

文章编号:1001-4810(2007)02-0111-08

基于遥感技术的贵州春季土壤水分空间分异研究

田雷^{1,2}, 杨胜天³, 王玉娟¹

(1. 北京师范大学环境学院, 北京 100875; 2. 交通部公路科学研究所, 北京 100088;

3. 北京师范大学地理学与遥感科学学院, 北京 100875)

摘要:通过对已建立的土壤水分运动模拟模型的校正,使之适合于喀斯特环境的土壤水分运移,并以遥感和GIS技术为依托,反演出贵州省大尺度下的各陆表参数(如:地表温度、NDVI、气温、日照时数等),进而模拟出贵州省土壤水分运动转化过程,定量描述了喀斯特地区土壤水分变化,并对影响土壤水分变化的相关因子进行相关性分析。结果表明:贵州春季土壤水分含量均值为0.23mm/mm,次降雨通过蒸散发和下渗等作用在10天左右的时间之后,土壤水分含量及其增长率接近稳定状态,平均土壤水分变化率为1.16%;降水量对土壤水分变化的影响程度较其它的气象因子大,与土壤水分的净相关系数较大,是土壤水分变化的最主要的净影响因子;春季贵州省土壤水分空间分布总体上呈现东南、南部较高,而中部、北部、西部地区较低的分布特征,主要原因之一是中北部地区主要以黄壤或水稻土为主,土壤孔隙较大,漏水较为严重,土壤保水性不强。

关键词:土壤水分;遥感技术;喀斯特地区;贵州

中图分类号:S512.6;S715.4

文献标识码:A

0 引言

土壤水在流域水循环过程中具有重要的地位,在土壤生态系统中,土壤水是物质流及物质流载体,是植被生长及生态恢复的主要限制因子。很多学者已进行了大量的研究,特别是随着野外观测实验的发展,研究内容也空前广泛,从农田、人工林和草地的土壤水分动态到土壤质地、坡度、坡向和利用方式对土壤水分的影响^[1~4]。在研究中发现,土壤水分与降水和蒸散发过程密切联系在一起,一个地区的降水和蒸散发特征对其土壤水循环有着重要的影响,但针对喀斯特地区这方面的研究相对较少。由于喀斯特地区土层薄、基岩漏水,土壤水循环转化成为限制土壤生态系统活力的主导性因子。与其它生态环境条件相比,喀斯特地区的降水和蒸散发有其独特的特征,因此,土

壤水运动的动力机制是喀斯特地区土壤退化与恢复过程的关键,同时也是研究区域生态环境物质能量循环的基础性问题。

目前,国内外已有许多研究建立了不同的土壤水分均衡模型,并已经将遥感技术应用其中,对分析土壤水分变化起到了推动作用。如Rao N. H. 等人曾对所设定的两土层单元的土体水分运移进行过描述^[5~6]。Chuanyan Zhao 等人应用Penman-Monteith公式计算植被蒸腾量和裸土蒸发量,并模拟不同时段土壤水分含量变化情况^[7]。利用依据于能量平衡原理而推导出的一层阻抗模型Penman-Monteith公式或修正的Penman-Monteith公式结合遥感图像数据估算蒸散发^[8]。在国内,张建伟、申双和在地处半干旱地区的甘肃天水 and 陕西泾阳两地,利用若干年份逐旬气象资料和土壤水分的实测值,建立了土壤水分动态模

基金项目:国家重点基础研究发展计划(973)项目(2005CB422207)、“高等学校学科创新引智计划资助”(Supported by the 111 Project)(NO. B06004)、长江学者与创新团队发展计划协助项目

第一作者简介:田雷(1980—),男,硕士,主要从事遥感和环境科学研究。E-mail:lei.tian@rioh.cn,电话:010-13269086911。

通讯作者:杨胜天(1965—),男,博士,教授,主要从事自然地理、遥感和环境科学研究。E-mail:yangshengtian@bnu.edu.cn,电话:(010) 58805034。

收稿日期:2006-10-18

拟模型,并进行了预报^[9]。但是,在我国已有均衡模型的研究区域大多集中在西北干旱、半干旱地区,对于西南喀斯特的特殊生境,利用均衡模型从面上来分析土壤水分时间动态和空间分布特点尚缺乏深入研究。本文以贵州省典型的喀斯特生态环境为研究区域,在建立了适合于喀斯特特殊生态环境的土壤水分均衡模型,并利用点的局部区域实测数据对模型进行时效和精度验证的基础上,将该模型应用到了贵州省大尺度范围,模拟出了连续两个月的日值土壤水分时间动态、空间分布情况。从定性和定量的角度对贵州省蒸散发量和土壤含水量的动态变化进行研究,通过其与相关因子的相关性研究,找出了影响贵州省蒸散发量、土壤水分变化的主要限制因子。

1 研究区概况

贵州地处低纬高原山区,平均海拔 1 218m,年均温为 15.6℃,属于典型的中亚热带湿润季风气候,年降水量 1 100mm 左右^[10]。研究区气候温和湿润,立体气候明显,热量较丰,南北差异小,东西差异大、降雨充沛,干湿季明显、总辐射弱,多散射光、湿度较大,风速较小,水、热条件良好,非常有利于多种植物生长发育,容易成林,热带、亚热带成分占明显优势^[11]。研究区内地形崎岖、山高坡陡,地形破碎,分布有发育比较成熟的残丘溶原、峰林盆地或峰林谷地喀斯特地貌^[12]。碳酸盐岩分布广,岩石裸露率高,喀斯特面积占总面积的 73%,耕作土壤面积小,以地带性黄壤、黄红壤为主,土壤分布零星且浅薄,而石漠化比例大^[13]。

2 数据及处理

气象数据:从中国气象局国家气象中心气象资料室中获得中国地面气候资料日值数据集,从中获得 2000 年 4、5 月份的气压、气温、相对湿度、降水量、风速和日照时数 6 个气象因子数据。以贵州省及其 300km 缓冲区内的 96 个气象站点为基础,应用克里格(kriging)方法对各气象因子进行空间插值,得到分辨率为 1km 的气象因子栅格数据,并将其投影转换为 Albers 等积圆锥投影。

遥感影像数据:影像数据选用 MODIS 数据,通过 MODIS 网站提供的 MRT 投影工具软件,将获得的遥感数据进行格式转换,在 ENVI 遥感软件及 ARCGIS 9.0 的支持下,将原来用于全球的 GOOD 投影转换为我国常用的 Albers 投影。

基础数据:中国 1km 分辨率 DEM 数据;1:400 万中国省界,1:400 万中国土壤图。

3 分析方法

本文所采用的土壤水分均衡模型已经过验证(参见文献[14])。验证结果显示,模拟值与实测值的动态变化趋势上可以看出土壤各层随着时间的延续,模拟值基本上分布在实测数值曲线的周围。从动态趋向上看,每一时间节点随着土壤层次加深,大部分模拟值的动态趋势与实测值有较高的吻合度。从相关性上可以看出,各层相关性基本在 65% 以上,有的达到 85%,说明大部分模拟值与实测值有较高的一致性。

3.1 土壤水模型

设时段初根系层土壤贮水量为 W_1 ,时段末为 W_2 ,根系层内土壤贮水量的变化用下式表示^[4]:

$$W_2 - W_1 = (R + I) - (E_a + T + L) \quad (1)$$

式中: R 为期内降水量; I 为灌水量; E_a 为土壤棵间蒸发量; T 为作物蒸腾量; L 为根系层向下渗漏量。

若将土壤根区分为若干层次,则降水量(R)和灌水量(I)转变为各层水分增量,同时不考虑层间水分向上运动,则分层土壤水分平衡方程表示为:

$$W_{i+1}^j = W_i^j + \Delta D_i^j - E_a^i - S_i^j \quad (\text{土壤表层,有棵间蒸发}) \quad (2)$$

$$W_{i+1}^j = W_i^j + \Delta D_i^j - S_i^j \quad (\text{无蒸发}) \quad (3)$$

式中: i 为土壤层次; j 为时间节点; E_a 为棵间蒸发量(只考虑表层时); ΔD_i 为降水或灌水后第 i 层土壤水分增量, S_i 为第 i 层作物根系的吸水量。

3.2 蒸散发计算模型

在土壤水分均衡模型中,蒸散发是其中一个重要的模块,采用 Penman 冠层蒸散发计算模式,参考作物蒸散量(ET_0)的计算采用 FAO-PPP-17 Penman 修正式,即:

$$ET_0 = \frac{(P_0/P) \cdot (\Delta \cdot \gamma) \cdot R_n + 0.26 \cdot (1 + 0.54 \cdot U_2) \cdot (e_a - e_d)}{1 + (P_0/P) \cdot (\Delta/\gamma)} \quad (4)$$

$$ET_p = K \cdot ET_0 \quad (5)$$

$$E = ET_p \cdot \exp(-0.4 \cdot LAI) \quad (6)$$

$$E_a = K_s \cdot E_p \quad (7)$$

式中, P_0 为海平面平均气压(kPa); P 为测站平均气压(kPa); Δ 为饱和水气压与温度关系曲线斜率(kPa/℃); γ 为干湿表常数(kPa/℃); R_n 为地表净辐射通量(kJ/m²·s); U_2 为 2m 高处的风速(m/s); e_a 为饱和水气压(kPa); e_d 为实际水气压(kPa); K_s 为土壤水分胁迫系数; K_c 为作物系数; ET_0 为参考作物

蒸散量(mm/d); ET_p 为潜在农田蒸散量(mm/d); E_p 为潜在裸间蒸发量(mm/d)。

3.3 气象参数处理方法

气象参数是水分模型运行不可缺少的因子,主要采取空间插值的方法。气象数据从国家气象中心获取。将气象站点数据经Kriging插值为空间栅格数据,然后进行投影转换。本文使用贵州省及其300km缓冲区内96个气象站点,其分布基本均匀。原始气象数据为TXT文本文件格式,以天为单位存储。实施步骤如下:

- ①首先根据站点的数量进行感兴趣站点数据的筛选。
- ②根据数据中所提供的站点经纬度信息,将各时相的数据转换为空间矢量数据,并赋予地理坐标信息。
- ③将所需参数值作为属性字段添加到矢量数据中。
- ④应用kriging方法进行空间插值。

4 结果分析

4.1 土壤水分空间分布特征

结合以上预处理的数据,通过建立的土壤水分均衡模型计算,得到的土壤水分空间分布如图1所示,图2为其土壤水分频度分布直方图。

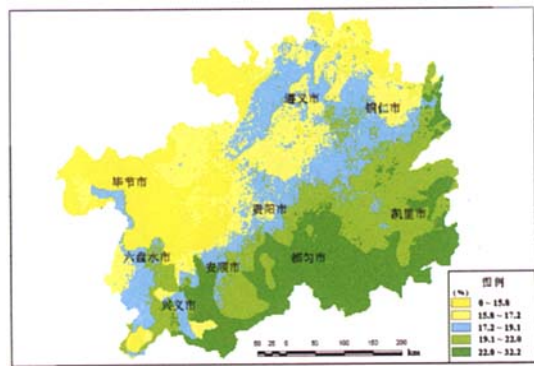


图1 贵州2004年4-5月土壤水分含量空间分布图
Fig.1 Spatial distribution of soil moisture between April and May in 2004 in Guizhou

贵州省土壤水分空间分布受纬度地带性、垂直地带性的综合影响较为复杂。图1表明,2000年4、5月份贵州省总体上呈现东南部、南部较高,而中部、北部、西部地区较低分布特征。其中黔南都匀市除其北部局部地段外的大部分地区、黔西南兴义市的东南

部、黔东南东南角及铜仁市的零星地区数值最高,基本在0.22~0.32mm/mm之间(mm/mm表示1mm高的土柱中所含的以mm为单位的水量高度,下同);毕节市、遵义市西部及铜仁市的东北边缘地区最低,基本在0~0.15mm/mm左右。从图2可以看出,土壤水分含量的频度分布呈锯齿形向右减小。土壤水分最高频率主要分布在0.16mm/mm附近。

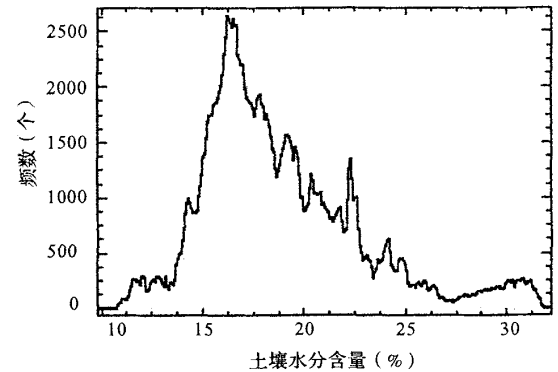


图2 贵州土壤水分含量频度分布图
Fig.2 Frequent distribution of soil moisture in Guizhou

4.1.1 气候、高程及植被盖度对土壤水分的影响

结合气候条件、植被覆盖情况和DEM高程空间分布规律可以看出:

黔东南、黔南地区海拔相对不高,在1000m左右,水热条件好,植被覆盖度较高,主要以亚热带常绿针、阔叶混交林和稀树草原等林地类型为主(黔东南为贵州省林地的主要分布区),全年植被覆盖时间较长,土壤水分含量也相对贵州其它地区最大,在0.22mm/mm以上。其中,贵州省的最南端部分区域的土壤水分含量最大,在0.30mm/mm左右。

贵州省的中部地区是喀斯特石漠化较为严重的区域,海拔大约在1300m左右,较贵州南部海拔高。该地区的土壤水分含量在0.15~0.2mm/mm之间。此区域人口较多,植被受人类干扰较为严重,土地开垦率高,森林植被破坏较为严重,主要以农业植被为主,并夹杂分布有一些稀疏灌丛、草地,土壤水分含量相对较低。

而在贵州省地势最高的西部地区,主要指毕节地区 and 六盘水市,海拔在1800~2400m,其土壤水分含量在0.15mm/mm以下。综合分析贵州省降水量、日照百分率、净辐射量及植被覆盖度,可以看出,该地区相对于贵州省其它地区降水量及植被覆盖率最小,受海拔高程的影响,日照百分率、净辐射量和实际蒸散发及植被覆盖度最大,导致该地区的土壤水分含量相对最小。

4.1.2 地貌、土壤类型对土壤水分的影响

4.1.2.1 贵州省土壤类型及其分布特点

土壤质地是土壤通气、透水、保水、保肥、供肥、保温、导温和可耕性等的决定性因素。因此,在相同的外界条件下,不同质地类型的土壤对于土壤水分影响也是不同的。为了获得研究区域的土壤质地数据,对1:400 万土壤类型图(图3)进行了质地转换,得到研究区域的土壤砂质含量分布图(图4)和土壤粘粒分布图(图5)。

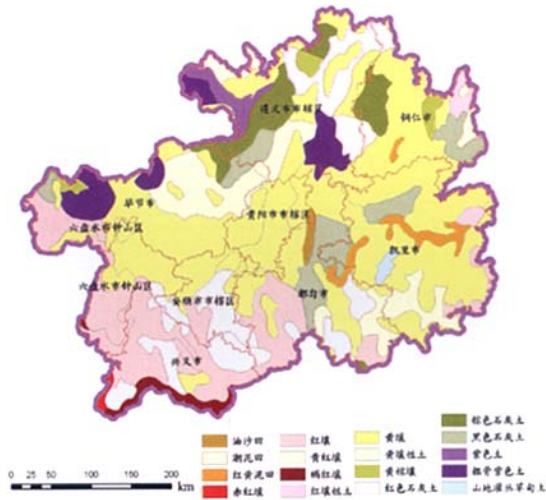


图3 贵州土壤类型分布图

Fig.3 Distribution of soil type in Guizhou

阳、黔东南及铜仁南部等区域砂质含量最高,粘粒含量最低,该区域土壤类型以黄壤为主,局部地区分布潜育型水稻土,零星分布有黄壤、黄棕壤、黑色石灰土、粗骨紫色土、山地灌丛草甸土;而贵州省南部地区如黔西南、安顺南部、黔南南部、黔东南南部及遵义北部区域砂质含量较低,而粘粒含量较高,该区域土壤类型主要以红壤为主,局部区域分布有黄红壤、褐红壤、红色石灰土、棕色石灰土。

4.1.2.2 土壤类型对土壤水分变化的影响

黄壤分布于贵州省相对湿润的亚热带与热带中北部山地,是氧化铁高度水化的土壤。富铝化作用比红壤弱,粘粒硅铝分子比率为2.5左右,呈弱酸性,土壤湿度大,因游离氧化铁水化而土体呈黄色。山地黄壤以林为主,丘陵黄壤可作农。黄棕壤以红色砂岩、砂砾岩为主要母质,黑色石灰土以坚硬变质岩、石灰岩为主要母质。该区域农业较为发达,土地受人类干扰的程度较为严重,土壤砂化明显,保水性较低,即使在降水较为频繁的情况下,土壤的含水量也较其它区域的低。

红壤主要分布在贵州南部中亚热带的低山丘陵区。粘粒硅铝分子比率为2.0~2.2,呈酸性,有机质一般为1%~2%,林下可达4%~7%。红壤以第四纪红土、泥质岩类为主要岩性。其中第四纪红色粘土上发育的红壤土层深厚,是以农为主兼多种经营的重要生产基地。该区域植被覆盖率高,土地开垦率较低,土壤结构破坏程度较小,土壤粘粒含量较大,土壤的保水性较高,在相同的外界条件下,土壤含水量较高。

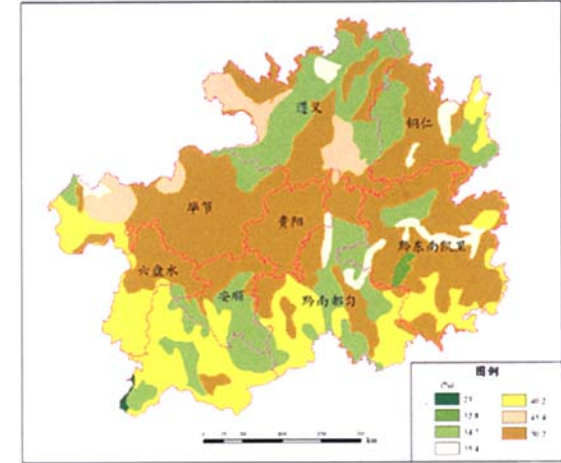


图4 贵州土壤砂质含量分布图

Fig.4 Distribution of sandy particles' content of soil in Guizhou

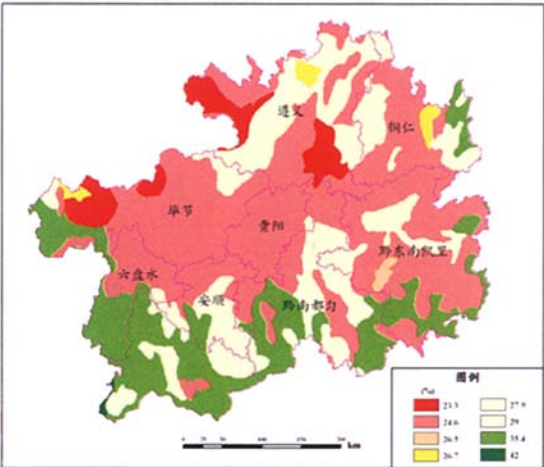


图5 贵州土壤粘粒含量分布图

Fig.5 Distribution of clayey particles' content of soil in Guizhou

从图3、4可以看出,贵州省中部地区如毕节、贵

4.2 土壤水分时序变化

在IDL 语言环境的辅助下,按照时间顺序对整个贵州省各栅格的土壤水分含量进行统计后求得各时间点的土壤水分含量的平均值,各时间点的土壤水分含量均值动态变化情况如图6 所示。基于统计好的各时间点的平均值,算出两时间点间的土壤水分变化率(增长率或衰减率)并按时间排序如图7 所示。

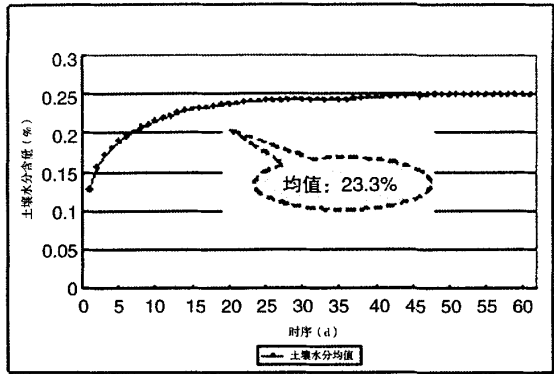


图6 贵州2000年4-5月土壤水分均值时序变化图
Fig. 6 Sequence diagram of mean soil moisture variation between April and May in 2004 in Guizhou

图6 表明,2000 年4、5 两月份的土壤水分含量均值为0.23mm/mm,由于4、5 月份为贵州省的雨季,降雨量较多,在设定初始土壤含水量(由于没有获得贵州省土壤水分空间分布数据,模型的初始值设定为田间持水量与凋萎含水量的均值)之后的10~15 天内土壤水分即接近稳定状态,这也说明该地区的次降雨通过蒸散发和下渗,土壤水分短时间就可以达到饱和。

图7 显示了土壤水分变化率随时间变化情况,从初始含水量之后的10 天左右,土壤水分的增长率基本上达到稳定状态,平均土壤水分变化率为1.16%,与模型验证时的结果较为吻合。

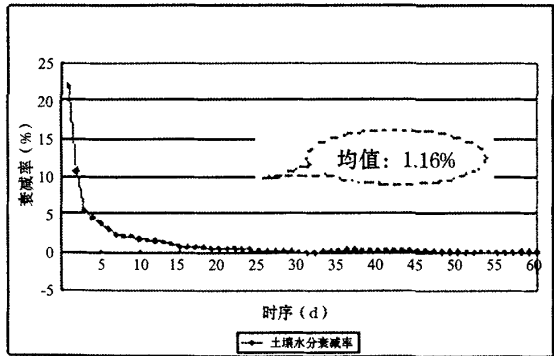


图7 贵州2000年4-5月土壤水分变化率随时间变化图
Fig. 7 Temporal regime of soil moisture variation between April and May in 2004 in Guizhou

4.3 蒸散发与降水计算结果

4.3.1 降水

在 ARC 命令环境下对降水数据进行空间插值,利用 ENVI 附带的 IDL 语言编程处理得到两个月降水因子的平均值,以 GIS 软件为平台得到降水因子在贵州省的空间分布状况如图8。

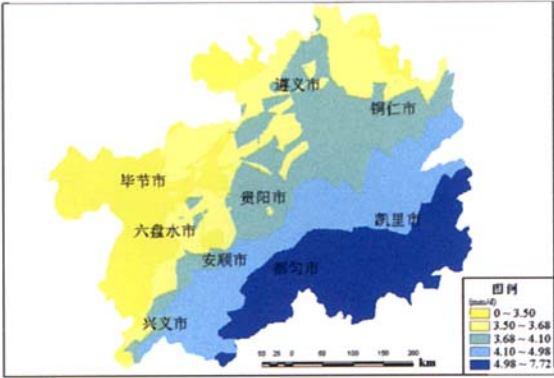


图8 贵州降水量空间分布图
Fig. 8 Spatial distribution of precipitation in Guizhou

4.3.2 蒸散发量

利用前面介绍的蒸散发模型,对贵州省的春季蒸散发量进行运算,其结果在空间上的分布如图9、图10 所示。

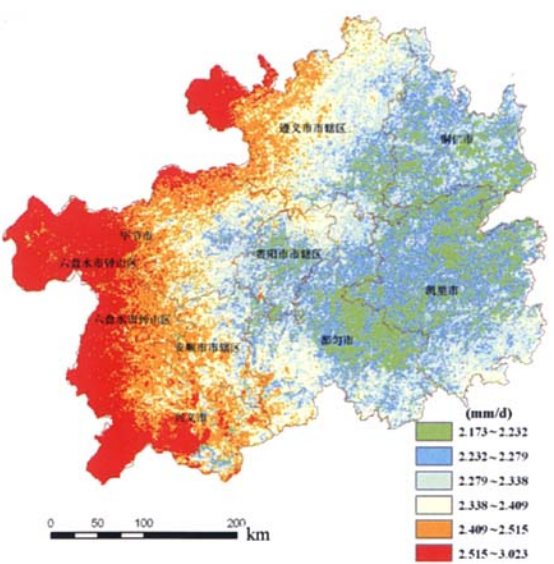


图9 贵州潜在蒸散发量空间分布图
Fig. 9 Spatial distribution of evapotranspiration capability in Guizhou

4.4 土壤水分与蒸散发、降水相关性分析

4.4.1 空间相关分析方法

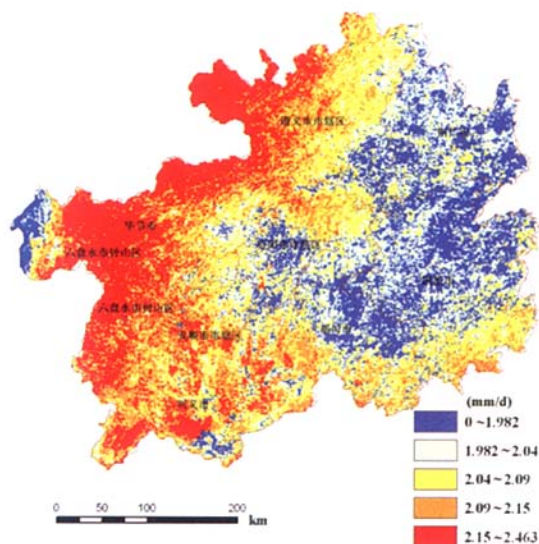


图 10 实际蒸散发量空间分布图

Fig. 10 Spatial distribution of actual evapotranspiration in Guizhou

括黔西南兴义市、六盘水市的南部。此外在贵州的东北边缘地带如铜仁市的东北边缘地带,也零星分布着一些相关系数较高的区域(相关系数大约在 37%~47%之间),说明该地区土壤水分的变化与蒸散发的关系较为密切,相对于其它地域,蒸散发是影响土壤水分变化的一个主要的限制因子。

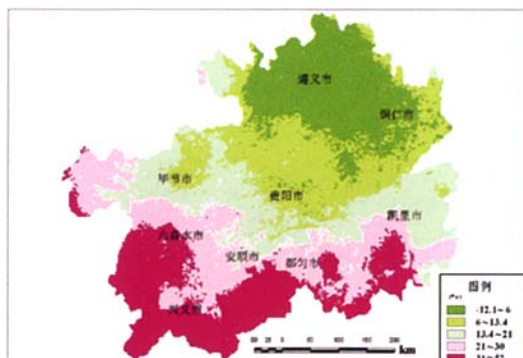


图 11 贵州土壤水分与实际蒸散发量相关系数图

Fig. 11 Correlativity between soil moisture and actual evapotranspiration in Guizhou

土壤水分均衡模型中,蒸散发量和降水量是模型的两个变化因子。本文在 ENVI 软件的支持下,利用 IDL 的编程环境,建立每个栅格土壤水分含量与蒸散发量和降水量的相关公式:

$$R_{xy} = \frac{\sum_{i=0}^{n-1} [(x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})]}{\sqrt{\sum_{i=0}^{n-1} (x_i - \bar{x})^2 \cdot \sum_{i=0}^{n-1} (y_i - \bar{y})^2}} \quad (8)$$

式中: R_{xy} 为变量 x, y 的相关系数; $\bar{x}, \bar{y}$ 为变量 x, y 的均值; n 为样本数。

然后,计算在蒸散发和降水分别固定情况下,土壤水分含量与蒸散发量、降水间的偏相关系数,计算公式为:

$$PR_{12,3} = \frac{r_{12} - r_{13}r_{23}}{\sqrt{(1 - r_{13}^2)(1 - r_{23}^2)}} \quad (9)$$

式中, $PR_{12,3}$ 为变量 V_3 固定后变量 V_1 与 V_2 间的偏相关系数, r_{12}, r_{13} 和 r_{23} 分别为变量 V_1 与 V_2, V_1 与 V_3, V_2 与 V_3 的相关系数^[15]。

4.4.2 土壤水分与实际蒸散发的关系

对 2000 年 4、5 月份的土壤水分含量和实际蒸散发数据对应栅格作相关分析及偏相关分析,结果如图 11 和图 12 所示。

图 11 表明,2000 年 4、5 月份贵州省土壤水分与实际蒸散发的相关系数在 0%~50%之间。土壤水分与实际蒸散发相关系数较高的地区在黔西南地区,包

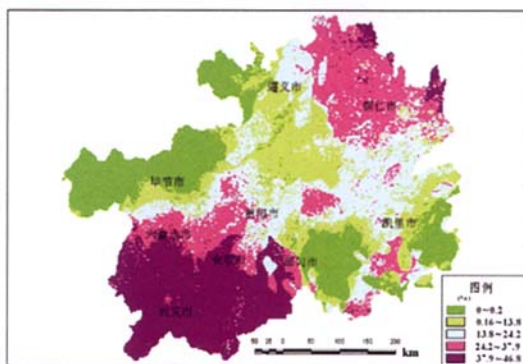


图 12 贵州土壤水分与实际蒸散发量偏相关系数图

Fig. 12 Partial correlativity between soil moisture and actual evapotranspiration in Guizhou

对比图 11 图 12 可以发现,偏相关系数的空间分布格局与相关系数的格局大体一致,但是对应栅格的偏相关系数较相关系数普遍有所降低,即除去降水的影响后,贵州省大部分地区土壤水分与实际蒸散发的相关系数有所下降,说明土壤水分变化不仅与蒸散发相关,而且还与降水有关。黔东南兴义市及铜仁市东北边缘地带的偏相关系数较其它地区大,在 38%~47%之间,说明该地区蒸散发在土壤水分变化过程中起到的影响作用较大。

4.4.3 土壤水分与降水量的关系

图13至图14为土壤水分含量与降水量的相关系数和偏相关系数空间分布图。

从图13可以看出,2000年4、5月份贵州省土壤水分与降水量的相关系数在 $-12\%\sim 52\%$ 之间,集中分布范围为 $5\%\sim 40\%$,跨度较大。土壤水分与实际蒸散发相关系数较高的地区在贵州的南部和西南部地区,包括黔西南兴义市、六盘水市的南部、黔南都匀市的南部和黔东南凯里市的东南角部分地区,相关系数大约在 $31\%\sim 52\%$ 之间,说明该地区土壤水分的变化与降水量的关系较为密切,相对于其它地域,降水量是影响土壤水分变化的主要限制因子。

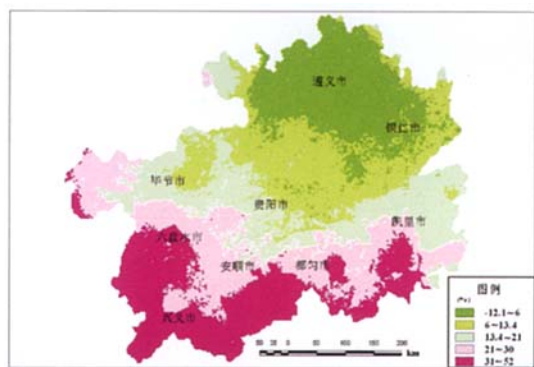


图13 贵州土壤水分与降水相关系数图

Fig. 13 Correlativity between soil moisture and precipitation in Guizhou

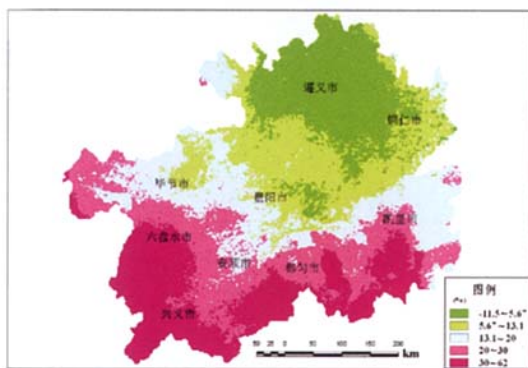


图14 贵州土壤水分与降水偏相关系数图

Fig. 14 Partial correlativity between soil moisture and precipitation in Guizhou

将图14与图13对比后发现,偏相关系数的空间分布格局与相关系数的分布格局大体一致,但是对应栅格的偏相关系数较相关系数普遍有所增加,即除去

实际蒸散发的影响后,贵州省大部分地区土壤水分与降水量的相关系数有所增加。贵州的南部和西南部地区,包括黔西南兴义市、六盘水市的南部、黔南都匀市的南部和黔东南凯里市的东南角部分地区偏相关系数较其它地区大,在 $40\%\sim 62\%$ 之间,说明该地区降水在土壤水分变化过程中起的作用较大。

5 结 论

(1) 春季贵州省土壤水分空间分布总体上呈现东南、南部较高,而中部、北部、西部地区较低的分布特征。黔南都匀市除其北部局部地段外的大部分地区、黔西南兴义市的东南部、黔东南南部及铜仁市的零星地区土壤水分含量最高;毕节市、遵义市西部及铜仁市的东北边缘地区水分含量最低。

(2) 土壤水分与降水量的相关性较与蒸散发量的大。

(3) 降水量对土壤水分变化的影响作用最大,是研究时段内贵州省土壤水分变化的最主要的净影响因子。

(4) 黔南地区的土壤水分含量较黔中北部地区的大,其主要原因之一是黔中北部地区主要以黄壤或水稻土为主,土壤孔隙较大,漏水较为严重。

参考文献

- [1] 赵世伟,周印东,吴金水. 子午岭北部不同植被类型土壤水分特征研究[J]. 水土保持学报,2002,16(4):119-122.
- [2] 黄奕龙,陈利顶,傅伯杰,等. 黄土丘陵小流域地形和土地利用对土壤水分时空格局的影响. 第四纪研究[J],2003,23(3):334-342.
- [3] 杨秀春,徐斌,严平. 农牧交错带不同农田耕作模式土壤水分特征对比研究[J]. 水土保持学报,2005,19(2):125-129.
- [4] 王军,傅伯杰,邱扬,等. 用空间内插法研究黄土丘陵小流域土壤水分时空分布特征[J]. 自然科学进展,2002,12(4):430-433.
- [5] Rao N H. . Field test of a simple soil water balance model for irrigated areas[J]. J. Hydrol,1987,91:179-186.
- [6] Rao, N. H. , Sarma, P. B. S. , Chander, S. . Irrigation scheduling from a limited water supply [J]. Agric. Water Manage, 1988,15:165-175.
- [7] Chuanyan Zhao, Zhaodong Feng, Guodong Chen, Soil water balance simulation of alfalfa (Medicago sativa L.) in the semi-arid Chinese Loess Plateau[J]. Agric. Water Manage, 2004, 69: 101-114.
- [8] S. S. Ray, V. K. Dadhwal. Estimation of crop evapotranspiration of irrigation command area using remote sensing and GIS. Agric[J]. Water Manage, 2001,49:239-249.
- [9] 张建伟,申双和. 旱地水分土壤水分的动态模拟[J]. 新疆气象, 1997. 20(3):33-37.
- [10] 万军. 贵州省喀斯特地区土地退化与生态重建研究进展[J]. 地球科学进展,2003, 18(3):447-453.

- [11] 吴俊铭,童碧庆,杨静.论贵州喀斯特地区气候与生态环境治理的关系[J].贵州气象,2003,27(5):25—28.
- [12] 邓晓红,毕坤.贵州省喀斯特地貌分布面积及分布特征分析[J].贵州地质,2004,21(3):191—194.
- [13] 谢双喜,丁贵杰,刘官浩.贵州贞丰县兴北喀斯特森林植被的调查分析[J].浙江林业科技,2001,21(5):63—67.
- [14] 杨胜天,田雷.喀斯特地区土壤水分层均衡模型应用研究[J].中国岩溶,2005,24(3):186—191.
- [15] 朱文泉.中国陆地生态系统植被净初级生产力遥感估算及其与气候变化关系的研究[D].北京:北京师范大学,2005.

Analysis on spatial variation of soil moisture in the spring in Guizhou based on RS

TIAN Lei^{1,2}, YANG Sheng-tian³, WANG Yu-juan¹

(1. State Key Laboratory of Water Environment Simulation, School of Environment, Beijing Normal University, Beijing 100875, China; 2. Research Institute of Highway Ministry of Communications, Beijing 100088, China;

3. State Key Laboratory of Remote Sensing Science, School of Geography, Beijing Normal University, Beijing 100875, China)

Abstract: The conversion flux of soil moisture between soil and vegetation, soil and parent rock determines the vitality of the soil ecosystem in karst areas, and it is also the key dynamic factor to soil degradation. So if the changed amount of water conversion fluxes among those interfaces at the facial scale the major mechanism of the moisture and energy motion in karst area will be revealed, which is very important to quantitative researching into ecologic devolution led by the soil degradation in karst area. There have been many different kinds of model related to soil moisture in different areas. The paper introduces a soil moisture model and recites it by many monitoring data and meteorological data to adapt to the soil moisture motion in karst areas. The paper also inverses the factors (e. g. the vegetation index, the surface temperature, the albedo and so on) needed in the model by remote sensing techniques. And further on, the process of soil moisture is modulated and described quantitatively, and correlation analysis to the related factors that influencing soil moisture variation is made. In spring, the mean value of the soil moisture in Guizhou is 0.23mm/mm, the soil water increase rate gets to stable state after 10 days, and the mean soil water variation rate is 1.16%. The influence of precipitation on soil moisture is more important than other meteorological factors, the correlation between soil moisture and precipitation is very strong, and the precipitation might be the major factor in soil moisture variation. The soil moisture at southeast and south Guizhou province is higher than that at the middle, north and west areas. At the middle Guizhou province, the main soil types are yellow soil and paddy soil with bigger soil pore, more serious water leakage and low water capacity.

Key words: Soil moisture; remote sensing technique; karst area; Guizhou