

江淮分水岭区农作物干旱时空变化特征

李宝¹, 胡阳², 汪光胜², 刘玉婵², 李鹏²

(1. 安徽省基础测绘信息中心, 合肥 230000; 2. 滁州学院 安徽地理信息集成应用协同创新中心, 安徽 滁州 239000)

摘要:利用江淮分水岭区17个市、县气象台站1980—2009年降水数据,基于改进的无有效降水连续日数干旱评估指标,分析农作物干旱时空变化特征。结果表明:(1)春播夏收型农作物在寿县、长丰、定远、明光一带以北地区易发生春旱;夏播秋收型农作物在寿县、淮南、长丰、定远、凤阳一线多形成夏秋旱,西南和东北地区也较易发生夏秋旱;春播秋收型农作物生长期内大部分地区秋旱多发,其中寿县、肥东东南部和全椒西南部部分为秋旱高发地区;越冬型作物在明光北部、来安北部、淮南西南部以及寿县北部等地多生秋冬春旱,其他地区也易发生秋冬春旱,且持续时间均较长。(2)从年际演变趋势看,夏播秋收型、越冬型农作物干旱范围和强度均略有增长,春播秋收型农作物干旱强度微增长、范围略减小;春播夏收型农作物干旱强度和范围均呈微减的趋势。总体上,研究区域干旱强度略有上升,且北部高于南部,越冬型作物高于其他类型农作物,研究结果可为区域农业生产防旱提供科学依据。

关键词:无有效降水连续日数;农作物;干旱;时空特征;逐日干旱发生频率

中图分类号:S166

文献标识码:A

文章编号:1005-3409(2017)06-0227-06

Analysis on Spatiotemporal Characteristics of Crop Drought in Jianghuai Watershed

LI Bao¹, HU Yang², WANG Guangsheng², LIU Yuchan², LI Peng²

(1. Provincial Fundamental Geomatic Center of Anhui, Hefei 239000, China; 2. Anhui Center for Collaborative Innovation in Geographical Information Integration and Application, Chuzhou University, Chuzhou, Anhui 239000, China)

Abstract: Based on the precipitation data of 17 city and county meteorological offices and stations from 1980 to 2009 in Jianghuai watershed, we used the improved unefficient precipitation consecutive drought day evaluation index to analyze drought indexes of crops sown in the spring and harvested in the summer, crops sown in the summer and harvested in the autumn, crops sown in the spring and harvested in the autumn, winter crops in nearly 30 years and got the evolution characteristics of the spatial pattern of drought duration and drought frequency, and analyzed the inter-annual variation. Applying daily frequency of drought, we analyzed the dynamic evolution characteristics of drought during the crop growth period. The results showed that: (1) spring summer crops were prone to drought in Shouxian, Fengyang; crops sown in the summer and harvested in the autumn were easier to suffer drought in the summer in Shouxian County, Huainan, Dingyuan, Changfeng, Fengyang line, southwest and northeast; the drought of Spring sowing-autumn harvesting crops most occurred in autumn, especially in Shouxian, southeast Feidong and Quanjiao southwest part in spring-autumn and winter; drought of overwintering crops occurred frequently in north of Mingguang and Lai an, the southwest of Huainan, north of Shouxian, and other areas, the drought not only occurred easily and lasted a longer duration in these areas; (2) from inter-annual variation trend of summer sowing-autumn harvesting and over winter crops, the scope and intensity of drought slightly increased; the drought strength of spring sowing-autumn harvesting crops also grew slightly and the scope slightly decreased, drought intensity and range of spring sowing-summer harvesting crops presented the slightly decreasing trend. On the whole, drought intensity increased slightly in the area, it was higher in the north than the south, and drought intensity of overwintering crops was higher than other crops. These results can provide scientific

收稿日期:2017-03-07

修回日期:2017-05-04

资助项目:滁州学院科研启动基金项目(2014qd032);安徽省高校自然科学研究一般项目(KJ2016B04);2011协同创新中心规划项目(2015GH02)

第一作者:李宝(1976—),男,安徽濉溪人,硕士,高级工程师,研究方向:GIS与RS集成应用技术。E-mail:huyangzjj@163.com

通信作者:胡阳(1995—),男,安徽池州人,学士,研究方向:水土资源与生态环境。E-mail:151618933@qq.com

basis for regional agriculture production and drought prevention.

Keywords: continuous days without available precipitation; crops; drought; spatiotemporal characteristics; daily drought frequency

江淮分水岭区位于安徽省中部,是中国南、北方地区的过渡区,该地区凭借独特的气候和地理位置,一直是安徽重要的农作物生产基地,但是该地区气候类型复杂,干旱频发。据多年统计资料,江淮分水岭区近四十五年来发生中等及以上程度的干旱共 53 次,平均每年发生 1.18 次,最多可达 3~4 次,且主要发生在农作物生长期,严重影响了农业生产^[1]。因此,研究该区域干旱发生规律及其对农业的影响,为科学的农业防旱提供理论依据十分必要。

前人关于江淮分水岭区的研究主要集中于分析降水随时间的变化情况,而对于干旱时空变化特征的研究较少^[2-4]。王秋龙等分别应用 SRTM 数据、水文分析模型、线性倾向估计、普通 Kriging 插值研究了江淮分水岭区的降水量时空分布特征以及变化趋势,取得了较好成果^[5]。但这些研究基本上都是在气象干旱结果的基础上进行分析,缺乏对于相应的农业或农作物干旱指标的分析研究,且前人进行研究的时间尺度也多为年、季、月^[6-8],缺少从逐日角度对江淮分水岭区进行干旱时空变化特征的研究。长时间的无降水是导致干旱的最根本原因,因此常用无雨日数指标来表征干旱,能从逐日降水范畴分析干旱动态演变,且此指标所需参数少易计算,被广泛应用。

无有效降水连续日数指标代表农作物生长发育期间内实际降水量未超过生长所需有效降水量的持续日数,该指标结合了降水日数和降水量双重因素,可在一定程度上反映无降水条件下土壤水分盈亏情况。本文利用无有效降水连续日数指标,可以从逐日角度动态研究各生长期内农作物干旱发生时空变化特征,从而进一步为江淮分水岭区农作物生产提供防旱减灾依据。

1 数据与方法

1.1 研究地区和数据来源

本文研究地区是位于安徽省中部的江淮分水岭区,包括六安、合肥、滁州、寿县等 14 个县(市、区)。气象数据来源于江淮分水岭区各市、县部门逐日实测的《地面气象记录月报表》,包括滁州、合肥、寿县、六安等共 17 个站点,数据时段为 1980—2009 年。作物单位面积产量数据来自中国经济与社会发展统计数据库,数据时段为 2000—2009 年。数据分析试验于 2016 年 11 月 2 日至 11 月 25 日在安徽省地理信息集成应用协同创新中心实验室进行。

1.2 无有效降水连续日数指标计算

1.2.1 无有效降水连续日数指标 无有效降水连续日数是指农作物生长期内降水量未超过有效降水量临界值的持续日数(d),常用来表示农田水分供给情况,无有效降水(雪)连续日数公式如下^[9]:

$$Dnp = \sum_{i=1}^n a \cdot Dnp_i \quad (1)$$

式中: Dnp 为无有效降水连续日数(d); a 代表季节调节系数,冬春季为 1,秋季为 0.8,夏季为 1.4; Dnp_i 代表日降水量未超过有效降水量的累积降水日数(d),其计算公式如下:

$$Dnp_i = \begin{cases} 1 & P < P_0 \\ 0 & P \geq P_0 \end{cases} \quad (2)$$

式中: P_0 代表有效日降水临界值(mm); P_0 在农作物需水临界期取 5 mm,剩余时段为 3 mm; P 代表日降水量(mm)。

1.2.2 无有效降水连续日数指标改进 基于前人关于无有效降水量连续日数计算方式,黄晚华等总结南方地区已有的实际情况和经验对其计算进行了改进^[10],本文引用改进后的计算方式研究江淮分水岭区内干旱特征,即在公式(1)~(2)基础上,引入新的无有效降水连续日数的计算公式

$$Dnp_i = \begin{cases} 1 & P < P_0 \\ 0 & P_n \geq P_k, P \geq P_0 \end{cases} \quad (3)$$

式中: a, P, P_0 含义均同公式(1)和(2)。 P_k, P_n 表示一次连续性过程降水中降水量累计; P_k 表示结束干旱过程时的降水临界值(mm); P_n 表示干旱过程中的有效降水过程,是指农作物生长所吸收且可缓和干旱的有效降水量的累计,因此第一日降水量 P 应大于有效日临界降水量 P_0 ,且第 2 日后降水量 $P \geq 0.1$ mm,则累计降水量。公式(3)含义为:(1)当日降水小于日有效降水临界值,即 $p < P_0$ 时,干旱发生,此时计为无有效降水日, $Dnp_i = 1$; (2)当一次连续性过程降水中降水量累计值超过解除干旱临界值,即 $P_n \geq P_k$ 时,干旱解除,干旱日不计, $Dnp_i = 0$; (3)当每日降水形成有效过程降水,但降水量仍不满足结束干旱的要求,即当 $P \geq P_0, P_n < P_k$ 时,干旱日不计,此时干旱仍未结束但程度有所缓和,在降水结束后干旱日继续累计。黄晚华等根据不同农作物生长阶段和月份对结束干旱的有效降水影响,将 P_0, P_k, a 进行调整、细分,研究效果较好,本文引用其改进后的相关参数(具体见表 1)进行研究^[10]。一次干旱无有效降水连

续日数按公式(3)计算。干旱过程起始日按表 1 中主要农作生育期内的无降水日开始计算;即若开始日是无雨日,则以此日作为干旱起始日;若起始日有降水,则以降水结束后首个无雨日为起始日。

表 1 基于无有效降水连续日数干旱指标各主要类型农作物在各生长时期相关参数

作物类型	日有效降水临界 P_0	有效过程降水量临界值 P_k	季节调节系数 α	作物生长时段	代表作物
Spr—S (3—6 月)	2	10	0.9	3—4 月(早春季)	春玉米、春马铃薯、春花生、春大豆等
	3	20	1.1	5—6 月(初夏季)	
	5	25	1.3	7 月(盛夏)	
Spr—A (7—10 月)	5	25	1.2	6—8 月(夏季)	夏甘薯、夏玉米、晚稻、夏大豆等
	3	15	1	9—10 月(秋季)	
	2	15	1	4—5 月(春季)	
Sum—A(4—9 月)	5	30	1.2	6—8 月(夏季)	一季稻、棉花、甘薯等
	3	20	1	9 月(初秋)	
	2	10	0.9	10—11 月(冬前季)	
Win (10—次年 5 月)	1	5	0.7	12—2 月(越冬季)	油菜、冬小麦
	3	15	1	3—5 月(春季)	

注:Win 为越冬农作物;Sum—A 为夏播秋收农作物;Spr—A 为春播秋收农作物;Spr—S 为春播夏收农作物;下同。

1.2.3 干旱状况评估 为充分考虑干旱多发时期对农作物生长的影响,因此需要累积评估多次干旱过程,故引入前人在公式(1)基础上关于无有效降水连续日数指标的改进公式^[10]:

$$Dnp = \sum_{j=1}^n \alpha \cdot (\sum_{i=1}^m (Dnp_{ij} - D_{pi} - D_{si})) \quad (4)$$

式中:Dnp 表示农作物生长期内 n 次干旱累积无有效降水连续日的干旱天数; Dnp_i 表示一次干旱过程无有效降水连续日; m 表示一次干旱过程的持续日数; n 表示农作物生长期(或一年)内经历的干旱次数。 α 取值和含义同公式(3); D_{pi} 表示第 i 次干旱期间 $P \geq P_0$ 且 $P_n < P_k$ 时干旱过程中断但未结束情况下累积有效降水量(P_{mi})缓和干旱的天数(d); D_{si} 表示解除第 i 次干旱期间的有效降水总量(P_{ni})对后期农作物水分补偿的天数, i 表示一年内发生干旱的次数。 D_{si} 和 D_{pi} 计算公式如下:

$$D_{Si} = P_{ni} / 2P_0 \quad (5)$$

$$D_{Pi} = P_{mi} / P_0 \quad (6)$$

式中: P_{ni} 表示解除干旱时的有效降水累计总量(mm),此处考虑结束干旱的降水对农作物恢复和生长的水分补偿作用; P_{mi} 表示一次干旱期间当 $P \geq P_0$ 且 $P_n < P_k$ 时的有效降水累计总量(mm), $P_{mi} = \sum P_n$ 。 P_{ni} 、 P_{mi} 意义同 P_n ,仅下标分别代表不同类型降水过程。 α 、 P_0 意义均同公式(3), D_{si} 和 D_{pi} 计算结果取整。

1.2.4 农作物产量评估 为考虑江淮分水岭区地貌地形、抗旱保水条件等因素对干旱的影响,结合本地区干旱特点,引入关于干旱强度分级研究定义的干旱指数(I):

$$I = Dnp / G \quad (7)$$

式中: I 表示干旱指数(取整),取值为 4,3,2,1,分别表示特旱、重旱、中旱、轻旱, Dnp 表示干旱过程持续天数(d); G 表示划分干旱级别的持续日数(d),本文根据研究区实际情况及前人研究结果^[11]将其分为:山间盆地、丘陵地区 $G=25$ d,平原、河谷区 $G=30$ d。

1.3 连续无有效降水日数(Dnp)评价分析

本文利用前文公式(3—7)对江淮分水岭区不同站点历年基于无有效降水连续日数的干旱指数进行分别计算,统计并计算其他指标:干旱强度用本地区 30 a 干旱平均日数代表;干旱范围用干旱站次比表示;同时为方便描述多年发生干旱频繁程度,用干旱发生频率统计结果代表(简称干旱频率)。统计并计算基于气候要素干旱持续日数、站次比的趋势变化率。

江淮分水岭区的主要农作物可划分为越冬型农作物、夏播秋收型农作物、春播秋收型农作物、春播夏收型农作物。具体主要作物和生长季见表 1,特别地,越冬型农作物以次年作为记录年份。

2 结果与分析

2.1 应用无有效降水连续日数分析农作物空间干旱频率特征

基于公式(3—6)计算不同类型农作物生长期内干旱频率,使用 ArcGIS 软件制作不同类型作物生长期内干旱频率的空间分布结果图,见图 1。

2.1.1 春播夏收型农作物干旱发生频率 由图 1A 可知,总体上表现为北高南低趋势,且以寿县、凤阳一带最高。六安、合肥、全椒、来安一带为干旱低发区,干旱发生频率在 17.3% 以下。干旱较高发地区分布

在寿县、长丰、定远、明光一带以北地区,干旱发生频率 26.0%~50.0%,其中寿县、淮南、凤阳一带干旱

频率达 40%。综上所述,春播夏收型农作物干旱主要影响寿县、凤阳等北部地区。

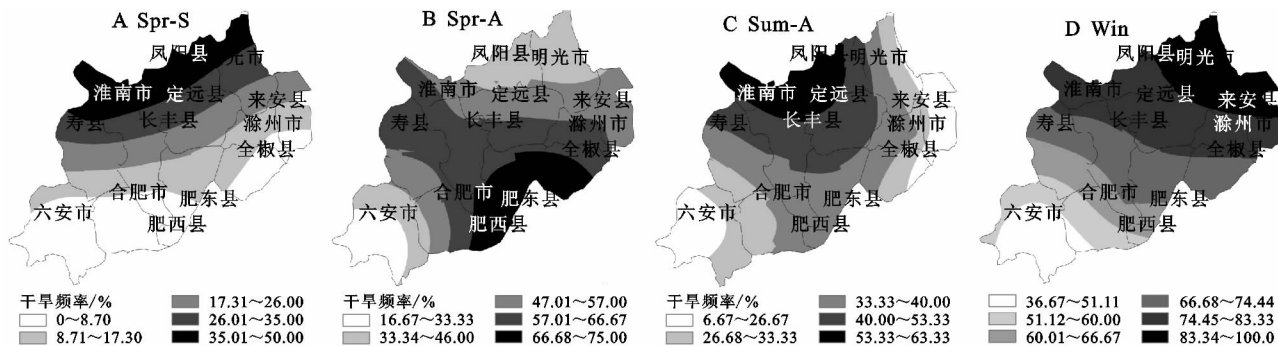


图1 江淮分水岭区基于无有效降水连续日数指标的不同类型作物生长期干旱频率分布

2.1.2 春播秋收型农作物干旱发生频率 由图 1B 可知,总体上表现为西北—东南一线较高,北部和西南地区较低的趋势。西北—东南一线地区干旱发生频率在 50%以上(两年一遇),其中寿县、合肥东南部、肥东南部和全椒西南部部分地区干旱发生频率可达 60%。而干旱低发区分布在西南部地区,干旱发生频率在 16.7%~26.0%。其他地方干旱发生频率 40%~50%,干旱较易发生。从结果看,春播秋收型农作物生长期干旱影响范围广,除西南少数地区外,其余地区均有较大影响。

2.1.3 夏播秋收型农作物干旱发生频率 由图 1C 知,总体上表现为北高南低趋势。寿县、淮南、长丰、定远、凤阳一线为干旱高发地区,干旱发生频率在 40%以上;其中凤阳大部、淮南大部以及定远西北部地区干旱发生频率超过 50%(两年一遇),局部地区达 60%以上。西南和东北地区干旱较为低发,低于 26.7%。春播秋收型农作物和夏播秋收型农作物干旱发生频率在空间分布上有相似之处,主要原因在于夏秋季节和春季都表现为蒸发量大而降水量少的特点,易发生干旱。

2.1.4 越冬型农作物干旱发生频率 越冬型农作物生长期时间跨度长,且长期受冷空气影响,降水量相对较少,因此干旱发生频率高,总体上呈北高南低且高发范围广的分布特点(图 1D):六安、肥西部分以及寿县部分一带地区稍低,干旱发生频率在 60%以下,其中六安部分地区在 36.7%~50%以下。江淮分水岭其他区域干旱发生频率都在 60%以上,其中明光北部、来安北部、淮南西南部以及寿县北部等地,干旱发生频率在 74.4%以上,近乎一年一遇。由此可见,越冬型农作物生长期干旱易发生。

综合上述研究结果,可以看出,就干旱发生频率而言,春播夏收型农作物生长期干旱主要分布在寿县、长丰、定远、明光一带以北地区;春播秋收型农作

物生长期干旱主要影响除西南和北部以外的绝大部分地区,范围较广;夏播秋收型农作物生长期干旱发生地主要分布在寿县、淮南、长丰、定远、凤阳一线地区;越冬型农作物生长期各地均较易发生干旱,仅西南部分地区干旱较轻。总体上干旱发生频率高低与干旱持续日数长短趋同。

2.2 逐日干旱发生频率动态研究

为方便计算多年干旱发生过程中每天发生干旱的年次数与统计年数之比,此处引入逐日干旱发生频率。

基于干旱发生频率分布的空间特征,选取江淮分水岭区内的寿县(分水岭北部),六安(分水岭西部),滁州(分水岭东部),合肥(分水岭南部)作为代表站点,研究逐日干旱发生频率。由于同一时段内各类农作物干旱总体逐日干旱发生频率基本相似,仅在起止时间和计算参数上略有不同,故为了方便作图和描述将其合并求平均值,具体结果见图 2。

由图 2 可知,寿县站 9 月中旬至第二年 1 月为干旱多发期,主要影响秋收和越冬农作物;5 月中旬至 6 月以及 7 月中旬至 8 月春旱和夏旱较明显,影响夏收农作物生长。六安站 9 月中旬至第二年 1 月秋冬旱较明显,主要影响秋收和越冬农作物生长;合肥站和滁州站逐日干旱发生变化频率与分水岭北部变化特征基本一致,9 月中旬至第二年 1 月为干旱多发期,主要影响秋收和越冬农作物,且 7—8 月伏旱多发,主要影响秋收型农作物育苗生长和成熟。综合以上江淮分水岭区代表站逐日干旱发生变化频率并结合地区平均动态变化可以看出:江淮分水岭区除西部地区秋冬旱发生频率较低(西部地区整体干旱发生频率也均较低)外,其余地区秋冬旱均高发,同时春旱和伏旱也较易发生,特别是北部地区。

2.3 干旱对农作物产量影响研究

利用 Excel 将江淮分水岭区不同区域代表站 2000—2009 年的作物单位面积产量数据进行统计分

析,即得到不同类型作物单位面积产量的时间变化结果,见图 3。基于无有效降水连续日数指标,分别计

算 2000—2009 年江淮分水岭区不同区域代表站的干旱日数及干旱指数,见表 2。

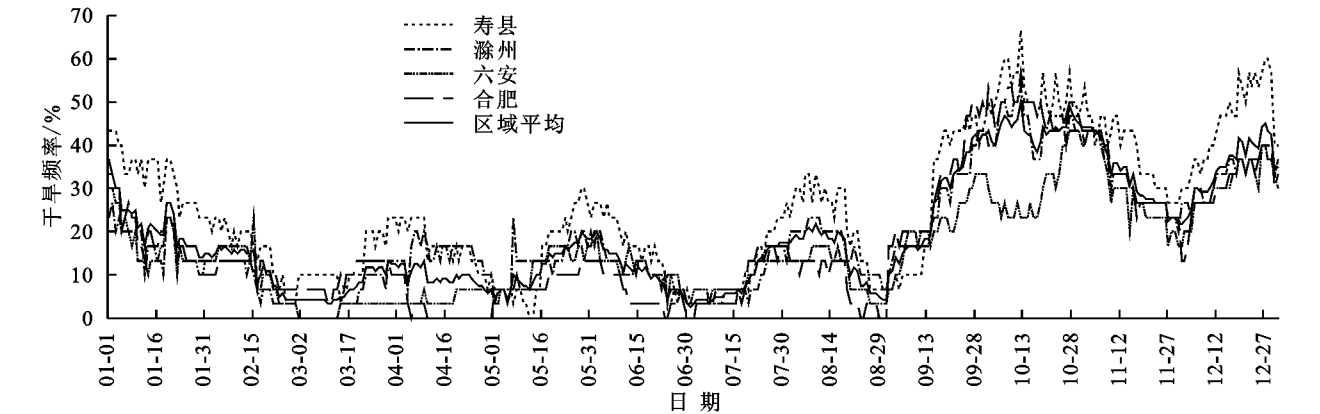


图 2 江淮分水岭区不同区域代表站及逐日干旱发生频率平均动态变化

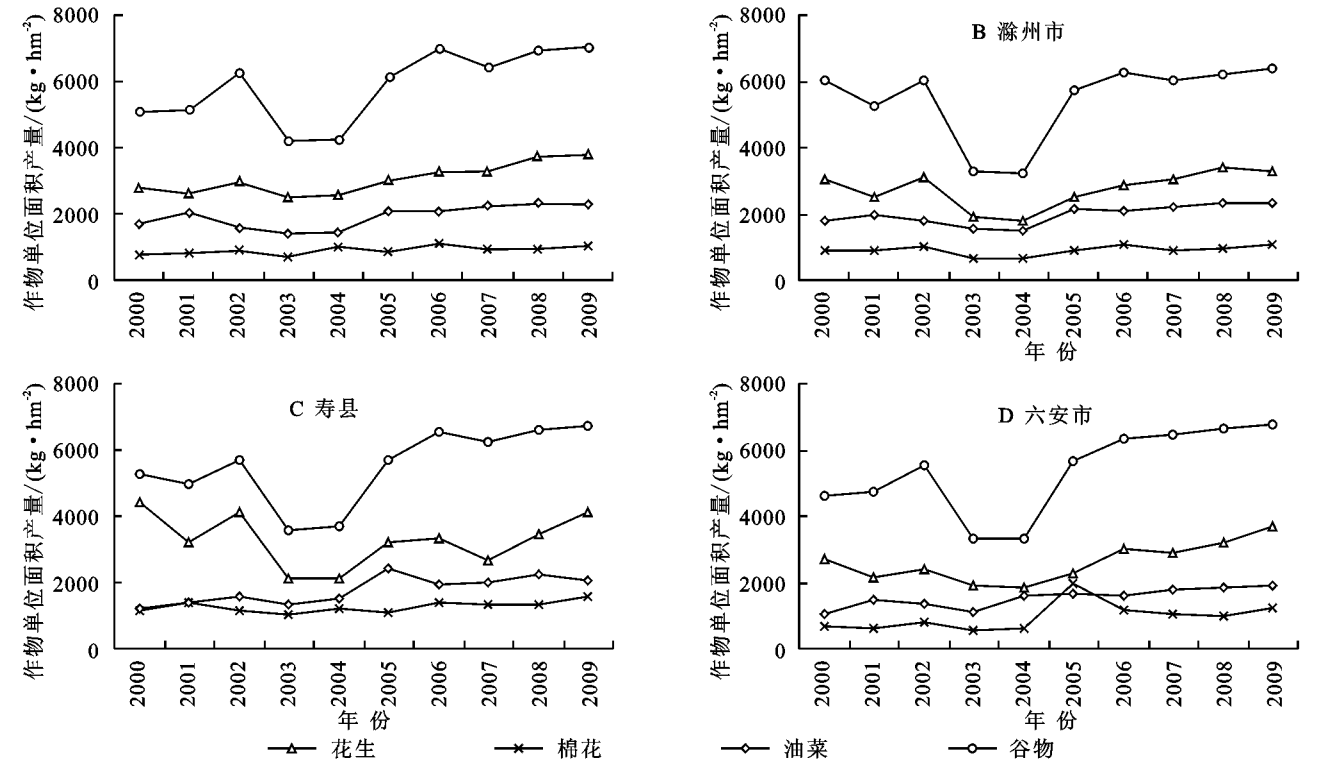


图 3 2000—2009 年江淮分水岭区不同区域代表站主要作物单位面积产量变化情况

表 2 基于无有效降水连续日数指标 2000—2009 年江淮分水岭区的干旱日数及干旱指数

地区	指标	2000 年	2001 年	2002 年	2003 年	2004 年	2005 年	2006 年	2007 年	2008 年	2009 年
合肥市	干旱日数/d	41	62	39	107	113	38	32	81	51	73
	干旱指数	1	2	1	3	3	1	1	2	1	2
滁州市	干旱日数/d	39	70	37	101	107	36	30	77	49	65
	干旱指数	1	2	1	3	3	1	1	2	1	2
寿县	干旱日数/d	37	71	39	110	109	34	39	73	47	69
	干旱指数	1	2	1	3	3	1	1	2	1	2
六安市	干旱日数/d	40	67	37	92	101	31	37	73	43	62
	干旱指数	1	2	1	3	3	1	1	2	1	2

结果表明,江淮分水岭区不同区域代表站内 2000—2009 年干旱指数变化一致,除 2003 年和 2004 年为重旱外,其余均在轻旱和中旱范围内波动。

2000—2009 年各区域代表站内的主要作物单位面积产量变化趋势基本一致,均处于波动增长状态,其中各代表站内谷物单位面积产量波动幅度最大,特别是

在 2003 年 2004 年,因受长时间的重旱影响,较上一年相比均下降了 30% 以上;棉花单位面积产量除了滁州市和寿县 2003 年、2004 年波动较大外,其余地区均处于缓慢增长状态;油菜、花生单位面积产量波动最小,状态较为稳定。

2.4 干旱强度和干旱范围年际变化研究

为更为方便地描述干旱发生的年际变化情况,较为直观的反映干旱强度变化和干旱范围变化特征,统计并计算近 30 a 年江淮分水岭区内不同时期各主要类型农作物干旱持续日数和干旱站次比,这里仅研究变化趋势,具体见表 3。

表 3 基于连续无有效降水日数江淮分水岭区干旱持续日数、站次比的趋势变化率

作物类型	干旱强度	倾向率	趋势
Spr-S	干旱站次比/%	-0.0174*	微减
	持续日数/d	-0.029	微减
Spr-A	干旱站次比/%	-0.0139**	微减
	持续日数/d	0.0244	微增
Sum-A	干旱站次比/%	0.0146*	微增
	持续日数/d	0.225	微增
Win	干旱站次比/%	0.016*	微增
	持续日数/d	0.0209	微增

注: * 表示显著水平小于 0.05; ** 表示显著水平小于 0.01。

由表 3 可看出,近 30 a 来江淮分水岭区春播夏收型农作物的干旱站次比均呈微减趋势,趋势变化率为-0.017 4%;春播秋收型农作物的趋势变化率为-0.013 9%,也呈微减变化趋势;夏播秋收型农作物呈微增趋势,趋势变化率为 0.014 6%;越冬型农作物的趋势变化率为 0.016%,呈微增趋势。总体上,各主要类型农作物干旱范围变化趋势有减有增,但变化均较小。从历年单次干旱持续天数看,除春播夏收型农作物干旱持续天数为-0.029 d,呈略微减少趋势外,春播秋收型、夏播秋收型以及越冬型农作物的趋势变化率均呈略微增长趋势,趋势变化率也均在 0.02 d 以上,其中夏播秋收型农作物趋势率达到 0.225%,为最高值。

综上所述,江淮分水岭区内主要类型农作物生长期内变化趋势差异较小,除春播夏收型农作物生长期内干旱强度和范围指标均呈减少趋势外,其余类型农作物干旱强度和范围指标基本一致,呈增长趋势,且以夏播秋收型农作物干旱强度和范围增长趋势最大,仅春播秋收型农作物生长期内干旱范围有减小趋势。通过与前人关于趋势变化的研究结果相比较^[12],本文关于夏播秋收型农作物干旱加重,春播夏收型农作物干旱减轻的结果与文献^[12]中秋旱加重、夏旱减轻的结论也相吻合。

3 讨论与结论

本文在前人对无有效降水连续日数指标研究的基础上,对江淮分水岭区不同生长期内农作物干旱时空变化特征进行了分析,结果表明:夏秋旱和春旱影响范围较广,基本涵盖整个江淮分水岭区,其中以寿县、淮南、长丰、定远、凤阳一线为干旱高发地区,主要影响本地区越冬型农作物的春季生长和春播农作物育苗期,且对秋收农作物也造成影响较大;冬旱主要影响明光北部、来安北部、淮南西南部以及寿县北部等地越冬型农作物育苗期。从变化趋势上看,夏播秋收型农作物干旱加重、春播夏收型农作物干旱减轻的变化趋势和前人分析基本一致。从实际情况与历年干旱范围对比看,本指标评估干旱效果也较好:如 2003 年江南发生严重夏秋旱,基于本指标计算,江淮分水岭区夏收农作物和秋收农作物的干旱站次比分别达到 61.5% 和 64.6%,均超过历年平均水平,为历年较高值。

依据逐日干旱发生频率研究结果可知,9 月至第二年 2 月江淮分水岭区整体上多发秋冬旱,另外北部地区 7—8 月多伏旱、东部地区多发春旱,可见季节性差异是江淮分水岭区农作物干旱的重要特征之一,并且不同地区干旱频发时段以及持续时间上也存在一定分布差异。依据这些结论,农业生产可根据地区和农作物生长期差异,科学种植农作物,制定灾害应急预案,从而减少干旱带来的农业生产风险。

本文利用无有效降水连续日数指标,结合不同季节农作物的生长需水情况,综合分析了江淮分水岭区主要类型农作物的干旱时空变化特征,为科学合理种植农作物和调整种植季节提供科学理论参考。但本文主要侧重于无有效降水连续日数对干旱的影响,而对降水量考虑较少,尤其是干旱前期降水量大小对后期抗旱保水有较大影响。当前期降水量越小,干旱强度越大,持续时间越长,本指标与干旱实际情况更为接近。因此,今后研究中本指标可与前期降水量等因素相结合进行完善。

参考文献:

[1] 施六林,王艳,王川. 江淮分水岭区干旱特点及发展节水农业的对策[J]. 安徽农业科学,2009,37(6):8186-8187.
[2] 杨书运,马成泽,袁东海. 江淮分水岭区干旱分析[J]. 中国农业气象,2003,24(4):30-33.
[3] 蒋跃林,盛绍学. 江淮分水岭地区降水与干旱对农业生产的影响及其对策[J]. 安徽农业科学,1999,27(5):418-420.
[4] 陈金华,杨太明,马晓群,等. 安徽省长江以北地区土壤水分动态模拟初探[J]. 中国农业气象,2007,28(3):289-291.
[5] 王秋龙,李养兵. 江淮分水岭易旱区近 50 余年降水量时空变化研究[J]. 蚌埠学院学报,2015,4(3):42-44.

关^[13],本文仅分析了影响土壤风蚀的气候因子,其他影响因素有待在今后的研究过程中继续开展。

3.2 结 论

吉林省风蚀气候因子指数从 1 月开始逐渐升高,在 4 月达到最高,7 月最低。C 值在季节变化上表现为春季>冬季>秋季>夏季。全年尺度上,C 值呈显著的降低趋势($p<0.001$),气候倾向率为 $-18.7/10\text{ a}$ 。春季、秋季和冬季 C 值呈极显著的降低趋势($p<0.001$),夏季 C 值降低趋势不显著。年代际变化上,C 值在近 5 a 达到最低值,为 28.5。除夏季外,春季、秋季和冬季 C 值均呈逐年代的降低趋势。

吉林省风蚀气候因子指数呈由西向东逐渐递减的趋势分布,西部风蚀气候侵蚀力最强,中部次之,东部最小。吉林省各站风蚀气候因子指数均呈降低趋势,降低最显著的站点主要分布于中部。西部风蚀气候因子指数的主要气候影响因子为风速,中部和东部主要气候影响因子为大风日数。各区域的日照时数、空气湿度、风速和大风日数均呈显著的降低趋势($p<0.01$)。其中,大风日数、风速变化与风蚀气候因子指数变化趋势最为一致。

参考文献:

[1] 张国平,张增祥,刘纪远.中国土壤风力侵蚀空间格局及驱动因子分析[J].地理学报,2001,56(2):146-158.
[2] 郑帅,李德明,郭成久,等.辽西北地区风力侵蚀过程分析[J].水土保持研究,2015,22(4):138-142.
[3] 王禹,杨明义,刘普灵.东北黑土区坡耕地水蚀与风蚀速

率的定量区分[J].核农学报,2010,24(4):790-795.
[4] 范昊明,张瑞芳,周丽丽,等.气候变化对东北黑土冻融作用与冻融侵蚀发生的影响分析[J].干旱区资源与环境,2009,23(6):48-53.
[5] 张瑞芳,范昊明,王瑄,等.辽宁省冻融侵蚀发生的气候环境条件分析[J].水土保持研究,2008,15(2):8-12.
[6] 董玉祥,康国定.中国干旱半干旱地区风蚀气候侵蚀力的计算与分析[J].水土保持学报,1994,8(3):1-7.
[7] 祁栋林,李晓东,苏文将,等.近 50 年青海省风蚀气候侵蚀力时空演变趋势[J].水土保持研究,2015,22(6):234-239.
[8] 杨兴华,何清,李红军,等.塔里木盆地风蚀气候侵蚀力的计算与分析[J].中国沙漠,2012,32(4):990-995.
[9] 廉毅,高枳亭,沈柏竹,等.吉林省气候变化及其对粮食生产的影响[J].气候变化研究进展,2007,3(1):46-49.
[10] 张伟,闫敏华,陈泮勤,等.吉林省农作物生长季降水资源的时空分布特征[J].中国农业气象,2007,28(4):59-363.
[11] 中国气象局预测减灾司,中国气象局国家气象中心.中国气象地理区划手册[M].北京:气象出版社,2006.
[12] Allen R G, Pereira L S, Raes D, et al. Crop Evapotranspiration:Guide-lines for computing crop water requirements[M]. Rome:FAO,1998:41-202.
[13] 戴全厚,喻理飞,刘明义,等.吉林省西部沙地土壤风蚀机理分析[J].水土保持通报,2008,28(3):81-84,96.
[14] 张存杰,廖要明,段居琦,等.我国干湿气候区域研究进展[J].气候变化研究进展,2016,12(4):261-267.
[15] 邹春霞,申向东,李夏子,等.内蒙古阴山北麓农牧交错带风蚀气候侵蚀力特征[J].吉林大学学报:地球科学版,2011,41(4):1172-1178.



(上接第 232 页)

[6] 姚玉璧,张存杰,邓振镛,等.气象,农业干旱指标综述[J].干旱地区农业研究,2007,25(1):185-189.
[7] 王春林,邹菊香,麦北坚,等.近 50 年华南气象干旱时空特征及其变化趋势[J].生态学报,2015,35(3):595-602.
[8] 谢五三,田红.安徽省近 50 年干旱时空特征分析[J].灾害学,2011,26(1):94-98.
[9] 袁育枝.试论华北半湿润半干旱地区降水资源的农业气候评价:以海河平原为例[J].气象学报,1984,42(4):

440-448.
[10] 黄晚华,隋月,杨晓光,等.基于连续无有效降水日数指标的中国南方作物干旱时空特征[J].农业工程学报,2014,30(4):125-135.
[11] 张强,邹旭恺,肖风劲.气象干旱等级[S].北京:中国标准出版社,GB/T20481—2006.
[12] 黄晚华,杨晓光,李茂松,等.基于标准化降水指数的中国南方季节性干旱近 58a 演变特征[J].农业工程学报,2010,26(7):50-59.