

六枝水稻产量与秋风关系的研究

谢永秀

贵州省六盘水市“三变”改革指导中心，贵州 六盘水

收稿日期：2026年1月1日；录用日期：2026年1月29日；发布日期：2026年2月10日

摘 要

利用贵州省六枝特区1990~2023年逐日气温和水稻产量数据，分析了该地区水稻产量波动特征、秋风天气的强度变化及其对水稻产量的影响。结果表明：六枝水稻单产在1996~2017年呈现显著增长趋势，但2018年后转为明显下降；相对气象产量变幅介于36%至-40%之间，其中41%的年份为气象减产年；秋风发生频率高达67.6%，水稻产量与秋风强度指数呈显著负相关关系。表明在气候变化与技术进步并行的背景下，秋风是制约六枝水稻产量稳定的关键风险因子。

关键词

六枝，水稻，秋风

Study on the Relationship between Grain Yield and Autumn Wind in Liuzhi

Yongxiu Xie

“Three Transformations” Reform Guidance Center of Liupanshui, Liupanshui Guizhou

Received: January 1, 2026; accepted: January 29, 2026; published: February 10, 2026

Abstract

Using daily temperature and grain yield data from 1990 to 2023 in Liuzhi Special Zone, Guizhou Province, this study analyzed the fluctuation characteristics of grain yield, the intensity changes of Autumn wind weather, and their impact on grain yield in the region. The results showed that the per unit area of the grain showed a significant increase trend from 1996 to 2017 in Liuzhi, but turned into a significant decrease after 2018; The relative meteorological yield ranges from 36% to -40%, with 41% of years being meteorological reduction years; The frequency of Autumn wind occurrence is as high as 67.6%, and there is a significant negative correlation between grain yield and Autumn wind intensity index. Under the background of climate change and technological progress, Autumn

wind is a key risk factor which restricting the stable yield of grain yield in Liuzhi.

Keywords

Liuzhi, Grain, Autumn Wind

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

水稻作为主要粮食作物，其生产主要依赖于光、温、水等气候条件，生长发育的关键阶段对低温胁迫尤为敏感。夏末秋初的 8~9 月水稻抽穗扬花至灌浆期间遭遇的持续低温阴雨天气(简称秋风)，是导致水稻授粉受精受阻、灌浆不充、空秕率增高乃至减产的重要农业气象灾害。六枝地处贵州西部，平均海拔高度 1350 米左右，水稻是六枝特区的主要粮食作物之一，极端灾害性天气加剧对农业生成带来的风险日益凸显。目前，已有较多研究关注低温冷害对水稻等农作物影响。曾维英[1]等分析了倒春寒天气是影响小麦产量的重要气象灾害因素之一，从英[2]等研究发现冷涡不断引导冷空气影响贵州，是造成重秋风天气过程的主要原因之一，并用秋风强度指数等指标分析了黔南地区秋风的时空分布规律等特征。张艳梅[3]等分析了六盘水市秋风天气的年际、年代际变化、周期变化特征，秋风天气严重影响了六盘水市的水稻产量。秋风已成为制约其水稻高产、稳产和优质的关键自然因素之一。低温阴雨高湿寡照的环境场光热条件不足，影响花药的正常开裂和光合作用[4]-[6]，使水稻的空壳秕率增加导致水稻产量大幅度的减产。分析六枝特区秋风灾害天气特征及对水稻产量带来的影响，对于促进和提高该区水稻生产有着重要的意义。

2. 资料与方法

2.1. 数据来源

采用六枝特区气象站 1990~2023 年的逐日平均气温，同期的水稻产量数据来源于六盘水市统计局的在册统计资料。

2.2. 研究方法

2.2.1. 水稻产量分析

将水稻实际产量分解为波动产量和趋势产量两部分[7]-[9]，波动产量反映气候要素影响的气象产量，趋势产量反映单产发展水平的长周期的产量分量。气象产量可以反映异常气候对水稻产量的影响。表述公式：

$$X = X_t + X_m + N \quad (1)$$

其中：为 X 为单位面积的实际产量； X_t 社会经济因素影响的趋势产量，代表正常年景的水稻产量； X_m 为气象产量，是由天气气候条件决定； N 是一些随机因素影响的产量分量，在实际计算中可以忽略不计。趋势产量采用直线滑动平均模拟法[9] [10]，结合实际产量可以分离出气象产量。

2.2.2. 水稻产量丰欠年的确定

根据气象产量 X_m 及趋势产量 X_t ，利用公式 $X_{mr} = X_m / X_t \times 100\%$ ，求出相对气象产量 X_{mr} 。相对气象

产量 $X_{mr} < -5\%$ 为水稻产量减产年, $X_{mr} > 5\%$ 为水稻产量丰收年, $-5\% < X_{mr} < 5\%$ 为水稻产量平年。

2.2.3. 秋风天气标准

定义六枝特区近 34 年秋风强度的特点, 根据许炳南[11] [12]等研究成果, 计算年度秋风强度指数:

$$Ki = 17Ni + 10 * [25 - Ti] + 100 * Hi / 18 \quad (2)$$

其中 i 表示年份, Ni 表示当年最长一次秋风过程的持续天数, 若 $Ni \geq 18$, 则令 $Ni = 18$; Ti 表示当年 8 月 1 日到 9 月 10 日任意滑动 5 天平均气温的最低值, 单位为 $^{\circ}\text{C}$; Hi 表示当年秋风总日数, 若 $Hi \geq 27$, 则令 $Hi = 27$ 。根据秋风等级的划分标准, 无: $Ki < 85$; 轻级: $85 \leq Ki < 140$; 中级: $140 \leq Ki < 200$; 重级: $200 \leq Ki < 260$; 特重级: $Ki \geq 260$ 。

3. 结果与分析

3.1. 1990~2023 年六枝水稻产量变化分析

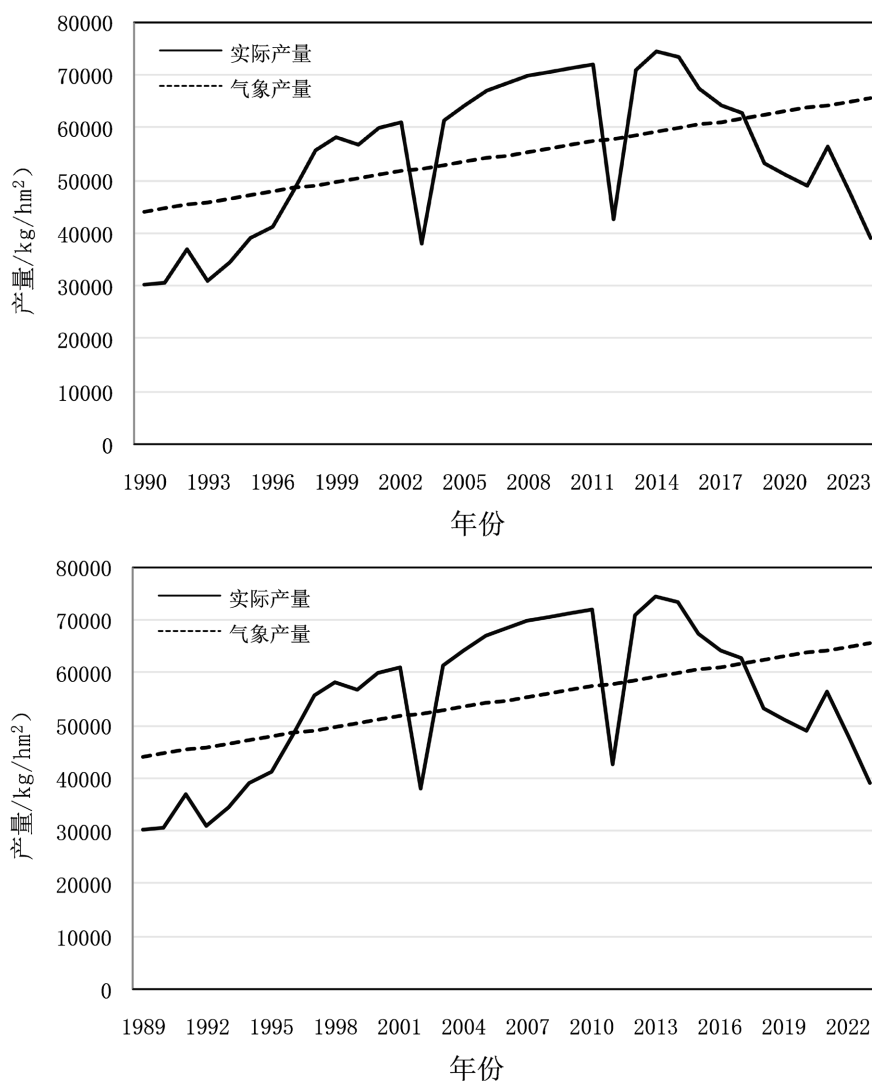


Figure 1. Simulation curve of trend and actual grain yield from 1990 to 2023 in Liuzhi

图 1. 六枝 1990~2023 年水稻趋势产量和实际产量模拟曲线图

从图 1 六枝特区 1990~2023 年水稻趋势产量和实际产量模拟曲线图可以看出，水稻产量明显减产的年份是 1990、1992、1993、1994、2002、2011、2022、2023 年。丰收的年份有 1997~2001 年、2003~2010 年、2012~2014 年。表明六枝特区水稻单产在 1996 年至 2017 年呈现长期增长趋势，水稻单产水平期间年际间波动不大，水稻产量较为稳定，但 2014 年后，增长趋势明显放缓，2018 年后水稻单产呈明显下降趋势。

3.2. 1990~2023 年六枝水稻相对气象产量年际变化

从表 1 六枝水稻 1990~2023 年相对气象产量的逐年变化值可以看出，六枝水稻的相对产量变幅较大，变幅在 36%~40%。34 年中，农业气象减产年有 14 年，占 41%，2023 年水稻减产最为严重，相对气象产量达到最低，仅为-40%；近 34 年中水稻丰收年达到 17 年，占比高达 50%，1997 年到 2016 年期间，丰收年比例高达 90%，近几年六枝为水稻农业气象减产年，严重影响该区粮食整体产量的提高。

Table 1. Annual variation of relative meteorological grain yield from 1990 to 2023 in Liuzhi, Unit: %

表 1. 六枝水稻 1990~2023 年相对气象产量的逐年变化值，单位：%

年份	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001
Y _{mr}	-0.32	-0.19	-0.33	-0.26	-0.17	-0.14	-0.01	0.13	0.17	0.13	0.17	0.18
年份	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
Y _{mr}	-0.27	0.16	0.20	0.24	0.25	0.26	0.26	0.26	0.26	-0.27	0.21	0.26
年份	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023		
Y _{mr}	0.22	0.11	0.05	0.02	-0.15	-0.19	-0.23	-0.12	-0.27	-40.0		

3.3. 1990~2023 年六枝秋风天气强度分析

统计发现(表 2)，近 34 年中六枝地区未出现秋风天气为 11 年，占总数的 32.4%，出现轻秋风的年份有 6 年和中级秋风的有 11 年，分别占总年数的 17.6%、32.4%，出现重级秋风的年数有 4 年，占总年数的 11.8%，出现特重年份的秋风有 2 年，占总年数的 5.9%，秋风强度最强的是 2002 年，强度指数为 328。表明六枝特区出现中、重级秋风以上的低温天气比较多，导致水稻的单产量降低。

Table 2. Intensity index and intensity level autumn wind from 1990 to 2023 in Liuzhi

表 2. 1990~2023 年六枝秋风强度指数、强度等级情况

年份	强度指数	强度等级	年份	强度指数	强度等级	年份	强度指数	强度等级
1990	28	无	2002	369	特重	2014	43	无
1991	67	无	2003	180	中	2015	259	重
1992	103	轻	2004	152	中	2016	165	中
1993	241	重	2005	225	重	2017	31	无
1994	44	无	2006	160	中	2018	148	中
1995	98	轻	2007	274	特重	2019	117	轻
1996	45	无	2008	163	中	2020	43	无

续表

1997	39	无	2009	43	无	2021	38	无
1998	136	轻	2010	123	中	2022	120	轻
1999	162	中	2011	33	无	2023	115	轻
2000	178	中	2012	142	中			
2001	158	中	2013	214	重			

3.4. 秋风天气对水稻产量的影响

水稻是喜温作物，若在水稻的抽穗扬花期期间遭遇秋风天气，低温阴雨使水稻花药不能正常开裂、花药粘连或吸水膨胀破裂，严重影响了水稻的产量[3]。从 1990~2023 年的水稻产量和六枝秋风强度的变化(图 2)可以看出，六枝水稻产量与秋风强度指数呈明显的反位相分布，2002 年为特重级秋风年，六枝的水稻种植面积在 9466.67 hm²，水稻的单产量仅为 4006.3 kg/hm²，对六枝的水稻造成严重影响，水稻不能正常灌浆，结实率下降，导致空秕率，一般为 30%，严重空秕率高达 50%。2000 年以来随着产品优化和农业科学技术的提高，六枝水稻产量比 20 世纪 90 年代明显增加。

统计表明在气候变化背景下，技术进步带来的增长潜力，受到灾害天气的挑战。要维持产量稳定，必须在继续推进农业科技的同时，大力加强气候适应性与防灾减灾能力建设，掌握秋风的变化规律，在水稻中后期和产量形成的关键时期，对出现的低温冷害采取必要的防护措施。

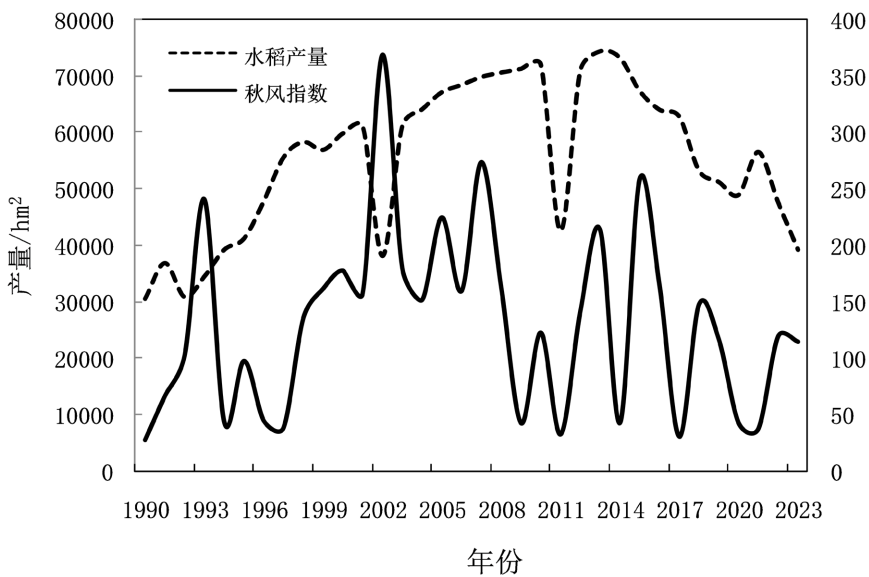


Figure 2. Changes of grain yield and Autumn wind intensity from 1990 to 2023 in Liuzhi
图 2. 1990~2023 年的水稻产量和六枝秋风强度的变化

3.5. 秋风天气与对水稻抽穗扬花期匹配度分析

从水稻抽穗扬花期与秋风发生时间的匹配度统计表 3 可以看出，聚焦抽穗扬花期这一关键生育期，统计 1990~2023 年每年秋风天气的起始时间、持续天数，对比该时段与当地水稻常规抽穗扬花期的重合时长：将重合时长划分为“无重合”、“轻度重合(1~3 天)”、“中度重合(4~7 天)”、“重度重合(≥8 天)”

四类，分别对应分析不同重合程度下的水稻相对气象产量变化，明确抽穗扬花期遭遇秋风天气对水稻产量影响的变化规律。

Table 3. Statistical table of matching degree for Autumn wind and grain heading and flowering Period
表 3. 水稻抽穗扬花期和秋风天气匹配度统计表

年份	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001
重合度	无	轻度	无	无	无	轻度	无	无	无	无	轻度	无
年份	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
重合度	重度	无	无	无	轻度	无	无	无	无	无	无	无
年份	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023		
重合度	轻度	轻度	无	无	无	无	轻度	无	无	无		

结果发现，无重合的有 26 年，轻度重合 7 年，有 3 年减产，4 年增产，没有明显的规律，说明轻度重合对水稻产量没有影响。重度重合 1 年，减产 27%，但样本太少，无法做量化分析，表面重度重合秋风对水稻产量有重大影响。2018 年以来，产量持续下降的原因主要是由于政府推行种植价高产低的红米品种，种植面积越大，产量降得越低。

4. 结论

1、六枝特区水稻单产在 1996 年至 2017 年呈现增长趋势，自 2018 年起转为显著下降趋势。水稻的相对产量幅度较大，变幅在 36%~40%。在 34 年中，农业气象减产年有 14 年，出现几率为 41%，减产最严重的是 2003 年，相对气象产量仅为-40%；丰收年有 17 年，出现几率为 50%，1997 年到 2016 期间，丰收年达到 90%。

2、近 34 年中六枝地区未出现秋风天气为 11 年，占总数的 32.4%，出现 6 年轻秋风和 11 年中级秋风的天气，分别占总年数的 17.6%、32.4%，出现重级秋风的年数为 4 年，占总年数的 11.8%，出现特重年份的秋风有 2 年，占总年数的 5.9%。秋风发生频率高(67.6%)，且中级、重级以上强度的秋风事件出现频率较高，说明六枝水稻生产处于较高强度的秋风天气灾害之中。

3、六枝水稻产量与秋风强度指数呈明显的反位相分布，秋风重的年份水稻产量低，表明在气候变化背景下，需掌握秋风的规律，在水稻中后期和产量形成的关键时期，对出现的低温冷害采取必要的防护措施。

4、秋风在水稻抽穗扬花期有轻度重合时无明显影响，重度重合时有重大影响。

参考文献

[1] 曾维英, 张艳梅. 倒春寒天气对六枝小麦产量的影响[J]. 贵州农业科学, 2009, 37(9): 72-74.
[2] 丛英. 黔南地区秋风天气过程的气候概况[J]. 广西气象, 2006(S3): 38-39, 49.
[3] 张艳梅, 钟静, 杨宏宇, 等. 六盘水市秋风气候特征及其对水稻产量的影响[J]. 贵州农业科学, 2008, 36(5): 42-44.
[4] 郑小波, 陈静. 贵州秋风的时空分布规律及其对水稻产量的影响[J]. 贵州农业科学 2003, 24(5): 39-42.
[5] 张艳梅, 陈海涛, 周翔, 等. 影响六盘水市小麦产量的气候因子研究[J]. 安徽农业科学, 2009, 37(31): 15191-15192.
[6] 吴俊铭, 谷小平, 徐丹丹, 等. 贵州稻作气候资源及其利用[J]. 贵州农业科学, 2007(2): 86-89.

-
- [7] 王馥棠. 农业气象预报概论[M]. 北京: 农业出版社, 1991: 434-446.
 - [8] 李贵琼, 张强, 段盘柱. 1991-2020 年六盘水市的秋风气候特征分析[J]. 农业灾害研究, 2025, 15(6): 100-102.
 - [9] 汪大林, 王俊, 张文字, 等. 倒春寒天气对宣城地区茶叶产量的影响[J]. 安徽农学通报, 2013, 19(24): 109-110, 112.
 - [10] 秦剑. 气候因子与云南粮食生产的关系[J]. 应用气象学报, 2000(2): 213-220.
 - [11] 许炳南, 张弼洲, 黄继用, 等. 贵州春旱、夏旱、倒春寒、秋风的规律、成因及长期预报研究[M]. 北京: 气象出版社, 1989.
 - [12] 李玉柱, 许炳南. 贵州短期气候预测技术[M]. 北京: 气象出版社, 2001.