

## 夏大豆品种高产特性研究

赵双进, 赵鑫, 唐晓东, 张继宗, 徐有, 冯燕, 张孟臣

(河北省农林科学院 粮油作物研究所/国家大豆改良中心石家庄分中心/农业部黄淮海大豆生物学与遗传育种重点实验室/河北省作物遗传育种实验室, 河北 石家庄 050035)

**摘要:**为探讨高产品种特性,为夏大豆高产育种提供理论参考,于2007~2010年,对冀豆17等6个具有高产潜力夏大豆品种以及各级区域试验的57个品种的农艺性状进行了调查分析。明确了高产夏大豆品种应具备如下生育特性:(1)植株高大( $R=0.5516^*$ )、有效荚数多( $R=0.7397^*$ )、荚粒数多( $R=0.3189$ );(2)开花量大(单株130朵以上),成荚率高(52%以上),后期落荚少(落荚率40%以下);(3)主根、侧根较长(分别达到20 cm、15 cm以上),基部节间短(基部6节总长25 cm以下),植株重心低(40 cm以下);(4)茎秆干重较高、干物质转移较多(平均4.29 g);(5)鼓粒后期(始粒30 d以后)籽粒重持续增加,不降低。同时提出夏大豆品种生育模式:播种~出苗5 d,出苗~开花29~33 d,开花~始粒29~33 d,始粒~成熟32~36 d,全生育期95~106 d。这种生育期结构模式,既能满足当地两熟制大豆生态条件,也能满足营养生长和生殖生长阶段的充分发育,有利于夏播品种的高产。

**关键词:**夏大豆;品种;高产特性

中图分类号:S565.1

文献标识码:A

文章编号:1000-9841(2013)02-0168-08

## High Yield Characteristics of Summer Sowing Soybean Varieties

ZHAO Shuang-jin, ZHAO Xin, TANG Xiao-dong, ZHANG Ji-zong, XU You, FENG Yan, ZHANG Meng-chen

(Institute of Cereal and Oil Crops, Hebei Academy of Agricultural and Forestry Sciences/Shijiazhuang Branch of National Center for Soybean Improvement/The Key Laboratory of Crop Genetics and Breeding, Shijiazhuang 050031, China)

**Abstract:** To discuss on the characteristics of high yield varieties, and provide theoretical basis for high yield breeding of summer soybean, the growth and development characteristics of six high yield potential and other fifty-seven summer sowing soybean varieties were investigated from 2007 to 2010. As a result, it found that the summer soybean varieties with higher yield should have the following characteristics: (i) higher plants ( $R=0.5516^*$ ), more effective pods ( $R=0.7397^*$ ) and more seeds per pod ( $R=0.3189$ ); (ii) more flowers per plant ( $>130$ ), higher pod setting rate ( $>52\%$ ) and lower pod-dropping rate ( $<40\%$ ); (iii) longer main roots length and lateral roots length (more than 20 cm and 15 cm, respectively), shorter basal internode (the length of six basal internodes was less than 25 cm), lower plant gravity ( $<40$  cm); (iv) higher stem dry weight and higher dry matter translocation rate (average 4.29 g); (v) gained weight continuously in late seed filling stage. It also proposed the ideal growth stage model for summer planting soybean, with the duration between adjacent stage of sowing, emergence, flowering, beginning seed and mature were 5, 29-33, 29-33, 32-36 days, respectively. This pattern could not only satisfy the ecological condition of double cropping system, but also balance the full development of vegetative and reproductive growth, hence, promote the yield formation of summer planting soybean.

**Key words:** Summer soybean; Variety; High yield characteristics

对不同结荚习性、不同生态型、不同熟期大豆品种生长发育规律<sup>[1-3]</sup>进行研究可以为大豆高产栽培奠定基础,众多大豆专家学者对大豆高产株型进行了研究与探讨<sup>[4-8]</sup>。梁振富等<sup>[9]</sup>在分析高产株型的基础上,构思了大豆 $4875\text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$ 的理想株型,对大豆高产育种产生了积极影响。然而,大豆与小麦、玉米、花生、棉花等作物相比单产水平还有很大差距,大豆高产的瓶颈一直没有突破。研究品种高产特性,对高产品种选育和超高产栽培有重要指导意义。王宗标等<sup>[10]</sup>对黄淮地区36个品种进行途径

分析认为,黄淮夏大豆高产特性是主茎型,节数多,荚垂直均匀分布,多荚多粒;李杰坤等<sup>[11]</sup>发现产量达 $4726.2\text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$ 的高产品种MN413,具有根系特别发达、高抗倒伏、株型紧凑和有效节数多的特性;金剑等<sup>[12]</sup>研究认为,高产大豆应具有株高适宜、节数相对较多、产量形成的空间较大、生殖生长期叶面积指数和绿叶持续期较高、鼓粒期后叶片衰减慢、叶片在各个方向上分布均匀、干物质积累量大、光能利用率高等特性;王宝卿等<sup>[13]</sup>对黄淮海夏大豆品种研究认为,亚有限型品种应选择株高和生育期

收稿日期:2012-09-01

基金项目:国家农业科技成果转化资金项目(2010GB2A200031);国家高技术研究发展计划“863计划”(2012AA101106);国家现代农业产业技术体系(CARS-004-PS06);国家“十二五”科技支撑计划项目(2011BAD35B06-3-6)。

第一作者简介:赵双进(1955-),男,研究员,主要从事大豆育种与高产栽培研究。E-mail:zhaoshuangj@sina.com。

通讯作者:张孟臣(1956-),男,研究员,主要从事大豆遗传育种研究。E-mail:hbdadou@yahoo.com.cn。

适中,有效分枝数较少,而每荚粒数、百粒重均较大的品种,有限型品种应选择茎基部较粗,株高和底荚高度较高,主茎节数较多,单株荚数、单株粒数较多的品种。现选择不同品种进行生育规律调查分析,期望能对夏大豆品种高产生育特性有所丰富,为高产育种奠定基础。

1 材料与方法

1.1 材料

2007~2009 年试验选择具有高产潜力的品种:冀豆 17、冀豆 16、冀豆 12、五星 1 号、石豆 1 号、中黄 13。2009~2010 年扩大了品种试验范围,对国家区域试验、河北省区域试验及所内品种试验中的 57 个品种作为试验材料。

1.2 试验设计

采用大区对比试验法,每品种种植 10 行,行长 10 m,行距 50 cm,面积 50 m<sup>2</sup>,6 月 15~25 日播种,定苗密度 19.5 万株·hm<sup>-2</sup>。播种后喷施除草剂(杜耳)1 次,7 月中旬中耕 1 次。鼓粒期浇水 1 次。生育期间喷药治虫 3 次。10 月 5~10 日收获。

1.3 测定项目与方法

1.3.1 生育进程 田间调查记载不同品种出苗期、分枝期、开花期、结荚期、始粒期和成熟期。

1.3.2 开花结荚规律 开花期每品种挂牌标记生长正常且一致的植株 12 株。从始花期开始至成熟期截止,每天跟踪调查开花、结荚、落花、落荚全过程,标记开花、结荚、落花、落荚节位,统计计算单株

开花数、落花数、成荚数和落荚数。

1.3.3 单株千重 不同时期连续拔取 5 株,以子叶节为界分为地上部和地下部。称量鲜重后 70℃干燥箱烘干,再称量植株干重。

1.3.4 鼓粒速率 自始粒期开始,每隔 10 d 取样一次,至成熟期共取样 5 次。每次连续取 5 株正常植株,测定籽粒鲜重、干重。

1.3.5 株型性状 收获期连续取 10 株进行考种,调查结荚习性、株高、底荚高、分枝数、主茎节数、单株有效荚数、每荚粒数、百粒重等。

1.3.6 倒伏级别 倒伏分 5 级。0 级:不倒伏;1 级:植株倾斜小于 15°;2 级:植株倾斜 15°~45°;3 级:植株倾斜大于 45°;4 级:植株倒伏于地。

1.4 数据分析

采用 SPSS Statistics Base 17.0 对数据进行相关分析。

2 结果与分析

2.1 不同高产品种的性状与产量关系

由表 1 可知,参试品种不同年份产量水平表现出较大差别,冀豆 17 不同年份均表现出高产,平均产量最高;冀豆 12 在 2007 和 2008 年产量水平较高,2009 年产量水平较低;石豆 1 号和冀豆 16 不同年份产量差异较大;五星 1 号产量水平不是最高,但稳产性好。从品种质量性状与产量结果(表 1)看出,参试品种的结荚习性、毛色、荚形、荚色、粒形、脐色、种皮色等质量性状有较大差异,但与产量水平几乎不相干。

表 1 高产品种质量性状与不同年度产量

Table 1 The qualitative characters and annual yields of high yield soybean

品种 Variety	结荚习性 Growth habit	茸毛色 Pubescence color	荚色 Pod color	粒形 Grain shape	种皮色 Seed coat color	脐色 Hilum color	产量 Yield/kg·hm <sup>-2</sup>			
							2007	2008	2009	平均 Mean
冀豆 17 Jidou 17	S	棕 Brown	棕 Brown	圆 Round	黄 Yellow	黑 Black	3739.5	2938.7	3179.4	3286.5
冀豆 16 Jidou 16	S	灰 Gray	灰 Gray	圆 Round	黄 Yellow	黄 Yellow	3417.0	2679.8	2545.2	2880.0
五星 1 号 Wuxing 1	S	棕 Brown	棕 Brown	椭圆 Oval	黄 Yellow	褐 Brown	3141.0	3057.0	2756.0	2985.0
冀豆 12 Jidou 12	D	灰 Gray	灰 Gray	椭圆 Oval	黄 Yellow	黄 Yellow	3172.5	3210.6	2200.8	2862.0
石豆 1 号 Shidou 1	S	棕 Brown	棕 Brown	圆 Round	黄 Yellow	褐 Brown	3531.0	2758.8	2239.2	2842.5
中黄 13 Zhonghuang 13	D	灰 Gray	灰 Gray	椭圆 Oval	黄 Yellow	褐 Brown	-	2482.5	1996.5	2239.5

S:亚有限;I:无限;D:有限;下同。  
S:Semi-determinate;I:Indeterminate;D:Determinate;The same below.

表 2 分析了大豆品种的株高等数量性状与产量的相关性,结果表明,产量与单株有效荚数极显著正相关,与株高显著正相关,与百粒重、主茎节数、

底荚高和分枝数相关不显著,且相关系数很小。表明植株较高、结荚多、每荚粒数多是高产品种重要特性。

表 2 大豆数量性状与产量相关分析

Table 2 Correlation between quantitative characters and yield of soybean

年份 Year	品种 Variety	产量 Yield /kg·hm <sup>-2</sup>	株高 Plant height /cm	底荚高 Height of bottom pod/cm	分枝数 Branches	主茎节数 Nodes of main stem	有效荚 Effective pods	无效荚 Ineffective pods	百粒重 100-seed weight/g	单荚粒数 Seeds per pod
2007	冀豆 17 Jidou 17	3739.5	111.2	18.0	2.1	17.8	47.5	0	18.8	2.45
	冀豆 16 Jidou 16	3417.0	110.0	21.3	1.4	18.5	37.7	0.6	24.4	2.25
	五星 1 号 Wuxing 1	3141.0	104.6	18.0	0.4	19.3	41.1	0.7	23.1	2.05
	冀豆 12 Jidou 12	3172.5	63.4	20.2	1.8	14.1	43.2	3.1	23.5	2.09
	冀豆 7 Jidou 7	2460.0	89.3	16.4	0.3	14.9	24.2	0	19.9	2.29
	冀黄 13 Jihuang 13	2832.0	110.6	27.0	0.6	18.8	36.8	0.9	16.6	2.72
	化诱 5 Huayou 5	3246.0	111.9	19.8	0	20.4	34.2	0	26.8	2.15
2008	石豆 1 号 Shidou 1	3531.0	102.0	19.7	1.8	17.2	33.6	0.2	22.8	2.45
	冀豆 17 Jidou 17	3179.4	88.4	19.9	1.8	22.0	43.9	1.3	18.5	2.27
	冀豆 16 Jidou 16	2545.2	89.3	16.7	1.9	21.0	31.1	1.6	23.2	2.01
	冀豆 12 Jidou 12	2201.0	63.8	19.8	0.8	18.0	31.4	1.1	22.6	1.94
	中黄 13 Zhonghuang 13	1996.5	54.7	17.3	1.4	19.3	27.3	1.6	22.4	2.09
	石豆 1 号 Shidou 1	2239.1	83.5	18.9	1.9	19.9	28.5	1.7	21.6	2.21
	五星 1 号 Wuxing 1	2756.0	91.1	12.8	0.2	20.2	29.7	0.9	23.4	2.31
2009	冀豆 17 Jidou 17	2938.7	115.5	27.6	1.8	20.0	43.7	1.0	16.2	2.37
	冀豆 16 Jidou 16	2679.8	112.6	21.4	0.6	21.9	32.3	0.7	21.6	2.15
	冀豆 12 Jidou 12	3210.6	69.5	20.0	1.7	17.2	41.3	0.7	23.6	1.94
	中黄 13 Zhonghuang 13	2482.5	70.3	19.9	0.3	17.5	28.4	1.0	20.7	2.23
	石豆 1 号 Shidou 1	2758.8	91.7	17.5	1.3	17.5	32.8	0.3	19.2	2.19
	五星 1 号 Wuxing 1	3057.0	104.4	17.2	0.8	20.9	31.5	0.9	22.4	2.31
	R	0.5516 *	0.1562	0.2377	-0.0872	0.7397 **	-0.3253	0.0736	0.3189	
	R <sup>2</sup>	0.3043	0.0244	0.0565	-0.0076	0.5472	-0.1058	0.0054	0.1017	

\* :显著相关; \*\* :极显著相关;下同。

\* :Significant correlation; \*\* :Extremely significant correlation;The same below.

## 2.2 不同高产品种开花结荚特性

由表 3 可知,不同品种开花总量、落花率、落荚率、单株有效荚数均有较大差异。不同高产品种在密度为 19.5 万株·hm<sup>-2</sup>群体条件下的平均单株成荚数 61.75 ~ 104.75 个,最终单株有效荚数只有 28.25 ~ 38.67 个。相关分析表明,单株成荚数与开花总量显著正相关( $R = 0.881^*$ ),与单株落荚数极显著负相关( $R = -0.988^{**}$ );单株有效荚数与开花数、落花数、落荚数相关不显著。由此看出,大豆品种高产的最重要特性是开花量大,成荚数多,落荚少。落荚数是严重影响大豆产量的主要因素,不同品种落荚率高达 48.43% ~ 70.25%。除品种基

因型差异外,结荚鼓粒期间营养供应不足、阴雨寡照、田间通透性差等<sup>[14]</sup>也是造成落荚主要原因,如能通过栽培技术措施减少落荚率,即可有效增加大豆产量。

单株籽粒重量 = 单株有效结荚数 × 每荚粒数 × 单粒重量(百粒重)。理论上保持三因素中任意两因素不变而增加剩下因素数量均可增加产量。实际上籽粒产量形成是复杂过程,往往一个变量的增加伴随着其它变量的降低。由于百粒重、每荚粒数是品种相对稳定的性状,因此单株结荚性能和落荚率对决定大豆单株粒重有至关重要的作用。

表 3 不同品种开花结荚特性

Table 3 The characters of flowering and pod setting of different varieties

调查项目	冀豆 12	冀豆 16	冀豆 17	冀豆 20	五星 4 号	中黄 39
Investigation item	Jidou 12	Jidou 16	Jidou 17	Jidou 20	Wuxing 4	Zhonghuang 39
结荚习性 Growth habit	D	S	S	D	D	D
最低花荚着生节位 LNFP	4	6	6	6	4	3
最高花荚着生节位 HNFP	18	28	25	20	19	20
开花最多节位 NMF	10、11	9、10	9、10	10、11	8、9	7、8
单株累计开花数 CFP	132.83	171.17	140.00	112.92	124.50	150.25
单株累计落花数 CAFP	65.25	66.42	66.75	41.58	62.75	55.75
单株累计落花率 RCAFP/%	49.12	38.80	47.68	36.83	50.40	37.10
单株累计成荚数 CSPP	67.83	104.75	73.25	71.34	61.75	94.50
单株累计落荚数 CAPP	39.58	73.58	35.48	36.67	32.00	60.58
单株最终存荚数 FRPP	28.25	31.17	38.67	34.67	29.75	33.92
单株累计落荚率 RCAPP/%	58.35	70.25	48.43	51.40	51.82	64.11

LNFP = Lowest node with flowers and pods; HNFP = Highest node with flowers and pods; NMF = Node with most flowers; CFP = Cumulative flowers per plant; CAFP = Cumulative aborted flowers per plant; RCAFP = Ratio of cumulative aborted flowers per plant; CSPP = Cumulative setting pods per plant; CAPP = Cumulative aborted pods per plant; FRPP = Final remained pods per plant; RCAPP = Ratio of cumulative aborted pods per plant.

2.3 不同高产品种鼓粒特性

从始粒期到成熟期不同品种单株籽粒重量有明显差异。籽粒增量最大时期冀豆 17、冀豆 16、五星 1 号是始粒后 20 ~ 30 d;冀豆 12 是始粒后 10 ~ 20 d;中黄 13 是始粒后 10 ~ 30 d;石豆 1 号是始粒后 30 d 至成熟阶段。中黄 13、冀豆 12 籽粒生长期较短(31 ~ 32 d),冀豆 17、冀豆 16、五星 1 号、石豆 1 号较长(37 ~ 40 d)。始粒 30 d 以后冀豆 17、五星 1 号粒重略有增加,冀豆 16 粒重减少,只有石豆 1 号有较大增加(图 1)。因此,鼓粒后期(始粒 30d 以后)籽粒持续增重是品种高产重要特性。选择后期抗逆性强、不早衰的品种,或能针对后期不良环境和气候采取有效措施(如喷施调节剂),则有利于提高单株粒重而获得增产。

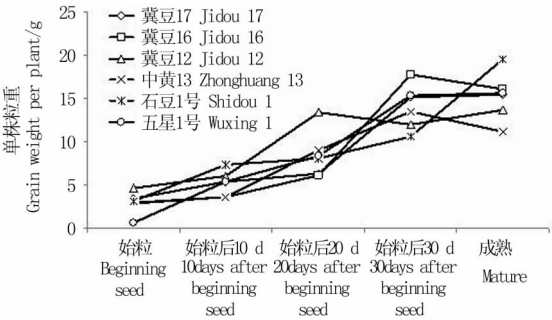


图 1 不同时期单株粒重增加曲线  
Fig. 1 The curves of the increases at different periods of grain weight per plant

2.4 不同品种抗倒性

由表 4 可知,供试品种的主根长、侧根长和侧根数均优于对照绿 75,具有较强抗倒伏能力。尤其是中黄 13 各项根系指标都突出,抗倒伏能力最强。相关分析表明,主根长、侧根长和主根长 × 侧根长与倒伏角度呈极显著负相关(相关系数分别为 -0.716 03、-0.755 27、-0.946 62),表明主根长、侧根长是影响根倒的主要因素。对主根长 × 侧根长与倒伏角度进一步回归作图分析(图 2)看出,主根与侧根较长(20 cm 以上),主根长 × 侧根长超过 400 cm<sup>2</sup>时,品种抗倒伏能力强(1 级);主、侧根长小于 15 cm,主根长 × 侧根长低于 300 cm<sup>2</sup>时,倒伏程度大大增加(3 级以下)。

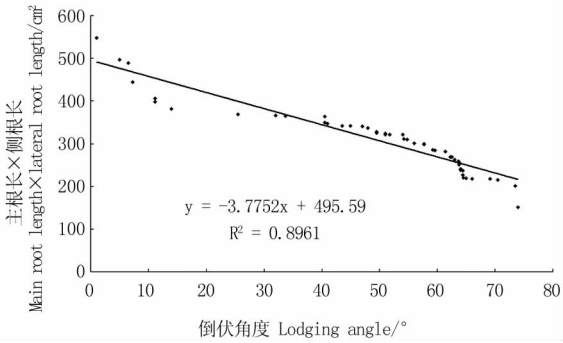


图 2 大豆倒伏与主根长 × 侧根长的关系  
Fig. 2 The relations of lodging and length of main roots and lateral roots of soybean

表 4 不同品种的根部性状发育

Table 4 The development of root characteristics of different varieties

品种 Variety	主根长 Main root length/cm	侧根长 Lateral root length/cm	侧根数 Lateral root number	倒伏级别 Lodging level
冀豆 17 Jidou 17	19.9	19.2	9.80	2
冀豆 16 Jidou 16	21.1	22.7	10.00	2
冀豆 12 Jidou 12	17.4	19.3	11.20	2
中黄 13 Zhonghuang 13	21.7	24.8	19.80	1
石豆 1 号 Shidou 1	20.1	21.3	15.00	1
五星 1 号 Wuxing 1	20.3	20.2	20.00	3
绿 75 Lyu 75	14.9	15.2	9.00	4

茎秆生长发育直接影响大豆茎抗倒伏能力。不同品种的基部节间(1~6 节)长度、植株高度、茎粗、木质部比例、韧皮部比例和茎髓比有较大差别(表 5)。石豆 1 号茎部性状最佳,抗倒伏能力亦比较强。五星 1 号重心高度过高,木质部比例和茎髓比最小,抗倒伏较差。冀豆系列品种各项指标居中,倒伏程度亦居中。其中,冀豆 12 各项指标均较

好,但第 1、2 节间较长,影响了苗期抗倒伏能力。因此,冀豆 12 苗期蹲苗是防止倒伏的关键,冀豆 16、五星 1 号抗倒关键点是重心高度。若通过针对不同品种特性采取相应栽培措施,如喷施多效唑抑制茎基部节间伸长,苗期中耕促进根系生长等,将有效提高抗倒伏能力。

表 5 不同品种茎部性状发育

Table 5 The development of stem characteristics of different varieties

品种 Variety	株高 Plant height /cm	基部 6 节间高度 Height of six internodes of the basic/cm	重心高度 Center of gravity height /cm	茎粗 Stem diameter /mm	韧皮部 比例 The ratio of phloem/%	木质部 比例 The ratio of xylem/%	髓比例 The ratio of pith cavity /%	茎髓比 The stem- pith ratio	倒伏级别 Lodging level
冀豆 17 Jidou 17	86.88	19.73	38.40	7.96	10.5	57.1	32.4	3.12	2
冀豆 16 Jidou 16	94.48	15.29	43.86	8.89	11.0	56.7	32.3	3.12	2
冀豆 12 Jidou 12	64.34	18.39	34.44	8.66	10.2	60.5	29.2	3.46	2
中黄 13 Zhonghuang 13	60.46	16.25	34.10	8.59	13.1	52.1	34.8	2.90	1
石豆 1 号 Shidou 1	65.22	16.95	31.22	7.71	11.0	53.0	36.0	2.79	1
五星 1 号 Wuxing 1	101.56	26.00	50.40	7.85	12.4	50.5	37.1	2.73	3
绿 75 Lyu 75	82.16	31.60	37.20	7.82	11.6	57.4	31.0	3.27	4

大豆倒伏分为根倒和茎倒,根倒往往由于根系固土能力差,地上部植株倒铺于地,减产严重;茎倒是由于茎秆抗倒能力差发生的地上部植株倾斜。产量越高倒伏危险性越大,高产品种应具备更强的抗倒性;根系发达、主侧根较长(20 cm 以上);基部节间短(基部 6 节 25 cm 以下),植株高度重心低(40 cm 以下);木质部发达,茎秆结实韧性好(茎髓比例大)。

## 2.5 不同品种干物质积累特性

由表 6 可知,不同品种干物质积累规律存在差异。冀豆 16 干物质总重最高,其次为石豆 1 号,中黄 13 最低。冀豆 17、石豆 1 号干物质积累量较高,籽粒干物质积累比例较大,经济系数高,有利于形成高产。冀豆 12 干物质积累总量居中,籽粒干物质积累比例较高,有利于籽粒产量提高。冀豆 16 生物

总量大,具有高产潜力,但需要提高经济系数。中黄 13 籽粒干物质积累比例大,经济系数高,但干物质积累量偏少。因此,在保持较高生物产量的基础上,提高经济系数是大豆获得高产的关键。

由表 6 可知,大豆根系、茎、叶、叶柄器官干重随生育进程逐步增加,到始粒期达到高峰,始粒期以后叶片、叶柄随着生育进程逐渐老化,直至脱落。茎秆干重从始粒期(13.18 g)到成熟期(8.90 g)逐渐减少,表明茎除具有支撑作用和运输营养功能外,还具有储存和向外转移干物质的功能;荚皮干重一直增加,成熟期略有降低,表明荚皮的干物质储藏运出功能有限(0.29 g);籽粒的干重从始粒期开始增加,始粒后 20~30 d 增加最多,成熟期籽粒重量达到最大。因此,较高的茎干物质积累量有利于大豆高产。

表 6 不同品种不同器官干物重变化

Table 6 The changes of different organs of different varieties( g)

品种 Variety	时期 Stage	根系 Root	地上部 Above-ground						总干重 Total
			茎 Stem	叶片 Leaf	叶柄 Petiole	荚皮 Pod shell	籽粒 Seed	豆荚 Pod	
冀豆 17 Jidou 17	分枝 Branching	0.78	1.24	2.94	0.77	—	—	—	5.73
	开花 Blooming	2.14	4.84	7.48	2.72	—	—	—	17.18
	结荚 Pod bearing	2.77	6.68	8.52	3.14	—	—	0.74	21.85
	始粒 beginning seed	3.32	10.60	10.82	4.84	4.46	3.48	7.94	45.46
	始粒后 10 d 10 days after beginning seed	4.18	12.12	12.10	5.42	6.30	5.36	11.66	57.14
	始粒后 20 d 20 days after beginning seed	4.03	11.75	13.38	4.68	6.90	7.95	18.56	67.25
	始粒后 30 d 30 days after beginning seed	3.64	9.94	9.60	4.38	7.30	15.18	22.48	72.52
	成熟 Mature	1.86	7.74	0.28	0.60	6.76	16.46	23.22	56.92
冀豆 16 Jidou 16	分枝 Branching	1.16	0.80	4.13	0.99	—	—	—	7.08
	开花 Blooming	2.17	5.36	13.34	3.28	—	—	—	24.15
	结荚 Pod bearing	3.59	10.60	13.64	5.36	—	—	0.38	33.57
	始粒 Beginning seed	4.57	15.92	10.58	7.66	5.98	2.98	8.96	56.65
	始粒后 10 d 10 days after beginning seed	3.24	13.40	14.48	6.00	5.82	3.66	9.48	56.08
	始粒后 20 d 20 days after beginning seed	4.12	11.24	22.82	6.76	5.58	6.12	11.70	68.34
	始粒后 30 d 30 days after beginning seed	4.74	15.20	17.06	6.72	11.46	17.76	29.22	72.94
	成熟 Mature	3.94	13.00	2.00	1.48	7.42	16.08	23.50	67.42
冀豆 12 Jidou 12	分枝 Branching	0.97	1.16	3.18	0.84	—	—	—	6.15
	开花 Blooming	2.34	6.44	16.24	3.70	—	—	—	28.72
	结荚 Pod bearing	3.39	10.00	13.62	5.60	—	—	0.64	33.25
	始粒 Beginning seed	3.95	14.24	17.26	7.64	8.42	4.62	13.04	69.17
	始粒后 10 d 10 days after beginning seed	3.84	12.32	15.50	7.00	8.52	6.04	14.56	67.78
	始粒后 20 d 20 days after beginning seed	4.50	10.90	12.06	4.72	8.14	13.42	21.56	75.30
	始粒后 30 d 30 days after beginning seed	3.34	8.68	4.58	2.62	6.42	11.97	18.39	56.00
	成熟 Mature	2.58	6.30	0	0	6.36	13.62	19.98	48.84
中黄 13 Zhonghuang 13	分枝 Branching	1.31	1.26	4.24	0.90	—	—	—	7.71
	开花 Blooming	2.48	5.16	23.32	4.20	—	—	—	35.16
	结荚 Pod bearing	2.87	7.92	10.70	3.82	—	—	0.20	25.51
	始粒 Beginning seed	5.17	11.00	13.92	5.78	4.94	2.84	7.78	51.43
	始粒后 10 d 10 days after beginning seed	4.14	11.52	12.38	5.04	5.94	3.60	9.54	52.16
	始粒后 20 d 20 days after beginning seed	4.20	9.84	16.30	5.24	5.60	9.06	14.66	64.90
	始粒后 30 d 30 days after beginning seed	4.26	9.22	12.04	4.36	6.74	13.50	20.24	70.36
	成熟 Mature	3.00	6.08	0.48	2.58	5.10	11.16	16.26	44.66
石豆 1 号 Shidou 1	分枝 Branching	1.00	1.37	3.86	0.88	—	—	—	7.11
	开花 Blooming	2.06	4.92	10.82	2.54	—	—	—	20.34
	结荚 Pod bearing	2.57	8.18	11.32	3.78	—	—	1.74	27.59
	始粒 Beginning seed	8.06	14.12	18.04	8.18	6.76	5.40	12.16	72.72
	始粒后 10 d 10 days after beginning seed	4.57	11.42	14.24	5.18	6.00	7.34	13.34	62.09
	始粒后 20 d 20 days after beginning seed	3.75	8.92	16.74	4.38	4.02	8.12	12.14	58.07
	始粒后 30 d 30 days after beginning seed	3.32	8.54	7.78	3.44	4.14	10.58	14.72	52.52
	成熟 Mature	4.00	11.36	1.62	0.92	8.94	19.55	28.49	74.88

续表 6

品种 Variety	时期 Stage	根系 Root	地上部 Above-ground						总干重 Total
			茎 Stem	叶片 Leaf	叶柄 Petiole	荚皮 Pod shell	籽粒 Seed	豆荚 Pod	
平均 Average	分枝 Branching	1.04	1.17	3.67	0.88	—	—	—	6.76
	开花 Blooming	2.24	5.34	14.24	3.29	—	—	—	25.11
	结荚 Pod bearing	3.04	8.68	11.56	4.34	—	—	0.74	28.35
	始粒 Beginning seed	5.01	13.18	14.12	6.82	6.11	3.86	9.98	59.09
	始粒后 10 d 10 days after beginning seed	3.99	12.16	13.74	5.73	6.52	5.20	11.72	59.05
	始粒后 20 d 20 days after beginning seed	4.12	10.53	16.26	5.16	6.05	8.93	15.72	66.77
	始粒后 30 d 30 days after beginning seed	3.86	10.32	10.21	4.30	7.21	13.80	21.01	70.71
	成熟 Mature	3.08	8.90	0.88	1.12	6.92	15.37	22.29	58.54

2.6 不同品种生育期结构

不同品种出苗~分枝期经历 25~28 d, 平均 26.5 d; 分枝期~开花期经历 1~12 d, 平均 6.2 d, 开花~结荚经历 6~15 d, 平均 9.5 d, 结荚~始粒经历 18~27 d, 平均 22.7 d, 始粒~成熟经历 31~40 d, 平均 36.3 d(表 7)。

不同品种营养生长阶段(出苗~开花)平均经历 32.7 d, 其中, 中黄 13 和冀豆 16 此阶段最长, 分别为 37 和 36 d, 五星 1 号最短(29 d), 其他品种为 29~

33 d。营养生长阶段是搭建高产“架子”的关键时期, 此阶段主攻目标是群体密度合理和个体健壮。

不同品种营养生长与生殖生长共存阶段(开花~始粒)平均经历 32.2 d, 其中, 中黄 13 此阶段最短(28 d), 五星 1 号最长(38 d)。此阶段是需肥需水临界期, 营养生长与生殖生长矛盾突出, 既要避免因营养生长过快而形成田间郁闭倒伏, 又要防止营养不足而导致花荚器官发育不良形成的落花落荚。

表 7 不同品种各生育阶段天数

Table 7 Growth stages of different soybean varieties (d)

品种 Variety	出苗~分枝 Emergence- Branching	分枝~开花 Branching- Flowering	开花~结荚 Flowering- Pod bearing	结荚~始粒 Pod bearing- Beginning seed	始粒~成熟 Beginning seed-Mature	出苗~开花 Emergence- Flowering	开花~始粒 Flowering- Beginning seed	开花~成熟 Flowering- Mature	生育日数 Growth period
冀豆 17 Jidou 17	27	3	10	25	40	30	35	75	112
冀豆 16 Jidou 16	28	8	6	27	38	36	33	71	114
冀豆 12 Jidou 12	25	8	9	21	32	33	30	62	102
中黄 13 Zhonghuang 13	25	12	6	22	31	37	28	59	103
石豆 1 号 Shidou 1	26	6	11	18	37	31	29	66	105
五星 1 号 Wuxing 1	28	1	15	23	40	29	38	78	114
平均 Average	26.5	6.2	9.5	22.7	36.3	32.7	32.2	68.5	108.3

不同品种生殖生长阶段(始粒~成熟)平均经历 36.3 d, 其中, 冀豆 17、五星 1 号最长(40 d), 中黄 13 最短(31 d)。生殖生长阶段是影响产量形成的关键时期, 此阶段主攻方向是保绿叶、防早衰、增加鼓粒持续时间和速率。

3 结论与讨论

3.1 高产品种生育特点

本研究认为高产大豆品种应具备如下生育特点:(1)植株高大, 茎秆干物质积累多;(2)高抗倒伏, 主根、侧根较长(分别达到 20 cm、15 cm 以上), 基部节间短(基 6 节 25 cm 以下), 植株重心高度低(40 cm 以下);(3)开花量大(单株 130 朵以上), 成荚率高(52% 以上), 后期落荚少(落荚率 40% 以

下), 具备形成多花多荚多粒的基础;(4)鼓粒后期(始粒 30 d 以后)籽粒重量持续增加, 不降低。明确高产品种生育特点对指导品种选育具有重要指导意义, 尤其是在后代单株选择和品系鉴定选拔中能够发挥重要作用。高产品种并不一定绝对获得高产, 因为产量形成是一个十分复杂的过程, 涉及到生理学、生态学、形态学、土壤学及气象学等学科, 高产栽培还应结合当地生态、生产条件和品种类型, 选择适宜的高产栽培模式(稀植型、匀植型、密植型)<sup>[15]</sup>, 实施“花前蹲苗防倒、开花期适量追施氮肥、结荚期叶面喷肥、后期及时灌水和叶面喷施调节剂”的针对性措施<sup>[16]</sup>, 才能实现品种高产。

3.2 夏大豆品种生育进程

本研究结果表明, 营养生长阶段(出苗~开花)较长品种一般晚熟, 较短品种成熟期较早; 开花~始

粒阶段长,开花量大,成荚多,这与胡润芳等<sup>[17]</sup>研究结果基本一致;始粒~成熟阶段时间长,单株粒重较高;开花~成熟阶段较长,鼓粒速率快是高品种的特性,这与邵吉祥等<sup>[18]</sup>和王萍等<sup>[19]</sup>的结果一致。

黄淮海一年两熟制夏大豆产区,要求大豆品种生育期不能过长,冀中北部地区适宜生育期 95~105 d。因此,提出当地两熟制高产夏大豆生育进程模式:播种~出苗 5 d,出苗~开花 29~33 d,开花~始粒 29~33 d,始粒~成熟 32~36 d,全生育期 95~106 d。这种品种生育进程模式,既能满足当地两熟制大豆生态条件,也能满足营养生长和生殖生长阶段的充分发育,有利于夏播品种的高产和推广应用。

## 参考文献

- [1] 安昌范,李今兰,李昌权,等.大豆不同生态类型品种生长发育规律的研究[J].中国油料作物学报,1982(4):20-26. (An C F, Li J L, Li C Q, et al. Studies on growth-development law of various ecotypes of soybean[J]. Chinese Journal of Oil Crop Sciences, 1982(4):20-26.)
- [2] 苏黎,张仁双,宋书宏,等.不同结荚习性大豆开花结荚鼓粒进程的比较研究[J].大豆科学,1997,16(3):237-244. (Su L, Zhang R S, Song S H, et al. Comparative studies on flowering pod setting and seed filling of soybeans with different podding habits[J]. Soybean Science, 1997, 16(3):237-244.)
- [3] 盖钧镒.有限与无限结荚习性夏大豆开花结荚特性的研究[J].南京农学院学报,1984(4):6-17. (Gai J Y. Bloom and pod set in determinate and indeterminate summer soybeans[J]. Journal of Nanjing Agricultural University, 1984(4):6-17.)
- [4] 董钻,孙卓韬.大豆株型、群体结构与产量关系的研究(第二报),大豆群体冠层的荚粒分布[J].大豆科学,1986,5(2):91-102. (Dong Z, Sun Z T. Studies on the relationships between plant type population structure and yield in soybean II. Seed distribution in soybean canopies[J]. Soybean Science, 1986, 5(2):91-102.)
- [5] 麻浩,田森林,李乐农,等.大豆高产理想株型的构成[J].湖南农业大学学报,1996,22(3):309-314. (Ma H, Tian S L, Li L N, et al. On ideotype constitution of high-yielding soybean[J]. Journal of Hunan Agricultural University, 1996, 22(3):309-314.)
- [6] 金剑,刘晓冰,王光华,等.大豆高产群体的生态生理特征[J].中国油料作物学报,2003,25(3):109-114. (Jin J, Liu X B, Wang G H, et al. Eco-physiological characters of high yielding population in soybean[J]. Chinese Journal of Oil Crop Sciences, 2003, 25(3):109-114.)
- [7] 张学英,侯雪琪,周淑芹,等.浅谈大豆理想株型育种[J].大豆通报,1994(4):16. (Zhang X Y, Hou X Q, Zhou S Q, et al. Discussion on the ideal plant type breeding in soybean[J]. Soybean Bulletin, 1994(4):16.)
- [8] 郝欣先.关于北方夏大豆株型结构问题研究报告[J].大豆科学,1983,2(3):49-57. (Hao X X. A study on plant type structure problem of northern summer soybean[J]. Soybean Science, 1983, 2(3):49-57.)
- [9] 梁振富,赵爱莉,王大秋,等.大豆特异高产株型的构思[J].大豆通报,1993(2):33-34. (Liang Z F, Zhao A L, Wang D Q, et al. The conception of specific plant type of high yielding soybean[J]. Soybean Bulletin, 1993(2):33-34.)
- [10] 王宗标,忻世卿,李强.黄淮夏大豆高产品种特征特性分析[J].中国油料作物学报,1996,18(2):11-14. (Wang Z B, Xin S Q, Li Q. Preliminary analysis on the characteristics high yielding soybean varieties in Huanghuai area[J]. Chinese Journal of Oil Crop Sciences, 1996, 18(2):11-14.)
- [11] 李杰坤,张磊,戴瓯和.夏大豆 MN413 单产 4726 kg/hm<sup>2</sup> 高产栽培技术[J].安徽农业科学,2001,29(1):34-35. (Li J K, Zhang L, Dai O H. Study on super-high yielding cultivation technique of 4726 kg/hm<sup>2</sup> in summer soybean MN413[J]. Journal of Anhui Agricultural Sciences, 2001, 29(1):34-35.)
- [12] 金剑,刘晓冰,王光华,等.不同熟期及产量类型的大豆生殖生长期生理特性的比较研究[J].作物学报,2004,30(12):1225-1231. (Jin J, Liu X B, Wang G H, et al. A comparative study on physiological characteristics during reproductive growth stage in different yielding types and maturities of soybean[J]. Acta Agronomica Sinica, 2004, 30(12):1225-1231.)
- [13] 汪宝卿,张礼凤,戴海英,等.黄淮海地区夏大豆农艺性状的遗传变异、相关及主成分分析[J].大豆科学,2012,31(2):208-212. (Wang B Q, Zhang L F, Dai H Y, et al. Genetic variation, correlation and principal component analysis on agronomic traits of summer sowing soybean (*Glycine max* Merr.) in Huanghuai region[J]. Soybean Science, 2012, (31)2:208-212.)
- [14] 康军科,王可珍,文定军,等.大豆落花落荚及荚而不实的原因及预防措施[J].陕西农业科学,2007(4):100-101. (Kang J K, Wang K Z, Wen D J, et al. The cause and preventive measure of blossom and pod drop and pods without peas of soybean[J]. Shanxi Journal of Agricultural Sciences, 2007(4):100-101.)
- [15] 赵双进.大豆超高产产量性状与栽培途径模拟寻优[J].作物杂志,2000(3):13. (Zhao S J. Super yield simulation and individual selection in soybean[J]. Crops, 2000(3):13.)
- [16] 赵双进,张孟臣,杨春燕,等.栽培因子对大豆生长发育及群体产量的影响 II. 肥水、生长调控措施对产量的影响[J].中国油料作物学报,2003,25(2):48-51. (Zhao S J, Zhang M C, Yang C Y, et al. Effects of culture factors on growth and yield of soybean II. Effect of fertilizer application, watering, growth regulate measures on yield[J]. Chinese Journal of Oil Crop Sciences, 2003, 25(2):48-51.)
- [17] 胡润芳,林国强.菜用大豆落花落荚率与品种生育阶段的关系[J].中国农学通报,2009,25(20):108-109. (Hu R F, Lin G Q. The relationship between the flower and pod abscission rate of vegetable soybean and the reproductive stage of species[J]. Chinese Agricultural Science Bulletin, 2009, 25(20):108-109.)
- [18] 邵吉祥,梁平,马文颖.宁夏灌区几个夏大豆品种生长发育及产量形成规律的研究[J].宁夏农学院学报,1994,15(4):19-24. (Gao J X, Liang P, Ma W Y. Studies on the law of growth and forming and yield of several varieties of summer soybean in Ningxia irrigation area[J]. Journal of Ningxia Agricultural College, 1994, 15(4):19-24.)
- [19] 王萍,宋海星,陶丹,等.长春夏播早熟大豆生长发育规律的研究[J].大豆科学,1999,18(4):365-370. (Wang P, Song H X, Tao D, et al. Study on growth and development of early soybean varieties sown in summer in Changchun[J]. Soybean Science, 1999, 18(4):365-370.)