

# 基于MODIS数据温度植被干旱指数 干旱监测指标的等级划分

吴黎

(黑龙江省农业科学院 遥感技术中心, 哈尔滨 150086)

**摘要:**采用2000—2014年每年6—9月的黑龙江省MODIS数据,计算温度植被干旱指数(TVDI)。以过去15 a的全省40个旱作农业站点以旬为单位的土壤相对湿度为研究对象,与MODIS数据得到的TVDI相对应,根据土壤相对湿度的农业干旱等级划分标准,制定TVDI的干旱监测等级。结果显示:TVDI被分为5个等级,TVDI<0.46为无旱,TVDI在0.46~0.57为轻旱,TVDI在0.57~0.76为中旱,TVDI在0.76~0.86为重旱,TVDI>0.86为特旱。利用2011年实地测取土壤相对湿度数据对该等级进行验证,结果表明,验证结果准确度达到83%。证实了该等级划分结果的准确性。

**关键词:**温度植被干旱指数; MODIS; 干旱; 等级划分; 黑龙江省

中图分类号:S423

文献标识码:A

文章编号:1005-3409(2017)03-0130-06

## Classification of Drought Grades Based on Temperature Vegetation Drought Index Using the MODIS Data

WU Li

(Remote Sensing Technique Center, Heilongjiang Academy of Agricultural Sciences, Harbin 150086, China)

**Abstract:** MODIS data from June to September were used to calculate temperature vegetation drought index (TVDI). We selected TVDI data of 40 dry farming sites as the research objects which is in ten days as a unit of TVDI over the past 15 years. According to the agricultural drought grade division standard of soil relative humidity, TVDI drought monitoring level was set. The results show that the TVDI can be divided into 5 levels. TVDI<0.46 for no drought, TVDI between 0.46 to 0.57 for the light drought, TVDI between 0.57~0.76 for the middle drought, 0.76~0.86 in the TVDI for the heavy drought, TVDI>0.86 for the special drought. Meanwhile, the agricultural drought grade division standard was verified by the soil relative humidity data of field survey in 2011. Results showed that the accuracy of the verified results reached to 83%, which demonstrates that the classification of TVDI is suitable and practical.

**Keywords:** temperature vegetation drought index; MODIS; drought; classification of grades; Heilongjiang Province

黑龙江省是典型的旱作农业区,旱灾一直是农业生产的主要自然灾害之一,全省正常干旱年份内易旱面积占总播种面积的40%左右,年平均降水量约530 mm,但由于年内降水分配不均,这也是造成干旱的主要原因。另外,省内土壤大部分土质粘重,透水不良,有的土壤类型容水量低、风蚀严重,这些均为干旱发生提供条件。再加上省内地下水埋藏较深,补给量不稳定,浅层地下水含量少,也易于发生干旱。土壤

水分是监测土壤旱情的重要指标,研究者大都从土壤水分入手来监测土壤干旱情况。在研究方法上,国内一般利用归一化植被指数(NDVI)、植被条件指数(VCI)、温度条件指数(TCI)、作物水分胁迫指数(CWSI)、温度植被干旱指数(TVDI)等指数中的一种指数作为旱情监测的指标。毛学森等<sup>[1]</sup>发现冬小麦在受到水分胁迫时NDVI对土壤水分的反应具有一定的滞后性,所以将地表温度和植被指数联合起来

监测土壤水分效果更好。

众多研究表明 TVDI 与土壤水分有较高的相关性,如韩丽娟等<sup>[2]</sup>详细解释了 NDVI- $T_s$  构成的空间,并用蒸散和温度植被干旱指数解释了 NDVI- $T_s$  特征空间的内涵;刘良云等<sup>[3]</sup>利用两者关系对地物进行分类,提取了植被覆盖和土壤水分的信息;姚春生等<sup>[4]</sup>利用 MODIS 数据得到的 TVDI 反演了新疆地区 2 个月的土壤水分;王鹏新等<sup>[5]</sup>在 NDVI- $T_s$  构成的三角形空间和 TVDI 的基础上,提出了条件植被温度指数(VTCD)模型监测土壤水分和干旱。齐述华等<sup>[6]</sup>利用不同时相的 NDVI-TS 特征空间对全国进行了旱情监测,结果表明,TVDI 与土壤湿度显著相关,用来大范围评价旱情是合理的。监测中提到以 TVDI 作为旱情分级指标,将旱情划分 5 级,按 TVDI 值(0~1 间)平均分配。莫伟华等<sup>[7]</sup>采用 VSWI 法作为农地的干旱指标,并根据典型代表区的平均 VSWI 值划分旱情等级,评估了研究区的干旱情况。范辽生等<sup>[8]</sup>推导出利用 TVDI 和干、湿边土壤水分计算土壤含水量的方程,利用方程反演了杭州市伏旱期间土壤表层的相对湿度,结果表明反演值和实测值之间的平均绝对误差较小。该研究虽支持了 TVDI 法反演土壤相对水分,但并没有划分相应的土壤干旱等级,即 TVDI 土壤干旱等级划分标准没有量化,想要快速、准确地分析土壤干旱及早灾情况仍需大量的研究工作。研究 TVDI 与土壤水分相关性文献很多,且大都是找到 TVDI 与土壤水分的关系模型,然后按照土壤水分值的干旱等级划分将 TVDI 再进行分等定级,或者直接将 TVDI 值平均划分作为干旱等级划分的标准。在 TVDI 与土壤水分关系模型构建中会存在系统和人为误差。

本研究以黑龙江省 15 年 40 个市县气象观测站点观测的旱作农业样点为研究对象,利用 MODIS 数据和土壤相对湿度观测资料,采取“天基”与“地基”相结合的方式,以《气象干旱等级》<sup>[9]</sup>(GB/T20481—2006)为依托,提出温度植被干旱指数(TVDI)遥感干旱监测指标的干旱等级,旨在深化研究这种近实时定量化的干旱监测方法,补充以 TVDI 值平均分配的方法作为农地旱情指标的不足,进一步加强该方法监测土壤旱情的精度。

## 1 材料与方法

### 1.1 气象数据

40 个气象站点分布情况见图 1。采用 2000—2014 年每年 6—9 月以旬为时间单位的气象站点观测数据集,数据集中包括土壤 10,20,50,70,100 cm 深度的土壤相对湿度数据。

### 1.2 遥感数据

本研究利用 MODIS 标准产品中的 16 d 合成的植被指数 MOD13 A2,8 d 合成的地表温度 MOD11 A2 数据。数据时间与气象数据一一对应,计算同时期同地点的土壤相对湿度相对应的 TVDI 值。计算 TVDI 时,需将 NDVI 及  $T_s$  数据统一到同一获取时间段内,因此将临近的两个 8 d 合成的 MOD11 A2 数据以最大值法合成 16 d 的 MOD11 A2 数据。

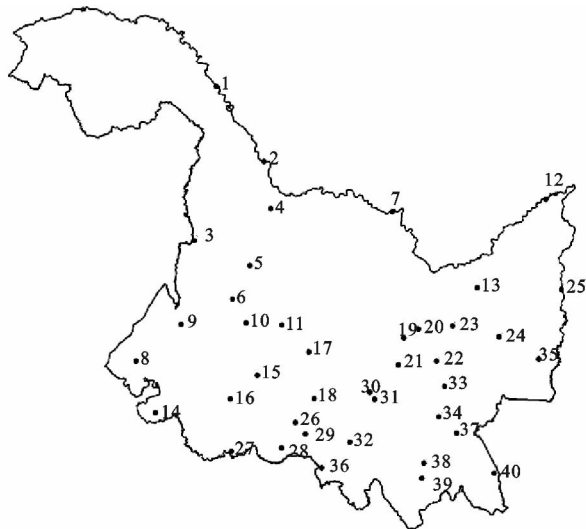


图 1 气象站监测点分布

遥感数据获取后,利用 Modis Tool 工具进行图幅投影变换,在 ID/ENVI 环境中,分别对产品数据进行图幅拼接、研究区裁剪及数据合成,其次以 0.01 的 NDVI 阈值为步长构建 NDVI- $T_s$  特征空间模型并同时计算 TVDI。最后利用 MCD12 Q1 土地覆盖类型产品提取农用地,利用 ENVI 的掩膜技术,将黑龙江省内非农用地区域进行过滤处理。

### 1.3 研究方法

1.3.1 TVDI 模型法 国内外学者研究了各种空间尺度和时间分辨率的植被指数和地表温度的关系,发现 NDVI 和  $T_s$  之间存在明显的负相关关系。主要原因是植被受到水分胁迫时下垫面温度会急剧升高。Price 等<sup>[10]</sup>分析了不同卫星传感器得到的 NDVI 和  $T_s$  数据,认为 NDVI 和  $T_s$  构成的散点图呈三角形;Nemani 等<sup>[11]</sup>从理论上分析认为地表温度和植被指数之间应为梯形关系;Moran 等<sup>[12]</sup>加入空气温度数据,通过建立植被覆盖度和植被指数之间的线性关系,定义了植被指数温度梯形图。

Sandholt 等<sup>[13]</sup>在植被指数—地表温度特征空间时发现了多条直线,据此提出了温度植被干旱指数 TVDI 监测地表湿度状况,计算公式为:

$$TVDI = \frac{T_s - T_{smin}}{T_{smax} - T_{smin}} \quad (1)$$

式中:  $T_s$  为地表温度;  $T_{\min}$  为相同 NDVI 条件下的最小地表温度, 对应 NDVI— $T_s$  特征空间的湿边;  $T_{\max}$  为相同 NDVI 条件下的最大地表温度, 对应 NDVI— $T_s$  特征空间的干边。在干边上 TVDI=1, 在湿边上 TVDI=0。对于每个像元, 利用 NDVI 确定  $T_{\max}$ , 根据  $T$  在  $T_s$ /NDVI 梯形中的位置, 计算 TVDI。当 TVDI 越大时, 土壤湿度就越小; TVDI 越小时, 土壤湿度越大。在估计参数时, 要求研究区域的范围足够大, 地表覆盖从裸土变化到比较稠密的植被覆盖, 土壤表层含水量从干枯含水量变化到田间持水量。

Moran 等<sup>[14]</sup>在 NDVI— $T_s$  特征空间呈梯形的基础上, 计算梯形模型 4 个顶点坐标的研究结果表明,

梯形特征空间中最低温度随植被覆盖度大小而不同。因此可将特征空间简化处理为三角形模型, 并同时对于  $T_{\max}$  和  $T_{\min}$  进行线性拟合。方程式为:

$$T_{\max}=a_1+b_1\times\text{NDVI}$$

(2)

$$T_{\min}=a_2+b_2\times\text{NDVI}$$

(3)

代入公式(1)

$$\text{TVDI}=\frac{T_s-(a_2+b_2\times\text{NDVI})}{(a_1+b_1\times\text{NDVI})-(a_2+b_2\times\text{NDVI})}$$

(4)

式中:  $a_1, a_2, b_1, b_2$  为拟合方程系数。

1.3.2 气象干旱等级 《气象干旱等级》中规定土壤相对湿度即土壤实际含水量占土壤田间持水量的比值, 以百分率(%)表示。其等级划分见表 1。

表 1 土壤相对湿度干旱等级划分

等级	类型	10—20 cm 深度 土壤相对湿度	干旱影响程度
1	无旱	$60\%<R$	地表湿润或正常, 无旱象
2	轻旱	$50\%<R\leq 60\%$	地表蒸发量较小, 近地表空气干燥
3	中旱	$40\%<R\leq 50\%$	土壤表面干燥, 地表植物叶片有萎蔫现象
4	重旱	$30\%<R\leq 40\%$	土壤出现较厚的干土层, 地表植物萎蔫、叶片干枯, 果实脱落
5	特旱	$R\leq 30\%$	基本土壤蒸发, 地表植物干枯、死亡

1.3.3 等级划分理论

(1) 区间估计。在参数的点估计中, 设总体  $X$  的分布中含有未知参数  $\theta$ ,  $\bar{\theta}(X_1, X_2, \dots, X_n)$  和  $\bar{\theta}(X_1, X_2, \dots, X_n)$  是由样本  $X_1, X_2, \dots, X_n$  确定的两个统计量。对给定的数  $\alpha(0<\alpha<1)$ , 如果对参数  $\theta$  的任何值, 都有

$$p\{\bar{\theta}<\theta<\bar{\theta}\}=1-\alpha$$

(5)

则称随机区间  $(\bar{\theta}, \bar{\theta})$  为参数  $\theta$  的置信度为  $1-\alpha$  的置信区间,  $\bar{\theta}, \bar{\theta}$  分别称为  $\theta$  的双侧置信区间的置信下限和置信上限。

$\theta$  的区间估计, 就是在给定  $\alpha$  的前提下, 去寻找两个统计量  $\bar{\theta}$  和  $\bar{\theta}$ , 使其满足公式(5), 从而知道  $\theta$  落在区间  $(\bar{\theta}, \bar{\theta})$  中的概率为  $1-\alpha$ , 也称  $(\bar{\theta}, \bar{\theta})$  为  $\theta$  的区间估计。公式(5)指在每次抽样下, 对样本值  $(x_1, x_2, \dots, x_n)$  就得到一个区间  $(\bar{\theta}(x_1, x_2, \dots, x_n), \bar{\theta}(x_1, x_2, \dots, x_n))$ , 重复多次抽样就得到许多个不同的区间, 在所有这些区间中, 大约有  $1-\alpha$  的区间包含位置参数  $\theta$ , 而不包含  $\theta$  的区间约占有  $\alpha$ 。若  $\alpha$  给的越小, 公式(5)的概率就越大, 因此置信度  $1-\alpha$  表达了区间估计的可靠性, 它是区间估计的可靠概率,  $\alpha$  表达了区间估计的不可靠概率<sup>[15]</sup>。

(2) DX 未知时 EX 的置信区间。设  $X$  服从正态分布  $N(\mu, \sigma^2)$ , 其中方差  $\sigma^2$  未知, 则总体均值  $\mu$  的置信度为  $1-\alpha$  的置信区间为:

$$\bar{x}-\frac{s}{\sqrt{n}}t_{\frac{\alpha}{2}}(n-1)<\mu<\bar{x}+\frac{s}{\sqrt{n}}t_{\frac{\alpha}{2}}(n-1)$$

(6)

式中:  $\mu$  为总体均值;  $S$  为样本标准差;  $t_{\frac{\alpha}{2}}(n-1)$  是自由度  $n-1$  的  $t$  分布关于  $\frac{\alpha}{2}$  的上侧分位数<sup>[16]</sup>。

(3) 单侧置信区间。参数的区间估计中, 每个置信区间都有上限和下限, 即置信区间采用了  $(\bar{\theta}, \bar{\theta})$  的形式, 但在许多实际问题中, 如估计设备的使用寿命, 显然评价说明越长越好, 对于这种情况, 可将置信上限取为  $+\infty$ , 而对只关心其置信度下限  $\bar{\theta}$ , 即置信区间可采用  $(\bar{\theta}, +\infty)$  的形式; 如对于大批产品的废品率的估计, 废品率越低越好, 此时置信区间可采用  $(-\infty, \bar{\theta})$  的形式。

在本研究中我们取置信区间的上限作为 TVDI 干旱等级的划分界限, 那么当正态总体  $\sigma^2$  未知时, 其均值  $\mu$  的单产置信上限为:

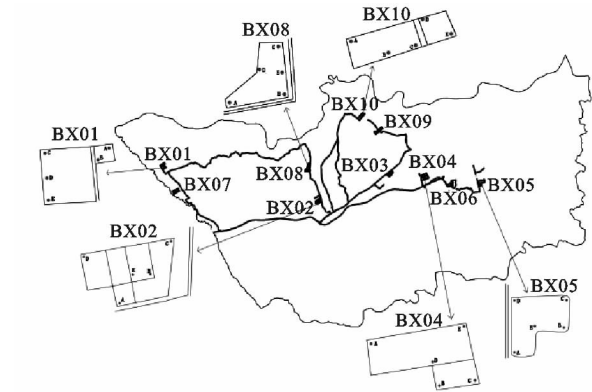
$$(-\infty, \bar{x}+\frac{s}{\sqrt{n}}t_{\frac{\alpha}{2}}(n-1))$$

(7)

1.3.4 TVDI 干旱监测指标的分级方法 将由 MODIS 数据获取的每年 6 月上旬到 9 月下旬全省 40 个旱作农业站点对应的 TVDI 值与实际土壤相对湿度数据相对应, 按照土壤相对湿度的干旱等级划分标准将 TVDI 值一一落在相应的分级区域内, 即某一像素按照某已知土壤相对湿度划分为中旱时, 则将该像素的 TVDI 值划分到中旱这一等级。最后对每一等级的 TVDI 值进行统计分析, 包括样本容量、样本、样本均值、样本标准差、抽样平均误差、置信度、自由度、允许误差等。在统计分析中取  $\alpha$  为 0.05, 则计算

参数的置信度为 0.95 的置信区间。

1.3.5 地面数据采集方法 2011 年作者参加国防科工局重大专项科研项目子项目的工作,工作中从 6 月份到 9 月份监测肇东市和宾县土壤水分。选取 1 000 m×1 000 m 的样方区域,每个区域选取 5 个点测 10 cm,20 cm,30 cm,40 cm,50 cm 土层深度的土壤水分(即 A,B,C,D,E 点)。本年 4 月中旬分别在两个地区的每个样方区内取土样回实验室测取每个样区土壤的田间持水量,将该数据与每次测得的土壤水分数据相运算,得到每个样方的土壤相对湿度数据。



注:遥感影像反演土壤水分分辨率为 1 000 m,因此地面样方采取 1 000 m×1 000 m 范围大小,为提高地面测量精度,在每个样区内均匀选取 5 个点测量土壤水,并用均值代表该样区的土壤水分值。下图同。

图 2 宾县实地测量土壤水分监测点

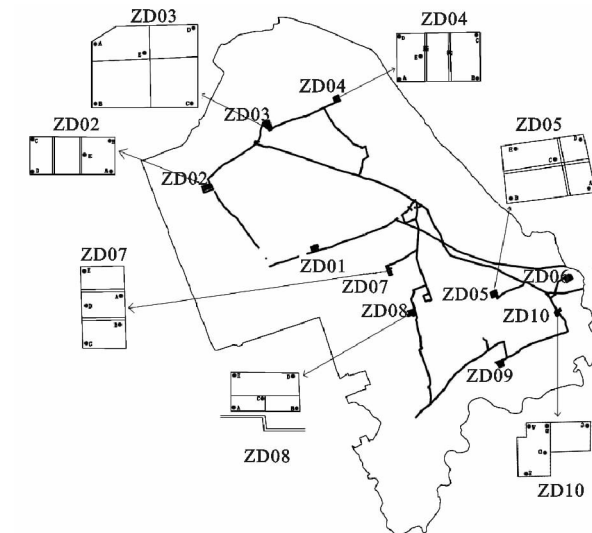


图 3 肇东市实地测量土壤水分监测点

2 结果与分析

2.1 TVDI 干旱等级划分

TVDI 值在 0~1,其值与土壤相对湿度呈负相关性,当 TVDI 值越小时,表示土壤相对湿度越大,相反当 TVDI 值越大时,表示土壤相对湿度越小。根据土壤相对湿度指数的干旱等级划分标准,先确定 TVDI 无旱和干旱的划分标准,应用单侧置信区间的原理,

计算得到无旱这一级别置信区间上限,即从 0 到该置信区间上限均为无旱标准。

在轻旱和中旱划分中,同样利用单侧置信区间理论,计算轻旱这一级别的置信区间上限,该上限值即为中旱的下限值,同样的方法找到中旱和重旱及重旱和特旱的分界值。TVDI 被分为无旱、轻旱、中旱、重旱、特旱 5 个等级,TVDI 量化指标的综合分析结果见表 2。

表 2 TVDI 量化指标的综合分析

干旱等级	TVDI				
	样本均值	样本标准差	置信度	允许误差	置信度上限
无旱	0.45	0.16	95%	0.01	0.46
轻旱	0.563	0.02	95%	0.004	0.57
中旱	0.73	0.12	95%	0.026	0.76
重旱	0.83	0.057	95%	0.026	0.86
特旱	—	—	95%	—	1

在特旱的等级划分中,由于土壤相对湿度数据符合特旱等级的非常少,因此不单独对该等级进行 TVDI 的等级划分,用划分重旱的上限作为特旱的下限,TVDI 值的最大值 1 作为特旱的置信度上限。TVDI 干旱等级划分标准见表 3。

表 3 温度植被干旱指数干旱等级划分标准

等级	干旱等级	TVDI 值范围
1	无旱	$0 < TVDI < 0.46$
2	轻旱	$0.46 \leq TVDI < 0.57$
3	中旱	$0.57 \leq TVDI < 0.76$
4	重旱	$0.76 \leq TVDI < 0.86$
5	特旱	$0.86 \leq TVDI < 1$

2.2 TVDI 干旱等级划分的验证

2.2.1 实地数据验证结果 将实地监测数据判断的土壤干旱情况与 TVDI 值判断的土壤干旱情况进行对比,确定 TVDI 干旱等级划分的精度,随机抽取 30 个数据做对比(表 4),结果表明 TVDI 干旱等级划分标准的准确率达到 83%,证明了 TVDI 可有效监测干旱情况,其等级划分标准准确度高。

2.2.2 验证结果与分析

(1) 在分析中发现 TVDI 干旱等级划分的临界点值附近 TVDI 划分标准与实际标准存在偏差。如土壤相对湿度数据为 30.96%,严格按照农业干旱等级分类属于重旱,而 TVDI 的重旱与中旱的临界值为 0.76,此时该点对应的 TVDI 值为 0.75 属于中旱等级,虽然 TVDI 值相差很小,但却归属于不同的干旱级别,因此虽然 TVDI 干旱等级划分标准整体精度较高,但在分界临界值的位置上还是存在小出入,待后期通过收集更多临界值附近的干旱数据完善解决这一问题。

表 4 实测土壤相对湿度数据与 TVDI 干旱等级划分对比结果

序号	监测时间 (年-月-日)	监测 区域	土壤相对 湿度/%	农业干旱 等级	TVDI 反演值	TVDI 干旱等级	是否 匹配
1	2011-06-08	BX01	47.84	中旱	0.6	中旱	是
2	2011-06-08	BX02	43.97	中旱	0.72	中旱	是
3	2011-06-08	BX05	39.57	重旱	0.8	重旱	是
4	2011-06-27	BX01	25.29	特旱	0.95	特旱	是
5	2011-06-27	BX02	31.99	重旱	0.84	重旱	是
6	2011-06-27	BX04	39.79	重旱	0.77	重旱	是
7	2011-06-27	BX05	37.32	重旱	0.85	重旱	是
8	2011-08-11	ZD08	59.27	轻旱	0.53	轻旱	是
9	2011-08-28	ZD03	31.3	重旱	0.8	重旱	是
10	2011-08-28	ZD02	43.79	中旱	0.74	中旱	是
11	2011-08-11	ZD01	55.39	轻旱	0.54	轻旱	是
12	2011-06-27	ZD08	87.81	正常	0.23	正常	是
13	2011-06-27	ZD07	24.32	特旱	0.93	特旱	是
14	2011-06-27	ZD06	45.68	中旱	0.74	中旱	是
15	2011-06-08	ZD02	38.74	重旱	0.79	重旱	是
16	2011-06-08	ZD03	34.14	重旱	0.77	重旱	是
17	2011-06-08	ZD04	43.25	中旱	0.65	中旱	是
18	2011-06-08	ZD06	31.5	重旱	0.88	特旱	否
19	2011-06-08	ZD08	62.21	正常	0.42	正常	是
20	2011-09-14	BX10	29.15	特旱	0.87	特旱	是
21	2011-09-14	BX05	33.28	重旱	0.76	重旱	是
22	2011-08-28	BX04	44.85	中旱	0.73	中旱	是
23	2011-08-28	BX05	46.6	中旱	0.63	中旱	是
24	2011-08-28	BX06	47.51	中旱	0.64	中旱	是
25	2011-09-14	ZD05	41.52	中旱	0.63	中旱	是
26	2011-06-27	ZD08	28.8	特旱	0.96	特旱	是
27	2011-06-27	ZD03	73.17	正常	0.96	特旱	否
28	2011-08-11	ZD07	53.53	轻旱	0.59	中旱	否
29	2011-08-28	ZD05	30.96	重旱	0.75	中旱	否
30	2011-06-27	BX09	32.88	重旱	0.85	重旱	是

(2) 遥感数据受云影响使得 TVDI 分级结果与实际结果出入较大。从表 4 中可看出,有的土壤相对湿度较大,而 TVDI 值也较大,干旱情况完全相反,这是由于遥感数据有云的干扰,由于降雨土壤相对湿度较大,受云干扰此时遥感图像反演的并不是真实的陆面情况,云层较厚时,NDVI 值较小, $T_s$  值较大, $T_s/NDVI$  建模反演 TVDI 值偏大。云是遥感数据处理的难题,薄云可做大气校正简单处理,厚云只能将云覆盖的区域掩膜掉,不做 TVDI 分析使用。

2.2.3 监测结果 根据表 3 干旱等级的划分标准,对多年以来以旬为单位的干旱监测结果进行分级,分

别以不同灰度显示不同的等级。2011 年监测结果见附图 4,据气象部门统计,6 月份开始,我省在齐齐哈尔部分县市如肇州、呼兰、铁力等 8 个县市土壤相对湿度在 60% 以下,土壤出现旱情,且随着降雨的推迟,偏旱的县市也不断增加,6 月份省内气象部门土壤水分监测公报显示西部出现旱区,需密切注意土壤墒情变化,做好抗旱准备工作。6 月末 7 月初,我省部分地区出现不同程度的降雨,佳木斯部分地区及黑河市、鹤岗市、双鸭山市的降雨量 10~29 mm,截至 7 月 13 日,黑河大部、绥化东北部、三江平原部分市县及呼玛、克山、讷河、富裕、龙江、东宁等共 31 个县市

土壤墒情正常。8月11日气象监测站显示土壤略有旱象,主要分布在松嫩平原东部、三江平原的中部和东部;黑河南部、齐齐哈尔部分地区、鹤岗西部及林甸、庆安、肇州、东宁、桦川共有14个县市的土壤出现旱象,其他地区墒情正常。截至8月末,表层土壤分析我省大部分土壤墒情比较好,旱象范围不大,程度均较轻,对作物生长发育和产量形成影响不大,各地长势良好。TVDI等级划分结果与实际气象部门监测结果相同,因此证明TVDI监测大面积土壤干旱方法可行,其TVDI的干旱等级划分标准也具有可行性。

### 3 结论

根据土壤相对湿度干旱等级划分标准将TVDI分级,对一级别内的TVDI值进行统计分析,计算分析每一划分等级中TVDI的置信区间。分析结果将TVDI分为5个级别: $0 < \text{TVDI} < 0.46$ 为无旱, $0.46 \leq \text{TVDI} < 0.57$ 为轻旱, $0.57 \leq \text{TVDI} < 0.76$ 为中旱, $0.76 \leq \text{TVDI} < 0.86$ 为重旱, $0.86 \leq \text{TVDI} < 1$ 为特旱。

根据TVDI的等级划分标准,2011年在肇东市、宾县两个样县内设立监测区,分别在6月8日、6月27日、8月11日、8月28日、9月14日5个时间段内实地测取土壤相对湿度数据确定干旱分级情况,与相应的TVDI值确定的干旱分级情况相比对,结果表明相一致,证实了TVDI分级的准确性,其准确度达到83%。

利用TVDI的干旱等级划分标准,对黑龙江省2011年6—9月的农业干旱发生情况进行了监测并与气象部门监测进行验证。从区域分布上,松嫩平原比三江平原地区旱情发生严重,松嫩平原西部较东部严重;从时间分布上,6月份最为严重,7—8月份有所缓解,8月末9月初出现较轻旱情。

因此利用TVDI指导生产具备一定的可行性。未来可进一步将该方法与监测作物长势相结合,共同监测作物生长状况及估产研究。

#### 参考文献:

- [1] 毛学森,张永强,沈彦俊.水分胁迫对冬小麦植被指数NDVI影响及其动态变化特征[J].干旱地区农业研究,2002,20(1):69-71.
- [2] 韩丽娟,王鹏新,王锦地,等.植被指数—地表温度构成

的特征空间研究[J].中国科学D辑:地球科学,2005,35(4):371-377.

- [3] 刘良云,张兵,郑兰芬.利用温度和植被指数进行地物分类和土壤水分反演[J].红外与毫米波学报,2002,21(4):269-273.
- [4] 姚春生,张增祥,汪潇.使用温度植被干旱指数法(TVDI)反演新疆土壤湿度[J].遥感技术与应用,2004,19(6):473-478.
- [5] 王鹏新,龚健雅,李小文.条件植被温度指数及其在干旱监测中的应用[J].武汉大学学报信息科学版,2001,26(5):412-418.
- [6] 齐述华,王长耀,牛铮.利用温度植被旱情指数(TVDI)进行全国旱情监测研究[J].遥感学报,2003,7(5):420-427.
- [7] 莫伟华,王阵会,孙涵,等.基于植被供水指数的农田干旱遥感监测研究[J].南京气象学院学报,2006,29(3):396-401.
- [8] 范辽生,姜纪红,盛晖,等.利用温度植被干旱指数(TVDI)方法反演杭州伏旱期土壤水分[J].中国农业气象,2009,30(2):230-234.
- [9] 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局. GB/T20481-2006 中华人民共和国国家标准:气象干旱,等级[S].北京:中国标准出版社,2006.
- [10] Price J C. Using spatial context in satellite data to infer regional scale evapotranspiration[J]. Transactions on Geoscience and Remote Sensing, 1990,28:940-948.
- [11] Nemani R R, Pierce L, Running S W. Developing satellite-derived estimates of surface moisture status[J]. Journal of Applied Meteorology, 1993,32(3):548-557.
- [12] Moron M S, Clarke T R, Inoue Y, et al. Estimating crop water deficit using the relation between surface air temperature and spectral vegetation index[J]. Remote Sensing of Environment, 1994,49:246-263.
- [13] 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, 2002,79:213-224.
- [14] Moran M S, Clarke T R, Inoue Y, et al. Estimating crop water deficit using the relation between surface air temperature and spectral vegetation index[J]. Remote Sensing of Environment, 1994,49:246-263.
- [15] 赵选民,徐伟,师义民,等.数理统计[M].北京:科学出版社,1997.
- [16] 范金城,梅长林.数据分析[M].北京:科学出版社,2002.