

黄淮海夏大豆引种至华南地区的特征研究

李晟涵¹, 韦清源², 汤复跃², 陈文杰², 周勋波¹, 陈渊², 郭小红^{2*}, 梁江^{2*}

(1. 广西大学农学院, 广西南宁, 530004;

2. 广西壮族自治区农业科学院经济作物研究所, 广西南宁, 530007)

摘要: 为明确黄淮海夏大豆北种南引至华南地区的适应性, 也为育成适合在华南地区的黄淮海夏大豆品种奠定基础, 以黄淮海地区北部、中部和南部育成的28个代表性夏大豆品种为材料, 采用春播和夏播的方式, 调查黄淮海夏大豆品种在广西南宁种植的生育期、农艺性状以及产量。结果表明, 黄淮海夏大豆品种在南宁种植时, 开花早于华南地区春大豆, 但不同来源品种间生育期无显著差异。与华南地区对照品种相比, 黄淮海夏大豆品种的株高和底荚高度偏矮, 主茎节数和有效分枝数少, 节间短, 抗倒能力强; 单株荚数、单株粒数和单株粒重低, 百粒重较大; 籽粒的蛋白质含量无显著差异, 脂肪含量显著高于对照品种, 但最终产量偏低。不同播期类型相比, 品种夏播生育期较春播显著缩短, 且提前开花; 株高、主茎节数、产量构成因素以及产量均降低, 但黄淮海夏大豆品种较华南地区春大豆下降幅度更大; 同时籽粒的蛋白质含量降低。黄淮海不同区域夏大豆品种在南宁种植的产量结果表明, 从北至南呈增加趋势, 且南部品种在春播时与对照品种差异不显著。因此认为, 黄淮海夏大豆可在华南地区春播; 培育品种宜重点选育光温反应钝感、营养生长期长的品种, 同时要增强耐高温耐高湿特性, 提高品种的适应能力。

关键词: 夏大豆; 黄淮海; 引种; 生育期; 农艺性状

中图分类号: S565.1 文献标识码: A 文章编号: 1007-9084(2023)03-0491-10

Agronomic characteristics of Huang-Huai-Hai summer soybean introduced to South China

LI Sheng-han¹, WEI Qing-yuan², TANG Fu-yue², CHEN Wen-jie², ZHOU Xun-bo¹, CHEN Yuan²,
GUO Xiao-hong^{2*}, LIANG Jiang^{2*}

(1. College of Agriculture, Guangxi University, Nanning 530004, China; 2. Cash Crops Research Institute, Guangxi Academy of Agricultural Sciences, Nanning 530007, China)

Abstract: In order to clarify the adaptability of northern cultivars of Huang-Huai-Hai summer soybean introduced to Nanning, Guangxi Province, and provide a basis for breeding Huang-Huai-Hai summer soybean cultivars for South China, 28 representative summer soybean cultivars in northern, central and southern of Huang-Huai-Hai region were used as materials. Growth stage characteristics, agronomic traits and yield were discussed when Huang-Huai-Hai summer soybean planted in Nanning in spring and summer. Results indicated that the flowering of summer soybeans occurred earlier than spring soybean in South China when planted in Nanning, without significant difference in growth stage. Compared with spring soybean from South China, plant height, lowest pod height and internode length were shorter, main stem nodes and branches were less, lodging resistance was stronger, and pods, seeds and seed weight per plant were lower, 100-seed weight was larger, and the final yield was lower when Huang-Huai-Hai summer soybean planted in Nanning. In seed quality, there was no significant difference in protein content, but the oil content of Huang-Huai-Hai summer soybean was significantly higher than control. Compared with spring sowing type, growth stage was significantly shorter, and flowering was earlier when cultivars sowed in summer season in Nanning, while plant height, main stem nodes, yield factors and yield decreased, but the decline of Huang-

收稿日期: 2022-04-01

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); 广西自然科学基金(2019GXNSFBA185007)

作者简介: 李晟涵(1998-), 女, 硕士研究生, 主要从事大豆栽培生理研究, E-mail: 1119874571@qq.com

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

梁江(1971-), 男, 研究员, 硕士, 主要从事大豆育种和栽培研究, E-mail: liangjiang0626@163.com

Huai-Hai summer soybean was greater than that of spring soybean of South China. Meanwhile, the seed protein content decreased under summer sowing. Among different cultivars of Huang-Huai-Hai summer soybean in various regions, the yield increased from north to south when planted in Nanning, and there was no significant difference between the southern Huang-Huai-Hai and the control cultivars in spring sowing. Therefore, Huang-Huai-Hai summer soybean could be sown in spring in South China. Bred lines should be insensitive to light and temperature, and have longer vegetative growth stage. Meanwhile, it is necessary to enhance resistance to high temperature and high humidity for better adaptability.

Key words: summer soybean; Huang-Huai-Hai region; introduce; growth stage; agronomic trait

大豆对光温十分敏感,是典型的短日照作物,单一品种适应范围较窄^[1],适应范围平均在1.0~1.5个纬度。根据引种的经验,大豆只有在生育期大体相同,即光照、生态类型相似的地区之间相互引种,或在海拔高度相差不大、温度相近的相邻纬度地区间引种,才有可能获得成功。当短日照植物大豆北种南引,在高温短日的协同作用下会导致其开花期提前,生育期缩短,植株矮小,荚粒数少,百粒重下降,导致有些品种引种后产量下降^[2-4]。光照和温度共同控制大豆花的发育,短日照下高温加速大豆花发育^[5],是对开花诱导效果最强的光温组合^[6],且不同基因型在此条件下的开花期差异会缩小^[7,8]。韩天富等利用大豆光温互作的模型提出了光周期决定大豆发育的方向,而温度决定大豆发育的速度^[9]。汪越胜^[10]通过研究不同熟期组类型大豆品种对光温的综合反应,表明光照是大豆光温反应的主导因子。费志宏等^[11]利用光周期处理和分期播种试验研究大豆品种的光温反应,结果表明无论在长日照或是短日照条件下,高温均促进开花,光周期和温度对大豆的发育存在明显互作。

为了量化大豆对光温的综合反应特性,美国科学家根据品种光温反应特性对大豆生态类型进行区域划分,逐步建立了一套大豆品种生育期组的划分方法^[10,12]。利用生育期组可以更加准确地预测大豆新品种的适宜种植区域,有利于促进广适性大品种培育和新品种推广应用,加强种质资源交换和学术交流,有利于科学制定品种布局 and 引种方案。黄淮海地区是我国仅次于东北的第二大豆产区,近年来育成了一批高产、光温反应钝感、适应性较广的品种,如中黄39、中黄306等。谢红英等^[13]于2018年引进其他地区品系到广西南宁种植,其中来自山东和河北的2个品系,其株高适宜,且产量与对照种无明显差异。说明黄淮海夏大豆经过育种家多年的遗传改良,其适应性得到了明显的改进。根据前人对黄淮海大豆品种(系)生育期归属的划分^[14-19],

其生育期组大致范围为MGⅢ-MGⅤ,多数属于MGⅢ。邱楚婵等^[20]和汤复跃等^[21]对华南三省区大豆生育期组划分的评价与研究表明,华南地区春大豆生育期组多数属于MGⅢ和MGⅣ。由此可见,黄淮海夏大豆与华南地区春大豆所属生育期组基本相近,理论上可以选择性相互引种。

当品种引种于不同生态区域种植时,受到光温影响,自身的生理生化及形态均发生改变,随之生育期性状产生差异,以致产量表达发生变化,且不同品种对环境的反应也存在差别。本试验以黄淮海不同区域代表性夏大豆品种为材料,引种于广西南宁春播和夏播,通过对其生育期性状、主要农艺性状和产量的调查,明确黄淮海夏大豆在华南地区推广种植的可行性以及农艺性状的改良方向。与此同时,研究不同生态区相近生育期组品种对环境的响应,从而研究广适性大豆品种的特性。

1 材料与方 法

1.1 品 种

黄淮海地区11所农林单位选育的28个夏大豆品种,名称及其选育单位如表1所示,按种植区域将品种划分为3组,分别为黄淮海北部、中部和南部。以华春2号(热带亚热带地区国家区域试验春大豆组对照品种)和桂春1号(广西春大豆区域试验对照品种)为对照品种。

1.2 试验设计

试验于2019年和2020年在广西农业科学院明阳基地(108°14'E, 22°36'N)进行,采取春播(2019年2月28日;2020年3月7日)和夏播(2019年7月11日;2020年7月8日)两种播期。随机区组设计,每小区5行,行长5m,行距0.4m,穴距0.2m,每穴留苗2株,每品种3次重复,密度为25万株/hm²。田间管理同当地生产水平。

1.3 测定项目

生育期:按Fehr等^[22]记录大豆的始花期和完

表1 供试品种的种植区域及其选育单位
Table 1 Planting areas and breeding institutes of tested cultivars

种植区域 Planting region	品种 Cultivar	选育单位 Breeding institute	
黄淮海北部 (东经 110°00' ~ 119°50' 北纬 35°00' ~ 41°50') Northern Huang-Huai-Hai (E 110°00'-119°50' N 35°00'-41°50')	中黄 30 Zhonghuang 30	中国农业科学院作物科学研究所 Institute of Crop Sciences, Chinese Academy of Agricultural Sciences	
	中黄 48 Zhonghuang 48		
	中黄 66 Zhonghuang 66		
	黄淮海中部 (东经 105°00' ~ 122°00' 北纬 34°00' ~ 37°00') Central Huang-Huai-Hai (E 105°00'-122°00' N 34°00'-37°00')	中黄 70 Zhonghuang 70	沧州市农林科学院 Cangzhou Academy of Agricultural and Forestry Sciences
		沧豆 6 Cangdou 6	
		沧豆 10 Cangdou 10	河北省农林科学院粮油作物研究所 Institute of Cereal and Oil Crops, Hebei Academy of Agricultural and Forestry Sciences
		沧豆 11 Cangdou 11	
		冀豆 12 Jidou 12	
		冀豆 20 Jidou 20	
黄淮海南部 (东经 112°00' ~ 120°00' 北纬 30°50' ~ 35°50') Southern Huang-Huai-Hai (E 112°00'-120°00' N 30°50'-35°50')	冀豆 21 Jidou 21	河北省农林科学院粮油作物研究所 Institute of Cereal and Oil Crops, Hebei Academy of Agricultural and Forestry Sciences	
	冀豆 17 Jidou 17	山东省农科院作物研究所 Crop Research institute, Shandong Academy of Agricultural Sciences	
	齐黄 34 Qihuang 34	济宁市农业科学研究院 Jining Academy of Agricultural Sciences	
	齐黄 35 Qihuang 35		
	山宁 16 Shanning 16		
黄淮海南部 (东经 112°00' ~ 120°00' 北纬 30°50' ~ 35°50') Southern Huang-Huai-Hai (E 112°00'-120°00' N 30°50'-35°50')	山宁 17 Shanning 17	河南省农业科学院经济作物研究所 Economic Crops Research Institute, Henan Academy of Agricultural Sciences	
	山宁 21 Shanning 21		
	郑豆 30 Zhengdou 30	商丘市农林科学院 Shangqiu Academy of Agricultural and Forestry Sciences	
	郑 1307 Zheng 1307		
	商豆 6 号 Shangdou 6	徐州市农业科学院 Xuzhou Academy of Agricultural Sciences	
	商豆 14 号 Shangdou 14		
	华南地区 (东经 104°50' ~ 117°00' 北纬 20°00' ~ 26°50') South China (E 104°50'-117°00' N 20°00'-26°50')	徐豆 14 Xudou 14	宿州市农业科学院 Suzou Academy of Agricultural Sciences
		徐豆 20 Xudou 20	
		皖宿 2156 Wansu 2156	阜阳市农业科学院 Fuyang Academy of Agricultural Sciences
		皖宿 01-15 Wansu 01-15	
阜豆 9 号 Fudou 9		安徽省农业科学院作物研究所 Crop Research Institute, Anhui Academy of Agricultural Sciences	
阜豆 13 Fudou 13			
皖 5 Wan 5			
华南地区 (东经 104°50' ~ 117°00' 北纬 20°00' ~ 26°50') South China (E 104°50'-117°00' N 20°00'-26°50')	皖豆 33 Wandou 33	广西壮族自治区农业科学院经济作物研究所 Cash Crops Research Institute, Guangxi Academy of Agricultural Sciences	
	桂春 1 号 Guichun 1		
华南地区 (东经 104°50' ~ 117°00' 北纬 20°00' ~ 26°50') South China (E 104°50'-117°00' N 20°00'-26°50')	华春 2 号 Huachun 2	华南农业大学农学院 College of Agriculture, South China Agricultural University	

熟期。

倒伏指数:于大豆成熟期收获前,按 Morrison 等^[23]方法测定每小区的倒伏级别。

农艺性状:在大豆成熟期,每小区连续收取中间行 10 株具代表性的植株进行室内考种。测定指标包括株高、底荚高、分枝数、主茎节数、单株荚数,单株粒数,单株粒重和百粒重。

产量:于大豆成熟期每小区收获中间 3 行,每行计产行长 4 米,脱粒后自然风干至恒重后称重,补入样株产量后计算小区产量,然后折算成每公顷产量。

品质:采用 DA7200 多功能近红外分析仪测定成熟籽粒的蛋白质和脂肪含量。

1.4 数据分析

采用 WPS2019 进行原始数据的处理,用 SPSS19.0 数据处理软件进行显著性检验。

2 结果与分析

2.1 生育期

黄淮海夏大豆品种于南宁种植,较对照品种提前开花,平均提前 5.2 d,但不同来源品种间生育期无显著差异(表 2)。从不同播期类型来看,所有品

种夏播较春播均提早开花,平均提前7.7 d,且生育期较春播极显著缩短,平均缩短12.4 d。

与华南地区对照品种相比,在春播条件下,黄淮海北部、中部和南部夏大豆品种分别极显著提前开花7.3 d、7.5 d和6.4 d;夏播时分别提早4.2 d、3.1 d和2.5 d。然而从生育期来看,仅黄淮海北部品种夏播时出苗至成熟天数较对照品种显著缩短2.9 d,其余来源品种在相同播期条件下均无显著差异。

不同播期类型相比,黄淮海北部、中部和南部品种夏播时,出苗至开花期天数较春播时分别极显

著缩短8.4 d、7.1 d和7.6 d,生育期分别显著缩短13.9 d、11.9 d和11.4 d;对照品种提早开花11.5 d,生育期缩短10.7 d。

2.2 农艺性状

将黄淮海夏大豆品种在南宁种植时,与华南地区对照品种相比,其株高和底荚高度偏小,主茎节数和有效分枝数少,节间长度短,抗倒伏能力强(表3)。黄淮海北部、中部和南部品种的株高、底荚高度,主茎节数、节间长度、有效分枝数呈递增的趋势。从不同播期类型来看,所有品种夏播时以上农艺性状均较春播时降低。

表2 黄淮海夏大豆品种于南宁种植的生育期性状

Table 2 Growth stage characters of Huang-Huai-Hai summer soybean cultivars planted in Nanning

种植区域 Planting region	品种 Cultivar	营养生长期 Vegetative growth stage /d			生育期 Growth stage /d		
		春播	夏播	平均	春播	夏播	平均
		Spring sowing	Summer sowing	Average	Spring sowing	Summer sowing	Average
黄淮海北部 Northern Huang-Huai-Hai	中黄30 Zhonghuang 30	30.5	22.5	26.5	87.0	76.0	81.5
	中黄48 Zhonghuang 48	31.5	24.0	27.8	89.5	75.5	82.5
	中黄66 Zhonghuang 66	30.5	24.0	27.3	90.5	77.5	84.0
	中黄70 Zhonghuang 70	31.5	23.5	27.5	90.5	77.0	83.8
	沧豆6 Cangdou 6	31.5	23.5	27.5	92.5	78.0	85.3
	沧豆10 Cangdou 10	32.5	23.5	28.0	92.0	78.5	85.3
	沧豆11 Cangdou 11	34.0	23.5	28.8	92.5	80.0	86.3
	冀豆12 Jidou 12	34.5	24.5	29.5	91.0	75.5	83.3
	冀豆20 Jidou 20	32.0	23.5	27.8	92.0	75.5	83.8
	冀豆21 Jidou 21	31.5	23.5	27.5	90.5	76.0	83.3
	平均 Average	32.0 bB	23.6 cC	27.8 cC	90.8 aA	76.9 bA	83.9 bA
黄淮海中部 Central Huang-Huai-Hai	冀豆17 Jidou 17	31.0	23.5	27.3	93.5	78.5	86.0
	齐黄34 Qihuang 34	31.5	25.5	28.5	92.0	77.0	84.5
	齐黄35 Qihuang 35	32.0	25.0	28.5	93.0	83.0	88.0
	山宁16 Shanning 16	32.0	24.5	28.3	92.0	81.5	86.8
	山宁17 Shanning 17	33.0	25.0	29.0	93.5	82.0	87.8
	山宁21 Shanning 21	31.0	25.0	28.0	87.0	77.5	82.3
	平均 Average	31.8 bB	24.7 bB	28.3 cC	91.8 aA	79.9 aA	85.9 aA
黄淮海南部 Southern Huang-Huai-Hai	郑豆30 Zhengdou 30	35.5	26.0	30.8	94.0	79.0	86.5
	郑1307 Zheng 1307	33.0	25.5	29.3	91.5	81.0	86.3
	商豆6号 Shangdou 6	35.0	25.5	30.3	94.0	82.5	88.3
	商豆14号 Shangdou 14	31.5	24.0	27.8	91.0	82.5	86.8
	徐豆14 Xudou 14	32.5	24.0	28.3	91.5	79.0	85.3
	徐豆20 Xudou 20	32.0	23.5	27.8	90.5	79.5	85.0
	皖宿2156 Wansu 2156	32.0	24.5	28.3	91.5	77.0	84.25
	皖宿01-15 Wansu 01-15	33.0	25.5	29.3	92.0	78.0	85.0
	阜豆9号 Fudou 9	32.0	25.5	28.8	85.0	78.5	81.8
	阜豆13 Fudou 13	32.5	26.0	29.3	86.5	78.5	82.5
	皖5 Wan 5	32.5	26.5	29.5	95.0	83.5	89.3
皖豆33 Wandou 33	34.0	26.5	30.3	93.5	79.5	86.5	
	平均 Average	32.9 bB	25.3 bB	29.1 bB	91.3 aA	79.9 aA	85.6 aA
华南地区 South China	桂春1号 Guichun 1	41.0	28.5	34.8	88.0	78.0	83.0
	华春2号 Huachun 2	37.5	27.0	32.3	93.0	81.5	87.3
	平均 Average	39.3 aA	27.8 aA	33.6 aA	90.5 aA	79.8 aA	85.2 abA

注:同列不同来源品种平均值相比较,大小写字母分别表示1%和5%水平差异显著。下同

Note: Compare the average of varieties from different regions in the same column, capital and small letters in the same row indicate significance at the 1% and 5% levels respectively. Same as below

表3 黄淮海夏大豆品种于南宁种植的主要农艺性状
Table 3 Main agronomic traits of Huang-Huai-Hai summer soybean cultivars planted in Nanning

种植区域 Planting region	品种 Cultivar	株高 Plant height/cm			底荚高度 Lowest pod height/cm			主茎节数 Main stem nodes			节间长度 Internode length/cm			有效分枝数 Branches			倒伏指数 Lodging index			
		春播 Spring sowing	夏播 Summer sowing	平均 Average	春播 Spring sowing	夏播 Summer sowing	平均 Average	春播 Spring sowing	夏播 Summer sowing	平均 Average	春播 Spring sowing	夏播 Summer sowing	平均 Average	春播 Spring sowing	夏播 Summer sowing	平均 Average	春播 Spring sowing	夏播 Summer sowing	平均 Average	
		39.2	22.3	30.8	6.3	5.0	5.7	11.2	7.6	9.4	3.5	2.9	3.2	0.6	0.4	0.5	1.4	1.2	1.3	
黄淮海北部 Northern Huang-Huai	中黄30 Zhonghuang 30	39.2	22.3	30.8	6.3	5.0	5.7	11.2	7.6	9.4	3.5	2.9	3.2	0.6	0.4	0.5	1.4	1.2	1.3	
	中黄48 Zhonghuang 48	24.2	17.4	20.8	5.2	4.9	5.1	10.0	7.8	8.9	2.4	2.2	2.3	1.5	0.9	1.2	1.5	1.2	1.4	
	中黄66 Zhonghuang 66	21.5	16.0	18.8	5.4	3.5	4.5	8.7	5.7	7.2	2.5	2.7	2.6	1.4	0.9	1.2	1.5	1.2	1.4	
	中黄70 Zhonghuang 70	30.5	21.5	26.0	7.2	5.8	6.5	8.9	7.6	8.3	3.5	2.8	3.2	1.8	0.9	1.4	1.2	1.2	1.2	
	沧豆6 Cangdou 6	27.8	23.7	25.8	5.1	4.8	4.9	9.5	7.3	8.4	2.9	3.3	3.1	1.9	1.6	1.8	1.2	1.2	1.2	
	沧豆10 Cangdou 10	57.1	46.8	51.9	7.1	6.2	6.7	14.6	10.9	12.8	3.9	4.3	4.1	2.2	1.5	1.9	1.5	1.4	1.5	
	沧豆11 Cangdou 11	44.4	20.3	32.4	9.4	4.4	6.9	10.2	7.9	9.1	4.1	2.6	3.4	2.5	1.7	2.1	1.5	1.2	1.4	
	冀豆12 Jidou 12	33.6	20.9	27.3	6.8	5.0	5.9	9.9	7.9	8.9	3.4	2.6	3.0	3.2	2.8	3.0	1.2	1.2	1.2	
	冀豆20 Jidou 20	31.1	25.9	28.5	6.6	5.7	6.2	10.2	8.5	9.4	3.0	3.0	3.0	3.0	2.4	2.7	1.2	1.2	1.2	
	冀豆21 Jidou 21	28.5	22.4	25.5	5.9	5.8	5.9	9.7	7.7	8.7	2.9	2.9	2.9	2.9	2.2	2.6	1.2	1.2	1.2	
平均 Average	33.8eB	23.7eB	28.8eC	6.5bB	5.1bcB	5.8eB	10.3bB	7.9eB	9.1eB	3.2eB	2.9eB	3.1eC	2.1bB	1.5bB	1.8bB	1.3bB	1.2bB	1.2bB	1.3bB	
黄淮海中部 Central Huang-Huai	冀豆17 Jidou 17	62.2	33.2	47.7	7.3	5.1	6.2	14.4	9.2	11.8	4.3	3.6	3.9	3.0	2.1	2.6	1.2	1.2	1.2	
	齐黄34 Qihuang 34	32.1	22.7	27.4	7.7	5.2	6.5	9.2	8.3	8.8	3.1	2.7	2.9	0.8	0.5	0.7	1.5	1.2	1.4	
	齐黄35 Qihuang 35	31.6	20.3	25.9	6.4	4.6	5.5	10.4	6.9	8.7	3.0	2.9	2.9	2.3	1.4	1.9	1.2	1.2	1.2	
	山宁16 Shanning 16	31.9	26.1	29.0	8.2	5.4	6.8	9.6	7.8	8.7	3.3	3.3	3.3	1.4	0.9	1.2	1.4	1.2	1.3	
	山宁17 Shanning 17	30.0	19.3	24.7	5.8	4.6	5.2	8.9	7.1	8.0	3.3	2.4	2.9	2.5	1.8	2.2	1.2	1.2	1.2	
	山宁21 Shanning 21	30.0	19.5	24.8	6.1	3.3	4.7	9.8	7.6	8.7	3.4	2.5	2.9	1.5	0.6	1.1	1.2	1.2	1.2	
	平均 Average	36.3beB	23.5eB	29.9eC	6.9bB	4.7eB	5.8eB	10.4bB	7.8eB	9.1eB	3.4beB	2.9eB	3.2eC	1.9bB	1.2bB	1.6bB	1.3bB	1.2bB	1.2bB	1.3bB
	郑豆30 Zhengdou 30	42.5	33.1	37.8	7.7	6.4	7.1	11.7	8.9	10.3	3.6	3.7	3.7	1.6	0.9	1.3	1.2	1.2	1.2	
	郑1307 Zheng 1307	50.4	34.4	42.4	10.8	7.4	9.1	11.9	9.4	10.7	4.2	3.7	3.9	2.8	2.1	2.5	1.5	1.2	1.4	
	商豆6号 Shangdou 6	53.1	29.1	41.1	11.0	6.6	8.8	13.2	9.3	11.3	4.0	3.1	3.6	2.1	1.7	1.9	1.5	1.2	1.4	
商豆14号 Shangdou 14	32.7	23.9	28.3	6.9	5.3	6.1	9.0	7.2	8.1	3.6	3.3	3.5	1.6	0.9	1.3	1.2	1.2	1.2		
黄淮海南部 Southern Huang-Huai	徐豆14 Xudou 14	41.9	31.7	36.8	6.4	5.5	5.9	9.9	8.8	9.4	4.2	3.6	3.9	3.1	2.3	2.7	1.4	1.2	1.3	
	徐豆20 Xudou 20	33.8	23.3	28.6	5.1	5.1	5.1	9.3	7.9	8.6	3.6	2.9	3.3	2.8	1.5	2.2	1.4	1.2	1.3	
	皖宿2156 Wansu 2156	35.9	32.8	34.4	6.9	6.0	6.5	10.5	8.9	9.7	3.4	3.7	3.6	2.1	1.5	1.8	1.5	1.2	1.4	
	皖宿01-15 Wansu 01-15	46.8	38.5	42.7	10.6	7.3	8.9	11.9	10.0	10.9	3.9	3.9	3.9	3.9	1.9	2.1	1.6	1.2	1.4	
	阜豆9号 Fudou 9	48.7	35.6	42.2	8.5	5.8	7.2	12.2	9.1	10.7	3.9	3.9	3.9	3.3	1.6	2.5	1.5	1.2	1.4	
	阜豆13 Fudou 13	39.2	26.1	32.7	7.6	4.3	5.9	11.2	8.4	9.8	3.5	3.1	3.3	1.6	0.8	1.2	1.2	1.2	1.2	
	皖5 Wan 5	54.6	38.9	46.8	7.2	5.8	6.5	13.2	10.3	11.8	4.1	3.8	3.9	2.4	0.8	1.6	1.5	1.2	1.4	
	皖豆33 Wandou 33	50.2	36.4	43.3	10.6	7.3	8.9	11.6	10.0	10.8	4.3	3.6	3.9	2.5	2.4	2.5	1.5	1.2	1.4	
	平均 Average	44.2bB	31.9bB	38.1bB	8.3bAB	6.1bB	7.2bB	11.3bAB	9.0bB	10.2bB	3.9bAB	3.5bAB	3.7bB	2.4bB	1.5bB	2.0bB	1.4bB	1.2bB	1.2bB	1.3bB
	华南地区 South China	桂春1号 Guichun 1	65.8	57.1	61.5	13.6	10.6	12.1	13.8	12.4	13.1	4.8	4.6	4.7	4.8	3.7	4.3	4.3	3.6	3.9
华春2号 Huachun 2		47.5	36.2	41.9	8.2	6.8	7.5	11.8	10.6	11.2	4.0	3.4	3.7	4.8	3.7	4.3	1.8	1.2	1.5	
平均 Average		56.7aA	46.6aA	51.7aA	10.9aA	8.7aA	9.8aA	12.8aA	11.5aA	12.2aA	4.4aA	4.0aA	4.2aA	4.8aA	3.7aA	4.3aA	3.1aA	2.4aA	2.8aA	

与华南地区对照品种相比,黄淮海北部、中部和南部夏大豆品种,株高在春播时分别极显著小22.9 cm、20.4 cm和12.5 cm,夏播时矮22.9 cm、23.1 cm和14.7 cm;底荚高度春播时极显著小4.4 cm、4.0 cm和2.6 cm,夏播时矮3.6 cm、4.0 cm和2.6 cm;主茎节数春播时极显著少2.5节、2.4节和1.5节,夏播时少3.6节、3.7节和2.5节;节间长度春播时极显著短1.2 cm、1.0 cm和0.5 cm,夏播时短1.1 cm、1.1 cm和0.5 cm;有效分枝数春播时极显著少2.7个、2.9个和2.4个,夏播时少2.2个、2.5个和2.2个。无论春播还是夏播,黄淮海夏大豆品种的倒伏指数均极显著小于华南地区对照种。在两种播期条件下,黄淮海南部品种的株高、主茎节数和节间长度均大于北部品种,尤其在夏播时差异更为明显。

不同播期类型相比,黄淮海北部、中部和南部,以及对照品种在夏播时,其株高较春播时分别极显著降低10.1 cm(29.88%)、12.8 cm(35.26%)、12.3 cm(27.83%)和10.1 cm(17.81%);底荚高度极显著降低1.4 cm(21.54%)、2.2 cm(31.88%)、2.2 cm(26.51%)和2.2 cm(20.18%);主茎节数极显著减少2.4节(23.30%)、2.6节(25.00%)、2.3节(20.35%)和1.3节(10.16%);节间长度极显著缩短0.3 cm(9.38%)、0.5 cm(14.71%)、0.4 cm(10.26%)和0.4 cm(9.09%);有效分枝数极显著减少0.6个(28.57%)、0.7个(36.84%)、0.9个(37.50%)和1.1个(22.92%)。

2.3 产量及构成因素

黄淮海夏大豆品种在南宁种植,其单株荚数、单株粒数和单株粒重均少于对照品种,而百粒重偏大,但产量较低(表4)。不同播期类型相比,所有品种夏播时的产量及产量构成因素均较春播时下降。

与对照种相比,在春播条件下,黄淮海北部和中部品种的单株荚数极显著少21.1个(35.34%)和27.8个(46.57%),单株粒数极显著低39.6个(31.88%)和50.3个(40.50%),单株粒重显著少3.4 g(19.43%)和6.0 g(34.29%),以及产量显著低763.4 kg/hm²(25.85%)和979.6 kg/hm²(33.17%),而与南部品种无显著差异。在夏播条件下,与对照品种相比,黄淮海北部、中部和南部品种的单株荚数分别极显著低14.7个(35.34%)、16.7个(40.14%)和11.3个(27.16%),单株粒数极显著少36.2个(38.97%)、35.3个(38.00%)和29.1个(31.32%),单株粒重显著低5.0 g(32.05%)、6.9 g

(44.23%)和3.5 g(22.44%),以及产量极显著低863.3 kg/hm²(31.66%)、1204.6 kg/hm²(44.17%)和602.8 kg/hm²(22.10%)。无论春播还是夏播,黄淮海夏大豆品种的百粒重均极显著大于对照品种。

不同播期类型相比,黄淮海北部、中部和南部,以及对照品种夏播时的产量及产量构成因素均较春播时极显著降低,单株荚数分别下降11.7个(30.31%)、7.0个(21.94%)、19.2个(38.79%)和18.1个(30.32%);单株粒数分别降低27.9个(32.98%)、16.3个(22.06%)、41.6个(39.47%)和31.3个(25.20%);单株粒重分别下降3.5 g(24.82%)、2.8 g(24.35%)、3.2 g(20.92%)和1.9 g(10.86%);百粒重分别下降4.1 g(17.90%)、3.3 g(19.05%)、2.6 g(11.61%)和3.5 g(19.02%);以及产量分别降低326.4 kg/hm²(14.90%)、451.5 kg/hm²(22.87%)、518.5 kg/hm²(19.73%)和226.5 kg/hm²(7.67%)。

2.4 品质

黄淮海夏大豆品种于南宁种植,无论春播或夏播,其蛋白质含量较对照品种无显著差异(表5)。不同播期类型相比,所有来源品种夏播时的蛋白质含量较春播时均极显著下降。

黄淮海夏大豆品种在南宁种植的脂肪含量均较对照品种高。不同播期类型相比,所有品种脂肪含量无显著变化。

3 讨论与结论

生育期是大豆对光温反应的综合表现,是最重要的适应性生态指标,决定大豆品种的适应范围^[24]。大豆作为短日照作物,生育期与开花前日照长度正相关^[11]。当黄淮海夏大豆品种引入广西南宁春播时,由于春季多雨寡照,以及昼长缩短,导致品种的生育期较原推广种植区域显著缩短。自然界的光照和温度共同影响着大豆的开花^[25],且短日高温互作对生育期日数的缩短影响最为严重^[3]。华南地区夏大豆整个生育期均处于高温季节,当黄淮海夏大豆在南宁夏播后,由于短日高温的双重作用,使得其生育期较春播时进一步缩短。在相同播期类型条件下,虽然黄淮海夏大豆与华南地区春大豆的生育期无明显差异,但其营养生长期短,提前开花。

生育期性状是影响大豆植株形态建成的重要因素,从而导致大豆的产量表达发生变化。大豆的生育期直接影响其株高、分枝数、荚粒数等农艺性状^[26]。从生育期结构来看,具有较长营养生长期

表4 黄淮海夏大豆品种于南宁种植的产量性状
Table 4 Yield of Huang-Huai-Hai summer soybean cultivars planted in Nanning

种植区域 Planting region	品种 Cultivar	单株荚数 Pods per plant			单株粒重 Seeds per plant			单株粒重 100-seed weight /g			产量 Yield / (kg/hm ²)				
		春播 Spring sowing	夏播 Summer sowing	平均 Average	春播 Spring sowing	夏播 Summer sowing	平均 Average	春播 Spring sowing	夏播 Summer sowing	平均 Average	春播 Spring sowing	夏播 Summer sowing	平均 Average		
黄淮海北部 Northern Huang-Huai-Hai	中黄30 Zhonghuang 30	35.3	22.3	28.8	79.9	48.3	64.1	10.3	7.3	8.8	19.6	18.4	2039.9	1633.4	1836.7
	中黄48 Zhonghuang 48	31.8	27.1	29.5	76.8	59.7	68.3	8.8	6.8	7.8	21.7	17.0	1441.2	1195.9	1318.6
	中黄66 Zhonghuang 66	20.6	17.6	19.1	47.6	39.5	43.6	10.1	8.3	9.2	19.9	16.1	1759.5	1458.4	1608.9
	中黄70 Zhonghuang 70	34.2	20.1	27.2	73.9	44.4	59.2	13.7	8.3	11.0	20.4	17.2	2001.5	1683.4	1842.5
	沧豆6 Cangdou 6	43.4	33.6	38.5	80.2	62.9	71.6	13.9	11.5	12.7	22.6	20.7	2075.0	1812.5	1943.8
	沧豆10 Cangdou 10	46.8	27.3	37.1	117.1	66.9	92.0	18.4	14.7	16.6	24.4	19.6	2259.5	2016.7	2138.1
	沧豆11 Cangdou 11	51.1	31.33	41.2	109.6	62.5	86.1	17.7	12.2	14.9	19.8	15.5	2862.9	2204.2	2533.6
	冀豆20 Jidou 20	45.1	36.4	40.8	94.8	75.1	84.9	16.5	14.0	15.3	24.5	20.3	2541.9	2450.1	2496.0
	冀豆21 Jidou 21	42.3	27.3	34.8	87.6	53.8	70.7	18.5	13.8	16.2	27.9	21.4	2806.2	2420.9	2613.6
	冀豆21 Jidou 21	35.9	26.7	31.3	79.1	55.6	67.4	13.2	9.5	11.4	28.5	21.5	2114.5	1762.6	1938.6
	平均 Average	38.6bBC	26.9bB	32.8cBC	84.6bcB	56.7bB	70.7 cBC	14.1bcAB	10.6bcB	12.4bBC	22.9aA	18.8aA	2190.2bAB	1863.8bcB	2027.0bcBC
黄淮海中部 Central Huang-Huai-Hai	冀豆17 Jidou 17	40.4	30.3	35.4	94.9	69.1	82.0	14.2	10.2	12.2	18.8	15.4	2137.6	1679.2	1908.4
	齐黄34 Qihuang 34	28.9	21.9	25.4	70.4	54.6	62.5	12.5	9.5	11.0	25.8	20.1	1934.0	1562.5	1748.3
	齐黄35 Qihuang 35	38.8	27.6	33.2	85.2	62.6	73.9	11.9	8.8	10.4	18.7	16.5	2069.5	1545.9	1807.7
	山宁16 Shanming 16	27.2	22.2	24.7	67.3	53.2	60.3	9.9	7.5	8.7	25.1	20.6	1839.8	1422.5	1631.2
	山宁17 Shanming 17	35.9	29.9	32.9	77.3	61.2	69.3	10.9	10.0	10.5	19.5	17.8	2093.1	1650.0	1871.6
	山宁21 Shanming 21	20.2	17.9	19.1	48.3	45.0	46.7	9.5	6.2	7.9	20.6	18.3	1770.0	1275.0	1522.5
	平均 Average	31.9bC	24.9bB	28.4cC	73.9 cB	57.6bB	65.8cC	11.5cB	8.7cB	10.1cC	21.4aA	18.1aA	1974.0bB	1522.5cB	1748.3cC
	郑豆30 Zhengdou 30	42.5	25.9	34.2	95.3	58.3	76.8	14.5	10.8	12.7	20.9	18.5	2620.7	2120.9	2370.8
	郑1307 Zheng 1307	64.1	31.5	47.8	124.2	61.1	92.7	16.8	12.5	14.7	21.9	18.2	2849.7	2412.5	2631.1
	商豆6号 Shangdou 6	63.7	41.5	52.6	141.2	88.4	114.8	13.1	11.0	12.1	20.5	17.9	2822.3	2425.0	2623.7
商豆14号 Shangdou 14	41.3	21.6	31.5	95.5	49.1	72.3	12.9	9.7	11.3	20.5	17.8	2770.8	2066.7	2418.8	
黄淮海南部 Southern Huang-Huai-Hai	徐豆14 Xudou 14	51.1	31.9	41.5	119.1	71.6	95.4	15.3	12.2	13.8	23.3	20.7	2669.9	2279.2	2474.6
	徐豆20 Xudou 20	44.2	32.6	38.4	86.8	62.3	74.6	17.3	13.8	15.6	20.8	21.2	2717.3	2070.9	2394.1
	皖宿2156 Wansu 2156	42.8	36.1	39.5	91.5	78.8	85.2	15.6	11.5	13.6	22.6	19.2	2349.3	1862.6	2105.9
	皖宿01-15 Wansu 01-15	37.5	27.3	32.4	84.9	66.6	75.8	17.9	14.3	16.1	24.3	22.3	2639.3	2012.6	2325.9
	阜豆9号 Fudou 9	67.1	35.5	51.3	142.4	73.2	107.8	17.1	14.5	15.8	20.3	16.6	2826.5	2258.4	2542.5
	阜豆13 Fudou 13	50.8	28.1	39.5	106.1	57.9	82.0	13.9	11.0	12.5	23.2	20.1	2356.7	1800.0	2078.4
	皖5 Wansu 5	49.4	27.6	38.5	92.1	49.8	70.9	14.5	11.5	13.0	25.6	23.3	2543.9	2187.5	2365.7
	皖豆33 Wandou 33	40.2	23.9	32.1	85.4	48.4	66.9	15.2	12.8	14.0	25.4	21.7	2547.2	1995.9	2271.6
	平均 Average	49.5aAB	30.3bB	39.9bB	105.4abAB	63.8bB	84.6bB	15.3 abAB	12.1 bAB	13.7bB	22.4 aA	19.8aA	2642.8abAB	2124.3bAB	2383.6bAB
	华南地区 South China	桂春1号 Guichun 1	61.6	51.1	56.4	130.6	116.4	123.5	16.9	14.3	15.6	16.5	12.7	2893.5	2608.4
华春2号 Huachun 2		57.8	32.1	44.9	117.8	69.5	93.7	18.1	16.8	17.5	20.4	17.1	3013.6	2845.9	2929.8
平均 Average		59.7aA	41.6aA	50.7aA	124.2aA	92.9aA	108.4aA	17.5aA	15.6aA	16.6aA	18.4bB	14.9bB	2953.6aA	2727.1aA	2840.4aA

表5 黄淮海夏大豆品种在南宁种植的品质性状

Table 5 Quality of Huang-Huai-Hai summer soybean cultivars planted in Nanning

种植区域 Planting region	品种 Cultivar	蛋白质含量 Protein content /%			脂肪含量 Oil content /%		
		春播 Spring sowing	夏播 Summer sowing	平均 Average	春播 Spring sowing	夏播 Summer sowing	平均 Average
黄淮海北部 Northern Huang-Huai-Hai	中黄 30 Zhonghuang 30	43.44	40.86	42.15	22.04	21.85	21.95
	中黄 48 Zhonghuang 48	44.48	41.59	43.04	20.73	22.28	21.51
	中黄 66 Zhonghuang 66	41.58	39.58	40.58	19.79	20.29	20.04
	中黄 70 Zhonghuang 70	42.35	40.29	41.32	21.29	21.49	21.39
	沧豆 6 Cangdou 6	43.66	41.77	42.72	22.18	22.59	22.385
	沧豆 10 Cangdou 10	44.17	42.22	43.19	22.26	22.5	22.38
	沧豆 11 Cangdou 11	43.99	43.53	43.76	21.44	22.98	22.21
	冀豆 12 Jidou 12	42.96	42.53	42.75	21.65	21.04	21.35
	冀豆 20 Jidou 20	43.63	41.54	42.59	21.12	22.01	21.57
	冀豆 21 Jidou 21	43.79	42.41	43.10	21.63	21.71	21.67
	平均 Average	43.40 aA	41.63 aA	42.52 aA	21.41 bB	21.87 aAB	21.64 bAB
黄淮海中部 Central Huang-Huai-Hai	冀豆 17 Jidou 17	41.43	39.43	40.43	23.61	23.7	23.66
	齐黄 34 Qihuang 34	44.35	42.11	43.23	22.85	22.58	22.72
	齐黄 35 Qihuang 35	41.54	39.67	40.61	22.62	23.58	23.10
	山宁 16 Shanning 16	45.86	42.79	44.33	21.93	20.41	21.17
	山宁 17 Shanning 17	43.32	41.67	42.49	23.01	22.98	22.99
	山宁 21 Shanning 21	44.55	41.55	43.05	21.87	18.87	20.37
	平均 Average	43.51 aA	41.20 aA	42.36 aA	22.65 aA	22.02 aA	22.34 aA
黄淮海南部 Southern Huang-Huai-Hai	郑豆 30 Zhengdou 30	42.89	42.37	42.63	21.91	21.22	21.57
	郑 1307 Zheng 1307	43.29	41.8	42.55	20.42	20.57	20.49
	商豆 6 号 Shangdou 6	43.62	41.08	42.35	21.89	22.24	22.07
	商豆 14 号 Shangdou 14	42.92	41.07	41.99	21.49	21.45	21.47
	徐豆 14 Xudou 14	42.47	41.75	42.11	21.1	21.45	21.28
	徐豆 20 Xudou 20	43.05	42.38	42.72	21.17	21.67	21.42
	皖宿 2156 Wansu 2156	43.38	41.54	42.46	20.36	20.57	20.47
	皖宿 01-15 Wansu 01-15	43.62	43.01	43.32	19.93	20.31	20.12
	阜豆 9 号 Fudou 9	42.83	40.69	41.76	22.22	21.87	22.05
	阜豆 13 Fudou 13	43.98	42.24	43.11	21.42	22.29	21.86
	皖 5 Wan 5	43.69	41.58	42.64	21.34	21.29	21.32
	皖豆 33 Wandou 33	42.51	41.30	41.91	21.43	21.05	21.24
		平均 Average	43.19 aA	41.74 aA	42.47 aA	21.22 bcB	21.33 abAB
华南地区 South China	桂春 1 号 Guichun 1	40.57	39.13	39.85	21.77	21.23	21.50
	华春 2 号 Huachun 2	45.64	43.69	44.67	19.36	20.22	19.79
	平均 Average	43.11 aA	41.41 aA	42.26 aA	20.57 cB	20.73 bB	20.65 cC

品种往往植株较高,单株荚数和单株粒数较多,而生殖生长期长的品种一般百粒重较高^[27]。所引的黄淮海夏大豆品种在南宁种植时,均表现为典型的有限结荚习性,开花后植株的营养生长基本停滞。由于黄淮海夏大豆较华南地区春大豆提前开花,导致其株高和底荚高度偏矮,主茎节数和有效分枝数少,以及单株荚数、单株粒数和单株粒重均小于华南地区春大豆对照品种,而百粒重较大,最终产量偏低。从而证明,在相同生育期条件下,大豆产量

与生育期前期关系更大,而与生育后期关系偏小^[28]。来自黄淮海不同区域的夏大豆品种相比较,从北至南,品种的株高、底荚高度,主茎节数、节间长度和有效分枝数呈递增的趋势,且黄淮海南部品种在南宁春播时,其产量与对照品种无显著差异,说明黄淮海南部品种更为适应华南地区环境,这可能与黄淮海南部地区生态条件更接近华南地区有关。所有品种在南宁夏播时,由于高温和短日的双重效应,生育期明显缩短,导致品种的产量较春播时急

剧降低,但黄淮海夏大豆品种较华南地区对照品种下降幅度更大。总的来说,黄淮海夏大豆品种的光温敏感性要高于华南地区春大豆,是其种植于华南地区产量偏低的主要原因,这与宋雯雯^[19]的研究结果相一致。

大豆品质性状除了受到遗传因素的影响外,还与生长发育过程中的光照、温度、水分等气象因子及其栽培措施和土壤条件等有着密切关系^[29-31]。当黄淮海夏大豆品种引入南宁种植后,与当地审定时的品质相比,春播时蛋白质和脂肪含量均有上升;夏播时蛋白质含量下降,而脂肪含量上升。夏播与春播相比,所有品种的蛋白质含量降低,脂肪含量无显著变化。李卫东等^[32]研究表明,幼苗期较大的温差和分枝期较多的日照,以及花荚期和鼓粒成熟期较长的日照、较小的昼夜温差有利于大豆蛋白质含量上升。华南地区春播大豆在营养生长期温度较低,昼夜温差大,而当进入生殖生长后高温且昼夜温差小,这有可能是黄淮海夏大豆在南宁春种时蛋白质含量升高的主要原因。众多研究表明,大豆发育过程中日平均气温与蛋白含量正相关,而与脂肪含量负相关^[33-35]。此类研究大多在相同播期类型、相近生态区域条件下进行,其生育期未发生根本改变。当黄淮海夏大豆夏播于南宁时,全生育期处于高温条件且昼夜温差小,使得生育期极度缩短,生物积累量显著降低,从而导致蛋白质含量下降,脂肪含量升高。同时通过比较同一品种在南宁不同播期类型的品质,也得到相同结果,即夏播时较春播蛋白质含量下降。

大豆品种在适宜的生态区域内其农艺性状才能充分表达,获得较高的产量。反之,则可能生长发育受阻,抗性差,产量偏低^[24]。黄淮海夏大豆北种南引至华南地区,除产量降低外,春播收获的籽粒紫斑严重,春播和夏播时均会发生籽粒皱缩。黄淮海夏大豆在当地收获季节相对低温干燥,品种对紫斑病的抗性未进行严格自然筛选,而当春播于华南地区时,由于成熟期的高温高湿,更易引起紫斑病侵染^[36]。籽粒皱缩主要因鼓粒期高温引起^[37],特别是黄淮海北部品种尤为严重。由此可见,黄淮海夏大豆品种引种至华南地区时要关注对高温高湿环境的适应能力。

综上所述,黄淮海夏大豆品种的生育期与华南地区春大豆相近,可在华南地区春播,其中黄淮海南部品种表现相对较好。但是黄淮海夏大豆对光温感应较华南地区春大豆敏感,开花早导致株高偏

矮,主茎节数和分枝数少,最终产量偏低。因此,若黄淮海夏大豆品种要在华南地区作为春大豆审定推广,育种家需对品种进一步遗传改良,重点选育光温反应钝感、营养生长期长的品种,同时要增强品种耐高温高湿特性,从而提高品种的适应范围以及适应能力。

参考文献:

- [1] Cober E R, Stewart D W, Voldeng H D. Photoperiod and temperature responses in early-maturing, near-isogenic soybean lines[J]. *Crop Sci*, 2001, 41(3): 721-727. DOI: 10.2135/cropsci2001.413721x.
- [2] 贾鸿昌. 东北北部高寒地区大豆品种生育期组的划分[D]. 北京: 中国农业科学院, 2012: 12-16.
- [3] 张勇. 短日高温条件下大豆闭花授粉特征的观察及杂交技术研究[D]. 北京: 中国农业科学院, 2013: 21-22.
- [4] 江红. 不同来源MGⅢ组大豆品种的E基因型分析及农艺性状比较[D]. 南昌: 江西农业大学, 2016: 26-33.
- [5] 吴存祥, 刘金, 李兴宗, 等. 扁茎大豆的花序形态受光周期调控[J]. *中国油料作物学报*, 2004, 26(1): 36-41. DOI: 10.3321/j.issn: 1007-9084.2004.01.009.
- [6] 汪越胜, 盖钧镒. 中国大豆品种光温综合反应与短光照反应的关系[J]. *中国油料作物学报*, 2001, 23(2): 40-44. DOI: 10.3321/j.issn: 1007-9084.2001.02.010.
- [7] 杨志攀, 张晓娟, 蔡淑平, 等. 大豆“短青春期”品种的光(温)反应研究Ⅱ. 对短日照的反应[J]. *中国油料作物学报*, 2001, 23(2): 35-39. DOI: 10.3321/j.issn: 1007-9084.2001.02.009.
- [8] 李福山, 李向华. 野生大豆在自然界中光温反应的规律[J]. *作物学报*, 2003, 29(5): 670-675. DOI: 10.3321/j.issn: 0496-3490.2003.05.006.
- [9] 韩天富. 大豆光周期反应[M]// 王连铮, 郭庆元. 现代中国大豆. 北京: 金盾出版社, 2007: 211-220.
- [10] 汪越胜, 陈冬生, 马宏惠. 中国大豆成熟期光温综合反应与短光照反应间关系[J]. *安徽师范大学学报(自然科学版)*, 2000, 23(3): 231-233. DOI: 10.14182/j.cnki.1001-2443.2000.03.007.
- [11] 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. DOI: 10.3724/SP.J.1006.2009.01525.
- [12] Hartwig E E. Varietal development [M]// Caldwell B E. (ed). *Soybeans: Improvement, Production, and Uses. Agronomy*, 1973, 16: 187-210.
- [13] 谢红英, 梁志辰, 汤丹峰, 等. 不同类型大豆品种广西南宁引种试验[J]. *安徽农业科学*, 2018, 46(18): 36-

- 38, 41. DOI:10.13989/j.cnki.0517-6611.2018.18.011.
- [14] 王大刚, 胡国玉, 李杰坤, 等. 黄淮大豆品种(系)生育期组划分的研究初报[J]. 大豆科学, 2013, 32(5): 629-634. DOI:10.11861/j.issn.1000-9841.2013.05.0629.
- [15] 何鑫, 王文静, 张琪, 等. 豫东地区大豆品种(系)生育期归属[J]. 大豆科技, 2017(5): 11-18. DOI:10.3969/j.issn.1674-3547.2017.05.004.
- [16] 王路路, 林艺, 姜磊, 等. 安徽淮北地区主栽大豆品种生育期组划分的研究初报[J]. 作物杂志, 2015(2): 36-38. DOI:10.16035/j.issn.1001-7283.2015.02.008.
- [17] 盖钧镒, 汪越胜, 张孟臣, 等. 中国大豆品种熟期组划分的研究[J]. 作物学报, 2001, 27(3): 286-292. DOI:10.3321/j.issn: 0496-3490.2001.03.003.
- [18] 吴存祥, 李继存, 沙爱华, 等. 国家大豆品种区域试验对照品种的生育期组归属[J]. 作物学报, 2012, 38(11): 1977-1987.
- [19] 宋雯雯. 中国大豆品种生育期组的精细划分与应用[D]. 哈尔滨: 中国科学院研究生院(东北地理与农业生态研究所), 2016: 35-59.
- [20] 邱楚婵, 年海, 赵祯丽, 等. 华南三省区大豆生育期组划分的评价与研究[J]. 大豆科学, 2015, 34(4): 555-564. DOI:10.11861/j.issn.1000-9841.2015.04.0555.
- [21] 汤复跃, 梁江, 韦清源, 等. 广西大豆品种生育期组划分研究[J]. 大豆科学, 2016, 35(6): 891-895. DOI:10.11861/j.issn.1000-9841.2016.06.0891.
- [22] Fehr W R, Caviness C E. Stages of soybean development. Special report 80, cooperative extension service, agriculture and home economic experiment station [M]. Iowa: Iowa State University, 1977: 1-11.
- [23] Morrison M J, Voldeng H D, Cober E R. Agronomic changes from 58 years of genetic improvement of short-season soybean cultivars in Canada[J]. Agron J, 2000, 92(4): 780-784. DOI:10.2134/agronj2000.924780x.
- [24] 王金陵. 大豆的生态类型与大豆的栽培和育种[J]. 中国农业科学, 1961(1): 24-27.
- [25] 汪越胜, 马宏惠. 中国大豆地理生态型生育前期光温综合反应[J]. 安徽师范大学学报: 自然科学版, 2000, 23(1): 40-42, 46. DOI:10.14182/j.cnki.1001-2443.2000.01.013.
- [26] 王绶. 大豆的植株形状与产量关系的探讨[J]. 山西农业科学, 1963(1): 8-10.
- [27] 韩天富, 盖钧镒, 陈风云, 等. 生育期结构不同的大豆品种的光周期反应和农艺性状[J]. 作物学报, 1998, 24(5): 550-557.
- [28] 马育华, 盖钧镒. 江淮下游地区大豆地方品种的初步研究(三) 数量性状的表型、遗传型相关选择指数及其育种意义[J]. 作物学报, 1979, 5(4): 1-11. DOI:10.3321/j.issn: 0496-3490.1979.04.001.
- [29] Carrera C, Martínez M J, Dardanelli J, et al. Water deficit effect on the relationship between temperature during the seed fill period and soybean seed oil and protein concentrations[J]. Crop Sci, 2009, 49(3): 990-998. DOI:10.2135/cropsci2008.06.0361.
- [30] Li Q Q, Hu Y M, Chen F X, et al. Environmental controls on cultivated soybean phenotypic traits across China [J]. Agric Ecosyst Environ, 2014, 192: 12-18. DOI:10.1016/j.agee.2014.03.034.
- [31] Saldivar X, Wang Y J, Chen P Y, et al. Changes in chemical composition during soybean seed development [J]. Food Chem, 2011, 124(4): 1369-1375. DOI:10.1016/j.foodchem.2010.07.091.
- [32] 李卫东, 卢为国, 梁慧珍, 等. 大豆蛋白质含量与生态因子关系的研究[J]. 作物学报, 2004, 30(10): 1065-1068. DOI:10.3321/j.issn: 0496-3490.2004.10.019.
- [33] Kumar V, Rani A, Solanki S, et al. Influence of growing environment on the biochemical composition and physical characteristics of soybean seed [J]. J Food Compos Anal, 2006, 19(2/3): 188-195. DOI:10.1016/j.jfca.2005.06.005.
- [34] 祖世亨. 大豆含油率的农业气候分析及黑龙江省大豆含油率的地理分布区划[J]. 大豆科学, 1983, 2(4): 266-276.
- [35] 胡明祥, 于德洋, 孟祥勋, 等. 不同生态区域环境对中国大豆品质的影响[J]. 大豆科学, 1990, 9(1): 39-49.
- [36] 郭小红, 房裕东, 韦清源, 等. 黄淮海夏大豆品种中黄39在南宁的三季繁育可行性研究[J]. 大豆科学, 2020, 39(6): 856-861.
- [37] Franca N, Krzyzanowski F, Henning A A, et al. Soybean seed quality as affected by shriveling due to heat and drought stresses during seed filling [J]. Seed Sci Technol, 1993.

(责任编辑:郭学兰)