

土壤系统分类中土壤水热状况的确定方法及应用研究^① ——以山西省为例

李超¹, 张凤荣^{1*}, 王秀丽², 奉婷¹

(1 中国农业大学资源与环境学院, 北京 100193; 2 河南农业大学资源与环境学院, 郑州 450002)

摘要: 土壤温度和水分状况作为表征土壤特性的重要参数, 在土壤系统分类中是某些分类单元划分的重要依据。而现有的土壤水热状况估算方法存在数据不易获取、计算过程复杂等问题, 在野外土壤调查及土壤系统分类工作中的适用性不强。本文提出一个基于气象数据的土壤水热状况快速估算方法, 并结合山西省实地调查的 75 个剖面数据, 对其在土壤系统分类中的应用进行探讨, 以期区域野外土壤调查及土壤系统分类工作提供借鉴和参考。结果表明: 基于气象数据的土壤温度估算方法在山西地区具有较好的适用性, 其估算结果能代替土壤温度实测值来研究该区域的土壤温度状况; 基于气象数据的土壤水分状况估算结果仅适用于不受地下水影响的地带性土壤水分状况的确定, 而对于受地下水影响的区域需根据土壤所处的实际水分环境状况进行分析和判定; 土壤水热状况在中国土壤系统分类中的分选性强, 在野外土壤调查及土壤系统分类时, 应特别注意区域土壤水热状况的差别。

关键词: 土壤系统分类; 土壤温度状况; 土壤水分状况; 山西省

中图分类号: P934; S155.3 文献标识码: A

土壤、植被和环境的状态, 均与气候有着密切的定量关系^[1]。气候条件不仅影响土壤发生过程, 还影响着人类对土壤的利用取向和利用价值。在土壤与气候关系的研究中, 水热状况常常被看作为一般的气候指标, 是表征土壤特性的重要参数^[2]。虽然气候影响土壤的温度和水分状况, 但土壤水热状况还受地形、植被等其他因素的影响。无论是美国的, 还是中国的土壤系统分类, 都把土壤水热状况作为重要的土壤诊断特性, 并作为土壤某些分类单元划分的主要依据之一^[3], 如在中国土壤系统分类中, 土壤温度和水分状况分别是土族和土类划分的重要诊断依据^[4]。虽在野外可综合考虑海拔、气候、植被等推测土壤水热状况^[5], 但由于不同土壤工作者对土壤水热状况特征及分类的认识及理解程度不同, 野外判别的土壤水热状况势必会存在误差和失误。由于人力、物力的多种限制, 在实际野外土壤调查和系统分类工作中, 不可能对每个点的土壤水分状况进行实地测定^[6], 而不得不借助于气候资料来间接地估算, 但实际上估算和确定区域土壤温度和水分状况并不容易。

近年来, 国内外学者围绕运用气候资料对土壤温度和水分状况的估算和确定进行了一些研究。目前, 对于区域土壤温度状况的估算和确定, 主要的研究方法有土温内插估算法^[7-9]、气温回归估算法^[10-12]和纬度海拔回归估算法^[13-14], 但这 3 种估算方法在野外土壤调查和系统分类工作中存在数据不易获取、计算过程复杂等问题; 且中国的几千个气象站点中仅有部分站点观测地温状况, 若研究区气象站点缺少年均土温数据, 则不宜运用上述方法实现对土壤温度状况的定量估算。由于多数地区年均温、降雨量、蒸发量等气象数据较容易获取, 因此本文提出一种基于气象数据的土壤温度状况估算和确定方法, 用于在缺少土温实测数据情况下土壤温度状况的估算和确定。对于土壤水分状况的估算, 目前主要有 Penman 公式法^[7, 15]、可能蒸散量模型^[16-17]或谢良尼诺夫公式法^[18]等研究方法, 而《中国土壤系统分类》(第三版)中明确指出, 在进行野外土壤调查和系统分类工作时, 若无土壤水分观测资料, 可按 Penman 经验公式计算的年干燥度估算, 基础数据需要年均降雨量和蒸发量数据, 因此,

基金项目: 国家科技基础性工作专项(2014FY110200)资助。

* 通讯作者(frzhang@cau.edu.cn)

作者简介: 李超(1991—), 男, 河北邢台人, 博士研究生, 研究方向为土壤地理、土地持续利用。E-mail: 493187756@qq.com

本文以气象数据为基础,运用 Penman 经验公式进行土壤水分状况估算。

本文在对现有土壤水热状况研究方法进行充分分析的基础上,结合野外土壤调查和系统分类工作实际,考虑土壤水热状况估算和确定的可行性,提出一种运用气象数据进行土壤水热状况确定的方法,并结合山西省实地调查的 75 个剖面数据,对其在土壤系统分类中的应用进行探讨,以期为区域土壤水热状况确定、野外土壤调查及土壤系统分类工作提供借鉴和参考。

1 研究区概况与研究方法

1.1 研究区概况

山西地处中纬度地带的内陆,属于温带大陆性季风气候,省境四周山环水绕,与邻省(区)的自然境界分明,地势东北高西南低,总的地势轮廓是“两山夹一川”,河谷纵横,地貌类型复杂多样,山地、丘陵占全省总面积的 80.1%。地理位置 $34^{\circ}36' \sim 40^{\circ}44' N$, $110^{\circ}15' \sim 114^{\circ}32' E$,南北长约 682 km,东西宽约 385 km,总面积 15.67 万 km^2 。各地年平均气温介于 $4.2 \sim 14.2$,总体分布趋势为由北向南升高,由盆地向高山降低;年降水量介于 358 ~ 621 mm,季节分布不均,夏季 6—8 月降水相对集中,约占全年降水量的 60%,且省内降水分布受地形影响较大。由于山西省广泛黄土覆盖,多数土壤仅具有淡色表层和雏形层发育,且土壤质地多为粉砂壤土,多数地区若不注意土壤水热状况的差别,则分类差异并不明显。因此,土壤系统分类中需注意土壤水热状况的差别。

1.2 数据来源及计算方法

从中国气象数据网(<http://data.cma.gov.cn/>)及山西省各县(市、区)气象局,收集获取山西省 109 个气象站的气候资料日值数据集(1961—2011 年);从中国气象数据网下载获得山西省及周边各气象国际交换站年均蒸发量数据(由于部分站点数据缺失,仅获得 21 个气象站点年均蒸发量数据);从地理空间数据云网站(<http://www.gscloud.cn/>)下载获取山西省 DEM 图。

对 1961—2011 年山西省各气象站点日值气象数据进行统计,获得各气象站点近 50 年的年均气温、平均年降雨量、蒸发量数据。

1.2.1 土壤温度状况估算方法 本文在综合前人研究的基础上^[18-19],结合目前土温计算方法,提出以气象数据为基础的山西省土壤温度状况估算方法,具体为:以山西省各气象站点年均气温数据为基础,

运用气温垂直递减法,以海拔每降低 100 m,温度升高 $0.6^{\circ}C$ 、土壤温度比气温高 $2^{\circ}C$ 为依据^[10, 20-21],计算获得各气象站点虚拟海平面高度土壤温度数据(ST_0),运用 ArcGIS 进行普通克里金插值^[22],获得山西省虚拟海平面高度土壤温度状况空间分布图,并结合山西省 DEM 图,再次运用气温垂直递减法,以海拔每升高 100 m,温度降低 $0.6^{\circ}C$ 为依据,对土壤温度按高程进行抬升修正,获得山西省土壤温度状况空间分布图。

$$ST_0 = T_h + 0.006h + 2 \quad (1)$$

式中: ST_0 为虚拟海平面高度土壤温度,单位 $^{\circ}C$; T_h 为年均气温数据,单位 $^{\circ}C$; h 为气象站点海拔高度,单位 m。

$$ST_x = ST_{x0} - 0.006h_x \quad (2)$$

式中: ST_x 为 x 点的土壤温度,单位 $^{\circ}C$; ST_{x0} 为 x 点的虚拟海平面高度土壤温度,单位为 $^{\circ}C$; h_x 为 x 点的海拔高度,单位为 m。

1.2.2 土壤水分状况估算方法 《中国土壤系统分类(第三版)》中明确指出,在没有直接的土壤水分观测资料情况下,以 Penman 经验公式计算得到的年干燥度作为划分土壤水分状况的定量指标。因此,本文假定山西省没有土壤水分观测资料,以干燥度来代替土壤水分状况的估算。需要说明的是,得到的土壤水分状况空间分布图是基于气象数据模拟,没有考虑地下水的影响(包括地下水位高造成土体部分饱和的潮湿水分状况和地下水通过毛管上升补充土体造成湿润水分状况)。因此,此图只适用于山丘区不受地下水影响的土壤水分状况判定;受地下水影响的土壤水分状况,则需野外根据土壤所处的实际水分环境状况进行实地判定。

$$D_x = ET_x / P_x \quad (3)$$

式中: D_x 为 x 点的干燥度; ET_x 为 x 点的潜在蒸散量,单位 mm; P_x 为 x 点的年均降雨量,单位 mm。其中, $ET_x = fET_{x0}$, ET_{x0} 为 x 点的水面年均蒸发量; f 为随季节而异的系数,11—2 月为 0.6,5—8 月为 0.8,其余各月为 0.7,全年平均值为 $0.75^{[6]}$ 。

1.3 土壤系统分类方法

在充分了解和熟悉山西省土壤环境状况及土壤类型分布的情况下,对山西省范围内 5 大成土因素(气候条件、地形地貌部位、成土母质、成土时间、生物等方面)有明显差异的地区,分别布设调查样点,考虑到样点布设的均匀性和可靠性^[23],共布设调查样点 75 个(图 1)。2015 年 5—11 月,对布设的调查样点开展实地调查,并按照《野外土壤描述与采样手

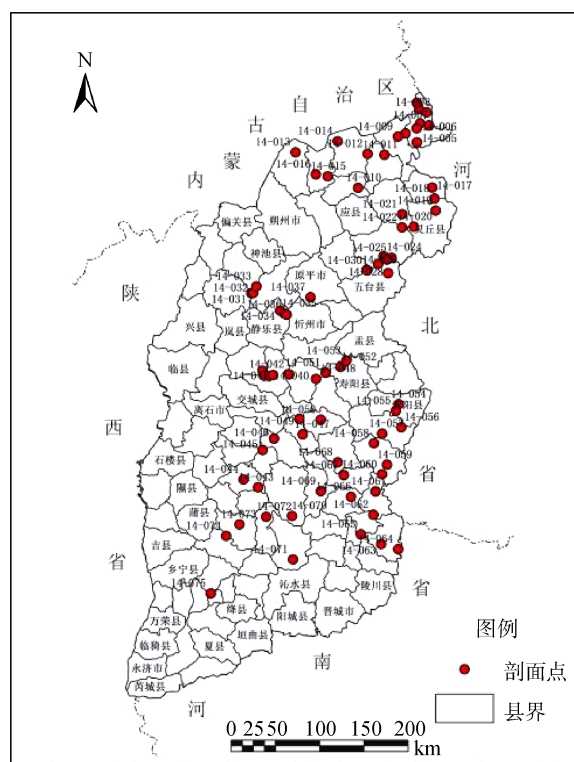


图 1 山西省 75 个调查点位置示意图

Fig. 1 Locations of 75 survey sample points in Shanxi Province

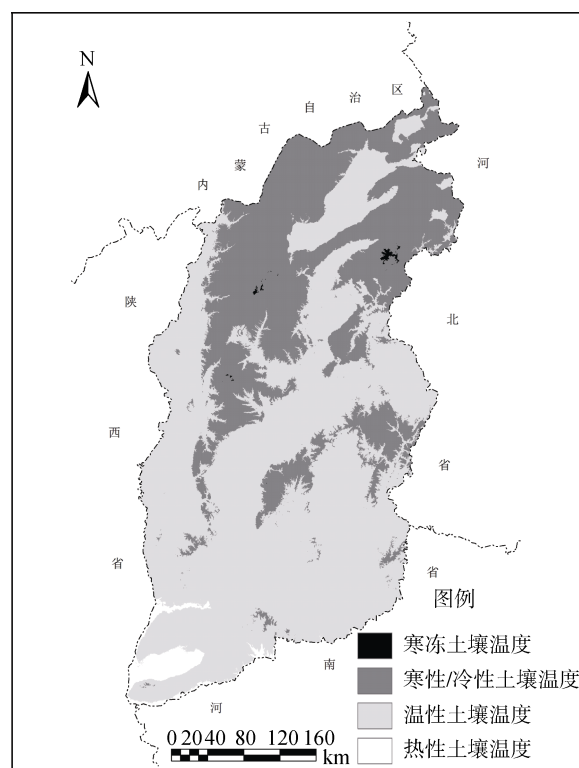


图 2 山西省土壤温度状况分布图

Fig. 2 Distributions soil temperature regimes in Shanxi Province

册》，对各调查样点分别进行剖面的挖掘、描述、采集样品等操作；并根据《中国土壤系统分类检索（第三版）》和《中国土壤系统分类土族和土系划分标准》^[24]在野外进行初步系统分类；对采集的各样点土壤发生层土样，依据《土壤调查实验室分析方法》^[26]进行理化分析测定，根据理化分析结果，对分类结果进行了核对和校正。

2 结果与分析

2.1 山西省土壤温度状况

运用气温垂直递减法，借助 ArcGIS 软件中属性表字段计算功能，对山西省各气象站点年均气温数据进行修正，获得山西省各气象站点海平面高度土壤温度数据。进行克里金插值，获得山西省海平面高度土壤温度图，结合山西省 DEM 图，以海拔每升高 100 m，温度降低 0.6℃为计算式，运用 ArcGIS 栅格计算器功能，计算获得山西省土壤温度图。按照“寒冻土壤温度：<0℃；寒性/冷性土壤温度：0～9℃；温性土壤温度：9～16℃；热性土壤温度：16℃以上”的分类原则进行重分类，得到山西省土壤温度状况分布图（图 2）。由图 2 可以看出，山西省分布有寒冻、寒性/冷性、温性、热性 4 种土壤温度类型。

为了验证得到的山西省土壤温度状况的准确性，通过收集获取山西省 21 个气象站点地表以下不同深度土壤温度数据，根据 50 cm 深度土壤温度计算方法^[8]，计算获得 50 cm 深度土壤温度，即各气象站点土壤温度实测值数据；将 21 个气象站点经纬度分别定位、空间链接到土壤温度状况空间分布图，得到各气象站点土壤温度估算值数据。将这 21 组数据进行相关性分析（图 3），估算值与实测值的拟合度非常好，两者相关系数为 0.985，超过 0.001 的信度检验水平，估算值与实测值的平均折算系数为 0.992。因此，本文提出的基于气象数据的土壤温度状况估算方法在山西地区具有较好的适用性，其估算结果能代替土壤温度状况实测值来研究该区域的土壤温度状况。

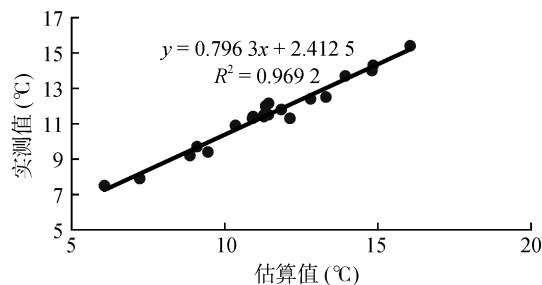


图 3 21 个气象站点土壤温度估算值与实测值对比

Fig. 3 Comparison of estimated and measured values of soil temperatures at 21 meteorological stations

2.2 山西省土壤水分状况

以山西省各气象站点平均年降雨量、蒸发量数据为基础,运用栅格计算器功能,按照干燥度计算公式(3),计算获得山西省干燥度空间分布图。按照“湿润土壤水分状况:干燥度 <1 ;半干旱土壤水分状况: $1<\text{干燥度}<3.5$;干旱土壤水分状况:干燥度 >3.5 ”为分类原则对干燥度图进行重分类,得到山西省土壤水分状况分布图。通过查阅资料^[20]并结合实地观测发现,山西省海拔高度在 1 800 m 以上的地区,大多为湿润水分状况,因此提取了山西省 DEM 图中海拔高于 1 800 m 的区域,将该区域土壤水分状况修正为湿润,最终得到修正后的山西省土壤水分状况分布图(图 4),从图 4 中可以看出,山西省多具半干旱土壤水分状况。

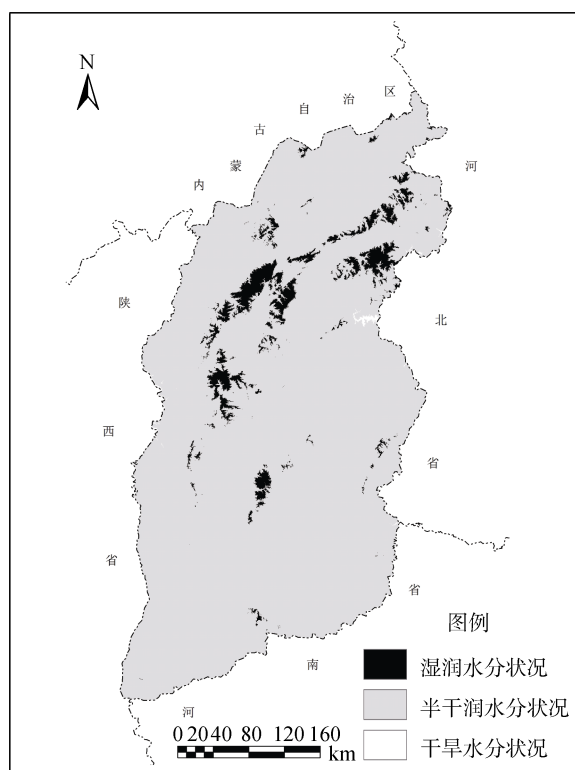


图 4 山西省土壤水分状况分布图

Fig. 4 Distributions of soil moisture regimes in Shanxi Province

根据于东升和史学正^[6]对我国土壤水分状况估算的结果,山西省属偏干旱的半干旱土壤水分状况,这与本文通过估算得到的山西省多为半干旱土壤水分状况的结果基本一致。将本文制作的山西省土壤水分状况分布图与于东升和史学正^[6]制作的《中国土壤水分状况分布图》^[6]进行对比,两幅图的拟合度高达 99.77%。因此,本文提出的基于气象数据的土壤水分状况估算方法在山西地区有较好的适用性,估算的土壤水分数据可用于该区域土壤水分状况的确定。

2.3 土壤水热状况在山西省土壤系统分类中的应用

土壤温度和水分状况是土壤系统分类的重要诊断特征和诊断依据。从《中国土壤系统分类(第三版)》中可以看出,其中的永冻有机土等 6 个亚纲、永冻寒冻锥形土等 8 个土类、永冻寒冻正常新成土等 5 个亚类,均是以土壤温度状况作为类型划分依据;干润变性土等 15 个亚纲、龟裂碱积盐成土等 16 个土类、黄色筒育湿润铁铝土等 7 个亚类,均是以土壤水分状况作为类型划分依据。因此,在野外土壤调查及土壤系统分类时,应特别注意对区域土壤水热状况的判别。

运用 ArcGIS 将 75 个供试剖面点按照经纬度分别空间链接到土壤温度状况空间分布图和土壤水分状况空间分布图上,得出估算的各剖面点所处的土壤温度和土壤水分状况,并与实地观测结果进行对比分析,发现土壤温度状况全部吻合;而土壤水分状况中,有 10 个剖面点与实地观测值不同。这 10 个剖面点实际观测的土壤水分状况均为湿润和潮湿,而模拟的土壤水分状况均为非干润,其中剖面 14-001、14-008、14-010、14-069 和 14-075 是由于地处河流一级阶地,地下水位较高,造成土体部分饱和,形成潮湿水分状况;剖面 14-004、14-005、14-020、14-070、14-071 是由于地处河漫滩,地下水通过毛管上升补充土体,形成湿润水分状况。

按照系统分类方法将 75 个供试剖面进行系统分类,共划分新成土等土纲 6 个,干润锥形土等亚纲 13 个,土垫旱耕人为土等土类 20 个,准石质筒育干润锥形土等亚类 29 个,鉴定壤质混合型石灰性冷性-结壳潮湿正常盐成土等土族 58 个,兰玉堡系等土系 75 个。对各剖面所处的土壤温度和水分状况进行分析,地处寒性土壤温度的剖面有 4 个,冷性的有 32 个,温性的有 39 个;地处潮湿水分状况的剖面有 6 个,湿润的有 15 个,半干润的有 54 个。可见,土壤所处的水热状况在土壤的系统分类和比土过程中,对土壤类型的确定和分选有着重要意义。

选取 14-003 和 14-066 两个典型剖面对比以说明土壤温度状况在系统分类中的应用地位和意义。从表 1 中可以看出,两个剖面土壤均是淡色表层和锥形层的发生层构型,属锥形土纲;半干润的土壤水分状况,将其划分为干润锥形土土类;两个土壤剖面所处的地形部位、成土母质、剖面构型、质地构型等特征均极为相似,若忽略了对土壤温度状况的判定,则两个剖面被错误分类为同一土系,但因 14-003 土壤温度状况为冷性,14-066 土壤温度状况为温性,将二者在土族上得以鉴定和区分,故 14-003 和 14-066 属不同土族、不同土系。

表 1 典型供试土壤剖面信息及特征对比
Table 1 Information and characteristics of tested typical soil profiles

剖面编号	经纬度	位置	剖面特征描述	土族
14-003	40°37'57.5"N, 114°04'29.9"E	大同市天镇 县五里墩村	位于中山山前黄土台地上;母质为黄土;质地为粉砂壤土;通体石灰反应;有淡色表层、锥形层、冷性土壤温度、半干润土壤水分状况、弱钙积现象等特性	壤质混合型石灰性冷性-普通筒育干润锥形土
14-066	36°37'57.815"N, 113°04'35.340"E	长治市襄垣 县小庄村	位于黄土丘陵上;母质为黄土;质地为粉砂壤土;通体极强石灰反应;有淡色表层、锥形层、温性土壤温度、半干润土壤水分状况、钙积现象等特性	壤质混合型石灰性温性-普通筒育干润锥形土
14-005	40°13'48.07"N, 114°03'24.71"E	大同市天镇 县柳子堡村	位于中山地区的黄土沟谷地带;母质为堆垫黄土;质地为壤土下夹砂土,砂土层出现在 1 m 左右;通体石灰反应;有冷性土壤温度、湿润土壤水分状况等特性	壤质混合型石灰性-普通冷凉湿润锥形土
14-058	37°10'22.835"N, 113°22'57.791"E	晋中市左权 县大红背村	位于沟谷阶地上;母质为黄土状物质;上部约 80 cm 厚为弱发育的细屑粒状结构,之下呈片状结构;上部约 60 cm 的土层含少量半圆的砾石,之下没有;通体强石灰反应;有冷性土壤温度、半干润土壤水分状况等特性	壤质混合型石灰性冷性-普通筒育干润锥形土

选取 14-005 和 14-058 这对典型剖面对比以说明土壤水分状况在系统分类中的应用地位和意义。从表 1 中可以看出,14-005 和 14-058 剖面特征相似,两个剖面虽所处的地形部位、成土母质、剖面构型均有所差异,但若不注意对土壤水分状况的判别,则两个剖面也容易被错误分类为同一亚类或土族,但因 14-005 为湿润土壤水分状况,14-058 为半干润土壤水分状况,因此二者在亚纲级别即已不同,故 14-005 和 14-058 属不同亚纲、土类、亚类和土族。

3 结论与展望

本文在总结和分析国内外土壤水热状况估算方法中存在的缺点和不足的基础上,提出了一种基于气象数据的土壤水热状况快速估算、确定方法,可为区域土壤水热状况确定、野外土壤调查及土壤系统分类工作提供借鉴和参考。对山西省土壤温度状况进行估算,并与计算获得的山西省 21 个气象站点 50 cm 深度土壤温度实测数据进行对比分析,结果显示估算值与实测值的拟合度良好,两者相关系数为 0.985,因此基于气象数据的土壤温度估算方法在山西地区具有较好的适用性,其估算结果能代替土壤温度实测值来研究该区域的土壤温度状况;对山西省土壤水分状况进行估算,并将得到的空间分布图与前人研究成果进行对比验证,结果显示拟合度高达 99.77%,因此基于气象数据的土壤水分状况估算方法在山西地区具有较好的适用性,估算的土壤水分数据可用于该区域土壤水分状况的确定;通过对《中国土壤系统分类(第三版)》中各高级分类单元级别的划分依据进行分析可以看出,共有 57 个高级分类单元以土壤水热状况作为划分依据,土壤水热状况在系统分类中起到举足

轻重的作用;通过对山西省 75 个剖面样点的调查和分类可以看出,在土壤系统分类和比土过程中,正确应用土壤水热状况,对于土壤类型的分选和确定具有重要意义,因此在野外土壤调查及土壤系统分类工作中应十分注意对土壤水热状况的判别和确定。

虽然本文有意识地突出了土壤水热状况在系统分类中的意义,但并不代表注重土壤的水热状况就能准确地进行土壤的系统分类。土壤系统分类中的诊断层和诊断特性较多,成土因素中任何一项判别失误都有可能造成分类错误。因此,在野外土壤调查及土壤系统分类工作时,除注意土壤水热状况外,还要特别注意对地形部位(如山坡基岩残积物、坡麓黄土台地、河谷阶地与河滩地等)、母质/母岩类型(如花岗岩、石灰岩、砂页岩、黄土母质、冲积物等)、地下水埋深及水盐影响、指示性植被类型(如针叶林、高山草甸、低山灌草丛)、人为活动等成土因素存在差异地区土壤在系统分类中差别的判定,严格按照土壤系统分类中诊断层和诊断特性进行比土和判别,才能得到准确的土壤系统分类结果。

本文提出的基于气象数据的土壤水热状况估算和确定方法,虽能通过较易获取的气温、降雨量、蒸发量等气象数据进行土壤水热状况的定量估算,可用于在缺少土壤温度数据时土壤水热状况的估算和确定,但土壤水分状况估算结果在受地下水影响的地区并不适用,这部分土壤仅能通过实地调查判定土壤所处的水环境条件来进行土壤水分状况的判定;本文在土壤温度和水分状况估算时,未考虑植被、坡向及坡度、有机质含量、土壤颜色、质地等方面差异产生因素的影响,土壤水分状况还未考虑海拔的影响,因此估算结果可能存在局部误差;本文仅以山西省为例进

行了精度验证,但估算方法对于其他地区,尤其是干旱地区是否适用,还有待进一步探讨。

参考文献:

- [1] 刘多森. 中国土壤分布与气候条件的联系[J]. 土壤学报, 1983, 20(1): 60-68
- [2] 张凤荣. 土壤地理学[M]. 北京: 中国农业出版社, 2002: 8-11
- [3] 龚子同. 土壤发生与系统分类[M]. 北京: 科学出版社, 2007: 262-290
- [4] 中国科学院南京土壤研究所土壤分类课题组, 中国土壤系统分类课题研究协作组. 中国土壤系统分类[M]. 合肥: 中国科学技术大学出版社, 2001.
- [5] 张凤荣, 向师庆, 聂立水. 北京西部山区发育在不同母质上的土壤的发生分类问题[J]. 土壤通报, 1992, 3(3): 150-152
- [6] 于东升, 史学正. 我国土壤水分状况的估算[J]. 自然资源学报, 1998, 13(3): 229-233
- [7] 张慧智, 史学正, 于东升, 等. 中国土壤温度的季节性变化及其区域分异研究[J]. 土壤学报, 2009, 46(2): 227-234
- [8] 史学正, 邓西海. 我国土壤温度状况[M]//龚子同. 中国土壤系统分类进展. 北京: 科学出版社, 1993: 353-366
- [9] 冯学民, 蔡德利. 土壤温度与气温及纬度和海拔关系的研究[J]. 土壤学报, 2004, 41(3): 489-491
- [10] 杨学明. 土壤水热状况与土壤系统分类[J]. 土壤, 1989, 21(2): 110-113
- [11] Toy T J, Kuhaida A J J, Munson B E. The prediction of mean monthly soil temperature from mean monthly air temperature[J]. Soil Science, 1978, 126(3): 181-189
- [12] 林世如, 杨心仪. 土壤系统分类中年平均土温的判定[J]. 土壤, 1990, 22(1): 41-42
- [13] Barringer James R F, Lilburne L R. Developing fundamental data layers to support environmental modeling in New Zealand[C]//4th International Conference on Integrating GIS and Environmental Modeling, Banff, Alberta, Canada. 2000: 1-9
- [14] 陆晓辉, 董宇博, 涂成龙. 基于不同估算方法的贵州省土壤温度状况[J]. 土壤学报, 2016, 53(2): 125-134
- [15] 苏秀程, 王磊, 李奇临, 等. 近 50 a 中国西南地区地表干湿状况研究[J]. 自然资源学报, 2014, 29(01): 104-116
- [16] Palmer W C. Palmer-Havens Diagram for Computing Potential Evapotranspiration by the Thornthwaite Method[J]. US Department of of Agriculture, Soil Conservation Service, Portland, Oreg, 1960
- [17] 张甘霖, 龚子同. 土壤水分和温度状况类型区分最新进展[J]. 土壤学进展, 1993, 21(6): 14-20
- [18] 曹祥会, 雷秋良, 龙怀玉, 等. 河北省土壤温度与干湿状况的时空变化特征[J]. 土壤学报, 2015, 52(3): 528-537
- [19] 张慧智, 史学正, 于东升, 等. 中国土壤温度的空间预测研究[J]. 土壤学报, 2009, 46(1): 1-8
- [20] 刘耀宗. 山西土壤[M]. 北京: 科学出版社, 1992
- [21] 李连捷, 张凤荣等译. 土壤系统分类概念的理论基础(美 G.Smith)[M]. 北京: 北京农业大学出版社, 1988
- [22] 廖顺宝, 李泽辉, 游松财. 气温数据栅格化的方法及其比较[J]. 资源科学, 2003, 25(6): 83-88
- [23] 邱霞霞, 李德成, 赵玉国, 等. 复杂地区土壤调查样点可达性研究[J]. 土壤, 2015, 47(5): 984-988
- [24] 张甘霖, 王秋兵, 张凤荣, 等. 中国土壤系统分类土族和土系划分标准[J]. 土壤学报, 2013, 50(4): 826-834
- [25] 张凤荣, 王秀丽, 梁小宏, 等. 对全国第二次土壤普查中土类, 亚类划分及其调查制图的辨析[J]. 土壤, 2014, 46(4): 761-765
- [26] 张甘霖. 土壤调查实验室分析方法[M]. 北京: 科学出版社, 2012

Determination Method and Application of Soil Temperature Regime and Soil Moisture Regime in Chinese Soil Taxonomy ——A Case Study of Shanxi Province

LI Chao¹, ZHANG Fengrong^{1*}, WANG Xiuli², FENG Ting¹

(1 College of Resources and Environmental Sciences, China Agricultural University, Beijing 100193, China;

2 College of Resources and Environmental Sciences, Henan Agricultural University, Zhengzhou 450002, China)

Abstract: Soil temperature regime (STR) and soil moisture regime (SMR) are two important parameters to influence soil properties and determine soil types in soil taxonomy. However, the current methods to estimate STR and SMR are not perfect, for example, hard to get real-time data, complex of calculation processes, low accuracy of estimated result, weak applicability of estimating method. In this paper, based on meteorological data and 75 surveyed-profile data in Shanxi Province, new methods were set up to rapidly estimate STR and SMR, and their application in Soil Taxonomy was discussed in order to instruct similar regional soil survey and soil taxonomy. The results showed that the new method of STE estimation was favorable in soil taxonomy, and estimated results could replace reliably measured values of soil temperature in Shanxi region. The new method of SMR was only suitable in region without influence of ground water, while SMR of affected regions should consider actual situation of hydrological environment. However, because STR and SMR are complex and changeable in different landscapes, more and careful attention should be paid to STR and SMR determination in regional soil survey and soil taxonomy.

Key words: Soil taxonomy; Soil temperature regime; Soil moisture regime; Shanxi Province