

曾 燕,谭云娟,邱新法,等. 我国十大流域不同等级降水的变化趋势分析[J]. 江苏农业科学,2017,45(14):189-195.

doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2017.14.052

# 我国十大流域不同等级降水的变化趋势分析

曾 燕<sup>1</sup>,谭云娟<sup>2</sup>,邱新法<sup>3</sup>,刘昌明<sup>4</sup>

(1. 江苏省气候中心,江苏南京 210009; 2. 南京信息工程大学地理与遥感学院,江苏南京 210044;

3. 南京信息工程大学应用气象学院,江苏南京 210044; 4. 中国科学院地理科学与资源研究所,北京 100101)

**摘要:**利用我国 612 个气象站 1961—2010 年逐日降水量资料,分析我国十大流域不同等级降水量的年度、季节变化趋势。结果表明,近 50 年来我国不同等级降水存在明显的季节和地区差异。全国十大流域中,西北诸河流域具有明显的变湿趋势,即年降水量呈现明显的上升趋势,其不同等级降水,即小雨、中雨和极端降水的降水量也体现出一致上升的趋势。辽河流域、海河流域和黄河流域呈变干趋势,即年降水量呈现下降趋势,其中辽河流域主要是由小雨和夏季中雨的降水量下降引起;海河流域由小雨、暴雨(或极端降水)的降水量下降引起;黄河流域主要由小雨、中雨的降水量下降引起。就不同级别降水的降水量变化趋势而言,小雨和极端降水的降水量变化趋势较为突出,小雨的降水量在全国东部大部分地区,即辽河流域、海河流域、黄河流域、淮河流域、长江流域和珠江流域均呈下降趋势;极端降水的降水量在我国西部与东南大部分地区,即西北诸河流域、淮河流域、长江流域东部、东南诸河流域、西南诸河流域和珠江流域东部均呈上升趋势。

**关键词:**不同等级降水;十大流域;降水量;极端降水;流域;趋势分析

**中图分类号:** S161.6 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2017)14-0189-06

我国幅员辽阔,地理跨度较大,降水南多北少,呈现出明显的季节和区域特性,且不同等级的降水量各不相同。因此,研究我国不同区域不同等级降水量的年度、季节变化趋势,对掌握我国大范围旱涝变化规律具有重要的指导意义。

目前已有部分学者对不同等级降水的特征进行了分析。朱坚等将我国东部地区划分为华南、江淮、华北、东北等 4 个区域,重点讨论了各地区不同强度降水量的变化情况<sup>[1]</sup>。林云萍等将我国划分为西北西部、西北东部、青藏高原、川西高原、四川盆地、西南地区、东北地区、华北平原、黄土高原、江淮地区、江南地区、东南地区等 12 个区域,分析了不同区域 9 个不同等级降水的变化趋势<sup>[2]</sup>。高理等利用近 52 年山东省降水资料,从不同等级强降水日数、强度等的时空变化特征的角度分析了山东省夏季的降水特点<sup>[3]</sup>。李菲等分析了宁夏地区不同等级降水量的年度、季节变化特征<sup>[4]</sup>。徐新创等将我国划分为东北、黄淮海、西北、西藏、西南、长江中下游、东南等 7 个区域,分析了我国不同区域不同等级降水的年际、年代际的变化趋势,以及不同等级降水变化在降水量增量中的贡献<sup>[5]</sup>。以上学者大多以行政区为对象,研究不同等级降水年际、年代际的变化趋势,而对我国不同流域不同等级降水的变化趋势研究较少。本研究采用水利部流域水系划分标准<sup>[6]</sup>,将我国划分为十大流域,分别是松花江流域、辽河流域、海河

流域、黄河流域、淮河流域、长江流域、珠江流域、东南诸河流域、西南诸河流域、西北诸河流域,并以此十大流域为研究对象,利用我国气象站逐日降水资料,对 1961—2010 年我国不同流域不同等级降水量年度、季节的变化趋势进行探讨,且在此基础上进一步对极端降水的年度、季节变化趋势进行分析。

## 1 资料与方法

### 1.1 资料来源与处理

降水数据来源于中国气象科学数据共享服务网提供的我国 824 个气象站 1951 年至今的逐日降水量资料,经过了初步的质量控制。选取能完整包含 1961—2010 年,并且在该时段内无漏测数据的 612 个台站的降水观测数据作为本研究的基础资料。

### 1.2 研究方法

1.2.1 气候倾向率 将研究区内气象台站的  $x$  要素(降水量)与时间序列  $t$  进行线性趋势拟合,其趋势变化用一次线性方程表示,即

$$\hat{x} = a_0 + a_1 t \quad (t = 1, 2, 3, \dots, n). \quad (1)$$

将  $a_1 \cdot 10$  称为气候倾向率,表示要素  $x$  每 10 年的变化率。

1.2.2 气候趋势系数<sup>[7-8]</sup> 相关公式如下:

$$r_{xt} = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(i - \bar{i})}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 (i - \bar{i})^2}}. \quad (2)$$

式中: $r_{xt}$  为  $n$  个时刻(年)的要素序列与自然数列  $1, 2, 3, \dots, n$  的相关系数,其中  $n$  为年数; $x_i$  为第  $i$  年要素值, $\bar{x}$  为其样本均值; $\bar{i} = (n + 1)/2$ 。 $r_{xt}$  为正(负)值时,表示该要素在所计算的  $n$  年内有线性上升(下降)的趋势,并将计算所得的气候趋势系数进行  $t$  检验,判断其变化的可信度。

收稿日期:2016-03-21

基金项目:国家自然科学基金(编号:41330529);中国气象局气候变化专项(编号:CCSF201411);江苏省第四期“333 高层次人才培养工程”专项资金(编号:BRA2014373)。

作者简介:曾 燕(1972—),女,吉林延吉人,博士,研究员,主要从事气候资源与 GIS 应用研究。E-mail:jlzengyan@sina.com。

通信作者:谭云娟,硕士研究生,主要从事 GIS 在气象中的应用研究。E-mail:593674134@qq.com。

1.2.3 雨量分级标准 采用中央气象台的降水划分标准<sup>[9]</sup>,将日降水量  $P$  划分为 4 个等级,分别是小雨: $0.1\text{ mm} \leq P < 10.0\text{ mm}$ ;中雨: $10\text{ mm} \leq P < 25\text{ mm}$ ;大雨: $25\text{ mm} \leq P < 50\text{ mm}$ ;暴雨: $P \geq 50\text{ mm}$ 。

1.2.4 极端降水阈值的确定 我国幅员辽阔,气候类型多样,从南到北、从东至西降水量差异巨大,因此,简单地用日降水量划分降水等级对全国而言不尽合理,尤其是对降水量偏少的西北地区而言,日降水量为  $25\text{ mm}$  的概率较小,据此,采用极端降水这一指标。根据世界气象组织的规定,将  $>90\%$  分位点或  $<10\%$  分位点的事件定义为极端事件。本研究以  $95\%$  分位点值作为极端值的阈值来分析极端降水事件,其具体判定方法<sup>[10]</sup>:把每个站 1961—2010 年逐年湿日(日降水量  $\geq 0.1\text{ mm}$ )降水量从小到大进行排序,选取每个序列的第 95 个百分位值,将其 50 年平均值作为该站极端强降水事件的阈值,当该站某日降水量超过极端强降水事件的阈值时,称为极端强降水事件。在此基础上,统计各站逐年极端降水事件日数及其对应降水量。对极端降水阈值的确定,采用 Bonsal 等提出的方法<sup>[11]</sup>:例如气象要素  $x$  有  $n$  个值,将这  $n$  个值按升序排列: $x_1, x_2, \dots, x_m, \dots, x_n$ ,某个值  $\leq x_m$  的概率计算公式如下:

$$P = (m - 0.31) / (n + 0.38)。(3)$$

式中: $m$  为  $x_m$  的序号; $n$  为气象要素值的数量,个。如果有 30 个值,那么第 95 个百分位上的值为排序后的  $x_{29}$  ( $P = 94.4\%$ ) 和  $x_{30}$  ( $P = 97.7\%$ ) 的线性插值。

2 不同等级降水的变化趋势分析

以通过统计检验作为站点降水量发生显著变化的评判标准,由图 1 可知,近 50 年来我国小雨年降水量具有非常清晰的变化格局,西部为增加趋势,东部为下降趋势;小雨年降水量呈显著上升趋势的站点主要分布在西北诸河流域,呈显著下降趋势的站点主要分布在长江流域、珠江流域、黄河流域、淮河流域、海河流域及辽河流域。中雨年降水量在西部依然为上升趋势,处于我国地势第二阶梯的黄土高原、四川盆地、云贵高原为下降趋势;中雨年降水量显著上升的站点主要分布在西北诸河流域,降水量显著下降的站点主要分布在长江流域中部、黄河流域中部与东部、珠江流域西部。大雨年降水量变化趋势在全国无明显的分布格局,降水量显著上升的站点主要分布在西北诸河流域和长江流域东部。由于暴雨的判断标准为日降水量  $P \geq 50\text{ mm}$ ,西部很多气象台站日降水量达不到此级别,因此,其站点主要分布于东部;暴雨年降水量显著上升的站点主要分布在长江流域,暴雨年降水量显著下降的站点主要分布在海河流域。

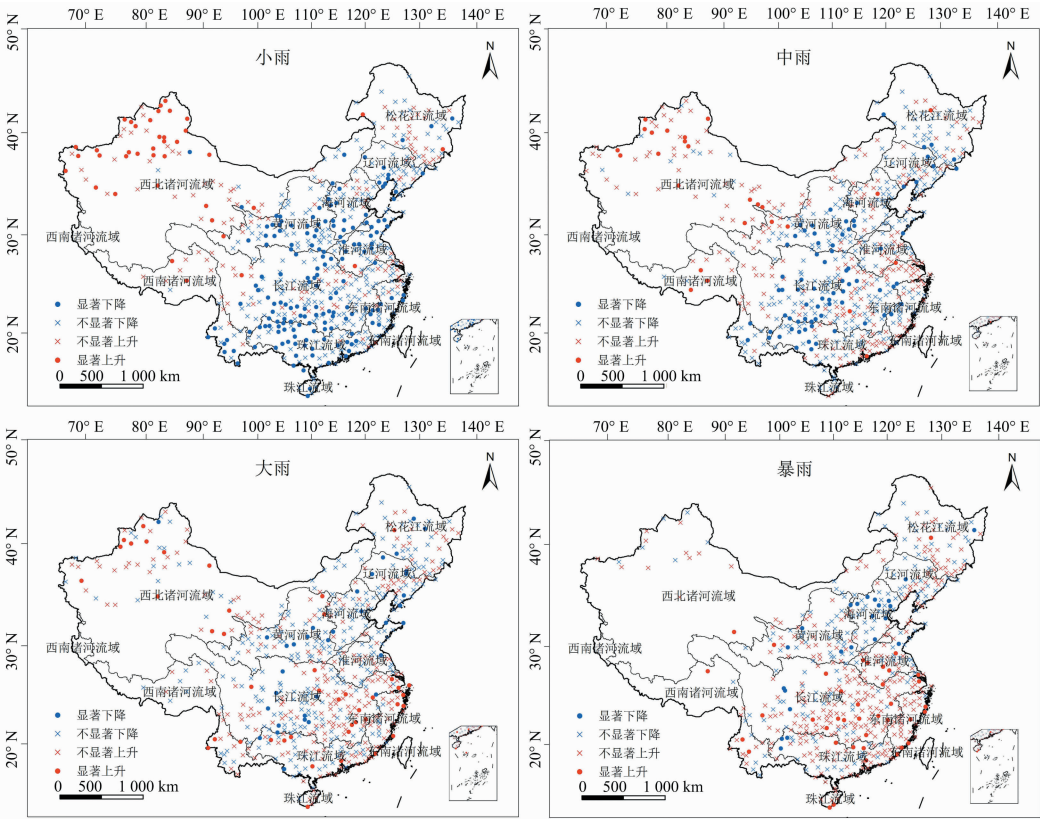


图1 1961—2010 年我国不同等级年降水量变化趋势的空间分布

由图 2 可知,近 50 年来我国春季小雨降水量显著上升的站点主要分布在松花江流域,降水量显著下降的站点主要分布在淮河流域、长江流域东部、黄河流域东部和东南诸河流域。夏季小雨降水量显著上升的站点主要分布在西北诸河流域,降水量显著下降的站点主要分布在松花江流域、辽河流

域、海河流域、珠江流域。秋季全国小雨降水量变化趋势有明显的时空分布格局,东部小雨降水量为下降趋势,西部小雨降水量为上升趋势;秋季小雨降水量显著上升的站点主要分布在西北诸河流域,小雨降水量显著下降的站点主要分布在松花江流域、海河流域、黄河流域、长江流域、淮河流域、珠江流

域及东南诸河流域。冬季全国小雨降水量变化趋势依然有明显的时空分布格局,除珠江流域外,全国大部冬季小雨降水量呈上升趋势;冬季小雨降水量显著上升的站点主要分布在西

北诸河流域、松花江流域、淮河流域、长江流域东部及黄河流域西部,降水量显著下降的站点主要分布在珠江流域。

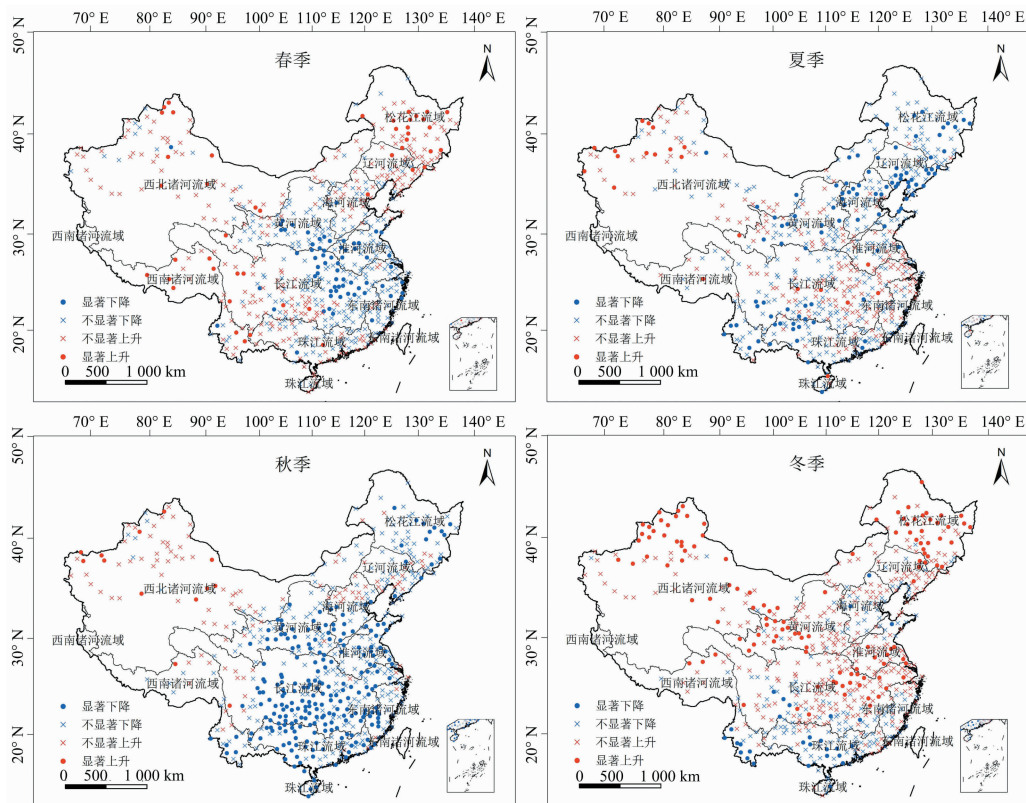


图2 1961—2010 年我国小雨降水量季节变化趋势的空间分布

由图 3 可知,近 50 年来我国春季中雨降水量显著上升的站点主要分布在西南诸河流域、西北诸河流域、松花江流域、海河流域和长江流域西部,降水量显著下降的站点主要分布在长江流域中部与东部、黄河流域南部。夏季中雨降水量显著上升的站点主要分布在西北诸河流域、长江流域的中部与东部,降水量显著下降的站点主要分布在辽河流域、海河流域、珠江流域西部、西南诸河流域东部。秋季全国中雨降水量的变化趋势有明显的时空分布格局,西北内陆地区为上升趋势,淮河以南的我国东南区域为下降趋势;秋季中雨降水量显著上升的站点主要分布在西北诸流域和海河流域,降水量显著下降的站点主要分布在长江流域、黄河流域、珠江流域。冬季中雨降水量全国大部分地区为上升趋势,降水量显著上升的站点主要分布在长江流域、东南诸河流域、西北诸河流域、松花江流域。

由图 4 可知,近 50 年来我国各流域春季大雨降水量总体无明显的区域性变化特征。夏季大雨降水量显著上升的站点主要分布在长江流域东部和东南诸河流域,降水量显著下降的站点主要分布在海河流域。秋季大雨降水量显著下降的站点主要分布在淮河流域和长江流域中部,大雨降水量上升的站点没有明显的区域特征。冬季达到大雨级别的站点不多,冬季大雨降水量变化趋势有明显的时空分布格局,我国东南部为上升趋势,降水量显著上升站点主要分布在长江流域。

由图 5 可知,近 50 年来我国各流域春季暴雨降水量总体无明显的区域变化特征。夏季暴雨降水量显著上升的站点主

要分布在长江流域、东南诸河流域和珠江流域,降水量显著下降的站点主要分布在海河流域。秋季暴雨降水量除在长三角区为显著上升的趋势外,其余各流域秋季暴雨降水量总体无明显的变化特征。冬季暴雨降水量变化趋势有明显的时空分布格局,我国东南部为上升趋势,降水量显著上升的站点主要分布在长江流域。

### 3 极端降水的变化趋势分析

按照“1.2”节中给出的极端降水的定义与确定方法,统计各气象站极端降水的变化趋势。由图 6 可知,近 50 年来我国年极端降水量变化趋势明显,西部和东南部年极端降水量为上升趋势,贺兰山以东、秦岭淮河一线以北为下降趋势;极端降水量显著上升的站点主要分布在西北诸河流域、淮河流域、长江流域东部、东南诸河流域、西南诸河流域和珠江流域东部,极端降水量显著下降的站点主要分布在海河流域、黄河流域的汾河与沁丹河子流域。由图 7 可知,近 50 年来我国春季极端降水量显著上升的站点主要分布在西北诸河流域、西南诸河流域,极端降水量显著下降的站点主要分布在长江流域中部和秦岭山脉区域。我国夏季极端降水量总体变化趋势表现为东南部 and 西北部为上升趋势,东北部为下降趋势;夏季极端降水量显著上升的站点主要分布在西北诸河流域、东南诸河流域、长江流域、淮河流域、珠江流域,极端降水量显著下降的站点主要分布在海河流域。秋季极端降水量除西部为显著上升趋势外,全国大部分地区为下降趋势;秋季极端降水量



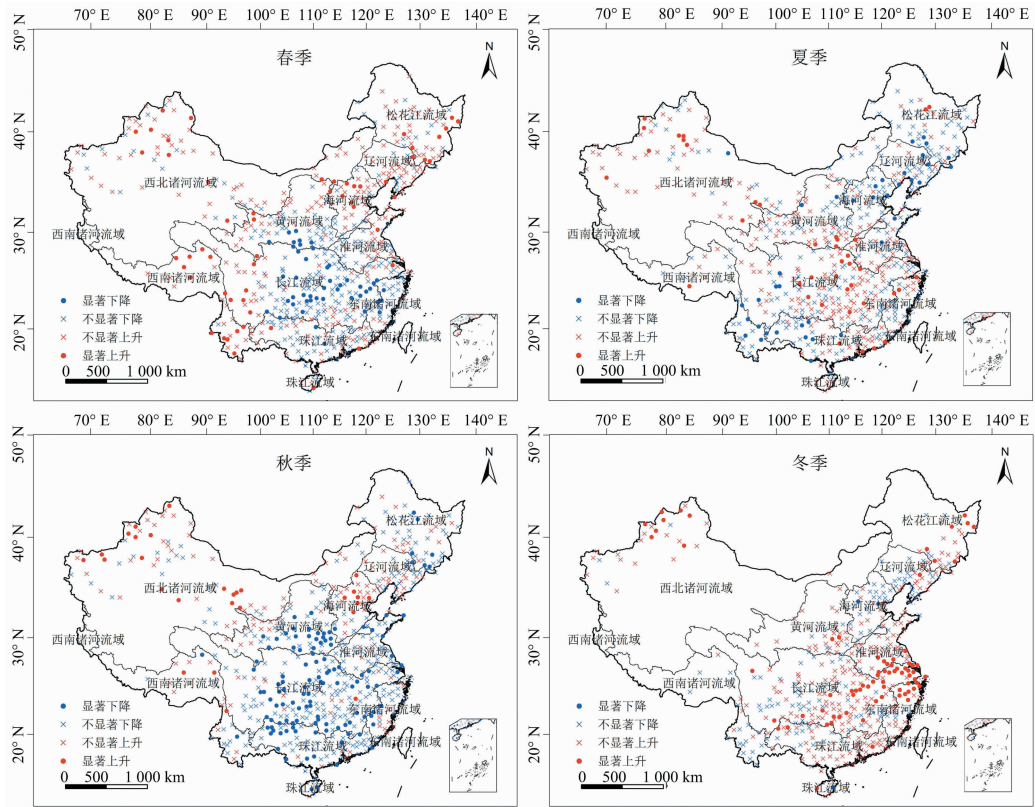


图3 1961—2010 年我国中雨降水量季节变化趋势的空间分布

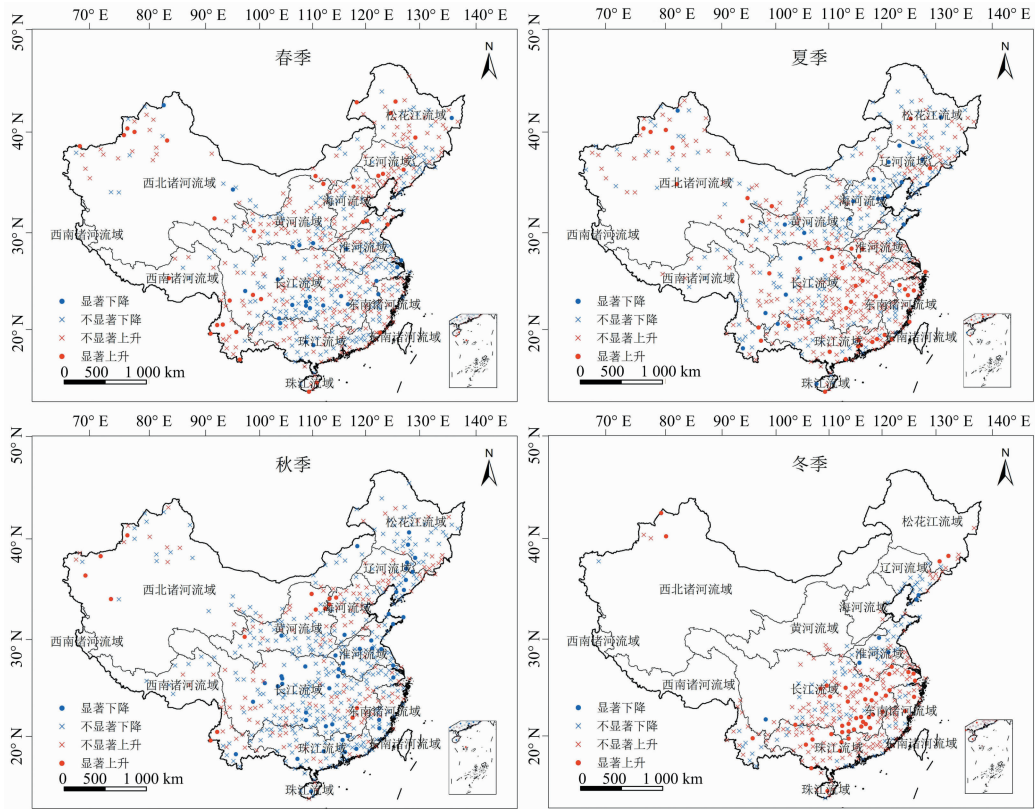


图4 1961—2010 年我国大雨降水量季节变化趋势的空间分布

显著上升的站点主要分布在西北诸河流域,显著下降的站点主要分布在黄河流域、长江流域西部与中部、长三角区域。全

国冬季出现极端降水的站点较少,极端降水量总体为上升趋势;冬季极端降水量显著上升的站点主要分布在长江流域、东



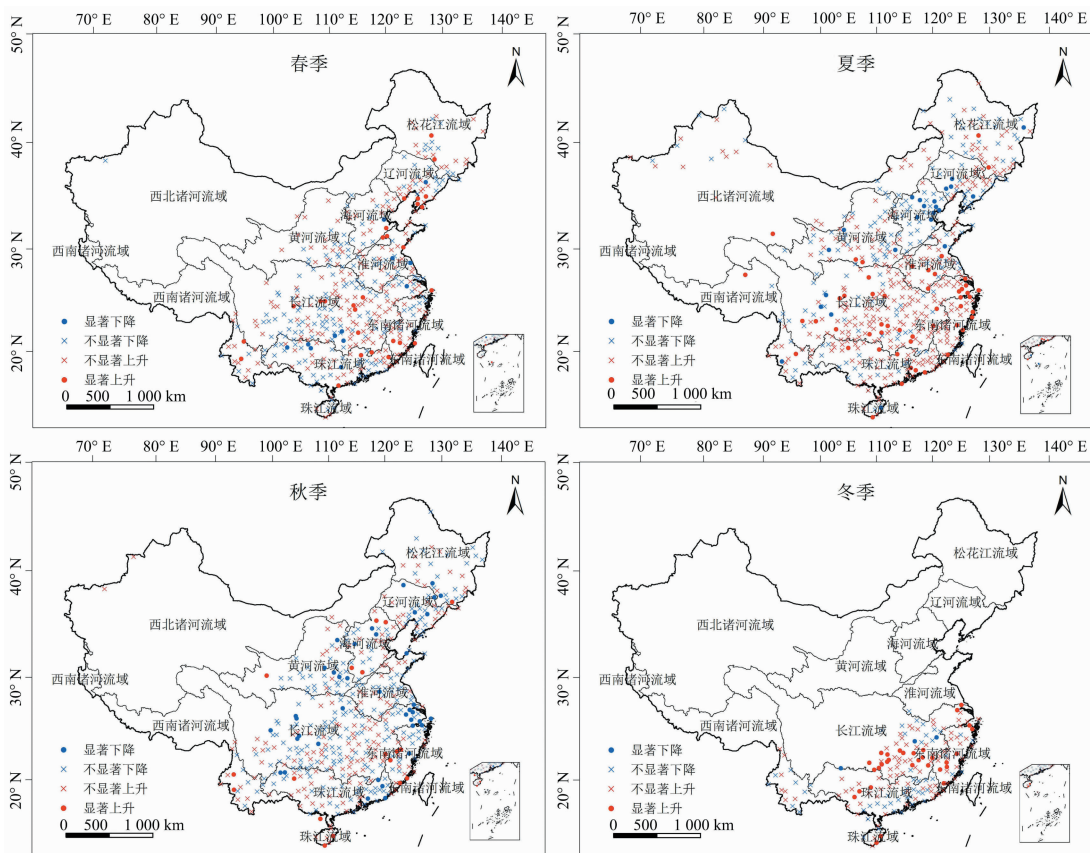


图5 1961—2010 年我国暴雨降水量季节变化趋势的空间分布

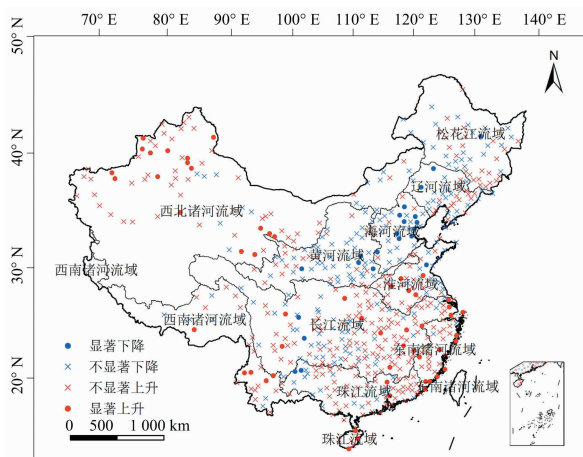


图6 1961—2010 年我国年极端降水量变化趋势的空间分布

南诸河流域、西北诸河流域。

#### 4 结论与讨论

通过上述分析,近 50 年来我国十大流域不同等级降水的年度、季节降水量的变化趋势可以总结为表 1,其中总降水量的年变化趋势来源于文献[12]的分析结果。由表 1 可知,全国十大流域中,西北诸河流域的年降水量为明显的上升趋势,其不同等级的降水,即小雨、中雨、极端降水降水量的变化趋势也体现出非常好的一致性,均为明显的上升趋势,因此该流域具有明显的变湿趋势。全国十大流域中,辽河流域、海河流

域和黄河流域年降水量为下降趋势,其中辽河流域年降水量下降主要是由小雨、夏季中雨降水量的下降引起,海河流域年降水量下降由小雨、暴雨(或极端降水)降水量的下降引起,黄河流域年降水量下降主要由小雨、中雨降水量的下降引起。就不同级别降水的变化趋势相比而言,小雨、极端降水降水量的变化趋势比较突出;小雨降水量在全国东部大部分地区呈下降趋势,主要体现在辽河流域、海河流域、黄河流域、淮河流域、长江流域和珠江流域;极端降水降水量在我国西部与东南大部分地区呈上升趋势,主要体现在西北诸河流域、淮河流域、长江流域东部、东南诸河流域、西南诸河流域和珠江流域东部。

#### 参考文献:

- [1]朱 坚,张耀存,黄丹青. 全球变暖情景下中国东部地区不同等级降水变化特征分析[J]. 高原气象,2009,28(4):889-896.
- [2]林云萍,赵春生. 中国地区不同强度降水的变化趋势[J]. 北京大学学报(自然科学版),2009,45(6):18-25.
- [3]高 理,胡桂芳,邹 瑾. 近 52 年山东省夏季不同等级降水的变化特征分析[C]//第 30 届中国气象学会年会论文集. 南京,2013:1-7.
- [4]李 菲,张明军,李小飞,等. 1962—2011 年来宁夏不同等级降水的变化特征[J]. 生态学杂志,2013,32(8):2154-2162.
- [5]徐新创,张学珍,戴尔阜,等. 1961—2010 年中国降水强度变化趋势及其对降水量影响分析[J]. 地理研究,2014,33(7):1335-1347.
- [6]水利部水资源研究及区划办公室,全国水资源初步成果汇总技术小组. 中国水资源初步评价[M]. 北京:[出版者不详],1981.

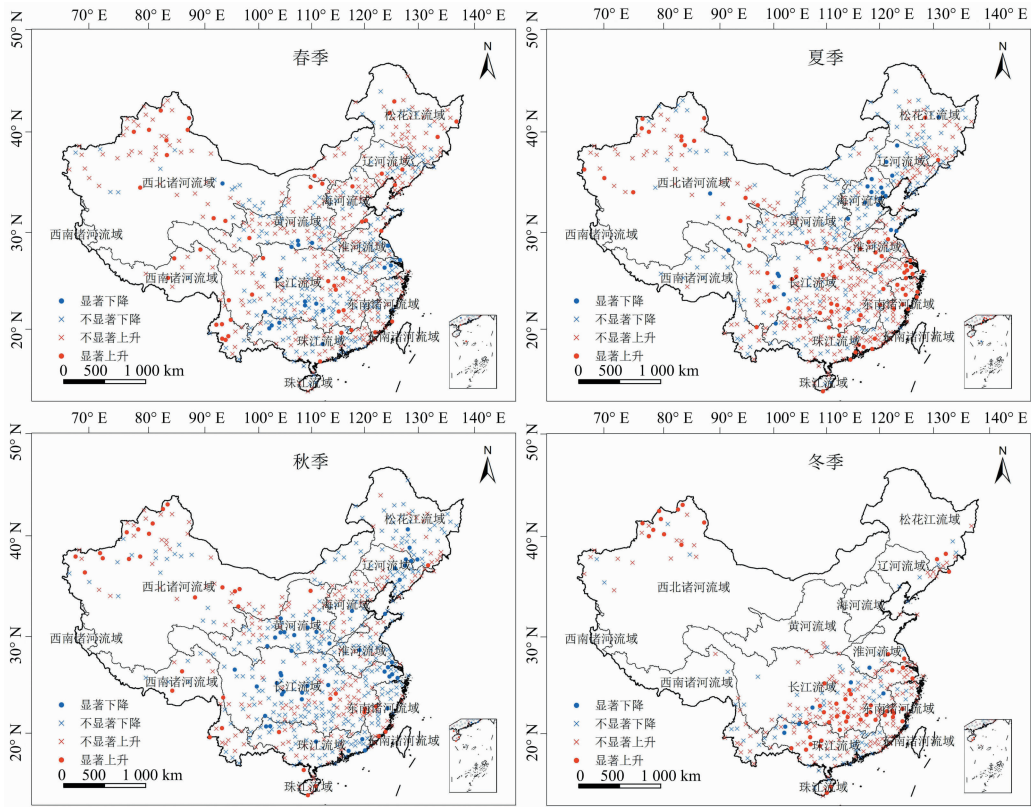


图7 1961—2010 年我国季节极端降水量变化趋势的空间分布

表 1 1961—2010 年我国各流域降水量变化趋势统计结果

降水等级	季节	松花江流域	辽河流域	海河流域	黄河流域	淮河流域	长江流域	珠江流域	东南诸河流域	西南诸河流域	西北诸河流域
小雨	全年	—	↓	↓	↓	↓	↓	↓	—	—	↑
	春季	↑	—	↓	—东部	↓	↓东部	—	↓	—	—
	夏季	↓	↓	↓	—	—	—	↓	—	—	↑
	秋季	↓	—	↓	↓西部	↓	↓	↓	—	—	↑
	冬季	↑	—	—	—	↑	↑东部	↓	—	—	↑
中雨	全年	—	—	—	↓中部至东部	—	↓中部	↓西部	—	—	↑
	春季	↑	—	↑	↓南部	—	↓中部至东部	—	—	↑	↑
	夏季	—	↓	↑	—	—	↓中部至东部	↓西部	—	↓东部	↑
	秋季	—	—	↑	↓	—	↑	↓	—	—	↑
	冬季	↑	—	—	—	—	—	—	↑	—	↑
大雨	全年	—	—	—	—	—	↓东部	—	—	—	↑
	春季	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	夏季	—	—	↓	—	—	↑东部	—	↑	—	—
	秋季	—	—	—	—	↓	↓中部	—	—	—	—
	冬季	—	—	—	—	—	↑	—	—	—	—
暴雨	全年	—	—	↓	—	—	↑	—	—	—	—
	春季	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	夏季	—	—	↓	—	—	↑	↑	↑	—	—
	秋季	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	冬季	—	—	—	—	—	↑	—	—	—	—
极端降水	全年	—	—	↓	—	↑	↑东部	↑东部	↑	↑	↑
	春季	—	—	—	—	—	—	—	—	↑	↑
	夏季	—	—	↓	—	↑	↑	↑	↑	—	↑
	秋季	—	—	—	↓	—	↓中部至西部	—	—	—	↑
	冬季	—	—	—	—	↑	—	—	↑	—	↑
总降水	全年	—	↓	↓	↓	—	—	—	—	—	↑

注：“—”“↑”“↓”“↓东部”“↑东部”“↓西部”“↑西部”“↓南部”“↓中部”“↓中部至东部”“↓中部至西部”分别表示降水量无显著变化、显著上升、显著下降、东部显著下降、东部显著上升、西部显著下降、西部显著上升、南部显著下降、中部显著下降、由中部至东部显著下降、由中部至西部显著下降。

王小利,周志刚,郭 振,等. 长期施肥下黄壤稻田土壤有机碳和全氮的演变特征[J]. 江苏农业科学,2017,45(14):195-199.  
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2017.14.053

# 长期施肥下黄壤稻田土壤有机碳和全氮的演变特征

王小利<sup>1</sup>,周志刚<sup>1</sup>,郭 振<sup>1</sup>,段建军<sup>2</sup>,张雅蓉<sup>3</sup>,李 渝<sup>3</sup>,蒋太明<sup>3</sup>

(1. 贵州大学农学院,贵州贵阳 550025; 2. 贵州大学烟草学院/贵州省烟草品质研究重点实验室,贵州贵阳 550025;

3. 贵州省农业科学院/农业部贵州耕地保育与农业环境科学观测实验站,贵州贵阳 550006)

**摘要:**以贵州黄壤稻田 19 年长期施肥定位试验为基础,选取对照(CK)、单施氮肥(N)、单施有机肥(M)、氮磷钾肥配施(NPK)、低量有机无机肥配施(0.5 MNPK)和常量有机无机肥配施(MNPK)6 个施肥处理,通过历史土样收集、田间取样和室内分析,结合趋势拟合,研究不同施肥下黄壤稻田有机碳(SOC)和全氮(TN)的时序变化规律,阐明长期施肥下黄壤稻田土壤碳氮含量的演变特征,揭示土壤培肥和固碳供氮的关系,为合理施肥提供理论依据。结果表明,1995—2006 年各处理土壤有机碳含量和全氮含量呈下降趋势,2006—2014 年呈增长趋势,其中施用有机肥的处理(M、MNPK 和 0.5 MNPK)对土壤有机碳含量和全氮含量的提升幅度大于单施化肥处理(N、NPK)。2006—2014 年除 CK 处理外,其他处理土壤有机碳含量演变趋势均为显著的线性增加,年增长率依次为 0.62 g/kg(M)、0.61 g/kg(MNPK)、0.59 g/kg(0.5 MNPK)、0.49 g/kg(N)和 0.40 g/kg(NPK),均显著高于 CK(0.17 g/kg)。与 2006 年对比,2014 年各施肥处理土壤全氮含量均有增加,其中 M 增幅最高(81.9%),其次是 MNPK(52.9%)、NPK(45.2%)、0.5 MNPK(34.9%)和 N(18.0%)。2006—2014 年各施肥处理土壤全氮含量的演变趋势与有机碳含量大体相同,除 CK 处理和 N 处理外,其他各处理土壤全氮含量均呈显著增加趋势( $P < 0.05$ )。经长期施肥后,黄壤稻田各处理土壤碳氮比稳定在 12.3 左右。单施有机肥或者有机无机肥配施可以显著增加土壤有机碳和全氮的含量。长期有机肥化肥配合施用是土壤培肥的最佳选择。

**关键词:**黄壤稻田;长期施肥;土壤;有机碳;全氮;演变特征

**中图分类号:** S153.6 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2017)14-0195-05

土壤有机碳对土壤的物理、化学和生物化学过程起着重要的调控作用,不仅是评价土壤肥力的重要指标,也是全球碳循环的重要组成部分<sup>[1-2]</sup>。氮是植物必须的三大营养元素之一,土壤碳氮之间存在一定的耦合关系。长期施肥向农田土壤中输入大量的碳、氮等元素,从而维持作物产量、提高土壤肥力<sup>[3]</sup>,研究长期施肥下黄壤稻田土壤有机碳含量和全氮含量的演变特征,对于全球变化和国家粮食安全具有重要意义<sup>[4]</sup>,同时可为我国西南地区农田土壤固碳和地力提升的技术选择提供科学依据。目前,国内外学者已通过室内模拟试

验<sup>[5]</sup>、野外长期定位监测<sup>[6]</sup>和区域调查分析<sup>[7]</sup>等方法对土壤碳、氮周转和演变过程及其影响因子进行了大量研究,结果表明生态系统中氮投入的变化影响了土壤-植物系统中碳的积累、分配与循环过程。农田长期定位试验结果表明,施用有机肥或有机化肥配施能够显著提高黑土<sup>[8-9]</sup>、灰漠土<sup>[10-11]</sup>、红壤<sup>[12]</sup>、太湖地区黄泥土<sup>[13]</sup>有机碳含量和全氮含量。张磷等研究表明,氮磷钾化肥未平衡施用会使土壤全氮含量持平或有所降低<sup>[14]</sup>,单施化肥不利于土壤碳、氮积累<sup>[15]</sup>,而吕树鸣等却认为长期偏施化肥会使土壤全氮含量升高<sup>[16]</sup>。刘畅等在我国南方红壤稻田的研究发现,贫瘠红壤长期有机无机肥配施或单施有机肥土壤有机碳、氮含量均呈增加趋势,两者之间具有较好的耦合效应;但长期单施化肥二者之间表现为非耦合效应,即土壤有机碳含量显著增加、土壤全氮含量却有降低趋势<sup>[17]</sup>。Hyonen 等在北欧 15 个长期定位试验站的研究结果表明,增加氮投入减少了土壤有机碳的矿化,从而增加了土壤有机碳的积累<sup>[18]</sup>;而有机碳的输入又在一定程度上有利于土壤氮的积累<sup>[19]</sup>,即二者相互依存,存在耦合关系。总之,前人的众多研究主要集中在长期施肥措施对土壤有机碳、

收稿日期:2016-05-13

基金项目:国家自然科学基金(编号:31360503、41361064);贵州大学研究生创新基金(编号:研农 2015038);贵州省农业科学院自主创新专项(编号:黔农科院自主创新专项 2014007 号);贵州省科技计划(编号:黔科合 NY 字[2012]3082 号、黔科平台[2013]4002 号)。作者简介:王小利(1979—),女,山西吕梁人,副教授,主要从事长期施肥下土壤有机碳演变特征研究。E-mail:xlwang@gzu.edu.cn。通信作者:段建军,副教授,主要从事土壤有机碳研究。E-mail:djjwxl@126.com。

- [7]曾 燕,邱新法,刘昌明,等. 1960—2000 年中国蒸发皿蒸发量的气候变化特征[J]. 水科学进展,2007,18(3):311-318.  
[8]魏凤英. 现代气候统计诊断与预测技术[M]. 北京:气象出版社,1999.  
[9]白静漪,管兆勇. 华东地区夏季不同等级降水变化特征分析[J]. 气象科学,2014,34(4):365-372.  
[10]邱新法,张喜亮,曾 燕,等. 1961—2005 年江苏省降水变化趋

势[J]. 气象,2008,34(5):82-88.

- [11]Bonsal B R, Zhang X, Vincent L A, et al. Characteristics of daily and extreme temperatures over Canada[J]. Journal of Climate, 2001,14(9):1959-1976.  
[12]谭云娟,邱新法,曾 燕,等. 近 50a 来中国不同流域降水的变化趋势分析[J]. 气象科学,2016,36(4):494-501.