



# 黄淮海夏大豆品种中黄 39 在南宁的三季繁育可行性研究

郭小红<sup>1</sup>, 房裕东<sup>2</sup>, 韦清源<sup>1</sup>, 汤复跃<sup>1</sup>, 陈文杰<sup>1</sup>, 梁江<sup>1</sup>, 韩天富<sup>2</sup>, 陈渊<sup>1</sup>

(1. 广西壮族自治区农业科学院 经济作物研究所, 广西 南宁 530007; 2. 中国农业科学院 作物科学研究所, 北京 100081)

**摘要:**为检验黄淮海夏大豆在华南地区春夏秋三季快繁加代的可行性, 确定最佳播种期和收获期, 以广适大豆品种中黄 39 为材料, 于 2019 年 2 月 10 日 - 10 月 10 日, 在广西南宁进行分期播种试验, 观察其不同播期下的生育时期和农艺性状表现, 并分别于鼓粒期(R6)、生理成熟期(R7)和完熟期(R8)摘荚风干, 测定籽粒发芽率。结果表明: 中黄 39 可在广西南宁 1 年连续繁育 3 代。第一季最佳播期为 2 月中、下旬, 于 5 月中、下旬收获; 第二季最佳播期为 6 月下旬至 7 月上旬, 于 9 月中旬收获; 第三季最佳播期为 9 月中、下旬, 于 12 上、中旬收获。在生理成熟期(R7)摘荚风干后籽粒的发芽率最高, 为最佳收获时期。中黄 39 不同季度种植, 秋播时其主要农艺性状表现最好, 其次是春播, 夏播产量最低。

**关键词:**黄淮海夏大豆; 广西南宁; 快繁; 加代; 生育期

## Three Successive Generation Feasibility of Huang-Huai-Hai Summer Soybean Cultivar Zhonghuang 39 in Nanning of South China

GUO Xiao-hong<sup>1</sup>, FANG Yu-dong<sup>2</sup>, WEI Qing-yuan<sup>1</sup>, TANG Fu-yue<sup>1</sup>, CHEN Wen-jie<sup>1</sup>, LIANG Jiang<sup>1</sup>, HAN Tian-fu<sup>2</sup>, CHEN Yuan<sup>1</sup>

(1. Cash Crops Research Institute, Guangxi Academy of Agricultural Sciences, Nanning 530007, China; 2. Institute of Crop Sciences, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Beijing 100081, China)

**Abstract:** In order to test the feasibility of three successive generations including spring, summer and autumn of soybean in Huang-Huai-Hai region, and determine the optimum dates of sowing and harvest, Zhonghuang 39, a summer soybean cultivar was planted by instalments from February 10th, 2019 to October 10th, 2019 in Nanning, Guangxi. The growth stages and agronomic characteristics were observed after different sowing dates, and pods were picked and dried to determine the germination rate of seed in filling seed(R6), beginning maturity(R7) and full maturity(R8) stage respectively. The results showed that Zhonghuang 39 could breed for three generations in a year in Nanning, Guangxi. The best sowing time of the first crop was in mid-late February and harvest in the mid-late May, the best sowing and harvest dates for the second crop were from late June to early July and middle September, respectively, and those for the third crop were in mid-late September and early-mid December, respectively. The germination rate of seeds was the highest after pod picking and air drying at the beginning maturity stage(R7), which was the best harvest time. The main agronomic characters of Zhonghuang 39 were the best in autumn sowing, followed by spring and summer sowing.

**Keywords:** Summer soybean of Huang-Huai-Hai region; Nanning, Guangxi; Rapid breeding; Generation advancement; Growth stage

快繁加代是加快作物育种进程的重要手段。为加速良种繁殖, 缩短育种年限, 著名育种家吴绍骥<sup>[1]</sup>提出利用中国南方相对于北方的短日高温条件, 来实现加快作物繁殖周期的方法, 即冬繁异地加代(南繁)。通过南繁加代, 大豆、玉米、水稻等作物的育种周期可缩短 2~3 年。此外, 在冬季利用人工温室创造适宜作物生长发育的光温条件, 加速作物的生长发育, 也可以实现就地快繁加代<sup>[2-3]</sup>。Ochatt 等<sup>[4]</sup>在 16 h 光照的人工温室中实现豌豆 1 年繁殖 4 代。O'Connor 等<sup>[5]</sup>在持续光照、温度恒定的人工温室种植花生的杂种分离世代, 1 年繁殖

4 代。Williams 等<sup>[6]</sup>、Watson 等<sup>[7]</sup>在 22 h 光照的人工温室条件下, 通过提高种植密度和提前收获, 完成春小麦、硬质小麦、大麦、鹰嘴豆及豌豆 1 年 6 代、油菜 1 年 4 代的繁殖。对于短日照作物而言, Stetter 等<sup>[8]</sup>在 8 h 光照/16 h 黑暗和 30 ℃ 的条件下, 1 年繁殖谷苋 6 个世代。李芸等<sup>[9]</sup>成功在淮北利用土温池实现大豆 1 年就地繁育 2 代。孙以美<sup>[10]</sup>在黄淮海地区通过遮光缩短光照、人工控制温度等措施, 实现大豆冬季 2 代, 1 年 4 代的繁殖。吴鸣岐等<sup>[11]</sup>在河北省中、南部地区利用电热温床及日光温室创造适宜大豆生长发育的生态环境, 实现冬季就

收稿日期: 2020-05-21

基金项目: 现代农业产业技术体系建设专项(CARS-04-CES30); 广西农业科学院基本科研业务专项(桂农科 2019M24); 广西农业科学院团队项目(2015YT59); 广西自然科学基金(2019GXNSFAA185009, 2019GXNSFBA185007)。

第一作者简介: 郭小红(1985-), 男, 博士, 助理研究员, 主要从事大豆遗传育种与栽培生理研究。E-mail: kabakebang@126.com。

通讯作者: 陈渊(1971-), 男, 学士, 研究员, 主要从事大豆育种和栽培研究。E-mail: chenyan500@126.com。

地繁育 2 代。任秀荣等<sup>[12]</sup>在河南驻马店市用 6 个黄淮夏大豆杂交后代材料完成日光温室加代繁殖试验。李志辉等<sup>[13]</sup>在河南省漯河市利用日光温室进行早春加代,种子收获后于夏季露地播种,实现 1 年就地繁育 2 代。Nagatoshi 等<sup>[14]</sup>在人工温室中通过提高 CO<sub>2</sub> 浓度,实现大豆 1 年繁殖 5 代。Jahne 等<sup>[15]</sup>在补充蓝光、远红光,光周期 10 h 的人工温室中,实现 1 年繁殖 5 代。南繁和温室当地加代对加快新材料和新品种的选育具有重要意义,然而随着南繁育种的规模越来越大,海南岛面临着租地和人工成本越来越高、病虫害越来越严重等问题,同时人工温室育种工作不仅需要高成本的人工和设施,且育种规模也受到限制,因此急需开发新的技术来提高大豆育种速度。

大豆种子在鼓粒完成前就具有发芽能力,通过提前收获种子,风干数天后再次种植,可大大缩短大豆的生长周期。常从云等<sup>[16]</sup>以中黄 4 号为材料,使用摘鲜荚法在南京夏季连续种植,成功实现夏季就地种植 2 代。董华兵<sup>[17]</sup>在江汉平原地区充分利用该地区的气候、光照和积温等自然条件,在早春播种,使用摘荚法收获后播种第 2 季,研究结果表明在当地春夏季接茬种植两季是切实可行的。

广西南宁市地处北回归线附近,属亚热带季风气候,不仅夏季具有相对于黄淮海地区的短日高温条件,而且冬季无霜冻期。由此,本研究以高产广适大豆品种中黄 39 为材料,采用摘鲜荚法在广西南宁进行连续种植,以明确黄淮海夏大豆在南宁年均快繁代数,以及材料在加代过程中的最佳播种和收获时期,为黄淮海夏大豆在华南地区快繁加代提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 材料

供试材料为 MGⅣ生育期组的中黄 39,由中国农业科学院作物科学研究所选育。

1.2 试验设计

试验于 2019 年在广西农业科学院明阳基地(22°36'N,108°14'E)进行。分别于春季 2 月 10 日、2 月 22 日、3 月 5 日,夏季 6 月 1 日、6 月 10 日、6 月 20 日、7 月 2 日、7 月 10 日,秋季 9 月 10 日、9 月 20 日、10 月 1 日、10 月 10 日播种,每期播种 3 次重复,小区为 5 行区,行长 3 m,行距 40 cm,穴距 20 cm,每穴留苗 3 株。

1.3 测定项目与方法

按 Fehr 等<sup>[18]</sup>大豆生育时期分期标准记载播种

期、出苗期(VE)、始花期(R1)、鼓粒期(R6)、生理成熟期(R7)和完熟期(R8)。

分别在大豆植株达到 R6、R7 和 R8 期时摘荚置于 25~30℃的室温下风干,记录风干所需时间。脱粒后进行室内标准发芽试验<sup>[19]</sup>,调查发芽率。当植株达到 R8 期时,随机选取 10 株考察农艺性状,测定株高、分枝数、主茎节数、单株荚数、单株粒数、单株粒重和百粒重,小区收获后计算产量。

1.4 数据分析

采用 Excel 2013 进行原始数据的处理,用 SPSS 19.0 数据处理软件进行显著性检验。

2 结果与分析

2.1 不同播期种植中黄 39 的生育期变化

将中黄 39 在南宁连续 3 个季度分期种植,对生育期性状的调查结果详见表 1。

中黄 39 在春季分 3 期播种(2 月 10 日、2 月 22 日和 3 月 5 日),植株从出苗期至始花期的日数分别为 35,34 和 30 d,从出苗期至完熟期日数分别为 87,88 和 85 d,均呈逐渐缩短的趋势。植株在 5 月上、中旬达到籽粒的鼓粒期(R6);5 月中、下旬达到生理成熟期(R7);5 月下旬至 6 月初达到完熟期(R8)。

中黄 39 在夏季分 5 期播种,其中 6 月 1 日和 6 月 10 日播种的材料,由于在结荚鼓粒期间籽粒被蛱象为害,植株“症青”严重,无法观察后期的生育时期。其余 3 期播种的植株(6 月 20 日、7 月 2 日、7 月 10 日)从出苗至开花期的日数均为 31 d,无显著差异,而生育期日数分别为 88,81 和 78 d,呈逐渐下降的趋势。植株在 9 月上、中旬达到籽粒的鼓粒期(R6);9 月中旬达到生理成熟期(R7);9 月下旬达到完熟期(R8)。

中黄 39 在秋季分 4 期播种,其中 9 月 10 日和 9 月 20 日播种的植株,随着播期的延迟,出苗至开花期日数均为 28 d,无显著差异,而生育期日数分别为 78 和 89 d,呈逐渐上升的趋势。植株在 11 月中、下旬达到籽粒的鼓粒期(R6);11 月下旬至 12 月上旬达到生理成熟期(R7);12 月上、中旬达到完熟期(R8)。其余 2 个播期(10 月 1 日、10 月 10 日)播种的植株达到始花期后,籽粒鼓粒不正常,不落叶,出现不育株,甚至无法成熟。

生育期调查结果表明中黄 39 在南宁 1 年繁育 3 次是可行的。春季最佳播期为 2 月中、下旬,夏季最佳播期为 6 月下旬至 7 月上旬,秋季最佳播期为 9 月中、下旬。

表 1 中黄 39 在不同播期种植的生育时期(月-日)  
Table 1 Growth stage of Zhonghuang 39 under different sowing dates(month-day)

种植季节 Planting season	播种期 Sowing date	出苗期 VE	始花期 R1	鼓粒期 R6	生理成熟期 R7	完熟期 R8
春季 Spring	02-10	02-20	03-26	05-07	05-15	05-17
	02-22	03-01	04-03	05-12	05-20	05-27
	03-05	03-12	04-10	05-17	05-27	06-04
夏季 Summer	06-01	06-05	07-05	“症青”	“症青”	“症青”
	06-10	06-15	07-15	“症青”	“症青”	“症青”
	06-20	06-25	07-25	09-03	09-10	09-20
	07-02	07-07	08-07	09-08	09-14	09-25
	07-10	07-15	08-15	09-14	09-19	09-30
秋季 Autumn	09-10	09-15	10-12	11-10	11-22	12-01
	09-20	09-24	10-20	11-22	12-10	12-21
	10-01	10-06	11-03	12-11	未成熟	未成熟
	10-10	10-16	11-12	未成熟	未成熟	未成熟

2.2 不同生育时期摘荚对风干时间及籽粒发芽率的影响

2.2.1 风干时间 如表 2 所示,在鼓粒期(R6)采摘鲜荚,风干所需时间最长,春季和秋季播种时需要 10 d 以上,夏季需要 8 d 左右。在生理成熟期(R7)摘荚,春季和秋季播种时风干需要 7 d 左右,夏季播种时需要 5 d。在完熟期(R8)摘荚至籽粒干燥,春季和秋季播种时需要 5 d 左右,夏季播种时需

要 2 d。  
2.2.2 发芽率 如表 2 所示,生理成熟期(R7)的发芽率最高,为最佳采摘时期。不同时期大豆籽粒发芽率由高到低的顺序为生理成熟期(R7) > 完熟期(R8) > 鼓粒期(R6),除秋季播种时,生理成熟期(R7)与完熟期(R8)的发芽率无显著差异,其它各摘荚时期间差异显著。

表 2 不同生育时期摘荚风干后中黄 39 籽粒的发芽率  
Table 2 Germination rate of Zhonghuang 39 seed after pods-picking and air-drying in different growth stages

种植季节 Planting season	播种期(月-日) Sowing date(month-day)	摘荚时期 Pod picking stage	风干时间 Air dry time/d	发芽率 Germination percentage/%
春季 Spring	02-10	R6	10	64.00 c
		R7	7	98.67 a
		R8	4	94.00 b
	02-22	R6	10	66.67 c
		R7	6	96.67 a
		R8	5	90.00 b
	03-05	R6	11	63.33 c
		R7	7	97.33 a
		R8	4	84.67 b
夏季 Summer	06-20	R6	8	67.33 c
		R7	5	98.00 a
		R8	2	96.32 b
	07-02	R6	8	58.67 c
		R7	5	98.00 a
		R8	2	91.33 b
	07-10	R6	8	58.67 c
		R7	5	93.33 a
		R8	2	90.00 b

续表 2

种植季节	播种期(月-日)	摘荚时期	风干时间	发芽率
Planting season	Sowing date( month-day)	Pod picking stage	Air dry time/d	Germination percentage/%
秋季 Autumn	09-10	R6	10	62.35 b
		R7	7	95.72 a
		R8	5	95.35 a
	09-20	R6	12	68.47 b
		R7	8	93.48 a
		R8	5	92.27 ab

不同小写字母代表同一播种期不同摘荚时期间差异显著( $P\leq 0.05$ )。下同。  
Different lowercase mean significant difference ( $P\leq 0.05$ ) between different pod picking stages under the same sowing date. The same below.

2.3 不同播期种植中黄 39 主要农艺性状表现

在不同季度播种时,中黄 39 均有一定产量,但季节差异明显,其中秋季播种时产量最高、夏播时产量最低、春播居中,主要农艺性状表现如表 3 所示。

当春季播种时(2 月 10 日-3 月 5 日),随着播期的延迟,中黄 39 的株高和单株荚数呈增加趋势,而百粒重逐渐下降。单株粒数和产量在 2 月 22 日

播种时最高,2 月 10 日播种时最低。  
当夏季播种时(6 月 20 日-7 月 10 日),随着播期的推迟,株高呈先升后降的趋势,主茎节数、单株荚数、单株粒数和单株粒重逐步下降,百粒重增加,产量在 7 月 10 日播种时显著下降。

当秋季播种时(9 月 10 日-9 月 20 日),随着播期的延迟,株高、主茎节数、分枝数、单株荚数、单株粒数、单株粒重、百粒重和产量均呈下降趋势。

表 3 不同播期种植中黄 39 的主要农艺性状  
Table 3 Main agronomic characters of Zhonghuang 39 under different sowing dates

种植季节	播种期	株高	主茎节数	分枝数	单株荚数	单株粒数	单株粒重	百粒重	产量
Planting season	Sowing date( month-day)	Plant height /cm	Main node number	Branches number	Pod number per plant	Seed number per plant	Seed weight per plant/g	100-seed weight/g	Yield /(kg·hm <sup>-2</sup> )
春季	02-10	30.5 b	8.8 a	1.3 a	20.0 b	39.0 b	7.24 b	22.11 a	1539.00 b
Spring	02-22	32.1 b	9.0 a	1.3 a	23.0 a	43.7 ab	8.36 a	21.33 ab	1775.55 a
	03-05	36.3 a	9.0 a	1.2 a	22.3 a	45.4 a	8.04 ab	20.66 b	1708.95 a
夏季	06-20	31.3 b	10.6 a	0.1 b	18.6 a	34.6 a	3.77 a	14.42 a	1060.35 a
Summer	07-02	36.4 a	10.1 a	0.8 a	16.7 b	34.0 a	3.72 a	14.70 a	1060.95 a
	07-10	30.4 b	8.7 b	0.1 b	14.5 c	28.0 b	3.28 b	15.17 b	902.40 b
秋季	09-10	37.3 a	9.9 a	1.4 a	28.4 a	59.4 a	10.44 a	21.19 a	2068.50 a
Autumn	09-20	30.5 b	8.9 b	1.1 a	23.5 b	48.6 b	8.74 b	20.75 a	1857.30 b

3 讨 论

将中黄 39 在春、夏、秋 3 个季度分期种植于广西南宁,从生育期性状来看,黄淮海夏大豆材料在南宁 1 年繁育 3 次是可行的。在春播时,中黄 39 的生育期与华南春大豆基本一致。陈文杰等<sup>[20]</sup>研究表明,广西春大豆在 2 月下旬至 3 月上旬为最佳播期,在本研究中也得到了相应的印证,且 5 月下旬至 6 月初为最佳收获时期。夏播时,大豆在高温下生育期显著缩短<sup>[21]</sup>,中黄 39 的生育期为 80 d 左右。第二季于 6 月下旬至 7 月上旬播种,在 9 月中旬即可收获,然后连续种植第三季。当 9 月中、下旬秋播时,由于温度的不断下降,中黄 39 的生育期随播期的推迟呈延长趋势,且在 11 月下旬至 12 月上旬陆

续成熟。  
研究结果表明广西南宁的光热资源可以满足黄淮海夏大豆 1 年 3 季的生长发育需求,但不同季度种植需选择合适的播期以及收获时间。在春季晚播时,籽粒鼓粒成熟阶段降雨多,会导致籽粒感染紫斑病<sup>[22]</sup>,本研究中播期为 3 月 5 日时收获的种子就有表现。为了保证材料的安全收获和种子的质量,作为繁殖加代的黄淮海夏大豆材料在春播时可选择 2 月中、下旬或稍早播种,尽量在雨季来临之前收获。中黄 39 收获第一季后不可立即播种第二季。6 月至 8 月,南宁一带高温多雨,蟥象等刺吸害虫为害严重。中黄 39 在南宁 6 月上、中旬播种后,植株于 8 月份达到结荚鼓粒期,由于蟥象危害严重导致植株出现“荚而不实”的“症青”现象,严重时导

致颗粒无收,这与李文敬等<sup>[23]</sup>研究的结果一致。因此,第二季应与华南地区夏大豆同步或稍晚播种。当植株有轻微的蜡象为害时,可喷施菊酯类等化学杀虫剂进行防治<sup>[24]</sup>,或利用昆虫对颜色和光波的趋向反应对其诱杀<sup>[25]</sup>。在10月1日以后秋季播种时,大豆籽粒在11月下旬进入鼓粒期,此时南宁将会进入低温阶段,从而影响籽粒的正常生长发育<sup>[26]</sup>。若是在大豆开花时遇到低温,会引起花粉的败育<sup>[27]</sup>,在本研究中也观察到相应的不育现象,这样将会导致材料的丢失。

通过提前收获再播种的方式可加快育种进程。本研究表明,在广西南宁摘荚最佳生育时期为生理成熟期(R7)。在鼓粒期(R6)采摘鲜荚,风干籽粒的发芽率均较低,为60%左右,此情况可能与籽粒发育不完全有关。南宁空气湿度较大,若在R6期摘鲜荚,由于脱水速率慢,荚、粒极易发生霉烂,会降低种子的活力,最终影响出苗率,甚至导致材料丢失。其次,中黄39品种R6期为10d左右,而R6期摘鲜荚风干需要10d以上,所以不建议在R6期摘鲜荚快繁。本研究的第一、二季,中黄39在R7期植株均处于高温高湿环境中,种子很容易发生田间劣变<sup>[28]</sup>,从而导致R7期的种子发芽率显著高于R8期。当秋季播种时,籽粒鼓粒期间秋高气爽,空气比较干燥,所以R7与R8时期的种子发芽率差异不显著。为了保证种子的质量和种植衔接时间,可以根据情况在R7期适当喷施催熟剂<sup>[29]</sup>,促进叶片脱落和加快籽粒脱水。

中国大豆的主产区在东北和黄淮海,即北方春大豆区和黄淮海夏大豆区。东北亚春大豆生育期组范围为MG0000~IV,以MGI品种为主,其次为MGII<sup>[30-33]</sup>。黄淮海区及西北亚区生育期组范围为MGII~V,其中主要以MGIII和MGIV的品种为主,MGV品种所占比例较少<sup>[31, 34]</sup>。因此,北方春大豆较黄淮海夏大豆对温光更敏感,若种植于华南地区,其生育期会更短,所以北方春大豆也可在华南地区进行快繁加代。

4 结 论

综上所述,华南地区南宁春夏秋繁连续3次繁育,以及结合R7期提前摘荚播种技术,可大幅度加快北方春大豆和黄淮海夏大豆的育种进程。第一季的最佳播期与华南地区春大豆相同,为2月中、下旬,于5月中、下旬收获;第二季的最适种植时间为6月下旬至7月上旬,与华南地区夏大豆播期一致,在9月上、中旬收获,此季度需注重蜡象等刺吸害虫的防治,避免“症青”现象的出现;收获晾干第二季

种子后立即种植第三季,但不可在10月1日以后播种,且于12月上、中旬收获。北方春大豆和黄淮海夏大豆在华南地区进行加代,由于高温和短日照,材料生长发育相对矮小,因此可适当加大种植密度,以及加强肥水管理。

参考文献

[1] 吴绍骥. 异地培育玉米自交系在生产上利用可能性的研究[J]. 河南农学院学报, 1961(1): 16-40. (Wu S K. Study on the possibility of production utilization of maize inbred lines cultivated in different areas[J]. Journal of Henan Agricultural University, 1961(1): 16-40.)

[2] Syssoeva M I, Markovskaya E F, Shibaeva T G. Plants under continuous light; A review[J]. Plant Stress, 2010, 4(1): 5-17.

[3] 房裕东, 韩天富. 作物快速育种技术研究进展[J]. 作物杂志, 2019, 189(2): 1-7. (Fang Y D, Han T F. Research progress in speed breeding of crops[J]. Crops, 2019, 189(2): 1-7.)

[4] Ochatt S J, Sangwan R S, Marget P, et al. New approaches towards the shortening of generation cycles for faster breeding of protein legumes[J]. Plant Breeding, 2002, 121(5): 436-440.

[5] O'Connor D J, Wright G C, Dieters M J, et al. Development and application of speed breeding technologies in a commercial peanut breeding program[J]. Peanut Science, 2013, 40(2): 107-114.

[6] Williams P H, Hill C B. Rapid-cycling populations of *Brassica* [J]. American Association for the Advancement of Science, 1986, 232(4756): 1385-1389.

[7] Watson A, Ghosh S, Williams M J, et al. Speed breeding is a powerful tool to accelerate crop research and breeding[J]. Nature Plants, 2018, 4(1): 23-29.

[8] Stetter M G, Leo Z, Adrian S, et al. Crossing methods and cultivation conditions for rapid production of segregating populations in three grain amaranth species[J]. Frontiers in Plant Science, 2016, 7(816): 1-8.

[9] 李芸, 孙俊英. 淮北地区大豆就地春育加代研究[J]. 安徽农业科学, 1982, 10(2): 51-56. (Li Y, Sun J Y. Study on spring breeding and generation of north Huang-Huai-Hai region soybean in local[J]. Journal of Anhui Agricultural Sciences, 1982, 10(2): 51-56.)

[10] 孙以美. 大豆就地一年四代种植研究总结[J]. 安徽农业科学, 1982, 1(12): 61-67. (Sun Y M. Summary of four generations a year of soybean in local[J]. Journal of Anhui Agricultural Sciences, 1982, 1(12): 61-67.)

[11] 吴鸣岐, 杜连恩, 魏玉昌, 等. 大豆在塑料大棚生态环境下加代繁育的研究[J]. 山东农业科学, 2000, 32(2): 16-17. (Wu M Q, Du L N, Wei Y C, et al. Study on generation of soybean in plastic greenhouse[J]. Shandong Agricultural Sciences, 2000, 32(2): 16-17.)

[12] 任秀荣, 陈集平, 许海涛, 等. 大豆日光温室冬繁加代探讨[J]. 中国油料作物学报, 2001, 23(2): 73-78. (Ren X R, Chen J P, Xu H T, et al. Accelerating soybean breeding program by sunlight greenhouse[J]. Chinese Journal of Oil Crop Sciences, 2001, 23(2): 73-78.)

[13] 李志辉,傅豪,靳巧玲,等. 大豆日光温室加代应用研究初报[J]. 河北农业科学, 2017, 21(2): 88-91, 95. (Li Z H, Fu H, Jin Q L, et al. A preliminary study on soybean advancing generation breeding by daylighting greenhouse[J]. Journal of Hebei Agricultural Sciences, 2017, 21(2): 88-91, 95.)

[14] Nagatoshi Y, Fujita Y. Accelerating soybean breeding in a CO<sub>2</sub> supplemented growth chamber[J]. Plant and Cell Physiology, 2019, 60(1): 77-84.

[15] Jahne F, Hahn V, Wurschum T, et al. Speed breeding short-day crops by LED-controlled light schemes[J]. Theoretical and Applied Genetics, 2020, 133: 2335-2342.

[16] 常从云,韩天富. 鼓粒期大豆种子的发芽力[J]. 作物杂志, 2000(5): 6-8. (Chang C Y, Han T F. Germination of soybean in the stage of full seed[J]. Crops, 2000(5): 6-8.)

[17] 董华兵. 春大豆杂交 F<sub>2</sub> 和 F<sub>3</sub> 就地加代选育技术[J]. 湖北农业科学, 2016, 55(13): 4716-4718. (Dong H B. Breeding technique of increasing generations for spring soybean hybrid F<sub>2</sub> and F<sub>3</sub> under local conditions[J]. Hubei Agricultural Sciences, 2016, 55(13): 4716-4718.)

[18] Fehr W R, Caviness C E. Stages of soybean development[M]. Iowa: Iowa State University, 1977: 1-11.

[19] 刘文博. 大豆籽粒容重与种子萌发的相关性研究[D]. 沈阳: 沈阳农业大学, 2018: 15. (Liu W B. Correlation between bulk density and seed germination of soybeans[D]. Shenyang: Shenyang Agricultural University, 2018: 15.)

[20] 陈文杰,梁江,汤复跃,等. 不同播期对广西春大豆品种农艺性状、产量及品质的影响[J]. 大豆科学, 2015, 34(6): 993-999. (Chen W J, Liang J, Tang F Y, et al. Effects of different planting time on agronomic characters, yield and seed quality of two spring soybean varieties[J]. Soybean Science, 2015, 34(6): 993-999.)

[21] 费志宏,吴存祥,孙洪波,等. 以光周期处理与分期播种试验综合鉴定大豆品种的光温反应[J]. 作物学报, 2009, 35(8): 1525-1531. (Fei Z H, Wu C X, Sun H B, et al. Identification of photothermal responses in soybean by integrating photoperiod treatments with planting-date experiments[J]. Acta Agronomica Sinica, 2009, 35(8): 1525-1531.)

[22] 任秀荣,许海涛,吴德科,等. 不同播季和气候条件对大豆子粒品质及主要性状的影响[J]. 大豆科学, 2005, 24(1): 71-74. (Ren X R, Xu H T, Wu D K, et al. Effect of different sowing season climate on train seed quality main characters of soybean[J]. Soybean Science, 2005, 24(1): 71-74.)

[23] 李文敬,高宇,胡英露,等. 点蜂缘蝽(*Riptortus pedestris*)为害对大豆植株“症青”发生及产量损失的影响[J]. 大豆科学, 2020, 39(1): 116-122. (Li W J, Gao Y, Hu Y L, et al. Effects of the *Riptortus pedestris* on staygreen syndrome and yield of soybean[J]. Soybean Science, 2020, 39(1): 116-122.)

[24] Lim U T. Occurrence and control method of *Riptortus pedestris* (Hemiptera: Alydidae): Korean perspectives[J]. Korean Journal Applied Entomology, 2013, 52(4): 437-448.

[25] Blackmer J L, Byers J A, Rodriguez-Saona C. Evaluation of color traps for monitoring *Lygus*spp: Design, placement, height, time of day, and non-target effects[J]. Crop Protection, 2008, 27(2): 171-181.

[26] Chinnusamy V, Zhu J, Zhu J K. Cold stress regulation of gene expression in plants[J]. Trends Plant Science, 2007, 12(10): 444-451.

[27] Ohnishi S, Miyoshi T, Shirai S. Low temperature stress at different flower developmental stages affects pollen development, pollination, and pod set in soybean[J]. Environmental and Experimental Botany, 2010, 69(1): 56-62.

[28] 王芳,王丽群,田鑫,等. 中国南方春大豆收获前后种子劣变的抗性研究[J]. 中国农业科学, 2007, 40(11): 2637-2647. (Wang F, Wang L Q, Tian X, et al. Pre-harvest and post-harvest seed deterioration resistance of spring soybean germplasm in south China[J]. Scientia Agricultura Sinica, 2007, 40(11): 2637-2647.)

[29] 舒凯,孟永杰,梅林森,等. 化学催熟剂对套作大豆收获品质的影响研究[J]. 大豆科学, 2015, 34(2): 264-270. (Shu K, Meng Y J, Mei L S, et al. Studies on the effect of chemical ripeners on the characteristics for mechanized harvesting of relay cropping soybean[J]. Soybean Science, 2015, 34(2): 264-270.)

[30] 李灿东,郭泰,王志新,等. 黑龙江省主要大豆品种生育期组归属研究[J]. 中国油料作物学报, 2015, 37(2): 154-159. (Li C D, Guo T, Wang Z X, et al. Classification on maturity groups of main soybean cultivars in Heilongjiang[J]. Chinese Journal of Oil Crop Sciences, 2015, 37(2): 154-159.)

[31] 宋雯雯. 中国大豆品种生育期组的精细划分与应用[D]. 北京: 中国科学院大学, 2016: 35-46. (Song W W. Digitized classification and application of soybean variety maturity groups in China[D]. Beijing: University of Chinese Academy of Sciences, 2016: 35-46.)

[32] 郑宇宏,陈亮,范旭红,等. 吉育系列大豆品种生育期组的划分研究[J]. 大豆科学, 2016, 35(2): 201-208. (Zheng Y H, Chen L, Fan X H, et al. Classification research on maturity groups of Jiyu series soybean cultivars[J]. Soybean Science, 2016, 35(2): 201-208.)

[33] 胡兴国,宋雯雯,魏云山,等. 内蒙古自治区大豆品种生育期分组及种植区划[J]. 中国农业科学, 2016, 49(2): 260-271. (Hu X G, Song W W, Wei Y S, et al. Maturity group classification and planting regionalization of soybean varieties in the Inner Mongolia[J]. Scientia Agricultura Sinica, 2016, 49(2): 260-271.)

[34] 王大刚,胡国玉,李杰坤,等. 黄淮大豆品种(系)生育期组划分的初报[J]. 大豆科学, 2013, 32(5): 629-634. (Wang D G, Hu G Y, Li J K, et al. A preliminary report on the study of maturity group classification of soybean varieties (lines) in Huang-Huai-Hai[J]. Soybean Science, 2013, 32(5): 629-634.)