

低异交率短翼瓣型蚕豆材料的发掘及利用

于海天¹, 王丽萍¹, 杨 峰¹, 吕梅媛¹, 宗绪晓², 杨 涛²,
胡朝芹¹, 杨 新¹, 王玉宝¹, 何玉华¹

(¹ 云南省农业科学院粮食作物研究所, 昆明 650205; ² 中国农业科学院作物科学研究所, 北京 100081)

摘要: 蚕豆属常异花授粉作物, 平均异交率 30% 左右, 高异交率导致其在推广应用中品种一致性、稳定性降低。受媒介及气候因素影响, 由传统种质中选育得到的低异交率品种稳定性差。选育具有特殊花器结构的蚕豆品种, 减少虫媒觅食授粉, 可降低自然异交率, 使品种一致性、稳定性得以稳定保持。本研究从云南地方资源中发掘自然变异短翼瓣型蚕豆材料 1 份, 命名为 81-37。短翼瓣型花器可避免虫媒与花器接触, 即短翼瓣花器结构不利于虫媒驻足采蜜, 大幅减少虫媒为介质的异交现象, 实现自花授粉, 使异交率由 30% 左右降低至 5% 以内。以短翼瓣型蚕豆材料、普通型蚕豆材料为亲本进行杂交或回交, 从子代中选育具有短翼瓣型花器结构的高产优质蚕豆品种进行推广应用, 使品种熟期、花色、种皮种脐颜色、子叶颜色、株高、荚形及营养品质得以稳定保持, 提高农产品质量, 稳固产量; 使品种抗逆性、适用性得以稳定保持, 增加原种使用年限, 推进产业发展。为蚕豆种质资源保存、品种选育及良种繁育提供优良材料及技术支撑。

关键词: 低异交率; 短翼瓣; 蚕豆; 发掘; 利用

Identification and Utilization of Short Wing Petal Broad Bean (*Vicia faba* L.) Germplasm

YU Hai-tian¹, WANG Li-ping¹, YANG Feng¹, LV Mei-yuan¹, ZONG Xu-xiao², YANG Tao²,
HU Chao-qin¹, YANG Xin¹, WANG Yu-bao¹, HE Yu-hua¹

(¹ Institute of Food Crops, Yunnan Academy of Agricultural Sciences, Kunming 650205;

² Institute of Crop Sciences, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Beijing 100081)

Abstract: Broad bean (*Vicia faba* L.) often exhibits an average outcrossing rate of about 30%. This phenomenon greatly led to the decline of uniformity and stability of broad bean cultivars. Due to the consequences caused by the climate and pollination factors, breeding for lower outcrossing rate using normal germplasm was un-able to be well maintained. However, identification of cultivars with special flower structures, which could reduce honey forage behaviour of insect medium, is considered to be a better strategy. In this study, a natural mutation of broad bean showing short wing petal was obtained from Yunnan province and named 81-37. This character exhibited potential to impede the insects on gathering nectar, thus resulting in reduction on insect-induced outcrossing. The outcrossing rate of short wing petal type decreased from 30% to 5% compared to the common types of broad bean. By using this mutant for crossing and back-crossing with common types of broad bean, the offsprings with the characters of short wing petal were selected for further cultivar breeding and production. This helped to keep the stability of stress resistance, adaption, growing period, flower color, seed coat and hilum color, cotyledon color, plant height, pod shape, seed nutrition, and maintained the high yield and better quality of broad bean cultivars, which prolonged the durable years of cultivars, benefited the

收稿日期: 2018-12-12 修回日期: 2018-12-28 网络出版日期: 2019-01-23

URL: <http://doi.org/10.13430/j.cnki.jpgr.20181212001>

第一作者主要从事食用豆类遗传育种, E-mail: haitianlegume@outlook.com; 王丽萍为共同第一作者

通信作者: 何玉华, 研究方向为食用豆类遗传育种, E-mail: hyhyaas@163.com

基金项目: 国家食用豆产业技术体系建设项目 (CARS-08-G07); 国家农作物种质资源保护项目 (2018NWB036-07-B)

Foundation project: Construction of Technical System for National Food Legume Crops Industry (CARS-08-G07), Conservation of National Resources of Crop Germplasm (2018NWB036-07-B)

industrial development of broad bean. Thus, this work provided a special germplasm being valuable in breeding for broad bean varieties.

Key words: low outcrossing rate; short wing petal; broad bean; discovery; utilization

蚕豆 (*Vicia faba* L.), 英文名为 Horse bean, Broad bean, Faba Bean 或 Fava bean, 春播一年生或秋播越年生草本植物, 又名佛豆、胡豆、罗汉豆、川豆、倭豆等。属豆科 (Fabaceae), 蝶形花亚科 (Faboideae), 蚕豆族 (Fabeae), 是巢菜属 (*Vicia* L.) 中唯一的栽培种, 也是隔离最好的一个种。目前, 与属内其他各个种间尚无成功杂交的实例^[1-3]。

蚕豆的花器较大, 花冠参差不齐, 其柱头的成熟又往往早于花药的开裂, 且伸长速度较花丝快。开花时, 具有豆花香味、花冠鲜艳等特点, 有助于蜜蜂的觅食授粉, 导致异交的发生^[2,4]。蚕豆是常异花授粉作物 (常异花授粉作物异交率为 4%~50%^[5]), 平均异交率 30% 左右^[1], 其异花授粉率常因品种、气候条件、地理位置、传媒昆虫和栽培田块等不同而异^[2]。较高异交率对品种一致性影响较大, 连续种植过程中, 易出现稳定性差、优良性状丧失、产品质量不一等问题, 使农产品商品性下降, 影响生产的稳固性^[6]。优良种质是产业发展的根本, 蚕豆异交的发生, 给种质资源保纯、品种改良、良种繁育、推广及应用带来一定阻碍。

国内外降低蚕豆异交率的研究, 主要集中在传粉媒介的隔离、种植区域的隔离及传统低异交率材料的选育等方面。传粉媒介的隔离是通过诱捕虫媒、种植屏障、陷阱植物或使用纱网等方法, 减少其在不同品种间的觅食授粉活动。此方法操作较为复杂、增加种植成本, 且部分方法难以确保稳定的隔离效果, 实际生产中, 难以大面积推广应用。种植区域的隔离则是通过区域化单一品种种植的方法, 保证不同种植区之间相距 1 km 以上, 减少不同品种种植区间异交率的发生。大面积种植时, 特别是农户自行种植时, 难以保障有效隔离距离, 品种混杂较多。同时, 因外界因素对蚕豆异交率影响较大, 传统方法选育得到的低异交率品系常随气候、地理条件等因素的变化而发生改变, 稳定性较差。从根本上避免传粉媒介与蚕豆花器的接触, 是降低蚕豆自然异交率并稳定保持低异交率的有效途径。

迄今为止, 通过栽培隔离和传统低异交率品系选育方法降低蚕豆异交率的研究较为普遍, 未见对短翼瓣型蚕豆材料的发现及研究报道。本研究从云南地方资源中, 发掘自然变异短翼瓣型蚕豆材料, 其

特点为: 翼瓣长度约为普通花器的 1/2, 与龙骨瓣长度相当, 无色斑, 花冠仅为普通花器的 3/4; 开花时, 翼瓣仅微微张开。经初步研究发现, 其短翼瓣特性不利于虫媒觅食传粉, 蜜蜂等虫媒在取食过程中, 无法在短小的翼瓣上停留, 进而减少以虫媒为介质的异交发生, 提高自花授粉几率。本研究将短翼瓣型蚕豆材料应用于育种工作中, 旨在为蚕豆低异交率品种选育提供材料基础。

1 蚕豆异交率的研究进展

蚕豆属常异花授粉作物, 异交结实率一般为 20%~30%, 最高可达 85.7%, 其异交率受多种因素的影响, 常因品种、气候条件、地理位置、传媒昆虫和栽培田块不同而异^[1,7-8], 有研究分别测定蚕豆异交率为 34%、4% 和 7%、64%、60%、40%、9%^[9-11]。Hu 等^[12]测定蚕豆平均异交率为 30.8%。Suso 等^[13]测定蚕豆异交率为 44%~73%, 并发现花序大且小花数量少的品种异交率较高, 异交率与花序大小关联度最大。Metz 等^[14-15]测定 108 份蚕豆材料的异交率在 1%~55% 之间, 蚕豆自身花粉的异交率占整体异交率的 2%~70%, 母本基因型对花粉受体 (雌蕊) 的影响较大。Suso 等^[16-17]研究表明, 多花序且小花少的材料异交率较高。

我国蚕豆异交率研究较少。龚畿道等^[10]测得蚕豆平均自然异交率为 36.56%, 年度间因气候条件差异, 异交率差异明显。赵群等^[18]测得春蚕豆异交率为 18.3%~47%。有研究表明, 植株下部和上部结荚位的异交率要高于中部。浙江省、四川省农业科学院和江苏省沿江地区、甘肃省临夏州农业科学研究所共同进行的异交率研究表明: 各省普遍存在蚕豆自然异交现象, 且同一地区不同品种间、不同地区间异交率明显不同; 四川省农业科学院研究表明: 随父母本间种植距离的增加, 异交率减少^[18]。赵群等^[4,18]研究表明: 春蚕豆异交率高于秋蚕豆; 多品种近距离种植, 异交率高; 蚕豆异交率年度间有差异。马镜娣等^[19]以花色、种脐颜色、种皮颜色为指示标记测定蚕豆异交率, 结果表明: 以花色、种脐颜色为指示标记测定异交率结果较为可靠。杨生华^[20]研究表明: 不同品种、不同标记性状测定出的异交率不同; 蜂类是蚕豆传粉的主要媒介, 且有就

近取粉的习惯。杨武云等^[6]测定云南省 4 份普通花器结构蚕豆品系的异交率均低于 5%。

2 蚕豆异交媒介及异交率影响因素的研究进展

Pierre 等^[21]研究发现,法国蚕豆种植区有欧洲雄蜂 (*Bombus terrestris*) 及蜜蜂 (*Apis mellifera* L.) 活动,但因气候原因,数量较少;西班牙则以长须蜂 (*E.numida* Lep.) 为主。Suso 等^[22]研究表明,当昆虫数量较少时,异交率与取食行为呈显著正相关;当昆虫数量充足时,异交率主要取决于品种自身特性。Bishop 等^[23]研究表明,高温胁迫下,部分由昆虫介导的蚕豆异花授粉率显著提高。Carré 等^[24]研究表明,蜜蜂 (*Apis mellifera*) 及大黄蜂 (*Bombus* spp.) 均可介导蚕豆发生异交现象。

江苏省沿江地区农科所通过调查,发现田间可能与花粉传播有关的昆虫媒介包括蜜蜂、蝴蝶、蓟马、蜻蜓、蚊、蝇和蚜虫^[18]。马镜娣等^[19]认为除蜜蜂外,蚊、蝇、蝴蝶和蜻蜓等不是蚕豆传粉昆虫。

昆虫采蜜行为是异花授粉的主要途径,通常情况下,蜂类采蜜行为分为 2 类:于花萼背面处刺孔采蜜;于小花正面,即旗瓣-翼瓣中间处采蜜。相关研究表明,仅后者为有效异花授粉途径^[11]。

国内外研究表明,地理因素、种植田块大小、田块位置、种植季节、种植密度、花序位置、品种基因型等都在一定程度上影响蚕豆异交率的发生;对小花位置、胚珠位置的研究均未发现其对蚕豆异交率的影响^[6, 9, 11, 20, 25]。

3 蚕豆异交率的影响及传统降低异交率的方法

蚕豆异交率较高,影响科研及产业发展,主要方面有:(1)自然异交率高,使得育种材料容易混杂,增加育种工作难度;(2)资源扩繁及保存利用难度大;(3)影响品种保纯,给良种繁育及生产工作带来较大影响。

蚕豆异交的发生对育种、繁种保存和高产栽培产生重要影响,科研及生产中通常以隔离方法降低或避免异交发生^[2]:(1)以纱网将材料进行隔离,避免其与其他材料及传粉昆虫媒介接触;(2)采用“陷阱”或“屏障”作物隔离,即将油菜等花朵艳丽芳香的作物,种植在蚕豆株行或小区周围,调节播种期使二者花期相遇,引诱蜜蜂到油菜花朵上采蜜,减少

蚕豆株间传粉频率,或将高大茂密的作物种植于蚕豆株行或小区之间,形成天然屏障阻止蜜蜂在株行间或小区间飞行传粉;(3)诱捕蜂类,以减少传粉媒介;(4)单一品种隔离种植,种植区 1 km 内禁止其他蚕豆品种种植。

4 蚕豆短翼瓣型花器结构特点

4.1 蚕豆普通型花器结构特点

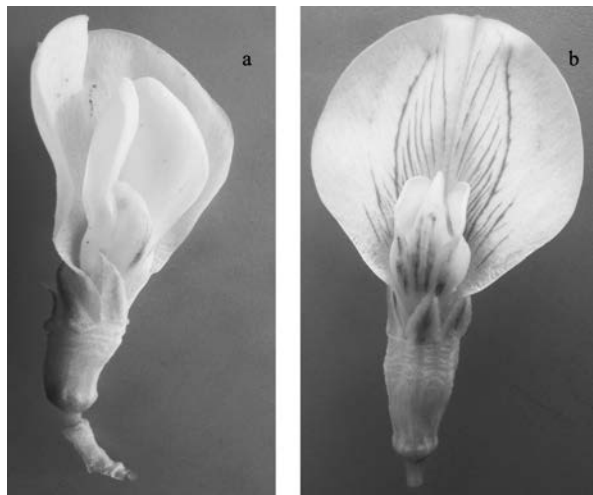
蚕豆花为腋生,属两性花,花由花萼、花冠、雄蕊、雌蕊组成。

花冠为蝶形花,不整齐,有旗瓣 1 片、翼瓣 2 片和龙骨瓣 2 片。旗瓣 1 片在上方,形体最大,在花未开放前紧紧包围其余 4 片花瓣。翼瓣 2 片,附于龙骨瓣两旁。龙骨瓣 2 片,在翼瓣内,未开花时两片龙骨瓣紧密合拢,形似小船。雄蕊 10 个,9 个在基部联合呈管状,将雌蕊包围,另一个独立生长,称为二体雄蕊;雌蕊 1 个,隐藏在雄蕊里,花柱稍向上弯曲,顶端背部有一丛白色髯毛^[18]。

普通花器中,翼瓣较龙骨瓣长,开花时,旗瓣完全打开近乎平展,翼瓣半打开,两翼瓣呈夹角态(图 1a)。

4.2 蚕豆短翼瓣型花器结构特点

与普通花器相比,短翼瓣型蚕豆材料翼瓣特别短小^[26]。整个花冠仅为普通花的 3/4,翼瓣长度为普通翼瓣的 1/2 左右,无色斑。开花时,翼瓣微微张开,且与龙骨瓣长度相当(图 1b)。蜜蜂等虫媒在取食过程中,无法在短小的翼瓣上停留,减少了以虫媒为介质的异交发生,提高了自花授粉几率。



a: 普通蚕豆; b: 短翼瓣型蚕豆

a: Common type of broad bean, b: Short wing petal type of broad bean

图 1 蚕豆的花结构

Fig.1 Flower structure of broad bean

5 短翼瓣型蚕豆材料的发掘及应用

5.1 短翼瓣型蚕豆材料的发掘

5.1.1 资源收集 云南省农业科学院于 1979 年在云南省昆明、玉溪、楚雄、曲靖、昭通、大理、丽江、迪庆、怒江、保山、临沧、普洱、红河、德宏地区, 及江苏、广东等地收集到地方蚕豆资源 121 份。本研究所用材料见表 1, 其中云南省地方资源 105 份, 新西兰资源 1 份, 江苏省地方资源 5 份, 广东省地方资源 7 份, 其他 3 份。

表 1 蚕豆资源分布信息表
Table 1 Distributed information of germplasm of broad bean (*Vicia faba* L.)

地点 Site	份数 Quantity	来源 Origin	占比 (%) Proportion
中国昆明	28	晋宁 宜良 寻甸	23.1
中国玉溪	8	华宁 新平 元江	6.6
中国楚雄	3	南华 元谋	2.5
中国曲靖	2	陆良	1.7
中国昭通	5	永善 镇雄	4.1
中国大理	16	漾濞 祥云 云龙 宾川 弥渡 洱源	13.2
中国丽江	6	永胜 宁蒗	5.0
中国迪庆	2	维西	1.7
中国怒江	1	泸水	0.8
中国保山	9	腾冲 施甸 芒市	7.4
中国临沧	12	凤庆 云县 永德 镇康 双江 耿马 沧源	9.9
中国普洱	4	墨江 景东	3.3
中国红河	8	弥勒 金平 绿春 开远市	6.6
中国德宏	1	陇川	0.8
中国广东	7		5.8
中国江苏	5		4.1
新西兰	1		0.8
其他	3		2.5

5.1.2 资源评价筛选 1980 年 10 月 12 日, 将 121 份材料种植于云南省农业科学院昆明市龙头街试验基地, 小区随机排列, 无重复。每份材料种植 1 行, 按行距 33.3 cm、株距 13 cm 播种。通过田间评价鉴定, 总结 121 份资源形态特征如下。

(1) 分枝直立材料 18 份, 分枝半直立材料 82 份, 分枝匍匐材料 21 份; (2) 株高范围 45~114.3 cm, 差异显著, 株高 100 cm 以上资源 6 份, 株高 60~99 cm 资源 89 份, 株高低于 60 cm 资源 26 份; (3) 白花资源 71 份: 于临沧地方资源沧源蚕豆(资源编

号: K0013) 中发现自然变异型蚕豆单株 1 株, 单株号 81-37, 为短翼瓣, 翼瓣长度仅为普通翼瓣的 1/2, 且与龙骨瓣长度相当; 混花色(白花、纯白花、紫花)资源 32 份; 紫花资源 17 份; 纯白花资源 1 份, 为丽江青皮(资源编号: K0025); (4) 小粒(百粒重 ≤ 70 g) 种 18 份, 大粒(百粒重 ≥ 120 g) 种 6 份, 中粒(百粒重 70~120 g) 种 97 份; (5) 干荚果果长 4.9~8.5 cm, 以 5~7 cm 为主, 长 7 cm 以上资源 13 份; (6) 荚宽 1.1~1.9 cm, 小粒种荚宽 1.1~1.5 cm, 中粒种 1.4~1.8 cm, 大粒种 1.7~1.9 cm; (7) 有软荚和硬荚, 荚果成熟后, 软质荚壳皱缩不开裂, 硬质荚壳光滑易裂荚; (8) 白色籽粒 79 份, 绿色 12 份, 红色 1 份, 混色(白、绿、红)资源 29 份; (9) 黄色子叶资源 117 份, 绿色子叶资源 4 份。

5.1.3 短翼瓣型蚕豆材料的纯化 1980 年在资源圃中, 从地方资源沧源蚕豆中发现自然变异短翼瓣型蚕豆材料 1 株, 单株选号为 81-37。经多年评价试验, 因其具有特有特性, 于 1983 年入资源库保存。具体评价情况因受气候、管理等因素影响, 不同年份间材料表现有所差异。

1981 年参加选种圃试验, 共计 69 份试验材料。81-37 表现为白花, 绿茎, 株高 82.28 cm, 百粒重 98.9 g, 粒色白, 脐色白, 折合产量 3480.0 kg/hm², 小区产量位列第 7 位, 较对照(昆明白皮豆)增产 46.8%, 田间表现一致, 籽粒整齐, 入下一年度品种(系)预备试验。

1982 年参加品种(系)预备试验, 共计 22 份试验材料。81-37 表现为白花, 绿茎, 株高 81.45 cm, 百粒重 94.0 g, 粒色白, 脐色白, 折合产量 2299.5 kg/hm², 小区产量位列第 15 位, 较对照(昆明白皮豆)减产 32.7%, 田间表现一致, 籽粒整齐。产量表现不稳定, 因其为特殊材料, 重复入品种(系)预备试验观察。

1983 年参加品种(系)预备试验, 共计 26 份试验材料。81-37 表现为白花, 绿茎, 株高 111.9 cm, 百粒重 105.7 g, 粒色白, 脐色白, 折合产量 4930.5 kg/hm², 小区产量位列第 22 位, 较对照(昆明白皮豆)减产 20.48%, 田间表现一致, 籽粒整齐。因连续 2 年表现减产, 淘汰出品种选育体系。入资源库保存, 保存编号: K0692。

5.1.4 短翼瓣型蚕豆材料异交率初探 在品种选育工作中, 对短翼瓣型蚕豆材料的后代品系开展多年田间观察及数据收集工作。以普通材料和 81-37 为亲本进行杂交, 经多年系统选育, 育成群体性状纯合的短翼瓣型蚕豆品种云豆 470(表 2)。

表 2 云豆 470 选育过程
Table 2 Selection process of Yundou 470

年份(年) Year	亲本组合 Parents	试验类型 Type of trial	选种情况 Selection	世代 Generation	花色及花器类型 Type and color of flower	粒色 Seed coat color	脐色 Hilum color	子叶色 Cotyledon color
	8462				白-普通花器	白	黑	淡黄
	K0013(81-37)				白-短翼瓣型花器	白	白	淡黄
1991-1992	8462/K0013(81-37)	杂交试验		0				
1992-1993	8462/K0013(81-37)	大田选种圃 试验		1	白-普通花器	白	黑	淡黄
1993-1994	8462/K0013(81-37)	大田选种圃 试验	选择优异短翼 瓣单株 94-470	2	白-普通花器、短翼 瓣型花器	白	白、淡棕	淡黄
1994-1995	8462/K0013(81-37)	株行试验	集团材料	3	白-短翼瓣型花器	白	白	淡黄
1995-1996	8462/K0013(81-37)	株系试验	集团材料	4	白-短翼瓣型花器	白	白	淡黄
1996-1997	8462/K0013(81-37)	预备试验	集团材料	5	白-短翼瓣型花器	白	白	淡黄
1997-1998	8462/K0013(81-37)	预备试验	集团材料	6	白-短翼瓣型花器	白	白	淡黄
1998-1999	8462/K0013(81-37)	品比试验	集团材料	7	白-短翼瓣型花器	白	白	淡黄
1999-2000	8462/K0013(81-37)	品比试验	集团材料	8	白-短翼瓣型花器	白	白	淡黄
2000-2001	8462/K0013(81-37)	品比试验	集团材料	9	白-短翼瓣型花器	白	白	淡黄
2001-2002	8462/K0013(81-37)	品比试验	集团材料	10	白-短翼瓣型花器	白	白	淡黄
2003-2006	8462/K0013(81-37)	省区试			白-短翼瓣型花器	白	白	淡黄

自 F₃ 开始,云豆 470 的花色、花器类型、粒色、脐色及子叶颜色性状始终保持一致,无性状分离。其高世代纯合材料在多年区域试验及生产中,无植株、花色、籽粒混杂现象发生,群体稳定保持高纯合度。经田间调查及考种,其他短翼瓣型蚕豆材料与云豆 470 表现相似,如云豆绿心 1、云豆绿心 2。同时,经过多年田间观察,未发现蜜蜂在短翼瓣型蚕豆材料上的采蜜行为。初步研究表明,短翼瓣型蚕豆材料具有低异交率的特性,其发生原理及遗传机制有待进一步研究。

5.2 短翼瓣型蚕豆材料的应用

5.2.1 育种亲本材料及选育 以本地优良蚕豆材料为母本,短翼瓣型蚕豆材料为父本,人工杂交授粉,并进行后代系统选育。F₀~F₁ 混种混收。F₂ 发生性状分离后,将具有 81-37 花器的材料不断进行混种混收,其余材料淘汰。采取此方法直至花器不发生性状分离,形成具有稳定花器结构的集团材料。在集团材料中选取具有高产、优质、抗病等优良性状的单株进入后续试验。

5.2.2 育成品种 云豆绿心 1、云豆绿心 2 是通过人工授粉,成功导入短翼瓣型性状的品种,其经系统选育,群体性状纯合整齐。

云豆绿心 1 以 81-37 为父本,以具有普通花器的 K0088 系为母本。于 1994 年进行杂交授粉,

1998 年获得具短翼瓣型花器的优异单株 98-112。云豆绿心 2 以 81-37 为父本,以具有普通花器的 H0223(中国作物种质信息网编号, <http://www.cgris.net>) 为母本。于 1993 年进行杂交授粉,1998 年从其杂交后代中筛选出具父本花器型的优越单株 98-133。通过 10 余年选育,经选种圃、株系、预备、品比等试验评价,群体性状纯合整齐,品种一致性、稳定性好,异交率均低于 5%,依次命名为云豆绿心 1、云豆绿心 2,并于 2012 年获得“国家植物新品种权”证书。

云豆绿心 1 属中熟型品种,全生育期 190 d 左右,中矮秆株型,株高 74.3 cm,其子叶绿色,单株分枝 3.5,单株荚数 11.3,粒型厚,子粒均匀度好,属小粒型高蛋白品种,百粒重 76 g,粗蛋白含量 27.4%、淀粉含量 47.80%。干籽粒产量 2220~3150 kg/hm²。因其具有子叶绿、籽粒小、均匀度好及高蛋白等特点,可在云南省及西南周边相似气候条件地区推广种植,产品用于加工“透心绿”炒豆或用于速冻罐头制品加工出口。

云豆绿心 2 属中熟型品种,全生育期 190 d 左右,中矮秆株型,株高 90.0 cm,子叶绿色,单株分枝 4.1,单株荚数 10.3,荚长 7.0 cm,荚宽 1.99 cm。大粒型,干籽粒百粒重 127.4 g,种皮白色、种脐白色。干籽粒粗蛋白质含量 25.4%、淀粉含量 43.71%。干

籽粒产量 3000~3750 kg/hm²。因其具有子叶绿、大籽粒、中熟等特点,可在云南省及西南周边相似气候条件地区推广种植,以鲜籽粒生产为主。

6 讨论

蚕豆是常异花授粉作物,平均异交率在 30% 左右。发生异交的作物群体具有较高的杂合性和异质性,非常容易受各种因素的影响而失去原有的遗传完整性和相似性^[27],从而导致群体缺乏一致性和稳定性^[5]。同自花授粉作物相比,常异花授粉作物容易发生混杂现象,造成后代材料背景基因流失和污染,阻碍资源保存利用、育种、应用基础研究及产业的发展。

蜂类是公认的介导蚕豆异交发生的虫媒之一。早在 1983 年,Hebbleth 在《Faba Bean》一书中提到,蜜蜂在蚕豆上的采蜜行为主要分为 2 类:第一类是在花冠背面刺孔采蜜,这一采蜜行为不能介导异花授粉;第二类为正面采蜜行为,是有效的异花授粉途径^[11]。根据我们多年来在云南的田间观察及鉴定分析,蜂类的正面采蜜行为,主要是以翼瓣为支撑点,短翼瓣型蚕豆材料的翼瓣较普通花器的翼瓣短小,与龙骨瓣长度相当,不能为蜂类采蜜提供驻足点,进而减少了以蜂类为媒介的异交现象。目前,国内外对蚕豆异交发生媒介及异交率影响因素的研究较为普遍^[6, 9, 11, 20-25],降低异交率的研究则主要集中在传统低异交率品种的选育方面^[6]。因受多种环境因素影响,传统低异交率品种的异交率并不稳定。短翼瓣型蚕豆是云南省特有的种质资源,其具有低异交率的特性,且可稳定保持低异交率。自 1991 年开始,我们以短翼瓣型蚕豆为亲本成功选育蚕豆品种(系)10 余个,以云豆 470、云豆绿心 1、云豆绿心 2(均获植物新品种权)为代表的短翼瓣新品种开始投入生产。经多年田间鉴定,其株型、花器类型、花色、粒色、脐色及子叶颜色性状均保持一致,群体稳定、保持高纯合度。将短翼瓣型蚕豆种质广泛应用到品种选育、基础研究等领域,将在一定程度上推动我国蚕豆产业的发展。

参考文献

- [1] 林汝法,柴岩,廖琴,孙世贤. 中国小杂粮. 北京:中国农业科学技术出版社,2002: 301-316
Lin R F, Chai Y, Liao Q, Sun S Y. Minor grain crops in China. Beijing: Science and Technology of China Agriculture Press, 2002: 301-316
- [2] 叶茵. 中国蚕豆学. 北京:中国农业出版社,2003: 1-3

- Ye Y. Broad bean (*Vicia faba* L.) in China. Beijing: China Agriculture Press, 2003: 1-3
- [3] 包世英. 蚕豆生产技术. 北京:北京教育出版社,2016: 1-10
Bao S Y. Production technology of broad bean (*Vicia faba* L.). Beijing: Beijing Education Press, 2016: 1-10
- [4] 赵群. 论甘肃省春蚕豆品种改良. 中国种业, 2000(3): 31-32
Zhao Q. Improvement of spring broad bean (*Vicia faba* L.) in Gansu province. China Seed Industry, 2000(3): 31-32
- [5] 席章营. 作物育种学. 北京:科学教育出版社,2014: 11-14
Xi Z Y. Crop breeding. Beijing: Science Education Press, 2014: 11-14
- [6] 杨武云,余东梅. 蚕豆低异交率结实特性的初步研究. 西南农业学报, 2004, 17(2): 271-272
Yang W Y, Yu D M. Analyses of the out-crossing character in several *Faba* bean germplasm. Southwest China Journal of Agricultural Sciences, 2004, 17(2): 271-272
- [7] 刘琼芳. 蚕豆栽培. 昆明:云南人民出版社,1984: 8-20
Liu Q F. *Faba* bean (*Vicia faba* L.) cultivation. Kunming: Yunnan People's Public Press, 1984: 8-20
- [8] Kwon S J, Hu J, Coyne C J. Genetic diversity and relationship among faba bean (*Vicia faba* L.) germplasm entries as revealed by TRAP markers. Plant Genetic Resources: Characterization and Utilization, 2010, 8(3): 204-213
- [9] El-Sherbeeney M H. Studies on pollination, fertilisation and pod-setting in the field bean and their bearing on breeding the crop. Giza: University of Cairo, 1970
- [10] 龚畿道,冯福锦,宋嘉声. 蚕豆自然异交的研究. 上海农学院学报, 1985, 3(3): 181-188
Gong J D, Feng F J, Song J S. Research of outcrossing in broad bean (*Vicia faba* L.). Journal of Shanghai Agriculture College, 1985, 3(3): 181-188
- [11] Hebblethwaite P D. The Faba Bean (*Vicia faba* L.). Cambridge: University press of Cambridge, 1983: 77-87
- [12] Hu J, Landry E J, Mwengi J E, Coyne C J. Natural outcrossing rate of faba bean under Pullman field conditions and its implication to germplasm management and enhancement. Pisum Genetics, 2011; 43: 59-61
- [13] Suso M J, Nadal S, Moreno M T. Relationship between outcrossing and floral characteristics in faba bean: implications for the design of synthetic varieties. Journal of Genetics & Breeding, 2003, 57(3): 241-250
- [14] Metz P L J, Buil A A M, Van Norel A. Rate and inheritance of cross-fertilization in faba bean (*Vicia faba* L.). Euphytica, 1992, 66(1-2): 127-133
- [15] Metz P L J, Buil A A M, Van Norel A, Helsper J P F G. Genetic factors controlling outcrossing in faba bean (*Vicia faba*): effects of pollen donor and receptor genotypes and estimates of inter-receptor crossfertilization. The Journal of Agricultural Science, 1994, 122(2): 249-254
- [16] Suso M J, Maalouf F. Direct and correlated responses to upward and downward selection for outcrossing in *Vicia faba*. Field Crops Research, 2010, 116(1/2): 116-126
- [17] Suso M J, Harder L, Moreno M T, Maalouf F. Natural outcrossing rate of faba bean under Pullman field conditions and its implication to germplasm management and enhancement. Euphytica, 2005, 143: 51-65

(下转第 1348 页)