第22卷 第4期 南京气象学院学报 Vol. 22 No. 4
1999年12月 Journal of Nanjing Institute of Meteorology Dec. 1999

文章编号: 1000-2022(1999)04-0658-05

水稻总叶龄模拟研究

邱新法 曾 燕 杜海东
(南京气象学院环境科学系, 南京 210044)

摘要: 以水稻的生物学特性为依据, 利用田间试验实测资料, 经过统计分析, 确立了水稻总叶龄与环境变量之间的相关关系, 建立了不同品种水稻的总叶龄模拟模式, 发现日长是影响水稻总叶龄的主要因素, 其次是温度。

关 键 词: 水稻; 总叶龄; 模拟
中图分类号: S165^{+}.27 文献标识码: A

关于水稻的生长和发育的数值模式已经建立了许多, 其中对水稻叶龄模拟研究较少, 经典的仅有高亮之[1]的"水稻钟"模型之一——叶龄模型, 而凌启鸿等[2]建立的水稻不同品种不同生育类型的叶龄模式仅是一个定性模式, 不能用于计算机模拟。纵观这些模式, 或者由于参数的主观确定, 或者由于资料样本较小等原因, 实际预测时受到地点的限制很大。本文拟在总结前人经验的基础上, 以水稻的生物学特性为依据, 利用田间试验实测资料, 建立了一个新的水稻总叶龄模拟模式, 以便更清楚地揭示水稻叶龄的形成机制。

1 资料来源和处理

本文所采用的生物和气象资料取自1979～1981年全国杂交水稻气象条件研究协作组进行的"联合试验"观测资料。该试验共有37个站点, 遍布了我国南方主要稻区。涉及的地域为: 南起广东陵水, 北至江苏徐州, 西至云南建水, 东至浙江宁波。海拔高度则从广东南海的1 m到云南曲靖的1 862.9 m。整个试验按照统一设计的方案, 采用自然分期播种和地理纬度分期播种的方法进行, 从而克服了因试验设计、观测标准不一致而带来的误差, 具有较好的代表性和可比性。本文利用了全部5个供试品种的总叶龄资料和相应的气象资料, 运用Foxpro建立了数据库, 进行资料管理和调用。文中利用的各地各季节从天亮到天黑的"日长"资料取自《实用气象手册》, 并利用各站点的纬度资料进行了内差订正。

2 影响水稻总叶龄的主要因素分析

水稻原产于热带和亚热带的沼泽地区, 属于典型的喜温短日性作物, 具有一定的感温性和感光性。不同品种因感温性和感光性不同, 从播种至发芽、发芽至抽穗开花的生育期天数差别

收稿日期: 1999-03-31; 修订日期: 1999-06-24
作者简介: 邱新法, 男, 1966年6月生, 硕士, 讲师

很大[3,4]。而水稻总叶龄数除决定于品种的遗传特性外, 其变化与生育期长短关系密切, 由表 1 可以看出不同品种的水稻, 生育期越长, 则总叶龄数越大。生育期的变化取决于品种的光温特性和播种季节。因此, 播种的地理范围越广, 播期差异越大, 各品种的总叶龄差异也越大(见表 2) 。然而, 同一品种水稻在同一地区, 即使播种期差异较大, 总叶龄数差异也较小, 这表明水稻总叶龄在同一地点变化较为稳定(见表 3、表 4) 。表中的播期差为最迟播种期与最早播种期之间的间隔天数, 总叶龄变幅是指某品种在某地某年的总叶龄极值之差。

表 **1**　不同品种水稻的生育期天数与总叶龄数

Table 1　Days of whole growth and leaf age for different varieties

栽培品种	生育期(d)	总叶龄数
早稻	95～125	约 10～13
中稻	125～150	14～16
晚稻	150 以上	16 以上

表 **2**　各供试品种水稻的总叶龄统计

Table 2　Statistics of leaf age for varieties under study

供试品种	总叶龄极大值	总叶龄极小值	极值之差	总叶龄平均值
IR26	21. 2	15. 1	6. 1	17. 5
珍汕 97A	16. 8	11. 2	5. 6	13. 8
南优 3 号	18. 5	12. 7	5. 5	15. 1
汕优 2 号	19. 1	13. 0	6. 1	16. 3
汕优 6 号	20. 0	12. 6	7. 4	16. 2

表 **3**　品种 **IR26** 的播期差与总叶龄变幅

Table 3　Leaf age variations and seeding date differences for IR26

品种	地点	年份	播期差(d)	总叶龄变幅
IR26	南海	1979	38	1. 8
	南海	1980	194	2. 6
	南宁	1979	30	0. 8
	长沙	1979	86	3. 1
	长沙	1980	92	2. 5
	三明	1979	103	1. 9
	三明	1980	91	2. 4
	汤川	1979	70	0. 8
	南京	1979	76	2. 7
	徐州	1979	81	2. 6
	徐州	1980	61	2. 4
平均			75. 6	2. 1

表 **4**　品种珍汕 **97A** 的播期差与总叶龄变幅

Table 4　Leaf age variations and seeding date differences for Zhenshan 97A

品种	地点	年份	播期差(d)	总叶龄变幅
IR26	南海	1979	119	2. 6
	南海	1980	194	3. 5
	南宁	1979	61	2. 8
	长沙	1979	97	1. 5
	长沙	1980	92	1. 8
	三明	1979	103	1. 5
	三明	1980	101	1. 0
	汤川	1979	91	1. 8
	南京	1979	87	2. 4
	徐州	1979	92	2. 2
	徐州	1980	82	1. 8
平均			101. 6	2. 1

植物生理学的研究表明, 作物体发育速度对温度的响应与作物体内酶促反应速度对温度的响应具有严格的相关性。一般规律为: 随温度升高, 酶的活性增强, 发育速度加快, 而温度过高, 酶系统受到破坏, 发育速度即迅速减慢以至降为零。温度与叶片的生长, 尤其是与出叶速度

关系密切[5]。据江苏省杂交稻气象问题研究协作组(1983)的资料表明,无论杂交稻或常规品种,其叶龄与播种后> 10 ℃的积温之间都存在着明显的正相关关系。水稻的感光性,主要是夜晚暗期的作用。如果将日长缩短而夜晚延长,则就使得作物体内的红光吸收型光敏激素浓度增大,促使作物体幼穗提前分化;反之,作物幼穗分化的时间将推后。与此相应,水稻的营养生长期将缩短或延长,从而影响水稻的总叶龄数。为更全面地探讨温度、日长等气象因子与水稻总叶龄之间的相互关系,在前人做过讨论(如生育期长度、积温、平均温度对总叶龄影响等)的基础上,引入水稻的感光性因子——生育期间的累计日长和平均日长。从各水稻品种生育期累积日长与总叶龄关系散点图可以看出,生育期的累积日长与水稻总叶龄呈明显的正相关关系(见图 1)。

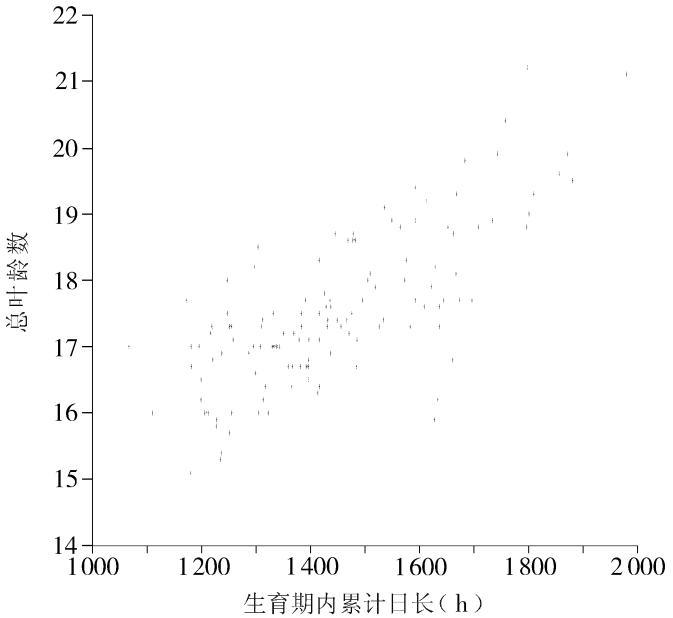

图 1 IR26 的生育期内累积日长与总叶龄散点图

Fig. 1 Scatter of leaf age for IR26 versus cumulative day length during growth

3 模式建立及参数确定

综上所述,影响水稻总叶龄的主要因素有生育期长度、积温、平均温度、累计日长、平均日长等。为此,建立多元线性回归模式,以探讨以上各因子对水稻总叶龄的影响。具体表达式为

$$Y = b_0 \sum D + b_1 Days + b_2 \sum T + b_3 \bar{D} + b_4 \bar{T} + b_5。 \quad (1)$$

式中,Y 为水稻总叶龄;$\sum D$ 为生育期内累积日长;$Days$ 为生育期长度(从播种到齐穗总日数);$\bar{D}$ 为平均日长;$\sum T$ 为生育期的总有效积温(各品种的生物学下限温度见文献[3]);$\bar{T}$ 为平均温度;b_0、b_1、b_2、b_3、b_4、b_5 为模型参数。因水稻的主要营养器官——叶的建成主要在营养生长期,即从播种到齐穗这一生育期,故模式中的各因子均为这一生育期的统计值。由于所讨论的水稻品种均为杂交水稻,其感光性、感温性和基本营养生长性兼具有父本和母本的特性,因

而可用以上模式来探求因子间的相关程度。

利用 1979～1981 年杂交水稻气象条件研究 "联合试验" 资料, 在微机上对模式(1) 中的各参数进行调试计算。具体计算中, 对参数采用逐步回归方法进行求解(f_1= 9. 33, f_2= 9. 07)。当模式参数确定后, 再将有关参数代入(1) 式, 即可求得总叶龄的模拟值。

4　结果分析

按照上述过程进行计算, 5 个供试品种的模拟参数见表 5。其中, n 为样本个数; R 为复相关系数; F 为统计量。从表中可以看出, 影响水稻总叶龄的关键因子为累积日长和平均温度, 相对而言, 生育期长度和有效积温对总叶龄的影响没有累积日长和平均温度显著。据全国杂交水稻气象科研协作组的研究[6], 生育期天数的变异系数比叶龄的变异系数大, 叶龄对积温稳定性也有影响, 父本 IR26 的秧龄较稳定, 母本珍汕 97A 的秧龄有较大弹性, 叶龄和积温的关系不明显, 这些均可说明各因子的生物学意义。

表 **5**　各供试品种的模拟参数

Table 5　Modeling parameters for rice varieties under study

品种	b_0	b_1	b_2	b_3	b_4	b_5	n	R	F
IR26	0. 006 6	0. 000 0	0. 000 0	0. 000 0	0. 223 4	2. 404 8	125	0. 82	123. 96
珍汕 97A	0. 006 2	0. 000 0	0. 000 0	0. 000 0	0. 247 4	0. 728 5	156	0. 68	65. 45
南优 3 号	0. 003 4	0. 000 0	0. 000 0	0. 002 1	0. 000 0	8. 828 3	135	0. 72	70. 01
汕优 2 号	0. 002 5	0. 000 0	0. 000 0	0. 716 9	0. 000 0	2. 076 0	135	0. 66	51. 52
汕优 6 号	0. 002 8	0. 000 0	0. 000 0	0. 713 7	0. 000 0	2. 339 6	156	0. 71	79. 26

据表 5 可得如下回归方程

IR26　$$\hat{y} = 0.0066\sum D + 0.2234\bar{T} + 2.4048, \quad (2)$$

珍汕 97A　$$\hat{y} = 0.0062\sum D + 0.2474\bar{T} + 0.7285, \quad (3)$$

南优 3 号　$$\hat{y} = 0.0034\sum D + 0.0021\bar{D} + 8.8283, \quad (4)$$

汕优 2 号　$$\hat{y} = 0.0025\sum D + 0.7169\bar{D} + 2.0760, \quad (5)$$

汕优 6 号　$$\hat{y} = 0.0028\sum D + 0.7137\bar{D} + 2.3396。 \quad (6)$$

显然, 方程(2) 与(3) 中各系数十分相近, 而且水稻总叶龄与累积日长和平均温度相关显著, 这说明 IR26 和珍汕 97A 光温特性相近。同理, 南优 3 号、汕优 2 号和汕优 6 号的光温特性相近, 又由方程(4) 、(5) 、(6) 式知, 这 3 个品种的水稻总叶龄与日长关系密切, 与前两个品种与平均温度关系密切相对照可知, IR26 和珍汕 97A 的感温性较南优 3 号、汕优 2 号和汕优 6 号强, 而感光性弱于南优 3 号、汕优 2 号和汕优 6 号。这些和前人研究结果完全相符。

高亮知等[1] 用逐日温度对叶龄发育的影响来模拟水稻叶龄, 他们仅考虑了温度对水稻叶片数的影响, 而且假定: 在最适温度条件下, 由出苗到第 j 叶龄所需的天数(即叶龄生理日数) 对每个品种是相对恒定的。显然, 这有一定的缺陷。虽然本文所建立的模式仅为线性模式, 但由于所用资料规范、覆盖地理范围广, 且水稻播期差达几个月, 所以所得结果仍可说明运用累积日长和平均温度来模拟水稻叶龄动态更好。

5 结 语

本文以水稻生物学特性为依据, 按照植物生理学有关理论, 利用田间试验实测资料, 模拟建立了水稻总叶龄模式。所得结论为: 日长可能是影响水稻总叶龄的主要因素, 其次为温度。

本文所建模式的回归系数充分体现了不同品种水稻的光温特性, 其结果对进一步探求水稻叶龄的动态模拟具有参考价值。

受试验观测资料限制, 以下两个方面有待今后进一步探讨。

(1) 建立关于叶龄与日长、温度相关的非线性模型。

(2) 扩大模拟品种的类型, 在广泛研究不同品种水稻生物学参数基础上, 可以建立起水稻叶片动态模拟和预测系统, 以便更好地监测作物的发育进程和进行杂交稻育种。

参考文献:

[1] 高亮之, 金之庆, 黄 耀, 等. 水稻计算机模拟模型及其应用之一[J]. 中国农业气象, 1989, 10(3): 3～10

[2] 凌启鸿, 苏祖芳, 张洪程, 等. 水稻品种不同生育类型的水稻模式[J]. 中国农业科学, 1983, 4(1): 9～17

[3] 冯定原, 邱新法, 孙 娴. 水稻发育进程动态模拟[J]. 南京气象学院学报, 1996, 19(2): 215～219

[4] 冯定原, 邱新法, 戴小笠. 水稻植株光合产物分配、转移规律和生长动态模拟[J]. 南京气象学院学报, 1996, 19(1): 50～56

[5] 杨 宝, 罗启贤. 早季杂交稻出叶速度与气温的关系[J]. 广东农业科学, 1985, (1): 16～20

[6] 全国杂交水稻气象科研协作组. 杂交水稻制种花期相遇的积温稳定性研究[J]. 气象, 1981, 9(1): 21～24

A STUDY ON LEAF AGE MODELING OF RICE

QIU Xin-fa, ZENG Yan, DU Hai-dong

(Department of Environmental Sciences, NIM, Nanjing 210044)

Abstract: A leaf age model of rice is statistically established in context of field experimental data according to its biological properties and environmental responses. Results show that day length is the first factor affecting the leaf age and temperature the second.

Keywords: rice; leaf age; modeling