

作物同异育种智能决策系统的研制及其 在小麦育种中的应用

郭瑞林¹, 王占中², 刘亚飞¹, 吴秋芳¹, 路志芳¹

(1. 安阳工学院 生物与食品工程学院, 河南 安阳 455000;

2. 安阳工学院 计算机科学与信息工程学院, 河南 安阳 455000)

摘要: 为促进作物定量化育种进程, 以作物育种同异理论为蓝本, 以 Eclipse 为开发环境, 以 Excel 代替数据库, 研制出作物同异育种智能决策系统。结果表明, 该系统界面友好、美观, 操作方便、快捷, 便于推广应用, 具有其他集成开发环境 (IDE) 软件所不具有的较强灵活性和可扩展性。应用实例表明, 该系统对于小麦育种有一定的指导作用。

关键词: 作物; 同异理论; 智能决策系统; 研制; 小麦育种

中图分类号: S512.1 **文献标志码:** B **文章编号:** 1004-3268(2012)11-0025-06

Development of Intelligent Decision System for Crop Similarity-difference Breeding and Its Application in Wheat Breeding

GUO Rui-lin¹, WANG Zhan-zhong², LIU Ya-fei¹, WU Qiu-fang¹, LU Zhi-fang¹

(1. School of Biological and Food Engineering, Anyang Institute of Technology, Anyang 455000, China;

2. School of Computer Science and Information Engineering, Anyang Institute of Technology, Anyang 455000, China)

Abstract: In order to quantify the process of crop breeding, the similarity-difference intelligent decision system for crop breeding was developed by taking the similarity-difference theories of crop breeding as chief source, the Eclipse as development environment and the Excel as replaced databases. Results showed that the system was characterized by users-friendly, attractiveness, easy to operate and fastness. It had the strong flexibility and scalability other integrated development environment (IDE) software can not reach, so could be easily applicated and popularized. The application example indicated that the system had certain guiding roles in wheat breeding.

Key words: crops; similarity-difference theory; intelligent decision systems; development; wheat breeding

同异理论是继灰色育种理论^[1]之后, 针对作物育种中的同异现象而提出来的又一种新的定量化育种理论^[2-5]。它的提出和应用, 有效地克服了传统经验育种的局限性, 使得作物育种能够从定量的角度解释和描述育种过程各个关键阶段和环节, 从而为育种决策提供科学依据, 因此, 该理论备受育种工作者青睐, 目前已在小麦、水稻、棉花、玉米、大豆、谷子、绿豆、芸豆、马

铃薯、甘蔗、葡萄等 11 种作物育种中应用^[6-15], 产生了良好效果。虽然育种决策过程中涉及到的数学运算并不复杂, 但育种材料成千上万, 处理起来相当繁琐, 从而限制了该理论在育种实际工作中的应用。为此, 2009 年以来, 以 Java 技术为支撑, 以 Eclipse 为开发平台, 研制出了作物同异育种智能决策系统, 期望为育种工作者提供一种快捷有效的决策工具和手段。

收稿日期: 2012-06-27

基金项目: 河南省基础与前沿技术研究基金项目 (092300410013); 河南省重点科技攻关项目 (112102110001)

作者简介: 郭瑞林 (1960-), 男, 河南林州人, 研究员, 主要从事小麦遗传育种和作物定量化育种研究。

E-mail: grl6662002@yahoo.com.cn

1 作物同异育种智能决策系统的开发环境与流程

1.1 开发环境

作物同异育种智能决策系统以 Eclipse 为开发环境,该开发环境以跨平台自由集成而著称,主要由 4 个部分组成,分别为 Eclipse 平台(Eclipse platform)、Java 开发工具包(JDT:支持 Java 开发)、C 开发工具包(CDT:支持 C 开发)和插件开发环境(PDE:用来支持插件开发)。后三者是作为插件无缝集成在其上的,这样使得它具有了其他集成开发环境(IDE)软件很难具有的灵活性和可扩展性^[16]。因此,可以认为这是一个功能卓越、技术先进、具有诸多优点的开发工具。

由于使用窗口构件集和图形库 SWT 组件完成软件界面的设计,因此,作物同异育种智能决策系统界面友好、美观,操作简捷、舒适。

考虑到 Excel 已经大众化,数据输入方便快捷,而谙熟数据库的育种工作者则不多,因此,在作物同异育种智能决策系统软件设计时摒弃了以往使用数据库的方案,利用 POI 组件实现对 Excel 的操作,完成数据存贮和管理,从而使数据的输入、输出更便捷。

1.2 开发流程

作物同异育种智能决策系统以 Eclipse 为开发

平台,对近年来作物同异育种理论与方法的研究成果进行了系统开发,其开发流程简述如下:作物同异育种系统分析→作物同异育种系统设计→建立作物同异育种应用对象→生成作物同异育种用户对象、函数和结构→建立作物同异育种窗口和菜单→创建作物同异育种数据窗口对象→编作物同异育种事件(包括数学模型程序)→调试应用→测试系统→生成作物同异育种可执行文件。

2 作物同异育种智能决策系统的主要模块与功能

作物育种程序包括育种目标的制定、亲本选配、杂交组合评估、单株选择、品系鉴定、品种比较试验、品种布局和品种利用等一系列环节和步骤。作物同异育种智能决策系统围绕这些环节和步骤进行研制和开发,从而构成了育种决策系统的七大核心内容和模块,包括:育种目标同异关系分析模块、亲本同异分类模块、杂交组合同异评估模块、单株同异选择模块、品种同异比较模块、品种同异布局模块、品种同异栽培模块(图 1)。这些模块既相互独立,又相互联系,共同构成一个整体。在作物育种实际操作过程中,任何一个模块所负责环节的缺失或脱节,都将殃及全局,使作物育种无法进行。



图 1 作物同异育种智能决策系统模块

2.1 育种目标同异关系分析模块与功能

模块采用同异关系分析原理与方法,分析各性状对产量或品质的影响,区分主要性状与次要性状,明确各性状之间的数量关系,从而为确定客观合理的育种目标提供依据。

2.2 亲本同异分类模块与功能

模块采用亲本同异分类原理与方法,定量地确定各亲本之间的亲疏关系(遗传差异),并按这种关系从本质属性上将亲本进行分类,用于指导杂交组合的配制。

2.3 杂交组合同异评估模块与功能

模块采用杂交组合同异评估原理与方法,对杂种 F_1 进行综合评估,从而确定重点组合,使育种工

作者在杂种早代就做到胸中有数,把精力尽早集中到有希望的组合上。

2.4 单株同异选择模块与功能

模块采用单株同异选择原理与方法,对育种分离世代个体或单株进行选择,从而决定取舍。通常将单株分为 3 个等级:一等单株为重点单株,在以后世代中加以重点观察、选择;二等单株为一般单株,保留种植,并继续观察、选择;三等单株则加以淘汰。

2.5 品种同异比较模块与功能

模块采用品种同异比较原理与方法,从多个目标性状对品系鉴定、品种比较试验或生产示范试验的参试品种进行综合评价,为品种审定推广提供科学依据。与以往品种比较试验统计分析方法相比,

其优越之处在于可以同时考虑多个性状,因而对品种的评价更加客观、合理。

2.6 品种同异布局模块与功能

模块采用品种同异布局原理与方法,对品种多点联合区域试验结果进行分析,提出不同生态类型区最适宜种植的品种,做到种尽其用,以取得最好的经济效益和社会效益。其突出优点是在品种推广过程中打破了根据以往分析结果在全省推广平均产量居前几位品种的局限,不仅重视广适性品种的充分利用,而且重视特定适应性品种增产潜能的发挥。

2.7 品种同异栽培模块与功能

模块采用品种同异栽培原理与方法,通过待推广品种与大面积推广品种在栽培学特性上的同一度来确定相似性品种,进而实现良种与良法的配套。与通常栽培试验方法相比,这种方法的不同之处在于它可以省去繁琐复杂的栽培试验,仅根据某新品种与大面积推广品种栽培学特性的相似性程度即可推断该品种的栽培类型,继而采用相应的栽培技术和措施与之匹配,在新品种推广的当年直接实现良种与良法的配套,从而有效地解决了生产上良种与良法相脱节的矛盾,使品种的产量和优质潜力得到充分发挥。

3 作物同异育种智能决策系统在小麦育种中的应用示例

作物同异育种智能决策系统的研制成功,对于减少育种工作量,指导作物育种决策,增强选择效果,将育种工作者从繁琐复杂的数据处理过程中解放出来具有重要意义。现结合安阳工学院生物与食品工程学院 2007—2008 年度小麦杂交组合 0701

(安 0455/邯邯 6172)和 0702(安 0455/许农 5 号) F_2 39 个田间入选单株室内考种数据,说明单株同异选择在小麦育种中的应用。其他环节诸如育种目标同异关系分析、亲本同异分类、杂交组合同异评估、品种同异比较、品种同异布局和品种同异栽培等育种程序的实现则与此类同,不予赘述。

第一步:录入育种数据。将育种考种数据按性状依次输入 Excel 表格。注意,输入数据时,前两列字段分别为“单株编号”和“系谱号”,其余列可按性状随意排列。输入数据后,为 Excel 命名并将其保存到特定盘中。

第二步:启动系统,编辑育种数据。在“作物同异育种智能决策系统”安装盘上双击系统图标,进入系统,出现菜单界面(图 2)。点击菜单界面左上方“育种数据管理”菜单右侧的下拉菜单,出现“编辑 Excel 表数据”菜单(图 3),点击该菜单,在特定盘中打开已命名的 Excel 表,检查其输入数据是否准确无误,确定无误后结束编辑并保存。

第三步:进入单株同异选择程序。在“单株同异选择”菜单右侧打开下拉菜单,出现 6 个次级菜单(图 4)。点击“导入单株试验数据”,出现“File Dialog Example”对话框,选中上述特定盘中存贮的 Excel 数据表,点击对话框中的“打开”按钮,出现单株试验数据表(图 5)。

第四步:选择性状。点击“单株性状选择”,右侧出现“请选择性状”界面,勾选单株选择过程中所需性状,如全部性状都参与运算,则勾选“全选”即可。然后,点击“性状选择确定”。接着,点击“性状变换类型”,在“请选择性状变换类型”下方,选择各性状所属类型。如株高为区间型性状,饱满度为下限性状,单株产量为上限性状,以此类推,不予赘述(图 6)。

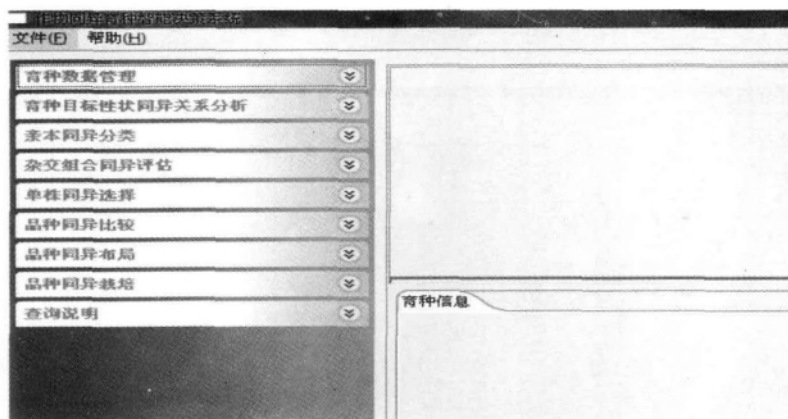


图 2 作物同异育种智能决策系统菜单界面

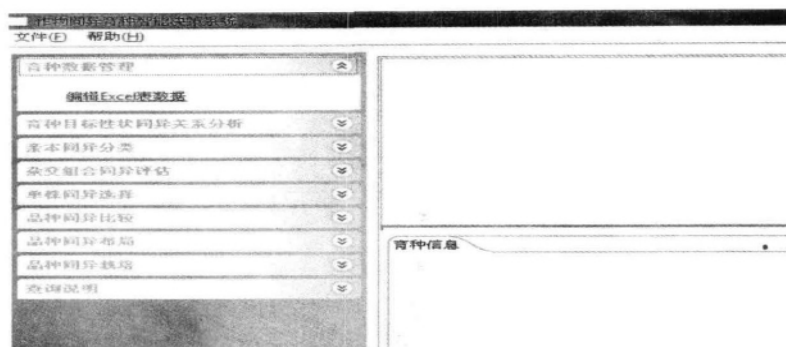


图 3 育种数据管理次级菜单



图 4 单株选择次级菜单

单株编号	系编号	株高 (cm)	单株穗数	穗粒数	千粒重 (g)	每穗重 (g)	单株产量 (g)	总产量
1	0701-10-1	72.0	6.0	41.0	41.5	1.7	10.21	2.2
2	0701-10-1	72.0	6.0	41.0	41.5	1.7	10.21	2.2
3	0701-10-1	72.0	6.0	41.0	41.5	1.7	10.21	2.2
4	0701-10-1	72.0	6.0	41.0	41.5	1.7	10.21	2.2
5	0701-10-1	72.0	6.0	41.0	41.5	1.7	10.21	2.2
6	0701-10-1	72.0	6.0	41.0	41.5	1.7	10.21	2.2
7	0701-10-1	72.0	6.0	41.0	41.5	1.7	10.21	2.2
8	0701-10-1	72.0	6.0	41.0	41.5	1.7	10.21	2.2
9	0701-10-1	72.0	6.0	41.0	41.5	1.7	10.21	2.2
10	0701-10-1	72.0	6.0	41.0	41.5	1.7	10.21	2.2
11	0701-10-1	72.0	6.0	41.0	41.5	1.7	10.21	2.2
12	0701-10-1	72.0	6.0	41.0	41.5	1.7	10.21	2.2
13	0701-10-1	72.0	6.0	41.0	41.5	1.7	10.21	2.2
14	0701-10-1	72.0	6.0	41.0	41.5	1.7	10.21	2.2
15	0701-10-1	72.0	6.0	41.0	41.5	1.7	10.21	2.2
16	0701-10-1	72.0	6.0	41.0	41.5	1.7	10.21	2.2
17	0701-10-1	72.0	6.0	41.0	41.5	1.7	10.21	2.2
18	0701-10-1	72.0	6.0	41.0	41.5	1.7	10.21	2.2
19	0701-10-1	72.0	6.0	41.0	41.5	1.7	10.21	2.2
20	0701-10-1	72.0	6.0	41.0	41.5	1.7	10.21	2.2
21	0701-10-1	72.0	6.0	41.0	41.5	1.7	10.21	2.2
22	0701-10-1	72.0	6.0	41.0	41.5	1.7	10.21	2.2
23	0701-10-1	72.0	6.0	41.0	41.5	1.7	10.21	2.2
24	0701-10-1	72.0	6.0	41.0	41.5	1.7	10.21	2.2
25	0701-10-1	72.0	6.0	41.0	41.5	1.7	10.21	2.2

图 5 单株试验数据表界面

单株编号	系编号	株高 (cm)	单株穗数	穗粒数	千粒重 (g)	每穗重 (g)	单株产量 (g)	总产量
1	0701-10-1	72.0	6.0	41.0	41.5	1.7	10.21	2.2
2	0701-10-1	72.0	6.0	41.0	41.5	1.7	10.21	2.2
3	0701-10-1	72.0	6.0	41.0	41.5	1.7	10.21	2.2
4	0701-10-1	72.0	6.0	41.0	41.5	1.7	10.21	2.2
5	0701-10-1	72.0	6.0	41.0	41.5	1.7	10.21	2.2
6	0701-10-1	72.0	6.0	41.0	41.5	1.7	10.21	2.2
7	0701-10-1	72.0	6.0	41.0	41.5	1.7	10.21	2.2
8	0701-10-1	72.0	6.0	41.0	41.5	1.7	10.21	2.2
9	0701-10-1	72.0	6.0	41.0	41.5	1.7	10.21	2.2
10	0701-10-1	72.0	6.0	41.0	41.5	1.7	10.21	2.2
11	0701-10-1	72.0	6.0	41.0	41.5	1.7	10.21	2.2
12	0701-10-1	72.0	6.0	41.0	41.5	1.7	10.21	2.2
13	0701-10-1	72.0	6.0	41.0	41.5	1.7	10.21	2.2
14	0701-10-1	72.0	6.0	41.0	41.5	1.7	10.21	2.2
15	0701-10-1	72.0	6.0	41.0	41.5	1.7	10.21	2.2
16	0701-10-1	72.0	6.0	41.0	41.5	1.7	10.21	2.2
17	0701-10-1	72.0	6.0	41.0	41.5	1.7	10.21	2.2
18	0701-10-1	72.0	6.0	41.0	41.5	1.7	10.21	2.2
19	0701-10-1	72.0	6.0	41.0	41.5	1.7	10.21	2.2
20	0701-10-1	72.0	6.0	41.0	41.5	1.7	10.21	2.2
21	0701-10-1	72.0	6.0	41.0	41.5	1.7	10.21	2.2
22	0701-10-1	72.0	6.0	41.0	41.5	1.7	10.21	2.2
23	0701-10-1	72.0	6.0	41.0	41.5	1.7	10.21	2.2
24	0701-10-1	72.0	6.0	41.0	41.5	1.7	10.21	2.2
25	0701-10-1	72.0	6.0	41.0	41.5	1.7	10.21	2.2
26	0701-10-1	72.0	6.0	41.0	41.5	1.7	10.21	2.2
27	0701-10-1	72.0	6.0	41.0	41.5	1.7	10.21	2.2

图 6 单株性状类型选择界面

第五步:计算各性状与理想性状同一度。点击“性状同一度计算”,出现各性状与理想性状同一度表(图 7)。

第六步:确定性状权重,输出分析结果。点击“选择权值确定方法”,出现“请选择权值确定的方法”对话框,据具体情况任选其一。如本例中选择“专家确定法”,点击“确定”按钮,出现“请输入适当的值”对话框,

将专家确定的各性状权重值依次输入(图 8)。点击“ok”按钮,出现“权值计算完成”对话框,点击“是”,弹出“单株同异选择结果”表(图 9)。分析结束。

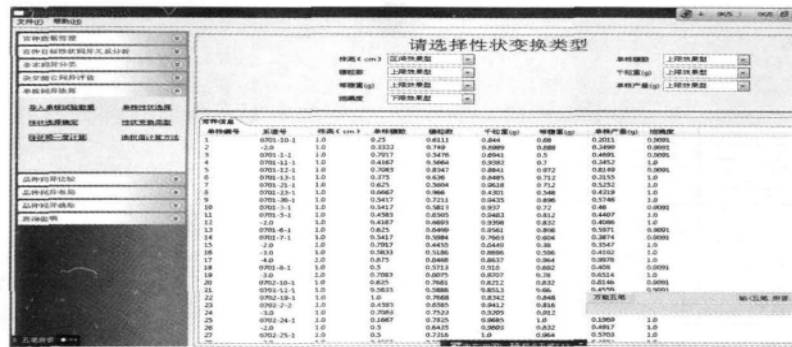


图 7 各性状与理想性状同一度界面

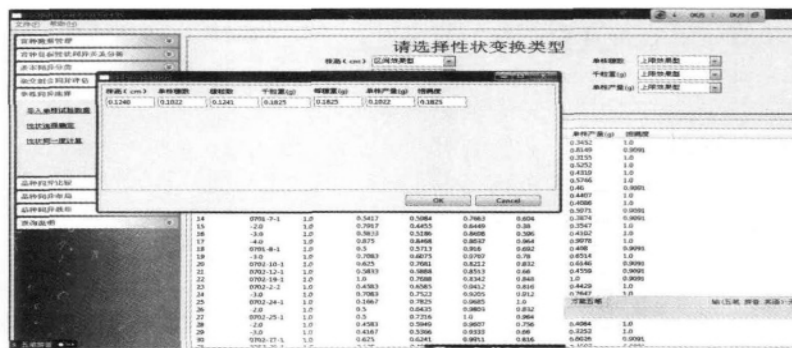


图 8 确定性状权重界面



图 9 单株同异选择结果界面

由本例结果可知,2 个小麦杂交组合 39 个小麦 F_2 单株中综合性状表现好的一等单株 12 株,综合性状同一度在 0.814~0.937,说明这些单株综合性状较好,与育种目标的要求非常接近,应作为重点单株,在随后世代中加强田间观察并加以重点选择;二等单株 24 株,综合性状同一度在 0.695~0.801,说

明这些单株综合性状一般,应保留种植,对其后代继续进行观察,视具体表现加以选择;三等单株 3 株,综合性状同一度在 0.606~0.690,说明这些单株综合性状同一度较差,远离育种目标要求,应加以淘汰。作物育种智能决策系统对小麦育种工作的指导作用由此可见一斑。

4 讨论

长期以来,由于缺乏定量化育种理论的指导和快捷方便的数据处理工具,面对数以万计的试验数据,作物育种工作者常常束手无策,仅凭主观经验做出判断和决策.对于经验不足的育种工作者来说,往往会出现错判和失误,不仅造成大量育种信息的浪费,而且造成大量优良基因型的丢失,从而给育种工作带来不应有的损失.作物同异育种理论的提出及其智能决策系统的研制,对于扭转这种不良局面具有重要意义和作用.

随着计算机技术的应用与发展,20 世纪 80 年代以来,国内外就开始对作物育种专家系统进行研制. Muehlbauer 对“单粒传”和集团选择方法曾进行过计算机模拟; Mokinion 认为,育种专家系统是农业专家系统开发的潜在领域;赵双宁等^[17]、陈毅伟等^[18]研制出冬小麦新品种选育专家系统;岳桂兰等^[19]研制出水稻新品种选育专家系统;张爱民等^[20]建立了小麦育种亲本选配计算机评判系统.上述专家系统均在一定程度上促进了作物育种工作的开展,但却有一定局限性,要么仅限于某一育种环节,缺乏整体性,要么固定于某一特定时期育种家的经验,不具广适性.于是,马洪文等^[21]和郭瑞林等^[22-23]以《作物灰色育种学》一书为蓝本,分别研制了以 Visual Basic 6.0 语言和 PowerBuilder 6.0 为基础的作物灰色育种电脑决策系统.这 2 个系统弥补了上述专家系统的某些不足,但前者不包含继承性,不支持多线程技术,不能跨平台运行(只能在 Windows 操作系统运行),后者则主要与目前广泛使用的 Windows XP 和 Vista 操作系统不兼容,致使其应用受到一定限制.为此,郭瑞林等^[23]又开展了基于 Java 的作物灰色育种电脑决策系统的研制,并取得重要进展.作物同异育种智能决策系统是在上述研究的基础上,基于作物育种同异理论研制而成的,它与作物灰色育种电脑决策系统具有异曲同工之妙.

作物同异育种智能决策系统以 Eclipse 为开发环境,集代码编写、分析、编译、debug(调试)等诸多功能于一体,具有较强的灵活性和可扩展性.同时由于其强大的图形用户界面或图形用户接口(graphical user interface, GUI),使得用户通过窗口、菜单、按键等方式方便地进行操作,因此,该系统不仅界面友好、美观,而且简便易行.

该系统以 Excel 代替数据库完成育种试验数据的输入、输出、存贮和管理,操作更加方便快捷,加之 Excel 的普及率较高,更便于推广,因此,可以认为该系统具有广阔的应用前景.

当然,随着应用范围的扩大,系统也会暴露出缺点和不足,拟经过不断的充实、改进和提高,使该系统日臻完善,成为育种工作者开展新品种选育的有效工具.

参考文献:

- [1] 郭瑞林. 作物灰色育种学[M]. 北京:中国农业科技出版社,1995.
- [2] 郭瑞林,刘亚飞,王景顺,等. 同异理论及其在小麦育种中的应用[J]. 麦类作物学报,2010,30(5):970-975.
- [3] 郭瑞林,刘亚飞,王景顺. 作物育种同异理论的研究现状与展望[J]. 安阳工学院学报,2009(2):101-104.
- [4] 郭瑞林. 作物育种同异理论与方法[M]. 北京:中国农业科学技术出版社,2011.
- [5] 郭瑞林,吴秋芳,刘亚飞,等. 作物定量化育种的一个新理论——同异理论[J]. 云南农业大学学报,2011,26(增刊):1-5.
- [6] 王士梅,朴钟泽,朱启升,等. 水稻新品种(系)农艺性状及品质的综合评价分析[J]. 安徽农业科学,2008,36(11):4467-4469.
- [7] 张徽,肖俐. 同异分析方法在抗虫棉品种综合评价中的应用[J]. 山东农业科学,2006(2):44-45,53.
- [8] 王友华,刘志强. 同异分析法对夏玉米区试品种的综合评价分析研究[J]. 湖南农业科学,2007(4):52-54.
- [9] 袁爱梅,张富厚,袁建国,等. 用同异分析法评价不同栽培条件下的大豆新品种(系)[J]. 河南农业科学,2003(11):20-22.
- [10] 闫宏山,刘金荣,王素英,等. 四元联系数多因素态势排序分析法在谷子品种区试的应用研究[J]. 杂粮作物,2007,27(4):286-289.
- [11] 王阔,郭瑞林. 同异分析方法在绿豆品种区域试验中的应用研究[J]. 杂粮作物,2004,24(1):15-18.
- [12] 华劲松,王华强. 同异分析在芸豆区域试验中的应用[J]. 西昌学院学报:自然科学版,2008,28(1):8-10.
- [13] 张绍荣,龙国. 应用同异分析法对马铃薯品种(系)综合评估[J]. 贵州农业科学,2005,33(3):34-35.
- [14] 刘家勇,陈学宽,吴才文,等. 同异分析法及其联系势测验在甘蔗品种区域化试验中的应用[J]. 西南农业学报,2008,21(3):613-617.
- [15] 于平福,黄凤珠,彭宏祥. 四元联系数多因素态势排序法在葡萄新品种评价中的应用[J]. 西南农业学报,2005,18(6):806-809.
- [16] 陈刚. Eclipse 从入门到精通[M]. 北京:清华大学出版社,2007.
- [17] 赵双宁,陈毅伟,曹梅林,等. 计算机在作物育种和栽培中的应用与展望[J]. 计算机农业应用,1993(1):16-19.
- [18] 陈毅伟,赵双宁,曹梅林,等. 冬小麦新品种选育专家系统的知识表示[J]. 计算机农业应用,1996(1):57-60.
- [19] 岳桂兰,郭景,张靖国,等. 水稻新品种选育专家系统的研制[J]. 计算机农业应用,1993(1):12-15.
- [20] 张爱民. 植物育种亲本选配的理论和方法[M]. 北京:农业出版社,1994:270-289.
- [21] 马洪文,殷延勃,高志军,等. 农作物新品种选育灰色评判系统的设计[J]. 宁夏农林科技,2002(5):17-18,36.
- [22] 郭瑞林,王玉广,张玉凤. 作物灰色育种电脑决策系统研究[J]. 农业系统科学与综合研究,2003,19(1):60-62.
- [23] 郭瑞林,王占中. 作物灰色育种电脑决策系统及其应用[M]. 北京:中国农业科学技术出版社,2008.