

# 谷子种质遗传多样性研究进展

李志华<sup>1</sup> 穆婷婷<sup>1</sup> 李会霞<sup>2</sup> 田 岗<sup>2</sup> 刘 鑫<sup>2</sup> 景小兰<sup>3</sup>

(<sup>1</sup> 山西省农业科学院高粱研究所, 晋中 030600; <sup>2</sup> 山西省农业科学院谷子研究所, 长治 046011; <sup>3</sup> 山西省农业科学院, 太原 030006)

**摘要:** 中国是谷子起源中心, 具有丰富的种质资源。为了揭示谷子遗传多样性遗传背景、遗传结构、多态性水平及品种间的亲缘关系等, 为种质资源的收集、保存、评价和开发利用提供依据, 国内外学者对谷子开展了大量的遗传多样性研究, 取得了丰富的研究成果。从形态学标记、细胞学标记、生化标记和 DNA 分子标记技术 4 个方面综述谷子种质资源遗传多样性研究进展, 为谷子种质资源全面系统研究提供理论基础。

**关键词:** 谷子; 遗传多样性; 研究进展

我国谷子栽培历史悠久, 距今已有 7500 多年, 拥有世界上最丰富的谷子种质资源, 被认为是谷子的栽培起源中心。谷子作为一种小作物, 曾经由于其种植经济效益较低, 费工费时等原因, 种植面积逐渐萎缩<sup>[1]</sup>。但近年来, 随着对谷子全方位的深入研究, 尤其是谷子配套简化栽培技术<sup>[1-2]</sup>的日趋成熟完善, 大大地解决了生产中制约谷子产业发展的问题, 调动了人们种植的积极性; 加之人们越来越注重自身身体健康, 特别是注重自身的饮食健康, 意识到谷子去壳后获得的“小米”具有丰富的营养价值, 谷子重新受到人们的重视。

## 1 遗传多样性及其在育种中的研究意义

遗传多样性有广义和狭义之分。广义的遗传多样性是指“遗传信息的总和, 蕴藏在地球上植物、动物和微生物个体的基因中”。狭义的遗传多样性则是从群体遗传学角度来讲, 指种内不同群体之间及其群体内不同个体间遗传变异的总和。我

们一般讲的多指狭义的遗传多样性, 它是生物进化和适应环境变化的基础, 种内遗传多样性越丰富或遗传变异越高, 说明其对环境变化的适应能力也就越强。

作物种质资源遗传多样性的研究, 对了解种质遗传变异的大小、时空演化的进度及其所处的生态环境、地理分布和气候条件的关系, 加深对种质进化和分类的认识, 尤其对于确定作物育种方案进行作物遗传育种改良都有重要意义。在作物育种中, 为了广泛深入地了解、解决制约种质资源有效利用的问题, 更好、更有效地选择利用种质资源, 一方面要尽可能地丰富种质资源的遗传多样性, 另一方面要深入地对种质资源进行全面的了解。只有这样才能更好地研究、利用种质资源, 为种质的创制, 品种的遗传改良, 新品种的选育等提供合理可行的理论数据及物质基础材料。

近年来, 谷子育种家们利用不断发展的科学技术手段对谷子种质资源的遗传多样性开展了较为全面而系统的研究, 促进了谷子的生产发展和育种成效, 但尚缺系统的归纳和总结。本文在搜集相关文

**基金项目:** “十二五”国家科技支撑计划(2014BAD07B01); 山西省科技攻关计划(20130311005-1); 山西省科技创新团队(2015013001-09)

力的科研团队, 有力推动江苏“育繁推一体化”企业科研实力的提升, 为打造种业强省的目标做出积极的努力。

## 参考文献

[1] 孙怡. 基于平衡计分卡的军医大学科研管理绩效评价指标设计[J]. 中华医学科研管理杂志, 2015(4): 157-159

- [2] 沈银书. 关于农业科研院所推行绩效管理的几点思考[J]. 江苏农业科学, 2015, 43(12): 591-594
- [3] 张雪娇. 种业上市公司高管薪酬设计与企业绩效实证分析[J]. 中国种业, 2017(2): 5-8
- [4] 李健. 科研团队的绩效管理[J]. 上海企业管理, 2015(6): 64-66
- [5] 杨宁, 高永乐, 李春娇. 当前我国种业公司绩效考核及其对策[J]. 中国种业, 2007(7): 10-11

(收稿日期: 2017-03-29)

献的基础上,结合作者对谷子的相关工作及认识,对谷子种质资源遗传多样性研究进展进行了总结,提出一些看法,以期为进一步开展谷子种质资源的收集、保存、鉴定、利用及谷子品种改良及选育提供依据。

## 2 谷子遗传多样性的研究历程及进展

多年来,谷子遗传多样性研究和其他作物相同,先后经历了形态标记、细胞学标记、生化标记和DNA分子标记4个阶段。对不同阶段的研究结果进行综合,从不同层面和角度了解谷子遗传多样性的特点。

**2.1 关于形态水平上的研究** 形态学标记是那些在植物生长发育过程中,用肉眼能观察到的外部特征、特性,如穗长、穗型、株高、百粒重等,对某些病虫害的抗耐性也可作为形态标记。在形态水平上,谷子具有明显的遗传多样性变化,其广泛的变异是基因型与环境互作的结果,在实际育种工作中非常有用,可以作为亲本材料选择的依据,是谷子种质资源遗传多样性研究的主要方法。

在国外,M. Sato等<sup>[3]</sup>从形态学上研究世界各地的谷子种质,结果表明所有谷子材料在数量性状上存在地理来源间显著差异,证实谷子的遗传多样性是基因对地理环境的一种适应性变异。在我国,王晓娟等<sup>[4]</sup>、闫锋等<sup>[5]</sup>利用形态学标记分别对甘肃省种质库保存的谷子种质资源和黑龙江省的谷子种质资源进行形态学上的遗传多样性分析。结果显示,在形态学上这些种质资源性状存在地区及品种上的多样性,有明显的性状分化和表型变异,具有丰富的遗传多样性,指出这种表型变异的丰富性是谷子种质资源自身遗传对不同生态环境适应的结果,与M. Sato等<sup>[3]</sup>研究结果一致;其中株高的多样性指数最高,穗长的多样性指数最低,且外在条件及自身条件一致,试验材料数越多,越能真实地表现种质资源的遗传多样性。田伯红<sup>[6]</sup>、王海岗等<sup>[7]</sup>分别对不同地区的谷子地方品种、农家品种和选育品种进行形态性状和农艺性状遗传多样性的分析,指出谷子资源在形态学方面具有较广泛的遗传多样性,地方品种的广泛变异类型是现代谷子育种的重要遗传资源;地方品种形态性状的多样性指数大多高于育成品种,育成品种在性状上株高显著降低,穗重、穗粒重和出谷率等性

状则显著提高,这些性状上的差异应该是谷子育种者在育种长期定向选择目标性状的结果;同时,王海岗等<sup>[7]</sup>还根据谷子种质资源的生育期将我国谷子种质划分为春播型、春夏兼播型和南方型3类型。

**2.2 基于细胞学标记及生化水平上的遗传多样性研究** 谷子细胞学标记及生化标记研究,是随着作物细胞遗传学研究及生化技术研究的快速发展而展开的谷子遗传多样性研究。

对谷子细胞学研究主要是对谷子核型和带型的研究<sup>[8-9]</sup>,结果表明不同谷子品种虽存在核型组成、核型分类等方面的分化,但整体变化相对较小,差异不大;不同品种带型存在较大差异,同种带型间也存在较大差异。

生化标记是在蛋白质多态性的基础上发展起来的标记方法,按照标记载体的不同,主要分为同工酶标记和种子贮藏蛋白(主要指醇溶蛋白)标记2种。谷子同工酶标记<sup>[10]</sup>指明,中国不同地区谷子品种同工酶酶谱类型多少不一,品种变异丰富,进化程度高,且认为品种间酶带的相同是主要的,酶带的差异是次要的,种内不同品种间的同工酶谱差异性主要表现为少数酶带的差异及相应酶带相对活性的不同。谷子贮藏蛋白的遗传多样性研究<sup>[11-12]</sup>表明,谷子种内的蛋白质变异较小,但种间变异则大,可作为品种鉴定与评价的重要依据。在谷子育种中,为了拓宽谷子种质资源遗传多样性,在对谷子进行遗传育种改良时,要注重利用种质资源地理亲缘关系较远品种及野生的近缘种,如合理利用“狗尾草”等野生近缘种。

**2.3 分子标记遗传多样性研究** 随着遗传多样性研究的深入发展,遗传多样性标记已从传统的以表型识别为基础的形态标记,以染色体的核型和带型分化为特征的细胞学标记,以及以同工酶标记和种子贮藏蛋白为主的生化标记拓展到了目前广泛开展的以DNA多态性为基础的DNA分子标记,并成为谷子遗传多样性研究最有效的技术手段之一。

K. Fukunaga等<sup>[13]</sup>利用RFLP技术对亚、欧国家的62份谷子材料进行遗传多样性聚类分析,分成5类,指出中国的谷子品种具有很高的遗传多样性,大部分属于IV类中,该类主要由尼泊尔、缅甸和部分

东亚地区的品种构成,其余各类分别为I、II类主要包括东亚地区的品种,III类主要由日本、中国台湾、菲律宾和印度的品种构成,V类主要由欧亚的中部和西部地区的品种构成。杨天育等<sup>[14]</sup>、杨延兵等<sup>[15]</sup>都曾利用RAPD标记对国内不同生态区谷子品种的遗传变异进行研究,结果指出,不同生态区的谷子品种间存在一定的遗传差异,且遗传差异程度并不高,在这点上二者研究结果相同,但聚类类群结果却稍有出入:杨天育等<sup>[14]</sup>研究聚类与生态类型有很大的一致性,而杨延兵等<sup>[14]</sup>聚类则认为不同生态区的品种可以归为一类,而同一生态区的品种也可以归为不同的类,得出基于RAPD的遗传相似性和品种来源地没有必然的一致性的结果。M. Le Thierry d'Ennequin等<sup>[16]</sup>应用AFLP标记对谷子品种遗传多样性进行了研究,认为中国谷子的遗传多样性丰富,东欧和非洲谷子的遗传基础狭窄,再次肯定了中国栽培谷子起源中心说的观点。

SSR作为第2代分子标记与RFLP、RAPD等分子标记技术相比,由于其具有更加有效的标记手段,近年来在作物遗传学研究中的应用和发展迅速。将其应用于谷子遗传多样性的研究屡见报道,成为研究谷子品种遗传多样性的理想标记。

E.J. Kim等<sup>[17]</sup>利用28个SSR引物对37个来自中国、韩国和巴基斯坦的谷子品种进行分析,指出来自中国的谷子品种的遗传多态性最高,谷子的起源地为中国;朱学海等<sup>[18]</sup>、孙加梅等<sup>[19]</sup>利用SSR标记分别对国内不同地区谷子材料进行遗传多样性研究,从分子水平证实我国的谷子种质资源具有丰富的遗传多样性,有很高的育种潜力;各地谷子种质基因多样性指数高低参差不齐,但聚类结果与生态型一致。贾小平等<sup>[20]</sup>、杨天育等<sup>[21]</sup>通过SSR标记对我国各地谷子农家种、育成种进行遗传多样性研究,结果表明谷子材料遗传背景复杂,具有一定的多态性;谷子农家种聚类群与生态类型比较一致,育成种则表现较为复杂,证明农家种具有原始的遗传背景,遗传多样性大于育成种,育成种是育种者对谷子种质资源有利基因创制、改良的利用。但王姗姗等<sup>[22]</sup>利用SSR标记法对来自辽西地区高产优质的8份谷子品种进行分析,结果显示多态性并不高,分析原因可能是由于当前谷子育种手段的单一性和局限性,特别是对重点骨干亲本过度的集中利

用,使得区域性谷子育成品种遗传背景较相似,造成谷子遗传多样性降低。沈琰等<sup>[23]</sup>利用SSR标记对照黑龙江、吉林省的谷子典型品种,发现吉林省谷子品种基因多样性略比黑龙江省丰富,但吉林省内谷子品种遗传相似系数较大,亲缘关系较黑龙江省更近,遗传多样性不高且多源于本省内,两省间交流较少,得出加强两省种质资源的交流和配合使用,有助于提升各地区谷子遗传多样性及新品种的育成。

### 3 结论

综合谷子遗传多样性的4种标记,其遗传多样性的标记方法不同,研究层面不同,水平利用不同,所用研究原理、结果也各不相同,但研究结果总体有以下几个特点:(1)谷子遗传多样性生化标记和分子标记的研究都进一步证实中国谷子起源中心说。中国有最多的谷子种质资源,是世界上谷子遗传多样性最丰富的国家。(2)基于表型的遗传多样性和基于分子标记的遗传多样性都表明谷子的遗传多样性变异是基因遗传对生态环境适应性的变异,也正是由于自身基因遗传和环境的相互影响,使得谷子种质资源存在品种多样性和地区多样性,多样性指数高低不同;地区间的差异远远大于品种间;聚类结果几乎都是谷子来源地生态类型聚为同类。(3)地方品种、农家种的广泛遗传变异类型是现代谷子育种的重要遗传资源。地方品种、农家种与育成品种比较,无论在形态上还是在基因上,遗传多样性都远远高于育成品种,这可能是育种者在选育谷子新品种时,过度注重对重点骨干亲本的集中利用及过度追求高产、优质、高抗、适应性广的目标性状的结果。

### 4 讨论

我国是世界上谷子资源保存量最丰富的国家。目前,已被鉴定并编录的谷子种质资源有27059份,其中国内26536份,国外523份;粳质品种24225份,占89.5%,糯质品种2834份,占10.5%<sup>[24]</sup>。我国谷子种质有丰富的遗传多样性,具有很高的研究和利用价值。

**4.1 继续加强对我国现有谷子农家种、地方种种质资源的收集与保存利用** 目前,我国虽每年都在不断地增加谷子种质资源的数量,但仍有部分地方品种、农家种未被发现、收集、鉴定、保存,造成许多种

质资源的流失,亟待发掘;对外来种质资源重视不足,缺少有效的引进办法,以后应在加强种质资源的收集、保存利用的同时,注重对外来种质的引进利用。

**4.2 继续深入了解谷子资源现状,打破遗传基础相对狭窄的局面** 在对现有谷子种质资源的研究与利用当中,农民、育种者在对种质资源进行种植、基础材料应用、新品种选育及谷子生产利用时,过分地青睐一些优异种质,过度注重对目标性状的选择,不断地重复研究一些优异的种质资源,忽略甚至淘汰了一些含有其他方面优良基因的种质资源,使得谷子遗传基础越来越狭窄、单一。这种现状导致对其他种质资源利用不足,研究不深不广,开发力度远远不够,严重地限制了谷子遗传多样性的利用,以后应加强对现有谷子种质及野生近缘种质的研究、改良、创造和利用,拓展谷子遗传基础,丰富谷子可利用遗传基础,打破我国谷子种质资源遗传多样性虽丰富,但遗传基础相对狭窄的局面。

**4.3 多种技术手段相结合,拓宽谷子遗传基础利用** 以科技为支撑,采用常规育种与理化诱变、生物技术等多种技术手段相结合的方式,加快谷子基因挖掘、改良及性状鉴定等基础研究。不断扩大谷子遗传变异背景,挖掘有益基因及潜在的优质谷子种质资源进行种质创新研究,提高谷子种质创新和新品种培育的水平。

**4.4 加强国内、国际交流与合作,打破谷子生态区域限制** 在选育适应性广、优质、高产、符合现代化农业发展的优质谷子新品种,进行谷子遗传性状定向改良时,为克服重复研究误工费时的局面,要加强国内外的技术、信息交流与合作。要打破谷子生态区域的偏见,本着互助互补的原则,合理开发利用谷子种质资源,有助于拓宽谷子遗传多样性研究与利用。

#### 参考文献

- [1] 程汝宏,师志刚,刘正理,等. 谷子简化栽培技术研究进展与发展方向[J]. 河北农业科学,2010,14(11): 1-4,18
- [2] 郝晓芬,王节之,王根全,等. 谷子轻简化栽培技术简介[J]. 中国种业,2014(2): 71-72
- [3] Sato M, Kokubu T. Genetic properties of italian millet (*Setaria italica* Beauv.) collected by kagoshima university[M]. Memoirs of Faculty of Agriculture Kagawa University, 1988, 24: 91-100

- [4] 王晓娟,祁旭升,王兴荣,等. 甘肃省谷子地方种质资源遗传多样性分析[J]. 干旱地区农业研究,2009,27(6): 129-133,153
- [5] 闫锋,崔秀辉,李清泉,等. 谷子农艺性状的遗传多样性分析[J]. 湖南农业科学,2010(3): 8-9,12
- [6] 田伯红. 谷子地方品种和育成品种的遗传多样性研究[J]. 植物遗传资源学报,2010,11(2): 224-228
- [7] 王海岗,贾冠清,智慧,等. 谷子核心种质表型遗传多样分析及综合评价[J]. 作物学报,2016,42(1): 19-30
- [8] 杨秀英. 17个谷子品种的核型比较分析[M]//中国农业科学院作物品种资源研究所. 高粱谷子黍稷优异资源. 北京:中国农业出版社,1998,14-25
- [9] 孟丽,宋运淳,刘立华. 谷子G-显带核型的研究[J]. 河南职业技术学院学报,1996,24(1): 1-7,23
- [10] 吴权明,陈雪婷,朱静林. 谷子及其近缘野生种酯酶同工酶分析(1)[J]. 西北农业学报,2000,10(3): 39-44
- [11] 杨延兵,王海莲,秦岭,等. 利用SDS-GAPD鉴定不同地区谷子醇溶蛋白差异[J]. 华北农学报,2010,25(6): 87-91
- [12] 杨延兵,秦岭,管延安. 不同生态区谷子籽粒醇溶蛋白多态性分析[J]. 中国粮油学报,2013,28(4): 22-26
- [13] Fukunaga K, Kawase M, Kato K. Structural variation in the waxy gene and differentiation in foxtail millet (*Setaria italica* (L.) P. Beauv.): implications for multiple origins of the waxy phenotype[J]. Mol Genet Genomics, 2002, 268: 214-222
- [14] 杨天育,窦全文,沈裕琥,等. 应用RAPD标记研究不同生态区谷子品种的遗传差异[J]. 西北植物学报,2003,23(5): 765-770
- [15] 杨延兵,管延安,张华文,等. 谷子品种遗传差异的RAPD标记分析[J]. 华北农学报,2007,22(4): 134-136
- [16] Le Thierry d'Ennequin M, Panaud O, Toupance B, et al. Assessment of genetic relationships between *Setaria italica* and its wild relative *S. viridis* using AFEP markers[J]. Theor Appl Genet, 2000, 100: 1061-1066
- [17] Kim E J, Sa K J, Park K C, et al. Study of genetic diversity and relationships among accessions of foxtail millet (*Setaria italica* (L.) P. Beauv.) in Korea, China, and Pakistan using SSR markers[J]. Genes&Genomics, 2012, 34(5): 529-538
- [18] 朱学海,张艳红,宋燕春,等. 基于SSR标记的谷子遗传多样性研究[J]. 植物遗传资源学报,2010,11(6): 698-702
- [19] 孙加梅,王雪梅,王东建,等. 谷子种质资源遗传多样性研究[J]. 山东农业科学,2013,45(3): 33-37,60
- [20] 贾小平,谭贤杰,李永祥,等. 用SSR标记研究谷子品种的遗传多样性[J]. 江西农业大学学报,2009,31(4): 633-638
- [21] 杨天育,牟平,孙万仓,等. 中国北部高原地区谷子品种遗传差异的SSR分析[J]. 西北植物学报,2010,30(9): 1786-1791
- [22] 王姗姗,张宁,王凯玺,等. 中国辽西地区谷子品种遗传多样性的SSR分析[J]. 分子植物育种,2015,13(5): 1091-1097
- [23] 沈琰,王颖,张东杰,等. 黑龙江省和吉林省谷子品种遗传多样性分析[J]. 东北农业科学,2016,41(3): 8-13
- [24] 林汝法,柴岩,廖琴,等. 中国小杂粮[M]. 北京:中国农业科学技术出版社,2002: 210-227

(收稿日期: 2017-04-03)