

# 基于MODIS数据的陕西省植被净初级生产力与实际蒸散的变化关系

陕西省气象局遥感中心:王娟、何慧娟、卓静等

# 主要内容：

- 一、研究目的及意义
- 二、研究区概况及
- 三、数据来源及研究方法
- 四、结果与分析
- 五、结论

# 一、研究目的及意义

- 近年来，全球气候变暖所带来的环境问题已成为生态学领域研究的热点问题，碳循环及水循环是生态系统中重要的组成部分。
- 植被净初级生产力（NPP）是指植物在单位时间和单位面积上所积累的有机干物质总量。植被NPP不仅是全球碳循环过程中的重要环节，而且是估算和评价陆地生态系统可持续发展的一个重要生态指标。
- 蒸散（Evapotranspiration, ET）是植被及地面向大气输送的水汽总通量。包括地表蒸发量和植物蒸腾量两部分，是下垫面向大气水汽输送的重要途径，对ET过程的研究可了解陆面过程的能量平衡和水分循环，它对维持地表水分循环和能量平衡起着至关重要的作用，并对全球气候变化和生态系统中水循环具有重要的研究意义。

## 二、研究区概况

- 陕西省位于西北地区东部 ( $105^{\circ} 29' \sim 111^{\circ} 15' \text{ E}$ ,  $31^{\circ} 42' \sim 39^{\circ} 35' \text{ N}$ )，南北向长约880 km，东西宽约160~490 km；地势中部低，南北高，海拔在500 m~2000m之间，年平均降水量 576.9mm，年平均气温 $13.0^{\circ}\text{C}$ ，无霜期218 d左右，全省自北向南依次分布着温带草原、森林草原、暖温带落叶阔叶林和北亚热带常绿阔叶林，全省平均森林覆盖率41.4%。

# 三、数据来源及研究方法

- 3.1 数据来源：
- 本研究所用的植被NPP数据MOD17A3为美国蒙大拿大学反演的2000—2014年的年NPP数据 (<ftp://ftp.nts.g.umt.edu/>)，空间分辨率1km×1km。
- MOD16蒸散数据集主要使用2000—2014年MODIS传感器遥感反演数据（下载地址同上），蒸散数据产品有两种：一种是蒸散（ET），即实际陆面蒸散量；另一种是潜在蒸散（Potential ET，简称PET），本文为了与NPP数据时间尺度保持一致，使用实际陆面蒸散量（ET）年值，空间分辨率1km×1km。
- 对NPP及ET数据预处理流程为：利用MRT工具进行数据镶嵌及投影转化，并对处理过的数据进行区域裁剪。

## ◦ 3.2研究方法

### ● 3.2.1年际变化计算

- 应用一元线性回归分析法对陕西省NPP及ET进行时间趋势分析，其计算公式为：

- $$\beta = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(t_i - \bar{t})}{\sum_{i=1}^n (t_i - \bar{t})^2}$$

- 利用NPP或ET序列和时间序列的相关关系判断NPP或ET年际变化的显著性， $\beta$ 值大小反映了NPP或ET年际变化的增加或降低，为正表示NPP或ET上升，反之则表示下降。此方法采用相关系数的检验方法进行显著性检验。

### • 3.2.2相关性计算

- 采用逐像元空间分析法，分析NPP与ET之间的相关系数，本文使用Pearson系数法，公式为：

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

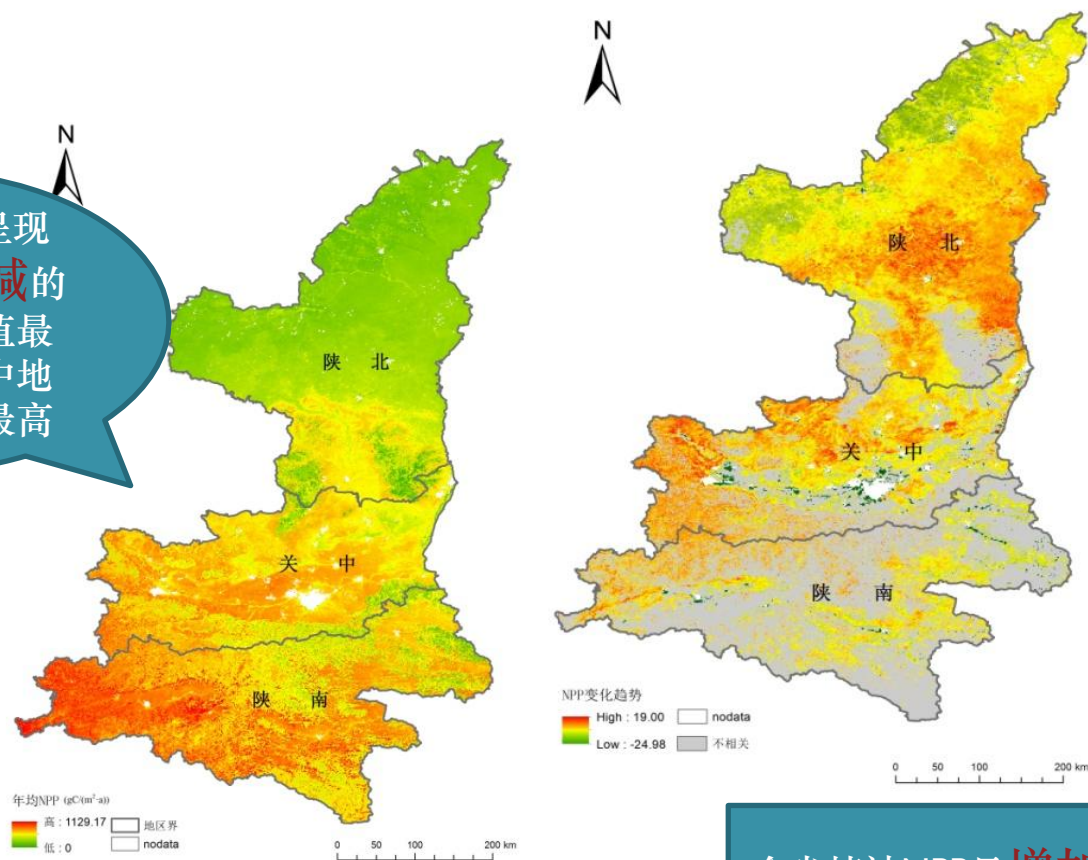
以上方法应用显著性检验结果分为如下等级：极显著（ $P \leq 0.01$ ），很显著（ $P \leq 0.05$ ），

显著（ $P \leq 0.1$ ）。

# 四、结果与分析

## 4.1 2000—2014年陕西省植被NPP时空分布特征

全省NPP变化呈现由南向北递减的趋势，陕北均值最低，其次是关中地区，陕南全省最高



全省植被NPP呈**增加趋势**，仅有陕南大部分地区及关中南部分地区增加趋势不显著，不显著区域占全省面积的35.85%。

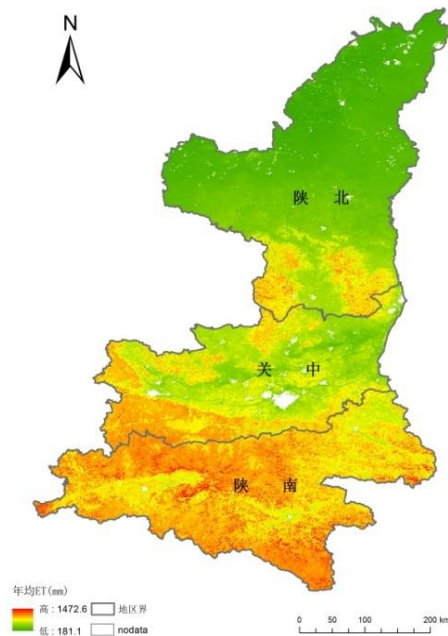


表 1 2000-2014 年陕西省各区域植被 NPP 均值及年际变化率

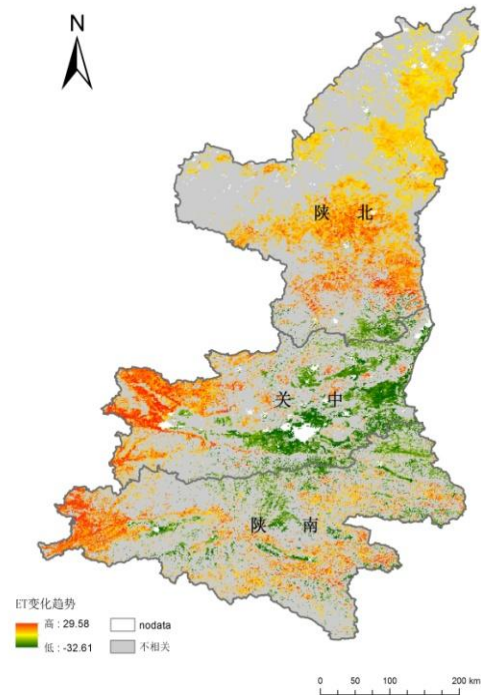
NPP	平均值	年际变率	相关系数	显著性
陕北	216.98	5.98	0.72	极显著
关中	410.93	5.73	0.49	显著
陕南	457.37	4.05	0.33	不显著
全省	349.08	5.27	0.53	显著

分别统计陕西省三大区域的植被 NPP 均值、年际变化率及显著性检验（表 1），2000—2014 年全省植被 NPP 多年平均值为  $349.08 \text{ gC}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{a}^{-1}$ ，年际变化率为 5.98，通过  $p \leq 0.05$  的显著性检验。陕北地区植被 NPP 多年平均值为  $216.98 \text{ gC}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{a}^{-1}$ ，年际变化率最高达 5.98，通过  $p \leq 0.01$  的显著性检验；关中地区植被 NPP 年际变化率次之为 5.73，陕南地区最低仅为 4.05，且未通过显著性检验（ $p \leq 0.1$ ）。

## 4.2 2000—2014年陕西省实际蒸散（ET）时空分布特征



全省蒸散量分布有明显的空间差异，呈现由南向北递减的趋势。说明在陕西南部地区水分较为充足，而在陕西北部较为缺水。



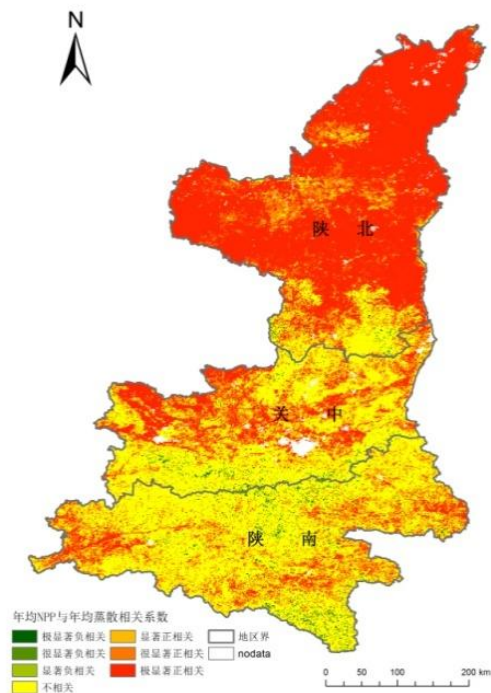
全省蒸散量变化趋势与植被覆盖情况联系紧密，植被覆盖度高的地区蒸散量大。

表 2 2000-2014 年陕西省各区域 ET 均值及年际变化率

ET	平均值	年际变化率	相关系数	显著性
陕北	325.20	2.11	0.30	不显著
关中	518.87	-0.21	-0.01	不显著
陕南	672.30	0.60	0.07	不显著
全省	493.18	0.99	0.14	不显著

2000—2014年全省蒸散量多年平均值为493.18mm，年际变化率仅为0.99，未通过显著性检验。陕北地区蒸散量多年平均值为325.20mm，年际变化率为各区域最高达2.11；关中地区蒸散量均值为518.87mm，年际变化率为负，该区域城市较多，受城市化冲击较大，且地处较干旱地区，周边植被覆盖水平变差，蒸散量也较低；陕南地区蒸散量均值最高为672.30mm，年际变化率为0.60，全省各区均未通过显著性检验（ $p \leq 0.1$ ）。

## 4.3 2000—2014年植被NPP与ET的关系



逐像元分析植被 NPP 与蒸散量 ET 的空间相关关系 (图 3), 全省各区域均呈现正相关关系, 但很多地区正相关系数较低, 全省范围内没有通过显著性检验 ( $p \leq 0.1$ ) 的区域达到 40.48%, 尤其是陕南绝大部分地区相关系数较低未通过检验; 关中地区西北部呈现极显著正相关, 关中地区渭北旱作区呈极显著正相关的区域也较多, 陕北地区达到显著正相关的区域达到 76.23%, 正如相关介绍陕北地区自然环境较差, 年降雨量较少, 地面蒸发量与植被蒸腾作用产生的水汽含量较低, 蒸散量也较低, 植被生长状况较差, 植被 NPP 较低。

- 由于陕北地区植被NPP与蒸散量ET相关性更加紧密，进一步建立一元线性回归方程分析陕北地区逐年植被NPP与蒸散量ET的相关关系，结果表明：2000—2014年间陕北地区植被NPP与蒸散量ET的相关关系在删除个别异常数据之后均呈极显著正相关关系。在陕北地区植被NPP的大小与蒸散量的多少有着密切的关系，陕北地区年降雨量少，蒸散量是水分交换的主要途径，当干旱发生时，水分平衡发生了变化，地表蒸散及植被的蒸腾作用均较低，导致该区域植被生长水平状况受到影响，作为植被生长状况的主要衡量标准之一的植被NPP也因此受到了影响。当下垫面水分充足时，太阳净辐射、温度及风速等因素成为驱动蒸散发变化的主要因素，而当在下垫面比较干旱时，蒸散量主要受土壤水分影响，干旱是影响植被生长的重要因素之一，因此越是在干旱的地区植被生长与蒸散量的关系愈发紧密。

# 五、结论

- (1) 陕西省2000—2014年年植被NPP均值呈现由南向北逐步减少的空间特征，陕南地区植被NPP最高，其次是关中地区，陕北地区尤其是长城沿线风沙区是植被NPP最低。2000-2014年陕西省植被NPP在波动中呈上升趋势，全省年际变化率达5.27，陕北地区年际变化率最高达5.98，陕南地区最低。
- (2) 2000—2014年年ET均值呈现由南向北逐步减少的趋势，陕南地区年均蒸散量700~800mm之间，该区域气候宜人，降雨充沛因此蒸散量ET值最高，关中地区逐渐向陕北黄土高原区过渡，蒸散量ET值在600mm左右，陕北地区较为干旱，蒸散量在200mm左右。2000—2014年全省蒸散量ET年际变化率仅为0.99。全省各个区域均为通过显著性检验。
- (3) 逐年分析植被NPP与ET相关性，结果表明陕西省植被NPP与蒸散量ET的相关系数较高，通过了 $p < 0.05$ 的显著性检验。逐像元进一步分析植被NPP与蒸散量ET的相关关系结果表明全省40.48%的区域未通过显著性检验 ( $p > 0.1$ )，尤其是陕南绝大部分地区未通过检验。

# 讨论：

陕北地区植被NPP与蒸散量ET的相关性极高，两者相互作用，在下垫面水分交换的过程中，植被得到了充足的水汽才能良好的生长，特别是在干旱的区域，蒸散量的多少直接影响到植被NPP的大小即植被生长状况是否良好，相反植被生长状况也直接影响了植被的蒸腾作用，进一步影响到蒸散量的多少。本文的不足之处在于没有进一步分析不同植被类型下植被NPP与ET的关系，该区域十几年间植被覆盖类型发生巨大变化，在退耕还林还草过程中，大量的耕地被转变为林地、草地，进一步研究该区域不同土地利用类型对植被NPP与ET的影响，可探究该区域在下垫面的改变下植被NPP与ET的相关关系，对该区域生态环境建设提供理论依据。

谢谢！ 请批评指正！