

昆明水稻生育期气候因子定量评价

王辉, 王鹏云, 曾艳, 李万春 (云南省昆明农业气象试验站, 云南昆明 650228)

摘要 农作物的生长发育受温度、降水和日照等气候要素的综合影响, 结合昆明水稻生理生态特征, 建立了温度和日照对水稻生长发育的适宜度模型, 进而分析气象条件的适宜程度。结果表明, 多年平均气候条件下, 水稻总体气候条件一般, 抽穗开花期温度偏低和水稻中后期日照不足是水稻产量形成的限制因子; 2013 年水稻在整个生育期中综合气象条件为中等水平。作物气候适宜度模型能客观反映气象条件对作物生长发育的适宜程度, 可为提高气象服务质量提供了依据。

关键词 水稻; 气候因子; 适宜度; 定量评价; 昆明

中图分类号 S162.5 文献标识码 A 文章编号 0517-6611(2014)26-09081-02

Meteorological Factors Assessment of Rice Growing Period in Kunming

WANG Hui et al (Kunming Agrometeorological Station, Kunming, Yunnan 650228)

Abstract The growth and development of crops were affected by comprehensive climate factors, such as temperature, precipitation, sunshine and others. The suitability function model of temperature and sunshine time were set up by combining with the physiology ecological characteristic of rice then the climatic suitability to rice were analyzed. Results indicated that comprehensive climate conditions of rice is general. The lack of the sunshine and lower temperature from heading to flowering were limited factors for the formation of the rice yield. The comprehensive meteorological factors in whole growing stage of rice were the mean level in 2013. The model for crop climatic suitability degree can objective reflect the suitability degree of meteorological factors for crop growth, and it can provide the basis for the improvement of weather service quality.

Key words Rice; Climate factors; Suitability degree; Quantitative evaluation; Kunming

水稻是昆明主要粮食作物之一, 而历年水稻产量的丰歉, 在目前农业技术水平的栽培管理下, 还主要受气象条件的影响与支配。因此, 探明该地区农业气象条件对水稻生育产量的影响规律, 从而为因地因时制宜地改进农业技术措施、创造高产稳产提供科学依据具有十分重要的意义。笔者运用模糊数学理论, 在前人研究基础上, 并结合当地情况, 建立了温度、日照对昆明水稻生长发育适宜度模型, 定量评价气象条件对水稻生长发育的适宜程度, 为农业生产者、决策者提供定量化的依据。

1 资料与方法

1.1 数据来源 云南省昆明农业气象试验站按《农业气象观测规范》(上卷)^[1] 在观测地段采集的 2013 年度水稻生育期资料; 1981~2010 年 30 年平均气象资料; 2013 年水稻生育期逐旬气温、逐旬降水、逐旬日照时数等气象数据。气象资料来源于昆明国家气候基准站。

1.2 研究方法 通过计算水稻生育期内温度(T)、日照(S)适宜度 $S(T)$ 、 $S(S)$, 即温度(T)、日照(S)对水稻生长发育的适宜程度, 从而达到评价光温等气象条件对水稻生长发育适

宜程度的目的。因水稻生长期水分来源不仅仅是降水, 即使降水不足, 也可以灌溉补充水分, 故在该研究中未考虑水分条件, 在计算光温水综合适宜度时, 默认水分适宜度 $R(r)$ 为 0.7。气象因子对水稻生长发育适宜程度模型如下。

1.2.1 温度适宜度判定。 温度与农作物生长发育的关系十分密切, 对于农作物的生长发育过程来说都有最适温度、最低温度和最高温度 3 个基点温度, 温度适宜度是判定作物各生长发育阶段内所出现的温度的适宜程度。根据赵峰等研究^[2], 温度适宜度计算公式为:

$$S(T) = \frac{(T - T_1)(T_2 - T)^B}{(T_0 - T_1)(T_2 - T_0)^B} \quad (1)$$

$$B = \frac{T_2 - T_0}{T_0 - T_1} \quad (2)$$

式中, $S(T)$ 为温度对作物生长发育适宜程度, T 为某生育期内的平均温度($^{\circ}\text{C}$), T_1 、 T_2 、 T_0 分别为水稻某生育期所需的最低温度、最高温度和适宜温度。当 $T = T_0$ 时, $S(T) = 1$; 当 $T > T_2$ 或 $T < T_1$ 时, $S(T) = 0$; 当 $T_1 < T < T_2$ 时, $S(T)$ 在 0~1 之间取值。水稻各生育期 t_1 、 t_2 、 t_0 不同(表 1)。

表 1 昆明水稻各生育期的 3 个基点温度

生育期	出苗	三叶	返青	分蘖	拔节	孕穗	抽穗	乳熟	成熟
最低温度(t_1)	15	15	15	18	18	20	20	17	15
最高温度(t_2)	25	30	27	23	32	30	30	30	30
适宜温度(t_0)	19	22	20	20	24	23	24	22	22

1.2.2 日照适宜度判定。 农作物进行光合作用制造有机物

质需要光照。在此以日照时数达可日照时数的 70% 为临界点, 大于 70% 为日照条件达到适宜状态^[3-4]。日照适宜度表达式为^[5]:

$$S(S) = \begin{cases} e^{-[(s-s_0)/b]^2} & S < S_0 \\ 1 & S \geq S_0 \end{cases} \quad (3)$$

式中, $S(S)$ 为日照对作物生长发育适宜程度, S 为某生育期

基金项目 中国气象局气象关键技术集成应用项目(CMAJG2013M47); 云南省科技计划(2010CA017)。

作者简介 王辉(1982-), 男, 江苏泗洪人, 工程师, 硕士, 从事农业气象方面的研究。

收稿日期 2014-08-01

日照时数, S_0 表示日照百分率为 70% 时的日照时数, b 为常数。水稻不同生育期的 S_0 和 b 如表 2 所示^[3]。

表 2 水稻不同生育期的 S_0 和 b

生育期	S_0	b
出苗	8.47	4.57
三叶	9.17	4.95
返青	9.20	5.01
分蘖	8.95	4.83
拔节	8.95	4.83
孕穗	8.35	4.50
抽穗	8.26	4.41
乳熟	8.40	4.52
成熟	8.40	4.52

1.2.3 综合气象因子对水稻生长发育的适宜度计算。上述的温度、日照适宜度的判定, 仅能反映单个因素的影响, 光温水综合适宜度则反映三要素对水稻适宜性的综合影响。光温水综合适宜度表达式为^[2-3]: $S_{trs} = [S(T) \times S(R) \times S(S)]^{1/3}$, 式中, S_{trs} 为某生育期光温水综合适宜度。

2 结果与分析

2.1 昆明水稻各生育期基本情况 利用云南省昆明农业气象试验站按《农业气象观测规范》(上卷)^[1] 在观测地段采集的 1991~2013 年度水稻生育期资料, 算出昆明水稻的多年平均生育期(表 3), 昆明水稻多年平均生育期为 177 d, 播种期在 3 月下旬, 大约 1 周水稻出苗, 播种至移栽大约 40 d 左右(育苗), 移栽 1 周后水稻返青, 水稻在返青-分蘖、分蘖-拔节、拔节-孕穗和抽穗-乳熟间隔天数较大, 分别为 23、30、21 和 26 d, 水稻一般在 9 月中下旬成熟收割。

2.2 平均气候条件下水稻气候因子适宜度分析

2.2.1 温度适宜度。由图 1 可见, 昆明气候条件中, 水稻温度适宜度除在 3 月下旬~4 月下旬(苗期)变动幅度较大, 且在 0.6 以下, 说明苗期热量水平较差, 不利于形成壮苗; 5 月上旬~6 月中旬, 温度适宜度在 0.9~1.0, 这一时期热量条

件好, 有利于水稻的移栽、返青和分蘖; 水稻进入拔节期至孕穗期(6 月下旬~7 月下旬), 温度适宜度为 0.6~0.7, 总体热量条件偏好; 8 月上旬~中旬(抽穗开花期)温度适宜度在 0.5 以下, 热量水平偏差, 由于抽穗开花期是水稻产量形成的关键时期, 这一时期温度适宜度较低, 容易造成空秕率增加, 从而影响水稻产量的形成。

表 3 昆明水稻生育期

生育期	2013 年	平均生育期	平均间隔天数//d
播种	03-29	03-25	-
出苗	04-04	03-31	6
三叶	04-16	04-13	13
移栽	05-06	05-02	19
返青	05-12	05-09	7
分蘖	06-03	06-01	23
拔节	07-02	07-01	30
孕穗	07-24	07-22	21
抽穗	08-07	08-04	13
乳熟	09-02	08-30	26
成熟	09-20	09-18	19

2.2.2 日照适宜度。从总的日照来看, 水稻在整个生育期内, 日照适宜度总体呈下跌趋势, 苗期日照适宜度在 0.9 以上, 光照条件好(5 月上旬前); 5 月中旬后日照适宜度持续走低, 6 月下旬至水稻成熟, 除 8 月上旬日照适宜度在 0.6 左右外, 其余日照适宜度在 0.5 以下(图 1), 光照条件较差, 不利于水稻的光合作用以及干物质的积累。7~9 月是水稻生殖生长阶段, 日照条件不足, 不利于水稻形成高产。

2.2.3 综合适宜度。对水稻多年气候条件下的综合适宜度计算(图 1)发现, 水稻整个生育期内的气候适宜度在营养生长阶段基本均在 0.6~0.8, 总体气候条件较好; 水稻生育中后期气候适宜度基本维持为 0.5~0.6, 总体气候条件一般。综上分析, 抽穗开花期温度偏低和水稻中后期日照不足是水稻产量形成的限制因子。

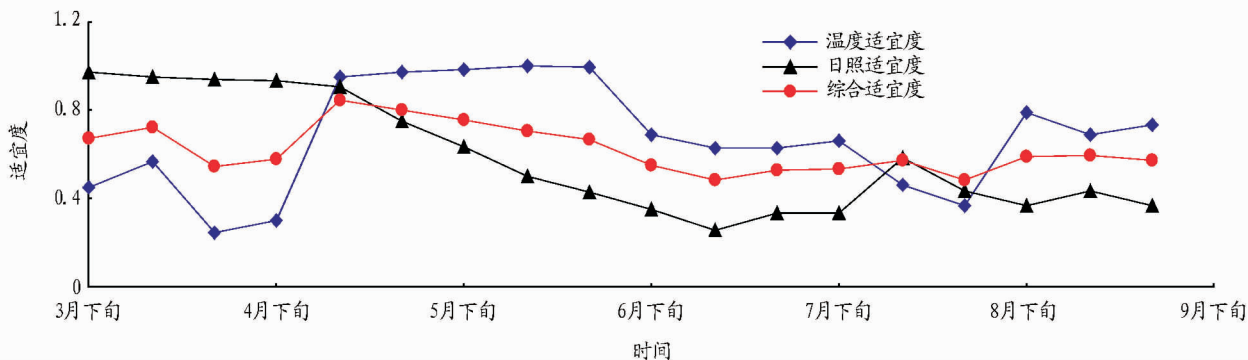


图 1 多年平均气候下水稻气候因子适宜度

2.3 2013 年昆明水稻气象因子适宜性分析

2.3.1 温度适宜度。由图 2 可见, 在昆明 2013 年气候条件中, 除 4 月中下旬和 8 月上中旬外, 水稻温度适宜度均在 0.6 以上。5 月上旬~7 月下旬是水稻根、茎、叶生长最旺盛的时

期, 穗的分化和发育也主要在这一时期完成; 拔节期植株基部节间开始伸长, 生长中心明显转向麦穗和茎秆, 幼穗由拔节前的小穗分化为主转向拔节后的花分化为主, 这一时期

(下转第 9189 页)

推广服务体系工作。

5 结语

新的农技推广法实施后,邗江农技推广服务工作迎来了更好的发展机遇,同时也将面临更大的挑战。只有把握机遇,迎接挑战,发挥自己的工作热情,真正投入到农业技术推广服务体系中去,才能为邗江现代化农业发展做出贡献。

参考文献

[1] 季陆鹰,葛胜,朱伟,等.新形势下城郊地区粮食生产问题——以扬州市邗江区为例[J].江苏农业科学,2012,40(7):407-409.

- [2] 袁登荣.乡镇农技推广体系的现状及发展策略研究[D].北京:中国农业大学,2005:1-30.
- [3] 祁胜娟.农技推广体系的现状及建设研究[D].南京:南京农业大学,2007:1-48.
- [4] 陈志英,杨雪,刘宗强.基层农技推广人员素质提高的对策探求[J].安徽农业科学,2010,38(6):3180-3182.
- [5] 葛严鑫.浅谈基层农技推广体系的现状及发展对策[J].安徽农业科学,2011,17(21):29-31.
- [6] 王移收.提高农技推广人员和农民文化素质与促进科技成果转化[J].安徽农业科学,2004,32(6):1310-1312.
- [7] 杨秀凤,郑现和,肖爱军,等.新形势下加强农技推广队伍建设的调查与思考[J].山东农业科学,2010(6):89-91.

(上接第 9082 页)

总体热量条件较好,对培育合理群体、巩固穗数、形成壮秆较为有利,也为粒重奠定基础。但在4月中下旬和8月上中旬,水稻温度适宜度低(<0.4),热量条件较差,4月中下旬

热量条件差不利于形成壮苗,而8月上中旬温度适宜度低于0.2,热量条件差,由于抽穗开花期是水稻产量形成的关键时期,这一时期温度适宜度低、热量条件差容易造成空秕率增加,从而影响水稻产量的形成。

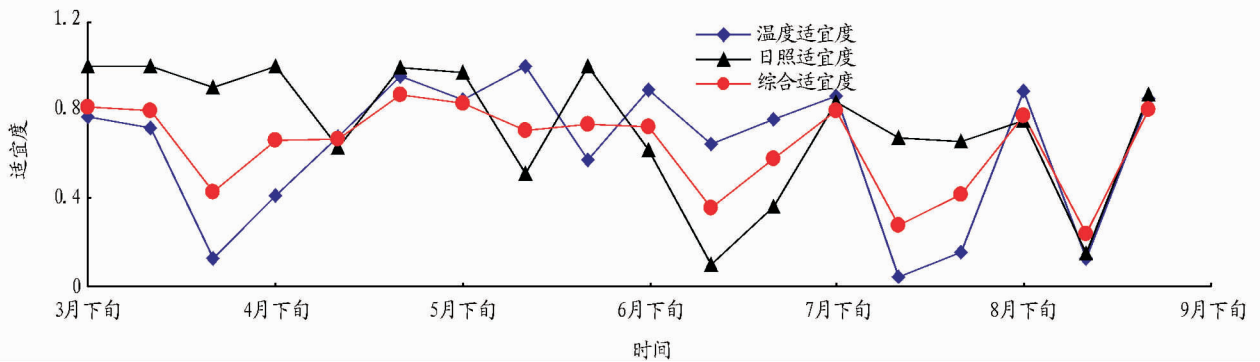


图2 2013年水稻气候因子适宜度

2.3.2 日照适宜度。从图2可看出,2013年水稻日照适宜度在移栽前较高,均在0.9以上,说明这一时期光照条件好,有利于水稻的光合作用;在7月上中旬日照适宜度低(<0.4),这一时期为拔节至孕穗期,而拔节孕穗阶段是水稻一生中生长最快,吸收水分和养分最多的时期,光照对幼穗分化关系密切,但这一时期光照不足,对幼穗分化产生不利影响,同时光照少会造成颖花的败育,其余生育阶段日照适宜度在0.5以上,总体日照条件偏好。

2.3.3 综合适宜度。从2013年水稻全生育期的光温水综合适宜度计算结果(图2)可以看出,2013年度水稻在7月上旬、8月上旬和9月上旬综合适宜度在0.3左右,这一时期的综合气象条件较差,对水稻的产量形成具有一定的影响;4月中旬和8月中旬综合适宜度在0.4~0.5,总体气象条件一般;其余生育期的综合适宜度基本上均在0.6~0.8。总体而言,2013年水稻在整个生育期中综合气象条件为中等水平。

3 结论与讨论

研究水稻不同阶段的气候因子适宜度状况发现,在多年平均气候条件下,水稻苗期热量水平较差,不利于形成壮苗;移栽后至孕穗期总体热量条件较好;抽穗开花期温度适宜度偏低,这一时期是水稻产量形成的关键时期,温度适宜度较低,容易造成空秕率增加,从而影响水稻产量的形成。水稻在整个生育期内,日照适宜度总体呈下跌趋势,7~9月日照适宜度偏低,这一时期是水稻生殖生长阶段,日照条件不足,

不利于水稻形成高产。从综合气候适宜度来看,昆明水稻总体气候条件一般,抽穗开花期温度偏低和水稻中后期日照不足是水稻产量形成的限制因子。2013年度水稻在7月上旬、8月上旬和9月上旬综合适宜度低,这一时期的综合气象条件较差,对水稻的产量形成具有一定的影响;4月中旬和8月中旬综合适宜度为0.4~0.5,总体气象条件一般;其余生育期的综合适宜度基本上在0.6~0.8。总体而言,2013年水稻在整个生育期中综合气象条件为中等水平。

判断作物气候因子适宜状况,不仅要分析最终产量与光温水条件的关系,而且要实时跟踪作物不同生育阶段作物的光温水匹配状况。通过作物适宜度模型能客观反映气候因子对作物生长发育的满足程度,可为作物品种的改良与布局、农业投入方案的选择及农业配套设施的改进等提供理论支持和指导。

参考文献

- [1] 国家气象局.农业气象观测规范(上卷)[M].北京:气象出版社,1993:9-11.
- [2] 赵峰,千怀隧,焦士兴.农作物气候适宜度模型研究[J].资源科学,2003,25(5):77-82.
- [3] 王辉,王鹏云,田燕,等.基于模糊评价法的小麦生长期气象因子定量评价[J].农学学报,2012,2(2):9-12.
- [4] 黄璜.中国红黄壤地区作物生产的气候生态适应性研究[J].自然资源学报,1996,11(4):341-345.
- [5] 任王玉,千怀隧.河南省棉花气候适宜度变化趋势分析[J].应用气象学报,2006,17(1):87-92.