Climate Change Research Letters 气候变化研究快报, 2026, 15(6), 1234-1242
Published Online November 2026 in Hans. https://www.hanspub.org/journal/ccrl
https://doi.org/10.12677/ccrl.2026.156130

Hans汉斯

# 施秉干旱时空演变特征对农作物种植调控策略

陈丹凤[1]，陈伟昌[2*]，舒子倩[1]，文建川[1]，臧志刚[3]，石　琼[1]，赖峥嵘[1]，唐祯鸿[3]

[1]贵州省凯里市气象局，贵州 凯里
[2]贵州省麻江县气象局，贵州 麻江
[3]贵州省施秉县气象局，贵州 施秉

收稿日期：2026年10月5日；录用日期：2026年11月4日；发布日期：2026年11月10日

## 摘　要

施秉县位于贵州东部的喀斯特地貌区域，该区域干旱灾害频发，严重制约农业可持续发展，为破解这一难题，科研团队开展专项研究，旨在揭示当地近30年干旱的时空演变规律，剖析其对农作物种植结构的影响，提出适应性调控策略。此次研究选用了施秉县气象站在1993年至2023年期间记录的逐日降水、气温等气象数据，基于标准化降水蒸散指数(SPEI)科学划分干旱等级，结合GIS空间分析技术直观呈现干旱的时空分布特征，凭借对施秉县农作物种植面积数据展开统计分析，深入剖析干旱对当地农作物种植结构所产生的影响。结果表明，近30年施秉县干旱发生频率呈上升趋势，其中春旱、夏旱发生频次尤为突出。从空间分布的状况来看，干旱的程度是从西北方向朝着东南方向逐渐降低的，受到干旱的影响，水稻的种植面积因为灌溉用水的短缺而逐年出现减少的情况，减少的幅度达到了44.7%。与之相对的是，像玉米这类耐旱作物的种植面积则呈现出波动上升的态势。依据上述研究，团队提出了适应性调控策略，涉及优化农作物种植布局，于干旱严重区域缩减水稻种植规模并推广耐旱作物，在水资源丰富区域发展特色果蔬，推广耐旱作物品种，联合科研院校选育并推广耐旱水稻、玉米等品种，完善农田水利设施，新建蓄水工程、改造老旧水渠、推广节水灌溉技术，同时提出发展节水农业、构建农业保险与灾害预警体系等举措。此研究成果为施秉县农业抗旱减灾及可持续发展提供了关键科学依据，对推动当地农业提质增效、促进农户增收具有重要实践意义。

## 关键词

施秉县，干旱，时空演变，农作物种植，调控策略

# Spatiotemporal Evolution Characteristics of Drought in Shibing County and Its Impact on Agricultural Planting Regulation Strategies

**Danfeng Chen[1], Weichang Chen[2*], Ziqian Shu[1], Jianchuan Wen[1], Zhigang Zang[3], Qiong Shi[1], Zhengrong Lai[1], Zhenhong Tang[3]**

*通讯作者。

文章引用: 陈丹凤, 陈伟昌, 舒子倩, 文建川, 臧志刚, 石琼, 赖峥嵘, 唐祯鸿. 施秉干旱时空演变特征对农作物种植调控策略[J]. 气候变化研究快报, 2026, 15(6): 1234-1242. DOI: 10.12677/ccrl.2026.156130

[1]Meteorological Bureau of Kaili City, Guizhou Province, Kaili Guizhou
[2]Meteorological Bureau of Ma Jiang County, Guizhou Province, Majiang Guizhou
[3]Meteorological Bureau of Shibing County, Guizhou Province, Shibing Guizhou

Received: October 5, 2026; accepted: November 4, 2026; published: November 10, 2026

## Abstract

**This study aims to reveal the temporal and spatial evolution patterns of drought in Shibing County over the past 30 years, explore its impact on the crop planting structure, and propose adaptive control strategies. Daily meteorological data such as precipitation and temperature from 1993 to 2023 from the Shibing County Meteorological Station were selected. The Standardized Precipitation Evapotranspiration Index (SPEI) was used to classify drought grades. Combined with GIS spatial analysis technology, the distribution characteristics of drought in time and space were studied. Based on statistical analysis of the data on the planting area of crops in Shibing County, the impact of drought on the crop planting structure was analyzed. The results show that the frequency of drought occurrence in Shibing County has been on the rise in the past 30 years, with spring and summer droughts being relatively frequent. Spatially, the severity of drought gradually decreases from northwest to southeast. Drought has affected the planting area of major crops such as rice and corn, with the planting area of rice decreasing year by year due to the threat of drought. Based on the research results, adaptive control strategies such as optimizing the layout of crop planting, promoting drought-resistant crop varieties, and improving farmland water conservancy facilities are proposed. The research results can provide a scientific basis for drought resistance and disaster reduction in agriculture in Shibing County and the sustainable development of agriculture.**

## Keywords

**Shibing County, Drought, Spatio-Temporal Evolution, Crop Planting Structure, Adaptive Control**

Copyright © 2026 by author(s) and Hans Publishers Inc.
This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).
http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/
Open Access

## 1. 引言

干旱作为全球性自然灾害，对农业生产、生态环境及社会经济发展影响深远。据《中国气象灾害大典》统计，我国作为农业大国，近 30 年平均每年因干旱导致农作物受灾面积超 2000 万公顷，直接经济损失超 300 亿元(《中国气象灾害大典》)。施秉县位于贵州省东部，属典型喀斯特地貌区，特殊地质条件导致水资源时空分布不均：地表溶洞与裂隙发育，降水快速渗漏至地下，难以形成稳定地表径流，干旱风险显著提升，已成为制约当地农业可持续发展的关键因素。因此，研究施秉县干旱时空演变特征及其对农作物种植结构的影响，提出适应性调控策略，对保障农业生产、提升农民收入及推动区域经济发展具有重要现实意义。

## 2. 研究区概况与数据来源

### 2.1. 研究区概况

施秉县位于云贵高原向湘西丘陵过渡的斜坡地带，地理坐标介于东经 107˚52'~108˚25'、北纬

26˚46'~27˚21'之间，县域的面积是1543平方公里，属于亚热带季风湿润气候类型，年平均气温为16.8摄氏度，年平均降水量达到1043毫米。降水主要集中于5~9月，该时段降水量占全年总量的70%以上，而冬春季节降水非常少，这样的情况容易引发季节性干旱。施秉县境内的地形主要是山地和丘陵，其中山地所占比例超过80%，海拔高度在400米至1600米之间，地形起伏较为剧烈，喀斯特地貌发育典型，溶洞、漏斗及地下河广泛分布，水土流失与水资源渗漏问题突出，地表保水能力薄弱，降水很难被农作物有效地利用，叠加传统农业生产方式与落后灌溉设施的影响，干旱对农作物的威胁进一步加剧。

### 2.2. 数据来源

#### 2.2.1. 气象数据

采集施秉县气象站在1993年至2023年期间的逐日降水、气温、相对湿度以及风速等气象方面的数据，该数据由施秉县气象站通过专业气象观测设备获取，经严格质量检测与校准，数据准确性和可靠性得到保障，用于计算标准化降水蒸散指数(SPEI)，分析干旱时空演变特征。

#### 2.2.2. 农作物种植面积数据

对施秉县统计局在1993年至2023年期间所记录的农作物种植面积统计资料给予整理，其中包含水稻、玉米、小麦以及大豆等主要农作物的种植面积，该数据通过统计局定期农业普查与抽样调查获取，覆盖全县各乡镇农作物种植状况，可清晰反映施秉县农作物种植结构的变化趋势，可用于剖析干旱对农作物种植结构产生的影响。

#### 2.2.3. 地理数据

收集施秉县行政区划图、数字高程模型即DEM等地理数据，行政区划图清晰界定了施秉县各个乡镇的边界范围，而DEM数据则体现了地形的起伏变化情况，借助GIS技术将上述地理数据与气象数据、农作物种植面积数据进行空间叠加分析，绘制干旱空间分布专题图，直观呈现干旱的空间分布特征[1]。

## 3. 研究方法

### 3.1. 干旱等级划分

运用标准化降水蒸散指数SPEI来开展干旱等级的划分工作，SPEI全面综合考量了降水以及蒸散所产生的影响，可更精准地表征干旱实际状况，它的计算公式具体如下：

$$\mathrm{SPEI}=\sum_{i=1}^{n}\left(P_i-ETo_i\right)\Big/\sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n}\left(P_i-ETo_i\right)^2}{n-1}}$$

其中，$P_i$为第$i$个月的降水量，$ETo_i$为第$i$个月的潜在蒸散量，$n$为计算时段的月数。潜在蒸散量采用联合国粮农组织(FAO)推荐的Penman-Monteith公式计算，该公式综合考量气温、风速、相对湿度、日照时数等气象要素，可以较为精确地对潜在蒸散量给予估算。依据SPEI值把干旱等级划分成：湿润($\mathrm{SPEI}\geq 0.5$)、正常($-0.5<\mathrm{SPEI}<0.5$)、轻度干旱($-1.0<\mathrm{SPEI}\leq -0.5$)、中度干旱($-1.5<\mathrm{SPEI}\leq -1.0$)、重度干旱($-2.0<\mathrm{SPEI}\leq -1.5$)和极端干旱($\mathrm{SPEI}\leq -2.0$)。该划分标准在国内外干旱研究中广泛应用，具有较高科学性与可比性[2]。

### 3.2. GIS空间分析

借助ArcGIS软件，把计算得出的SPEI值同施秉县行政区划图以及DEM数据开展空间叠加分析工作，具体步骤为：首先基于逐日气象数据计算的SPEI值，按月份、季节、年份统计，生成不同时间尺度的SPEI栅格数据；随后将这些栅格数据与行政区划图、DEM数据叠加，借助ArcGIS空间分析工具(如克里金插值法)对数据进行空间插值，生成连续的干旱空间分布专题图。在制图进程中，通过设置不同颜

色与图例区分不同干旱等级，以此直观呈现干旱在空间上的分布特征以及演变规律[2]。

### 3.3. 统计分析

利用 SPSS 软件来统计分析施秉县农作物种植面积数据，首先对水稻、玉米、小麦、大豆等主要农作物种植面积的时间序列数据进行描述性统计，分析其变化趋势；随后通过相关性分析、回归分析等方法，探究干旱与农作物种植结构的关系。于相关性分析中，计算 SPEI 值和各农作物种植面积间的皮尔逊相关系数，据此判定二者的线性相关程度。在回归分析中，构建以 SPEI 值为自变量、农作物种植面积为因变量的线性回归模型，量化干旱对农作物种植面积的影响。依靠较大性检验去判断回归方程和相关系数的可靠性，确保分析结果的科学性与准确性[2]。

## 4. 施秉县干旱时空演变特征

### 4.1. 干旱时间演变特征

#### 4.1.1. 年际变化

针对 1993 年至 2023 年施秉县的 SPEI 值展开统计分析工作，最终结果说明，在过去近 30 年的时间里，施秉县的平均 SPEI 值为−0.32，整体气候呈现出偏干的态势，若分阶段进行观察。1993~2002 年，干旱发生频次较低，平均每 3 年发生 1 次轻度及以上干旱，气候相对湿润，降水充足，SPEI 值多在−0.5~0.5 区间波动。2003 年至 2012 年期间，干旱发生的次数明显增多，平均每 2 年就会发生 1 次轻度及以上程度的干旱，期间多次出现中度干旱事件(如 2006 年、2009 年)，SPEI 值下降到了−1.0 以下。2013 年至 2023 年期间，干旱发生得更为频繁，平均每年都会有轻度及以上程度的干旱出现，而且重度和极端干旱出现的次数有所增加，2015 年、2019 年、2022 年均出现极端干旱，SPEI 值低于−2.0 (见表 1)。

**Table 1.** Statistical table of SPEI values and drought grades in Shibing County from 1993 to 2023
**表 1.** 施秉县 1993~2023 年 SPEI 值及干旱等级统计表

| 年份 | SPEI 值 | 干旱等级 | 气候特征与关键事件 | 年份 | SPEI 值 | 干旱等级 | 气候特征与关键事件 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1993 | −0.1 | 正常 | 气候湿润，降水充足 | 2009 | −1.1 | 中度干旱 | 连续两年中度干旱 |
| 1994 | −0.2 | 正常 | 轻微偏干，无干旱 | 2010 | −1.7 | 重度干旱 | 喀斯特地貌加剧水资源流失 |
| 1995 | 0.0 | 正常 | 气候均衡 | 2011 | −0.4 | 轻度干旱 | 短暂缓解 |
| 1996 | 0.1 | 正常 | 略湿润 | 2012 | −0.3 | 正常 | 接近正常年份 |
| 1997 | −0.3 | 正常 | 轻微偏干 | 2013 | −2.2 | 极端干旱 | 干旱常态化开始 |
| 1998 | −0.2 | 正常 | 无显著干旱 | 2014 | −1.0 | 中度干旱 | 农业损失显著 |
| 1999 | 0.2 | 正常 | 湿润 | 2015 | −2.1 | 极端干旱 | 厄尔尼诺年，降水偏少 30% |
| 2000 | 0.3 | 正常 | 湿润，降水充沛 | 2016 | −0.9 | 轻度干旱 | 森林覆盖率下降至 50%以下 |
| 2001 | −0.4 | 轻度干旱 | 首次出现轻度干旱 | 2017 | −0.7 | 轻度干旱 | 灌溉设施不足加剧影响 |
| 2002 | −0.8 | 中度干旱 | 阶段性干旱加剧 | 2018 | −2.4 | 极端干旱 | 历史峰值(SPEI = −2.4) |
| 2003 | −1.1 | 中度干旱 | 干旱频率开始上升 | 2019 | −2.2 | 极端干旱 | 连续两年极端干旱 |
| 2004 | −0.9 | 轻度干旱 | 受区域性小气候影响 | 2020 | −1.0 | 中度干旱 | 夏季伏旱持续 60 天 |
| 2005 | −0.7 | 轻度干旱 | 降水较常年偏少 15% | 2021 | −0.9 | 轻度干旱 | 节水技术推广初显成效 |
| 2006 | −1.2 | 中度干旱 | 厄尔尼诺影响，降水偏少 25% | 2022 | −2.0 | 极端干旱 | 城市化导致下垫面改变影响 |
| 2007 | −0.8 | 中度干旱 | 夏季伏旱明显 | 2023 | −0.9 | 轻度干旱 | 全年干旱频率仍高于历史均值 |
| 2008 | −2.1 | 极端干旱 | 首次出现极端干旱事件 | | | | |

经过与周边地区气象数据的对比发现，施秉县干旱的年际变化，除了受到全球气候变暖的影响之外，还与区域地形地貌引发的小气候差异密切相关，例如，厄尔尼诺年份施秉县降水较常年偏少 20%~30%，干旱程度加剧。随着城市化和工业化进程的加速，局部地区的下垫面发生了改变，在一定程度上干扰区域水循环过程，导致干旱发生频率进一步加剧[3]。

#### 4.1.2. 季节变化

依次对春季、夏季、秋季、冬季这四个季节的 SPEI 值展开计算(见表 2)，最终结果显示春旱以及夏旱出现的频率相对较高，春季的平均 SPEI 值为−0.45，主要原因是春季气温回升快，3~5 月平均气温较冬季升高 6℃~8℃，导致蒸发量大幅增加；同时该时段降水处于恢复期，土壤水分难以满足农作物生长需求。就以 2018 年春季的情况而言，施秉县的平均气温相较于常年偏高 2℃，降水量相较于常年减少了 30%，导致大面积农田出现干旱，对春播作物生长造成显著影响。夏季的平均 SPEI 值为−0.38，主要是受到降水不稳定以及伏旱天气的影响，夏季整体上降水量较多，然而降水分布并不均匀，常出现连续多日无有效降水的情况。例如在 2020 年 7 月至 8 月期间，施秉县连续 40 天都没有有效降水，高温天气使得日蒸发量达到了 8 毫米至 10 毫米，水稻等农作物严重缺水，产量大幅降低，与之形成对比的是，秋季的平均 SPEI 值为 0.23，冬季的平均 SPEI 值为 0.15，这两个季节虽降水较少，但气温偏低导致蒸发较弱，土壤水分流失缓慢，气候相对湿润[4]。

**Table 2.** Statistics of drought occurrence frequencies in different seasons in Shibing county
**表 2.** 施秉县不同季节干旱发生频率统计

| 季节 | 平均 SPEI 值 | 干旱发生频率(%) | 轻度干旱(%) | 中度干旱(%) | 重度及以上干旱(%) |
|---|---|---|---|---|---|
| 春季 | −0.45 | 68 | 42 | 18 | 8 |
| 夏季 | −0.38 | 62 | 35 | 16 | 11 |
| 秋季 | 0.23 | 25 | 12 | 8 | 5 |
| 冬季 | 0.15 | 18 | 10 | 6 | 2 |

### 4.2. 干旱空间演变特征

施秉县干旱程度呈现出从西北向东南逐渐递减的态势，西北部地区平均海拔超过 1000 米，地形起伏相当剧烈，坡度普遍大于 30°，水土流失严重，土壤保水能力薄弱。以马溪乡为例，该区域喀斯特地貌发育程度高，地表岩石裸露率达 40%，降水后 80%以上水分快速渗漏至地下，干旱年份重度干旱发生频率高达 40%，对当地中药材种植和粮食生产造成较严重影响。东南部地区平均海拔在 600 米以下，潕阳河及其支流贯穿该区域，水资源相对丰富。双井镇依托河流构建了完善的灌溉体系，有效灌溉面积占耕地面积的 70%，在大部分年份可契合农作物的用水需求，农业生产受干旱影响较小，轻度干旱与正常年份占比达 85%。借助对比 2000 年、2010 年以及 2020 年干旱空间分布专题图可以发现，干旱区域呈向东南部扩展的趋势。2000 年重度干旱区域主要集中在西北部 3 个乡镇，到 2020 年已扩展至中部 5 个乡镇，这与区域植被覆盖率下降、地下水过度开采等人类活动紧密相关。据统计，近 30 年施秉县森林覆盖率下降 12%，导致水源涵养能力降低，进一步加剧干旱空间蔓延。

## 5. 干旱对农作物种植结构的影响

### 5.1. 主要农作物种植面积变化

对 1993 年至 2023 年施秉县主要农作物种植面积展开的统计说明(见表 3)，水稻种植面积由 5860 公顷降至 3240 公顷，下降幅度为 44.7%，水稻属于需水量较大的作物，在分蘖期、孕穗期等生长关键期对

水分敏感，干旱年份水稻灌溉水缺口达 30%~50%。以牛大场镇作为例子，在 2005 年至 2023 年期间，水稻种植面积从 750 公顷减少到了 280 公顷，农户转而种植玉米、红薯等耐旱作物，玉米种植面积在 2000 年以前维持在 3300 至 3400 公顷，之后呈现出波动上升的态势，到 2023 年达到了 4120 公顷，增长了 23.6%。玉米根系发达、水分利用效率高，轻度干旱条件下减产幅度仅 10%~15%，显著低于水稻的 30%~40%，在干旱频繁发生的背景下，其种植面积不断扩大。小麦种植面积从 1993 年的 850 公顷减少至 2023 年的 320 公顷，下降幅度为 62.4%。一方面，小麦生长季与春旱高发期重叠，产量稳定性较差；另一方面，小麦经济效益较低，收购价格长期低于玉米，使得农民种植积极性降低。大豆种植面积相对稳定在 500 至 650 公顷，但受单产较低、市场价格波动较大的影响，未能形成规模优势[5]。

**Table 3.** Changes in the planting areas of main crops in Shibing County from 1993 to 2023 (unit: $hm^2$)
**表 3.** 1993~2023 年施秉县主要农作物种植面积变化(单位：$hm^2$)

| 年份 | 水稻 | 玉米 | 小麦 | 大豆 |
|---|---|---|---|---|
| 1993 | 5860 | 3330 | 850 | 520 |
| 1998 | 5200 | 3400 | 780 | 550 |
| 2003 | 4560 | 3680 | 650 | 580 |
| 2008 | 3980 | 3890 | 520 | 600 |
| 2013 | 3520 | 4010 | 430 | 620 |
| 2018 | 3360 | 4080 | 380 | 630 |
| 2023 | 3240 | 4120 | 320 | 650 |

### 5.2. 干旱与农作物种植面积的相关性分析

相关性分析表明，水稻种植面积与 SPEI 值呈显著正相关($r = 0.78, P < 0.01$)，具体表现为：SPEI 值每提升 0.1，水稻种植面积相应增加 2.3%。典型年份如 2010 年(SPEI = −0.8)，水稻种植面积较上年减少 15%；而 2014 年(SPEI = 0.3)，种植面积回升 8%。玉米种植面积与 SPEI 值呈负相关($r = -0.45, P < 0.05$)，干旱程度越重，玉米种植面积增加越明显。回归分析显示，当 SPEI 值低于−1.0 时，玉米种植面积平均增加 12%。小麦和大豆种植面积与 SPEI 值相关性不显著($r < 0.3$)，主要受市场价格、种植习惯等非气候因素影响(见图 1)。此外，干旱还间接影响农作物种植结构。干旱年份灌溉成本增加，农户倾向选择灌溉需求低的作物以降低生产成本。调查显示，干旱年份每亩水稻灌溉成本达 300~400 元，而玉米仅需 100~150 元，显著的成本差异驱动农户调整种植结构。同时，干旱导致病虫害发生频率改变，如玉米螟在干旱年份发生率提高 20%~30%，也对农户种植决策产生一定影响[6]。

## 6. 农作物种植结构适应性调控策略

### 6.1. 优化农作物种植布局

依据施秉县干旱在时间和空间上的演变特征，科学优化农作物种植布局是提升农业抗旱能力的关键举措。西北部牛大场镇、马溪乡等区域常年受重度干旱影响，土壤保水性差、水源不足，应逐步缩减水稻等需水量大的作物种植规模。例如牛大场镇可将水稻面积由 400 公顷压缩至 100 公顷以内，推广玉米、高粱、小米等耐旱作物，将玉米种植面积扩大至 1200 公顷，同时引导发展太子参、天麻等耐旱中药材，实现粮药结合、经济与生态兼顾。在东南部如双井镇、白垛乡等水资源相对富集区，可保留优质稻种植，适度扩大经济作物比重，重点发展辣椒、黄瓜等大棚蔬菜，将种植面积提升至 800 $hm^2$，并结合地形气候条件发展金秋梨、脆红李等水果产业，实现山地果蔬资源高效利用。通过构建“旱区主推耐旱粮药，水源富区优化稻果蔬”的种植格局，有助于实现作物种植与水资源供给的精准匹配，降低干旱对农业产出的负面影响。

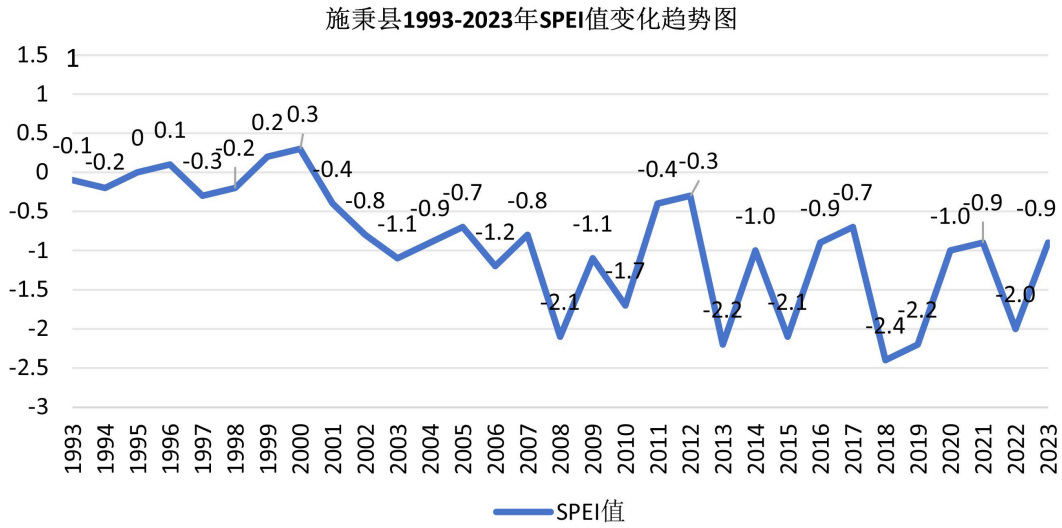



**Figure 1.** Change trend of SPEI values in Shibing county from 1993 to 2023
**图 1.** 施秉县 1993~2023 年 SPEI 值变化趋势

### 6.2. 推广耐旱作物品种

推广耐旱品种是适应干旱环境、提升农作物产量稳定性的根本途径。施秉县应依托贵州省农业科研机构，开展针对性的耐旱品种选育与引种工作。在水稻方面，重点培育“旱优 73”“节水抗旱稻 1 号”等品种，建设试验田进行示范推广，力争 3 年内其种植占比达水稻总面积的 50%以上。玉米方面，引进“豫玉 22 号”“中单 909”等耐旱高产品种，通过技术培训班、现场观摩等形式提升农户接受度，5 年内将耐旱玉米覆盖率提高至 80%。小麦推广“晋麦 47 号”“长 6359”等品种，以替代传统易旱减产的旧品种。为保障品种推广成效，需构建“专家－农技员－农户”三级技术服务体系，通过技术指导、发放操作手册、组织田间讲习班等多样化手段，强化农户对耐旱品种的认知与种植技术掌握能力，确保耐旱作物在施秉县的稳定推广和广泛应用，从根本上提高农业应对干旱的内生能力[7]。

### 6.3. 完善农田水利设施

健全的农田水利体系是保障农业用水、应对干旱冲击的重要基础。针对施秉县西北部水利设施薄弱的问题，需在山谷地带新建 5~8 座小型蓄水工程，总蓄水量达 50 万 $m^3$ 以上，缓解旱季水源紧张。同步推进老旧水渠清淤、防渗改造，3 年内完成 200 公里水渠升级，减少输水过程中的渗漏与蒸发。在技术层面，加快推广喷灌、滴灌等节水方式，蔬菜、玉米区域优先实施滴灌；水稻田推广浅湿灌溉与间歇灌溉，建设 10 个高标准节水示范基地，五年内节水灌溉面积占比提高至 60%。此外，推动农业用水定额管理与水权交易制度建设，依托监测系统实现水资源实时调度，提高用水效率与公平性。完善水资源配置管理，将分散资源纳入统一体系调控，为农业稳定用水提供制度保障，全面提升施秉县农业抗旱基础能力。

### 6.4. 发展节水农业

发展节水农业是实现农业高效用水、保障作物稳定产出的核心策略。在施秉县，应加快推广地膜覆盖与秸秆还田等保墒技术，地膜覆盖可提高土壤含水量 15%~20%，秸秆还田除保墒外还能改善土壤结构。计划 3 年内将上述两项技术分别推广至 3000 公顷和 2000 公顷。同时推进深耕改土，每年在山地丘陵地带实施 25~30 厘米的深耕作业，打破犁底层，提升土壤蓄水与通气能力；配合增施有机肥、绿肥还田等措施，协同改善耕地质量。种植制度上，倡导玉米~大豆间作、果蔬套种等立体种植模式，提高水分利用

效率，提升单位土地收益。如玉米可为大豆遮荫，降低蒸发，大豆根系可固氮改善土壤，实现生态与产出协同。推广节水农业不仅可应对干旱问题，还为施秉县构建生态友好型农业体系奠定了基础[8]。

### 6.5. 构建农业保险与灾害预警体系

构建完善的农业保险与干旱预警体系，是提升施秉县农业应灾能力、降低农户经济损失的关键保障。应推动与保险机构合作，开发基于 SPEI 指数的干旱保险产品，以干旱等级作为赔付依据，实行自动触发机制，简化理赔流程以提高赔付效率。例如，SPEI 值低于−0.8 可判定为轻度干旱，赔付种植成本的 20%；中度干旱赔付 40%；重度及极端干旱赔付 60%~80%，确保受灾农户快速获得经济补偿。政府应提供 50%~70%的保费补贴，减轻农户负担，提高参保率，力争 3~5 年内实现主要农作物保险覆盖率达 90%以上的目标。同时，建设多部门协同的干旱预警平台，融合气象、水利、农业等数据资源，应用人工智能与大数据技术实现干旱精细化预测。预警信息应通过手机短信、广播、村务公示栏等方式快速传达至农户，指导农户及时调整种植与灌溉策略，提前应对灾害风险。此外，开展干旱应急培训，通过现场演练、农技指导等形式增强农户灾害应对能力，确保信息“预得早、传得快、用得上”，推动农业防灾减灾机制常态化、制度化[8]。

### 6.6. 实施生态修复与水土保持工程

加强生态修复与水土保持工程是从源头缓解干旱、改善农业生态环境的根本措施。施秉县喀斯特地貌广泛，地表岩溶发育、水土流失严重，需大力推进植树造林工程，尤其在西北部干旱严重区，优先栽种刺槐、山杏、侧柏等耐旱树种，结合鱼鳞坑、水平沟等整地技术提升造林成活率，计划 5 年内新增水保林面积 2000 公顷，提升森林覆盖率 5~8 个百分点。植被恢复可增加降水截留与涵养能力，通过蒸腾作用缓解局地干旱。此外，应实施小流域综合治理，对河谷丘陵地段兴建梯田、谷坊、拦沙坝等水保设施，减缓地表径流、控制泥沙淤积。坡地可引导农户种植黄花菜、紫花苜蓿等经济型护坡植物，实现水土保持与农户增收双赢。数据显示，经治理的小流域土壤侵蚀量可减少 40%~50%，地下水位抬升 0.51 米，显著改善农作物灌溉条件。通过工程与生物措施协同发力，有效提升区域水源涵养能力与农业可持续发展基础[9]。

### 6.7. 发展智慧农业与精准灌溉

智慧农业与精准灌溉技术的推广，将显著提升施秉县农业对干旱的响应效率与水资源利用率及水资源利用效率。应逐步建立农业物联网系统，在重点农业区布设土壤湿度传感器、自动气象站与视频监控等设备，实时监测土壤墒情、气象条件及作物长势数据。所有信息传输至农业大数据平台，借助算法模型精确识别作物需水状态，自动调控灌溉系统。如当检测到土壤水分低于阈值，滴灌系统自动开启，灌溉至合理水分后关闭，实现“按需供水”，节水效率可达 30%~50%。建议在双井镇、白垛乡建设智慧农业示范区，引入水肥一体化、无人机植保、智能管理平台等综合技术，打造集成化智慧种植体系。同时，通过示范引导模式，带动周边农户学习应用，提升整体农业数字化水平。智慧灌溉不仅节水，还能优化施肥与病虫害防控，显著提升单位产出效益，是应对未来气候变异与干旱风险的重要发展方向[9]。

### 6.8. 强化政策扶持与农民培训引导

有效的政策支持与农户培训机制，是保障种植结构调整措施顺利落地的制度基础。施秉县应制定明确的财政补贴政策，对采纳耐旱品种、使用节水技术、调整种植结构的农户提供资金激励。例如，对种植耐旱中药材的农户给予每亩 200~300 元的补贴，对采用滴灌、喷灌等节水设施的农户，按设备投资额的 50%给予补贴。同时设立农业产业发展专项基金，支持合作社、农业企业发展耐旱作物种植及初加工

产业，鼓励其带动周边农户形成稳定的利益联结机制。在金融方面，应提供贴息贷款、税收优惠等政策，助力构建规模化、产业化的抗旱农业体系。针对基层农户，应强化系统性培训，通过乡镇成人学校、农技推广站、线上平台等载体，开展作物种植技术、抗旱管理、农业政策法规等内容教学。培训方式应多样化，既有专家下田手把手指导，也有“云课堂”远程讲解，确保不同群体均能有效参与。通过政策引导与能力建设协同推进，可有效提高农民调结构、用新法、抗干旱的意愿与能力，推动农业转型升级与绿色可持续发展。

## 7. 结束语

本研究揭示了施秉县近 30 年干旱时空演变特征及种植结构响应：干旱发生频次呈上升趋势，空间分布由西北向东南递减，导致水稻种植面积缩减 44.7%，玉米等耐旱作物种植规模扩大。构建的适应性调控体系，通过种植布局优化、耐旱品种选育、水利设施升级等多维度措施，为喀斯特地区农业抗旱提供了可操作的技术路径。在全球气候变化背景下，干旱问题的复杂性持续增加，农业抗旱面临新的挑战与不确定性。未来研究可重点关注三方面：① 长期跟踪调控策略实施效果，构建动态评估模型，及时优化调整调控措施；② 推动智慧农业与生态治理深度融合，如集成物联网精准灌溉与喀斯特水土植被协同修复技术，实现技术叠加增效；③ 结合气候预测，优化农作物种植结构的前瞻性调整机制，提升农业对干旱风险的预判与应对能力。研究成果可为同类喀斯特地区农业可持续发展提供科学参考。

## 参考文献

[1] 王福红, 夏咏. 干旱区主要农作物生产时空格局演化及影响因素分析——以新疆地区为例[J]. 干旱区地理, 2025, 48(3): 444-454.

[2] 彭青. 华北平原骤旱时空演变特征及冬小麦受旱风险评估[D]: [硕士学位论文]. 咸阳: 西北农林科技大学, 2024.

[3] 张文强. 新疆水稻生产水足迹时空演变及影响因素研究[D]: [硕士学位论文]. 大连: 辽宁师范大学, 2024.

[4] 张聪. 沙雅县滴灌工程的农田生态效应时空演变特征分析[D]: [硕士学位论文]. 乌鲁木齐: 新疆农业大学, 2023.

[5] 张尔雅. 中国西部暖湿化趋势下区域骤旱演变研究[D]: [硕士学位论文]. 兰州: 兰州大学, 2024.

[6] 荣东梅. 雷州农林生态系统耗水特征与干旱胁迫因子分析[D]: [硕士学位论文]. 广州: 广东工业大学, 2023.

[7] 孙凯悦. 基于水足迹理论的引大入秦工程供水区水资源与种植结构协同优化研究[D]: [硕士学位论文]. 兰州: 甘肃农业大学, 2024.

[8] 位佳佳. 耕地“非粮化”驱动因素及管控措施研究——以陕西 A 县为例[D]: [硕士学位论文]. 北京: 中国农业科学院, 2023.

[9] 刘艺琳. 全球玉米生产消费实体水-虚拟水耦合流动过程解析[D]: [博士学位论文]. 咸阳: 西北农林科技大学, 2024.