

气象条件对早稻空秕率的影响及防御措施探讨

伍智文^{1,2}, 胡国强¹, 刘久国¹, 刘云华¹, 翟子豪³

(1. 湖南省娄底市气象局, 湖南娄底 417000; 2. 气象防灾减灾湖南省重点实验室, 湖南长沙 410118; 3. 湖南省郴州市气象局, 湖南郴州 423000)

摘要 利用娄底农业气象观测站 1981~2010 年早稻空秕率、发育期气象资料, 采用 Excel 统计软件对幼穗开始分化到乳熟期内光、温、水等气象条件与空壳、秕粒、空秕率(空壳+秕粒)逐时段进行了相关分析, 从中寻找影响早稻空秕率的气象因子, 然后采用 Excel 软件建立了早稻空秕率逐步回归预测模型, 并探讨了早稻空秕率防御措施。结果表明, 气象条件是影响早稻空秕率的重要环境因子; 幼穗发育期, 温度与空秕率呈正相关, 降水与空秕率呈负相关; 抽穗开花期、灌浆期, 温度与空秕率呈负相关, 降水与空秕率呈正相关; 由各发育期相关显著的因子建立的早稻空秕率逐步回归预测模型, 回代模拟效果比较显著, 对 2011、2012、2013 年早稻空秕率的试测效果也可以。在分析气象条件对早稻空秕率的影响的基础上, 建立预测模型, 加强预测, 提高防御不利气象条件影响的主动性, 变临时应对为主动防御。

关键词 气象条件; 早稻; 空秕率; 影响; 防御措施

中图分类号 S161 **文献标识码** A **文章编号** 0517-6611(2014)27-09452-03

Effects of Meteorological Conditions on Early Rice Blighted Grain Rate and Preventive Measures

WU Zhi-wen^{1,2}, HU Guo-qiang¹, LIU Jiu-guo¹ et al (1. Loudi Meteorological Bureau, Loudi, Hunan 417000; 2. Hunan Key Laboratory of Meteorological Disaster Prevention and Mitigation, Changsha, Hunan 410118)

Abstract By using rice yield, meteorological data of rice growth period in Loudi agricultural meteorological stations from 1981 to 2010, adopting Excel statistic software, from period of spike differentiation to ripe stage, the correlation of meteorological conditions, such as light, temperature, water and shell, grain, blighted grain rate was analyzed, the factors influencing blighted grain rate were obtained, the stepwise regression prediction model of early rice blighted grain rate was established, and the prevention measures were discussed. The results showed that, the weather condition played an important environmental factor in affecting the yield of early rice. Young panicle developmental stage: temperature and blighted grain rate is positively correlated, precipitation and blighted grain rate is negatively correlated; heading blossom period, grain filling period: blighted grain rate is negatively correlated with temperature and positively correlated with precipitation. The simulation effects is significant of the established regression prediction model by significant correlation factors in each developmental stage, the effect also could be verified from 2011, 2012 and 2013 test results. Based on the analysis of effects of meteorological conditions on the yield of early rice, the prediction model was established for strengthening the forecast, improving the initiative of defending unfavorable weather conditions, to change the temporary response to active defense, it was a useful attempt.

Key words Weather conditions; Early rice; Blighted grain rate; Influence; Prevention measures

影响早稻空秕率的因子有环境条件、品种、农艺措施等, 在这些影响因子中, 气象条件是影响早稻空秕率的重要环境因子, 其他如品种、农艺措施随着品种的不断选育、改良, 农艺措施的改进, 对空秕率的影响会逐年减轻, 且相对平稳; 而气象条件时空分布的不确定性、突发性, 是引起早稻空秕率上下波动的主要原因。许多学者对早稻空秕率与气象条件的关系进行了研究, 如伍智文等利用娄底农业气象观测站 1981~2010 年的早稻空秕率、发育期气象资料, 分析了从幼穗开始分化到乳熟期光、温、水等气象条件与空壳、秕粒、空壳+秕粒逐时段的相关性, 得到了花粉母细胞形成期、抽穗开花期、灌浆前期 3 个时段的气象条件与空秕率的关系密切^[1]; 林瑞坤等利用福州农业气象试验站 2000~2008 年双季早稻抽穗开始期后 10 d 内气象条件对空秕率的影响, 得出了早稻空壳率与 ≥ 35 °C 日数和降雨日数有显著的正相关, 早稻的秕谷率与日照时数有显著的负相关^[2]。但对气象条件影响早稻空秕率而采取相应防御措施的研究却不多见, 笔者在分析气象条件对早稻空秕率的影响的基础上, 重点利用娄底农业气象观测站 1981~2010 年的早稻空秕率、各发育期气象资料, 针对影响早稻空秕率的气象条件建立预测模

型, 根据预测年的气候趋势就可了解空秕率的出现范围, 采取早稻空秕率防御措施, 对确保早稻高产稳产具有重要科技支撑作用。

1 资料与方法

1.1 资料来源 早稻空秕率、发育期资料来自娄底农业气象观测站 1981~2010 年的农作物生育状况观测记录年报表, 空秕率按《农业气象观测规范》^[3]方法计算。气象资料来自娄底国家常规地面气象观测站, 根据《农业气象观测规范》要求, 早稻观测地段离娄底国家常规地面气象观测站在 2 km 内, 早稻观测地段的气象条件与地面气象观测站基本一致。

1.2 分析方法 采用 Excel 统计软件对幼穗开始分化到乳熟期内光、温、水等气象条件与空壳、秕粒、空壳+秕粒逐时段进行相关分析, 选取相关性好且又有生物学意义的时段进行气象条件与空秕率的相关关系分析; 然后采用 Excel 作逐步回归分析^[4], 建立早稻空秕率预测模型。

2 气象条件对早稻空秕率的影响

2.1 近 30 年早稻空秕率变化特征 据娄底农业气象站 1981~2010 年早稻空秕率资料统计, 空秕率最高年为 54%, 最低年仅 10%, 平均为 33.6%。若约定高于平均数 10% 为特高年, 有 7 年, 分别为 1981、1986、1987、1988、1992、1993、1996 年; 低于平均数 10% 为特低年, 有 7 年, 分别为 1983、1985、1994、2005、2007、2008、2010 年; 其余 16 年为正常年份。

基金项目 湖南省气象局科技项目(2013202)资助。

作者简介 伍智文(1956-), 男, 湖南新化人, 工程师, 从事农业气象服务与研究工作。

收稿日期 2014-08-13

特高年出现以 1981~1990 年间为主,特低年出现较分散,但以 2000~2010 年为主。从特高年与特低年分布可知,随着品种的不断选育、改良,农艺措施的逐年改进,早稻空秕率呈指数逐年下降趋势(图 1)。

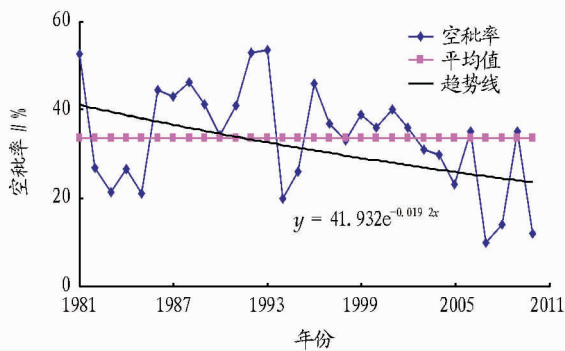


图 1 1981~2010 年娄底市早稻空秕率变化趋势

2.2 温度对早稻空秕率的影响 温度与早稻空秕率之间关系密切的有幼穗发育期、抽穗开花期、灌浆期 3 个时期。

2.2.1 幼穗发育期。这一时期是早稻由营养生长向生殖生长过渡期,主要影响花粉母细胞形成和母细胞减数分裂^[5],形成空壳。在娄底,这 2 个生育时段主要出现在 6 月上、中旬,由相关分析(表 1)可知,在花粉母细胞形成期日最高气温、日平均气温与空壳率的相关系数分别为 0.485 3、0.405 6,达到 $\alpha=0.05$ 显著水平,即日最高气温每上升 1 $^{\circ}\text{C}$,空壳率增加 1.486 4 个百分点,其关系式为 $y = -23.931 9 + 1.486 4x$;日平均气温每上升 1 $^{\circ}\text{C}$,空壳率增加 1.491 6 个百分点,其关系式为 $y = -18.433 7 + 1.491 6x$ 。

2.2.2 抽穗开花期。这一时期是对外界环境最敏感的时期,影响颖花的授粉受精、受精合子发育,形成空秕率(空壳+秕粒)。由相关分析(表 1)可知,日最高气温、日最低气温、日平均气温与空秕率呈负相关关系,相关系数分别为 -0.438 8、-0.400 4、-0.388 7,达到 $\alpha=0.05$ 显著水平。娄底近 30 年抽穗普遍期平均为 6 月 24 日,此时由于副热带高压北抬,娄底处于副热带高压边缘,成为北路冷空气南下与副热带高压北抬的交界带,导致阴雨天气多,气温相对偏低,对抽穗开花产生负面影响。

2.2.3 灌浆期。这一时期是光合作用产物向籽粒运输和干物质不断积累期,温度影响受精合子的发育,妨碍发育或灌浆过程不顺畅,形成秕粒。在灌浆期内,以灌浆前期即抽穗后 3~10 d 影响最明显,由相关分析(表 1)得知,灌浆后日最高气温、日最低气温、日平均气温与空秕率呈负相关关系,相

关系数分别为 -0.470 7、-0.463 5、-0.422 9,达到 $\alpha=0.05$ 显著水平。说明灌浆前期温度是导致空秕率变化的主要原因,日平均气温在 25~30 $^{\circ}\text{C}$ 范围内,较高温度有利灌浆。

2.3 降水对早稻空秕率的影响 降水对早稻空秕率的影响以抽穗开花期最显著,幼穗发育期、灌浆期次之。由相关分析(表 1)可知,抽穗开花期、灌浆期降水与空秕率呈正相关关系,相关系数分别为 0.493 5、0.476 8,达到 $\alpha=0.01$ 极显著水平,说明在抽穗开花期、灌浆期降水越多,空秕率越高。幼穗发育期则相反,幼穗发育期降水与空秕率呈负相关关系,相关系数为 -0.478 0,达到 $\alpha=0.01$ 极显著水平,说明较多降水有利幼穗发育。从空秕率特高、特低年型分析(表 2)也可看出,特高年抽穗开花期、灌浆期降水多,特低年抽穗开花期、灌浆期降水少;幼穗发育期相反,特高年降水少、特低年降水多。

表 2 各发育期降水量、降水日数与空秕率年型

发育期	空秕率年型	平均年降水量/mm	平均年降水日数/d	日最高气温平均/ $^{\circ}\text{C}$	日最低气温平均/ $^{\circ}\text{C}$	日平均气温平均/ $^{\circ}\text{C}$	日照时数合计/h
幼穗发育期	特高年	21.3	1.7	29.8	22.1	25.5	15.2
	特低年	63.1	2.3	28.5	22.7	25.1	6.5
	正常年	31.5	1.4	29.7	22.8	26.0	12.1
抽穗开花期	特高年	100.7	5.1	29.9	23.3	26.2	58.5
	特低年	15.5	2.6	32.3	24.7	28.1	62.1
	正常年	84.5	5.3	30.2	23.7	26.6	45.6
灌浆期	特高年	103.6	4.6	30.1	23.4	26.5	39.9
	特低年	37.3	3.4	32.7	25.1	28.5	50.8
	正常年	81.9	4.1	30.1	23.7	26.6	34.4

3 早稻空秕率防御措施

3.1 建立预测模型,加强预测,把握防御主动权

3.1.1 选择预报因子。如前面所述,在早稻幼穗发育期、抽穗开花期、灌浆期,受气象条件影响,均可使其形成空壳或秕粒。空壳与秕粒的划分,在室内产量分析时有可能存在人为误差;再者,如抽穗开花期气温、降水对空壳率影响显著,对空秕率同样达到显著或极显著,而对秕粒率却不显著。为便于建立预测模型,在此,统一选取气象条件与各发育期空秕率相关显著或有生物学意义的因子。经筛选,用于建模的因子有幼穗发育关键期的降水及 6 月 5~20 日的平均气温,抽穗开花期的日最高气温、日最低气温、日平均气温、降水,灌浆前期(抽穗开花普遍期后 3~10 d)日最高气温、日最低气温、日平均气温、降水、日照等 11 个(表 1)。

表 1 早稻各发育期气象要素与空秕率的相关系数

气象要素	幼穗发育关键期			抽穗开花期			灌浆前期		
	空壳率	秕粒率	空秕率	空壳率	秕粒率	空秕率	空壳率	秕粒率	空秕率
日最高气温平均	0.485 3**	-0.346 1	0.135 6	-0.388 4*	-0.209 0	-0.438 8*	-0.376 4	-0.271 4	-0.470 7**
日最低气温平均	0.263 1	-0.440 9*	-0.098 8	-0.377 1*	-0.165 5	-0.400 4*	-0.420 4*	-0.210 8	-0.463 5**
日平均气温平均	0.405 6*	-0.380 0*	0.051 8	-0.346 1	-0.182 5	-0.388 7*	-0.363 8*	-0.214 7	-0.422 9*
日降水量合计	-0.363 4*	-0.299 3	-0.478 0**	0.449 1*	0.223 0	0.493 5**	0.313 8	0.360 0	0.476 8**
日照时数	0.337 7*	-0.052 7	0.222 6	-0.139 4	-0.156 9	-0.213 9	-0.136 0	-0.221 6	-0.253 9

注:“*”、“**”分别表示通过 0.05、0.01 的显著性检验; $r_{0.05}=0.361 0$, $r_{0.01}=0.462 9$ 。为增加建模因子的实用性,增加 6 月 5~20 日日平均气温与空秕率的相关系数, $r=0.385 5^*$ 。

3.1.2 建立预测模型。以1981~2010年的早稻空秕率实况为因变量,以选取的11个因子为自变量进行逐步回归,然后取统计显著性水平 $\alpha=0.05$,求得 t 检验值,将 t 值与 t_j 值($t_j=b_j/s_j$ 。 s_1, s_2, \dots, s_m 为系数 b_1, b_2, \dots, b_m 的标准误差值,用它们可以算出每个自变量系数的 t_j 检验值, $j=1, 2, \dots, m$)相比较,剔除 $t_j \leq t$ 的因子,直至所有因子的 $t_j \geq t$ 为止。最终得到最优回归方程为 $Y=41.5589+3.5233x_1-13.7739x_2-12.9992x_3+23.6070x_4$,式中, y 为模拟值, x_1 为6月5~20日日平均气温, x_2 为灌浆前期日最高气温平均, x_3 为灌浆前期日最低气温平均, x_4 为灌浆前期日平均气温平均。最后由最优回归方程回代,产生一组与因变量相对应的回代值。从图2可以看出,1981~2010年早稻空秕率实况变化曲线与回归方程回代值的起伏变化基本一致。

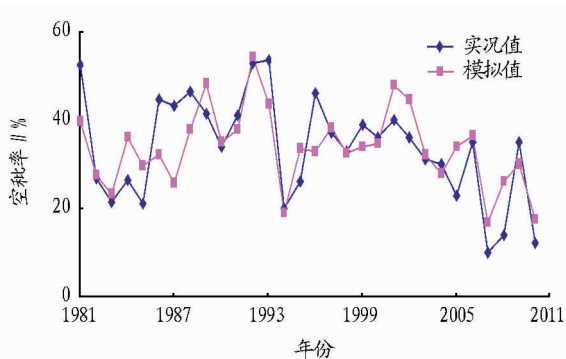


图2 1981~2010年早稻空秕率实况与模拟值曲线

3.1.3 模型检验。用最优回归方程对2011、2012、2013年的早稻空秕率进行预测,其预测值分别为23%、13%、29%,实况值分别为13%、12%、12%,预测值与实况最大相差17%,说明模拟效果还可以,求得的逐步回归方程回归模拟效果还是比较显著。

3.2 调整播种、移栽期,避开不利气象条件的影响 早稻空秕率的形成,影响最大的时期是抽穗开花期的强降水与连阴雨。抽穗开花期一般在6月中、下旬,6月平均气温均大于 24°C ,且已稳定通过 20°C ,不成为影响早稻抽穗开花的限制因子,关键是降水。6月上旬~下旬,连阴雨天气逐渐增多,且降水量、降水强度加大,对早稻抽穗扬花不利的气候概率明显提高。据娄底农业气象观测站历年早稻发育期资料,6月中旬进入抽穗开花普遍期的有8年,分别为1992、1998、2001、2003、2005、2007、2008、2009年,空秕率为29.9%;6月下旬进入抽穗开花普遍期的有15年,分别为1985、1986、1987、1989、1990、1993、1994、1996、1997、1999、2000、2002、2004、2006、2010年,空秕率为35.3%;7月上旬进入抽穗开花普遍期的有7年,分别为1981、1982、1983、1984、1988、1991、1995年,空秕率为34.6%。6月下旬是娄底一年中降水量最多的一旬,对抽穗开花有着明显的影响。但从抽穗开花时间的变化看,抽穗开花时间有明显提前趋势,在6月中旬进入抽穗开花普遍期的8年中,近10年内就有6年,因此,调整播种、移栽期,避开6月下旬的强降水或阴雨期抽穗开花,是降低早稻空秕率行之有效的途径。

3.3 积极应对,减轻不利气象条件的影响

3.3.1 加强田间管理。早稻生长中、后期,娄底多大到暴雨,雨后应及时排泄田间过深的积水,以增加土壤的通气性,增进根系活力,使早稻能正常生长发育。生育后期不宜断水过早,田面应呈湿润状态,防止因脱水而导致早衰减产。

3.3.2 喷洒化学药剂。每 hm^2 用硫酸锌1500g、食盐3750g或磷酸二氢钾1500g,兑水喷施叶面;或在高温出现前喷洒50mg/kg的维生素C或3%的过磷酸钙溶液,都有减轻高温伤害的效果。

3.3.3 在有条件的地区,实施喷灌。在抽穗开花~灌浆期间,遇 $\geq 35^{\circ}\text{C}$ 以上的高温天气时,喷灌能明显降低温度,增加湿度。喷灌一次后,田间气温可下降 2°C 以上,相对湿度增加10%~20%。喷灌时间每天约2h,喷灌可降低空秕率2%~6%,增加千粒重 $0.8\sim 1.0\text{g}$ [6]。

4 小结

(1)气象条件是影响早稻空秕率的重要环境因子,在分析气象条件对早稻空秕率影响的基础上,着重提出了建立预测模型、加强预测、提高防御不利气象条件影响的主动性,变临时应对为主动防御,可说是对早稻空秕率防御方法研究一次新尝试。

(2)影响早稻空秕率的气象因子较多,在此仅抓住了温度、降水、日照3个主要因子进行了分析。经相关分析后,日照虽然是参与光合作用,制造碳水化合物不可缺少的气象因子,但因在夏季基本能满足早稻各发育期对日照的要求,故相关分析时均没有达到显著标准,对日照与空秕率的关系也就没有做深度分析。就温度与降水而言,对早稻空秕率的影响,两者之间也具有一定的相辅相成性或互补性。如夏季的降水,必然导致温度降低;而对早稻空秕率的影响却不尽相同,1998年抽穗开花期降水195.4mm,空秕率为33%,1996年抽穗开花期降水88.5mm,空秕率却为46%,经查证1996年空秕率比1998年高的原因,应与1996年花粉母细胞形成期日最高气温、日平均气温明显高于1998年有关。在分析一个影响因子对早稻空秕率的影响时还应考虑各因子的时空分布情况。

(3)采用Excel软件作逐步回归,对早稻空秕率进行预测。应用此方法即使所选因子更多,样本数更大,按此方法作逐步回归分析也能方便快捷地找出“最优”回归方程,因此,在不编程的情况下,这不失为一个较好的方法。由于笔者所选因子不够多,选中的因子也不一定就是某一时段的唯一影响因子,回归模型建立后,对回归模型的稳定性及预测值还不够理想,在今后的研究中有待加强,在此只起到一个抛砖引玉的作用。

参考文献

- [1] 伍智文,邓见英,刘久国,等.气象条件对早稻空秕率的影响[J].湖南农业科学,2013(11):81-84.
- [2] 林瑞坤,郑洪,杨开甲,等.福州地区水稻抽穗开花期气候条件对稻穗空秕率的影响[J].福建农业科技,2009(5):70-71.
- [3] 中国气象局.农业气象观测规范[S].北京:中国气象出版社,1993.
- [4] 王飞凤,刘铸飘.用Excel作逐步回归分析[J].广东气象,2011,33(5):48-51.
- [5] 丁操铨.作物栽培学各论[M].北京:中国农业出版社,2002:30-35.
- [6] 徐志三.水稻高温热害的防御技术[J].农技服务,2010,27(8):1013.