

小豆远缘杂交研究进展

徐 宁, 王明海, 包淑英, 王桂芳, 郭中校
(吉林省农业科学院作物育种研究所, 公主岭 136100)

摘要: 小豆是豇豆属下重要的食用豆类之一。本文介绍了豇豆属下亚洲豇豆亚属的植物学分类情况, 综述了小豆与其近缘种(包括栽培种、野生种)杂交的研究进展, 为豇豆属特别是亚洲豇豆亚属丰富的遗传资源应用于小豆育种工作提供参考。

关键词: 小豆; 亚洲豇豆亚属; 豇豆属; 远缘杂交

Advances in Researches on Interspecific Hybridization under Adzuki Bean Related Subgenus *Ceratotropis*

XU Ning, WANG Ming-hai, BAO Shu-ying, WANG Gui-fang, GUO Zhong-xiao
(Institute of Crop Breeding, Jilin Academy of Agricultural Sciences, Gongzhuling 136100)

Abstract: Adzuki bean is one of the most important food legumes in genus *Vigna*. In this paper, the botanical taxonomy of subgenus *Ceratotropis* under genus *Vigna* was introduced, and the researches on interspecific hybridization between adzuki bean and its relatives (including cultivated and wild species) were reviewed. The diversified genetic resources under genus *Vigna*, especially the genetic resources within subgenus *ceratotropis*, may be used for adzuki bean breeding.

Key words: Adzuki bean; *Ceratotropis*; *Vigna*; Interspecific hybridization

小豆 [*Vigna angularis* (Willd) Ohwi & Ohashi] 属于豆科 (Leguminosae) 蝶形花亚科 (Papilionaceae), 菜豆族 (Phaseoleae), 豇豆属 (*Vigna*), 染色体组为 $2n = 22$ 。小豆是高蛋白、低脂肪、医食同源作物, 其子粒含有人体所必需的铁、钙、磷等微量元素和 18 种氨基酸, 其中赖氨酸含量高达 1.8%, 在医药上有清热解毒、保肝明目、降低血压、防止动脉硬化等多种功效^[1-3]。

本文将全面介绍国内外小豆与其近缘种杂交的研究进展, 以供从事小豆及豇豆属其他豆类的科研工作者参考。

1 小豆及其近缘种

小豆所在的豇豆属包括 7 个亚属, 其中只有 *Ceratotropis* (Piper) Verdcourt, *Plectotropis* (Schum-

ach) Baker 和 *Vigna* 3 个亚属有栽培种^[4]。*Ceratotropis* 亚属的食用豆类主要分布在亚洲, 因此被称为亚洲豇豆亚属, 主要栽培种除了小豆外, 还有饭豆 [*Vigna umbellata* (Thunb.) Ohwi et Ohashi]、绿豆 [*V. radiata* (L.) R. Wilczek]、黑吉豆 [*V. mungo* (L.) Hepper]、乌头叶菜豆 [*V. aconitifolia* (Jacq.) Marechal] 等, 主要野生种除了栽培种对应的野生种外, 还有 *Vigna nepalensis* Tateishi & Maxted, *V. radiata* var. *setulosa* (Dalzell) Ohwi and Ohashi, *V. nakashimae* (Ohwi) Ohwi & Ohashi, *V. riukuensis* (Ohwi) Ohwi & Ohashi 和 *Vigna reflexo-pilosa* subsp. *reflexo-pilosa* 等^[5]。根据子叶出土情况及第一、二片叶叶柄的有无, *Ceratotropis* 亚属又分为小豆组 (adzuki bean group)、绿豆组 (mungbean group)、乌头叶菜豆组 (moth bean group) 3 组, 其中小豆组包括小

收稿日期: 2010-03-29 修回日期: 2010-07-12

基金项目: 现代农业产业技术体系建设专项资金资助; “十一五”国家科技支撑计划 (2006BAD02B08); 公益性行业 (农业) 科研专项 (nyhyzx07-017)

作者简介: 徐宁, 硕士, 主要从事食用豆类种质资源研究。E-mail: xunig2008@163.com

通讯作者: 郭中校, 研究员, 主要从事食用豆类研究工作。E-mail: guozhx@cjaas.com

豆、饭豆、*V. minima* (Roxburgh) Ohwi & Ohashi 等,其特征为出苗时子叶不出土,第一、二片叶有叶柄;绿豆组包括绿豆、黑吉豆、*V. radiata* var. *setulosa* (Dallzell) Ohwi & Ohashi 等,其特征为出苗时子叶出土,第一、二片叶无叶柄;乌头叶菜豆组包括乌头叶菜豆等,其特征为出苗时子叶出土,第一、二片叶有叶柄^[6]。

2 小豆与其他栽培种杂交

2.1 小豆与绿豆杂交

Ahn 等^[7]利用 2 个小豆品系、3 个绿豆品系做了小豆与绿豆的正反交试验,这是对小豆、绿豆种间杂交成功的第一次报道。试验结果表明,正反交的结荚率没有显著差异(19%、23%);绿豆做父本时,3 个品系间的结荚率没有显著差异;小豆做父本时,2 个品系间的结荚率差异达到了显著水平。小豆上结的荚在 10d 左右达到 1.5~2.0cm 时便停止发育,有的能持绿 3 周以上,而胚发育不到心形期就开始退化;同时对 11 个胚进行组织培养,没有得到成活苗。绿豆上结的荚发育缓慢,授粉 1~3 周后就开始脱落,但比小豆上结荚发育的胚大且正常;对 26 个胚进行了组织培养,最终得到 2 株成活苗。杂交苗开花后自交,并与双亲进行了回交,但都没有产生种子。1983 年,Chen 等^[8]利用 2 个小豆、2 个绿豆品种进行正反交,同时以种内杂交种为亲本做了正反交试验。与 Ahn 等^[7]试验结果不同的是正反交的结荚率有了显著差异,在绿豆上的结荚率(77%)显著高于小豆上的结荚率(47%),这可能是由于所用品种不同造成的。绿豆做母本时,授粉 1~3 周后荚便脱落,脱落时荚长 3~5cm,发育的胚平均长度有 1.2mm;小豆做母本时,授粉 10~15d 后荚便开始脱落,但未能产生胚。以种内杂交种为双亲的杂交试验,在结荚率和种子发育方面与正常杂交的结果没有显著差异,但能把结荚率分别提高到 85% 和 58%。对 20 个胚进行组织培养,最终得到 3 株成活苗,其中 2 株是由绿豆做母本的单交产生的胚发育而来,另一株是由绿豆种内杂交种做母本的复交产生的胚发育而来,但最终都没有结荚。通过 I_2 -KI 染色法观察到杂交株花粉染色率仅为 0.6%~9.8%,而亲本花粉染色率都超过了 90%。Ahn 等^[7]观察发现杂交株细胞减数分裂的高度不规则性,且染色体配对率非常低。综上所述,绿豆做母本有利于提高结荚率,且能产生正常幼胚,但由于小豆、绿豆间相对较远的亲缘关系,杂交株不育。

2.2 小豆与黑吉豆杂交

Al-Yasiri 等^[9]做了小豆与黑吉豆正反交试验,小豆做母本时,授粉 10d 后幼荚脱落,黑吉豆做母本时,没有结荚。1983 年,Chen 等^[8]利用 2 个小豆、2 个黑吉豆品种以及各自种内杂交种为亲本做了正反交试验,结果表明正反交的结荚率差异达到了极显著水平,在黑吉豆上结荚率(62%)极显著高于在小豆上的结荚率(19%)。小豆做母本时,两个品种间的结荚率差异极显著,但授粉 10d 后所有荚都脱落,与 Al-Yasiri 等^[9]研究结果相似。小豆做父本时,两品种间的结荚率差异也显著,并产生了可育种子。种内杂交种做双亲能够显著提高结荚率(84%、36%),黑吉豆种内杂交种做母本时获得了杂交植株。1988 年,Kaushal 等^[10]为把小豆对真菌和病毒病的抗性转移到黑吉豆中,通过 5 种非常规杂交方法(切除柱头和花柱、使用免疫抑制剂、紫外线处理花粉、种内杂交种作双亲、体外授粉)进行了杂交试验。试验结果:柱头和花柱切除法不能结荚,使用免疫抑制剂法最终获得了 2 个成熟豆荚,但荚内没有种子。使用紫外线处理黑吉豆的花粉能够极显著地提高结荚率,并能使幼荚脱落的时间推迟 5~7d,最终没有获得成熟荚,对幼胚进行组织培养,不能产生愈伤组织。黑吉豆种内杂交种作母本时,获得 3 个成熟荚,其中 2 个产生了萎缩种子,对这些种子进行组织培养,可以产生大量愈伤组织,但不能再分化形成根和芽。体外授粉法也没得到理想的结果,不能产生愈伤组织。总之,黑吉豆作母本,获得杂交种的几率大,并且可以推迟幼荚脱落的时间,有利于对幼胚的组织培养。

2.3 小豆与绿豆、黑吉豆杂交种高世代材料杂交

2002 年,Gupta 等^[11]以绿豆与黑吉豆杂交种的高世代材料作为桥梁与小豆进行了正反交试验,结果当小豆做母本时获得了 1 粒可育的杂交种子,进一步产生了 19 粒第二代种子,其中 13 粒种子没能发芽,2 粒种子在幼苗时死亡,2 粒种子完全不育,2 粒种子部分可育。因此,应用“桥梁”式材料,能够把小豆高产、早熟、抗病等优良性状转移到绿豆、黑吉豆中去,也能够把小豆、绿豆、黑吉豆 3 种作物的优良性状聚集到一种基因型中,拓宽育种的遗传基础。

2.4 小豆与饭豆杂交

Ahn 等^[12]利用 2 个小豆品系、2 个饭豆制品系进行了小豆与饭豆的正反交试验,这是小豆、饭豆种间杂交成功的第一次报道。试验表明,以小豆为母本

的结荚率极显著高于以饭豆为母本的结荚率;饭豆做父本时2个品系间的结荚率没有显著差异,而小豆做父本时2个品系间的结荚率存在着显著差异。小豆上结的荚发育正常,但授粉3周后便开始退色、萎缩,对17个幼胚进行组织培养,没有产生正常杂交植株。饭豆上结的荚发育缓慢,授粉2~3周后裂开,对46个幼胚进行组织培养,最终获得7株成熟杂交植株。杂交株的花粉平均染色率为76%,显著高于绿豆与小豆杂交株花粉染色率^[7],并且杂交株自交和与双亲回交都产生了可育种子。对所有26个细胞的染色体观察发现,在减数分裂期都出现了11个二价体。1983年,Chen等^[8]利用2个小豆、2个饭豆品种以及各自种内杂交种为亲本做了正反交试验,结果表明正反交的结荚率出现了极显著差异,并且两种作物单交的结荚率与种内杂交种做双亲的结荚率没有显著差异。正反交都没有获得可育的种子,通过幼胚组织培养,最终获得3株杂交植株,其中2株是饭豆做母本获得,另外1株是小豆做母本获得的。杂交株花粉的染色率为77%,与Ahn等^[12]的研究结果相似,F₂的种子能够正常发芽。2000年,Kaga等^[13]通过小豆与饭豆杂交,对幼胚进行组织培养,利用一个包含86个个体的F₂群体构建了一张包括14个连锁群,含有一个形态标记、114个RFLP标记、74个RAPD标记的小豆-饭豆遗传连锁图谱,并且与亚洲豇豆亚属其他作物的连锁图谱进行了比较,发现了一些保守区段,为小豆的基因挖掘,QTL定位等奠定了基础。综上所述,小豆与饭豆的染色体具有高度的同源性,能够进行规则的减数分裂,正反交都产生了可育的杂交植株,两者间的遗传交换将成为可能。

3 小豆与其近缘野生种杂交

3.1 小豆与 *Vigna angularis* var. *nipponensis* 杂交

Vigna angularis var. *nipponensis* 被认为是栽培小豆 *Vigna angularis* var. *angularis* 的野生祖先^[14]。Siriwardhane等^[15]对两者进行了正反交试验,小豆做母本时能够结荚并产生正常可育的杂交种,而反交试验没有成功。1994年,杨人俊等^[16]利用从中国辽宁省境内收集到的野生小豆与栽培小豆进行了杂交试验,结果正反交都能产生可育的杂交种,同时证明了中国是小豆起源地的观点。2008年,Kaga等^[17]以栽培小豆为母本与 *Vigna angularis* var. *nipponensis* 进行了杂交,利用获得的F₂群体构建了一张包括10个连锁群,含有191个SSR标记、2

个STS标记、1个CAPS标记、2个SCAR标记、36个AFLP标记和3个形态标记的遗传连锁图谱,对46个驯化农艺性状进行了遗传分析,共定位了162个QTLs,并且对日本存在的3种类型小豆(野生型、半野生型、栽培型)从遗传进化方面作了分析。

3.2 小豆与 *Vigna nepalensis* Tateishi & Maxted 杂交

Vigna nepalensis Tateishi & Maxted 是近年来在尼泊尔、不丹等地发现的亚洲豇豆亚属的新物种^[18],在形态上与 *Vigna angularis* var. *nipponensis* 相似,但是应用分子标记不能清楚地将 *Vigna nepalensis* Tateishi & Maxted 与 *Vigna angularis* var. *nipponensis* 进行区分^[19];但其与栽培小豆遗传关系很近,杂交能够亲和,因此 *Vigna nepalensis* Tateishi & Maxted 被认为属于小豆种 (*V. angularis* complex) 的范畴^[20]。

2005年,Han等^[21]以 *Vigna nepalensis* Tateishi & Maxted 为受体亲本、栽培小豆为供体亲本进行杂交、回交,并用BC₁F₁群体构建了一张包括11个连锁群,含有205个SSR标记、187个AFLP标记和94个RFLP标记的遗传连锁图谱,这是当时豇豆属作物中最饱满的遗传图谱,为小豆基因组分析、重要农艺性状的基因定位奠定了基础。2007年,Isemura等^[22]同样以 *Vigna nepalensis* Tateishi & Maxted 为受体亲本、栽培小豆为供体亲本进行杂交、回交,分别用BC₁F₁、F₂群体构建遗传连锁图谱,并定位了33个驯化农艺性状的QTL。Tomooka等^[5]发现 *Vigna nepalensis* Tateishi & Maxted 对绿豆象 (*Callosobruchus chinensis*) 和四纹豆象 (*Callosobruchus maculatus*) 都具有高水平的抗性。为定位抗性基因,Somta等^[23]以 *Vigna nepalensis* Tateishi & Maxted 为受体亲本、栽培小豆为供体亲本进行杂交、回交,用构建的BC₁F₁、F₂群体定位了5个抗绿豆象QTL,2个抗四纹豆象QTL,为小豆抗豆象育种奠定了基础。

3.3 小豆与 *V. nakashimae* (Ohwi) Ohwi & Ohashi 和 *V. riukiensis* (Ohwi) Ohwi & Ohashi 杂交

Tateishi^[24]对亚洲豇豆亚属内野生种进行的分类研究建议将 *V. nakashimae* (Ohwi) Ohwi & Ohashi 和 *V. riukiensis* (Ohwi) Ohwi & Ohashi 归为野生种 *Vigna minima* 的范畴(在Tateishi的研究中 *Vigna minima* complex 包括3个亚种(subspecies)—subsp. *gracilis*, subsp. *minima*, 和 subsp. *nakashimae* 即 *V. nakashimae* (Ohwi) Ohwi & Ohashi, 2个变种(variety)—var. *minima*, var. *minor* 即 *V. riukiensis* (Ohwi) Ohwi & Ohashi), 而Yoon等^[25]通过对从东

亚收集到的 *Vigna minima* complex 的多样性分析,推断 *V. nakashimae* (Ohwi) Ohwi & Ohashi 和 *V. riukiensis* (Ohwi) Ohwi & Ohashi 应当是 2 个独立的物种。

Siriwardhane 等^[15] 利用栽培小豆与 *Vigna nakashimae* 和 *Vigna riukiensis* 进行了正反交试验。小豆与 *V. nakashimae* 的正反交都可以获得正常的可育杂交种,尤其是小豆作父本时结荚率更高。小豆与 *V. riukiensis* 的杂交,只有当小豆作母本时才能产生可育杂交种,而反交不能结荚。1996 年, Kaga 等^[26] 以小豆为母本与 *V. nakashimae* 进行了杂交,利用 F₂ 群体构建了一张包括 14 个连锁群,含有 108 个 RAPD 标记、19 个 RFLP 标记、5 个形态标记的遗传连锁图谱,并且与绿豆、豇豆的连锁图进行了比较,发现在这 3 种豇豆属作物的连锁群上存在着保守的连锁区段。

3.4 小豆与 *Vigna reflexo-pilosa* subsp. *reflexo-pilosa* 杂交

Vigna reflexo-pilosa subsp. *reflexo-pilosa* 是 *Vigna reflexo-pilosa* Hayata subsp. *glabra* (Roxburgh) Tateishi 的野生种^[5],广泛分布于东亚、东南亚、澳大利亚等地区^[27]。*Vigna reflexo-pilosa* subsp. *reflexo-pilosa* 是四倍体 ($2n = 44$) 物种^[28],与小豆的正反交试验都不能结荚^[15]。

4 小结

远缘杂交作为一种有用的育种方法,能够将优良性状基因在物种间转移,创制新的变异材料。对育种者来说,最关心的问题在于杂交是否亲和,杂交种能否正常发育,杂交种是否可育和能否去除不利性状的连锁^[29],也正是以上问题限制了远缘杂交在实际育种工作中的应用。

豇豆属包括近 150 个种^[27],而亚洲豇豆亚属作为豇豆属非常重要的组成部分,包括小豆、绿豆、黑吉豆、饭豆、乌头叶菜豆等在内的 16^[30] 或 17^[31-32] 个种,蕴藏着丰富的遗传多样性。除小豆外,亚洲豇豆亚属其他物种间的杂交研究也有不少报道^[33-41],总结杂交失败的原因主要有两个^[8,15],一方面为花粉管不能穿过柱头、花柱,另一方面是虽然可以受精,但胚败育。后者是比较常见的原因,如果对幼胚进行组织培养就有可能获得杂交植株^[7,8,12-13],因此,组织培养为远缘杂交获得杂交植株进而获得杂交后代提供了生物技术支撑。另外,可以用“桥梁”作物克服远缘杂交的不亲和性。如在小豆中还没有发现对豆象有很好抗性的资源^[5,42],但饭豆中的资源对

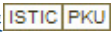
豆象有极高的抗性^[5,43],因此有必要将饭豆中的抗豆象基因转移到小豆中去,*V. riukiensis* (Ohwi) Ohwi & Ohashi 作为父本都能够与小豆、饭豆杂交产生可育的杂交种^[15],所以 *V. riukiensis* (Ohwi) Ohwi & Ohashi 能够作为“桥梁”作物把饭豆中的抗虫基因转移到小豆中去。

豇豆属包括丰富的野生资源,有些野生资源具有抗虫、抗病等优良性状^[5,42,44],如 *Vigna nepalensis* Tateishi & Maxted 对豆象具有高水平的抗性,又能与小豆杂交,可以直接应用于小豆抗豆象育种工作。因此,应广泛收集小豆近缘野生种,对目标性状进行鉴定、评价,筛选优异资源。或与栽培种杂交,利用作图群体构建遗传连锁图谱,开展小豆近缘种的比较基因组学研究,同时对重要农艺性状进行基因定位,挖掘优异变异,为开展分子标记辅助选择育种奠定基础,而开展以上工作的前提是野生种能够与栽培种进行远缘杂交。

参考文献

- [1] Duke J A. Handbook of Legumes of World Economic Importance [M]. New York: Plenum Press, 1981: 288-291
- [2] 傅翠真. 中国食用豆类营养成分鉴定与评价 [M]. 北京: 中国农业出版社, 1998
- [3] 龙静霞, 林黎奋, 侯修身, 等. 食用豆类作物 [M]. 北京: 科学出版社, 1989
- [4] Doi K, Kaga A, Tomooka N, et al. Molecular phylogeny of genus *Vigna* subgenus *Ceratotropis* based on rDNA ITS and *atpB-rbcL* intergenic spacer of cpDNA sequences [J]. *Genetica*, 2002, 114: 129-145
- [5] Tomooka N, Kashiwaba K, Vaughan D A, et al. The effectiveness of evaluating wild species: searching for sources of resistance to bruchid beetles in the genus *Vigna* subgenus *ceratotropis* [J]. *Euphytica*, 2000, 115: 27-41
- [6] Bisht I S, Bhat K V, Lakhnypaul S, et al. Diversity and genetic resources of wild *vigna* species in India [J]. *Genet Resour Crop Evol*, 2005, 52: 53-68
- [7] Ann C S, Hartmann R W. Interspecific hybridization between mung bean (*Vigna radiata* (L.) Wilczek) and adzuki bean (*V. angularis* (Willd.) Ohwi & Ohashi) [J]. *J Amer Soc Hort Sci*, 1978, 103 (1): 3-6
- [8] Chen N C, Baker L R, Honma S. Interspecific crossability among four species of *Vigna* food legumes [J]. *Euphytica*, 1983, 32: 925-937
- [9] Al-Yasiri S A, Coyne D P. Interspecific hybridization in the genus *Phaseolus* [J]. *Crop Sci*, 1966, 6: 59-60
- [10] Kaushal R P, Singh B M. Interspecific hybridization between urdbean (*Vigna mungo* (L.) Hepper) and adzuki bean (*Vigna angularis* (Willd.) Ohwi and Ohashi) [J]. *Euphytica*, 1988, 39: 53-57
- [11] Gupta V P, Plaha P, Rathore P K. Partly fertile interspecific hybrid between a black gram × green gram derivative and an adzuki bean [J]. *Plant Breeding*, 2002, 121: 182-183
- [12] Ann C S, Hartmann R W. Interspecific hybridization between rice bean [*Vigna umbellata* (Thunb.) Ohwi & Ohashi] and adzuki bean [*V. angularis* (Willd.) Ohwi & Ohashi] [J]. *J Amer Soc Hort Sci*, 1978, 103 (4): 435-438
- [13] Kaga A, Ishii T, Tsukimoto K, et al. Comparative molecular map-

- ping in *Ceratropis* species using an interspecific cross between azuki bean (*Vigna angularis*) and rice bean (*V. umbellata*) [J]. *Theor Appl Genet*, 2000, 100:207-213
- [14] Yamaguchi H. Wild and weedy azuki beans in Japan [J]. *Econ Bot*, 1992, 46:384-394
- [15] Siriwardhane D, Egawa Y, Tomooka N. Cross-compatibility of cultivated adzuki bean (*Vigna angularis*) and rice bean (*V. umbellata*) with their wild relatives [J]. *Plant Breeding*, 1991, 107:320-325
- [16] 杨人俊, 韩亚光. 野赤豆在辽宁省的地理分布及其与赤豆间的杂交试验 [J]. *作物学报*, 1994, 20(5):607-613
- [17] Kaga A, Isemura T, Tomooka N, et al. The genetics of Domestication of the azuki bean (*Vigna angularis*) [J]. *Genetics*, 178: 1013-1036
- [18] Tateishi Y, Maxted N. New species combinations in *Vigna* subgenus *Ceratropis* (Piper) Verdcourt (Leguminosae, Phaseoleae) [J]. *Kew Bulletin*, 2002, 57:625-633
- [19] Zong X X, Kaga A, Tomooka N, et al. The genetic diversity of the *Vigna angularis* complex in Asia [J]. *Genome*, 2003, 46: 647-658
- [20] Tomooka N, Kaga A, Vaughan D A. The Asian *Vigna* (*Vigna* subgenus *Ceratropis*) biodiversity and evolution [M] // Sharma A K, Sharma A. *Plant genome biodiversity and evolution*. Vol. 1, Part C. Phanerogams (Angiosperm-Dicotyledons). Enfield, N H: Science Publishers, 2006:87-126
- [21] Han O K, Kaga A, Isemura T, et al. A genetic linkage map for azuki bean [*Vigna angularis* (Willd.) Ohwi & Ohashi] [J]. *Theor Appl Genet*, 2005, 111:1278-1287
- [22] Isemura T, Kaga A, Konishi S, et al. Genome dissection of traits related to domestication in azuki bean (*Vigna angularis*) and comparison with other warm-season legumes [J]. *Ann Bot*, 2007, 100: 1053-1071
- [23] Sonta P, Kaga A, Tomooka N, et al. Mapping of quantitative trait loci for a new source of resistance to bruchids in the wild species *Vigna nepalensis* Tateishi & Maxted (*Vigna* subgenus *Ceratropis*) [J]. *Theor Appl Genet*, 2008, 117:621-628
- [24] Tateishi Y. A revision of the azuki bean group, the subgenus *Ceratropis* of the genus *Vigna* (Leguminosae) [D]. Sendai: Tohoku University, 1985
- [25] Yoon M S, Doi K, Kaga A, et al. Analysis of the genetic diversity in the *Vigna minima* complex and related species in east Asia [J]. *J plant Res*, 2000, 113:375-386
- [26] Kaga A, Ohnishi M, Ishii T, et al. A genetic linkage map of azuki bean constructed with molecular and morphological markers using an interspecific population (*Vigna angularis* × *V. nakashimae*) [J]. *Theor Appl Genet*, 1996, 93:658-663
- [27] Tomooka N, Vaughan D, Xu R Q, et al. Japanese native *Vigna* genetic resources [J]. *JARQ*, 2001, 35(1):1-9
- [28] Konarev A V, Tomooka N, Vaughan D A. Proteinase inhibitor polymorphism in the genus *Vigna* subgenus *Ceratropis* and its bio-systematic implications [J]. *Euphytica*, 2002, 123:165-177
- [29] Ng N Q. Wide crosses of *Vigna* food legumes [M] // Thottappilly C, Monti L M, Mohan Raj D R, et al. *Biotechnology: enhancing research on tropical crops in Africa*. Exeter: Sayce Publishing, 1992:75-80
- [30] Verdcourt B. Studies in the Leguminosae-Papilionoideae for the flora of tropical East Africa [J]. *Kew Bull*, 1970, 24:507-560
- [31] Marechal R, Mascharpa J M, Stainier F. Etude taxonomique d'un groupe complexe d'espèces des genres *Phaseolus* et *Vigna* (Papilionaceae) sur la base de données morphologiques, traitées par l'analyse informatique [J]. *Biossiera*, 1978, 28:1-273
- [32] Tateishi Y. Systematics of the species of *Vigna* subgenus *Ceratropis* [M] // Srinivas P, Kitbamroong C, Miyazaki S. *Mungbean germplasm: collection, evaluation and utilization for breeding program*. Tsukuba: JIRCAS, 1996:9-24
- [33] Dana S. Hybrid between *phaseolus mungo* L. and tetraploid *phaseolus* species [J]. *Jap J Genetics*, 1968, 43:153-155
- [34] Sawa M. On the interspecific hybridization between the adzuki bean, *Phaseolus angularis* (Willd.) W. F. Wright and the green gram, *Phaseolus radiatus* L. I. Crossing between a cultivar of the green gram and a semi-wild relative of adzuki bean, in endemic name 'Bakaso' [J]. *Japan J Breed*, 1973, 23:61-66
- [35] Biswas M R, Dana S. Black gram × rice bean cross [J]. *Cytologia*, 1975, 40:787-795
- [36] Machado M, Tai W, Baker L R. Cytogenetic analysis of the interspecific hybrid *Vigna radiata* × *V. umbellata* [J]. *J Hered*, 1982, 73:205-208
- [37] Gosal S S, Bajaj Y P S. Interspecific hybridization between *Vigna mungo* and *Vigna radiata* through embryo culture [J]. *Euphytica*, 1983, 32:129-137
- [38] Gopinathan M C, Babu C R. Meiotic studies of the F₁ hybrid between rice bean (*Vigna umbellata*) and its wild relative *V. minima* [J]. *Genetica*, 1986, 71:115-117
- [39] Gopinathan M C, Babu C R, Shivanna K R. Interspecific hybridization between rice bean (*Vigna umbellata*) and its wild relative (*V. minima*): fertility-sterility relationships [J]. *Euphytica*, 1986, 35:1017-1022
- [40] Chen H K, Mok M C, Shanmugasundaram S, et al. Interspecific hybridization between *Vigna radiata* (L.) Wilczek and *V. glabrescens* [J]. *Theor Appl Genet*, 1989, 78:641-647
- [41] Chen H K, Mok M C, Mok D W S. Somatic embryogenesis and shoot organogenesis from interspecific hybrid embryos of *Vigna glabrescens* and *V. radiata* [J]. *Plant Cell Reports*, 1990, 9:77-79
- [42] Kashiwaba K, Tomooka N, Kaga A, et al. Characterization of resistance to three bruchid species (*Callosobruchus* spp., Coleoptera, Bruchidae) in cultivated rice bean (*Vigna umbellata*) [J]. *J Econ Entomol*, 2003, 96(1):207-213
- [43] Sonta P, Kaga A, Tomooka N, et al. Development of an interspecific *Vigna* linkage map between *Vigna umbellata* (Thunb.) Ohwi & Ohashi and *V. nakashimae* (Ohwi) Ohwi & Ohashi and its use in analysis of bruchid resistance and comparative genomics [J]. *Plant Breeding*, 2006, 125:77-84
- [44] Fujii K, Ishimoto M, Kitamura K. Patterns of resistance to bean weevils (Bruchidae) in *Vigna radiata-mungo-sublobata* complex inform the breeding of new resistant varieties [J]. *Appl Entomol Zool*, 1989, 24:126-132

作者: [徐宁](#), [王明海](#), [包淑英](#), [王桂芳](#), [郭中校](#), [XU Ning](#), [WANG Ming-hai](#), [BAO Shu-ying](#), [WANG Gui-fang](#), [GUO Zhong-xiao](#)
作者单位: [吉林省农业科学院作物育种研究所, 公主岭, 136100](#)
刊名: [植物遗传资源学报](#) 
英文刊名: [JOURNAL OF PLANT GENETIC RESOURCES](#)
年, 卷(期): 2010, 11(6)

参考文献(44条)

1. [Doi K;Kaga A;Tomooka N](#) [Molecular phylogeny of genus Vigna subgenus Ceratotropis based on rDNA ITS and atpBrbcL intergenic spacer of cpDNA sequences](#)[外文期刊] 2002(2)
2. [Biswas M R;Dana S](#) [Black gram x rice bean cross](#) 1975
3. [Saws M](#) [On the interspecific hybridization between the adzuki bean, Phaseolus angularis \(Willd\) W. F. Wright and the green gram, Phaseolus radiatus L. I. Crossing between a cultivar of the green grgm and a semi-wild relative of adzuki bean, in endemic name 'Bakaso'](#) 1973
4. [Somta P;Kaga A;Tomooka N](#) [Mapping of quantitative trait loci for a new source of resistance to bruchids in the wild species Vigna nepalensis Tateishi & Maxted \(Vigna subgenus Ceratotropis\)](#)[外文期刊] 2008(4)
5. [Isemura T;Kaga A;Konishi S](#) [Genome dissection of traits related to domestication in azuki bean \(Vigna angularis\) and comparison with other warm-season legumes](#) 2007
6. [Han O K;Kaga A;Isemura T](#) [A genetic linkage map for azuki bean \[Vigna angularis \(Willd\) Ohwi & Ohashi\]](#) [外文期刊] 2005(7)
7. [傅翠真](#) [中国食用豆类营养品质鉴定与评价](#) 1998
8. [Duke J A](#) [Handbook of Legumes of World Economic Importance](#) 1981
9. [Al-Yasiri S A;Coyne D P](#) [Interspecific hybridization in the genus Phaseolus](#) 1966
10. [Chen N C;Baker L R;Honma S](#) [Interspecific crossability among four species of Vigna food legumes](#)[外文期刊] 1983
11. [Ann C S;Hartmann R W](#) [Interspecific hybridization between mung bean \(Vigna radiata \(L.\) Wilczek\) and adzuki bean \(V. angularis \(Willd\) Ohwi & Ohashi\)](#) 1978(01)
12. [Bisht I S;Bhat K V;Lakhanpaul S](#) [Diversity and genetic re-sources of wildvigna species in India](#)[外文期刊] 2005(1)
13. [Tomooka N;Kashiwaba K;Vanghan D A](#) [The effectiveness of evaluating wild species: searching for sources of resistance to bruchid beetles in the genus Vigna subgenus ceratotropis](#)[外文期刊] 2000(1)
14. [Fujii K;Ishimoto M;Kitamura K](#) [Patterns of resistance to bean weevils \(Bruchidae\) in Vigna radiata-mungo-sublobata complex inform the breeding of new resistant varieties](#) 1989
15. [Somta P;Kaga A;Tomooka N](#) [Development of an interspecific Vigna linkage map between Vigna umbellata \(Thunb\) Ohwi & Ohashi and V. nakashimae \(Ohwi\) Ohwi & Ohashi and its use in analysis of bruchid resistance and comparative genomics](#)[外文期刊] 2006
16. [Kashiwaba K;Tomooka N;Kaga A](#) [Characterization of resistance to three bruchid species \(Callosobruchus spp., Coleoptera, Bruchidae\) in cultivated rice bean \(Vigna umbellata\)](#)[外文期刊]

2003(01)

17. [Chen H K;Mok M c;Mok D W S Somatic embryogenesis and shoot organogenesis from interspecific hybrid embryos of *Vigna glabrescens* and *V radiata*](#)[外文期刊] 1990
18. [Chen H K;Mok M C;Shanmugasundaram S Interspecific hybridization between *Vigna radiata*\(L\)Wilczek and *V. glabrescens*](#) 1989
19. [Gopinathan M C;Babu C R;Shivanna K R Interspecific hybridization between rice bean\(*Vigna umbellata*\)and its wild relative \(*V. minima*\):fertility-sterility relationships](#)[外文期刊] 1986
20. [Gopinathan M C;Babu c R Meiotic studies of the F 《,1》 hybrid between rice bean\(*Vigna umbellata*\)and its wild relative *V. minima*](#)[外文期刊] 1986
21. [Gosal S S;Bajaj Y P S Interspecific hybridization between*Vigna mungo* and *Vigna radiata* through embryo culture](#)[外文期刊] 1983
22. [Machado M;Tai W;Baker L R Cytogenetic analysis of the interspecific hybrid *Vigna radiata*×*V umbellata*](#) 1982
23. [龙静宜;林黎奋;侯修身 食用豆类作物](#) 1989
24. [Dana S Hybrid between *phaseolus mungo* L and tetraploid *phaseolus* species](#)[外文期刊] 1968
25. [Tateishi Y Systematies of the species of *Vigna* subgenus *Ceratotropis*](#) 1996
26. [Marechal R;Mascharpa J M;Stainier F Etude taxonnmiqeed' un groupe complexe d' especes des geres *Phaselolus* et *Vigna*\(*Papilionaceae*\)sur la base de donn' ees morphlogiques, traitees par l' analyse informatique](#) 1978
27. [Verdcourt B Studies in the Leguminosae-Papilionoideae for the folrs of tropical East Africa](#) 1970
28. [Ng N Q Wide crosses of *Vigna* food legumes](#) 1992
29. [Konarev A V;Tomooka N;Vanghan D A Proteinase inhibitor polymorphism in the genus *Vigua* subgenus *Ceratotropis* and its biosystematic implications](#)[外文期刊] 2002(2)
30. [Tomooka N;Vaughan D;Xu R Q Japanese native *Vigna* genetic resources](#)[外文期刊] 2001(01)
31. [Kaga A;Ohnishi M;Ishii T A genetic linkage map of azuki bean constructed with molecular and morphological markers using an interspecific population \(*Vigna angularis*×*V. nakashimae*\)](#)[外文期刊] 1996(5/6)
32. [Yoon M S;Doi K;Kaga A Analysis of the genetic diversity in the*Vigna minima* complex and related species in east Asia](#) 2000
33. [Tateishi Y A revision of the azuki bean group, the subgenus *Ceratotropis* of the genus *Vigna*\(*Leguminosae*\)](#) 1985
34. [Tomooka N;Kaga A;Vaughan D A The Asian*Vigna*\(*Vigna* subgenus *Ceratotropis*\)biodiversity and evolution](#) 2006
35. [Zong X X;Kaga A;Tomooka N The genetic divfrsity of the*Vigna angularis* complex in Asia](#) 2003
36. [Tateishi Y;Maxted N New species combinations in*Vigna* subgenus *Ceratotropis*\(*Piper*\)*Verdcourt* \(*Leguminosae*, *Phaseoleae*\)](#)[外文期刊] 2002
37. [Kaga A;lsemura T;Tomooka N The genetics of Domestication of the azuki bean\(*Vigna angularis*\)](#)
38. [杨人俊;韩亚光 野赤豆在辽宁省的地理分布及其与赤豆间的杂交试验](#)[期刊论文]-作物学报 1994(05)

39. Siriwardhane D;Egawa Y;Tomooka N Cross-compatibility of eultivated adzuki bean(Vigna angularis)and rice bean(V.umbellata)with their wild relatives[外文期刊] 1991
40. Yamaguchi H Wild and weedy asuki beans in Japan[外文期刊] 1992
41. Kaga A;lshii T;Tsukimoto K Comparative molecular mapping in Ceratotropis species using an interspecific cross between azuki bean(Vigna angularis)and rice bean(V.umbellata)[外文期刊] 2000(2)
42. Ann C S;Hartmann R W Interspecific hybridization between rice bean[Vigna umbellata(Thunb)Ohwi & Ohashi]and adzuki bean[V.angularis(Willd)Ohwi & Ohashi] 1978(04)
43. Gupta V P;Plaha P;Bathore P K Partly fertile interspecific hybrid between a black gram×green gram derivative and an adzuki bean[外文期刊] 2002(2)
44. Kaushal R P;Singh B M Interspecific hybridization between urdbean(Vigna mungo(L)Hepper)and adzuki bean(Vigna angularis(Willd)Ohwi and Ohashi)[外文期刊] 1988

本文链接: http://d.g.wanfangdata.com.cn/Periodical_zwyczyxb201006002.aspx