

陈 振,刘 涛,梁守真,等. 基于 Modis - TVDI 方法的山东小麦生长季旱情遥感监测[J]. 江苏农业科学,2018,46(19):323 - 328.  
doi:10.15889/j.issn.1002 - 1302.2018.19.082

# 基于 Modis - TVDI 方法的山东小麦 生长季旱情遥感监测

陈 振,刘 涛,梁守真,侯学会,王 猛,隋学艳

(山东省农业可持续发展研究所/农业部华东都市农业重点实验室,山东济南 250100)

**摘要:**遥感监测旱情比传统监测方法有巨大的优势,具有宏观、动态和经济的技术特点,对于指导农业生产有重要的意义。利用 Modis 数据,结合 Ts - NDVI 特征空间法,得到山东省 2012 年小麦主要生长季 3—6 月地表温度和 NDVI 空间变化特征,计算了植被缺水指标——温度植被干旱指数(TVDI),并对各个月份的旱情作了初步划分,得到旱情的空间分布。提供了一种识别旱情的方法,对于及时发现旱情,采取相关措施缓解旱情,指导农业生产工作开展具有一定的意义。

**关键词:**遥感监测;干旱;Modis 数据;Ts - NDVI 特征空间;温度植被干旱指数

**中图分类号:** S127;S512.101 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002 - 1302(2018)19 - 0323 - 05

山东省是一个粮食生产大省,据国家统计局数据显示,山东省近年来粮食总产量稳居全国第三,在保障粮食安全方面占举足轻重的地位<sup>[1]</sup>。但近年来,山东省干旱频发,对农业生产造成了极大的困扰。在旱情发生时,如何及时有效地发现旱情,并采取相应缓解旱情的措施,一直是指导农业生产的重要工作。干旱是一种因水分供求不平衡而导致的区域性水分短缺的现象<sup>[2]</sup>,它的发生和作用机制比较复杂,波及范围较广,持续时间长,针对区域尺度的干旱监测一直是一个热点难点问题。传统的干旱监测一般通过设置气象站点,观察记录站点所在地区的温度、降水和土壤水分含量等旱情指标,虽然在技术层面比较成熟,但是受到许多客观因素的制约,仍然是以点带面的模式,难以实现连续空间上的旱情监测,监测结果难以反映地表植被对旱情的响应,在综合监测旱情方面存在很多不足<sup>[3]</sup>。遥感监测旱情方法的出现弥补了这些方面的不足,遥感技术具有宏观、动态和经济的特点,其高时空分辨率能够实现区域尺度连续空间范围内的旱情监测,已广泛应用于旱情监测领域<sup>[4]</sup>。

目前遥感监测干旱的方法很多,主要有热惯量法、植被指数、温度指数、综合植被和温度指数、微波遥感方法等,各种方法各有其优缺点及适用范围<sup>[5]</sup>。目前常用的是基于植被指数和温度的监测方法,即归一化植被指数 - 地表温度(NDVI - Ts)特征空间法,相关的研究较多。研究表明,土壤水分含量与地表温度和植被生长状态有密切的关联性。Nemani 等研究发现,地表温度(Ts)与植被指数(NDVI)有密切的负相关关系<sup>[6]</sup>。Price 和 Carlson 等研究发现,在植被覆

盖范围较大的区域,由遥感数据获取的 Ts 和 NDVI 为横纵坐标散点图分布呈现三角形<sup>[7-8]</sup>;Moran 等发现呈现梯形<sup>[9]</sup>。Goward 等构建了 NDVI - Ts 特征空间对土壤水分进行反演<sup>[10]</sup>。国内学者在遥感旱情监测方面也做了大量的研究工作,齐述华等较早开展 NDVI - Ts 特征空间的研究,发现了温度植被干旱指数(TVDI)与土壤湿度具有显著相关性,并建立了 TVDI 指数来反映旱情<sup>[11]</sup>。姚春生等基于 Modis 遥感数据,结合 TVDI 对 8—9 月新疆地区土壤湿度进行了反演,效果比较理想<sup>[12]</sup>。张顺谦等利用 NOAA/AVHRR 数据结合 TVDI 对四川省伏旱进行遥感监测,与气象监测结果基本一致<sup>[13]</sup>。季国华等利用 Landsat8 数据改进了 TVDI,提出了干边修订的改进型温度植被干旱指数(MDTVDI)反演土壤水分,相较于 TVDI 精度更高,区域干旱监测效果更好<sup>[14]</sup>。

## 1 研究区域和数据源

### 1.1 研究区域概况

山东省位于中国东部沿海、黄河下游,形成了以中部山地丘陵为骨架,平原盆地环列四周的地势分布特征。气候属于温带季风气候,降水比较集中,雨热同季,年平均气温 11 ~ 14 ℃,年平均降水量一般在 550 ~ 950 mm 之间,降水季节分布很不均衡,降水多集中在夏季,易形成涝灾,而冬、春和晚秋则易发生干旱,尤其是在小麦的主要生长季(3—6 月)发生干旱会严重影响小麦的产量,造成减产甚至绝产,对农业生产造成很大影响。

### 1.2 数据源

为了针对干旱发生的特点,满足对干旱快速、连续监测的需求,本研究选择适合进行大范围 and 长期动态干旱监测的 Modis 数据<sup>[15]</sup>。美国国家宇航局(NASA)提供了一系列的 Modis 标准产品,下载山东地区 2012 年 3—6 月的 MODIS11A2 和 MODIS13A3 数据。其中,MODIS11A2 为空间分辨率 1 km 的 8 d 合成的地表温度数据,MODIS13A3 是空间分辨率为 1 km 的 NDVI 月合成数据。为使数据时间分辨率

收稿日期:2017 - 05 - 02

基金项目:山东省农业重大应用技术创新课题“冬小麦干旱遥感监测及预警技术研究与应用”。

作者简介:陈 振(1988—),男,山东临朐人,硕士,主要研究方向为农业遥感及应用。E-mail:chenzhen0608@126.com。

通信作者:刘 涛,硕士,研究员,主要从事宏观农业、农业经济、农业科技政策研究。E-mail:saash@163.com。

统一,需要将同一月份内的 8 d 合成的地表温度数据取平均数,作为当月的地表温度。

## 2 研究方法

NDVI -  $T_s$  特征空间图(图 1)中,A 表示干燥的裸土;B 表示湿润裸土;C 表示有植被完全覆盖的土壤;AC 边就是植被指数对应的最高地表温度,即为土壤水分含量较低的“干边”;BC 为植被指数对应的最低地表温度,即为土壤水分含量较高的“湿边”。在 A、B、C 三点构成的三角形区域内,代表了各种地表类型的 NDVI -  $T_s$  特征空间关系。Sandholt 等研究认为,在 NDVI -  $T_s$  特征空间中存在一系列的土壤湿度等值线(图 2),这些等值线相交于干、湿边的交点,并且近似于直线,而且这些直线的斜率与土壤湿度呈一元线性关系<sup>[16]</sup>,据此提出了植被缺水指标——温度植被干旱指数 (temperature vegetation dryness index, TVDI) :

$$TVDI = \frac{T_s - T_{s_{\min}}}{T_{s_{\max}} - T_{s_{\min}}}; \quad (1)$$

$$T_{s_{\min}} = a + b \times NDVI, T_{s_{\max}} = c + d \times NDVI. \quad (2)$$

式中: $T_s$  为影像任意像元的地表温度(单位:K); $T_{s_{\min}}$  为 NDVI 对应的最小地表温度(单位:K),代表“湿边”; $T_{s_{\max}}$  为 NDVI 对应的最大地表温度(单位:K),代表“干边”; $a$ 、 $b$ 、 $c$ 、 $d$  分别代表对干边和湿边进行线性拟合的参数。TVDI 值在干边和湿边分别为 1 和 0。

从图 2 可以看出,对于 TVDI,数值越大表示土壤湿度越低,干旱情况越严重;数值越小表示土壤湿度越高。

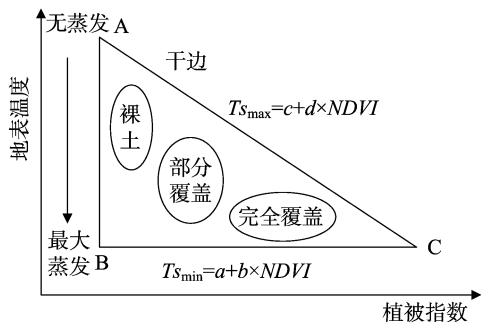


图1 NDVI- $T_s$  特征空间

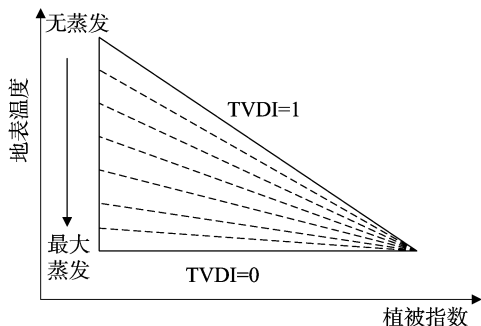


图2 温度植被干旱指数(TVDI)原理示意

## 3 数据处理

### 3.1 数据预处理

Modis 遥感数据为 HDF - EOS 格式,利用 NASA 提供的

处理工具 MODIS Reprojection Tool (MRT) 对数据进行投影转换,将遥感影像分辨率统一为 1 km,投影系统采用 Albers 等面积投影,坐标系为 WGS - 84。

利用 ENVI 软件对影像进行裁剪,借助现有的山东省行政区划矢量文件裁剪获取山东省范围的遥感影像。为使地表温度数据和 NDVI 数据的时间分辨率相一致,将地表温度数据在同一月内的数据均值作为地表温度数据当月值。

### 3.2 各月地表温度和 NDVI 空间分布

从图 3 可以看出,地表温度随着时间推移逐渐升高,各个月份气温空间分布特征不同。3 月北部沿海地区温度最低,中部和西北部温度最高,其余地区温度次之;4 月地表最高温度集中在中部地区,西部地区温度相对较低,呈现出高温向东部地区移动的趋势;4 月温度呈现西低东高的分布特征,35 ~ 40 °C 的高温出现在中部和东南部;6 月全省呈现普遍高温的特征,气温基本都在 30 °C 以上,并且呈现南高北低的分布特征。

从图 4 可以看出,NDVI 总体呈现先升高后降低的趋势,在小麦的生长季(3—5 月)里,西部 NDVI 一直相对较高,高于中东部地区,3—5 月 NDVI 呈现升高趋势,中部山地地区和东部丘陵地区 NDVI 升高明显,6 月西部地区 NDVI 明显降低。总体而言,NDVI 高值主要分布在作物生长的内陆地区,低值主要分布在沿海地区和有水体的区域。

### 3.3 构建 $T_s$ - NDVI 特征空间

按 0.01 的步长提取 NDVI 在 0 ~ 1 范围内的不同像元所对应的地表温度的最大值和最小值,构建  $T_s$  - NDVI 特征空间,3—6 月的特征空间如图 5 所示。

从图 5 可以看出,每个月的数据的  $T_s$  - NDVI 特征空间均符合三角形的特征空间,随着 NDVI 的增加,地表温度的最大值均呈现先升高后降低的变化趋势,而地表温度最小值呈现比较稳点的变化特征,近似于一条平行于  $x$  轴的直线,并呈现略有增大的趋势,这一变化特征也符合特征空间三角形理论。

### 3.4 干湿边拟合和 TVDI 计算

根据前人已有的研究结论可知,对于遥感影像中 NDVI 小于 0.25 的像元,一般是水体和陆地的混合像元,另外 NDVI 能够识别的植被覆盖度需要在 15% 以上,低于这个值时很难对真实的覆盖度作出正确识别,而覆盖度达到 80% 以后,植被的 NDVI 值也会趋于饱和,NDVI 也不能准确反映这个茂盛植被覆盖区域的真实值。通过构建的  $T_s$  - NDVI 特征空间也能发现,对于最大地表温度而言,NDVI 在 0 ~ 0.25 范围内拟合直线斜率为正,大于 0.25 小于 0.85 和大于 0.85 的拟合直线斜率为负,并且可以看出两者的斜率不相等。

因此,选取 NDVI 在 0.25 ~ 0.85 的数据进行线性拟合,通过干湿边的定义,分别提取 3—6 月的干湿边,如图 6 所示。对于湿边,根据  $T_s$  - NDVI 特征空间理论可知,湿边是近似于平行于  $x$  轴的直线;对于干边拟合方程,均通过可信度为 0.01 的  $t$  检验,拟合效果较好。

根据干湿边的拟合方程,利用式(1)、式(2),根据定义计算 TVDI,从而得到山东省 2012 年 3—6 月的 TVDI 分布图。TVDI 能够表示某一区域土壤湿润程度的一个相对值,能够在一定程度上说明干旱的程度,一般而言,根据 TVDI 的取值分

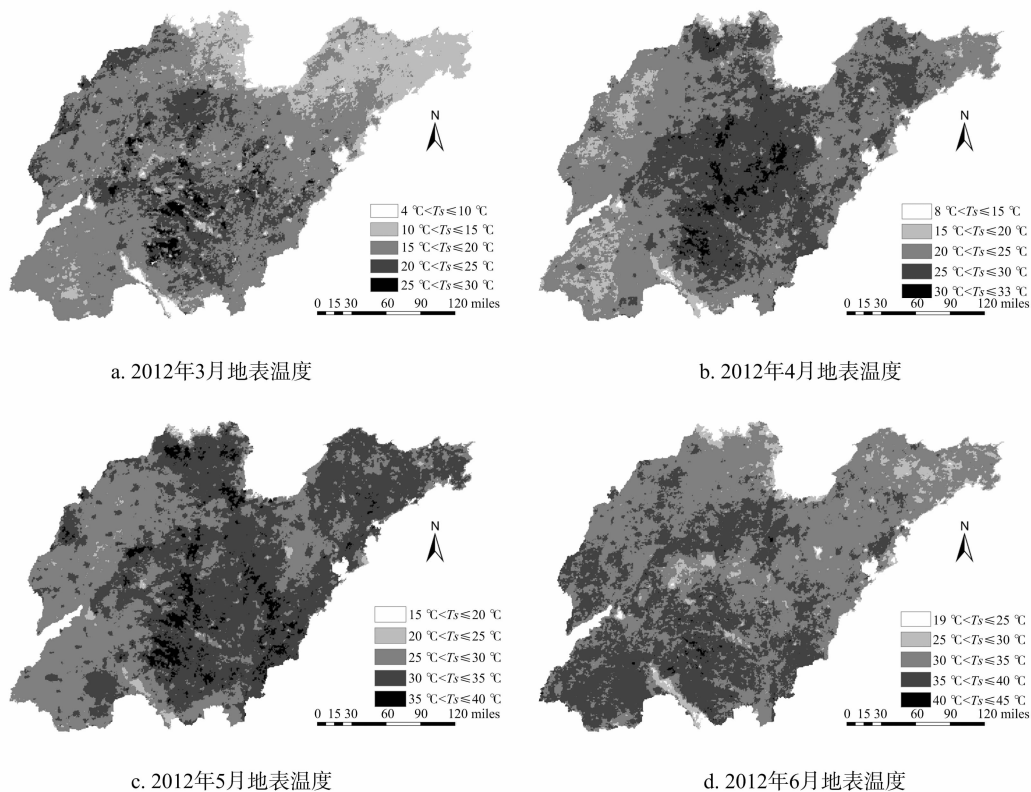


图3 2012年3—6月地表温度空间分布

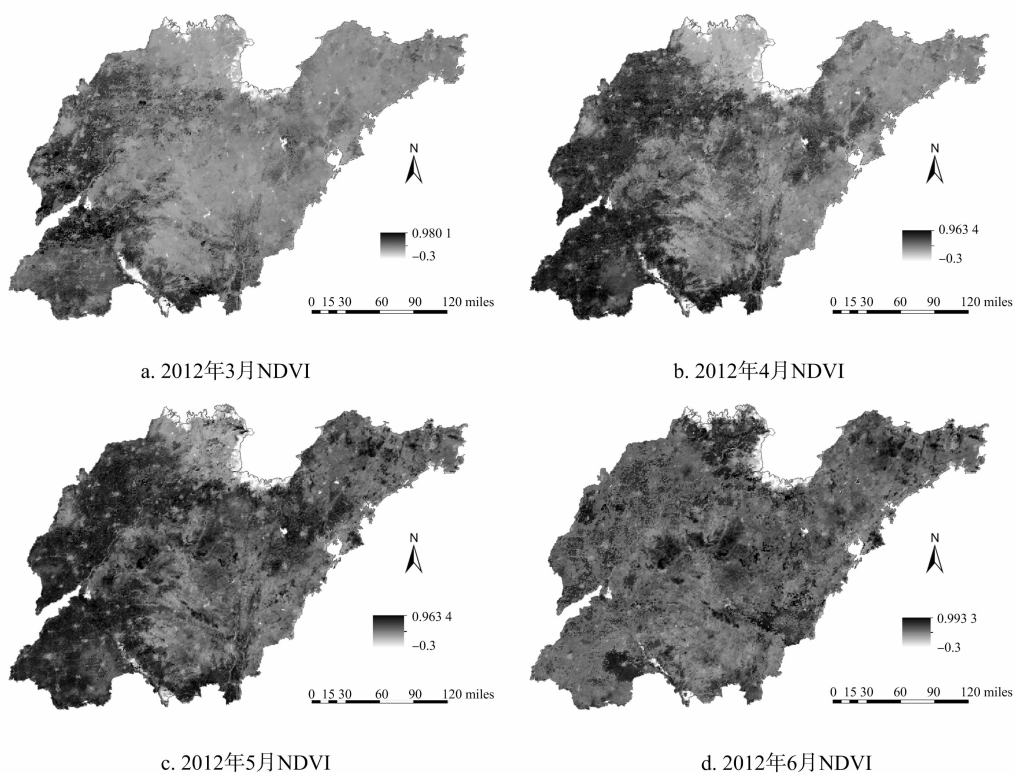


图4 2012年3—6月 NDVI 空间分布

为5级,分别为极湿润( $0 < TVDI \leq 0.2$ )、湿润( $0.2 < TVDI \leq 0.4$ )、正常( $0.4 < TVDI \leq 0.6$ )、干旱( $0.6 < TVDI \leq 0.8$ )、极干旱( $0.8 < TVDI \leq 1$ )<sup>[17]</sup>。图7为根据此分级标准山东省干

旱相对程度分布图。

从图7可以看出,3—5月干旱程度较重的区域呈现由西向东移动的趋势,且干旱程度较高的区域主要集中在中部地

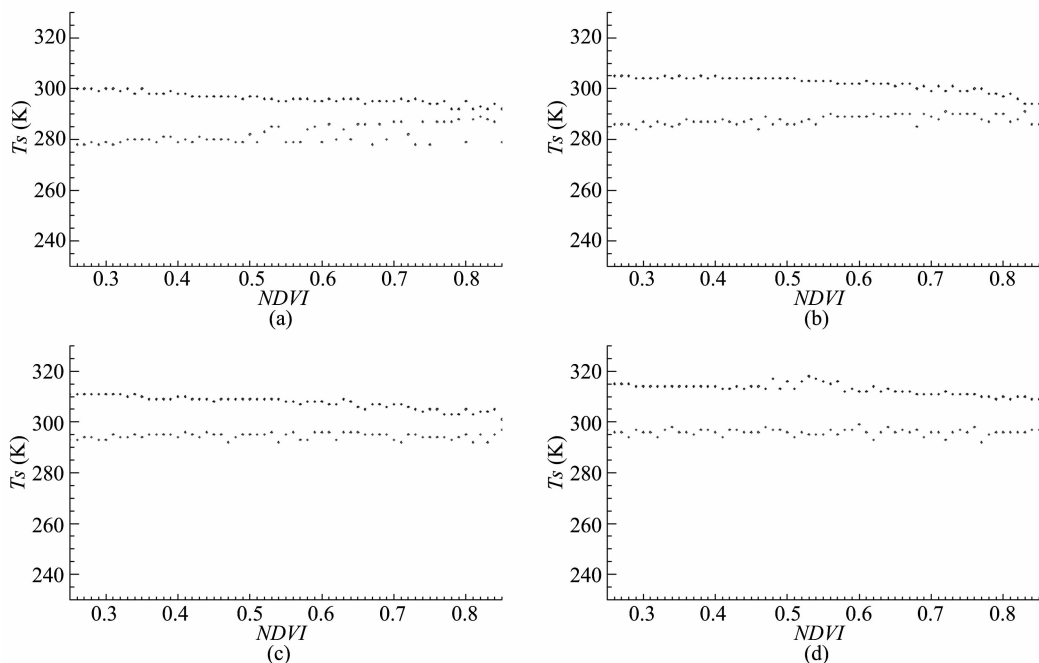


图5 2012年3—6月 Ts-NDVI 特征空间

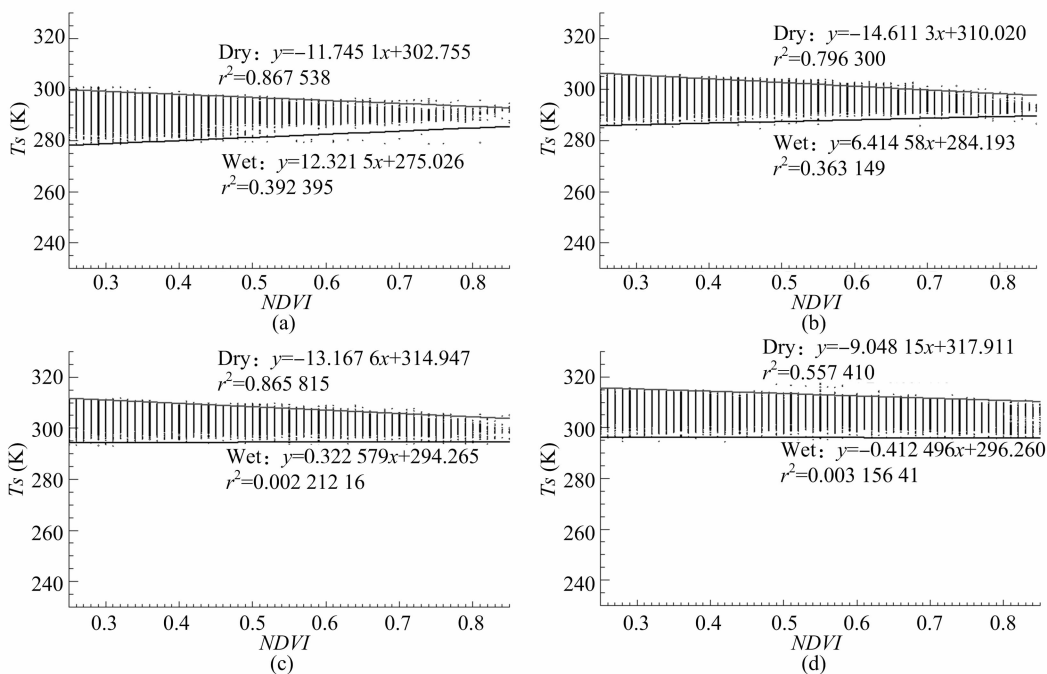


图6 2012年3—6月干湿边拟合方程

区,3月和6月西北和西南平原地区干旱程度明显高于4月和5月,湿润的区域主要分布在北部沿海地区和西南地区。3月和6月呈现东北部沿海地区湿润,内陆地区干旱的分布特征;4月和5月呈现中东部干旱,西部湿润的分布特征。

#### 4 结论

本研究为研究山东省小麦主要生长季的旱情状况,利用 Modis 遥感数据进行遥感观测,主要选择了2012年3—6月的月 NDVI 数据和8d合成的地表温度数据,以月为单位,分析了地表温度和 NDVI 的空间特征分布状况,结合  $T_s$  - NDVI 特

征空间法,构建了与土壤湿度关系密切的三角形特征空间,并提取了拟合效果较好的干湿边,进而求得能够指示土壤湿润度的 TVDI 空间分布,并对干旱程度作了一定的划分,对于农业生产有很好的指导作用,能够及时地对旱情发生的区域作出识别,以便采取相关措施缓解旱情。

研究结果表明,在小麦的主要生长季,地表温度随时间的推移呈现升高的趋势,主要呈现中部地区气温高,沿海和西部地区气温低的分布特征。NDVI 呈现出先升高后降低的变化特征,3—5月全部地区 NDVI 明显呈现升高的趋势,6月份,西部和东部地区降低,中部地区变化不明显,这主要是因为从

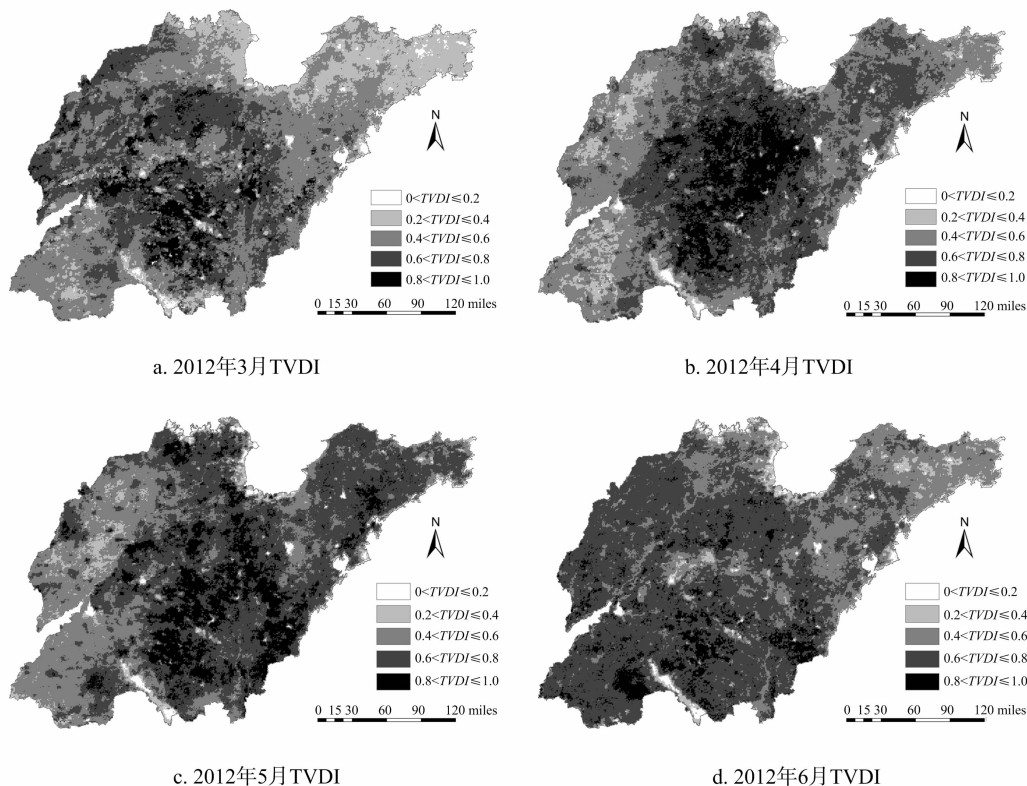


图7 2012年3—6月 TVDI 空间分布

3月开始小麦返青后迅速生长,树木也开始发芽生长,NDVI呈现增长趋势,到6月份小麦开始收获,小麦的主要种植区西部平原和东部丘陵地区NDVI降低,这种变化趋势符合山东省的物候特征。

依据能够反映土壤湿度特征的Ts-NDVI特征空间法,对3—6月的遥感影像提取Ts-NDVI特征空间,结果呈现与前人研究结果一致的三角形特征空间,结合NDVI对植被覆盖度指示效果较好的值域范围,在0.25~0.85的NDVI范围内对特征空间的干湿边进行拟合,湿边的拟合符合近似平行于x轴的直线,干边拟合直线拟合效果较好,通过可信度为0.01的t检验。

利用干湿边拟合曲线,根据TVDI定义,获得了山东省2012年3—6月的TVDI空间分布图,TVDI与土壤湿润程度有密切的关系,根据TVDI的取值划分了5个旱情等级标准,分别为极湿润( $0 < TVDI \leq 0.2$ )、湿润( $0.2 < TVDI \leq 0.4$ )、正常( $0.4 < TVDI \leq 0.6$ )、干旱( $0.6 < TVDI \leq 0.8$ )、极干旱( $0.8 < TVDI \leq 1$ )。依据此标准获得了3—6月的旱情分布图,总体而言,3—6月干旱面积较大,3月和6月东部地区旱情较西部地区轻,4月和5月,西部旱情缓解,东部地区干旱,中部地区一直呈现较为干旱的状态。造成这种分布和变化特征的主要原因可能是,2012年春季降雨较少,旱情比较严重,西部地区小麦的主要种植区,在发生干旱后,当地农户一般会采取相应的灌溉措施,缓解了旱情,而灌溉条件较差的山区和丘陵旱情较严重,6月黄河流域和东部沿海地区旱情得到了缓解,主要是与这时期的降雨有关<sup>[18]</sup>,但总体上因为小麦收获,新作物刚刚生长,而这一时期气温较高,旱情仍比较严重。这些旱情的分布特征与相关旱情报道也较为符合。

#### 参考文献:

- [1] 中华人民共和国国家统计局. 国家数据[EB/OL]. [2017-02-04]. <http://data.stats.gov.cn/easyquery.htm?cn=E0103>.
- [2] 李震坤,王云龙,钱艳园,等. 基于植被指数和地表温度的冬小麦遥感干旱监测[J]. 北方环境,2011(8):157-160.
- [3] 陈诚,赵书河. 基于TRMM降雨数据的中国黄淮海地区干旱监测分析[J]. 国土资源遥感,2016,28(1):122-129.
- [4] 张芳. 基于MODIS的陕西省干旱遥感监测研究[D]. 西安:陕西师范大学,2008.
- [5] 周磊,武建军,张洁. 以遥感为基础的干旱监测方法研究进展[J]. 地理科学,2015,35(5):630-636.
- [6] Nemani R R, Running S W. Estimation of regional surface resistance to evapotranspiration from NDVI and thermal-IR AVHRR data[J]. Journal of Applied Meteorology, 1989, 28(4): 276-284.
- [7] Price J C. Using spatial context in satellite data to infer regional scale evapotranspiration[J]. IEEE Transactions on Geoscience & Remote Sensing, 1990, 28(5): 940-948.
- [8] Carlson T N, Capehart W J, Gillies R R. A new look at the simplified method for remote sensing of daily evapotranspiration[J]. Remote Sensing of Environment, 1995, 54(2): 161-167.
- [9] Moran M S, Jackson R D, Raymond L H, et al. Mapping surface energy balance components by combining Landsat thematic mapper and ground-based meteorological data[J]. Remote Sensing of Environment, 1989, 30(1): 77-87.
- [10] Goward S N, Xue Y, Czajkowski K P. Evaluating land surface moisture conditions from the remotely sensed temperature/vegetation index measurements: an exploration with the simplified simple biosphere model[J]. Remote Sensing of Environment, 2002, 79(2):

余跑兰,肖小军,段彬林,等. 油浴法测定土壤有机质消煮方式的改进研究[J]. 江苏农业科学,2018,46(19):328-330.  
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2018.19.083

# 油浴法测定土壤有机质消煮方式的改进研究

余跑兰<sup>1,2</sup>, 肖小军<sup>1</sup>, 段彬林<sup>2</sup>, 孙惠娟<sup>1</sup>, 陈 燕<sup>1</sup>, 柳开楼<sup>1</sup>, 熊华荣<sup>3</sup>

(1. 江西省红壤研究所,江西南昌 331717; 2. 江西省余干县环保局,江西上饶 335100;  
3. 江西省进贤县张公镇农业技术推广综合站,江西进贤 331717)

**摘要:**目前测定土壤有机质含量的常用方法为油浴法,但油浴法操作繁琐,易污染空气,且试管不易清洗。针对存在的这些问题,把油浴法消煮方式改为用三角瓶直接在 180 ℃烘箱加热 15 min,通过对土壤标准物质进行检测分析以及和传统油浴法进行比较,结果表明,使用该方法测定的土壤标准样品的有机质含量均在标准值允许范围内,相对误差均小于 1.5%,相对偏差均小于 2.0%,在 0.01 水平下与油浴法差异不显著。该方法准确度较高,重现性好,操作更加安全迅速,适合大批量样品的分析,因此可作为土壤有机质含量测定的一种参考方法。

**关键词:**土壤有机质;烘箱加热;油浴法;消煮;方法改进

**中图分类号:** S153.6<sup>+</sup>21 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2018)19-0328-03

土壤有机质包括各种动植物残体以及微生物及其生命活动的各种有机产物,含有丰富的营养元素,土壤有机质含量的多少,是土壤肥力高低的一个重要指标<sup>[1-2]</sup>。所以为了了解土壤肥力情况,精确测定土壤有机质含量显得非常重要。土壤有机质含量测定方法有很多,主要有二氧化碳法(干烧法和湿烧法)、灼烧法和化学氧化法,以及后来发展的土壤有机质光谱法,由于二氧化碳法和灼烧法需要一些特殊仪器设备,而光谱法没有统一的测定标准,且光谱仪价格高,一般实验室不采用光谱法<sup>[3-4]</sup>。目前国内常用的测定方法是重铬酸钾氧化容量法中的油浴法<sup>[5-6]</sup>,基本原理是用氧化剂重铬酸钾氧化有机碳,剩余的氧化剂用标准硫酸亚铁回滴,从消耗的氧化剂来计算有机碳量。但油浴法操作繁琐,温度不好控制,容易造成环境污染,且试管不易清洗,消煮液转移过程也可能产生损耗<sup>[7]</sup>。因此,本研究参考总结前人研究结果<sup>[8-11]</sup>,针对常用方法存在的一些问题,经多次试验,利用三角瓶直接在 180

℃烘箱加热 15 min 进行优化改进,不仅操作简单、易控制,而且准确、快速,适合大批量样品的分析。

## 1 材料与方法

### 1.1 仪器设备和试剂

仪器设备为万分之一天平(FR224CN)、电热鼓风干燥箱(DHG-9243BS-Ⅲ,已校准,不确定度  $U=0.7\text{ }^{\circ}\text{C},k=2$ )、100 mL 三角瓶、瓷托盘、酸式滴定管。

试剂为 0.8 mol/L 重铬酸钾溶液、1.84 mol/L 浓硫酸、0.2 mol/L 硫酸亚铁标准溶液、0.100 0 mol/L 重铬酸钾标准溶液、邻菲罗啉指示剂。具体的配制见油浴法。

### 1.2 标准物质

本试验以土壤有效态成分分析标准物质为测试样品,标准物质具体见表 1。

表 1 土壤标准物质

标准物质号	土壤类型	有机质标准值 (g/kg)
GBW07412a	辽宁棕壤	10.0±0.5
GBW07415a	湖北水稻土	33.3±1.0
GBW07416a	江西红壤	7.3±0.5
GBW07458	黑龙江黑土	34.5±1.3
GBW07459	新疆灰钙土	12.7±0.5

收稿日期:2017-05-05

基金项目:国家自然科学基金(编号:41671301);江西省科技支撑项目(编号:20161BBF60111、20161BBF60109)。

作者简介:余跑兰(1986—),女,江西余干人,硕士,助理工程师,从事土壤检测分析和重金属修复研究。E-mail:875855206@qq.com。  
通信作者:肖小军,硕士,助理研究员,从事作物育种和栽培研究。  
E-mail:xiao850908@163.com。

225-242.

[11] 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.  
[12] 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.  
[13] 张顺谦,卿清涛,侯美亭,等. 基于温度植被干旱指数的四川伏旱遥感监测与影响评估[J]. 农业工程学报,2007,23(9):141-146.  
[14] 季国华,胡德勇,王兴玲,等. 基于 Landsat 8 数据和温度-植被指数的干旱监测[J]. 自然灾害学报,2016,25(2):43-52.

[15] 刘星含. 基于 MODIS-TVDI 方法的新疆干旱监测研究[D]. 荆州:长江大学,2015.  
[16] 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): 213-224.  
[17] 刘 浩. 基于 MODIS 数据的土壤湿度反演研究——以黄河三角洲地区为例[D]. 烟台:鲁东大学,2014.  
[18] 段海霞,王素萍,冯建英. 2012 年全国干旱状况及其影响与成因[J]. 干旱气象,2013,31(1):220-229.