

文章编号: 1005-0906(2007)06-0127-03

# CERES-Maize 模型中遗传参数确定方法的研究

刘玉兰<sup>1,2</sup>, 陈晓光<sup>1</sup>, 肖云清<sup>2</sup>, 亢艳莉<sup>1</sup>, 郭晓雷<sup>2</sup>

(1. 宁夏气象防灾减灾重点实验室, 银川 750002; 2. 银川市气象局, 银川 750002)

**摘要:** 以正交设计方法为基础, 根据 CERES-Maize 模型品种参数的实际意义和气象资料、品种特性, 确定了各遗传参数的取值范围, 利用正交表设计了不同参数组合的正交试验, 以模拟产量、发育期的准确率为参考指标进行方差分析, 从单因素统计结果中选择平均值最大的水平为最优方案, 确定出每个样本的遗传参数, 根据不同品种熟性分为晚熟品种、中熟品种、早熟品种 3 类, 选择各类遗传参数中出现频率较多的参数组合成能代表不同熟性品种的遗传参数。利用实测资料进行验证, CERES-Maize 对产量、开花期和发育期的模拟效果较好, 大多数年份的误差在  $\pm 10\%$  以内, 个别年份在  $\pm 10\% \sim 20\%$ , 模拟结果比较合理。

**关键词:** 玉米; 模拟模型; 正交设计**中图分类号:** S513**文献标识码:** A

## Study on Establishing Maize Variety Parameters in the CERES-Maize Simulation Model

LIU Yu-lan<sup>1,2</sup>, CHEN Xiao-guang<sup>1</sup>, XIAO Yun-qing<sup>2</sup>, KANG Yan-li<sup>1</sup>, GUO Xiao-lei<sup>2</sup>

(1. Ningxia Key Laboratory for Meteorological Disasters' Prevention and Reduction, Yinchuan 750002;

2. Yinchuan Meteorological Administration, Yinchuan 750002, China)

**Abstract:** Based on the orthogonal design, the methods of establishing maize variety parameters was set up in the CERES-maize simulation model. First of all, the primary scale of parameters was made based on the meaning of parameters, meteorological data and variety characteristic. Then the orthogonal experiment was made use orthogonal layout. The variance was analyzed according to the accuracy of yield, physiological maturity. The optimizing project was selected from the single factor statistic. We got the parameters of every sample. The varieties was divided into long season, medium season and short season. At last, the parameters of different seasonal varieties were made sure according to the frequency. The validation showed that the simulation of CERES-Maize was good to the yield, flowing data and physiological maturity, the error of most samples were less than  $\pm 10\%$ . Therefore, the selection of parameters was reasonable.

**Key words:** Maize; Simulation model; Orthogonal design

CERES-Maize 模型是根据系统工程原理、动力学方法和计算机技术构建的作物—土壤—大气系统模拟模型, 可以用来模拟和分析各种环境因子相互作用下某种作物的生长发育过程和最终产量结果。由于 CERES-Maize 的应用不限于特定的地点、

品种、气候、土壤和栽培方法, 迄今它已在世界主要的玉米生产国得到了广泛的验证。

在运行 CERES-Maize 模式时, 除详细的土壤特性资料、逐日气象资料和农田管理措施外, 还要根据田间试验资料, 调整品种(遗传)参数, 以适应相应的品种特性而得到满意的模拟结果, 这是模式验证和应用工作中的难题之一。CERES-Maize 模式中共有 6 个品种参数, 而且这 6 个参数并非完全独立, 有时改变其一将会破坏全部模拟结果, 若用试错法逐一调整每一个参数而不全面系统考虑, 在实际工作中不仅费时, 亦难以得到客观合理的参数值和模拟结果。品种参数优化方法的研究, 国内外报道较

**收稿日期:** 2007-05-18; **修回日期:** 2007-07-29**基金项目:** 国家科技攻关计划项目(2001-BA611B-04-06-02)、中国气象局气候变化专项(CCSF2007-27)**作者简介:** 刘玉兰(1965-), 女, 宁夏中卫人, 硕士, 高级工程师, 研究方向为应用气象。Tel: 0951-5029935

E-mail: nxyclyl-65@126.com

少,DSSAT35 系统提供了一个品种遗传特性参数估算程序 GenCal,但根据以往的经验发现难以达到理想效果。因而,需要探讨一种科学有效的方法来选取品种参数。Klepper 等利用拟合优度法确定品种遗传参数,具体方法是以开花期、成熟期、产量、千粒重、生物量和平方米粒数为状态变量,通过比较作物模型模拟结果与试验数据之间的差异,在计算机上调试,寻找参数的最佳组合,确定各品种的遗传参数。张艳红等应用均匀设计的方法结合规划求解等一系列数学方法,对参数进行优化方法研究,提出了 CERES-Maize 模拟模型品种参数的优化方法。王信理等根据田间试验资料,采用多维非线性单纯形法搜索求解模式中的品种参数,比较全面地评价了 CERES-Soybean 模式对我国大豆生长过程及其产量形成的模拟效果。本文尝试用正交试验法进行各参数的组合模拟,再结合方差分析确定适当的遗传参数。结果表明,这种方法不仅省时客观,模拟结果也比较满意。

## 1 资料来源

本文所用玉米资料来自宁夏永宁农业气象试验站 1984~2000 年、中卫气象局 1981~1999 年的田间观测资料,主要项目有发育期、密度、产量要素、田间耕作等。气温和降水来自当地气象观测站,太阳辐射资料根据相邻太阳辐射站的数据计算得到。土壤资料来自《中国土种志》。

## 2 结果与分析

### 2.1 CERES-Maize 模拟模型品种参数

在 CERES-Maize 中,P1 为幼苗期生长特性参数,指完成非感光幼苗期(出苗至幼苗末期)大于 8℃ 热量时间;P2 为光周期敏感系数,指光敏感期大于临界日长(12.5 h)1 h 的光周期导致发育(抽雄)延迟的程度;P5 为灌浆期特性参数,指吐丝至生理成熟期大于 8℃ 的热量时间;G2 为单株最大穗粒数;G3 为潜在灌浆速率参数,指最适灌浆条件下线性灌浆阶段的子粒灌浆速率;PHINT 为出叶间隔特性参数。在有关文献中,建议 P1 取 100~400℃·d,P2 取 0.1~0.8,P5 取 600~1 000℃·d,G2 取 560~850 粒,G3 取 5~12 mg/(粒·d),PHINT 取值 75℃·d。在本试验中,根据观测的玉米发育期和气象资料,计算了 1981~2000 年的 P1、P5 值,初步确定宁夏引黄灌区的 P1 取值为 280~320℃·d,P5 取值 700~900℃·d。根据宁夏引黄灌区主栽玉米品种特性,G2 取值

600~800 粒,G3 取值 7~11 mg/(粒·d)。

### 2.2 选择正交试验

正交设计是一种研究多因素试验的设计方法。在多因素试验中,随着试验因素和水平数的增加,处理组合数将急剧增加。正交试验是利用一套规格化的正交表,科学合理地安排试验。这种设计的特点是在试验的全部处理组合中,仅挑选部分有代表性的水平组合进行试验,通过部分实施了解全面试验情况,从中找出较优的处理组合,这样可以大大节省人力和时间,使一些难以实施的多因素试验得以实施。在本试验中,有 6 个遗传参数,每个遗传参数选择 5 种水平(表 1),利用 L25(5<sup>6</sup>)正交表安排了 25 个试验。

表 1 正交设计水平  
Table 1 The level of orthogonal design

| 水 平<br>Level | P1  | P2  | P5  | G2  | G3 | PHINT |
|--------------|-----|-----|-----|-----|----|-------|
| 1            | 280 | 0.4 | 700 | 600 | 7  | 30    |
| 2            | 290 | 0.5 | 750 | 650 | 8  | 40    |
| 3            | 300 | 0.6 | 800 | 700 | 9  | 50    |
| 4            | 310 | 0.7 | 850 | 750 | 10 | 60    |
| 5            | 320 | 0.8 | 900 | 800 | 11 | 70    |

### 2.3 正交试验结果方差分析

表 2 方差分析结果  
Table 2 The results of variance analysis

| 方差来源<br>Source of variance | III 型方差<br>Type III Sum of Squares | 自由度<br>DF | 均 方<br>Mean Square |
|----------------------------|------------------------------------|-----------|--------------------|
| 校正的模型                      | 5.19                               | 24        | 0.22               |
| Intercept                  | 195.20                             | 1         | 195.20             |
| P1                         | 1.08                               | 4         | 0.27               |
| P2                         | 0.08                               | 4         | 0.02               |
| P5                         | 2.92                               | 4         | 0.73               |
| G2                         | 0.10                               | 4         | 0.03               |
| G3                         | 0.11                               | 4         | 0.03               |
| PHINT                      | 0.90                               | 4         | 0.22               |
| 误差                         | 0.00                               | 0         |                    |
| 总和                         | 200.40                             | 25        |                    |
| 校正的合计                      | 5.19                               | 24        |                    |

注:复相关系数 R Squared = 1.000 (Adjusted R Squared = 1.0)。

Note: Correlation coefficient R Squared = 1.000 (Adjusted R Squared = 1.0)。

按照正交设计的遗传参数组合方案,对永宁、中卫的资料进行模拟,以模拟产量和发育期的准确率为主要考察依据,利用 SPSS 软件进行多因素方差分析。以永宁 2000 年为例,25 个正交试验的方差分析结果见表 2,由表 2 可看出,6 个遗传参数均对

产量和发育期有显著影响,从单因素统计结果(表 3)中选择平均值最大的水平为最优方案,确定出 P1 选择水平 5,P2 选择水平 1,P5 选择水平 4,G2 选择 3,G3 选择 4,PHINT 选择 2,从而得到 2000 年永宁的最优遗传参数为:P1 为  $320^{\circ}\text{C}\cdot\text{d}$ ,P2 为 0.4,P5 为  $850^{\circ}\text{C}\cdot\text{d}$ ,G2 为 700 粒,G3 为  $10\text{ mg}/(\text{粒}\cdot\text{d})$ ,PHINT 为  $40^{\circ}\text{C}\cdot\text{d}$ 。

表 3 单因素统计结果  
Table 3 The statistic result of single factor

| 水平<br>Level | P1    | P2    | P5    | G2    | G3    | PHINT |
|-------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 1           | 0.284 | 0.315 | 0.272 | 0.312 | 0.251 | 0.251 |
| 2           | 0.313 | 0.302 | 0.307 | 0.301 | 0.277 | 0.373 |
| 3           | 0.309 | 0.312 | 0.307 | 0.321 | 0.312 | 0.312 |
| 4           | 0.321 | 0.313 | 0.345 | 0.309 | 0.372 | 0.342 |
| 5           | 0.328 | 0.312 | 0.325 | 0.303 | 0.343 | 0.277 |

2.4 引黄灌区遗传参数的选择

根据正交试验方差分析的结果,每个地方每年得到一组最优的遗传参数,再根据不同品种熟性将各品种分为晚熟品种、中熟品种、早熟品种 3 类,选择各类的遗传参数出现频率较多的参数组合成能代表不同品种熟性的遗传参数。

2.5 对遗传参数的验证

利用遗传参数对历史资料进行验证 (图 1、2), CERES-Maize 对产量、开花期和发育期的模拟效果较好,误差大多在 $\pm 10\%$ 以内,个别年份在 $\pm 10\% \sim 20\%$ ,因此,品种遗传参数的选择是合理的。其中,对发育期的模拟效果较好,81%的年份误差在 $\pm 5\%$ 以内,大于 $\pm 10\%$ 的年份只有 10%,对开花期的模拟 65%的年份误差在 $\pm 5\%$ 以内,大于 $\pm 10\%$ 的年份只有 13%,对产量的模拟比发育期和开花期稍差,35%的年份误差在 $\pm 5\%$ 以内,大于 $\pm 10\%$ 的年份有 16%。

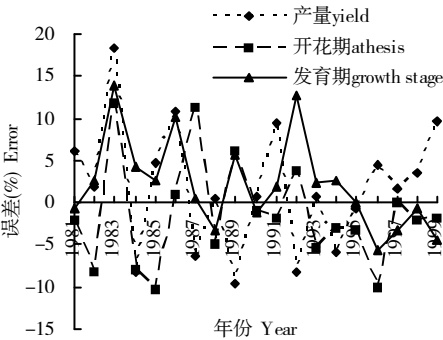


图 1 中卫 1981 ~ 1999 年玉米模型验证误差  
Fig.1 The validating error of CERES-Maize in Zhongwei during 1981-1999

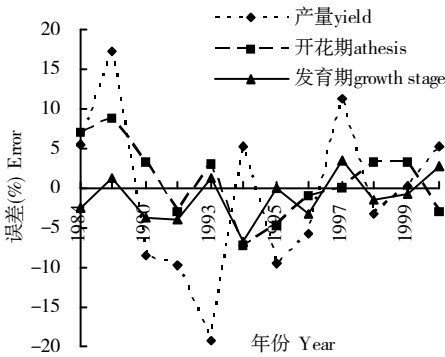


图 2 永宁 1984 ~ 2000 年玉米模型验证误差  
Fig.2 The validating error of CERES-Maize in Yongning during 1984-2000

3 结论与讨论

CERES-Maize 模式中有 6 个品种参数,在实际模拟操作过程中若仅考虑某一输出内容而不顾其它方面,模拟结果可以达到相当理想的精度。但這些品种参数相互间并不是完全独立的,它们各自所控制的生长发育过程也很复杂。所以,不应孤立地调整某一个或某一些参数来达到某一个目的而不考虑该参数对其它过程的影响,只有给予综合全面考虑方可达到整体的预期目的。本文利用正交试验,科学合理地安排试验,通过部分实施了解全面试验情况,从中找出较优的处理组合,模拟结果合理,误差在可以接受的范围内。因此,这种方法在遗传参数的确定中是可行的。有的年份模拟结果与试验资料之间的较大差异,可能与试验观测取样等多种因素有关,需要进一步探讨和改善,以满足气候变化分析的需要。

参考文献:

[1] 王信理,王馥棠,裴国旺. 系统化理论在 CERES- 大豆模式品种参数求解中的应用[J]. 应用气象学报,1995,6(增刊):49-54 .  
[2] Gordon Y. Tsuji. Goro Uehara, Sharon Balas. DSSAT3 User's Guide. Vol. 1-3[M]. Hawaii: The University of Hawaii, 1994.  
[3] Klepper O, Rouse D I. A procedure to reduce parameter uncertainty for complex models by comparison with real system output illustrated on a potato growth model[J]. Agricultural Systems. 1991, 36: 375-395.  
[4] 张艳红,马永良,廖树华. CERES-Maize 模拟模型中品种参数优化方法研究[J]. 中国农业大学学报,2004,9(4):24-29 .  
[5] 崔巧娟, 许吟隆. 利用田间试验资料检验 CERES-Maize 模型在中国区域的模拟能力[J]. 中国农业气象,2005,26(增刊):37-41 .  
[6] 何秋月. SPSS 在 L9(34)正交试验数据处理中的应用[J]. 中国中医药,2005,3(12):27-30 .  
[7] 张文彤. SPSS11 统计分析教程[M]. 北京:希望电子出版社,2002.

(责任编辑:朴红梅)