

# T/CAASS

## 团体标准

T/CAASS XXXX-XXXX

### 西北旱区主要粮棉作物缺水遥感诊断 技术规程

Technical code of practice for water deficit remote sensing diagnosis of major  
food and cotton crops in northwestern arid regions

(征求意见稿)

XXXX-XX-XX 发布

XXXX-XX-XX 实施

中国农学会 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 缩略语 ..... 1

5 总体流程 ..... 1

6 遥感数据获取与处理 ..... 2

    6.1 空间基准 ..... 2

    6.2 遥感数据获取时间 ..... 2

    6.3 遥感数据选择与获取 ..... 2

    6.4 遥感数据预处理 ..... 2

7 诊断指数构建及等级划分 ..... 3

    7.1 遥感诊断指标计算 ..... 3

    7.2 作物缺水等级划分 ..... 3

8 成果编制 ..... 5

    8.1 专题图制作 ..... 5

    8.2 报告编写 ..... 5

附录 A（资料性）NDVI-LST 散点图 ..... 6

参考文献 ..... 7

## 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。

本文件由西北农林科技大学提出。

本文件由中国农学会归口。

本文件起草单位：西北农林科技大学、中国农业大学、中国农业科学院农田灌溉研究所、北京市农林科学院智能装备技术研究中心、武汉大学、陕西农林职业技术大学

本文件主要起草人：陈俊英、孙世坤、姚一飞、李思恩、王景雷、史凯丽、顾文权、程强、董佳慧、白旭乾、钱龙、杨晓飞、刘彦甫、任颐康、丁磊

# 西北旱区主要粮棉作物缺水遥感诊断技术规程

## 1 范围

本文件规定了基于卫星遥感数据采用温度植被干旱指数（TVDI）方法开展西北旱区主要粮棉作物缺水诊断的技术程序，描述了数据获取与预处理、温度植被干旱指数构建、缺水诊断等级划分和诊断结果制图等内容。

本文件适用于西北旱区小麦、玉米、棉花等主要粮棉作物生育期内的缺水遥感诊断工作。

## 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 20257—2017 国家基本比例尺地图图式

GB/T 34509.1—2017 遥感数据辐射定标规范 第1部分：光学传感器

GB/T 34509.2—2017 遥感数据辐射定标规范 第2部分：热红外传感器

GB/T 41539—2022 卫星遥感影像地表温度产品规范

GB/T 41541—2022 热红外遥感基本术语

NY/T 3526—2019 农情监测遥感数据预处理技术规范

NY/T 3528—2019 耕地土壤墒情遥感监测规范

NY/T 4150 农业遥感监测专题制图技术规范

QX/T 494—2019 陆地植被气象与生态质量监测评价等级

## 3 术语和定义

GB/T 41541—2022 界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

### 3.1 温度植被干旱指数 Temperature Vegetation Dryness Index; TVDI

基于植被指数（NDVI）和地表温度（LST）构建的特征空间，通过计算像元在干湿边界中的相对位置来表征地表干旱程度的无量纲指数。该指数值越接近1，表示缺水程度越高。

## 4 缩略语

下列缩略语适用于本文件。

NDVI：归一化植被指数（Normalized Difference Vegetation Index）

LST：地表温度（Land Surface Temperature）

TVDI：温度植被干旱指数（Temperature Vegetation Dryness Index）

Kc：作物系数（crop coefficient）

## 5 总体流程

西北旱区主要粮棉作物缺水遥感诊断技术流程包括数据获取与处理、指数构建与等级划分、成果编制三部分组成（见图1）。数据获取与处理包括遥感数据选定、遥感数据下载和遥感数据预处理；指数构建与等级划分包括遥感诊断指标选定、TVDI诊断指标计算和作物缺水等级划分；成果编制包括专题图制作和成果报告编写。

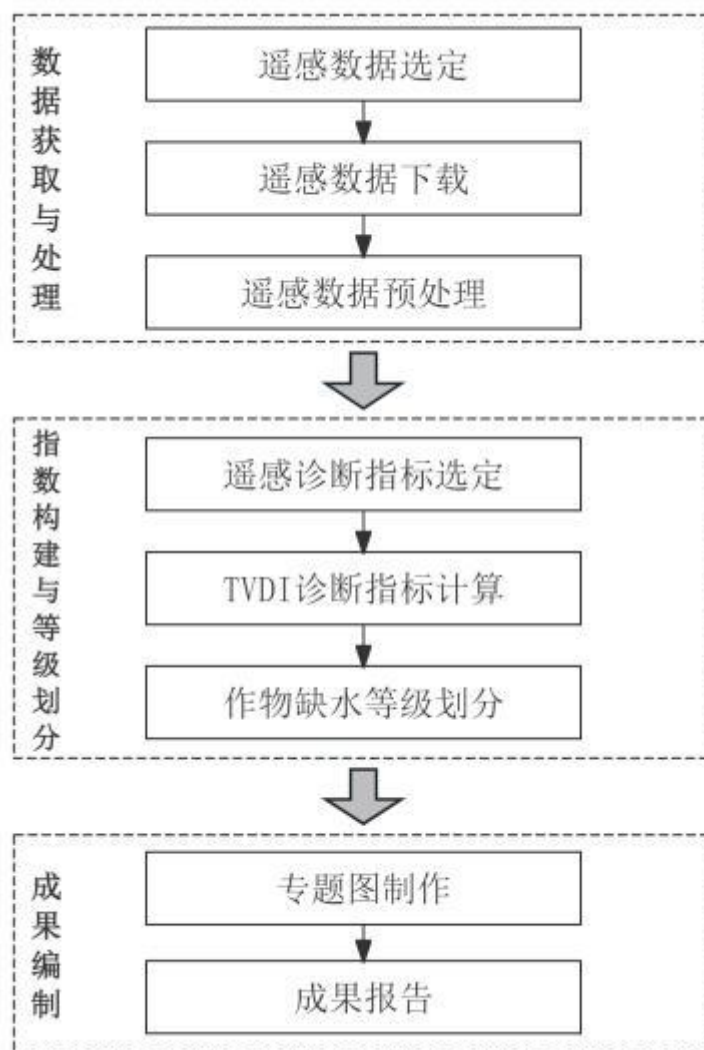


图1 西北旱区主要粮棉作物缺水遥感诊断技术流程

## 6 遥感数据获取与处理

### 6.1 空间基准

大地基准应采用2000国家大地坐标系；高程基准应采用1985国家高程基准；地图投影方式应采用高斯-克吕格投影，分带参数根据监测区域实际情况确定。

### 6.2 遥感数据获取时间

西北旱区主要粮棉作物缺水诊断应在农作物生育期内结合实际需要进行。

### 6.3 遥感数据选择与获取

遥感数据应根据监测区域、作物类型、监测时期、空间尺度和诊断精度要求进行选择。宜选用Landsat 8/9、Sentinel-2、高分系列、资源系列等卫星遥感数据。获取时应记录数据来源、卫星类型、传感器名称、成像时间、空间分辨率、数据级别、覆盖范围和云量等信息。当单一数据源存在云层遮挡、数据缺失或时相不满足要求时，可选用近时相、多源卫星遥感数据进行补充。

### 6.4 遥感数据预处理

遥感数据预处理应按照NY/T 3526—2019的规定执行。

#### 6.4.1 辐射定标

应按照 GB/T 34509.1—2017 和 GB/T 34509.2—2017 执行。

#### 6.4.2 大气校正

宜采用基于 MODTRAN4+辐射传输模型的 FLAASH 方法进行处理。

#### 6.4.3 指数计算

归一化植被指数计算方法见公式,地表温度定量遥感产品应按照 GB/T 41539—2022 规定执行生产。

$$NDVI = \frac{NIR-R}{NIR+R}$$

式中:

NIR——近红外波段的反射率;

R——红光波段的反射率。

### 7 诊断指数构建及等级划分

#### 7.1 遥感诊断指标计算

采用温度植被干旱指数 (TVDI) 作为核心遥感诊断指标,通过量化植被覆盖与地表温度的协同响应关系,诊断作物缺水程度。TVDI 计算原理基于 NDVI 与 LST 的三角关系模型,通过拟合干边与湿边参数,量化地表水分供需平衡状态,反映作物缺水胁迫程度。TVDI 按下式计算:

$$TVDI = \frac{LST - LST_{min}}{a + b \cdot NDVI - LST_{min}}$$

式中:

LST——像元实测地表温度,单位为开尔文 (K);

LST<sub>min</sub>——同一 NDVI 条件下的最小地表温度;

a、b——干边拟合系数,可通过 NDVI-LST 散点图回归分析获取 (附录 A)。

##### 7.1.1 特征空间构建与有效像元筛选

TVDI 干湿边界确定应基于诊断区域内有效像元构建 NDVI-LST 特征空间。特征空间应覆盖从低植被覆盖到高植被覆盖的变化区间。有效像元的筛选应剔除云、云影、水体、积雪及异常温度像元,具体可参照 NY/T 3528—2019 中关于数据预处理和掩膜处理的要求执行。当 NDVI 分布范围不足 (如 NDVI 有效值区间小于 0.3) 或不能形成明显干湿边界时,不宜直接采用 TVDI 开展缺水等级诊断。

##### 7.1.2 干湿边界确定方法

干边和湿边的确定宜采用 NDVI 分箱与分位数统计方法,并结合目视判读或自动迭代算法获得干湿边界方程。应记录分箱间隔、有效像元数量、边界样本选取方法、拟合方程和拟合优度。

#### 7.2 作物缺水等级划分

本标准将作物缺水状况划分为5个等级 (表1): 不缺水、轻度缺水、中度缺水、重度缺水和极端缺水。其中,不缺水表示土壤水分供应基本能够满足作物正常生长需求,作物未表现出明显水分胁迫;轻度缺水表示水分供应开始受到一定限制,作物可能出现轻微水分胁迫,但整体生长状况基本正常;中度缺水表示水分亏缺较为明显,作物蒸腾和生长发育可能受到一定抑制,应加强墒情监测并关注灌溉需求;重度缺水表示作物受到明显水分胁迫,正常生长发育受到较强限制,应及时采取灌溉或抗旱措施;极端缺水表示水分亏缺严重,作物正常生长及产量形成面临较高风险,应结合地面调查及时采取应急补水等措施。针对小麦、玉米、棉花在不同生育期对水分敏感度的差异,进一步给出分作物、分生育期的缺水等级TVDI阈值参考 (表1~表3)。各地在实际应用时,应根据当地作物品种、气候和土壤条件,利用田间观测数据对表1~表3中的阈值进行验证和调整。

**表 1 小麦不同生育期缺水等级对应的 TVDI 阈值**

| 生育期    | 缺水等级 | TVDI 阈值   | Kc 参考值    |
|--------|------|-----------|-----------|
| 播种-分蘖期 | 不缺水  | <0.20     | 0.30~0.40 |
| 播种-分蘖期 | 轻度缺水 | 0.20~0.40 | 0.30~0.40 |
| 播种-分蘖期 | 中度缺水 | 0.40~0.55 | 0.30~0.40 |
| 播种-分蘖期 | 重度缺水 | 0.55~0.75 | 0.30~0.40 |
| 播种-分蘖期 | 极端缺水 | >0.75     | 0.30~0.40 |

|        |      |           |           |
|--------|------|-----------|-----------|
| 拔节-抽穗期 | 不缺水  | <0.20     | 1.10~1.15 |
| 拔节-抽穗期 | 轻度缺水 | 0.20~0.40 | 1.10~1.15 |
| 拔节-抽穗期 | 中度缺水 | 0.40~0.60 | 1.10~1.15 |
| 拔节-抽穗期 | 重度缺水 | 0.60~0.80 | 1.10~1.15 |
| 拔节-抽穗期 | 极端缺水 | >0.80     | 1.10~1.15 |
| 灌浆-成熟期 | 不缺水  | <0.25     | 0.65~0.75 |
| 灌浆-成熟期 | 轻度缺水 | 0.25~0.45 | 0.65~0.75 |
| 灌浆-成熟期 | 中度缺水 | 0.45~0.65 | 0.65~0.75 |
| 灌浆-成熟期 | 重度缺水 | 0.65~0.80 | 0.65~0.75 |
| 灌浆-成熟期 | 极端缺水 | >0.80     | 0.65~0.75 |

表2 玉米不同生育期缺水等级对应的 TVDI 阈值

| 生育期    | 缺水等级 | TVDI 阈值   | Kc 参考值    |
|--------|------|-----------|-----------|
| 苗期     | 不缺水  | <0.20     | 0.30~0.50 |
| 苗期     | 轻度缺水 | 0.20~0.40 | 0.30~0.50 |
| 苗期     | 中度缺水 | 0.40~0.55 | 0.30~0.50 |
| 苗期     | 重度缺水 | 0.55~0.75 | 0.30~0.50 |
| 苗期     | 极端缺水 | >0.75     | 0.30~0.50 |
| 拔节-抽雄期 | 不缺水  | <0.20     | 1.15~1.20 |
| 拔节-抽雄期 | 轻度缺水 | 0.20~0.35 | 1.15~1.20 |
| 拔节-抽雄期 | 中度缺水 | 0.35~0.55 | 1.15~1.20 |
| 拔节-抽雄期 | 重度缺水 | 0.55~0.75 | 1.15~1.20 |
| 拔节-抽雄期 | 极端缺水 | >0.75     | 1.15~1.20 |
| 灌浆-成熟期 | 不缺水  | <0.25     | 0.70~0.80 |
| 灌浆-成熟期 | 轻度缺水 | 0.25~0.45 | 0.70~0.80 |
| 灌浆-成熟期 | 中度缺水 | 0.45~0.65 | 0.70~0.80 |
| 灌浆-成熟期 | 重度缺水 | 0.65~0.80 | 0.70~0.80 |
| 灌浆-成熟期 | 极端缺水 | >0.80     | 0.70~0.80 |

表3 棉花不同生育期缺水等级对应的 TVDI 阈值

| 生育期 | 缺水等级 | TVDI 阈值   | Kc 参考值    |
|-----|------|-----------|-----------|
| 苗期  | 不缺水  | <0.25     | 0.35~0.50 |
| 苗期  | 轻度缺水 | 0.25~0.45 | 0.35~0.50 |
| 苗期  | 中度缺水 | 0.45~0.60 | 0.35~0.50 |
| 苗期  | 重度缺水 | 0.60~0.80 | 0.35~0.50 |
| 苗期  | 极端缺水 | >0.80     | 0.35~0.50 |
| 蕾铃期 | 不缺水  | <0.20     | 1.10~1.20 |
| 蕾铃期 | 轻度缺水 | 0.20~0.35 | 1.10~1.20 |
| 蕾铃期 | 中度缺水 | 0.35~0.55 | 1.10~1.20 |
| 蕾铃期 | 重度缺水 | 0.55~0.75 | 1.10~1.20 |
| 蕾铃期 | 极端缺水 | >0.75     | 1.10~1.20 |
| 吐絮期 | 不缺水  | <0.25     | 0.60~0.70 |
| 吐絮期 | 轻度缺水 | 0.25~0.45 | 0.60~0.70 |
| 吐絮期 | 中度缺水 | 0.45~0.65 | 0.60~0.70 |
| 吐絮期 | 重度缺水 | 0.65~0.80 | 0.60~0.70 |
| 吐絮期 | 极端缺水 | >0.80     | 0.60~0.70 |

注：表1~表3中各生育期 TVDI 阈值系参考 FAO-56 作物系数、TVDI 与土壤水分实测验证结果以及作物水分敏感性研究综合确定。Kc 用于表征作物不同生育阶段的相对需水水平，不参与 TVDI 计算过程。本标准在确定缺水等级阈值时，将 Kc 作为作物水分需求差异的修正依据。当 Kc 较高时，作物对水分亏缺更敏感，相同 TVDI 条件下缺水风险更高，因此适当降低对应等级的 TVDI 阈值；当 Kc 较低时，可适当提高对应等级的 TVDI 阈值。由此实现基于作物生理需水特征的分生育期缺水等级判定。各地实际应用时可根据田间验证数据在±0.05 范围内调整。

注：

- 1) 不同区域、作物类型可根据本地化验证结果，在上述范围±0.05 内调整 TVDI 阈值，确保等级划分符合实际生产场景；
- 2) 等级判定需结合地面观测数据协同验证：当 TVDI 与地面土壤墒情或作物实际生长状况冲突时，以

地面实测数据和田间长势调查结果为准。

## 8 成果编制

### 8.1 专题图制作

作物缺水等级专题图的要素应包括图名、图例、比例尺、作物缺水等级、行政区划地理信息等。其中，基本地图要素的制作方式，按照 GB/T 20257—2017 的规定执行；作物缺水等级需直观呈现不同缺水等级的空间分布；制图模板、配色原则、符号配置和地图整饰，按照 NY/T 4150 的规定执行。

### 8.2 报告编写

作物缺水遥感诊断报告应包括采用的卫星及传感器信息、监测时间范围及作物生育期、作物缺水等级及面积比例等遥感诊断结果信息，统计表格包括根据遥感诊断结果获取的各作物各等级面积和比例等信息。

附录 A  
(资料性)  
NDVI-LST 散点图

图 A.1 表示基于 NDVI 和 LST 构建的 TVDI 特征空间。横轴为归一化植被指数 (NDVI)，纵轴为地表温度 (LST)。在同一 NDVI 条件下，地表温度较高的像元趋近于干边，表示土壤水分亏缺或作物缺水程度较高；地表温度较低的像元趋近于湿边，表示土壤水分相对充足或作物缺水程度较低。

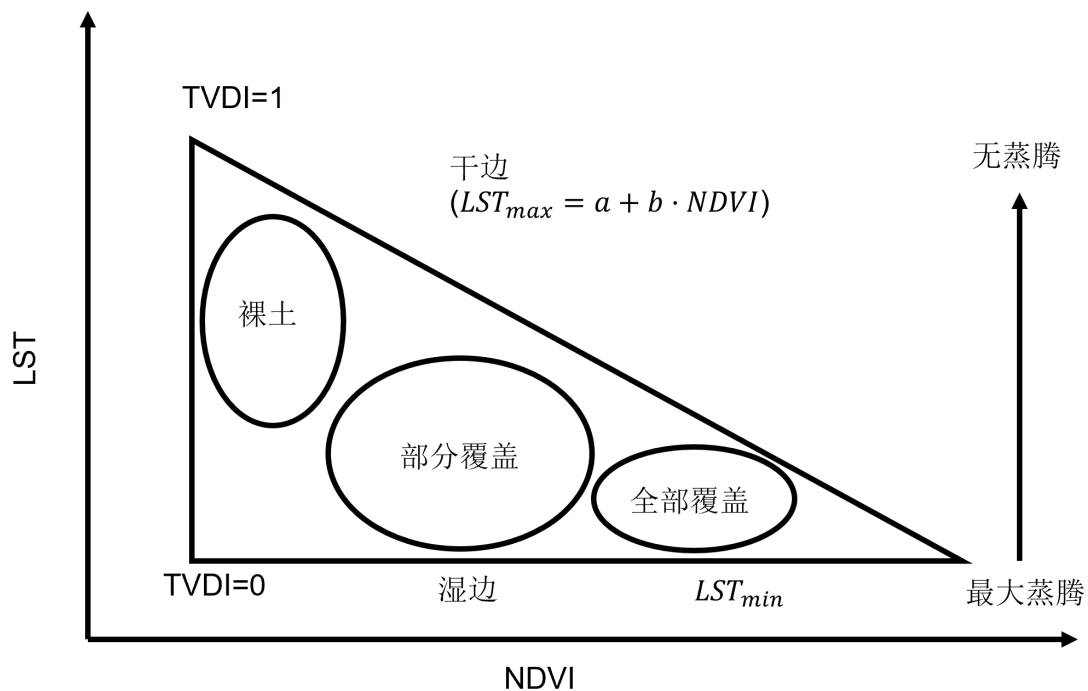


图 A.1 NDVI-LST 特征空间与 TVDI 干湿边界示意图

## 参 考 文 献

- [1] Allen R G, Pereira L S, Raes D, et al. Crop evapotranspiration: Guidelines for computing crop water requirements[M]. FAO Irrigation and Drainage Paper No. 56. Rome: FAO, 1998.
- [2] Doorenbos J, Kassam A H. Yield response to water[M]. FAO Irrigation and Drainage Paper No. 33. Rome: FAO, 1979.
- [3] Gao Z Q, Gao W, Chang N B. Integrating temperature vegetation dryness index (TVDI) and regional water stress index (RWSI) for drought assessment with the aid of LANDSAT TM/ETM+ images[J]. International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation, 2011, 13(3): 495-503.
- [4] Holzman M E, Rivas R, Piccolo M C. Estimating soil moisture and the relationship with crop yield using surface temperature and vegetation index[J]. International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation, 2014, 28: 181-192.
- [5] Moran, M. S., Clarke, T. R., Inoue, Y., & Vidal, A. Estimating crop water deficit using the relation between surface-air temperature and spectral vegetation index[J]. Remote Sensing of Environment, 1994, 49(3), 246-263.
- [6] Patel N R, Anapashsha R, Kumar S, et al. Assessing potential of MODIS derived temperature/vegetation condition index (TVDI) to infer soil moisture status[J]. International Journal of Remote Sensing, 2009, 30(1): 23-39.
- [7] Rahimzadeh-Bajgiran P, Omasa K, Shimizu Y. Comparative evaluation of the Vegetation Dryness Index (VDI), the Temperature Vegetation Dryness Index (TVDI) and the improved TVDI (iTVDI) for water stress detection in semi-arid regions of Iran[J]. ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing, 2012, 68: 1-12.
- [8] Sandholt, I., Rasmussen, K., & Andersen, J. A simple interpretation of the surface temperature/vegetation index space for assessment of surface moisture status[J]. Remote Sensing of Environment, 2002, 79(2-3), 213-224.
- [9] Son N T, Chen C F, Chen C R, et al. Monitoring agricultural drought in the Lower Mekong Basin using MODIS NDVI and land surface temperature data[J]. International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation, 2012, 18: 417-427.
- [10] Wang P, Li X, Gong J, et al. Vegetation temperature condition index and its application for drought monitoring[C]//IGARSS 2001. Scanning the Present and Resolving the Future. Proceedings. IEEE 2001 International Geoscience and Remote Sensing Symposium (Cat. No. 01CH37217). IEEE, 2001, 1: 141-143.