

作物育种中的同异现象及其研究

郭瑞林¹, 关立², 刘亚飞¹, 王景顺¹

(1. 安阳工学院生物与食品工程学院, 河南 安阳 455000; 2. 安阳市农业科学院, 河南 安阳 455000)

摘要:指出了作物育种中的同异现象, 提出了同异理论, 概述了同异理论的研究内容和研究现状, 介绍了同异理论在作物育种中的应用。在此基础上, 指明了同异理论研究的发展趋势, 并对其前景进行了展望。

关键词:作物育种; 同异现象; 同异理论; 现状; 展望

中图分类号: S330

文献标识码: A

文章编号: 0439-8114(2010)07-1734-04

Research on Similarity-difference Phenomenon in Crop Breeding

GUO Rui-lin¹, GUAN Li², LIU Ya-fei¹, WANG Jing-shun¹

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

2. Anyang Institute of Agricultural Sciences, Anyang 455000, Henan China)

Abstract: The similarity-difference phenomenon in crop breeding and the similarity-difference theory were introduced. Contents and status quo of the theory and its application in crop breeding were summarized. Its development trend and prospect were put forward.

Key words: crop breeding; similarity-difference phenomenon; similarity-difference theory; status quo; prospect

综观自然科学的发展历史, 不难发现, 大凡成熟的学科, 无不经历了从定性经验到定性定量相结合直至定量阶段的跨越^[1]。譬如物理、化学、天文学等, 均是从比较粗糙的定性描述性学科发展成为目前十分精密的学科的。在这种发展历程中, 数学的引入发挥了决定性作用^[2]。正如马克思指出的那样, “一门科学只有在成功地运用数学时, 才算达到了真正完善的地步”。作为农业科学中一门格外活跃的分支学科, 作物育种学当然也概莫能外。这就意味着作物育种学的发展趋势必然是量化、信息化和科学化^[3]。

然而, 相对于其他学科的发展, 作物育种在学科层面的提升上仍然相对滞后。迄今为止, 该领域在国内外基本上仍停留在定性经验阶段, 处于经验育种时代, 离量化、信息化、科学化育种尚有一定距离。因此, 新品种选育周期长、效率低、盲目性大、预见性差等严重缺陷便暴露无遗^[4], 成为学科进一步发展的桎梏。尤其在启动超级作物育种计划

之后, 新时代给育种家提出了更高的要求。如何摆脱这种困境, 从定性经验的局限中解放出来, 实现作物育种的量化、信息化和科学化, 从而提高育种效率和选择效果, 尽快培育符合社会多层次需求的作物新品种, 已成为作物育种工作者的当务之急。

数理统计和数量遗传研究的兴起, 曾为量化育种带来曙光^[5-9]。然而, 其严格的试验设计和理论假定, 在作物育种过程当中常常难以满足, 从而在一定程度上限制了它的应用, 导致量化育种研究陷入“瓶颈”怪圈^[10-20]。作物灰色育种理论与方法的提出与应用^[21], 解决了育种过程当中“少数据, 贫信息, 无分布(概率分布)”的难题, 使作物量化、信息化育种研究前进了一大步, 并取得了良好的效果, 但仍需进一步完善、发展和提高。

为此, 有必要引入新的数学理论, 与作物灰色育种理论、分子育种、基因组科学等有机地结合在一起, 从而为作物育种的量化、信息化增添活力和生机。

收稿日期: 2009-07-16

基金项目: 河南省基础与前沿技术研究项目(092300410013)

作者简介: 郭瑞林(1960-), 男, 河南林州人, 研究员, 主要从事作物灰色育种学的建构研究, (电话)0372-2569000

(电子信箱)grl6662002@yahoo.com.cn。

1 作物育种中的同异现象

在作物育种背景下(设为 W), 给定 2 个集合 A 和 B , 其中 A 代表育种对象(如某单株或某亲本、某组合、某品系、某品种等, 下同), B 代表理想对象(如理想单株或理想亲本、理想组合、理想品系、理想品种等, 下同)亦即符合育种目标的对象。由此构成集对 $H(A, B)$ 。定义 A, B 两个集合的联系度为:

$$\mu(W) = a + bi$$

式中, i 是一个不确定量, 在区间 $[1, -1]$ 之间视具体情况不确定取值, 一般取其为 -1 ; a 表示某育种对象 A 与理想对象 B 的相同程度, 即同一度, b 表示它们之间的差异度。 a, b 满足归一化条件, 即 $a + b = 1$ 。 a, b 两者之间的大小差别反映了两个集合在育种背景下的同异联系趋势。一般地, a 越大, 表明某育种对象接近理想对象(育种目标)的程度越高, 表现越好, 反之亦然。从辩证的观点来看, a, b 两者之间的关系又是对立统一的关系, 在一定条件下(依 i 而变), 可以相互转化。育种工作者的主要任务, 就是采取各种手段和措施, 促进育种对象由 b 向 a 的转化。

上述数学表达式虽然简单, 但却揭示了作物育种中的一种普遍现象即同异现象。极而言之, 作物育种过程实质上就是一个衡量育种对象 A 与理想对象(育种目标) B 之间的同与异, 并从中筛选较优者的决策过程。因为这个过程贯穿于作物育种的始终, 因此, 我们将其称之为“同异现象”。

同异现象是一种确定不确定现象。其中, a 是确定的, 因而 b 也是确定的(由 $a + b = 1$ 而定), 但两者之间的关系即联系度则依 i 而变, 呈现出一定程度的不确定性。正是这种不确定性, 决定了作物育种过程的复杂性和处理方法的多样性。

2 作物育种同异理论的基本原理

同异理论是一种基于集对分析原理^[22-24]的新的不确定性理论。它较好地实现了育种过程中不确定性信息处理的辩证思维与数学方法的有机结合。其基本原理如下。

2.1 同异配对原理

指作物育种过程中育种对象与育种目标之间总是以同异配对的形式存在着。正是由于同异配对原理的制约, 以至于我们在一般意义上评价某一育种对象时, 同时在有意无意地拿与该育种对象配对的另一对象(理想对象或育种目标)作参考。如我们说某个品种是优良品种时, 同时在有意或无意地拿与其相异的一个或一些品种作参考。在一定育种目

标框架下, 两个品种相比较时, 有相同的一面, 必然也有相异的一面。说明育种对象与育种目标(或者说对育种对象的认识)无不是矛盾的统一体。对立的双方每一方都映现在它的对方内, 正是由于对方的存在, 它自己才存在, 以至于我们事实上无法去孤立地认识和研究同异配对对象中(如某单株或某品种)的某一单个对象, 而只能从同异配对的两个对象之间相互联系、相互影响、相互渗透、相互制约的过程中去认识和把握其中任一单个对象的有关表现和规律。

2.2 同异转化原理

同异双方在互相联系的统一体中呈现相对性, 在一定的条件下可以实现相互转化。一般, 当 i 取正值时, 向同的一方转化, 而当 i 取负值时, 则向异的一方转化。 i 在什么时候取正值, 什么时候取负值, 则取决于育种工作者对育种对象的认知程度。

2.3 层次性原理

育种认识是主体(育种工作者)对客体(育种对象)的反映, 它是有条件的、近似的, 是逐步深入的过程。由于主客观条件的限制, 育种认识总是在特定的背景下停留在特定的某一层面上, 它不可避免地具有不彻底性和不完全性。因而对育种信息分类后, 通常相对于确定性信息的提取和分离, 必然遗留下未知的或者说认识和描述所不及的一部分不确定性信息, 暂时成为认识在现实水平上对育种对象的认知盲区。这是主体认识的又一种相对性, 即认识层次的相对性, 它反映了主体(育种工作者)与客体(育种对象)间的本质矛盾。正是承认了这种矛盾的客观存在, 同异理论从辩证思维的立场上通过联系度的刻画, 使育种工作者的主观认识向现实又推进了具有重要意义的一步。

因此, 只有通过层次的展开, 我们才能把握不确定性中的确定性。育种工作者对育种对象的认识充分体现了这种层次性。譬如从 20 世纪 80 年代初以中产水平为主要育种目标的提出, 到 80 年代中后期以高产水平为主要育种目标的实施, 继之 90 年代品质育种的兴起, 直到目前超级品种育种和分子育种、设计育种的风行, 无不反映了育种工作者在不同阶段或层次的认知程度, 从而推动育种工作的不断发展和育种水平的不断提升。

2.4 信息完整原理

作物育种及其过程是联系着的统一体, 因而相对于育种对象信息, 对其认识和处理也应是完整的。同异理论采用分析与综合相结合的方法, 分别作确定性与不确定性、同一性和相异性两个层次的刻画, 从而避免了片面性, 保证了信息的完整性。同

异理论认为认识是主观和客观的统一,基于某种原理和方法的信息处理是生成信息的过程,这一过程及其所形成的认识关于育种对象信息应是(基于认识模式而言)相对完整的。在同异理论看来,信息无论确定性与否,都是有用信息。认识正是在这一整体中把握育种对象和自身。

总之,同异理论集中体现了认识论中的辩证法,它的核心思想是把确定不确定视为一个确定不确定系统,辩证认识和整体刻画该系统中所蕴含着的对立统一关系,以实现育种信息的完整有效的分类与处理。

3 作物育种同异理论的研究内容

描述和解释同异现象的理论便称之为“同异理论”。按照作物育种进程,同异理论一般包括如下几个方面的研究内容。

3.1 育种目标性状的同异关系理论研究

即依据同一度,研究育种对象性状与育种目标性状之间的同异关系,从而确定客观、合理、适宜的育种目标,为育种工作者提供明确的选育方向。

3.2 亲本同异分类理论研究

即通过诸多亲本性状的同异分析,按照同一度的大小对亲本进行分类,明确各亲本性状的遗传差异,为配制优良杂交组合提供依据。

3.3 杂交组合同异评估理论研究

即以理想性状为标尺,计算各杂交组合与理想性状的同一度,通过同异比对,确定重点组合和一般组合。据此决定 F_2 的种植规模。通常,重点组合种植规模可适当扩大,一般组合种植规模可适当缩小,实现既节省试验面积又提高选择效率的双重优化。

3.4 单株同异选择理论研究

即通过对田间入选单株诸多性状与育种目标的同异分析,将其分为一、二、三等。其中,一等单株为优良单株,保留种植并在以后世代加以重点观察和选择;二等单株为一般单株,保留种植。三等单株则为较差单株,通常舍弃或淘汰。

3.5 品种(系)同异比较理论研究

即以理想品种或对照品种为标准,对品系鉴定试验和品种比较试验中的参试品种进行同异比对,从中筛选综合性状符合育种目标要求,有望在生产上大面积推广的优良品种,为品种的审定推广提供科学依据。

3.6 品种同异布局理论研究

即依据生态学理论和各生态区品种区域试验结果,进行品种生态型同异分析,为经省或国家品

种审定委员会审定命名的品种寻求最优的区域性布局决策,做到种得其所,种适其用,避免品种生态型与推广区域生态条件不一致而造成的决策失误。

3.7 品种同异栽培理论研究

即在相似性栽培理论的指导下,对特定生态区待推广品种和已推广品种进行同异分析。在一定相似阈值范围内,从中找出栽培学特性与待推广品种最为相似(或同一度最大)的已推广品种(亦称相似性品种)。在此基础上,按照相似性品种的栽培管理措施与待推广品种相匹配,在待推广品种推广的当年直接实现良种与良法的配套,从而最大限度地发挥品种的增产或提优潜力。

3.8 病虫害同异预测理论研究

即对病虫害流行年份和非流行年份的各种影响因素进行同异比对,研究病虫害流行规律,对来年或未来几年的病虫害流行趋势作出预测。这样,病来能防,虫来可治,从而做到胸中有数,有备无患。

4 作物育种同异理论的研究状况与应用

目前,作物育种同异理论的研究仍处于初步发展阶段。2001年,郭瑞林等^[25]首先提出同异分析方法,为同异理论的研究奠定了基石。之后又分别提出育种目标性状间的同一关系分析方法^[26]、同异反灰色相关分析方法^[27]、基于同一度的亲本分类方法^[28]、单株同异选择原理与方法^[29]、同异联系势测验^[30]、品种区试四元联系系数多因素态势排序分析法^[31]、信息熵综合评价方法^[32]、基于离差最大化原理的灰色综合评判方法^[33,34]等。与此同时,郭瑞林等^[35]对同异现象中的不确定势诸如不确定均势、不确定同势和不确定异势进行了有益的探讨与研究。在此基础上,又分别讨论了同异不确定势的倒转、变化、过渡、跃迁和势差,指出不确定势的演变是集对势演变概念的延伸和拓展,从理论上阐明了两者的区别就在于前者是不确定的,而后者则是确定的^[35]。

上述同异分析理论与方法一经提出,在学术界便产生了立竿见影的反响。许多学者、专家将其应用于小麦^[36-38]、水稻^[39-41]、棉花^[42,43]、玉米^[44-48]、大豆^[49-54]、栗子^[55,56]、绿豆^[57]、芸豆^[58]、马铃薯^[59]、甘蔗^[60,61]、葡萄^[62]等11种作物的育种过程,取得了令人欣喜的效果^[63]。

5 作物育种同异理论研究的前景展望

综上所述,同异现象从本质属性上揭示了作物育种过程的内在规律。它使千头万绪的育种工作变

得简单明了,一览无余;原来那么复杂的过程描述竟然可以用一句话来概括,即育种对象与育种目标的同与异。这就是作物育种的真谛。由于这种真谛可以抽象为简单的联系数学表达式,因而具有十分普遍的指导意义。与传统经验育种相比,作物育种同异理论的一个明显特点就是能够实现作物育种的信息化、量化与科学化。这对于作物育种由定性描述性学科向定量精密性学科发展无疑具有里程碑意义。因此,其发展前景将无限广阔。

参考文献:

- [1] 袁正光. 当代科学知识简明读本 [M]. 北京: 改革出版社, 2000.149-151.
- [2] 王鸿生. 世界科学技术史 [M]. 北京: 中国人民大学出版社, 1996.129-130.
- [3] 郭瑞林. 量化、信息化育种——作物育种的一个新方向[J]. 河南农业科学, 2004(7): 17-19.
- [4] 王建康, WOLFGANG H P. 植物育种模拟的原理和应用[J]. 中国农业科学, 2007, 40(1): 1-12.
- [5] 莫惠栋. 农业试验统计 [M]. 第二版. 上海: 上海科学技术出版社, 1992.
- [6] 马育华. 植物育种的量遗传学基础 [M]. 南京: 江苏科学技术出版社, 1982.
- [7] 刘来福, 毛盛贤, 黄远樟. 作物数量遗传 [M]. 北京: 农业出版社, 1984.
- [8] 高之仁. 数量遗传学 [M]. 成都: 四川大学出版社, 1986.
- [9] 盖钧益, 章元明, 王建康. 植物数量遗传体系 [M]. 北京: 科学出版社, 2003.
- [10] ZENG Z B. Precision mapping of quantitative trait loci [J]. Genetics, 1994, 136: 1457-1468.
- [11] BARTON N H, KEIGHTLEY P D. Understanding quantitative genetic variation [J]. Nature Review Genetics, 2002, 3: 11-21.
- [12] LI Z K, YU S B, LAFITTE H R, et al. QTL \times environment interactions in rice I. Heading date and plant height [J]. Theoretical and Applied Genetics, 2003, 108: 141-153.
- [13] KROYMANN J, MITCHELL-OLDS T. Epistasis and balanced polymorphism influencing complex trait variation [J]. Nature, 2005, 435: 95-98.
- [14] TANKSLEY S D, NELSON J C. Advanced backcross QTL analysis: A method for the simultaneous discovery and transfer of valuable QTLs from unadapted germplasm into elite breeding lines [J]. Theoretical and Applied Genetics, 1996, 92: 191-203.
- [15] WAN X Y, WAN J M, JIANG L, et al. QTL analysis for rice grain length and fine mapping of an identified QTL with stable and major effects [J]. Theoretical and Applied Genetics, 2006, 112: 1258-1270.
- [16] FRARY A, NESBITT T C, FRARY A, et al. A quantitative trait locus key to the evolution of tomato fruit size [J]. Science, 2000, 289: 85-88.
- [17] COMSTOCK R E, ROBINSON H F, HARVEY P H. A breeding procedure designed to make maximum use of both general and specific combining ability [J]. Agronomy Journal, 1952, 41: 360-367.
- [18] GOLDMAN I L. Prediction in plant breeding [J]. Plant Breeding Reviews, 2000, 19: 15-40.
- [19] KEMPTHORNE O. An Overview of the Field of quantitative genetics [A]. In: WEIR B S, EISEN E J, GOODMAN M M, et al. Proceedings of the 2nd International Conference on Quantitative Genetics [C]. Sunderland, MA: Sinauer Associates, Inc, 1988: 47-56.
- [20] COOPER M, PODLICH D W, SMITH O S. Gene-to-phenotype and complex trait genetics [J]. Australian Journal of Agricultural Research, 2005, 56: 895-918.
- [21] 郭瑞林. 作物灰色育种学 [M]. 北京: 中国农业科技出版社, 1995.
- [22] 赵克勤. 集对分析及其初步应用 [M]. 杭州: 浙江科学技术出版社, 2000.
- [23] 赵克勤. 成对原理及其在集对分析(SPA)中的作用与意义 [J]. 大自然探索, 1998, 17(4): 9.
- [24] 张 斌. 不确定性信息处理的集对论思想与方法 [J]. 模糊系统与数学, 2001, 15(2): 89-93.
- [25] 郭瑞林, 杨春玲, 关 立, 等. 小麦品种区域试验的同异分析方法研究 [J]. 麦类作物学报, 2001, 21(3): 60-63.
- [26] 郭瑞林, 王金平, 胡文生, 等. 育种目标性状间的同一关系分析方法研究 [J]. 农业系统科学与综合研究, 2004, 20(2): 93-95.
- [27] 郭瑞林. 同异反灰色相关分析方法及其在小麦中的应用 [J]. 农业系统科学与综合研究, 2005, 21(3): 25-28.
- [28] 郭瑞林, 周 阳. 基于同一度的亲本分类方法 [J]. 作物学报, 2004, 30(9): 937-941.
- [29] 郭瑞林, 关 立. 单株同异选择原理与方法及其在小麦育种中的应用 [J]. 麦类作物学报, 2007, 27(3): 411-415.
- [30] 郭瑞林. 同异分析的联系势测验及其在小麦品种区域试验中的应用 [J]. 麦类作物学报, 2004, 24(1): 63-65.
- [31] 郭瑞林, 陈现臣. 品种区试的四元联系数多因素态势排序分析法 [J]. 农业系统科学与综合研究, 2003, 19(3): 218-222.
- [32] 郭瑞林, 赵 虹, 王西成, 等. 信息熵综合评价方法在小麦品种区域试验中的应用 [J]. 河南农业大学学报, 2007, 41(6): 614-618.
- [33] 成 兰, 郭瑞林. 基于离差最大化原理的灰色综合评判方法及其应用 [J]. 数学的实践与认识, 2007, 37(20): 94-100.
- [34] RUILIN G, SUSHUN D, JINSHUN W, et al. The method and its application of grey comprehensive evaluation based on the principle of maximum deviation [A]. SIFENG L. Proceedings of 2007 IEEE Interbational Conference on Grey Systems and Intelligent Services [C]. IEEE Inc. USA, 2007. 257-261.
- [35] 郭瑞林, 赵克勤. 同异联系度中的不确定势及其势级研究 [A]. 中国人工智能学会. 中国人工智能进展 (2003) [C]. 北京: 北京邮电大学出版社, 2003.
- [36] 郭瑞林, 莫海江. 河南省小麦品种区域试验的集对分析 [A]. 赵克勤, 曹鸿兴. 集对分析与界壳论的研究与应用 [C]. 北京: 气象出版社, 2002. 58-61.
- [37] 唐映军. 应用同异分析法对小麦品种(系)的综合评估 [J]. 山地农业生物学报, 2003, 22(1): 13-15.
- [38] 袁爱梅, 袁建国, 韩赞平, 等. 冬小麦区试品种的多因素综合评价 [J]. 湖北农业科学, 2006, 45(2): 157-159.
- [39] 马洪文, 殷延勃, 张振海. 同异分析法在水稻品种评价中的应用 [J]. 种子, 2002(1): 64-65.

(下转第 1767 页)

设具有重要的意义。这一思想既对我国农业发展具有指导性和方向性意义,也对现今党和国家实施“工业反哺农业”政策具有启示和指导作用。

参考文献:

- [1] 徐达深.中华人民共和国实录(第一卷,上)[M].长春:吉林人民出版社,1994.
- [2] 薄一波.若干重大决策与事件的回顾(上卷)[M].北京:中共中央党校出版社,1991.18.
- [3] 薄一波.薄一波文选(1937-1992年)[M].北京:人民出版社,1992.
- [4] 薄一波.薄一波书信集(上)[M].北京:中共党史出版社,2009.217.
- [5] 斯大林.斯大林选集(下卷)[M].北京:人民出版社,1979.569.
- [6] 邓小平.邓小平文选(第三卷)[M].北京:人民出版社,1993.274.

- [7] 中共中央文件选编[M].北京:中共中央党校出版社,1992.
- [8] 胡绳.中国共产党的七十年[M].北京:中共党史出版社,1991.278.
- [9] 中共中央文献研究室.建国以来重要文献选编(第一册)[M].北京:中央文献出版社,1997.9.
- [10] 薄一波.七十年奋斗与思考(上卷)[M].北京:中共党史出版社,1996.
- [11] 庞松.毛泽东时代的中国(一)[M].北京:中共党史出版社,2003.
- [12] 江泽民.江泽民文选(第二卷)[M].北京:人民出版社,2006.
- [13] 薄一波.若干重大决策与事件的回顾(下卷)[M].北京:中共中央党校出版社,1993.1283.
- [14] 中共中央国务院关于“三农”工作的十个一号文件(1982-2008年)[M].北京:人民出版社,2008.2.

(上接第1737页)

- [40] 扶定,王青林,马汉云,等.同异分析法在水稻品种区域试验中的应用[J].信阳农业高等专科学校学报,2002,12(4):10-11,15.
- [41] 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.
- [42] 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.
- [43] 郭瑞林,吕有军,刘亚飞,等.棉花品种区试的同异联系势分析原理与方法[J].棉花学报,2006,18(6):367-371.
- [44] 卢道文,孙海潮,芦连勇,等.同异分析方法在玉米杂交种评价中的应用[J].玉米科学,2005,13(2):42-44.
- [45] 雷晓兵,赵保献,梁晓伟,等.同异分析方法在玉米区域试验中的应用[J].杂粮作物,2006,26(4):268-270.
- [46] 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.
- [47] 王国杰,王金召,安旭华,等.玉米杂交种的同异分析法综合评价[J].安徽农业科学,2008,36(16):6605-6606.
- [48] 许海涛,许波,王友华,等.夏玉米杂交新品种的评价分析研究[J].大麦与谷类科学,2008(2):12-13.
- [49] 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.
- [50] 雷全奎,杨小兰,郭建秋,等.同异分析法对大豆新品系的综合评价[J].中国农村小康科技,2006(5):34-35,51.
- [51] 范阳,周青,徐淑霞.大豆品种区域试验的同异分析方法研究[J].种子,2007,26(8):75-76.
- [52] 周青,陈玉香,范阳,等.同异分析方法在大豆区域试验中的应用[J].陕西农业科学,2007(4):58-59,80.
- [53] 高克昌,韩云丽,赵随堂,等.同异分析法在大豆品种试验中的应用[J].山西农业科学,2007,35(5):18-20.
- [54] 张富厚.旱地和水浇地夏大豆表现及荚粒性状对大豆产量的效应研究[D].武汉:华中农业大学,2007.31-38.
- [55] 赵术伟.同异分析方法在谷子品种区域试验中的应用研究[J].辽宁农业科学,2006(1):38-40.
- [56] 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.
- [57] 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.
- [58] 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.
- [59] 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.
- [60] 刘家勇,陈学宽,范源洪,等.甘蔗品种同异分析法评价[J].中国糖料,2006(2):1-7.
- [61] 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.
- [62] 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.
- [63] 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.