

我国菜豆新品种选育研究现状及展望

陈 琮¹ 韩瑞玺² 唐 浩² 刘明月¹ 黄 科¹ 周义之¹

(¹ 湖南农业大学园艺园林学院,长沙 410128; ² 农业农村部科技发展中心,北京 100122)

摘要:菜豆营养含量丰富,味道可口,是我国三大主要果菜类之一。菜豆新品种的选育对菜豆产业的发展起着决定性的作用,我国作为菜豆的主要生产国家,具有悠久的栽培历史和丰富的种质资源。对近 10 年来我国在现有的种质资源基础上选育出并通过鉴定和报导的 33 个优良菜豆新品种(以荚用菜豆为主)进行了总结,分析了主要育种目标、方向和育种方式,并从我国农业新兴技术发展方向和应用的角度的角度对今后菜豆新品种选育提出建议,以期为我国菜豆新品种选育提供参考和借鉴。

关键词:菜豆;新品种;研究现状;展望

菜豆(*Phaseolus vulgaris* L.),豆科,菜豆属,染色体数 $2n=2x=22$ 。菜豆又被称为四季豆、芸豆、玉豆等。据记载,菜豆起源于中南美洲,15 世纪传入中国,至今已有 500 余年的栽培历史^[1]。菜豆营养含量丰富,新鲜菜豆嫩荚含有叶绿素 91.93mg/kg、维生素 C 133.62mg/kg、有机酸 172mg/kg,蛋白质含量高达 4.27%,总糖 3.12%,含水量 90.24%,还含有胡萝卜素和纤维素等^[2-3]。菜豆富含的叶绿素具有增强心脏功能、有效降低胆固醇等功效。由于鲜豆荚口感爽脆,味道鲜美,得到广大消费者的喜爱,成为我国主要食用豆类之一。

我国是菜豆主要生产国家之一,栽培面积、平均产量和总产量均居全世界第 1 位。菜豆在我国各个省份均有种植,河北、河南、山东、四川及广东等省份为主要栽培区域。根据菜豆茎的生长习性可分为直立型和蔓生型两种^[4],我国目前栽培的荚用品种以蔓生型为主。菜豆根据用途可分为粒用菜豆和荚用菜豆,我国生产的籽粒型菜豆主要出口到南美洲、欧洲、日本和东南亚地区,70% 的鲜豆荚则主要供应我国沿江、沿海地区以及黑龙江等市场。

我国具有丰富的菜豆种质资源,截至 2016 年 3 月,由中国农业科学院作物科学研究所编目入库的普通菜豆(绝大多数为粒用菜豆)约为 5677 份^[5]。我国在现有资源的基础上,根据不同的市场需求,采用多种育种方式,选育和引进了具有产量高、生育期短、耐储运和抗病、抗逆性强等优良特性的新品种,

为丰富人民群众的菜篮子作出了贡献。

1 新品种选育进展

近 10 年,我国许多科研单位积极开展菜豆育种工作并取得了显著成效,培育出的高产优质、抗病抗逆性强、有地域特色且已经通过鉴定并报导的新品种约 33 个(表 1)。这些品种每 667m² 平均产量为 2083.6kg,与早期选育的菜豆品种产量相比有显著提升,其中丰菜豆 9 号、津芸 2 号等为高产品种;大部分品种对 1 种及以上的病害具备一定的抗性,但也有部分品种对几种菜豆主要病害不具备抗性或抗性较弱;虽然没有选育出设施专用栽培品种,但是多数品种也能在大棚内栽培;此外,为满足市场需求还选育出了富含花青素的特色品种。这些新品种的选育与推广,在弥补我国菜豆市场空缺和推动菜豆产业发展方面发挥了重要作用。

2 菜豆新品种保护

植物新品种权是一种知识产权保护,能够有效保护育种者的合法权益并持续提高育种自主创新能力,促进种业发展以及保护生物多样性。随着近几年我国新品种保护的迅速发展,菜豆育种者的品种保护意识逐渐增强,申请并获得授权的新品种数量也逐年增加(表 2)。从现有申请情况看,2015 年以前菜豆新品种权申请包括科研单位、企业和个人申请,总的申请量比较少;2016 年以后,种子企业申请量逐渐增加,与科研单位持平,总的数量超过过去所有总和。尽管我国菜豆新品种权申请数量呈上升趋势,但远远落后于其他主要农作物。相关育种单位和人员还需不断提高品种保护意识和积极性,确保自身合法权益得到及时保障。

基金项目:国家自然科学基金(31772325);湖南省自然科学基金(2017JJ2118)

通信作者:刘明月

表 1 近 10 年我国新选育的菜豆品种

编号	品种	选育单位	亲本来源	育成年份	数据来源
1	晋菜豆 3 号	山西省农业科学院蔬菜研究所	神牛 1 号变异优株	2009	山西农业科学
2	九架豆 11 号	吉林市农业科学院	9904 × 9905	2009	吉林蔬菜
3	丽芸 2 号	丽水市农业科学研究院	丽芸 1 号 × 浙芸 3 号	2009	种子
4	11-6 矮生地豆	江苏省农业科学蔬菜研究所	81-6 × 美国供给者	2009	江苏农业科学
5	鼎丰玉带	天津科润农业科技股份有限公司蔬菜研究所	丰菜豆六号变异株	2009	中国种业商务网
6	冀张芸 1 号	张家口市农科院	芸豆 91-6-4 × 坝上红芸豆	2009	现代农村科技
7	翠玉 2 号	石家庄市农林科学院	国外引进资源后代	2009	蔬菜
8	九架豆 15 号	吉林市农业科学院	9907 × P131	2010	中国园艺文摘
9	丽芸 3 号	浙江省丽水农业科学院	红花青荚 × 浙芸 3 号	2010	中国瓜菜
10	丰菜豆 9 号	天津科润农业科技股份有限公司蔬菜研究所	天津科润农业科技股份有限公司蔬菜研究所	2010	中国种业商务网
11	迁菜豆 1 号	宿迁农科所	农家品种变异单株	2010	天津农学院学报
12	莆莱 1 号	省莆田市农业科学研究所	地方菜豆群体	2010	中国种业商务网
13	翡翠地豆	武威市搏盛种业有限责任公司	本地品种变异株	2010	农业科技与信息
14	阜芸 1 号	辽宁省风沙地改良利用研究所	特嫩 5 号变异单株	2010	北方园艺
15	津芸二号	天津科润农业科技股份有限公司蔬菜研究所	C08-3-7 × 连农 923	2010	中国种业商务网
16	连农紫霞 1 号	大连市农业科学研究院	特嫩 5 号 × 德国蓝色架菜豆	2010	中国瓜菜
17	中杂芸 15 号	隆化达旺绿色农业发展有限公司	新泰 98-1 × WB6-3-1	2010	中国授权农业植物新品种
18	丰旺	中国农业科学院蔬菜花卉研究所	唐山菜豆	2011	中国蔬菜
19	津芸一号	天津科润农业科技股份有限公司蔬菜研究所	C08-3-3 × 连农 923	2011	中国种业商务网
20	阎豆 1 号	西安市阎良区农业新品种实验站	白不老变异单株	2011	栽培育种
21	阎豆 3 号	西安市阎良区农业新品种实验站	白不老变异单株	2011	乡村科技
22	连农架豆 10 号	大连市农业科学研究院	泰国豆 × 连农 923	2011	中国瓜菜
23	吉菜豆 4 号	吉林省农业科学院	‘麻子豆’变异株	2011	吉林蔬菜
24	苏菜豆 4 号	江苏省农业科学蔬菜研究所	81-6 × 苏地豆 1 号	2011	中国蔬菜
25	长农菜豆 5 号	长春市农业科学院	哈菜豆 15 号 × 哈菜豆 16 号	2012	北方园艺
26	五月绿	云南省农业科学研究院	日本引进	2012	上海农业科技
27	龙芸豆 14	黑龙江省农业科学院育种研究所	龙芸豆 4 号 × 龙 22-0597	2012	中国种业
28	苏菜豆 7 号	江苏省农业科学院经济作物研究所	81-6 × 丽水红花	2012	中国瓜菜
29	吉菜豆 3 号	吉林省农业科学院	白架豆 × 花皮架豆	2012	吉林蔬菜
30	菜豆 66 号	大连市农业科学院	“无筋 6 号”自然变异株	2013	北方园艺
31	川紫无筋豆	四川农业大学	泰国无筋菜豆天然变异株	2013	中国种业商务网
32	鄂菜豆 1 号	江汉大学	JD-5 × 红花四季豆	2013	中国种业商务网
33	连菜豆 1 号	连云港市赣榆区农业科学研究所	红花长荚 × 红花青荚	2013	上海蔬菜

表2 菜豆品种申请植物新品种权情况 (件)

年份	申请量	科研单位	企业	个人	授权量
2015 年以前	15	6	4	5	7
2016 年至今	20	10	10	0	0

3 主要育种目标

3.1 高产 为了满足市场需求,保证种植户的经济利益,产量始终是菜豆育种的主要目标之一。当前,我国菜豆鲜荚的平均产量在 2000kg/667m² 左右。以早熟为栽培目的的菜豆品种侧重于早期的丰产性,以高产为最终栽培目的则更注重菜豆整个生育期的总产量。近几年,我国各科研机构通过多种育种方法,新品种的产量有显著提升。郭建华等^[6]以泰国豆为母本、连农 923 为父本杂交选育的连农架豆 10 号在大连市作春季大棚栽培时,每 667m² 平均产量达 3500kg;曾岩等^[7]以无筋 6 号的自然变异株为材料,选育出具备早熟、丰产等优点的新品种菜豆 66 号,产量约 2847kg。

3.2 优质 优质也是菜豆品种选育中非常重要的目标,也是顺应新时代农业供给侧改革实现从产量向质量过渡的必然要求。优质要求选育的粒用菜豆耐老化,嫩荚两侧的纤维不发达;嫩荚匀直,荚长和荚重适中,嫩荚颜色呈绿色或浅绿而无紫色斑纹,荚面种粒不突出;蛋白质、维生素等营养物质含量高。吉林市农业科学院梁国生等^[8]选育的九架豆 15 号嫩荚深绿色、顺直平滑,荚长 18.5cm 左右、宽 2cm 左右,无筋、无革质膜,商品性好。天津科润农业科技股份有限公司蔬菜研究所选育出的津芸二号嫩荚白绿色,圆棍形,荚长 27~28cm,单荚重 25~29g。中筋、软荚,中果皮细胞不硬化,不形成革膜,口感极佳,适合作鲜食^[9]。郑祥博等^[10]从西安市阎良区白不老品种中发现变异单株,收获其成熟种子提纯复壮,挑选优良株系,经过 5~8 代系统选育,培育出阎豆 1 号,该品种不仅品质优良,粗蛋白含量达 2.95%,粗脂肪和粗纤维含量分别为 0.25% 和 2.14%,而且商品性好,豆荚成熟不鼓豆、纤维少,肉质鲜嫩、无筋。

3.3 抗病性 枯萎病、炭疽病、普通细菌性疫病、锈病和菜豆普通花叶病毒等是危害我国菜豆的主要病害。这些病害一旦发生,严重影响植株正常生长发育,引起严重减产甚至绝收。为了节约生产成本、避

免过量农药对环境和人体健康的危害,育种家把菜豆对 2 种以上病害的兼抗性作为现代育种目标,在已筛选出的抗源基础上,选育出一系列抗病品种。江苏省农业科学院张红梅等^[11]以嫩荚营养较高的 81-6 菜豆品种为母本,抗菜豆烟草花叶病毒和白粉病的菜豆品种苏地豆 1 号为父本,采用 6 代系谱法选育出苏菜豆 4 号,经多地栽培证明该品种对叶霉病和根腐病的抗性强。夏雨清等^[12]对母本哈菜豆 15 号和父本哈菜豆 16 的优良性状、基因进行聚合,选育出长农菜豆 5 号,该品种不仅高产优质,还抗炭疽病、锈病、枯萎病。

3.4 设施栽培品种 设施园艺因具有提高作物产量、改善品质、可周年和工厂化生产等优点,在我国得以迅速地发展。由于设施普遍存在光照弱且分布不均、温度和空气湿度高等现象,普通菜豆品种在此环境下往往会生长发育不良,产量降低。为解决这一产业发展瓶颈,各科研机构选育出一些耐弱光、耐高温和高湿品种,其植株矮小、结荚期较集中,在设施内栽培表现良好。陈迪娟等^[13]选育出的连菜豆 1 号耐低温弱光,耐热性好,且抗病抗逆性强,适宜在江苏地区作春季和秋季大棚栽培。夏雨清等^[14]以 98-2-8 为母本、紫花油豆为父本,杂交后代经过优良稳定株系选拔、产比、示范试种、生区试验、抗性以及早代品质分析鉴定等,选育出新品种长农菜豆 1 号,该品种耐低温、弱光,抗逆性强,设施栽培丰产性好。

3.5 高山栽培以及加工专用品种 菜豆为喜温蔬菜,不耐高温和霜冻,当温度高于 28~30℃ 茎叶会表现出明显的生长不良现象,叶数减少、叶色变淡,还会导致花蕾发育不完全、花粉畸形无活力等^[15]。因此要实现菜豆夏秋季市场供应,必须要选择夏季气候凉爽的高山地区种植^[16],在进行高山栽培时必须选择耐热、抗病、适应性强和优质高产的品种,才能保证菜豆的产量和品质^[17]。浙江省丽水市农业科学研究院选育出的蔓生菜豆新品种丽芸 3 号生长势强,豆荚顺直品质优,结荚性能好,耐热性高,抗锈病,中抗炭疽病和枯萎病,是一个适宜高山栽培的优良品种^[18];汪宝根等^[19]经多年系统选育而成的浙芸 3 号具有结荚性好、嫩荚商品性佳、食用品质优、营养含量高等优点,且该品种耐热性强,尤其适合秋夏高山栽培。

菜豆是世界主要食用豆类之一,鲜食和作加工的嫩荚市场需求量都很大;但目前菜豆生产仍然存在着加工型品种单一,现有少数几个加工型品种产量低、品质欠佳等问题。为此,四川农业大学开展了一系列加工菜豆专用品种的引进和选育工作,选育并通过审定的品种加工菜豆1号和加工菜豆2号,具有抗病性强、适应性好、加工性好、加工口感脆嫩、种植效益高等优点,填补了四川省缺乏加工菜豆专用品种的空白^[20]。连云港市农业科学院选育出的无筋1号嫩荚无粗纤维、鲜嫩、荚形完整、综合抗性强,符合加工专用型品种的要求^[21]。

3.6 附加营养价值 菜豆营养丰富全面,不仅含有蛋白质、碳水化合物、脂肪和矿质元素等基本营养物质,还含有多种对人体有保健作用生物活性物质,例如 α -淀粉酶抑制剂和适量的菜豆凝集素能够降低脂肪的吸收,植物固醇有降脂功效、减缓脂肪生成和促进甘油三酯代谢的功能,皂苷能抑制癌细胞的生长、减少胆固醇的吸收,植酸和黄酮类物质同样对人体有益^[22-25]。随着人民生活水平日益提升,消费者对蔬菜的附加营养价值和保健作用有了更高的需求。为顺应市场需求的新形势,近几年出现了大量富含花青素的紫色或紫红色蔬菜,例如紫甘蓝、紫菜花、紫白菜等,但是目前我国市面上的菜豆色泽单一,绝大部分为白绿色或绿色品种。为了丰富菜豆市场,提高菜豆的营养价值,我国也选育出了一些紫色菜豆品种。刘秀根等^[26]以特嫩5号为母本、德国蓝色架菜豆为父本,通过有性杂交,经6代的系统选育,培育出花青素含量高达56.46mg/kg的连农紫霞1号;严泽生等从泰国无筋菜豆的天然变异株中选育出的川紫无筋豆^[27]和山西省凤县农业科技人员选育出的秋紫豆嫩荚也都为紫色。这些紫色菜豆嫩荚中的花青素有提升人体免疫力、抗氧化和保护视力等功效。

4 育种方式和途径

4.1 杂交育种 杂交育种是根据育种目标选配亲本,通过人工杂交将分散在不同亲本上的优良性状组合到杂种之中,然后对其后代进行培育选择和比较鉴定,继而获得优良新品种的育种途径;杂交优势育种是利用2个或几个遗传性不同的亲本杂交育出在生长势、生活力、抗逆性和产量等方面均优于其亲本的杂种一代的一种育种方法^[1]。利用杂种优势选

育出的品种常常在丰产性、品质以及抗逆性等方面超过前者选育出的品种。虽然这两种育种方法存在育种年限长、过程繁琐等缺点,但菜豆具有严格自花授粉繁殖特性,因此目前大部分品种仍是采用有性杂交代组,经过多年的系统选育方法得到。鄂菜豆1号是江汉大学用JD-5作母本、红花四季豆作父本进行杂交,经系谱法选择育成,该品种在武汉等地试种每667m²产量达到1600kg左右^[28]。隆化达旺绿色农业发展有限公司选育的中杂芸15号也是以新泰98-1为母本、WB6-3-1为父本进行杂交后,经自交9代选育而成,该品种性状优良,适合大部分地区春秋露地及保护地栽培^[29]。

4.2 选种和引种 目前选育出的优良新品种中,也有一部分是科研人员通过选种方式培育的,利用菜豆群体中存在的自然变异,将符合要求的优良植株选择出来,经过比较和繁育而获得新品种^[1]。吉菜豆4号是以农家品种麻子豆田间植株的变异株为材料,经系统选育而成的菜豆新品种,该品种果荚生长速度快,具有早熟、丰产性好、抗病抗逆性较强、品质及果实商品性好等特点^[30]。

引种是指从外地(包括国外)引进优良品种、品系,通过适应性试验后直接在本地产推广种植^[1],一直是解决品种问题的一条重要途径。我国矮生菜豆品种大部分都是从国外优良种质资源中引进的。例如,石家庄农林科学院樊建英等^[31]对从国外引进的菜豆资源进行鉴定,育成早熟、优质、高产的菜豆新品种翠玉2号。丰旺是中国农业科学院蔬菜花卉研究所从河北引进的唐山菜豆,经单株系统选育而成的菜豆新品种^[32]。

4.3 诱变育种 诱变育种是利用物理、化学因素,诱发有机体发生遗传变异,然后根据育种目标进行选择、鉴定,培育新品种^[1]。烟台市农业科学院夏秀波等^[33]对当地农家品种一尺青进行提纯复壮,经多年的系统选择得到4个纯正株系,对这些株系进行N离子辐射处理,得到性状优良、优势明显的新品种烟芸3号。中国西部航天育种基地采用航天育种的方式选育出了着荚能力极强、耐老化储运、抗性高的太空架豆^[34]。西昌学院高原及亚热带作物研究所选育出的西黑芸4号是以地方品种小黑豆为材料,采用⁶⁰Co- γ 射线100-150 Gy辐射剂量对其干种子进行辐射诱变处理,再通过系谱法选择培育出的

一个品质优良、抗病抗逆性强的菜豆新品种^[35]。

4.4 分子标记辅助育种 在过去的菜豆育种工作中,对目标性状的选择依赖于表型性状,但环境因素、植株的生理状态等对表型性状的影响较大,有些性状必须采用特殊的栽培措施或人工接种这些方式进行鉴定(如抗病性等),因此需要大量的人力物力,且周期长。分子标记辅助选择能够快速选择含有目标基因的单株、有效地选择目标基因附近发生交换重组个体,以此作为育种辅助手段,极大地提高了育种选择的效率,加速育种进程。

耿庆河^[36]对菜豆百粒重、粒长、粒宽、粒厚、长宽比、长厚比等性状进行了QTL定位研究,并且对亲本间存在差异的两个质量性状花色和生长习性进行了初步定位。刘春良等^[37]在对菜豆生长习性相关基因的定位研究中,精细定位了源于无限蔓生材料连紫一号的蔓生单基因 *gh-lz*,这一研究结果为普通菜豆生长习性相关基因的定位及进一步的功能研究奠定了分子基础。

陈明丽等^[38]利用分子标记在普通菜豆地方品种红芸豆中发现一个抗炭疽病基因,该基因来源安第斯基因库,可能是已知抗炭疽病基因 *CO-1* 的等位基因。朱吉凤等^[39]通过SSR标记定位了1个普通菜豆抗菜豆普通细菌性疫病QTL,该位点位于标记 p6s249 与 p6s183 之间,解释 4.61% 的表型变异,效应值较小,将在培育稳定持久抗菜豆普通细菌性疫病品种中发挥作用;郝俊杰等^[40]、吴星波等^[41]在已开发的 SCAR 标记基础上,分别筛选出了抗角斑病、锈病和白粉病基因聚合体的菜豆资源,有助于改良普通菜豆抗病性和提高产量。

目前我国分子标记育种在菜豆育种上的应用仍处于初级阶段,虽然已经有部分研究对菜豆的性状和抗病基因进行了定位,但大多数研究只对基因进行了初步定位和分析,并且研究结果应用到实际育种过程中的范围也很有限。因此还需要更多深入和精确的研究成果,让基因选择与表型选择在菜豆育种中有机地结合起来,为未来的菜豆分子育种奠定基础,不断地加速育种进程,降低工作量和育种成本。

5 展望

我国菜豆种质资源丰富,但育种工作与其他主要蔬菜相比还相对滞后,近几年在科研人员的不懈努力下,已经选育和引进了一批高产优质且抗性强

的特色品种,但从另一个角度看,随着人民群众对菜豆品种需求的日益多样化,新品种选育也存在亟需解决的问题。例如,品种产量不高,品质较差,甚至出现品种退化现象;多数品种对菜豆主要病害抗性不强;大部分常规品种难以适应设施内光照弱且高温高湿的环境。要妥善地解决这些问题,推动我国菜豆产业的不断发展,必须坚持不断发掘种质资源和利用新兴技术的基础上,进一步明确未来菜豆育种的方式和方向。

(1)菜豆是典型的自花授粉植物,在引种和栽培过程中,会发生偶然杂交和基因突变的现象,因此品种类型和种质资源非常丰富。但杂交育种年限长成为了阻碍菜豆育种的一个因素。为了进一步提高育种针对性,加速育种进程,选育出更加优质、多样化的新品种,在加强对种质资源的收集和研究的的基础上,应更为深入地探索控制重要农艺性状相关生长发育分子机制,利用全基因组关联分析技术,发掘、筛选并精细定位相关基因,同时不断加强对高遗传转化率方式的探索,真正实现分子和常规育种的高效结合。

(2)菜豆病害不仅会造成产量降低,也会使产品品质变劣,商品性大大降低。在病害的防治过程中往往会出现滥用农药的现象,对食品安全造成了严重的威胁。抗性育种被认为是控制病害最有效、最经济、最环保的方法,能够从根源上保证菜豆的高产优质和安全。今后的育种工作中要不断发掘地方菜豆品种中的抗性资源,鉴定已有资源对主要病害的抗性,筛选并建立丰富的抗性资源库,在此基础上采用常规育种与分子标记辅助育种结合的方式,选育出对多种主要病害均具备抗性的优良菜豆新品种,推进农业绿色可持续发展。

(3)设施园艺具有周年生产、集约化程度高、大幅提高资源利用率和劳动生产率的特点,能不同程度地减轻或防止露地生产条件下灾害性气候和不利条件对农业生产的危害,使食物生产与供应得到安全保障,近年来设施园艺在我国得到迅速发展,设施栽培面积已经达到世界第一^[42]。随着设施栽培面积的不断扩大,设施内灌溉、植保以及采摘机械化不断完善和发展,我国在其他果蔬种类上已经相继选育出了大量设施专用品种,今后菜豆育种应顺应这一趋势,选育出更多具备适应设施气候、早熟丰产、

抗病性强、结果期集中等优点的设施栽培专用菜豆品种。

参考文献

- [1] 王小佳. 蔬菜育种学: 各论. 北京: 中国农业科学出版社, 2000
- [2] 农业大辞典编辑委员会. 农业大辞典. 北京: 中国农业出版社, 1998
- [3] 陈新. 豆类蔬菜生产配套技术手册. 北京: 中国农业出版社, 2012: 7-44
- [4] 肖靖, 李斌, 石晓华, 鄂成林, 管洪波, 凤桐. 普通菜豆种质资源研究现状及进展. 北方园艺, 2016 (15): 194-198
- [5] 王兰芬, 武晶, 王昭礼, 余莉, 吴宪志, 张时龙, 王述民. 普通菜豆种质资源表型鉴定及多样性分析. 植物遗传资源学报, 2016, 17 (6): 976-983
- [6] 郭建华, 刘学东, 李梅, 吕彦超, 曾岩, 刘秀根. 菜豆新品种‘连农架豆10号’的选育. 中国瓜菜, 2012, 27 (6): 28-30
- [7] 曾岩, 刘秀根, 郭建华, 刘学东, 李梅. 菜豆新品种“66号”的选育. 北方园艺, 2017 (12): 177-179
- [8] 梁国生, 付艳, 陈爱星, 郑昊. 菜豆新品种‘九架豆15号’选育报告. 中国园艺文摘, 2015 (10): 12
- [9] 种业商务网. 津芸二号 (2014-01-17) [2018-04-20]. http://www.chinaseed114.com/seed/11/seed_50049.html
- [10] 郑祥博, 万光辉, 田龙, 丁维汉, 万光荣, 王金花. 菜豆新品种: 阎豆1号的选育及栽培技术. 河南农业, 2016 (3): 7
- [11] 张红梅, 陈华涛, 刘晓庆, 张智民, 崔晓艳, 袁星星, 顾合平, 陈新. 矮生菜豆新品种苏菜豆4号的选育. 中国蔬菜, 2016 (6): 73-75
- [12] 夏雨清, 郭艳丽, 葛善欣, 侯小超, 汪可心, 胡双虎. 油豆角新品种“长农菜豆5号”的选育. 北方园艺, 2018 (8): 207-210
- [13] 陈迪娟, 成英. 菜豆新品种: 连菜豆1号. 上海蔬菜, 2016 (3): 15-16
- [14] 夏雨清, 郭艳丽. 菜豆新品种‘长农菜豆1号’的选育及栽培技术. 中国园艺文摘, 2016 (2): 177
- [15] 张振贤. 蔬菜栽培学. 北京: 中国农业大学出版社, 2003: 235
- [16] 叶文军, 李龙, 李巧生, 钱荷富, 潜仙凤. 建德市高山菜豆品种应用现状及品种推荐. 长江蔬菜, 2017 (19): 13-14
- [17] 傅成林, 傅华娟. 高山菜豆反季节高产栽培技术. 中国农技推广, 2012 (5): 33-34
- [18] 马瑞芳, 章根儿, 李汉美, 张典勇, 丁潮洪. 蔓生菜豆新品种‘丽芸3号’的选育. 中国瓜菜, 2017, 30 (5): 21-23
- [19] 汪宝根, 吴晓花, 鲁忠富, 郑云林, 李国景. 耐热优质菜豆浙芸3号的选育. 浙江农业科学, 2011, 1 (3): 488-489
- [20] 郑阳霞, 秦耀国, 贺志群, 李焕秀, 严泽生. 加工菜豆新品种选育及栽培技术集成与示范推广. 成都: 四川农业大学. 2015
- [21] 杨海峰, 潘美红, 薛萍, 惠林冲, 缪美华, 陈振泰. 矮生菜豆新品种无筋1号的选育. 中国蔬菜, 2016 (10): 78-80
- [22] Carai M A, Fantini N, Loi B, Colombo G, Riva A, Morazzoni P. Potential efficacy of preparations deriving from *Phaseolus vulgaris* the control of appetite, energy intake, and carbohydrate metabolism. *Diabetes and Metabolism*. 2009 (2): 145-153
- [23] Chavez-santoscoy R A, Guitierrez J A, Serna-saldiver S O. Effect of flavonoids and saponins extracted from black bean (*Phaseolus vulgaris*) seed coats as cholesterol micelle disruptors. *Plant foods for Human Nutrition*, 2013, 68: 416-423
- [24] Jeon H S, Sung M K. Soybean saponins inhibit the formation of DNA adducts in colon and liver cells. *Journal of Nutrition*, 2000, 130: 687-690
- [25] 冯国军, 刘大军. 菜豆的营养价值评价与分析. 北方园艺, 2016 (24): 200-208
- [26] 刘秀根, 曾岩, 郭建华, 刘学东, 李梅, 吕彦超. 菜豆新品种‘连农架霞1号’的选育. 中国瓜菜, 2016, 29 (8): 25-27
- [27] 种业商务网. 川紫无筋豆. (2016-08-06) [2018-04-20]. http://www.chinaseed114.com/seed/12/seed_55900.html
- [28] 种业商务网. 鄂菜豆1号. (2016-06-15) [2018-04-20]. http://www.chinaseed114.com/seed/12/seed_55455.html
- [29] 中国农业部科技发展中心. 中国授权农业植物新品种 2014. 北京: 中国农业科学技术出版社, 2014: 145
- [30] 鄂成林, 石晓华, 管洪波, 张宇航, 肖静, 王喜山, 凤桐. 菜豆新品种吉菜豆4号的选育. 吉林蔬菜, 2015 (10): 39
- [31] 樊建英, 牛瑞生, 付雅丽, 赵璇. 早熟、优质、高产菜豆新品种“翠玉2号”. 蔬菜, 2009 (9): 7
- [32] 张合龙, 曹文姬, 钱伟, 冯锡刚, 徐兆生. 菜豆新品种: 丰旺. 中国蔬菜, 2015 (4): 91-92
- [33] 夏秀波, 王全华, 李素梅, 曹守军, 李涛. 菜豆新品种烟芸3号的选育及栽培技术要点. 山东农业科学, 2009 (3): 103
- [34] 程小兵, 张小杭, 陈启福. 无筋豆新品种太空架豆. 农村百事通, 2016 (11): 23
- [35] 华劲松, 戴红燕, 曲继鹏. 芸豆新品种西黑芸4号的选育及栽培技术. 种子, 2014, 6 (6): 96-98
- [36] 耿庆河. 普通菜豆籽粒大小和形状的 QTL 定位. 北京: 中国农业科学院, 2017
- [37] 刘春良, 王兰芬, 武晶, 王述民. 普通菜豆生长习性相关基因定位. 植物遗传资源学报, 2017, 18 (4): 713-719
- [38] 陈明丽, 王兰芬, 王晓鸣, 张晓艳, 王述民. 利用分子标记定位普通菜豆抗炭疽病基因. 作物学报, 2011, 37 (12): 2130-2135
- [39] 朱吉凤, 武晶, 王兰芬, 朱振东, 王述民. 菜豆普通细菌性疫病抗性基因定位. 作物学报, 2017, 43 (1): 1-8
- [40] 郝俊杰, 张晓艳, 万述伟, 李红卫, 赵爱鸿, 孙吉禄, 王珍青. 利用分子标记选择普通菜豆抗角斑病基因聚合体. 作物杂志, 2014 (6): 27-31
- [41] 吴星波, 郝俊杰, 张晓艳, 万述伟, 李红卫, 邵阳, 孙吉禄. 普通菜豆抗白粉病基因 SCAR 标记鉴定. 生物技术进展, 2013 (5): 357-362
- [42] 蒋卫杰, 邓杰, 余宏军. 设施园艺发展概况、存在问题与产业发展建议. 中国农业科学, 2015, 48 (17): 3515-3523

(收稿日期: 2018-08-13)