

龚艳冰, 胡娜, 刘高峰, 等. 苏北地区季节性旱灾特征研究——以江苏省徐州市、盐城市为例[J]. 江苏农业科学, 2016, 44(2): 340–344.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2016.02.100

苏北地区季节性旱灾特征研究 ——以江苏省徐州市、盐城市为例

龚艳冰^{1,2,3}, 胡娜^{1,2}, 刘高峰^{1,2}, 吴敏¹

(1. 河海大学水利信息统计与管理研究所, 江苏常州 213022; 2. 江苏省“世界水谷”与水生态文明协同创新中心, 江苏南京, 211100;

3. 武汉大学水资源与水电工程科学国家重点实验室, 湖北武汉 430072)

摘要:为分析苏北地区季节性干旱灾害特征, 利用 1989—2013 年苏北地区 5 市的月平均降水量数据进行降水量聚类分析, 选取代表性的徐州市、盐城市作为季节性干旱研究对象。基于标准化降水指数(SPI)方法, 分析了徐州市、盐城市季节性干旱分布和干旱等级的时空变化特点。在此基础上, 利用重标极差分析法(R/S 分析法)计算 Hurst 指数, 对徐州市、盐城市发生季节性干旱灾害的规律进行研究。结果表明, 夏季是苏北地区季节性干旱发生频率最高的季节; 徐州市干旱灾害在季节性上具有不同的分形特征, 冬季干旱灾害具有时间上的长记忆性, 未来的总体旱灾趋势将与过去特征相关, 其他季节干旱灾害特征与过去特征相反; 盐城市干旱灾害在季节性上具有相同的分形特征, 即四季干旱灾害特征与过去特征相反。

关键词:苏北地区; 季节性干旱; 标准化降水指数; R/S 分析

中图分类号: S423 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2016)02-0340-04

江苏省地处中纬度的海陆相过渡带和气候过渡带, 兼受西风带、副热带、低纬东风带天气系统的影响, 属典型的东亚季风气候区, 降水量的年际、年内分布不均匀, 易导致旱涝灾害频繁发生。尤其是近年来, 随着社会经济发展, 水资源短缺现象日趋严重, 在全球变暖背景下, 江苏省作为最不缺水的“水乡”, 经常出现大部分地区季节性干旱灾害现象。由于受区域分布和南北差异的影响, 处在苏北地区的徐州、连云港、宿迁、淮安、盐城等 5 市是全省旱灾发生最多的地区, 经常发生季节性干旱灾害。2009 年初江苏省发生大旱, 苏北地区降水最少的地区是徐州市、连云港市、宿迁市、淮安市, 其中徐州市部分站点的降水量不足 20 mm。2010 年春季, 苏北地区遭遇 50 年来最严重的秋旱, 淮北地区降水量为 1961 年以来历史最少值。2011 年 5 月上旬, 苏北地区出现 60 年来最严重的旱灾, 淮河下游断流, 洪泽湖水位处于历史最低水位。2012 年 5 月中旬, 苏北地区雨水偏少, 徐州市遭遇 60 年不遇的干旱。2013 年 6 月下旬, 江苏省淮河以南地区遭遇大范围、持续高温天气, 多地高温日数、高温极值创 1961 年以来历史记录, 共有 42 万 hm^2 耕地受旱。

目前, 国内外学者对于干旱问题的研究主要采用 McKee 等在评价美国科罗拉多州干旱灾情时提出的基于降水量累积概率的标准化降水指数(SPI)^[1]。SPI 不涉及具体的干旱机理, 计算简单, 资料获取容易, 可对不同时间尺度的干旱进行

监测, 已经被广泛应用于国内外各种干旱灾害的分析^[2-9]。分形理论中的重标极差分析法(R/S 分析法)主要用于研究事物的某种结构或过程特征, 从不同空间、时间尺度来看是否具有相似性, 或局部结构与整体是否具有相似规律的理论。干旱灾害可以看成时间轴上的点状事件, 所以干旱灾害的发生十分类似于局部与整体之间在一定时间尺度内是否具有自相似特征, 目前分形理论已经在我国多个地区的干旱特征分析中被应用^[10-14]。本研究以苏北地区的徐州市、盐城市 1989—2013 年的月平均降水量数据为研究对象, 结合 SPI 指数和 R/S 方法分析苏北地区干旱时间序列季节性分布特征和干旱等级情况, 在此基础上对干旱的季节性周期性进行分析, 量化研究苏北地区干旱灾害特征, 以期政府及时了解灾情发生规律、科学指挥抗灾救灾提供参考。

1 方法

1.1 SPI

由于不同地区和时间的降水量变化幅度很大, 而且降水分布是一种偏态分布, 不是正态分布, 因此在降水分析中, 通常采用 Γ 分布来描述降水量变化, 然后再经正态标准化求得 SPI 值^[3]。SPI 值的计算是以一个预期时段的降水量数据为基础, 假设 x 为某一时段降水量, 则其 Γ 分布概率的密度函数 $g(x)$ 为:

$$g(x) = \frac{1}{\beta^\alpha \Gamma(\alpha)} x^{\alpha-1} e^{-x/\beta} (x > 0). \quad (1)$$

式中: α 是形状参数; β 是尺度参数; x 是降水量; $\Gamma(\alpha)$ 是 Gamma 函数。

相应的累积概率 $G(x)$ (给定时间尺度) 公式为:

$$G(x) = \int_0^x g(x) dx = \frac{1}{\beta^\alpha \Gamma(\alpha)} \int_0^x x^{\alpha-1} e^{-x/\beta} dx. \quad (2)$$

令 $t = x/\beta$, 上式就变为不完全的 Gamma 方程:

收稿日期: 2015-03-18

基金项目: 国家自然科学基金(编号: 71303074); 江苏省社会科学基金(编号: 14GLC004); 武汉大学水资源与水电工程科学国家重点实验室开放基金(编号: 2013B107); 中央高校基本科研业务费基金(编号: 2015B23914、2015B28014)。

作者简介: 龚艳冰(1979—), 男, 江苏靖江人, 博士, 副教授, 研究方向为水资源管理。E-mail: yanbg79@163.com。

$$G(x) = \frac{1}{\hat{\Gamma}(\alpha)} \int_0^x t^{\hat{\alpha}-1} e^{-t} dt. \quad (3)$$

因为 Gamma 方程不包含 $x=0$ 的情况,而实际降水量可能为 0,因此累积概率可表示为:

$$F(x) = q + (1-q)G(x). \quad (4)$$

式中: $F(x)$ 是分布函数; q 是降水量为 0 的概率;如果 m 表示降水时间序列中降水量为 0 的数量,则 $q = m/n$ 。累积概率 $F(x)$ 可通过下式转换为标准正态分布函数:

$$SPI = s(t - \frac{2.52 + 0.80t + 0.01t^2}{1 + 1.43t + 0.19t^2 + 0.001t^3}). \quad (5)$$

式中:当 $0 < H(x) \leq 0.5$ 时, $s = -1$, $t = \sqrt{\ln[\frac{1}{F(x)^2}]}$; 当

$0.5 < H(x) < 1$ 时, $s = 1$, $t = \sqrt{\ln\left\{\frac{1}{[1-F(x)]^2}\right\}}$ 。这里的时间尺度 t 可取 3、6、12 个月,代表不同的干旱情况。

1.2 R/S 分析法

考虑一时间序列 $\{x_i\} (i=1, 2, \dots, \tau)$ 为时间间隔, $\bar{x} = \frac{1}{\tau} \sum_{i=1}^{\tau} x_i$ 为该时间序列的平均值, τ 时刻的极差为:

$$R(\tau) = \max_{1 \leq t \leq \tau} X(t, \tau) - \min_{1 \leq t \leq \tau} X(t, \tau), \tau = 2, 3, \dots. \quad (6)$$

式中: x 相对其平均值的累计离差。

标准差 $S(\tau)$ 为:

$$S(\tau) = \sqrt{\frac{1}{\tau} \sum_{i=1}^{\tau} (x_i - \bar{x})^2}. \quad (7)$$

Hurst 等利用上式对许多自然现象研究后,发现大多数自然现象的记录结果满足下列近似公式:

$$R(\tau)/S(\tau) = (\alpha[\tau])^H. \quad (8)$$

式中: H 为 Hurst 指数,可以通过最小二乘法回归得到。

$$\ln[R(\tau)/S(\tau)] = H \ln \tau + H \ln \alpha. \quad (9)$$

直线斜率就是该时间序列的 Hurst 指数,时间序列的分维 $D = 2 - H$,则有下列结论^[15]: $H = 0.5$ 时,表示时间序列是标准的随机游走,即过去与将来不存在相关性; $0.5 < H \leq 1$ 时,表示未来的总体趋势将与过去特征相关,即时间序列具有长记忆性; $0 \leq H < 0.5$ 时,表示未来的总体趋势将与过去相反,即过去的减少趋势使未来可能出现增加趋势。

V 统计方法。统计量 V 定义为:

$$V = \frac{(R/S)\tau}{\tau^{0.5}}. \quad (10)$$

由 $V_{\tau} - \ln \tau$ 的图形可以判断长记忆性,当时间序列为独立随机过程时,该图形为平坦的直线,当时间序列具有长记忆性时,该图形为向上倾斜的曲线,从图形的拐点坐标可以求出长记忆性的周期长度。 V_{τ} 达到峰值后就开始变得平坦,说明长记忆性过程开始耗散。

2 苏北地区季节性干旱分析

2.1 数据来源和 SPI 等级分析

苏北地区位于江苏省北部,包括徐州、连云港、淮安、盐城、宿迁等 5 市,其中宿迁市于 1996 年建市。苏北地区下辖 23 个县(市),土地面积 5.44 万 km^2 ,2013 年末常住人口数 2 988.51 万人,土地面积和常住人口数分别占江苏省的 53%、37.6%。苏北地区地处黄海之滨,海岸线 744 km,与日

本、韩国隔海相望,属于温带湿润性季风气候,四季分明。近年来全球气候变暖,太平洋“厄尔尼诺”现象加剧,海洋季风无法登陆形成降水,人为破坏环境等因素的影响,江苏省尤其是苏北地区季节性干旱灾害频繁。

依据江苏省统计年鉴,对苏北地区 5 市的月平均降水量情况进行层次聚类分析。由图 1 可见,首先盐城市、淮安市聚为一类,然后徐州市、连云港市聚为一类,再是盐城市、淮安市、徐州市、连云港市聚为一类,最后和宿迁市聚成一个大类。因此,依据行政区划特点和降水量聚类分析,以 1989—2013 年徐州市、盐城市为例研究苏北地区季节性干旱情况。

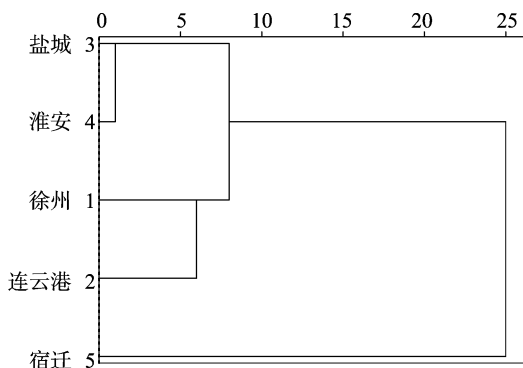


图1 苏北地区5市月平均降水量聚类分析

采用基于多时间尺度的 SPI 指数和 R/S 分析方法研究苏北地区的干旱情况。首先利用 SPI 指数软件(可从相关网站免费下载),以 1989—2013 年徐州市、盐城市的月平均降水量数据计算多时间尺度标准化降水指数 SPI3、SPI6、SPI12 的值,并依据《SPI 指数干旱等级划分标准表》统计不同干旱等级发生次数,结果见表 1。

表 1 1989—2013 年徐州市、盐城市多时间尺度 SPI 分析

干旱等级	徐州市 SPI			盐城市 SPI		
	SPI3	SPI6	SPI12	SPI3	SPI6	SPI12
无旱	209	194	200	188	189	190
轻旱	35	51	34	53	53	63
中旱	23	28	35	30	31	19
重旱	13	7	17	8	5	5
特旱	8	8	2	9	10	11

由于不同时间尺度的 SPI 值反映不同类型的干旱情况(气象、农业、水文干旱),SPI3 值考虑 3 个月的降水量情况,反映年内季节的干旱变化。随着时间尺度增大(6、12 个月),SPI 对短期降水的响应减弱,干旱变化比较稳定,周期更明显,可以清楚地反映出长期的干旱趋势变化特征,其中 SPI12 显示其年际变化特征。由表 1 可知,近 25 年(300 个月),徐州市在 3、6、12 个月尺度出现不同程度干旱的频率分别为 27.4%、32.6%、30.5%,盐城市分别为 34.7%、34.4%、34.0%。因此,徐州市、盐城市属于干旱灾害频发的地区,至少有 1/3 的月份发生不同程度干旱灾害。

为了分析苏北地区季节性干旱灾害情况,按照气象学的季节划分规则,以每年 3 月至次年 2 月为 1 个季节循环。即 3—5 月为春季,6—8 月为夏季,9—11 月为秋季,12 月至次年 2 月为冬季。根据该季节划分方法,对 1990—2013 年徐州市、盐城市的 SPI3 值分季节进行统计,结果见图 2。

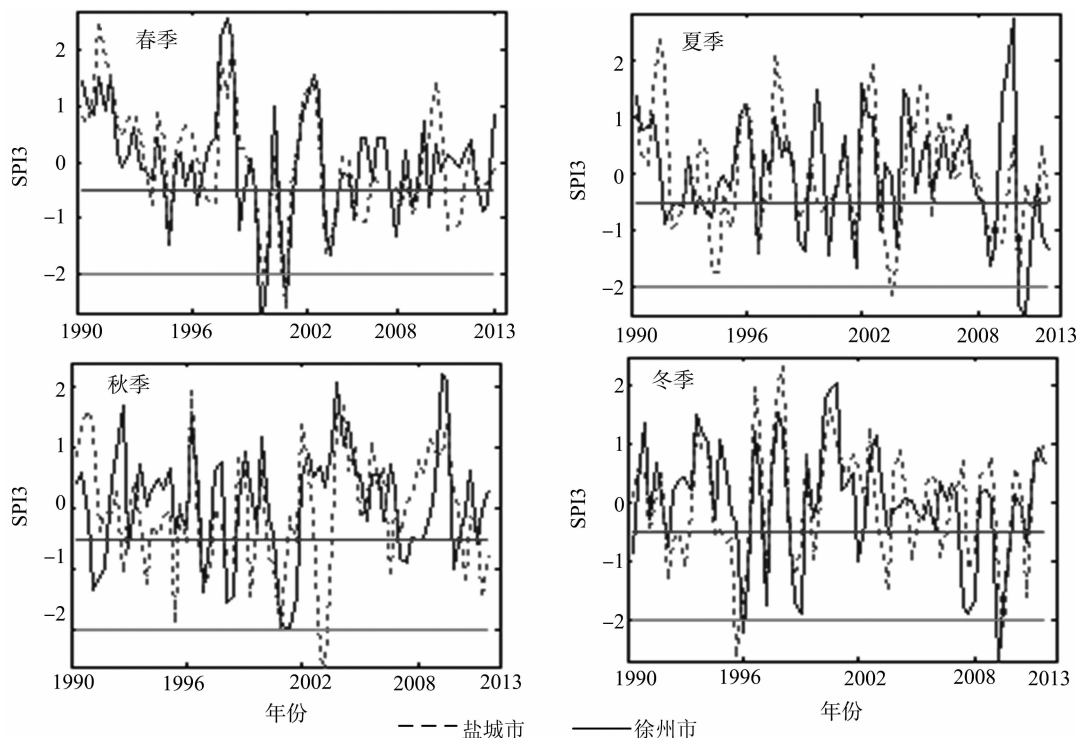


图2 徐州市、盐城市季节性SPI3指数分析

由图2可知,徐州市春季发生特旱的年份为2000年(4—5月)、2001年(5月),夏季发生特旱的年份为2012年(6—7月),秋季发生特旱的年份为2002年(9月),冬季发生特旱的年份为1996年(1月)、2010年(12月)。盐城市春季发生特旱的年份为2000年(4月)、2001年(5月),夏季发生特旱的年份为2004年(8月)、2012年(6月),秋季发生特旱的年份为2001年(11月)、2004年(9—10月),冬季发生特旱的年份为1995年(12月)、2011年(1月)。同时,在发生旱灾的分界线 -0.5 以下,2市旱灾一年四季都可能发生,经常是冬旱连春旱,初夏旱、伏旱、秋旱交替发生,具有连旱的特点,这与徐州市、盐城市干旱实际基本一致,2市其他旱灾情况见图3、图4。

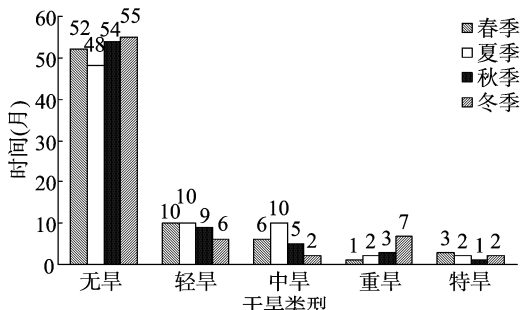


图3 徐州市季节性干旱统计

由图3可知,1989—2013年徐州市春季发生干旱灾害情况:轻旱10个月、中旱6个月、重旱1个月、特旱3个月,发生重旱以上灾害占旱灾的20%;夏季发生干旱灾害情况:轻旱10个月、中旱10个月、重旱2个月、特旱2个月,发生重旱以上灾害占旱灾的16.7%;秋季发生干旱灾害情况:轻旱9个月、中旱5个月、重旱3个月、特旱1个月,发生重旱以上灾害占旱灾的22.2%;冬季发生干旱灾害情况:轻旱6个月、中旱2个月、重旱7个月、特旱2个月,发生重旱以上灾害占旱灾

的52.9%。从整体来看,徐州市夏季发生干旱的频率最高,冬季发生干旱的频率最低;但冬季一旦发生旱灾,很可能是比较严重的旱灾。

由图4可知,1989—2013年盐城市春季发生干旱灾害情况:轻旱13个月、中旱9个月、重旱1个月、特旱2个月,发生重旱以上灾害占旱灾的12%;夏季发生干旱灾害情况:轻旱18个月、中旱5个月、重旱3个月、特旱2个月,发生重旱以上灾害占旱灾的17.9%;秋季发生干旱灾害情况:轻旱8个月、中旱9个月、重旱1个月、特旱3个月,发生重旱以上灾害占旱灾的19.0%;冬季发生干旱灾害情况:轻旱13个月、中旱7个月、重旱3个月、特旱2个月,发生重旱以上灾害占旱灾的20.0%。从整体来看,盐城市夏季发生干旱的频率最高,秋季发生干旱的频率最低;春秋两季发生干旱的频率基本一致,灾害程度也基本一致。

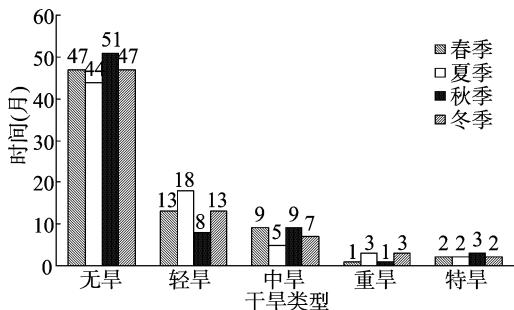
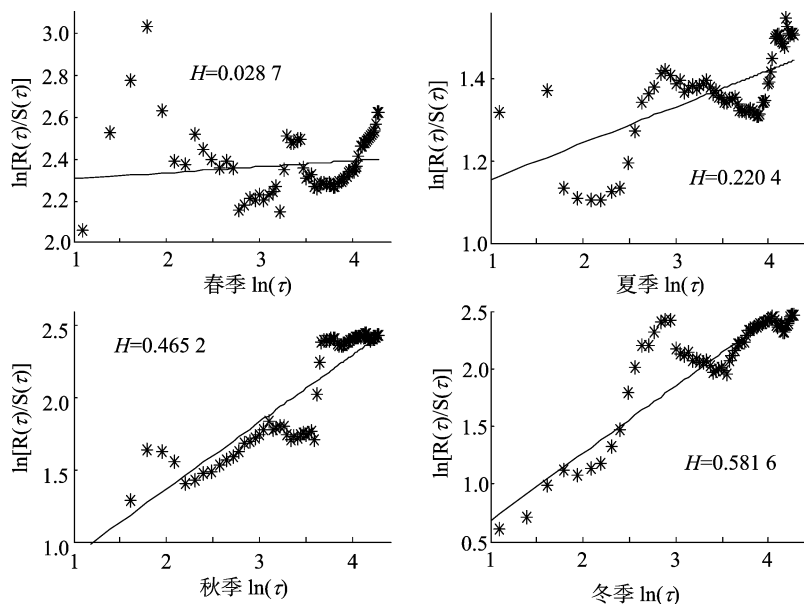


图4 盐城市季节性干旱统计

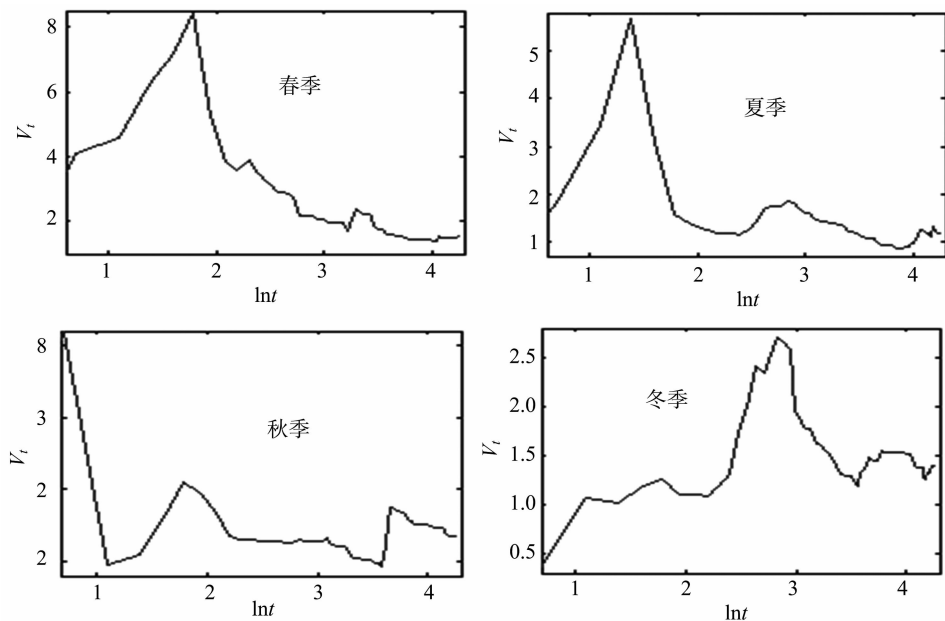
2.2 R/S 分析

通过季节性SPI指数分析可知徐州市、盐城市的干旱季节性分布特征,以下分析季节性干旱的长期周期性,即研究季节性干旱发生是否具有规律性。本研究以徐州市为例,利用Matlab软件对季节性干旱SPI3数据进行R/S分析,将计算结

图5 徐州市季节性干旱最小二乘法回归(H 指数)

果用最小二乘法进行回归,得到相应的 H 指数,结果见图 5。由图 5 可知,对于徐州市季节性 SPI3 指数的 Hurst 值,只有冬季的 H 值大于 0.5,春季、夏季、秋季都小于 0.5,这表明徐州市干旱灾害在季节性上具有不同的分形特征,冬季干旱灾害

具有时间上的长记忆性,未来的总体旱灾趋势将与过去特征相关,春季、夏季、秋季干旱灾害特征与过去正好相反,即过去减少的旱灾趋势在未来可能出现增加趋势。对徐州市季节性 SPI3 指数进行 V 统计量分析,得到 V_t 和 $\ln t$ 的关系(图 6)。

图6 徐州市季节性 SPI3 指数的 V 统计量关系

由图 6 可知,徐州市春季、夏季、秋季的 SPI3 指数曲线都为 1 个向下倾斜的曲线,说明其未来旱灾总体趋势将与过去特征相关,当 V_t 图形状改变时,就产生了突变,长期记忆消失。冬季的 SPI3 指数曲线都为 1 个向上倾斜的曲线,可以估计出徐州市冬季干旱灾害波动的周期长度,冬季 SPI3 指数干旱灾害发生周期为 17 年(拐点处 $\ln t = 2.8332$),即徐州市冬季平均发生干旱灾害的周期为 17 年左右,这与历史上徐州市冬季干旱灾害发生的周期性基本吻合。

对盐城市季节性干旱 SPI3 数据进行 R/S 分析,将计算结

果用最小二乘法进行回归,可得相应的季节性 H 指数(春季 0.1199,夏季 0.2809,秋季 0.3709,冬季 0.4977),表明盐城市干旱灾害在季节性上具有相同的分形特征,四季干旱灾害特征与过去正好相反,即过去减少的旱灾趋势在未来可能出现增加趋势。

3 结论

季节性干旱灾害受到许多不确定因素的影响,主要包括全球气候变暖、太平洋“厄尔尼诺”现象加剧、海洋季风无法

陈智文,李天祺,秦旭升,等. 吉林省黑钙土农田土壤养分时间变化特征[J]. 江苏农业科学,2016,44(2):344-347.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2016.02.101

吉林省黑钙土农田土壤养分时间变化特征

陈智文,李天祺,秦旭升,李思佳,社会石

(吉林师范大学生态环境研究所,吉林四平 136000)

摘要:以第2次土壤普查资料为背景,2011年对吉林省双辽市兴隆镇、长岭县太平山镇、梨树县林海镇、喇嘛甸子镇的黑钙土进行定位取样,测定土壤有机质、碱解氮、有效磷、速效钾含量,研究吉林省黑钙土区土壤养分的时间变化特征。结果表明:1982—2011年黑钙土有机质、碱解氮、有效磷、速效钾均值分别增加了2.0 g/kg以及19.8、48.4、121.8 mg/kg,呈逐年递增趋势;不同采样点土壤养分年增长率存在差异,实施秸秆覆盖还田技术的长岭县、梨树县采样点的有机质、碱解氮、有效磷、速效钾含量年增长率大于未实施秸秆覆盖还田技术的双辽市采样点。

关键词:黑钙土;土壤养分;时间;秸秆;还田

中图分类号: S158 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2016)02-0344-04

吉林省黑钙土多分布在松辽分水岭两侧的波状起伏台地或微起伏平地,土壤中有机质含量较高,并形成良好的团粒结构,养分丰富,土壤潜在肥力高,适宜发展粮食和油料作物。黑钙土开垦后,有机质积累条件发生了改变,土壤有机质迅速分解,同时地表裸露易遭到风蚀、水蚀,腐殖质层逐渐变薄、含量减少^[1]。由于人口压力、经济利益的驱动和开垦年限的增加,在农户粗放经营与管理的模式下,黑钙土区土地利用强度

不断增大,耕层土壤养分流失现象严重,直接影响土壤生产力,制约农业可持续发展^[2]。张琦珠等研究了黑钙土垦后肥力演变情况,认为其潜在肥力随着耕作年限的延长不断下降并失去平衡,作物产量受到限制^[1]。本研究通过对比2011年测试的黑钙土土壤有机质、碱解氮、有效磷、速效钾含量与1982年土壤普查值,得出黑钙土养分的年变化速率,据此分析吉林省典型黑钙土区土壤养分时间变化特征,阐明黑钙土土壤肥力现状和变化特点,旨在为其合理利用及采取科学的农田管理措施提供依据。

收稿日期:2015-03-18

基金项目:国家科技支撑计划(编号:2013BAD07B02);吉林省重点科技成果转化项目(编号:20140307034NY);吉林师范大学研究生科研创新计划(编号:2013006)。

作者简介:陈智文(1964—),内蒙古赤峰人,教授,研究方向为土壤生态与新型肥料。E-mail:sdczw4489@126.com。

登陆形成降水、人为破坏环境等。SPI计算简单,资料获取容易,可以反映不同时间尺度、不同地区的干旱状况。通过对徐州市、盐城市近25年降水量数据不同时间尺度SPI指数的计算,分析了徐州市、盐城市季节性干旱灾害发生的时空分布特征,进而通过R/S分析发现季节性干旱指数在时间序列上具有自相似性。在此基础上,利用H指数和V统计量分析季节性干旱灾害发生的变化周期,对苏北地区干旱灾害的特征分析、评估与监测研究具有重要指导意义。

参考文献:

- [1] McKee T B, Doesken N J, Kleist J. The relationship of drought frequency and duration to time scales[C]. The 8th Conference on Applied Climatology, 1993: 17-22.
- [2] 袁文平,周广胜. 标准化降水指标与Z指数在我国应用的对比分析[J]. 植物生态学报, 2004, 28(4): 523-529.
- [3] 冶明珠,李林,王振宇. SPI指数在青海东部地区干旱监测中的应用及检验[J]. 青海气象, 2007(4): 21-24.
- [4] 韩萍,王鹏新,王彦集,等. 多尺度标准化降水指数的ARIMA模型干旱预测研究[J]. 干旱地区农业研究, 2008, 26(2): 212-218.
- [5] 袁云,李栋梁,安迪. 基于标准化降水指数的中国冬季干旱

1 材料与方法

1.1 研究区概况

研究区位于吉林省双辽市兴隆镇(43°87'N, 123°84'E)、长岭县太平山镇(44°21'N, 124°56'E)、梨树县林海镇

- 分区及气候特征[J]. 中国沙漠, 2010, 30(4): 917-925.
- [6] 林盛吉,许月萍,田焯,等. 基于Z指数和SPI指数的钱塘江流域干旱时空分析[J]. 水力发电学报, 2012, 31(2): 20-26.
- [7] 罗艳青,邹滨,邱永红. 华东地区干旱灾害时空演化特征研究[J]. 干旱区资源与环境, 2013, 27(10): 58-64.
- [8] 付丽娟,曹杰,德勒格日玛. 三种气象干旱指标在内蒙古地区的适用性分析[J]. 干旱区资源与环境, 2013, 27(2): 108-113.
- [9] 马海娇,严登华,翁白莎,等. 典型干旱指数在滦河流域的适用性评价[J]. 干旱区研究, 2013, 30(4): 728-734.
- [10] 李伟,黎洪德. 旱涝灾害的分形研究方法[J]. 灾害学, 2000, 15(2): 17.
- [11] 李海毅,汤洁,斯蒿. 分形理论在吉林西部干旱指数预测中的应用[J]. 东北师大学报:自然科学版, 2007, 39(1): 126-130.
- [12] 丁贤法,李巧媛,胡国贤. 云南省近500年旱涝灾害时间序列的分形研究[J]. 灾害学, 2010, 25(2): 76-80.
- [13] 彭高辉,马建琴. 黄河流域干旱时序分形特征及空间关系研究[J]. 人民黄河, 2013, 35(5): 38-40.
- [14] 陈社明,卢文喜,罗建男,等. 吉林西部气象干旱的多标度分形特征[J]. 吉林大学学报:地球科学版, 2013, 43(1): 245-250.
- [15] Kaboudan M A. Diagnosing time series dynamical structures[J]. Chaos Solitons & Fractals, 1996, 7(7): 977-990.