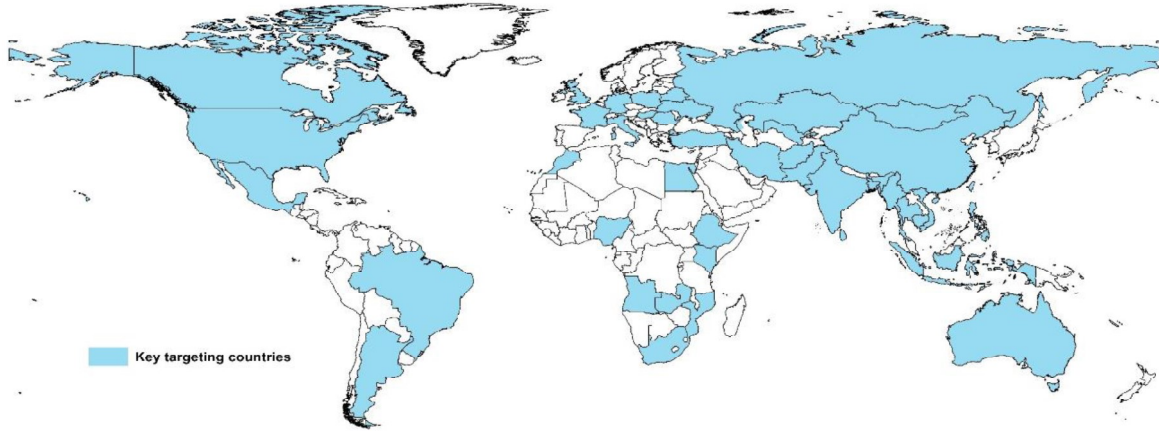
中国

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）	
----------------	--

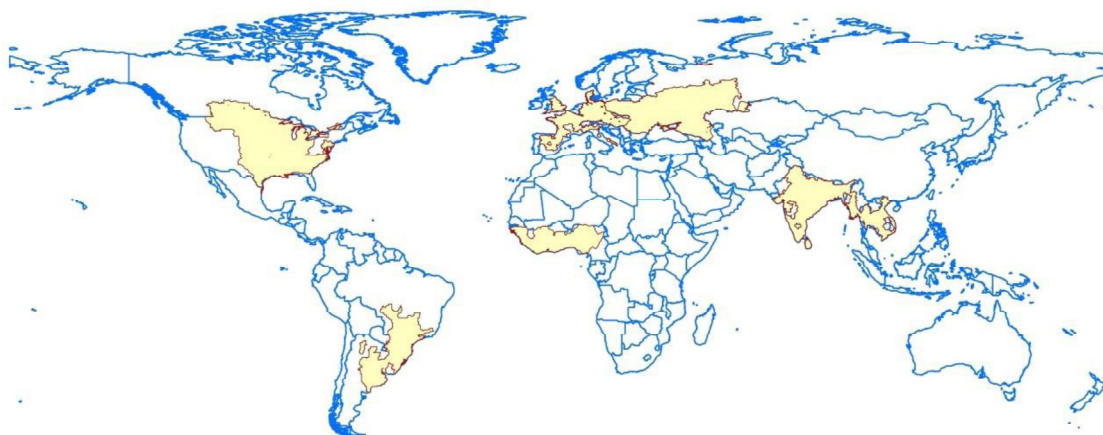
概述	描述
42 个粮食主产国（含中国）涵盖了占世界粮油生产和出口 80% 以上的国家	Cropwatch 按照占全球大宗粮油作物（玉米、水稻、小麦和大豆）生产和出口 80% 的标准选取了 42 个重点国家进行作物长势监测和产量预测。其中，一些国家由于临近中国（如乌兹别克斯坦和柬埔寨等国）、具有地理重要性以及与全球地理政治相关性（如包含了五个人口最多的非洲国家中的四个）等原因也被包括在内。监测国家的总数为 ‘41+1’，包括中国和其余 41 个国家。对于 9 个面积大国（加拿大，美国，巴西，阿根廷，俄罗斯，哈萨克斯坦，印度，中国和澳大利亚），CropWatch 在其二级行政区划上（省/州级别）进行了分析，且同时对每个国家开展各个农业生态分区进行分析。对 42 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。



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

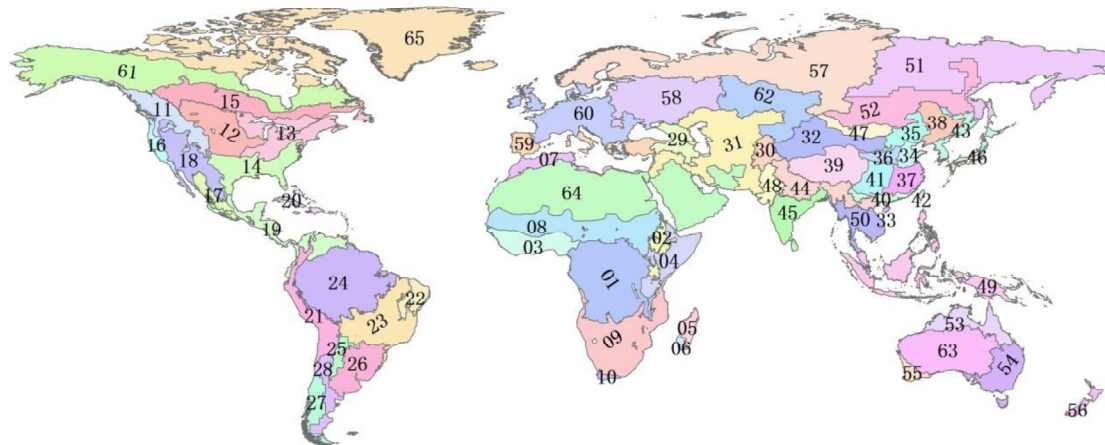
作物主产区 (MPZ)

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 | |

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 31 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 27 个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 2002-2014 年时间序列耕地种植比率（CALF）和 2002-2014 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。

病虫害监测方法

本报告病虫害遥感监测引入了遥感与生境结合的技术，综合耕地数据、气象资料、生境信息、植保调查、作物长势、病菌增长模型、传播模型等，实现病虫害灾情的全方位大范围动态监测。针对不同病虫害类型构建不同的遥感监测模型，具体如下：

小麦条锈病

条锈病 (*Puccinia striiformis*) 的症状主要为在小麦叶片上形成黄色长条状或椭圆状的病斑，导致叶片枯黄、叶绿素含量及水分含量减少。本报告中涉及的小麦条锈病等级划分标准依据我国《小麦条锈病测报技术规范》(GB/T 15795-2011)，表 B.1 为小麦条锈病和发生程度分级标准。本报告中涉及的危害轻度等级参考表 1 中的级别 1 和级别 2，中度等级参考表 1 中的级别 3，重度等级参考表 1 中的级别 4 和级别 5。

本报告首先基于文献调研和地面调查获取小麦条锈病菌源分布先验知识；然后基于植被衰减指数 (Plant Senescence Reflectance Index, PSRI) (公式 1) 和红边植被胁迫指数 (Red-edge Vegetation Stress Index, RVSI) (公式 2) 构建小麦条锈病光谱指数 (Wheat Rust Index, WRI) (公式 3)，该指数综合考虑了作物长势、叶绿素含量及作物健康状态时序变化信息；最后综合考虑地表温度 LST (MODIS 产品)、降水量及风向 (气象数据) 等生境信息，并结合往年同期的历史资料，构建灾情评估指数 (Disease Index, DI) (公式 4)，评定小麦条锈病危害等级。式中，RR、RB 和 RNIR 分别为红波段、蓝波段和近红外波段反射率；R712, R752 和 R732 分别为 712nm, 752nm 和 732nm 波长处的光谱反射率；LST 为平均地表温度，LST_{avg} 为往年同时期地表温度均值；R 为平均降水量，R_{avg} 为往年同时期降水量均值；W 为风向。f 和 g 基于地面调查样本回归分析构建。DI 的取值范围为 0~100%，当 0 < DI ≤ 30% 时，条锈病为轻度发生，30% < DI ≤ 60% 时，条锈病为中度发生，DI > 60% 时，条锈病为重度发生。

$$\text{PSRI} = (PR - RB) / \text{RNIR} \quad (1)$$

$$\text{RVSI} = ((R712 + R752) / 2) - R732 \quad (2)$$

$$\text{WRI} = f(\Delta\text{PSRI}, \Delta\text{RVSI}) \quad (3)$$

$$\text{DI} = f(\text{WRI}, \text{LST} - \text{LST}_{\text{avg}}, R - R_{\text{avg}}, W) \quad (4)$$

表 B.1 小麦条锈病发生程度分级指标

指标	级别				
	1	2	3	4	5
病情指数	0.001 < Y ≤ 5	5 < Y ≤ 10	10 < Y ≤ 20	20 < Y ≤ 30	Y > 30
病田率/%	1 < R ≤ 5	5 < R ≤ 10	10 < R ≤ 20	20 < R ≤ 30	R > 30

注：Y 是病情指数，用于反映病害发生的严重程度，计算公式为 $Y=F*D*100$ ，F 是病叶率，D 是病叶平均严重度。R 是病田率，指发生病害的田块数占总田块的比率。详细参见《小麦条锈病测报调查规范》（GB/T15795-2011），2011。
<http://doc.mbalib.com/view/2e0ae53c7f397af70deb37edb07c5a12.html>

小麦赤霉病

赤霉病 (*Fusarium graminearum*) 的症状主要为损坏受影响组织的细胞完整性，导致细胞死亡和叶绿素的降低。本报告中涉及的小麦赤霉病等级划分标准依据我国《小麦赤霉病测报技术规范》（GB/T 15796-2011），表 2 为小麦赤霉病发生程度分级标准。本报告中涉及的病害轻度等级参考表 2 中的级别 1 和级别 2，中度等级参考表 2 中的级别 3，重度等级参考表 B.2 中的级别 4 和级别 5。

本报告首先基于文献调研和地面调查获取小麦赤霉病菌源分布先验知识；然后基于归一化植被指数 (Normalized Difference Vegetation Index, NDVI) (公式 5) 和差异植被指数 (Difference Vegetation Index, DVI) (公式 6) 构建小麦赤霉病光谱指数 (Wheat Fusarium Head Blight Index, WFHBI) (公式 7)，该指数综合考虑了作物病穗光谱特征和冠层光谱特征及其时序变化信息；最后综合考虑作物生育期、地表温度 LST (MODIS 产品) 及降水量 (气象数据) 等生境信息，并结合往年同期的历史资料，构建灾情评估指数 DI (公式 8)，评定小麦赤霉病危害等级。式中，G 为小麦生育期。f 和 g 基于地面调查样本回归分析构建。DI 的取值范围为 0~100%，当 $0 < DI \leq 30\%$ 时，赤霉病为轻度发生， $30\% < DI \leq 60\%$ 时，赤霉病为中度发生， $DI > 60\%$ 时，赤霉病为重度发生。

$$NDVI = (RNIR - RR)/(RNIR + RR) \quad (5)$$

$$DVI = RNIR - RR \quad (6)$$

$$WFHBI = f(\Delta NDVI, \Delta DVI) \quad (7)$$

$$DI = g(WFHBI, G, LST - LST_{avg}, R - R_{avg}) \quad (8)$$

表 B.2 小麦赤霉病发生程度分级指标

指标	级别				
	1	2	3	4	5
病穗率	$0.1 < Y \leq 10$	$10 < Y \leq 20$	$20 < Y \leq 30$	$30 < Y \leq 40$	$Y > 40$
发病面积比率/%	$R > 30$	$R > 30$	$R > 30$	$R > 30$	$R > 30$

注：Y 是病穗率，指发病的小麦穗数占调查总穗数的比率，R 是发病面积比率。参考：<https://www.taodocs.com/p-86284688.html>

小麦纹枯病

纹枯病 (*Rhizotonia cerealis*) 病菌侵染小麦后，叶鞘四周出现褐色病斑，茎壁失水，导致养分、水分不足而枯死。本报告中涉及的小麦纹枯病等级划分标准依据我国《小麦纹枯病测报调查规范》（NY/T 614-2002），表 3 为小麦纹枯病发生程度分级标准。本报告中涉及的病害轻度等级参考表 B.3 中的级别 1 和级别 2，中度等级参考表 3 中的级别 3，重度等级参考表 3 中的级别 4 和级别 5。

本报告首先基于文献调研和地面调查获取小麦纹枯病菌源分布先验知识；然后基于三角植被指数 (Triangular Vegetation Index, TVI) (公式 9) 和归一化水分指数 (Normalized Difference Water Index, NDWI) (公式 10) 构建小麦纹枯病光谱指数 (Wheat Sheath Blight Index, WSBI) (公式 11)，该指数考虑了作物长势及其时序变化信息；最后综合考虑地表温度 LST (MODIS 产品) 及降水量 (气象数据) 等生境信息，并结合往年同期的历史资料，构建灾情评估指数 DI (公式 12)，评定小麦纹枯病危害等级。式中，RG 为绿波段反射率。f 和 g 基于地面调查样本回归分析构建。DI 的取值范围为 0~100%，当 $0 < DI \leq 30\%$ 时，纹枯病为轻度发生， $30\% < DI \leq 60\%$ 时，纹枯病为中度发生， $DI > 60\%$ 时，纹枯病为重度发生。

$$TVI = 0.5 * (120 * (RNIR - RG) - 200 * (RR - RG)) \quad (9)$$

$$NDWI = (RG - RNIR)/(RG + RNIR) \quad (10)$$

$$WSBI = f(\Delta TVI, \Delta NDWI) \quad (11)$$

$$DI = g(WSBI, LST - LST_{avg}, R - R_{avg}) \quad (12)$$

表 B.3 小麦纹枯病发生程度分级指标

指标	级别				
	1	2	3	4	5
病情指数	$Y \leq 5$	$5 < Y \leq 15$	$15 < Y \leq 25$	$25 < Y \leq 35$	$Y > 35$

注：《小麦纹枯病测报调查规范》（NY/T614-2002），2002. <http://doc.mbalib.com/view/4c9d23d380f36d038af855fcdf089f93.html>

小麦蚜虫

小麦蚜虫（*Sitobion avenae* and *Rhopalosiphum padi*）吸食幼嫩或开始衰老的叶片、茎秆、嫩头的汁液，危害小麦的正常发育，且蚜虫排出的蜜露附着在叶表面，严重影响小麦叶片的光合作用，造成麦苗发黄枯死。本报告中涉及的小麦蚜虫等级划分标准依据我国《小麦蚜虫测报调查规范》（NY/T612-2002），表 B.4 为小麦蚜虫发生程度分级标准。本报告中涉及的虫害轻度等级参考表 4 中的级别 1 和级别 2，中度等级参考表 4 中的级别 3，重度等级参考表 4 中的级别 4 和级别 5。

本报告首先基于文献调研和地面调查获取小麦蚜虫虫源分布先验知识；然后基于 NDVI 和光化学植被指数（Photochemical Reflectance Index, PRI）（公式 13）构建小麦蚜虫光谱指数（Wheat Aphid Damage Index, WADI）（公式 14），该指数考虑了作物长势及其时序变化信息；最后综合考虑地表温度 LST（MODIS 产品）及降水量（气象数据）等生境信息，并结合往年同期的历史资料，构建灾情评估指数（Pest Index, PI）（公式 15），评定小麦蚜虫危害等级。式中， R_{531} 和 R_{570} 分别为 531nm 和 570nm 波长处的光谱反射率。 f 和 g 基于地面调查样本回归分析构建。PI 的取值范围为 0~100%，当 $0 < PI \leq 30\%$ 时，蚜虫为轻度发生， $30\% < PI \leq 60\%$ 时，蚜虫为中度发生， $PI > 60\%$ 时，蚜虫为重度发生。

$$PRI = (R_{531} - R_{570})/(R_{531} + R_{570}) \quad (13)$$

$$WADI = f(\Delta NDVI, \Delta PRI) \quad (14)$$

$$PI = g(WADI, LST - LST_{avg}, R - R_{avg}) \quad (15)$$

表 B.4 小麦蚜虫发生程度分级指标

指标	级别				
	1	2	3	4	5
百株蚜量 (头, γ)	$Y \leq 500$	$500 < Y \leq 1500$	$1500 < Y \leq 2500$	$2500 < Y \leq 3500$	$Y > 3500$

注：《小麦蚜虫测报调查规范》（NY/T612-2002），2002. <http://www.doc88.com/p-7708315673411.html>