

低丘红壤春大豆种植密度的研究*

董 灵

(中国科学院动物研究所)

陈诗武 李希白 许金铭 郭顺辉

(浙江省衢县农业局)

提 要

本文分析了在低丘红壤的生态条件下,春大豆不同种植密度与产量的关系;植株性状的变化特点;以及不同种植方式对产量的影响。试验结果表明,春大豆群体是一个高度自我调节的系统,其适宜种植密度范围较大。每亩穴数相同每穴株数不同种植方式的密度差别为 21.26~43.25 千株/亩,当种植密度为 30.968 千株/亩时,期望最高产量为 174.3kg/亩,单株最高产量为 15.2961g。每亩穴数不同每穴株数相同种植方式的密度差别为 24.01~53.18 千株/亩,当种植密度为 36.678 千株/亩时,期望最高产量为 146.7kg 亩,单株最高产量为 10.8713g。在相同的种植密度条件下,种植方式前者优于后者,增产幅度分别达 5.56~34.26%。综合试验结果,在本试验条件下,浙春 2 号每亩种植 7.500~12.000 穴,每亩留苗 4 株左右,这样的群体结构较为合理。

关键词 春大豆;种植密度;种植方式;低丘红壤

我国自五十年代以来对大豆种植密度开展了广泛的研究。赵荣琛(1957)^[1],常耀中(1983)^[2]分别研究了大豆行株距配置和群体合理摆布与产量的关系;张瑞忠等(1964)^[3]、郭午等(1964)^[4]和刘金印等(1987)^[5]对大豆的种植密度分别进行了研究;董钻等(1984)^[6]报道了在不同种植密度下大豆群体的自动调节机能。以上这些结果基本上是在

* 本文是第一作者在浙江省衢县农业局工作期间所做的工作。

本文于 1991 年 3 月 5 日收到。

This paper was received on March 5, 1991

土壤肥力较高的条件下取得的,而且以北方结果居多。低丘红壤广泛分布于浙江省金衢盆地和江西、福建等省的许多地区。春大豆在红壤旱地上被作为先锋作物广泛种植,产量水平一直不高,栽培技术也不完善,我们从 1989 年开始,在低丘红壤上进行了春大豆不同种植密度的田间试验,目的在于探讨在南方丘陵红壤的生态条件下,春大豆的合理种植密度问题。

材 料 和 方 法

试验在浙江省衢县进行。试验地为红壤土,肥力中等。供试品种为浙春 2 号。该品种属有限结荚习性,中早熟,株高 40~60cm,主茎节数 11~13,分枝 2~4 个,百粒重 15g 左右。

试验于 1989 年至 1990 年连续进行二年。田间试验方案见表 1。试验小区面积 20m²,随机区组排列,重复 3 次。采用人工穴播,出苗后根据各处理的密度要求间苗定苗。每亩穴数不同的处理,固定行距,以不同的株距调节至所需密度。试验地亩施钙镁磷肥 25kg,氯化钾 5kg,尿素 7.5kg。磷肥和钾肥作基肥,尿素按苗肥 65%、始花肥 35%施用。其他管理同一般大田。成熟时每小区单收单打,取样进行室内考种。产量进行联合方差分析,参考莫惠栋^[7]的方法,对产量进行相关和回归分析。

表 1 春大豆不同种植密度试验方案

Table 1 Experimental plan of different plant density on spring soybean

品 种 Variety	处 理 Treatment 处理代号 No. of treatment	种植密度 (千株/亩) Plant density (1000plants/mu)	种植方式 Plant pattern		
			每亩穴数 Hole/mu	每穴株数 Plant/hole	备 注 Notes
浙春 2 号 Zhechun 2	①	15	7500	2	每亩穴数相同每穴株数不同 Different plant number, same hole number
	②	30	7500	4	
	③	45	7500	6	
	④	60	7500	8	
	⑤	15	5000	3	每亩穴数不同每穴株数相同 Same plant number, different hole number
	⑥	30	10000	3	
	⑦	45	15000	3	
	⑧	60	20000	3	

结 果 与 讨 论

(一)不同种植密度与产量的关系

有关不同种植密度对产量影响的试验结果列于表 2 之中,下面从三个方面进行分析:

1. 同穴数不同株数的种植密度对产量效应

试验结果表明,45千株/亩的处理产量最高,极显著高于60千株/亩的处理;60千株/亩的产量显著低于15千株/亩和30千株/亩的处理(表2)。试验结果还表明,种植密度从15千株/亩增加到45千株/亩,株数增加2倍,但产量差异不显著,说明春大豆群体是一个高度自我调节的系统。与董钻等^[6]的报道一致。但进一步增加株数,产量极显著降低,二年结果较为一致。

表2 不同种植密度对春大豆产量的影响

Table 2 Effect of different plant density on yield of spring soybean

年份 Years	平均值 * Average value				1989				1990			
项 处 理 目 代 号	产量 Yields	差异显著平准 Level of significance of difference		LSD 值 LSD Value	产量 Yields	差异显著平准 Level of significance of difference		LSD 值 LSD Value	产量 Yields	差异显著平准 Level of significance of difference		LSD 值 LSD Value
		kg/mu	5% 1%			kg/mu	5% 1%			kg/mu	5% 1%	
	kg/mu	5%	1%		kg/mu	5%	1%		kg/mu	5%	1%	
①	152.39	a	AB	LSD _{0.05} = 10.62 (kg/mu)	150.33	a	AB	LSD _{0.05} = 13.95 (kg/mu)	154.44	a	AB	LSD _{0.05} = 12.45 (kg/mu)
②	155.23	a	AB		151.56	a	AB		158.89	a	A	
③	161.78	a	A	LSD _{0.01} = 13.49 (kg/mu)	163.56	a	A	LSD _{0.01} = 21.13 (kg/mu)	160.00	a	A	LSD _{0.01} = 18.86 (kg/mu)
④	136.94	b	B		134.44	b	B		139.44	b	B	
⑤	113.50	c	B	LSD _{0.05} = 11.08 (kg/mu)	103.11	c	C	LSD _{0.05} = 10.46 (kg/mu)	123.89	c	B	LSD _{0.05} = 10.07 (kg/mu)
⑥	133.89	ab	AB		127.78	b	AB		140.00	ab	A	
⑦	144.17	a	A	LSD _{0.01} = 20.33 (kg/mu)	139.44	a	A	LSD _{0.01} = 15.85 (kg/mu)	146.89	a	A	LSD _{0.01} = 15.25 (kg/mu)
⑧	129.73	b	AB		121.67	b	B		137.78	b	AB	

* 1989年~1990年的平均值。产量结果进行联合方差分析。
* Average value of 1989 and 1990. Data was analyzed by combined variance analysis.

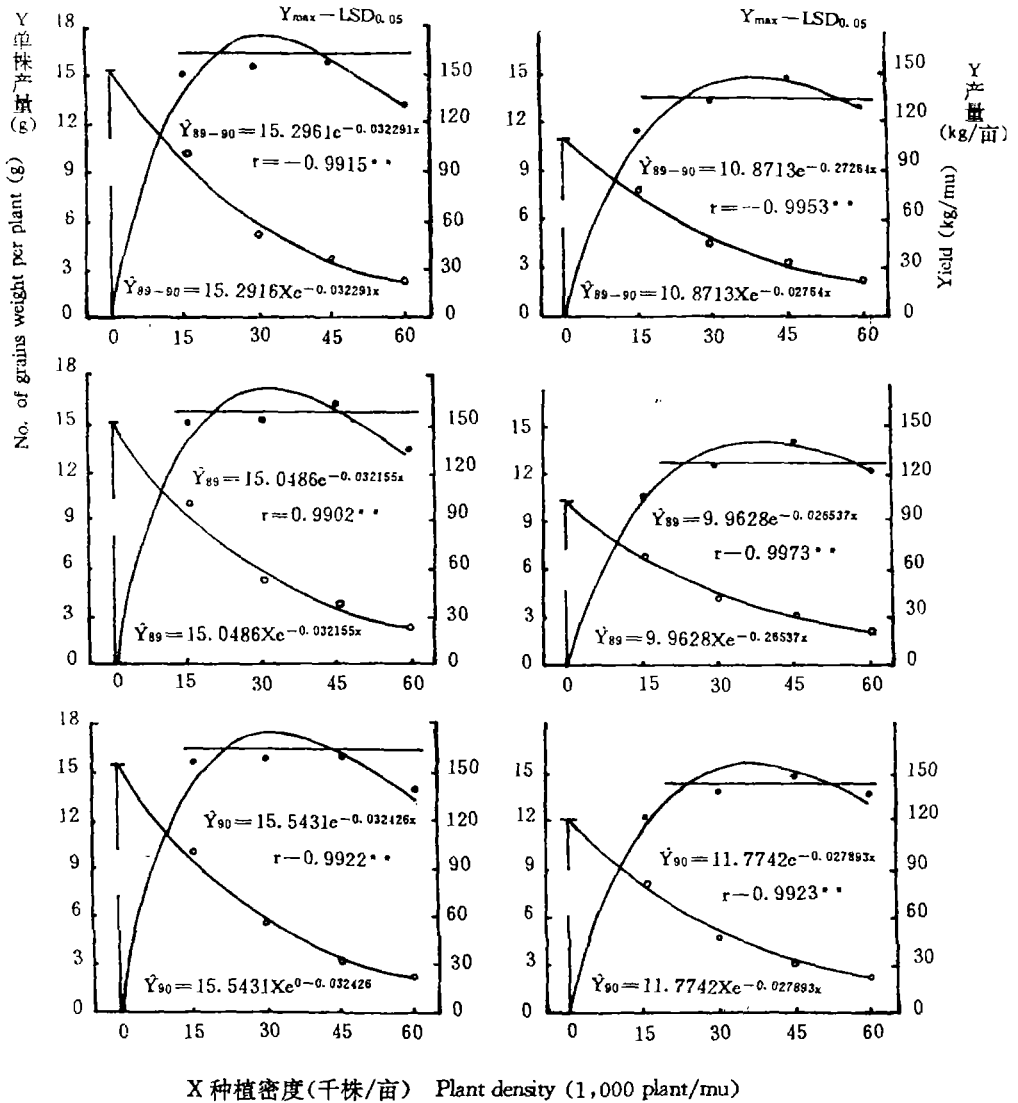
我们对产量结果的相关和回归分析表明,浙春2号在15千株/亩至60千株/亩的种植密度范围内,单株产量与种植密度呈高度负相关。1989和1990年的平均结果,其相关系数 $r = -0.9915^{**}$ 。该试验产量—密度方程为:

$$\hat{Y}_{89-90}(g/株) = 15.2961e^{-0.032291x} \quad \hat{Y}_{89-90}(kg/亩) = 15.2961xe^{-0.032291x}$$

这表明,该试验的单株最高生产力不超过15.2961g。在本试验条件下,如每亩种植30.968千株(4.1株/穴),可得174.3kg/亩的期望最高产量。在一般田间试验条件下,难以察觉处理间差异在5%以下的显著性(LSD_{0.05} = 10.62kg/亩),因而进一步确定其最适密度范围为21.26~43.25千株/亩,此时产量大于163.68kg/亩。该范围是以期望最高产量 $Y_{max} - LSD_{0.05} = 174.3 - 10.62 = 163.68(kg/亩)$ 为标准的。同理,我们确定1989年的最适密度范围为20.03~45.67千株/亩;1990年最适密度范围为20.48~44.21千株/亩(图1)。由于在很大范围内种植密度的效应是不大的,这也可进一步说明春大豆群体具有很强的调节能力。

2. 不同穴数相同株数的种植密度对产量的效应

表 2 结果表明,不同穴数相同株数的种植密度,45 千株/亩的处理产量最高,显著或极显著高于 15 千株/亩和 60 千株/亩的处理;与 30 千株/亩的处理差异不显著,但 1989 年的结果差异显著。15 千株/亩的处理产量最低。



左 每亩穴数相同每穴株数不同。Left different plant number, same hole

右 每亩穴数不同每穴株数相同。Right same plant number, different hole

图 1 春大豆种植密度与产量的关系

Fig. 1 Relationship between plant density and yield of spring soybean

试验结果相关和回归分析表明,浙春 2 号在 15 千株/亩至 60 千株/亩的种植密度范围内,单株产量与种植密度呈高度负相关。1989 和 1990 年二年平均结果,相关系数 $r = -$

0.9953^{**}。该试验产量—密度方程为:

$$\hat{Y}_{89-90}(g/株) = 10.8713e^{-0.027264x} \quad \hat{Y}_{89-90}(kg/亩) = 10.8713xe^{-0.027264x}$$

这表明该试验的单株最高产量不超过 10.8713g。每亩种植 36.678 千株(12226 穴/亩)时,可得 146.7kg/亩的期望最高产量。进一步确定其最适密度范围为 24.01~53.18 千株/亩,此时产量大于 135.62kg/亩,该范围是以期望最高产量 $Y_{max}-LSD_{0.05}=146.7-11.08=135.62(kg/亩)$ 为标准的。同理,我们确定 1989 年的最适密度范围是 24.63~54.69 千株/亩,1990 年的最适密度范围是 24.29~50.6 千株/亩(图 1)。同前者一样,春大豆种植密度在很大范围内效应不大,表明春大豆群体的调节能力是本身特性之一。不同种植方式得到的结果相似。

3. 相同种植密度不同种植方式对产量的影响

不同种植方式对产量具有明显的影响(图 2)。从图 2 可以看出,每亩穴数相同每穴株数不同的种植方式优于每亩穴数不同每穴株数相同的种植方式。15 千株/亩、30 千株/亩和 45 千株/亩的三个处理,前者比后者分别增产 34.26%、15.94%和 12.21%,经 t 检验,差异达极显著平准。60 千株/亩的处理,前者比后者增产 5.56%,但差异未达显著平准。前者的期望最高产量和单株产量均高于后者(图 1)。

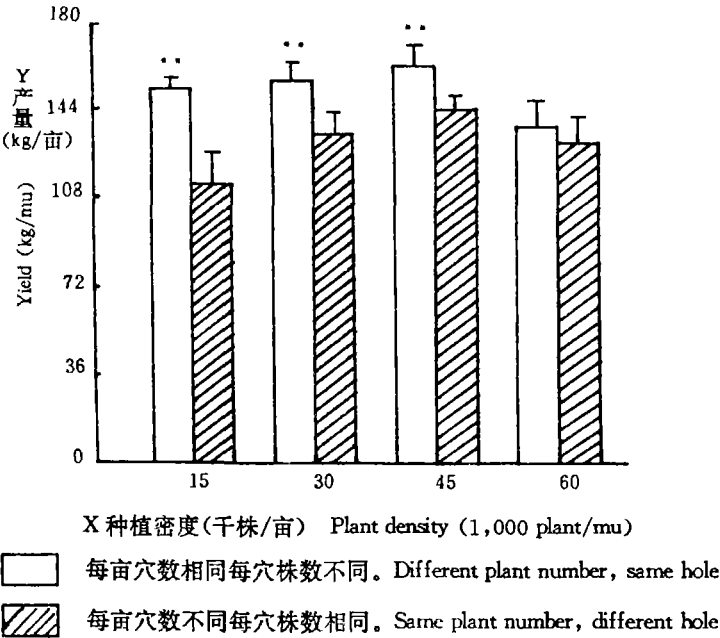


图 2 不同种植方式对产量的影响(1989 年和 1990 年的平均值)
Fig. 2 Effect different plant pattern on yield (average value of 1989 and 1990)

不同种植方式春大豆产量的差异,与群体通风透光条件和个体生育环境的差异有关。在群体数量相同时,每亩种植 30 千株、45 千株和 60 千株,每亩穴数相同每穴株数不同的种植方式通风透光条件明显优于每亩穴数不同每穴株数相同的种植方式,因而产量也是前者高于后者。而每亩种植 15 千株的处理,虽然通风透光条件后者好于前者,但由于前者

的的每穴株数只有 2 株,个体生育环境良好,单株产量高于后者,产量也极显著高于后者。总之,群体数量的多少,每亩穴数和每穴株数之间的关系是很复杂的,它们之间的关系是既矛盾又统一的^[2]。

(二)不同种植密度对春大豆植株性状的影响

不同种植密度对春大豆植株性状有显著的影响,而且具有一定的规律性(表 3)。

1. 不同种植密度植株形态性状的变化特点

种植密度和植株形态性状有不同程度的相关关系。相关和回归分析表明,在本试验条件下,主茎节数与种植密度无相关趋势。下面将与种植密度关系显著的性状分析如下:

株高随种植密度的增加而增高,符合对数函数的变化特点。这与董钻等^[6]和郭午等^[4]的结果相似。

表 3 不同种植密度对春大豆植株性状的影响

Table 3 Effect of different plant density on plant character of spring soybean

处理代号 No. of treatment	株 高 Plant height (cm)	茎 粗 Stem thickness (mm)	主茎节数 No. of nodes on main stem	分 枝 数 No. of branches	底荚高度 Bottom pod height(cm)	单株荚数 No. of pods per plant	单株粒数 No. of grains per plant	百 粒 重 100 seeds weight (g)
①	42.4	4.3	12.3	3.2	7.7	32.6	66.0	14.6
②	44.2	4.1	12.1	2.2	10.4	23.7	47.8	14.7
③	49.1	3.8	12.1	1.7	12.5	16.9	34.2	14.6
④	50.3	3.6	12.1	1.3	14.6	13.8	24.5	14.5
⑤	40.0	4.6	12.3	2.8	9.1	26.3	53.3	15.1
⑥	50.1	4.3	12.2	1.8	10.9	19.8	40.4	15.0
⑦	53.2	4.0	12.2	1.3	12.4	16.5	33.3	15.2
⑧	53.6	3.8	12.1	1.0	15.2	13.6	23.7	15.0

注:表中数据为 1989 年和 1990 年的平均值。 Note:Average value of 1989 and 1990.

茎粗和种植密度呈负相关,随密度的增加而变细,符合等差函数的变化特点。这表明,在栽培上控制适宜的密度,可使茎粗不太细,既可获得高产,又不使茎粗太细而倒伏。

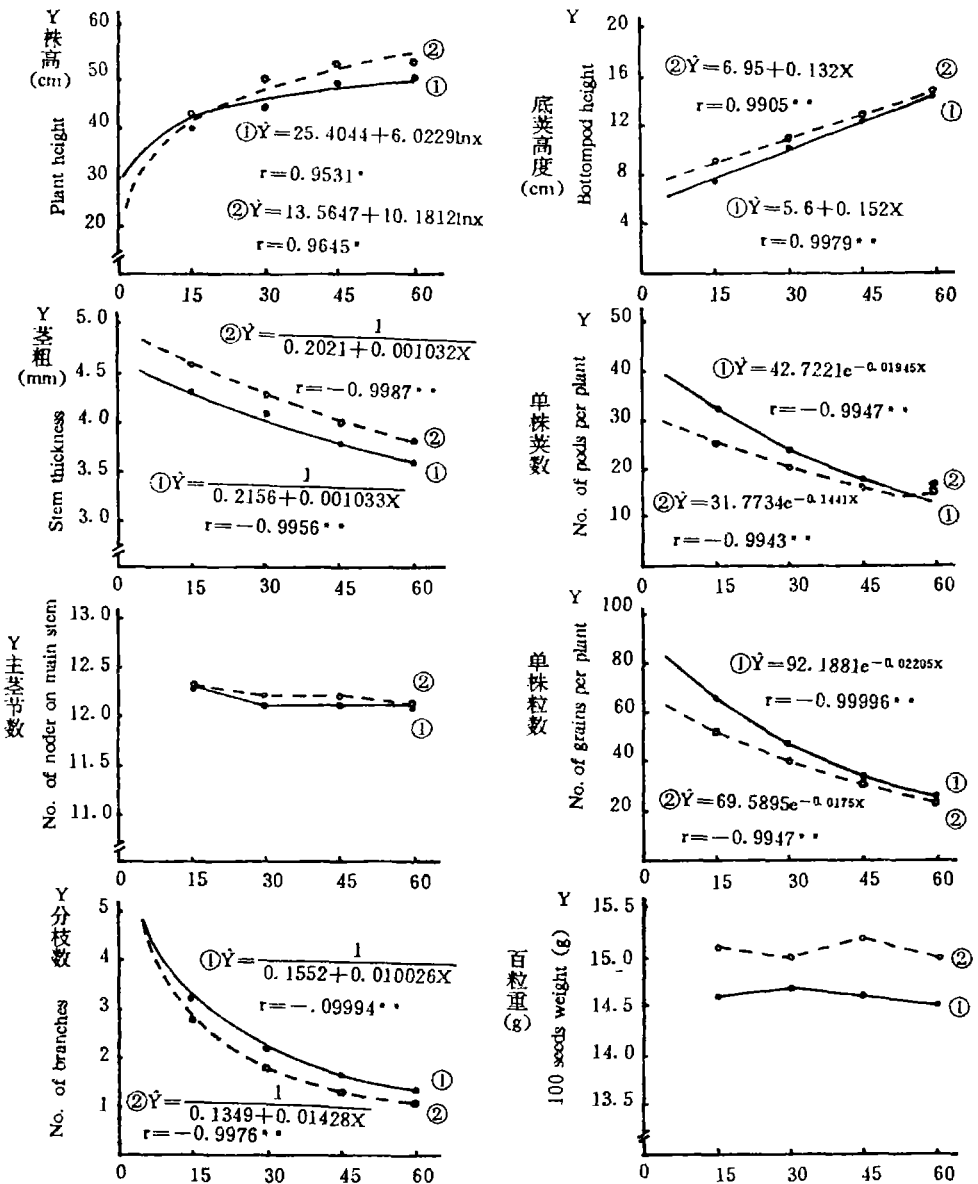
底荚高度和种植密度呈正相关,符合直线关系。即密度越大,结荚高度越高。茎粗和结荚高度二个性状的结果与张瑞忠等^[3]的报道一致。

分枝数和种植密度呈负相关,符合等差函数的变化特点。这表明,种植密度呈等差级数增加时,分枝数会显著减少,但所有植株不会一点分枝也没有,这充分证明,分枝是春大豆的重要性状,是它的固有特性之一。

2. 不同种植密度植株经济性状的变化特点

相关回归分析表明,单株荚数和单株粒数与种植密度呈极显著负相关,符合指数函数的变化特点。在一定的密度范围内,增加密度可使群体荚数和粒数增加,但到一定密度之后,单株荚数和单株粒数会显著降低,增加的株数补偿不了单株荚数和单株粒数的减少,从而使群体的荚数和粒数下降。在本试验条件下,百粒重与种植密度关系不显著,与刘金印等^[5]的结果一致。

有关植株形态性状和经济性状与种植密度的关系,详见图 3。



X 种植密度(千株/亩) Plant density (1,000 plant/mu)

- ① 每亩穴数相同每穴株数不同。Different plant number, same hole
 ② 每亩穴数不同每穴株数相同。Same plant number, different hole

图 3 春大豆植株性状与种植密度的关系

Fig. 3 Relationship between plant density and plant character of spring soybean

简 结

在低丘红壤的生态条件下,春大豆浙春2号种植密度研究结果如下:

1. 春大豆产量与种植密度的数量关系,符合等比模型的特征。每亩穴数相同每穴株数不同的种植方式,其产量—密度方程为:

$$\hat{y}_{89-90}(\text{g/株}) = 15.2961e^{-0.032291x} \quad \hat{Y}_{89-90}(\text{kg/亩}) = 15.2961xe^{-0.032291x}$$

当种植密度 X 为 30.968 千株/亩时,期望最高产量为 174.3kg/亩,单株最高产量不超过 15.2961g,每亩穴数不同每穴株数相同的种植方式。其产量—密度方程为:

$$\hat{y}_{89-90}(\text{g/株}) = 10.8713e^{-0.027264x} \quad \hat{Y}_{89-90}(\text{kg/亩}) = 10.8713xe^{-0.027264x}$$

当种植密度 X 为 36.678 千株/亩时,期望最高产量为 146.7kg/亩,单株最高产量不超过 10.8713g。以上产量—密度方程式表示,随种植密度 x 增大, y 减少,形成了一向上凹的曲线,说明不论种植密度多高,群体产量都不致于“颗粒无收”。

2. 在相同种植密度条件下,每亩穴数相同每穴株数不同的种植方式优于每亩穴数不同每穴株数相同的种植方式。前者比后者增产 5.56~34.26%。

3. 种植密度与植株性状有明显的相关关系。试验结果表明,植株性状的变化形式,株高符合对数函数 $y = a + b \ln x$;茎粗和分枝数符合方程 $y = \frac{1}{a + bx}$;底荚高度符合方程 $y = a + bx$;单株荚数和单株粒数符合方程 $y = ae^{-bx}$ 。在本试验条件下,主茎节数和百粒重与种植密度的关系还不明确。

4. 春大豆群体是一个高度自我调节的系统。其适宜种植密度范围较大。每亩穴数相同每穴株数不同的种植方式为 21.26~43.25 千株/亩;每亩穴数不同每穴株数相同的种植方式为 24.01~53.18 千株/亩。种植密度增加到一定数量后,春大豆群体产量开始明显下降。

5. 适当提高种植密度有利于高产。综合试验结果,在本试验条件下,浙春2号每亩种植 7500~12000 穴,每穴留苗 4 株左右,这样的群体结构较为合理。

参 考 文 献

- [1] 赵荣琛:1957,杭州早大豆行株距试验,农业学报,8(2),185~195。
- [2] 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(2),132~139。
- [3] 张瑞忠等:1964,大豆植株密度试验研究,东北农学院学报,3期,1~13。
- [4] 郭午等:1964,大豆合理群体结构的探讨,吉林农业科学,1(2),9~18。
- [5] 刘金印等:1987,大豆种植密度和群体结构的研究,大豆科学,6(1),1~10。
- [6] 董钻等:1984,大豆株型、群体结构与产量关系的研究,大豆科学,3(2),110~120。
- [7] 莫惠栋:1980,种植密度和作物产量,作物学报,6(2.3),65~74,147~160。

STUDY ON SPRING SOYBEAN PLANT DENSITY IN LOW--HILLY RED SOIL

Dong Ling

(Institute of Zoology, Academia Sinica)

Chen Shiwu Li Xibai Xu Jinming Guo Shunhui

(Qi Xian Agriculture Bureau)

Abstract

Relationships between plant density, plant pattern and yield, variation characteristic of plant character in ecological condition of low--hilly red soil were analyzed. The results showed that spring soybean population was a highly self regulating system. Its suitable plant density scope was great. The plant pattern with same hole per mu and different plant per hole was 21.26~43.25 thousand plants/mu. Its expected highest yield was 174.3kg/mu, 15.2961g/plant with the plant density of 30.968 thousand plants/mu. The plant pattern with different hole per mu and same plant per hole was 24.01~53.18 thousand plants/mu. Its expected highest yield was 146.7kg/mu, 10.8713g/plant with the plant density of 36.678 thousand plants/mu. The former plant pattern was better than the latter when they have same plant density, the increase range of yield was 5.56~34.26%. The result indicated that the density of 7,500~12,000 holes/mu and 4 plants/hole are suitable population structure of Zhechun 2 under the experimental condition.

Key words Spring soybean; Plant density; Plant pattern; Low--hilly red soil