

CERES-maize 模拟模型中品种参数优化方法研究

张艳红¹ 马永良¹ 廖树华²

(1. 中国农业大学 资源与环境学院,北京 100094; 2. 中国农业大学 农学与生物技术学院,北京 100094)

摘要 本文以均匀设计方法为基础,建立了 CERES-maize 模拟模型品种参数的优化方法。应用 DSSAT35 模拟系统提供的与模型品种参数选择相关的评价指标,对该方法的有效性进行了数值模拟检验。用 6 次迭代后确定的品种参数与模型自身参数的模拟结果作对比,花期、生理成熟期、籽粒产量、谷物单粒重和收获期生物量的相对误差分别减少了 1.69%,5.31%,6.15%,3.26%和 18.45%,但单位面积粒数有所提高,为 0.8%。结果表明用本方法确定的品种参数优化效果明显,并且该方法可以实现品种参数的自动调整。

关键词 玉米; 模拟模型; 均匀设计; 参数优化

中图分类号 S 513

文章编号 1007-4333(2004)04-0024-06

文献标识码 A

Method of optimizing maize variety parameters in the CERES-maize simulation model

Zhang Yanhong¹, Ma Yongliang¹, Liao Shuhua²

(1. College of Resources and Environmental Sciences, China Agricultural University, Beijing 100094, China;

2. College of Agronomy and Biotechnology, China Agricultural University, Beijing 100094, China)

Abstract Based on uniform design, the method of optimizing maize variety parameters was set up in the CERES-maize simulation model. The method was also validated through numerical simulation with the relevant index in DSSAT35. The results showed that the parameters determined by this method were superior to those from DSSAT 'S parameters. Comparing with those from DSSAT, the relative errors of flowering date, physiological maturity, grain yield, weight per grain and biomass at harvest after 6 times of iteration with this method declined by 1.69%, 5.31%, 6.15%, 3.26% and 18.45% respectively. However, the relative error of grain number increased by 0.8%. The method could automatically adjust the variety parameters.

Key words maize; simulation model; uniform design; parameters optimization

DSSAT35 是国际农业技术推广网 (IBSNAT) 开发研制的模拟模型软件系统,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^[1,2]。系统现有 16 种作物,各种作物都有其相应的模块。在各个地区,针对作物不同的生长状况,对作物模型模块的品种参数、土壤参数等进行检验修正,实现模型本地化应用,能更好地为农业生产提供决策。

在实际生产中,不同的品种具有不同的品种特征参数,在模型运行过程中,品种参数的选取直接影

响到模拟效果,因而品种参数的确定对模拟模型的推广应用起着重要作用。目前,品种参数确定大都依据田间试验数据通过大量计算并根据经验来判断获取,但用这种方法确定品种参数,不仅需要大量精确、复杂的田间试验,而且不易得到满意的模型精度。品种参数确定一直以来都是模型验证和应用的难题之一^[3],而品种参数优化方法的研究国内外报道较少,DSSAT35 系统提供了一个品种遗传特性参数估算程序 GenCalc^[2],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

收稿日期: 2004-04-06

基金项目: 国家十五科技攻关子专题资助项目 (2001BA508B01)

作者简介: 张艳红,硕士研究生; 马永良,教授,联系作者,主要从事区域综合治理研究。

方法来选取品种参数。为此,以 CERES-maize 模型为基础,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。结果表明:用本方法确定的品种参数优化效果明显,并且该方法可以借助计算机相关软件实现品种参数的自动调整。

1 CERES-maize 模拟模型品种参数

$P1$ 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 的热量时间,一般取 100~400 d; $P2$ 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,通常取值 0.1~0.8; $P5$ 灌浆期特性参数,指吐丝至生理成熟期大于 8 的热量时间,取值为 600~1000 d; $G2$ 单株最大穗粒数,一般取值 560~850 粒; $G3$ 潜在灌浆速率参数,指最适灌浆条件下线性灌浆阶段的籽粒灌浆速率,一般取值 5~12 mg·(粒·d)⁻¹; $PHINT$ 出叶间隔特性参数,一般取值 75 d^[4]。

2 优化方法的提出

通常模型参数的修正要依靠大量的数值模拟试验来不断调试验证,对参数因素水平的常用排列方法有正交设计、均匀设计。正交设计在统计分析上易于操作,但因素水平较多时要求做较多的试验。均匀设计的方法可以弥补以上缺陷。

均匀设计试验方法将数论方法与多元统计相结合,将试验点均匀的散布在实验范围内,对一些试验范围较大、试验因素水平等级较多的试验,更显出其独特的优点,不仅使试验的次数大大减少,又有其相对应的均匀设计表,其数据也可以借助相关的分析软件分析处理^[5]。

均匀设计提供了一种因素水平的组合方式,但对参数的取值范围仍需确定。为获取满意的品种参数值,笔者的基本思路是利用均匀设计进行数值模拟,并对模拟结果进行回归分析和优化来不断缩小参数的取值范围,最后根据模拟及优化结果选取最佳的品种参数。具体步骤如下:

1) 确定品种参数初始范围,建立判定函数。

模型的 6 个品种参数分别为: $P1$, $P2$, $P5$, $G2$, $G3$, $PHINT$ 。根据模型本身提供的品种参数值及相关的文献资料^[4],可以确定品种初始参数范围,

假设为 $[a_j, b_j]$, $j = 1, 2, \dots, 6$ 。选取与品种参数密切相关的 5 个评价指标:籽粒产量、花期、收获期生物量、单位面积籽粒数、收获期叶片数^[3],建立动态判定函数,用于对各参数处理的数值模拟实验结果进行评判,判定函数如下:

对各处理分别建立关于 5 个指标综合评价的判定函数。

$$F_i = (1 - f_{1i}/f_1)^2 + (1 - f_{2i}/f_2)^2 + (1 - f_{3i}/f_3)^2 + (1 - f_{4i}/f_4)^2 + (1 - f_{5i}/f_5)^2 \quad (i = 1, 2, \dots, n) \quad (1)$$

式中: f_1, f_2, f_3, f_4, f_5 分别为产量、花期、收获期生物量、单位面积籽粒数、收获期叶片数的实际观测值或目标值, $f_{1i}, f_{2i}, f_{3i}, f_{4i}, f_{5i}$ 分别为第 i 个处理的产量、花期、收获期生物量、单位面积籽粒数、收获期叶片数的数值模拟值, n 为均匀设计方案的处理数。

本次试验综合评判函数的建立。用于对本次设计数值模拟实验结果的评判,以确定是否继续进行数值模拟,其函数

$$F_i = \dots \quad (2)$$

式中 F_i 为各处理的判定结果。

2) 对选定的品种参数值范围,运用均匀设计法确定参数组合,并运用 CERES-maize 模拟系统进行数值模拟,产生相应的模拟实验结果。

3) 对数值模拟结果进行评判分析,计算各处理的判定函数值和本次实验的综合评判函数值,找出本次试验中最佳的参数组合,并与前次模拟实验结果进行比较,若结果满意则进入下一步。否则,确定下次参数取值范围,其方法如下:

首先,根据判定函数分析结果,选择判定函数值最小的处理,然后考察各个评价指标,选择每一指标值与实测值相近且判定函数值较小的处理,一个指标选择一个处理组合,5 个指标对应 5 个处理组合。由以上选取的处理组合来确定参数的取值范围,假设为 $[a_j, b_j]$, $j = 1, 2, \dots, 6$ 。下次模拟时品种参数的取值范围 $a_j = (a_j + a_j)/2$, $b_j = (b_j + b_j)/2$, $j = 1, 2, \dots, 6$; (返回步骤 2))。

4) 应用均匀设计统计法进行统计分析,建立回归分析模型,然后建立下述参数优化模型,并利用 Excel 2000 的“规划求解”功能对参数优化模型求解,确定优化的参数值。在求解过程中可适当修正 a_j 和 b_j ,以达到理想的参数:

$$\min((1 - f_1(x)/f_1)^2 + (1 - f_2(x)/f_2)^2 + \dots)$$

$$(1 - f_3(x)/f_3)^2 + (1 - f_4(x)/f_4)^2 + (1 - f_5(x)/f_5)^2 \tag{3}$$

满足: $a_j \leq x_j \leq b_j \quad j=1, 2, \dots, 6$

式中: f_1, f_2, f_3, f_4, f_5 的意义同式 (1), $f_1(x), f_2(x), f_3(x), f_4(x), f_5(x)$ 分别为产量、花期、收获期生物量、单位面积籽粒数、收获期叶片数用模拟实验结果建立的关于 $P1, P2, P5, G2, G3, PHINT$ 参数的回归统计模型。

根据各个处理判定函数的计算值确定参数范围区间,逐步收敛,直至接近目标值,迭代停止。得到满意的参数区间范围后,对参数优化模型求解得出优化参数结果,对优化的参数结果进行数值模拟检验,并结合历次判定函数确定的最佳模拟结果选出最优的参数值。

3 优化方法的验证

由于该技术方法的复杂性,不可能通过传统的数学分析方法来证明,只能借助数值模拟实验来检

验,判断其有效性。为此,选取 DSSAT35 模拟模型中 1981 年的一个玉米品种试验进行检验,试验地点为美国加利福尼亚州南部的佛罗伦萨区,试验地土壤状况为肥沃沙土,对应土壤参数文件为 IBMZ910023;用 1981 年当地气象数据,对应气象参数文件为 FLSC8101.WTH;试验数据文件为 FLSC8101.MZX;供试品种为 PIO3382,以该品种对应的模型参数值作为对照,相应的模拟结果为目标值。数值实验时均匀设计及分析所使用软件是王玉方研制的“均匀设计”试验设计与参数优化软件,模拟系统为 DSSAT35,参数优化模型求解过程用 Microsoft Excel 2000 的“规划求解”功能。

3.1 均匀设计表的选择

$P1, P2, P5, G2, G3, PHINT$ 参数初始范围分别为: $[100, 260], [0.1, 0.8], [600, 1000], [560, 850], [5, 12], [30, 80]$ ^[4],借助于均匀设计软件,选择 U27(27¹¹),均匀性偏差等于 0.2533。试验方案及模拟结果见表 1。

表 1 试验品种参数设计方案及模拟结果

Table 1 Design program of the tested variety parameters and simulation results

序号	参 数						籽粒产量/ (kg · hm ⁻²)	花期/ d	收获期 生物量/ (kg · hm ⁻²)	单位面积 籽粒数/ (粒 · m ⁻²)	收获期 叶片数/ (片 · 株 ⁻¹)	判定 函数值
	P1	P2	P5	G2	G3	PHINT						
1	100	0.19	714	688	9.4	64	4 090	20	6 499	1 671	11.9	1.151 9
2	110	0.31	832	835	6.2	50	4 285	21	8 942	2 247	14.4	0.730 8
3	120	0.43	946	677	10.4	34	9 278	21	17 646	2 450	19.4	0.091 0
4	130	0.55	600	820	7.7	70	3 336	22	6 420	2 136	12.6	1.082 2
5	140	0.66	732	666	11.7	56	6 258	24	10 896	2 064	15.0	0.441 0
6	150	0.74	850	805	9.2	40	8 662	25	17 018	2 977	19.7	0.009 6
7	160	0.10	956	655	5.9	76	4 109	25	7 309	1 864	12.6	0.960 7
8	170	0.22	619	790	10.2	61	5 484	25	9 980	2 521	15.0	0.460 0
9	180	0.34	750	644	7.4	46	5 038	26	12 921	2 450	18.5	0.326 7
10	190	0.46	879	780	11.4	30	11 752	26	21 523	3 075	25.3	0.190 8
11	200	0.58	976	633	8.9	66	6 639	28	11 601	1 994	14.6	0.414 8
12	205	0.68	638	770	5.6	52	3 480	28	10 999	2 786	18.2	0.553 4
13	210	0.76	768	622	10.0	36	7 512	28	17 686	2 681	23.8	0.076 2
14	215	0.13	898	760	7.1	72	5 834	28	10 858	2 374	14.7	0.423 6
15	220	0.25	986	611	11.1	58	9 528	28	15 998	2 192	17.0	0.143 7
16	225	0.37	657	750	8.6	42	6 078	28	14 688	3 046	20.8	0.140 9
17	230	0.49	776	600	5.3	78	2 798	28	6 873	1 823	13.6	1.149 8
18	235	0.61	916	740	9.8	62	9 502	30	16 517	2 729	16.7	0.087 2
19	240	0.70	990	590	6.8	48	6 089	30	13 966	2 283	19.4	0.251 6
20	245	0.78	676	730	10.8	32	7 769	30	18 715	2 977	27.0	0.139 5
21	250	0.16	795	580	8.3	68	4 939	30	10 728	1 985	15.8	0.574 7
22	255	0.28	926	720	5.0	54	4 767	30	12 607	2 683	18.0	0.366 2
23	260	0.40	996	570	9.6	38	8 773	31	18 279	2 334	23.8	0.127 0
24	265	0.52	695	710	6.5	74	4 158	33	10 044	2 434	15.6	0.661 2
25	270	0.64	814	560	10.6	60	7 179	33	14 567	2 189	17.9	0.255 5
26	275	0.72	936	699	8.0	44	8 238	33	17 454	2 828	22.7	0.098 8
27	280	0.80	1 000	850	12.0	80	10 234	34	14 402	2 673	14.6	0.260 5

3.2 建立判定函数

借助于模拟模型原有文件 FLSC8101.MZX,对 27 个处理分别进行模拟。判定函数和综合评判函数分别为式(4)和(5),其中 $n = 27$ 。

$$i = (1 - f_{1i}/8961)^2 + (1 - f_{2i}/26)^2 + (1 - f_{3i}/17794)^2 + (1 - f_{4i}/3144)^2 + (1 - f_{5i}/20.7)^2 \quad (i = 1, 2, \dots, n) \quad (4)$$

$$= i \quad (i = 1, 2, \dots, n) \quad (5)$$

根据综合评判函数值,以及评价指标籽粒产量、花期、收获期生物量、单位面积籽粒数、收获期叶片数分别对应的模拟结果,参照表 1,选取处理 3,6,9,13,10 和 16,确定 6 因素取值范围: $P1 [120, 225]$, $P2 [0.34, 0.76]$, $P5 [657, 946]$, $G2 [622, 805]$, $G3 [7.4, 11.4]$, $PHINT [30, 46]$ 。

3.3 选取第 2 次参数取值范围

根据初始试验方案选取各参数的最大、最小值,与依据上述各处理的判定函数确定的参数最大、最小值做平均,求得下次试验参数范围: $P1 [110, 252.5]$, $P2 [0.1, 0.78]$, $P5 [628.5, 973]$, $G2 [591, 827.5]$, $G3 [6.7, 11.7]$, $PHINT [30, 63]$ 。

3.4 建立第 2 次判定函数

根据确定的参数范围,重复进行上次试验操作步骤,并进行结果判定,得到第 3 次试验参数选取范围: $P1 [115.6, 252.5]$, $P2 [0.25, 0.77]$, $P5 [648.5, 968.5]$, $G2 [596, 827.5]$, $G3 [6.7, 11.7]$, $PHINT [30.65, 63]$ 。

依此类推,得到第 4 次的试验参数选取范围: $P1 [121.2, 252.5]$, $P2 [0.25, 0.77]$, $P5 [667.05, 968.5]$, $G2 [619, 831]$, $G3 [7.9, 11.7]$, $PHINT [31.975, 63]$ 。

根据 4 次模拟实验结果,可以发现综合评判函数值第 1 次为 11.169,第 2 次为 7.347,第 3 次为 6.754,第 4 次为 5.740,总趋势趋于下降,由判定函数所选取的参数值范围越来越逼近对照品种参数值。

3.5 优化求解

根据判定结果选取参数值,再结合均匀设计软件,对各项评判指标分别进行回归分析,然后建立下述参数优化模型,借助 Microsoft Excel 2000 的“规划求解”功能对其进行规划求解,回归方程如下:

1) 籽粒产量。

$$y_1 = -29300 + 164x_1 + 13.7x_3 + 10.6x_4 - 57.0x_6 - 0.303x_1^2 - 60.3x_1x_2 + 1410x_2x_5 \quad (6)$$

2) 花期。

$$y_2 = -144 + 0.121x_1 - 218x_2 + 22.4x_5 + 4.08x_6 - 0.000071x_1x_3 + 129x_2^2 + 1.90x_2x_6 + 0.000000808x_3^2 - 0.5x_5^2 - 0.261x_5x_6 - 260x_6^2 \quad (7)$$

3) 收获期生物量。

$$y_3 = 656 + 129x_1 - 211x_6 - 0.259x_1^2 + 4.17x_2x_4 + 1.04x_3x_5 \quad (8)$$

4) 单位面积籽粒数。

$$y_4 = -2460 + 36.6x_1 - 3690x_2 + 52.8x_6 - 0.0575x_1^2 - 0.0132x_1x_3 + 5.87x_2x_4 + 0.00160x_3^2 + 1.66x_5^2 - 0.716x_6^2 \quad (9)$$

5) 收获期叶片数。

$$y_5 = 30.2 + 0.0498x_1 - 0.0658x_3 + 2.39x_5 - 0.0340x_1x_2 + 8.46x_2^2 + 0.0000354x_3^2 + 0.000187x_3x_6 - 0.0446x_5x_6 \quad (10)$$

参数优化模型

$$\min(1 - y_1/8961)^2 + (1 - y_2/26)^2 + (1 - y_3/17794)^2 + (1 - y_4/3144)^2 + (1 - y_5/20.7)^2 \quad (11)$$

满足

$$121.2 \leq x_1 \leq 252.5, 0.25 \leq x_2 \leq 0.77, 667.05 \leq x_3 \leq 968.5, 619 \leq x_4 \leq 831, 7.9 \leq x_5 \leq 11.7, 31.975 \leq x_6 \leq 63$$

据此得到最优的参数值(表 2)和其分别对应的模型模拟结果(表 3)。

表 2 3 种方法获取的品种参数对比

Table 2 Comparison of the parameters obtained from three methods

项 目	P1	P2	P5	G2	G3	PHINT
判定函数确定的参数	147.7	0.71	821.4	807.8	9.87	39.0
参数优化模型确定的参数	211.4	0.69	869.0	767.7	8.45	40.6
模型自身品种参数(对照)	160.0	0.70	890.0	825.0	8.50	38.9

表 3 表 2 的参数模拟结果对比

Table 3 Comparison of the simulation parameters from table 2

变 量 *	模型自身品种参数对应	判定函数确定参数对应	参数优化模型确定参数
	模拟结果(对照)	模拟结果	对应模拟结果
花期/ d	60	60	64
生理成熟期/ d	107	104	110
籽粒产量/(kg·hm ⁻² ,dry)	8 961	9 060	8 747
谷物单粒质量/(g,dry)	0.285	0.294	0.276
单位面积籽粒数/(粒·m ²)	3 144	3 087	3 164
穗粒数	443	435	446
收获期生物量/(kg·hm ⁻²)	17 794	17 620	17 973
收获期茎重/(kg·hm ⁻²)	8 834	8 561	9 227

注: * 由于篇幅所限,仅列出主要指标

从表 3 可以看到通过参数优化模型和判定函数确定的品种参数,各自对应的模拟结果均与模型自身品种参数对应的模拟值相接近,对比 2 种模拟结果,以判定函数确定的品种参数条件下模拟结果更优,因而,可以选取判定函数确定的参数值作为该品种的参数值。由此可以说明,利用均匀设计方法,结合规划求解等一系列数学方法,在参数选取中是可行的,随着迭代次数的增加,参数值的选择区间不断收缩,越来越接近所要寻找的目标品种参数值。

4 优化方法的应用

经过验证,发现这种方法确实能够有效进行品种参数值的选取,下面就运用该技术方法对实际观测结果进行品种参数选定。为了能够方便地进行结果对比,仍选用 DSSAT35 模拟模型中美国加利福

尼亚州南部的佛罗伦萨区 1981 年的玉米试验,以模型中文件 FLSC8101.MZX 中田间试验的实测值作为参照值,根据 DSSAT35 使用操作说明书推荐的评价指标,选择便于田间观测且准确度高的几项来进行函数评判。分别为:花期、生理成熟期、籽粒产量、收获期生物量、单位面积籽粒数、穗粒数和谷物单粒质量。

按照上述操作步骤,依然借助均匀设计软件选取 U27(27¹¹),建立试验方案,并依据方案对每个处理用 DSSAT35 模型进行模拟分析,同时根据判定函数对输出进行判定,最后再借助均匀设计软件分别进行优化分析,对两者的结果综合比较,进行参数选择。操作步骤不再重述,列出判定结果和参数选择范围见表 4。

根据步骤 7) 的参数取值范围,对 27 个处理进行

表 4 参数优化过程中的判定结果及其参数选择范围

Table 4 Judgement results in parameters optimizing course and range of parameters

处 理	P1	P2	P5	G2	G3	PHINT	最小判定 函数值	综合评判 函数值	
步骤 1	最小值	100.0	0.10	600.0	560.0	5.0	30	0.103	16.47
	最大值	280.0	0.80	1 000.0	850.0	12.0	80		
步骤 2	最小值	125.0	0.13	638.0	585.5	5.5	30	0.089	15.76
	最大值	262.5	0.79	1 000.0	827.5	11.6	78		
步骤 3	最小值	138.1	0.27	652.0	618.1	5.7	30	0.090	13.46
	最大值	262.5	0.79	1 000.0	827.5	11.6	78		
步骤 4	最小值	142.8	0.38	672.0	662.0	6.8	30	0.064	7.75
	最大值	259.1	0.78	959.2	806.8	11.3	61		
步骤 5	最小值	147.3	0.41	694.0	675.8	8.1	30	0.061	5.23
	最大值	250.2	0.77	953.6	792.1	11.2	54		
步骤 6	最小值	151.2	0.47	714.0	689.9	8.7	30	0.510	3.33
	最大值	249.6	0.76	923.8	785.8	11.0	45		
步骤 7	最小值	155.1	0.50	750.0	695.3	8.7	30	0.031	2.63
	最大值	239.9	0.74	914.9	776.8	10.8	40		

模拟分析,得到与实测相接近的处理组合,并根据评价指标,借助均匀设计软件进行回归分析,对其结果建立目标函数,对其进行优化求解,得到参数值(表5)。

对所得到的参数值进行模拟分析,可以看到通

过均匀设计、判定函数和优化求解得到的参数值,对应的模型模拟运算结果均能很好的与实测值相拟和,并且部分指标优于模型自身参数条件下对应的模拟结果(表6)。

表5 27个处理中的最佳参数组合和参数优化结果

Table 5 The best parameter association in 27 treatments and results of parameter optimization

项 目	P1	P2	P5	G2	G3	PHINT
判定函数确定的参数值	216.4	0.73	775.2	745	10.4	30.4
优化求解确定的参数值	164.6	0.54	875.8	774	8.6	36.4

表6 3种方法确定的品种参数对应模拟结果和相对误差

Table 6 Simulation results of variety parameters determined by three methods and relative errors

变 量	田间实测值	判定函数确定参数		参数优化模型确定参数		模型自身品种参数	
		模拟结果	相对误差/ %	模拟结果	相对误差/ %	模拟结果	相对误差/ %
花期/ d	59	59	0.00	60	1.67	60	1.69
生理成熟期/ d	113	113	0.00	106	- 6.60	107	- 5.31
产量/ (kg · hm ⁻² , dry)	9 760	9 565	- 2.04	8 498	- 14.85	8 961	- 8.19
谷物单粒重/ (g, dry)	0.276	0.276	0.00	0.281	1.64	0.285	3.26
单位面积籽粒数/ (粒 · m ⁻²)	2 968	3 182	6.73	3 028	1.98	3 144	5.93
穗粒数	418	448	6.74	427	1.99	443	5.96
收获期生物量/ (kg · hm ⁻²)	23 800	20 453	- 16.36	17 940	- 32.66	17 794	- 25.24
收获期茎质量/ (kg · hm ⁻²)	10 954	10 888	- 0.61	9 441	- 16.03	8 834	- 19.35

5 讨 论

通过验证和应用结果,可以看出27个处理的综合评判函数值在不断下降,随着迭代次数的增加,逐渐收敛,直至最优。从表6可以看出,利用历次实验的判定函数所确定的参数的模拟结果较理想。

经过6次迭代后确定品种参数,对应模拟结果与模型自身品种参数模拟结果相比,花期、生理成熟期、籽粒产量、谷物单粒重和收获期生物量的相对误差分别减少1.69%, 5.31%, 6.15%, 3.26%和18.45%,但单位面积籽粒数有所提高,为0.8%。尽管有些指标仍未达到预期效果,本文方法确定的参数值所对应的模拟结果更加接近实测值,随着迭代次数的增加,模拟结果将趋于更优。因此,本文中建立的以均匀设计为基础的参数优化方法是可行的,这种技术方法在参数调整中的应用将会极大地提高调整效率和准确性。

本文在评判函数的建立过程只考虑了一个田间

试验,只要作适当的修改就可应用于多个田间试验下的品种参数的优化问题。结合本文方法并处理好软件系统间的数据接口就可实现品种参数估计的自动处理。

参 考 文 献

- [1] 罗群英,林而达. 农业技术转移决策支持系统(DSSAT)新进展[J]. 气象,1996,22(12):10
- [2] Gordon Y. Tsuji, Goro Uehara, Sharon Balas. DSSAT3 User's Guide. Vol. 1~3[M]. Hawaii: The University of Hawaii, 1994
- [3] 王信理,王馥棠,裘国旺. 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
- [4] 李军,邵明安,樊廷录,等. 黄土高原作物生长模型DSSAT3数据库组建[J]. 干旱地区农业研究,2001,19(1):124~125
- [5] 方开泰. 均匀设计与均匀设计表[M]. 北京:科学出版社,1994