

豆种植密度和群体结构指标的研究*

刘金印 张恒善 王大秋

(吉林市农业科学研究所)

提 要

分析了不同密度下大豆的产量、植株性状和群体生育的变化特点,并总结了高产群体结构指标。试验证明,在高产栽培条件下,中高秆较繁茂类型的中晚熟或中熟品种,密度以每平方米株8.3—25为宜;早熟或矮秆类型品种密度以每平方米25—40株为宜。

关于大豆种植密度问题,近年来国内外仍在进行深入的研究。国内就有朱道民〔1981〕〔1〕、尹田夫〔1982〕〔2〕、常耀中〔1983〕〔3〕、董钻〔1984〕〔4〕等的大豆群体的合理配置、大豆株型、种植模式与产量关系等报导。我们从1979年开始,在高肥条件下,进行不同品种种植密度的田间试验,目的在于为大豆亩产350—400斤高产栽培提供合理的群体结构模型。本文即以我们1979—1983年密度试验的部分调查资料,分析产量与密度的关系,并对不同密度的大豆群体结构和生理指标,进行粗浅地分析。

试 验 处 理 与 方 法

试验采用了四个不同类型的品种,各年的密度处理如表1:

田间设计:1979年为顺序排列,无重复,每处理面积为60平方米;1980年列区设计,随机排列,小区面积为36平方米,两次重复;1981年为四次重复,田间设计和小区面积同1980年;1982年田间设计基本同1980年;1983年随机排列,三次重复,小区面积为30平方米。

在大豆生育期间测植株性状、叶面积指数、干物质积累及部分生理指标。成熟后进行考种和测产,并进行变量分析和相关回归分析。

试验地为砂质壤土,土壤基础肥力较高,耕层土壤有机质为1.472—1.899%,全氮为0.0665—0.136%,全磷为0.1427—0.214%,水解氮为4.841—9.749毫克/100克土,速效磷为34.696—62.949毫克/100克土。打垄前每亩施农肥4000斤,磷酸二铵13斤。

本文承董钻教授审阅,特此致谢。

本文于1986年4月1日收到。

The paper was received in April 1, 1986.

表 1. 不同生态类型的大豆品种的种植密度
Table 1. The plant density of various ecological types of soybean varieties

生态类型 Ecological types	品种 Varieties	年度 Years	小区密度(株/米 ²) Plane density in plot (plant/m ²)
亚有限、中晚熟、中高秆 Sub-determinate, middlelate, mid-long stalked	九农 9 号 Jiunong 9	1979	16.6 25 33.3
		1980	8.3 16.6 25 33.3 40
		1981	8.3 16.6 25 33.3 40
		1982	8.3 16.6 25 33.3 40
亚有限、中熟、中高秆 Sub-determinate, mid-season, mid-long stalked	九农 13 号 Jiunong 13	1979	同 九 农 九 号
		1981	
		1983	16.6 25 33.3
无限、早熟、秆较高 Indeterminate, early-maturing, long stalked	黑河 3 号 Heihe 3	1979	25 33.3 40
		1980	25 33.3 40 50 60
		1981	16.6 25 33.3 40 50
有限、中晚熟、矮秆 Determinate, middle-late, short-stalked	7301 Line 7301	1979	33.3 40 50
		1980	25 33.3 40 50 60
		1981	16.6 25 33.3 40 50
		1982	16.6 25 33.3 40 50

结 果 与 分 析

一、产量与密度的关系

各年不同密度的产量的变量分析及其差异比较结果列入表 2。总的看九农 9 号和九农 13 号密度间产量差异显著, 各年显著程度不同, 平均产量均以 16.6 株/米² 最高。早熟品种黑河 3 号密度间产量差异不显著, 以 25 株/米² 产量略高。矮秆类型 7301 密度间差异虽不显著, 以 25 株/米² 产量最高, 与 16.6、50 株/米² 的产量差异达显著程度。

相关和回归分析结果, 九农 9 号密度 (X) 在 8.3—40 株/米² 之间, 亩产量 (\hat{Y}) 和密度呈负相关, 相关系数 $r = -0.6968^{**}$, 回归方程式为 $\hat{Y} = 372.3 - 2.108^{**}X$ 。按此式计算, 当密度 8.3 株/米² 时, 产量 $\hat{Y} = 354.8$ 斤为最高, 由于 5% 差异显著标准为 36.8 斤, 所以当 $\hat{Y} \geq 354.8 - 36.8 = 318$ 斤时的密度即每平方米 25.8 与 8.3 株之间 (相当于 5534—16668 株/亩) 产量差异不显著。

九农 13 号产量和密度的关系如图 1—②, $r = 0.9305^{**}$, 相关比 ($\eta = 0.427$) 虽不显著, 但由曲线方程 $\hat{Y} = 245.1X^{0.2258} \cdot e^{-0.0149X}$ 计算的理论产量值更接近实际平均产量, 因此, 可用该曲线确定适宜密度范围, 即当 16.6 株/米² 时理论产量为 361 斤/亩, 由于 5% 差异标准为 17.3 斤, 故在产量大于 361—17.3=343.7 斤/亩的密度即 7.5—25.8 株/米² 是适宜的密度范围。

从图 1—(3) 曲线看, 黑河 3 号在 25—40 株/米² 之间, 亩产为 370 斤左右, 密度在此范围之外产量将明显下降。

表 2. 不同密度大豆产量的方差分析及比较
Table 2. The variance analysis and comparison of the yields of soybeans in different plant densities

品 种 Varieties	年 度 Years	F 值 Fvalue	各密度产量比较 (斤/亩) The comparison of yields (jin/mu) in different plant densities (plant/m ²)						差异显著标准 Level of significance of difference	
			8.3	16.6	25.0	33.3	40.0	50.0	5% 平准 5% Level	1% 平准 1% Level
九农 9 号 Jiunong 9	1979			298	-18	+10				
	1980	18.86**	-	360	-58*	-88**	-90**		40.26	68.77
	1981	5.855*	+8	329	-15	-7	-56**		31.7	44.5
	1982	2.01	-2	368	-28	-42	-27		50.85	84.34
	80—82	5.74*	+2	352	-33	-43*	-57**		36.8	53.6
九农 13 号 Jiunong 13	1979			333	-3	-29				
	1980	8.40*	-9	404	-7	-39	-62*		47.2	78.3
	1981	4.74	-15	322	-34*	-13	-49*		28.0	39.3
	1983			391	-19	-37				
	79—83	7.72*	-13	364	-16	-30**	-55**		17.3	25.2
黑河 3 号 Heihe 3	1979				359	+1	+14			
	1980	0.7			441	-7	-35	-20	38.0	63.1
	1981	1.37		-25	344	-5	-65	-60		
	79—81				381	-3	-22	-28		
7301 Line 7301	1979									
	1980	11.58*			458	-27*	-21	-45**	22.96	38.07
	1981	1.44		-2	524	+7	-11	-27	32.35	45.33
	1981	1.81		-80	343	-2	+15	-29		
	80—83	2.79		-47*	395	-7	-6	-34	33.6	48.9

7301 品系产量和密度关系如图 1—(4), 相关比 $\eta=0.4614$, 曲线方程式为 $\hat{Y}=20.994 X^{1.1776} \cdot e^{-0.93557 X}$, 由于 5% 差异显著标准为 33.6 斤, 最高亩产为 398 斤, 因此, 在产量大于 $398-33.6=364.4$ 斤/亩时的密度即每平方米 22.5—48 株为适宜的密度范围。曲线峰值 33.3 株/米² 产量最高。

以上结果说明: 各品种均有其适宜的种植密度, 各品种的适宜密度范围是很大的, 而且早熟和矮秆型品种更适于密植。

二、密度对植株性状和群体生育的影响

不同密度植株性状的变化: 株高、茎粗、分枝、主茎节数、节间长度和结荚部位高低等与密度有程度不同的相关关系 (表 3)。

由表 3 看出, 在适宜的密度下, 九农 9 号和九农 13 号株高应在 75 厘米左右, 不宜超过 85 厘米, 主茎节 15 个以上。7301 品系株高 50 厘米左右适宜, 不宜低于 45 厘米。

大豆经济性状和密度的关系: 单株荚数和密度呈极显著的负相关。平方米千粒数和密度呈不显著的负相关。百粒重与密度没有相关趋势 (图 2)。

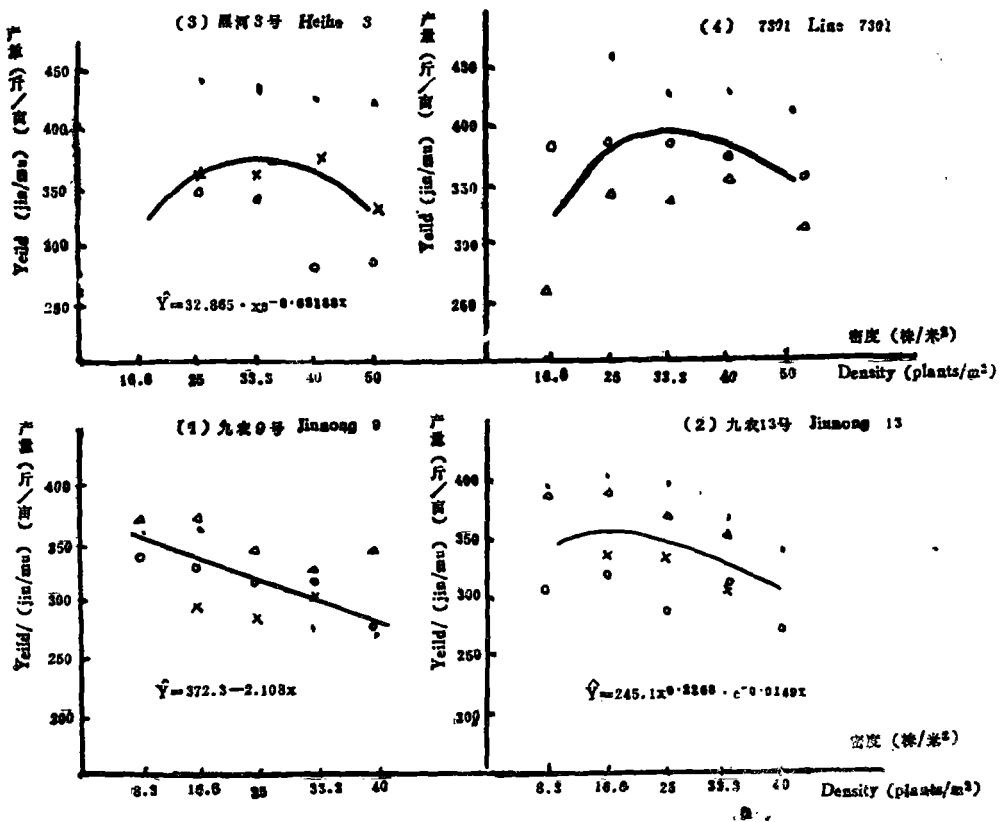


图1 不同品种大豆产量和密度的关系

Fig 1. The relation of yield to density for different soybean varieties

× 1979年 ○ 1989 ○ 1981年 △ 1982或1983年
× 1979 ○ 1980 ○ 1981 △ 1982 or 1983

叶面积指数〔LAI〕的变化：密度大的LAI较大，密度小的LAI较小（表4），其发展动态是：密度愈大的前期叶面积发展愈快，中期高峰出现的早，后期跌落的也快，而适宜密度的LAI高峰出现的略晚，后期下降的缓慢。高产群体的最大叶面积指数：九农9号和九农13号为3.0—5.4；黑河3号为3.4—4.7；7301为3.5—4.8。

插墒情况也是衡量群体生育好坏的一个指标。不插墒的豆田一般都是低产田，而插墒过早则常引起严重倒伏而导致减产。据1980年和1981年调查，九农9号和九农13号40株/米²的7月10日前插墒倒伏严重，25、33.3株/米²在7月15日前后插墒，发生重倒，8.3株/米²和16.6株/米²的均在7月20日前后插墒，植株不倒或轻倒。以史皮曼公式 $P = 1 - \frac{6 \cdot \sum D^2}{n(n^2 - 1)}$ 计算等级相关， $P = 0.96^{**}$ ，说明插墒越早，倒伏越重。而7301品系抗倒性强，各密度均不发生倒伏。

密度大不仅影响植株性状和群体生育，而且群体中的个体数量也发生变化。据1981—1982年收获前调查，密度超过适宜范围的处理死株及空秆株数迅速增加（表5），这可

表 3. 植株性状与密度的相关及其适宜指标
Table 3. The correlation of plant characters to plant densities and its suitable indexes

品 种	项 目	株 高 (厘米) Plant height (cm)	粗 茎 (厘米) Stem thickness (cm)	主茎节 (个) No of nodes on main stem	分 枝 (个) No of branch	节间长度 (厘米) Intern- ode length (cm)	底荚高度 (厘米) Bottompod height	备 注
Varieties	Items							Notes
九农 9 号	相关系数 Correlation coefficiene	0.4534	-0.8737**	-0.6594**	-0.8401**	0.9475**	0.4628	8.3—40株/米 ² N=18
Jiunong 9	适宜指标 Suitable index	74.1±8.0	0.74±0.12	16.2±1.5	0.96±0.69	4.6±0.4	16.7±6.1	
九农13号	相关系数 Correlation coefficient	0.7346**	-0.7096**	-0.6022*	-0.7702**	0.9017**	0.5501*	8.3—40株/米 ² N=16
Jiunong 13	适宜指标 Suitable index	76.9±8.5	0.75±0.12	15.0±0.7	0.81±0.73	5.0±0.5	13.2±5.9	
黑河 3 号	相关系数 Correlation coefficient	0.2268	-0.8794**	-0.8086**	-0.7772**	0.6089*	0.2845	16.6—50株/米 ² N=12
Heihe 3	适宜指标 Suitable index	74.9±9.3	0.44±0.03	12.0±0.6	0.24±0.21	6.2±0.6	12.4±3.7	
7301	相关系数 Correlation coefficient	0.8639**	-0.5167*	—	-0.285	0.7563**	0.5379*	16.6—50株/米 ² N=17
Line 7301	适宜指标 Suitable index	49.9±5.1	0.55±0.05	10.1±1.0	1.61±1.31	5.0±0.5	15.8±6.1	

表 4. 不同密度大豆叶面积指数 (LAI) 动态变化 (1980年)
Table 4. The dynamic variation of leaf area index (LAI) of soybean in different plant densities (plants/per square metre) (1980)

测定时间 Measure time		6月24日	7月2日	7月11日	7月21日	7月31日	8月13日	平均LAI
处 理	Trentment	Jun. 24	Jul. 2	Jul. 11	Jul. 21	Jul. 31	Aug. 13	Avg. LAI
九农 9 号	8.3	0.24	0.66	1.54	3.35	3.28	1.99	1.84
	16.6	0.33	1.47	2.61	5.06	5.42	4.44	3.22
	25	0.57	1.61	3.45	5.48	4.50	3.84	3.24
	33.3	0.70	1.79	3.26	5.62	3.29	4.45	3.19
	40	0.99	1.94	3.28	5.06	3.57	3.45	3.05
Jinnong 9	8.3		0.67	1.80	2.44	2.10	1.48	1.70
	16.6		1.37	2.16	3.04	2.72	2.26	2.31
	25		1.67	3.10	4.36	3.73	2.89	3.15
	33.3		1.92	4.45	3.85	3.21	2.56	3.20
	40		2.57	3.48	5.04	3.68	2.35	3.42
黑河3号	25	1.09	1.86	2.89	3.37	3.11		2.46
	33	0.81	1.96	2.67	4.08	3.53		2.61
	40	1.16	2.17	2.86	4.43	3.73		2.87
	50	1.41	2.71	4.40	4.45	3.88		3.31

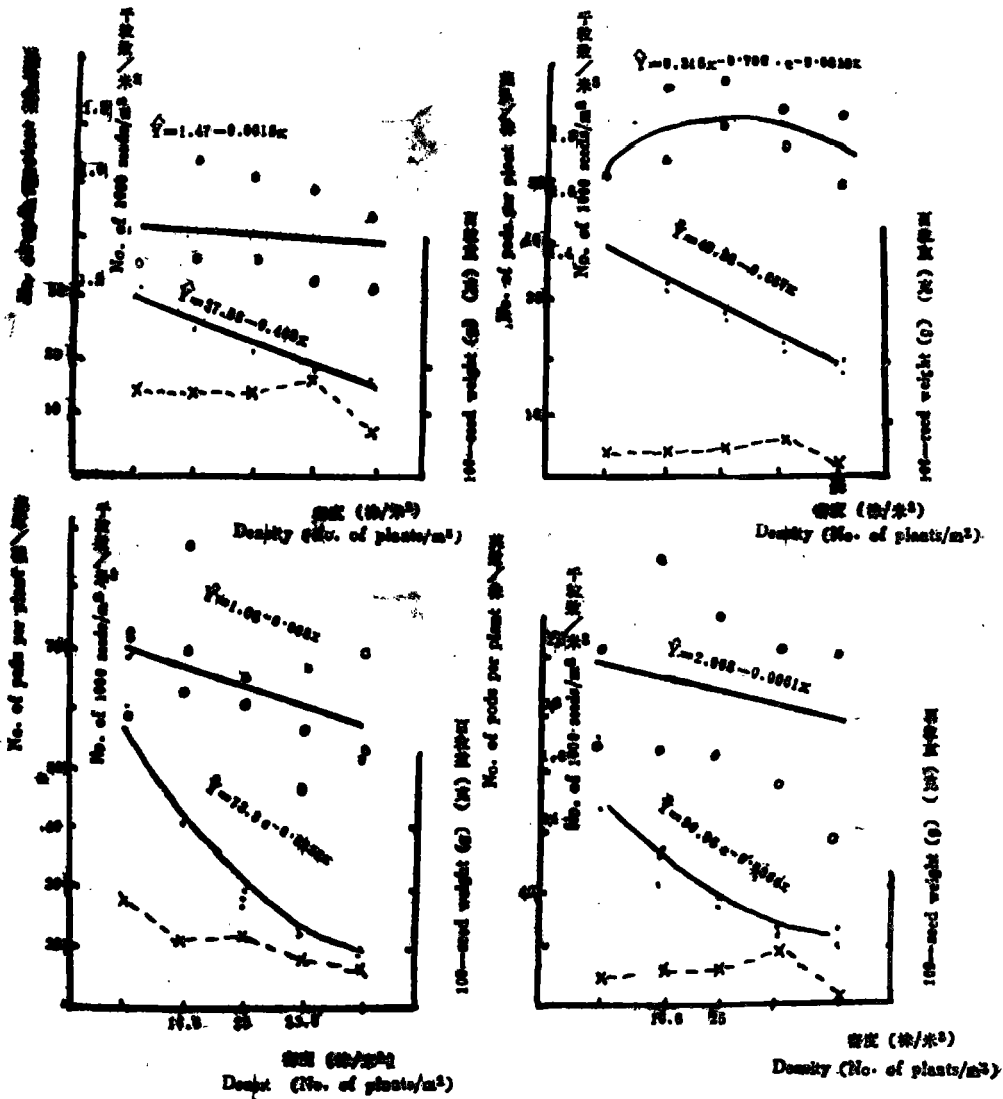


图2 大豆经济性状与密度的关系
Fig 2 The relation of economic character to density in soybean

能是大豆群体自身调节的结果。

三、密度对干物质积累和分配的影响

不同密度单株干物重在分枝期之前相差不大。随着生育进程干物重增加的速度不同，在盛花期，单株干物重小密度的比大密度多1—2倍。群体干物质积累的特点是：插秧前是33.3、40株/米²的干物质多，而插秧后40株/米²的干物质积累速度减慢，到结荚鼓粒后则适宜密度的干物质积累的最多，高密度的反而较少。如图3。

试验品种的经济系数，九农9号为0.39—0.5，九农13号为0.49—0.55，7301为0.46—0.50，黑河3号为0.5—0.57。经济系数大小与密度呈负相关，九农9号 $r = -0.7889^{**}$ ，九农13号 $r = -0.8619^{**}$ ，7301 $r = -0.8126^{**}$ ，黑河3号 $r = -0.5665$ 。经

表 5. 大豆不同密度无效株率的变化 (1981)
Table 5. The variation of ineffective plant rate (IPR) of soybean in defferent plant densities

品 种 Varieties	项 目 Items	理 论 密 度 Theoretical density (No of plants per square metre)					
		8.3	16.6	25.0	33.3	40.0	50.0
九 农 9 号 Jiunong 9	总 株 数 total plants	9.4	16.8	24.5	32.1	38.3	
	无 效 株 数 No of ineffective plants (IP)	0.1	0.3	1.6	3.7	6.0	
	无 效 株 率 IPR (%)	1.1	1.5	6.5	11.5	15.7	
九 农 13 号 Jiunong 13	总 株 数 total plants	9.8	16.5	24.3	30.8	37.5	
	无 效 株 数 No of Ip	0	0.5	1.3	4.0	10.3	
	无 效 株 率 IPR (%)	0	3.0	5.3	13.0	27.5	
黑 河 3 号 Heihe 3	总 株 数 total plants	16.2	25.0	33.5	37.8	43.3	
	无 效 株 数 No of Ip	0	1.1	1.5	2.1	4.5	
	无 效 株 率 IPR (%)	0	4.1	4.5	5.5	10.4	
7301 Line 7301	总 株 数 total plants	16.5	24.9	32.0	36.4	47.1	
	无 效 株 数 No of Ip	0.1	0.1	1.0	2.8	9.7	
	无 效 株 率 IpR (%)	0.6	0.4	3.1	7.7	20.6	

注：无效株包括死株和空秆株。
note: The ineffective plants in clude the dead plants and the fruitless ones.

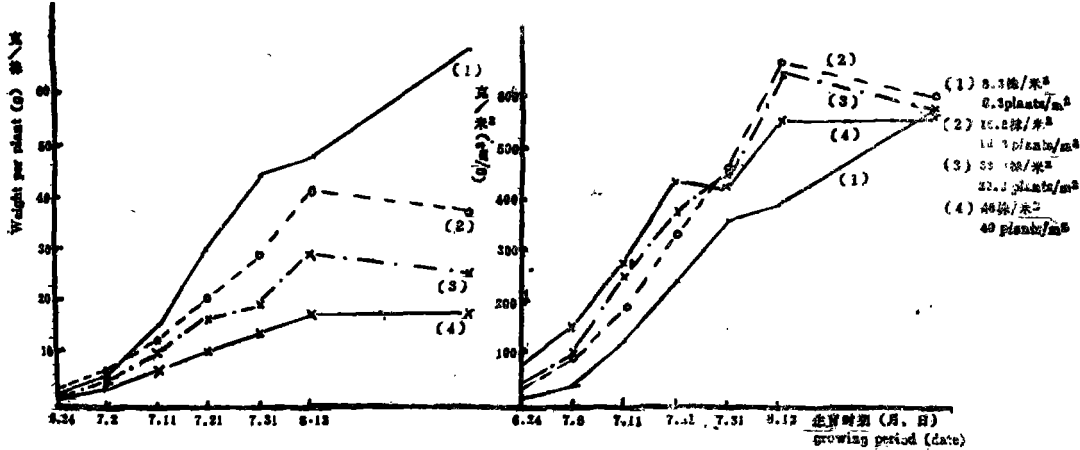


图 3 不同密度大豆干物质积累动态 (1980年九农 9 号)
Fig 3. The dynamics of dry matter accumulation of soybean in different plant densities (1980. Jiunong 9)

济系数和产量关系受生物产量所制约。在适宜密度下，经济系数和生物产量都较高，才

能获得高产。九农9号和九农13号16.6株/米²时,经济系数分别为0.47和0.53,较33.3、40株/米²的经济系数0.4和0.49大8—17%,生物产量也较高,所以经济产量也高。7301和黑河3号虽然16.6株/米²经济系数大,但由于生物产量较低,经济产量不高,而25、33.3株/米²的生物产量高,经济系数也较大,则产量高,密度再增加时经济系数和生物产量同时降低,产量也随之降低。

四、叶绿素含量和根系伤流量的变化

我们于1980、1981两年在不同生育阶段测定九农9号植株上部第四片中间小叶的叶绿素含量,结果是:插蒾前和插蒾期有随密度增加叶绿素含量减少的趋势,尤其鼓粒期这种趋势比较明显(表6),同时叶质重和叶片光合强度也有同样变化趋势(表7)。

表 6. 不同密度大豆叶片叶绿素含量 单位: mg/(dm)²

Table 6. The chlorophyll content of lcaves (mg/dm)² of soybean in different plant densities (plants/m²)

密 度 Densities	测 期 Msesure time	1980年 8月3日 Aug. 3 1980	1981年 1981			平 均 Average	增 减 Fluctua- tion	备 注 Notes
			8.4 Aug. 4	8.12 Aug. 12	8.18 Aug. 18			
8.3		3.203	3.490	3.087	2.972	3.189	—	九农9号
16.6		3.354	3.267	2.944	2.866	3.108	-0.08	Var
25.6		3.382	3.527	3.053	2.795	3.189	+0.001	Jiunong
33.3		3.113	3.079	2.827	2.663	2.921	-0.267	
40		2.881	2.933	2.774	2.560	2.787	-0.401	9

表 7. 不同密度大豆叶片光合强度 (1981年九农9号)

Table 7. The leaves photosynthetic intensity of soybean in different plant densities (1981. Jiunong 9)

密 度 Density (No. of plants/m ²)	时 间 Time	8 月 12 日 Aug 12			8 月 18 日 Aug 18			平均光合强度 (mg/dm ² ·h Average photosynt- tetic inten- sity (mg/dm ² ·hr)
	项 目 Items	叶绿素含量 (mg/dm ²) Chlorophyll content (mg/dm ²)	叶 质 重 (g/dm ²) Specific leaf weight (g/dm ²)	光合强度 (mg/dm ² · hr) Prlotsynt- hetic intensity	叶绿素含量 (mg/dm ²) Chlorophyll content (mg/dm ²)	叶 质 重 (g/dm ²) Specific leaf weight (gldm ²)	光合强度 (mg/dm ² · hr) Photosyn- thetic intensity	
8.3		3.087	5.76	8.698	2.972	5.55	5.25	6.974
25.0		3.053	5.38	7.138	2.975	5.58	5.58	6.359
40		2.774	5.12	4.983	2.560	5.36	4.30	4.642

根系伤流量的差异,从1981年在插蒾到鼓粒期四次测定结果看,九农9号株小时伤流量随密度增加而减少。8.3株/米²株小时伤流量在盛花期为6.76克,结荚一鼓粒期为4克左右,16.6株/米²在盛花期为5克,以后逐渐下降到2.4—1.8克,25株/米²的各期都在1.5克左右。

结 语 和 讨 论

不同类型品种均有其适宜密度，而且范围较大。试验结果表明：九农9号适宜密度为8.3—25.8株/米²，九农13号为7.8—25.8株/米²，黑河3号为25—40株/米²，矮秆7301为22.5—48株/米²。最适宜的密度前两者是16.6株/米²，后两者为25—33.3株/米²。

栽培密度与大豆产量及植株性状有明显的相关，这与郭午等^{〔5〕}（1964）研究结果基本一致。我们认为亩产350—400斤的高产田植株性状和群体指标为：九农9号株高70—75厘米，茎粗0.7厘米以上，主茎16节，分枝1—2个，单株荚数40—50个，平方米1.5千粒，LAI为3.4—5.4。九农13号株高75厘米，茎粗0.65厘米，主茎15节，0.8个分枝，单株荚数在50以上，平方米1.9千粒左右，LAI为3.0—4.7。黑河3号和7301单株荚数分别为25和30个左右，平方米为1.4和1.8千粒，LAI为3.4—4.7。

大豆的产量和植株性状年度间差异较明显。就最适宜密度下，1981年较1980年，亩产量九农9号低31斤，其他三个品种低70—90余斤，株高明显增加，单株荚粒数减少，死株空秆株率增加，这可能是气象条件影响的结果。总之，在生产中确定种植密度和生育指标时，要根据品种特性、气候、土壤肥力和种植方式等条件，在适宜指标范围内，灵活掌握。

参 考 文 献

- 〔1〕 朱道民，1981，大豆密植的田间分析及产量方程，《中国油料》4，P64—69。
- 〔2〕 尹田夫，1982，不同种植模式对大豆冠层结构的形成和产量收获及其分配的影响。《东北农学院学报》1，P 41—45。
- 〔3〕 常耀中，1983，大豆群体合理摆布与产量关系的研究，《大豆科学》2，P132—139。
- 〔4〕 董 钻，1984，大豆株型群体结构与产量关系的研究，《大豆科学》2，P110—119。
- 〔5〕 郭午等，1964，大豆合理群体结构的探讨《吉林农业科学》1卷2期。

STUDIES ON SOYBEAN PLANT DENSITY AND ITS
INDEX OF POPULATION STRUCTURE

Liu Jinyin Zhang Hengshan Wang Daqiu

(Jilin City Institute of Agricultural Science)

Abstract

The characteristics of the variation in soybeans yield, plant characters and ponulation growth under different plant densities were analyzed and the indexes of the population structurev of high-yielding soybeans were summarized. The experiment showed that under the cultivation of high-yielding soybeans, the densities of 8.3—25 plants pe souare metre for the tall, mid-long stalked middle-late or mid-season varieties and of 25—40 plants per square metre for the shortstalked early-maturing varieties are suitable.