



# 中华人民共和国气象行业标准

QX/T 664—2023

## 农作物气象条件定量评价技术导则

Technical guidelines for quantitative assessment of crop meteorological conditions

2023-04-23 发布

2023-07-01 实施

中国气象局 发布



## 目 次

前言 .....	III
1 范围 .....	1
2 规范性引用文件 .....	1
3 术语和定义 .....	1
4 评价方法 .....	2
5 评价等级 .....	6
附录 A(资料性) 农作物不同生育阶段温度和土壤相对湿度的指标 .....	7
参考文献 .....	9



## 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。

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。

本文件由全国农业气象标准化技术委员会(SAC/TC 539)提出并归口。

本文件起草单位：河北省气象科学研究所、河北省气象与生态环境重点实验室、河北省气象信息中心、新疆兴农网信息中心、江苏省气候中心、湖南省气象科学研究所、黑龙江省气象科学研究所、云南大学。

本文件主要起草人：魏瑞江、王鑫、康西言、高建华、谷永利、姚艳丽、徐敏、黄晚华、闫平、宫丽娟、朱颖墨。



# 农作物气象条件定量评价技术导则

## 1 范围

本文件描述了基于气候适宜度的冬小麦、玉米、水稻和棉花等农作物气象条件定量评价的方法,规定了冬小麦、玉米、水稻和棉花等农作物气象条件定量评价的等级。

本文件适用于光、温、水等气象条件对冬小麦、玉米、水稻和棉花等农作物适宜程度的判定。

## 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 20481—2017 气象干旱等级

GB/T 32136—2015 农业干旱等级

## 3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

### 3.1

**光照适宜度** **sunshine suitability**

日照时数对农作物生长发育的适宜程度。

### 3.2

**温度适宜度** **temperature suitability**

温度条件对农作物生长发育的适宜程度。

### 3.3

**降水适宜度** **precipitation suitability**

降水条件对农作物生长发育的适宜程度。

### 3.4

**土壤水分适宜度** **soil humidity suitability**

土壤相对湿度对农作物生长发育的适宜程度。

### 3.5

**综合气候适宜度** **comprehensive climate suitability**

光照、气温、降水和土壤湿度等综合气象条件对农作物生长发育的适宜程度。

4 评价方法

4.1 光照条件定量评价

4.1.1 逐日评价

4.1.1.1 冬小麦、玉米、水稻和棉花等农作物(以下简称“农作物”)逐日光照条件定量评价按公式(1)计算。

$$S(s_i) = \begin{cases} e^{-\left(\frac{s_i - s_{0,i}}{b_i}\right)^2} & s_i < s_{0,i} \\ 1 & s_i \geq s_{0,i} \end{cases} \dots\dots\dots(1)$$

式中:

$S(s_i)$  ——农作物第  $i$  日的光照适宜度;

$s_i$  ——第  $i$  日日照时数,单位为小时(h);

$s_{0,i}$  ——第  $i$  日日照时数的临界值,宜根据不同地区、不同农作物、不同时期的具体情况确定,通常取当地当日可照时数的 70%,单位为小时(h);

$b_i$  ——农作物第  $i$  日所在的生育阶段的光照适宜度参数,宜选用表 1 中的值。

表 1 农作物不同生育阶段的光照适宜度参数值

农作物	生育阶段							
	冬小麦	播种—出苗	出苗—分蘖	分蘖—越冬	越冬—返青	返青—拔节	拔节—抽穗	抽穗—乳熟
	4.15	4.15	4.14	4.00	4.40	4.61	4.93	4.99
玉米	播种—出苗	出苗—三叶	三叶—七叶	七叶—拔节	拔节—抽雄	抽雄—乳熟	乳熟—成熟	—
	5.00	5.08	5.08	5.08	5.12	5.17	5.14	—
早稻	播种—出苗	出苗—移栽	移栽—返青	返青—分蘖	分蘖—拔节	拔节—抽穗	抽穗—乳熟	乳熟—成熟
	4.57	4.57	4.57	4.57	4.95	5.11	5.15	5.15
一季稻	播种—出苗	出苗—移栽	移栽—返青	返青—分蘖	分蘖—拔节	拔节—抽穗	抽穗—乳熟	乳熟—成熟
	5.13	5.45	5.65	5.72	5.72	5.48	5.21	4.79
晚稻	播种—出苗	出苗—移栽	移栽—返青	返青—分蘖	分蘖—拔节	拔节—抽穗	抽穗—乳熟	乳熟—成熟
	5.14	5.14	5.14	5.14	5.04	4.83	4.50	4.50
棉花	播种—出苗	出苗—三真叶	三真叶—五真叶	五真叶—现蕾	现蕾—开花	开花—裂铃	裂铃—停止生长	—
	4.94	4.98	4.98	4.98	5.03	4.67	4.16	—

4.1.1.2 可照时数按公式(2)计算。

$$N = \frac{24}{\pi} \times \left\{ \cos^{-1} \left[ -\tan\varphi \times \tan \left[ 0.409 \times \sin \left( \frac{2\pi}{365} \times J - 1.39 \right) \right] \right] \right\} \dots\dots\dots(2)$$

式中:

$N$  ——可照时数,单位为小时每天(h/d);

$\varphi$  ——地理纬度,单位为弧度(rad);

$J$  ——日序,取值范围 1 到 365 或 366,1 月 1 日取日序为 1。



#### 4.1.2 生育期评价

农作物某生育期光照条件评价按公式(3)计算。

$$S(s) = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n S(s_i) \quad \dots\dots\dots(3)$$

式中：

$S(s)$  ——农作物某生育期的光照适宜度；

$i$  ——农作物生育期序列,某生育期起始日期( $i = 1$ )到终止日期( $i = n$ )；

$S(s_i)$  ——农作物第  $i$  日的光照适宜度。

#### 4.2 热量条件定量评价

##### 4.2.1 逐日评价

农作物逐日热量条件定量评价按公式(4)计算,其中,中间变量按公式(5)计算,农作物某生育阶段的上限温度/下限温度和农作物某生育阶段的适宜温度上限/下限的阈值见附录 A 的表 A.1。

$$T(t_i) = \begin{cases} 0 & t_i \leq t_{1,i} \text{ 或 } t_i \geq t_{h,i} \\ \frac{(t_i - t_{1,i}) \times (t_{h,i} - t_i)^B}{(t_{01,i} - t_{1,i}) \times (t_{h,i} - t_{01,i})^B} & t_{1,i} < t_i < t_{01,i} \\ \frac{(t_i - t_{1,i}) \times (t_{h,i} - t_i)^B}{(t_{02,i} - t_{1,i}) \times (t_{h,i} - t_{02,i})^B} & t_{02,i} < t_i < t_{h,i} \\ 1 & t_{01,i} \leq t_i \leq t_{02,i} \end{cases} \quad \dots\dots\dots(4)$$

式中：

$T(t_i)$  ——农作物第  $i$  日的温度适宜度；

$t_i$  ——第  $i$  日日平均气温,单位为摄氏度( $^{\circ}\text{C}$ )；

$t_{1,i}$  ——农作物第  $i$  日所在的生育阶段的下限温度,单位为摄氏度( $^{\circ}\text{C}$ )；

$t_{h,i}$  ——农作物第  $i$  日所在的生育阶段的上限温度,单位为摄氏度( $^{\circ}\text{C}$ )；

$t_{01,i}$  ——农作物第  $i$  日所在的生育阶段的适宜温度下限,单位为摄氏度( $^{\circ}\text{C}$ )；

$t_{02,i}$  ——农作物第  $i$  日所在的生育阶段的适宜温度上限,单位为摄氏度( $^{\circ}\text{C}$ )；

$B$  ——中间变量。

$$B = \begin{cases} \frac{t_{h,i} - t_{01,i}}{t_{01,i} - t_{1,i}} & t_{1,i} < t_i < t_{01,i} \\ \frac{t_{h,i} - t_{02,i}}{t_{02,i} - t_{1,i}} & t_{02,i} < t_i < t_{h,i} \end{cases} \quad \dots\dots\dots(5)$$

式中：

$B$  ——中间变量；

$t_{h,i}$  ——农作物第  $i$  日所在的生育阶段的上限温度,单位为摄氏度( $^{\circ}\text{C}$ )；

$t_{01,i}$  ——农作物第  $i$  日所在的生育阶段的适宜温度下限,单位为摄氏度( $^{\circ}\text{C}$ )；

$t_{02,i}$  ——农作物第  $i$  日所在的生育阶段的适宜温度上限,单位为摄氏度( $^{\circ}\text{C}$ )；

$t_{1,i}$  ——农作物第  $i$  日所在的生育阶段的下限温度,单位为摄氏度( $^{\circ}\text{C}$ )。

##### 4.2.2 生育期评价

农作物某生育期热量条件评价按公式(6)计算。

$$T(t) = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n T(t_i) \quad \dots\dots\dots(6)$$

式中：

- $T(t)$  —— 农作物某生育期的温度适宜度；
- $n$  —— 农作物某生育期的天数；
- $i$  —— 农作物生育期序列，某生育期起始日期( $i = 1$ )到终止日期( $i = n$ )；
- $T(t_i)$  —— 农作物第  $i$  日的温度适宜度。

### 4.3 水分条件定量评价

#### 4.3.1 逐日评价

4.3.1.1 农作物逐日水分条件评价包括逐日降水定量评价和逐日土壤水分定量评价。

4.3.1.2 农作物逐日降水定量评价按公式(7)计算，日有效降水量与日降水量换算按公式(8)计算，逐日需水量按公式(9)计算。

$$R(r_{e,i}) = \begin{cases} \frac{r_{e,i}}{a \times E_{T,i}} & r_{e,i} < a \times E_{T,i} \\ 1 & a \times E_{T,i} \leq r_{e,i} \leq d \times E_{T,i} \\ \frac{d \times E_{T,i}}{r_{e,i}} & r_{e,i} > d \times E_{T,i} \end{cases} \quad \dots\dots\dots(7)$$

式中：

- $R(r_{e,i})$  —— 农作物第  $i$  日的降水适宜度；
- $r_{e,i}$  —— 农作物第  $i$  日有效降水量，单位为毫米(mm)；
- $E_{T,i}$  —— 农作物第  $i$  日需水量，单位为毫米(mm)；
- $a$  —— 农作物需水量缩小因子，取值为小于 1 的实数，默认值取 0.6；
- $d$  —— 农作物需水量放大因子，取值为大于 1 的实数，默认值取 1.5。

$$r_{e,i} = \begin{cases} \frac{r_i \times (4.17 - 0.2 \times r_i)}{4.17} & r_i < 8.3 \\ 4.17 + 0.1 \times r_i & r_i \geq 8.3 \end{cases} \quad \dots\dots\dots(8)$$

式中：

- $r_{e,i}$  —— 农作物第  $i$  日有效降水量，单位为毫米(mm)；
- $r_i$  —— 农作物第  $i$  日降水量，单位为毫米(mm)。

$$E_T = K_c \times E_{T0} \quad \dots\dots\dots(9)$$

式中：

- $E_T$  —— 农作物逐日需水量，单位为毫米每天(mm/d)；
- $K_c$  —— 作物系数，按 GB/T 32136—2015 附录 B 的规定计算；
- $E_{T0}$  —— 潜在蒸散量，单位为毫米每天(mm/d)，按 GB/T 20481—2017 附录 C 的 C.3 计算。

4.3.1.3 农作物逐日土壤水分定量评价按公式(10)计算，其中，水稻逐日土壤水分适宜度默认为 1.0，某生育阶段土壤相对湿度的上限/下限的阈值见附录 A 的表 A.2。

$$U(u_i) = \begin{cases} \frac{u_i}{u_{01,i}} & u_i < u_{01,i} \\ 1 & u_{01,i} \leq u_i \leq u_{0h,i} \\ \frac{u_{0h,i}}{u_i} & u_i > u_{0h,i} \end{cases} \quad \dots\dots\dots(10)$$

式中：

$U(u_i)$  ——农作物第  $i$  日的土壤水分适宜度；

$u_i$  ——农作物第  $i$  日土壤相对湿度,其值在农作物播种期和苗期取 0 cm~20 cm 各层土壤相对湿度的平均值,其他生育阶段取 0 cm~50 cm 各层土壤相对湿度的平均值；

$u_{0l,i}$  ——农作物第  $i$  日所在的生育阶段适宜土壤相对湿度的下限值；

$u_{0h,i}$  ——农作物第  $i$  日所在的生育阶段适宜土壤相对湿度的上限值。

4.3.1.4 农作物逐日水分条件定量评价按公式(11)计算。

$$M(m_i) = \max[R(r_{e,i}), U(u_i)] \quad \dots\dots\dots(11)$$

式中：

$M(m_i)$  ——农作物第  $i$  日的水分适宜度；

$R(r_{e,i})$  ——农作物第  $i$  日的降水适宜度；

$U(u_i)$  ——农作物第  $i$  日的土壤水分适宜度。

### 4.3.2 生育期评价

农作物某生育期水分条件定量评价按公式(12)计算。

$$M(m) = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n M(m_i) \quad \dots\dots\dots(12)$$

式中：

$M(m)$  ——农作物某生育期的水分适宜度；

$n$  ——农作物某生育期的天数；

$i$  ——农作物生育期序列,某生育期起始日期( $i = 1$ )到终止日期( $i = n$ )；

$M(m_i)$  ——农作物第  $i$  日的水分适宜度。

## 4.4 综合气候适宜度

### 4.4.1 逐日评价

农作物逐日综合气候适宜度按公式(13)计算。

$$C(c_i) = \sqrt[3]{S(s_i) \times T(t_i) \times M(m_i)} \quad \dots\dots\dots(13)$$

式中：

$C(c_i)$  ——农作物第  $i$  日的综合气候适宜度；

$S(s_i)$  ——农作物第  $i$  日的光照适宜度；

$T(t_i)$  ——农作物第  $i$  日的温度适宜度；

$M(m_i)$  ——农作物第  $i$  日的水分适宜度。

### 4.4.2 生育期评价

农作物某生育期综合气候适宜度按公式(14)计算。

$$C(c) = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n C(c_i) \quad \dots\dots\dots(14)$$

式中：

$C(c)$  ——农作物某生育期的综合气候适宜度；

$n$  ——农作物某生育期的天数；

$i$  ——农作物生育期序列,某生育期起始日期( $i = 1$ )到终止日期( $i = n$ )；

$C(c_i)$  ——农作物第  $i$  日的综合气候适宜度。

## 5 评价等级

农作物气象条件(光照、热量、水分和综合气候)定量评价等级按表 2 规定的适宜度值范围划分为适宜、较适宜、不适宜三级。

表 2 农作物气象条件定量评价等级

评价等级	适宜	较适宜	不适宜
适宜度值的范围	[1.0,0.7]	(0.7,0.3]	(0.3,0]

## 附录 A

(资料性)

## 农作物不同生育阶段温度和土壤相对湿度的指标

表 A.1、表 A.2 分别给出了农作物不同生育阶段温度和土壤相对湿度的指标。

表 A.1 农作物不同生育阶段温度指标

单位为摄氏度

农作物	气象条件	生育阶段							
		播种— 出苗	出苗— 分蘖	分蘖— 越冬	越冬— 返青	返青— 拔节	拔节— 抽穗	抽穗— 乳熟	乳熟— 成熟
冬小麦	温度条件								
	上限温度	35	30	20	14	23	28	32	35
	适宜温度	16~18	10~12	3~5	-1~1	6~8	12~14	18~20	21~23
	下限温度	2	3	0	-12	-4	2	6	11
春玉米	温度条件	播种— 出苗	出苗— 三叶	三叶— 七叶	七叶— 拔节	拔节— 抽雄	抽雄— 乳熟	乳熟— 成熟	—
	上限温度	30	30	35	35	35	35	30	—
	适宜温度	13~15	16~18	17~19	20~22	22~24	21~23	15~17	—
	下限温度	5	5	8	11	13	14	12	—
夏玉米	温度条件	播种— 出苗	出苗— 三叶	三叶— 七叶	七叶— 拔节	拔节— 抽雄	抽雄— 乳熟	乳熟— 成熟	—
	上限温度	37	38	37	37	36	34	32	—
	适宜温度	24~26	25~27	25~27	26~28	26~28	24~26	21~23	—
	下限温度	10	12	14	15	17	17	16	—
早稻	温度条件	播种— 出苗	出苗— 移栽	移栽— 返青	返青— 分蘖	分蘖— 拔节	拔节— 抽穗	抽穗— 乳熟	乳熟— 成熟
	上限温度	26	26	33	33	34	35	35	35
	适宜温度	15~17	18~20	22~24	22~24	24~26	26~28	28~30	28~30
	下限温度	9	10	13	14	16	19	21	22
晚稻	温度条件	播种— 出苗	出苗— 移栽	移栽— 返青	返青— 分蘖	分蘖— 拔节	拔节— 抽穗	抽穗— 乳熟	乳熟— 成熟
	上限温度	35	35	38	39	38	36	34	30
	适宜温度	25~27	27~29	28~30	28~30	27~29	26~28	24~26	21~23
	下限温度	12	12	13	14	16	19	17	14
一季稻	温度条件	播种— 出苗	出苗— 移栽	移栽— 返青	返青— 分蘖	分蘖— 拔节	拔节— 抽穗	抽穗— 乳熟	乳熟— 成熟

表 A.1 农作物不同生育阶段温度指标(续)

农作物	气象条件		生育阶段							
	一季稻	东北区域	上限温度	25	27	30	31	32	32	31
适宜温度			10~12	12~14	16~18	19~21	22~24	23~25	22~24	18~20
下限温度			5	8	12	13	14	15	14	10
其他区域		上限温度	31	33	35	35	36	35	32	30
		适宜温度	19~21	21~23	24~26	24~26	27~29	26~28	24~26	19~21
		下限温度	10	13	17	19	21	20	17	12
棉花	温度条件		播种— 出苗	出苗— 三真叶	三真叶— 五真叶	五真叶— 现蕾	现蕾— 开花	开花— 裂铃	裂铃— 停止生长	—
	上限温度		35	35	37	37	38	37	32	—
	适宜温度		18~20	18~20	20~22	22~24	24~26	25~27	19~21	—
	下限温度		10	10	13	13	15	15	10	—

表 A.2 农作物不同生育阶段土壤相对湿度指标

农作物	生育阶段							
	冬小麦	播种—出苗	出苗—分蘖	分蘖—越冬	越冬—返青	返青—拔节	拔节—抽穗	抽穗—乳熟
60%~80%		60%~80%	70%~80%	70%~80%	70%~80%	75%~80%	70%~80%	60%~80%
玉米	播种—出苗	出苗—三叶	三叶—七叶	七叶—拔节	拔节—抽雄	抽雄—乳熟	乳熟—成熟	—
	60%~80%	60%~70%	60%~70%	60%~70%	70%~80%	75%~80%	60%~80%	—
棉花	播种—出苗	出苗— 三真叶	三真叶— 五真叶	五真叶— 现蕾	现蕾—开花	开花—裂铃	裂铃— 停止生长	—
	65%~80%	55%~70%	55%~70%	55%~70%	60%~80%	65%~85%	60%~70%	—

## 参 考 文 献

- [1] GB/T 21985—2008 主要农作物高温危害温度指标
- [2] QX/T 82—2019 小麦干热风灾害等级
- [3] QX/T 88—2008 作物霜冻害等级
- [4] 魏瑞江,王鑫. 气候适宜度国内外研究进展及展望[J]. 地球科学进展,2019,34(6):584-595
- [5] 毛留喜,魏丽. 大宗作物气象服务手册[M]. 北京:气象出版社,2015
- [6] 郭建平,马树庆. 农作物低温冷害监测预测理论和实践[M]. 北京:气象出版社,2009
- [7] 胡玮,严昌荣,李迎春,等. 气候变化对华北冬小麦生育期和灌溉需水量的影响[J]. 生态学报,2014,34(9):2367-2377
- [8] DANIELS Wilks. Statistical Methods in the Atmospheric Sciences[M]. Academic Press, 2011
-

中华人民共和国  
气象行业标准  
农作物气象条件定量评价技术导则  
QX/T 664—2023

\*

气象出版社出版发行  
北京市海淀区中关村南大街46号  
邮政编码:100081  
网址:<http://www.qxcbs.com>  
发行部:010-68408042  
北京建宏印刷有限公司印刷

\*

开本:880 mm×1230 mm 1/16 印张:1 字数:30千字  
2023年5月第1版 2023年5月第1次印刷

\*

书号:135029-6327 定价:25.00元

如有印装差错 由本社发行部调换  
版权专有 侵权必究  
举报电话:(010)68406301