

文章编号: 1005-0906(2014)03-0019-05

美国玉米种质中 BSSS 与 Reid 的区别与联系

吴权明

(西北农林科技大学农学院, 陕西 杨凌 712100)

摘要: 玉米杂交种的培育过程是杂种优势模式的发展过程, 也是杂种优势群的变化过程, 杂种优势群和杂种优势模式并不是一成不变的。从美国杂种优势群的发展与演变出发, 分析瑞德黄马牙(Reid Yellow Dent)和衣阿华坚秆综合种(BSSS)的起源和历史地位以及衣阿华瑞德黄马牙(Iodent Reid)在美国玉米育种中的历史变迁, 认为衣阿华坚秆综合种属瑞德黄马牙种质, 衣阿华瑞德黄马牙虽在起源和遗传构成上也均属于瑞德黄马牙, 但其杂种优势群已经属于 Non-BSSS, 与衣阿华坚秆综合种(BSSS)形成两个相对应的杂种优势群, 成功培育出一系列商业杂交种。因此应将美国玉米种质中的 BSSS 与 Reid 加以区分。

关键词: 玉米; 种质; 杂种优势群; 杂种优势模式

中图分类号: S513.033

文献标识码: A

Distinction and Relationship of BSSS and Reid in American Maize Germplasm

WU Quan-ming

(College of Agriculture, Northwest A & F University, Yangling 712100, China)

Abstracts: Heterosis population and heterosis utilization model were not permanent. In fact, the procedure of the maize hybrids breeding involved both developing processes of heterosis utilization model and changing processes of heterosis population. According to the development and transformation of American heterosis population, the origin and history importance of the Reid Yellow Dent and BSSS population were analyzed as well as the evolution process of Iodent Reid in American maize breeding history. The results showed that BSSS belonged to the Reid Yellow Dent germplasm. Based on the origin and genetic structure, Iodent Reid also belonged to the Reid Yellow Dent germplasm, but fell into the non-BSSS by the heterosis. It formed another opposite heterosis population of the BSSS and was used into a series of maize commercial breeding.

Key words: Maize; Germplasm; Heterosis population; Heterosis utilization model

1 美国杂种优势群与杂种优势模式的演变与发展

1.1 瑞德黄马牙 × 兰卡斯特杂种优势模式的建立

杂种优势群和杂种优势模式的概念是当代玉米育种理论与实践的基础。纵观美国玉米育种历史, 杂种优势模式和杂种优势类群随着育种进程的发展,

其实质内容发生了较大的变化。在美国杂交种培育的早期, 玉米育种主要利用北方硬粒型和南方马齿型两个群。Reid 群主要来源于南方马齿型, 而 Lancaster 群以北方硬粒型为主, 这种地理起源的差异性奠定了两群间杂种优势的基础^[1]。1947 年后, 人们根据自交系的来源把自交系划分为 Reid 和 Lancaster 两个杂种优势群, 于上世纪 70 年代末 80 年代初, 在此基础上明确地提出了第一个杂种优势模式: 瑞德黄马牙 × 兰卡斯特(Reid Yellow Dent × Lancaster Sure Crop)杂种优势模式。

1.2 BSSS × Non-BSSS 杂种优势模式的建立

新杂种优势模式的产生有其重要的历史背景。上世纪 50 年代, 美国的育种家们开始将玉米自交系进行归类。先锋公司的 Duvick 博士最初按照玉米杂

收稿日期: 2013-05-04

基金项目: 陕西省科技统筹项目(2011KTZB02-01-02)

作者简介: 吴权明(1963-), 男, 陕西临潼人, 副教授, 主要从事玉米遗传育种研究工作。Tel: 13519116206

E-mail: wuquanming@nwsuaf.edu.cn

交种父本和母本的不同要求进行归类,这种自交系划分类群目的是降低玉米杂交种子生产成本和提高杂交种子生产效率。来自于 BSSS 群的自交系 B37 具有良好的母本系特点(种子产量高),而作为父本系利用比较困难(花粉量小散粉时间短),随之将其归为母本群,与 BSSS 相关联的其它玉米自交系最后均划归到母本种质库中,相应地与 BSSS 具有良好配合力的另一系列自交系自然而然地划归为父本种质库中^[2]。先锋公司的母本种质库也称之为 Stiff Stalk (SS),如 B37、B73、B14 等;父本库则称之为 Non-Stiff Stalk (Non-BSSS 或 NSS)^[3],如 C103、C123、Mo17、OH43 等。对于血缘不清的处于杂种优势模式以外的种质来说,可以通过在 BSSS 群与 NSS 群间进行改良,使其向两边分化。

1.3 BSSS × Non-BSSS 杂优模式在当代美国商业育种中的发展

美国的两个杂种优势群随着育种进程的发展均发生了很大的变化,特别是在美国实施商业化育种以后变化较大。瑞德黄马牙(Reid Yellow Dent)种族群逐渐被 BSSS(Iowa Stiff stalk Synthetic)种质所替代,从而建立了以 BSSS 为主要种质的母本库,到今天该种质库又经先锋公司发展成为新的 Amargo/BSSS 母本库。因此,在当代美国商业化玉米杂交种中,BSSS 种质成为原有瑞德黄马牙种族群的代表种质。在美国,各大商业种子子公司为了培育特定区域的玉米杂交种,以占领特定的种子市场,对 NSS 库的种质进行了改良和扩增,形成了各具特色的父本种质库。到 80 年代后期 90 年代初,随着育种商业化程度进一步加强,各大种子子公司的父本库之间又进行了合并,从而造成兰卡斯特(Lancaster Sure Crop)已经不是原有的纯正的兰卡斯特种质,纯正的兰卡斯特种质仅占现有 NSS 种群遗传成分的 50%或更少。在 NSS 种群中,非兰卡斯特种质利用得到增加,甚至还包含了部分瑞德黄马牙种质^[4]。目前,美国玉米种质已经分化成为多种遗传成分并存的多个亚群,主要有 OH43 亚群、兰卡斯特亚群、OH07-Midland 亚群、衣阿华瑞德黄马牙亚群(Iodent)、衣阿华坚秆综合种(BSSS)、Maiz Amargo 等亚群,其中衣阿华坚秆综合种(BSSS)和 Maiz Amargo 亚群属 BSSS 杂优群,其余属于 non-BSSS 杂优群。在美国当代玉米种质中,3 个亚群对商业杂交种的贡献率最大,他们分别是衣阿华坚秆综合种(B73、B37、A632),为 38.7%;兰卡斯特(Mo17、Oh43)占 24.1%;衣阿华瑞德黄马牙(PH207)占 12.7%^[5]。由此可见,美国商业育种的发展进程是

其杂优群体实质内容发生变化的原动力,在该基础上形成了新的商业育种杂种优势模式:BSSS × non-BSSS,这两个杂种优势群的标准测验种分别是 B73 和 Mo17,我国玉米学者称为“瑞德 × 非瑞德”模式。

2 瑞德黄马牙(Reid Yellow Dent)栽培种选育及其历史地位

2.1 瑞德黄马牙栽培种的选育与改良

瑞德黄马牙(Reid Yellow Dent)是当初美国应用最广泛的栽培品种,其生育期在美国中部属中早熟品种(生育期 115 d)。瑞德黄马牙在 19 世纪末,由 Robert Reid 和 James Reid 选育,是通过对 Gordon Hopkins 与 Little Yellow 天然杂交群体进行约 40 年混合选择后培育成功的品种群体。由于获得了适应性不同的两个亲本的优良基因组合,使得该栽培品种具有广泛的适应性。随后经过各地育种家选育后,出现了 Iodent Reid、Troyer Dent、Osterland Reid、Stiff stalk synthetic、Reid、Funk Reid 等衍生群体,这些衍生群体到现在仍在美国商业玉米育种中发挥着重要的作用。

2.2 瑞德黄马牙在美国玉米育种中的历史地位和作用

最初的玉米自交系均来自于大量的开放授粉品种。到 1936 年,美国已经从 96 个不同的开放授粉品种中选育出了 367 个优良自交系,也就是说对于 367 个玉米自交系来说,其血缘可追溯到 96 个不同的开放授粉品种中^[6]。瑞德黄马牙(Reid Yellow Dent)及其衍生系群(Funk Yellow Dent、Osterland Reid、Troyer Reid 和 Iodent Reid),在 96 个开放授粉品种中占 5 个(5%),培育的自交系在 367 个中占 36 个(10%)。瑞德黄马牙一度成为美国最流行的玉米栽培品种。1936 年,在美国 21 个州均推荐种植该品种。瑞德黄马牙在美国玉米带占统治地位达 50 年之久,其推广面积最大时可占到美国玉米种植面积的 75%以上,作为优势品种的 50 年间,瑞德黄马牙种质得到进一步改良和提高^[7]。

2.3 瑞德黄马牙在当代美国商业育种中的地位和作用

在上述 96 个开放授粉品种中,最重要的是 5 个开放授粉品种,他们占当代美国玉米杂交种种质来源的 87%。这 5 个开放授粉品种包括瑞德黄马牙(Reid Yellow Dent)占 51%,明尼苏达 13(Minnesota 13)占 13%,兰卡斯特(Lancaster Sure Crop)占 12%,西北

马齿(Northwestern Dent)占 5%和黎明玉米(Leaming Corn)占 5%^[8]。其中,瑞德黄马牙又是这 5 个开放授粉品种中最大的系群,它占当今美国玉米杂交种种质来源的 51%,为美国商业杂交种的培育与开发做出了最大贡献。在瑞德黄马牙占 51%的种质中,Iodent 占 13%,Troyer Dent 占 12%,Osterland Reid 占 11%,Stiff stalk synthetic 占 8%,Reid Yellow Dent per se 占 4%,Funk Reid 近乎 2%,Funk Strain 176A 稍大于 1%^[9]。Darrah 和 Zuber 的研究显示^[10],在 1984 年美国生产的杂交玉米种子中,包含瑞德黄马牙种质的杂交种占到 88%;对于自交系亲本来说,含有瑞德黄马牙种质的家系占总生产量的 44%,其次为 Iodent,为 24%,Lancaster 为 12%。按照 Iodent 的起源,它也属于瑞德黄马牙种质,因此,Reid 种质应占美国自交系亲本种质的 68%。

3 衣阿华坚秆综合种(BSSS)的遗传构成与种质演化

衣阿华坚秆综合种(BSSS)是衣阿华州立大学的 George Sprague 博士于 1932~1934 年人工合成的综合群体,该综合群体由 16 个自交系的互交群体组成,在第二轮选择中又加入了 4 个自交系亲本成分,总共含有 20 个自交系亲本的血缘^[11]。上述 16 个自交系包括 I159、CI617、F1B1-7-1、I224、CI540、A3G-3-1-3、OS420、HY、CI187-2、WD456、OH3167B、LE23、461-3、AH83、Ill.12E、TR9-1-1-6;第二轮选择中加入的 4 个自交系分别为 BL345B、B2、FE、I159,他们分别来自美国玉米带的依阿华、伊利诺和印第安纳州等。这些自交系具有茎秆质地好、抗倒伏能力强以及黄色胚乳的特点。

在合成群体的 20 个自交系成分中,有 15 个自交系的血缘(占 75%)属瑞德黄马牙的改良系。在 15 个瑞德黄马牙种质中,6 个来源于 Troyer Reid,占 30%;3 个来源于 Iodent Reid,占 15%;2 个来源于 Funk Strain 176A,占 10%;Black Reid, Krug Reid, Osterland Reid 和 Walden Reid 各有一个(各占 5%);其余 5 个品种包括 Illinois Two Ear(Chester Leaming), Illinois High Yield(来源于一个难以辨别的品种), Illinois Low Ear(Leaming), Eichenberger Clarage 和 Kansas Sunflower。以 Troyer Reid 为材料, Jenkins M.T. 博士选育出 7 个自交系, Ben Duddleston 选育出 4 个自交系,其中有 6 个被用于合成坚秆综合种。坚秆综合种是一个典型群体,人们已从中选育出 B14、B37、B73、B84 等自交系以及衍生系 A632、A634、A635、

H84、NC250、FR805、H93、B68、CM105、B14A 等在生产上已得到广泛应用,并成为美国杂交种生产的一个重要支柱,其中 B73 配合力最高,是美国当代商业育种中重要玉米自交系(DKPB80、LH74、LH119、LH132、LH146、LH202、LH206、PHG86、PHW52、DKFBLL、DK2FACC、LH194、LH195、LH198、LH200、LH227、PHBW8、PHHB9、SGH8431)的祖先种。在 BSSS 群的 16 个亲本自交系中,由于 75%的自交系属瑞德黄马牙,也就是说 BSSS 遗传背景的 75%可追溯到瑞德黄马牙(Reid Yellow Dent)的改良系中,因此,BSSS 通常划归为瑞德黄马牙杂优群的亚群中^[12]。

4 衣阿华瑞德黄马牙(Iodent Reid)在美国玉米育种中的历史变迁

4.1 从开放授粉群体到栽培品种的选育

Iodent 是“Iowa Experiment Station Reid Yellow Dent”的缩写词。Iodent Reid 最初起源于瑞德黄马牙(Reid Yellow Dent)开放授粉品种,它的选育始于 1909 年,由 Lyman Burnett 和 Perry Holden 教授针对其早熟性和产量性状,采用穗行选择法经过连续 13 年(1909~1922)的选育,从瑞德黄马牙开放授粉品种中成功选育出 Iodent Reid 栽培品种,该栽培品种早熟,子粒深,有光泽,角质淀粉。

4.2 现代 Iodent 系列自交系 (Modern Iodent In-breds)的选育

先锋公司是 Iodent 的主要选育者,它对 Iodent 群进行了多轮育种选择,使其种质得到高度优化。20 世纪 40 年代初, Raymond Baker 在依阿华成功选育出了现代 Iodent 系列自交系。Baker 使用 B164×LE 作为高产的非轮回亲本源,用 Idt 作为轮回亲本。1942 年,共种植了 16 hm² 育种群体,去雄后用 Idt×I205 作花粉源,获得了含 87.5%的 Iodent Reid 血缘的种子,并在收获时用父本穗作为参照物选择长穗型果穗,选出近 200 个 B164×LE 非轮回亲本植株上的果穗;然后,以穗行形式种植两代,在测交前,选长穗和发芽力强的果穗。这两轮选择的结果成就了 3 个很重要的商业自交系 C49-2A、Idt-2B、Idt-2C。

4.3 早熟 Iodent 系列自交系的选育

早熟 Iodent 系列自交系由 Baker 和 Troyer 于 1958 年在明尼苏达开始第 3 轮选择,其目的为改良现代 Iodent 系列自交系 Idt-2B 和 Idt-2C 的早熟性。Baker 博士选择了一个具有 Iodent Reid 遗传背景的先导自交系。而 Troyer 采用了一个早熟杂交种 A509/A556 作为非轮回亲本。这 3 个早熟自交系为

杂交种贡献了极好的产量性状和良好的茎秆强度。Troyer 采用正常密度(87 500 株/hm²)和施肥量(336 kg/hm²)的 2 倍进行种植,每个分离群体种植 1000~1200 株,然后选择早开花的 10~12 株(1%)进行自交、回交或姊妹交,从表现最好的植株上收获最好的果穗。这 3 轮的选择结果成就了上世纪 70~80 年代(包括 PH207)的几个非常重要的商业自交系。

4.4 Iodent 群代表自交系 PH207 及其后续自交系的选择

Iodent 群是先锋公司独有的重要杂种优势类群,代表自交系为 PH207,它是当代美国最重要自交系的 7 个祖先种之一。自交系 PH207 由 Hoffbeck L. J. 选育,Walter Vandeventer 培育了 PH207 的一个亲本自交系。自交系 PH207 是一个早熟自交系,它在 70 年代中期在美国大面积应用,70 年代后期和 80 年代初期在法国大面积应用。在 PH207 基础上,先锋公司通过育种选择,随后育成了(C1)PHG29、PHG50、PHR25 以及(C2)PHJ90、PHN82、PHP02、PHID5 等。该种质类群也是先锋公司在中国推广品种的重要种质基础之一。1993 年,Iodent Reid 占美国杂交种遗传背景的 12.7%,其血缘可追溯到自交系 I205 和 Idt,到 2004 年,该种质成分已经增加到 15%^[13]。

Iodent 群可与 Oh43、Stiff stalk 以及 Flint 等遗传背景系群均具有杂种优势,可以培育新的商业杂交种。Iodent 群与 Stiff Stalk 群均来源于瑞德黄马牙(Reid Yellow Dent),他们的起源相关,但在先锋公司的当代商业育种中,他们之间已经形成 2 个相对应的杂优类群,并成功培育出一系列商业杂交种。因此,对于 Stiff Stalk(BSSS)与瑞德黄马牙(Reid Yellow Dent)两个概念来说,如果不加以区分,容易造成育种理论上的误解。

4.5 Iodent 系列自交系的种质基础

Iodent 系列自交系的原始种质包括 I205、Idt、LE、B164、C49、A237、A109、A78、A509 和 A556 共 10 个自交系,1922 年,Jenkins 博士对 Iodent Reid 品种的自交,从中选育出玉米自交系 I205 和 Idt(又称为 I205A)以及 I159、I224 等。I159 和 I224 也是 BSSS 合成群体中 20 个原始自交系的 3 个自交系成分(I159 重复使用 2 次)。自交系 Idt 对杂交种有很大的贡献,但产量一般,因此仅适合作父本。Lindstrom 培育了衣阿华自交系“LE”(Long Ear),这是一个长穗种质,与衣阿华自交系 L289、L304、AL317 是姊妹系。实际上,自交系 LE 来源于兰卡斯特(Lancaster

Sure crop)。自交系 B164 的选育是在普渡由 Ben Duddleston 开始,后来由 Raymond Baker 在先锋公司完成的,它的遗传背景来自 Troyer Reid^[14]。自交系 B164 是现代 Iodent 系列自交系的重要亲本之一。自交系 A109 的亲本之一为 C49,而 C49 来源于明尼苏达 13。自交系 A237 的亲本为 C11 和 C23,它们均来自明尼苏达 13。自交系 A509 具有自交系 A78(来源于 Northwestern Dent cultivar)和 A109 的遗传背景。自交系 A556 具有自交系 B164 (Troyer Reid)和 A237(Reid Yellow Dent)的遗传背景。

Iodent 系列自交系的主要遗传成分为 Iodent Reid 种质,其次为明尼苏达 13(Minnesota 13),还含有少量的兰卡斯特及西北马齿种质^[15,16]。在对 Iodent 早熟性的选择中,增加了其明尼苏达 13 栽培种的遗传成分。从起源上,Iodent 杂种优势群,它来自瑞德黄马牙(Reid Yellow Dent),其遗传成分中虽然含有一定的明尼苏达 13 及少量的兰卡斯特,但主要血缘仍然属瑞德黄马牙中的 Iodent Reid。但从杂种优势群的角度看,它属于 Non-BSSS 杂种优势群,而不属于 BSSS 杂种优势群。

5 BSSS 与 Reid 种质基础对中国玉米育种的启示与借鉴

在当代美国玉米育种中,玉米杂种优势模式为 BSSS × non-BSSS,我国许多学者将其演化为瑞德 × 非瑞德。事实上 Reid 与 BSSS 是完全两个不同的概念,他们之间有着本质上的区别和必然联系,如果将 Reid 与 BSSS 不加以区分,会给我国玉米育种者带来学术思想上的混淆,并对当代美国玉米商业种质的利用带来诸多不便。与此同时,美国瑞德黄马牙(Reid Yellow Dent)曾一度成为美国最流行的玉米栽培品种,说明其种质具有很强的适应性和抗逆性。美国先锋种子公司的商业种质的母本群 BSSS 的主要遗传背景为瑞德黄马牙,特别值得关注的是其父本群中的著名自交系 PH207,它的主要遗传基础同样来自于瑞德黄马牙种质。但是,其母本群与父本群之间组配出许多商业杂交种,并得到大面积地推广和应用,说明种质的适应性或抗逆性比杂种优势群之间的杂种优势更为重要。

参考文献:

- [1] Troyer A F. Background and importance of Troyer Reid corn[J]. Crop Sci., 2006, 46: 2460-2467.
- [2] Tracy W F, Chandler M A. The historical and biological basis of the concept of heterotic groups in corn belt dent maize[M]. in: K. Lamkey, M. Lee(Eds.), Hallauer Plant Breeding Symposium. Iowa State Univer-

- sity Press, Ames, Iowa, 2004.
- [3] Duvick D N, Smith J S C, Cooper M. Long-term selection in a commercial hybrid maize breeding program[J]. Plant Breed, 2004, 24: 109–151.
- [4] Gerdes J T, Tracy W F. Pedigree diversity within the Lancaster Sure crop heterotic group of maize[J]. Crop Sci., 1993, 33(2): 334–337.
- [5] Mikel M A, Dudley J W. Evolution of north american dent corn from public to proprietary germplasm[J]. Crop Sci., 2006, 46: 1193–1205.
- [6] Jenkins M T. Corn improvement[M]. In E.S.Bressman(ed.) Yearbook of agriculture 1936. USDA. Washington, DC. 1936.
- [7] Anonymous. James Reid[M]. J. Hered. 21: 402. Biographical Publishing Co.Chicago, 1930.
- [8] Troyer A F. Background of U.S. hybrid corn[J]. Crop Sci., 1999, 39: 601–626.
- [9] Troyer A F. Background of U.S. hybrid corn II: Breeding, climate, and food[J]. Crop Sci., 2004, 44: 370–380.
- [10] Darrah L L, Zuber M S. 1985 United states farm maize germplasm base and commercial breeding strategies[J]. Crop Sci., 1986, 26(6): 1109–1113.
- [11] Hallauer A R, Russell W A, Smith O S. Quantitative analysis of iowa stiff stalk synthetic[C]. In J P Gustafsen(ed) 15th Stadler Genet Symp Washington Univ, St Louis 12–16 June 1983 Univ. of Missouri AES, Columbia, 1983.
- [12] Kendall R L, Michael L. Plant breeding: the Arnel R. Hallauer international symposium[M]. Ames. Iowa. Blackwell Publishing Led, 2006.
- [13] Smith J S C, Duvick D N, Smith O S, et al. Changes in pedigree backgrounds of Pioneer brand maize hybrids widely grown from 1930 to 1999[J]. Crop Sci., 2004, 44: 1935–1946.
- [14] Smith O S, Smith J S C, Bowen S L, et al. Similarities among a group of elite maize inbreds as measured by pedigree, F_1 grain yield, grain yield, heterosis and RFLPs[J]. Theor. Appl. Genet., 1990, 80: 833–839.
- [15] Smith J S C, Smith O S. The description and assessment of distances between inbred lines of maize: II. The utility of morphological, biochemical and genetic descriptors and a scheme for testing of distinctiveness between inbred lines[J]. Maydica, 1989, 34: 151–161.
- [16] Smith J S C, Chin E C L, Shu H, et al. An evaluation of the utility of SSR loci as molecular markers in maize(*Zea mays* L.): comparisons with data from RFLPs and pedigree[J]. Theor. Appl. Genet., 1997, 95: 163–173.

(责任编辑:朴红梅)

(上接第 18 页)

- [2] 谢振江,李明顺,李新海,等. 密度压力下玉米杂交种农艺性状与产量相关性研究[J]. 玉米科学, 2007, 15(4): 100–104.
- Xie Z J, Li M S, Li X H, et al. Maize hybrids under different density correlation between agronomic traits and yield[J]. Journal of Maize Sciences, 2007, 15(4): 100–104.(in Chinese)
- [3] 王元东,段民孝,邢锦丰,等. 玉米理想株型育种的研究进展与展望[J]. 玉米科学, 2008, 16(3): 47–50.
- Wang Y D, Duan M X, Xing J F, et al. Research progress and prospect of ideal plant type breeding in maize[J]. Journal of Maize Sciences, 2008, 16(3): 47–50. (in Chinese)
- [4] 闫海霞,柳家友,吴伟华. 夏玉米主要穗部性状与单株产量之间的相关和通径分析[J]. 山东农业科学, 2008(1): 7–9, 50.
- Yan H X, Liu J Y, Wu W H. Correlation and path analysis of main ear characters and individual yield of summer maize[J]. Shandong Agricultural Sciences, 2008(1): 7–9, 50. (in Chinese)
- [5] 李 宁,翟志席,李建民,等. 密度对不同株型的玉米农艺、根系性状及产量的影响[J]. 玉米科学, 2008, 16(5): 98–102.
- Li N, Zhai Z X, Li J M, et al. Effect of planting density on agricultural characters, root system characters and yield of different maize plant types[J]. Journal of Maize Sciences, 2008, 16(5): 98–102. (in Chinese)
- [6] 周旭梅,高旭东,何 晶. 种植密度对玉米产量及植株性状的影响[J]. 玉米科学, 2012, 20(3): 107–110.
- Zhou X M, Gao X D, He J. Effects of planting density on yield and plant traits in maize[J]. Journal of Maize Sciences, 2012, 20(3): 107–110. (in Chinese)
- [7] 李玉玲,魏蒙关,李俊周,等. 2 个玉米优势群体穗粒性状的密度效应分析[J]. 河南农业科学, 2009(7): 27–30.
- Li Y L, Wei M G, Li J Z, et al. Analysis of density effect of ear characters of 2 maize heterotic groups[J]. Henan Agricultural Sciences, 2009(7): 27–30. (in Chinese)
- [8] 李海明,张世煌,胡瑞法. 中国玉米遗传单一性的经济影响[J]. 生物多样性, 2005, 13(2): 91–96.
- Li H M, Zhang S H, Hu R F. The economic effect of single Chinese maize genetic[J]. Biological diversity, 2005, 13(2): 91–96. (in Chinese)

(责任编辑:朴红梅)