

# 大豆公顷产3750公斤的土壤环境 及植株生长的分析\*

陈仁忠 魏景山 崔德珠

(黑龙江省农业科学院绥化农科所)

## 摘 要

本研究采用综合技术措施, 创造高产土壤环境, 跟踪大豆群体动态发育, 探索地下部养分平衡, 水分动态及对地上部分群体植株的发育进行分析。研究表明, 公顷产 3750 kg 大豆的土壤有机质为 2.623%; 土壤养分全氮 0.198%; 水解氮 5.404 mg/100g 土; 全磷 0.166%; 速效磷 7.058 mg/100g 土; 速效钾 8.598 mg/100g 土, 土壤容重为 1.0—1.1g/cm<sup>3</sup>; 土壤孔隙为 56—60%。土壤水分含量在幼苗期、分枝期、开花期、结荚期、鼓粒期分别为 21%、23%、27—28%、28—30% 和 27—28% (田间最大持水量为 34%)。研究认为在花荚期及鼓粒期土壤含水量低于 24% 应及时灌水。

绥农四号大豆品种公顷产 3750 kg 的大豆群体生育动态植株日生长量 (株高) 由出苗 (VE) 到分枝期为 0.64cm/日, 分枝到初花期 (R<sub>1</sub>) 为 1.2cm/日, 初花期至盛花期 (R<sub>2</sub>) 为 1.11 cm/日, 盛花期至结荚期 (R<sub>3</sub>—R<sub>4</sub>) 为 1.33cm/日; 叶面积指数 (LAI) 自出苗到盛花期不断增长, 结荚期 (R<sub>3</sub>) 最高达 5.5 左右, 黄熟期 (R<sub>6</sub>—R<sub>7</sub>) 仍保持 3.5—4.0; 干物质积累苗期 42.6g/m<sup>2</sup>, 分枝期 104g/m<sup>2</sup>, 初花期 149g/m<sup>2</sup>, 盛花期 351g/m<sup>2</sup>, 结荚期 709g/m<sup>2</sup>, 鼓粒期 (R<sub>5</sub>) 916g/m<sup>2</sup>, 黄熟期 1197 g/m<sup>2</sup>; 公顷产 3750 kg 大豆群体产量结构为 790—888 荚/m<sup>2</sup>, 1767.5—2072.7 粒/m<sup>2</sup>, 粒重 375.1g/m<sup>2</sup> 以上, 百粒重 18.9—22.4g。

大豆高产栽培技术及其理论的研究已有较多报导, 常跃中等 (1981) 研究了公顷产 3000kg 大豆丰产长相及群体结构。董钻等 (1982) 较深入地探讨了公顷产 3375kg 的生理参数。板三昭三 (1983) 就大豆高产栽培技术也进行了报导。本项研究采用综合技术措施, 培养高产土壤, 辅以施肥、灌水、播法、密度等单因子试验。获得了大豆公顷产 3750kg 的产量结果并且重演, 探索出公顷 3750 kg 的技术措施, 生长发育规律, 提出了相应的土壤结构, 土壤养分含量, 水分指标, 群体生育动态 (叶面积指数、干物质积累及产

\* 数学模型试验是在东北农学院张瑞忠教授指导下进行的特此致谢, 本文承蒙黄承运副研究员审阅特此致谢。本文于 1987 年 9 月 10 日收到; This paper was received in Sep. 10, 1987.

量结构), 为大豆高产栽培提供了重要的科学依据。

## 材料与方 法

试验以秆强不倒, 在绥化地区生育日数125—130天的绥农4号大豆品种为材料。在绥化黑土地带采用随机区组法和回归旋转设计, 综合高产田采用大区对比法。试验在所内大豆栽培试验地进行, 试验地地势平坦肥沃, 轮作方式为小麦—小麦—大豆。麦茬平翻或平松耙茬, 翻前公顷施农肥 52500kg, 播种时种下侧深施三料过磷酸钙每公顷 225kg, 初花期每公顷追尿素 225kg, 花荚期根外喷尿素 1%浓度再加钼酸铵 10g, 磷酸二氢钾 100g配成混合液, 每公顷用量 450 kg。播种采用机械带状平播, 小行距 45 cm, 大行距 52.5 cm。真叶期人工间苗, 平方米留苗 30—35 株。应用辛硫酸闷种, 防治地下害虫, 播前每公顷用 1.95kg 氟乐灵封闭灭草, 800 倍甲基托布津或多菌灵防治大豆灰斑病、细菌斑点病等病害, 1000倍乐果防治大豆蚜虫, 敌敌畏薰蒸防治大豆食心虫等项综合技术。试验整地、播种、追肥、中耕、喷药均应用机械作业。

## 结 果 与 分 布

### 一、大豆公顷产 3750kg 的土壤环境

#### 1. 土壤结构

综合高产试验田采用小麦—小麦—大豆或小麦—玉米—大豆轮作方式, 土壤耕作采用翻、松、耙的耕作制。增施农肥巧用化肥的施肥制度, 耕层逐年加深, 活土层达 25—27cm, 土壤有机质通过增加农肥施用量每公顷 45—52.5 吨, 残茬翻压等, 使土壤有机质由 2.2% 提高到 2.6—3.0%, 土壤容重由 1.2—1.3g/cm<sup>3</sup> 降至 1.0—1.1g/cm<sup>3</sup>, 土壤孔隙度增加到 50—60%。

#### 2. 土壤养分及植株体内的积累

经对土壤养分分析的结果表明, 土壤含全氮 0.198%, 水解氮 5.404mg/100g 土, 全磷 0.1655%, 速效磷 7.0583mg/100g 土, 速效钾 8.398mg/100g 土, 有机质 3.0245%, pH 为 7.2; 肥料中含全氮为 0.586%, 水解氮 33.70 mg/100g 土, 全磷 0.6940%, 速效磷 15.841mg/100g 土, 速效钾 64.98mg/100g 土, 有机质 12.510, pH 为 8.3; 速效氮磷比为 1.0 比 3.0, 施入土壤中氮磷比为 1.0 : 3.0。植株不同生育阶段氮、磷、糖、淀粉积累测定结果如表 1 所示。

公顷产 3750 kg 大豆需从土壤中吸收氮 18.53 kg, 吸收磷 6.106 kg, 合成糖 20.29kg, 淀粉 37.84kg (表 1)。

#### 3. 土壤水分动态

试验结果表明, 土壤不同含水量的产量处理间产量差异显著。在大豆生育期间, 幼苗期土壤含水量为 21%, 分枝期 23%, 开花期 27—28%, 结荚期 28—30%、鼓粒期 27—28% (田间最大含水量为 34%), 是获得公顷产 3750kg 的较适宜的土壤含水量。如果花

表 1 大豆植株对氮、磷的吸收及糖和淀粉合成的变化

Table 1 Change of N and P absorbed and sugar and starch synthesized by soybean plant

月 Date	日 Month	6 30		7 20		8 10		8 20	
		June	30th	June	20th	August	10th	August	20th
全氮/公顷 Total N/ha	茎 Stems	0.4885		1.351		2.9205		3.4692	
	叶 Leaves	1.1710		2.3235		6.465		6.169	
	荚 Pods					2.740		8.90	
	合计 Total	1.6595		3.6745		12.1255		18.5292	
全磷/公顷 Total P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	茎 Stems	0.235		0.8165		1.7855		1.2655	
	叶 Leaves	0.3775		0.8100		1.0695		1.2120	
	荚 Pods					0.9485		3.6280	
	合计 Total	0.6125		1.6265		3.8035		6.1055	
全糖/公顷 Total sugar/ha	茎 Stems	2.7215		6.185		5.0635		6.6549	
	叶 Leaves	1.6235		4.0035		4.1505		3.6955	
	荚 Pods					1.749		9.942	
	合计 Total	4.345		10.1935		10.963		20.2924	
淀粉/公顷 Starch/ha	茎 Stems	1.7730		4.6595		6.7315		6.9625	
	叶 Leaves	2.0155		4.1390		5.882		8.928	
	荚 Pods					8.7545		21.9515	
	合计 Total	3.7885		8.7965		21.368		37.842	

表 2 因素水平编码表

Table 2 The coding of factor design level

	x <sub>1</sub>	x <sub>2</sub>	x <sub>3</sub>	x <sub>4</sub>	x <sub>5</sub>	密度 Density	灌溉 Irrigation	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
上星号臂 Upper arm	2	2	2	2	2	50	80	4	10	10
上水平 Upper level	1	1	1	1	1	40	60	3	7.5	7.5
零水平 Zero level	0	0	0	0	0	30	40	2	5	5
下水平 Down level	-1	-1	-1	-1	-1	20	20	1	2.5	2.5
下星号臂 Down arm	-2	-2	-2	-2	-2	0	0	0	0	0

荚期土壤含水量不足24%应及时灌水, 满足大豆生育的水分需要。

在上述研究的基础上又对大豆高产决策的五项农艺措施密度  $x_1$ 、灌水  $x_2$ 、氮肥(N)  $x_3$ 、磷( $P_2O_5$ )  $x_4$ 、钾( $K_2O$ )  $x_5$ 的综合措施数学模型进行研究, 试验采用二次回归旋转组合设计, 因素水平编码表 2。

表 3 试验结构矩阵及产量结果 (公斤/亩) (1982)

Table 3 The matrix of experiment structure and result of yield (kg/mu) (1982)

区号 Plot No.	$x_1$	$x_2$	$x_3$	$x_4$	$x_5$	产量 (t) Yield
1	1	1	1	1	1	210.35
2	1	1	1	-1	-1	229.25
3	1	1	-1	1	-1	214.95
4	1	1	-1	-1	1	230.55
5	1	-1	1	1	-1	174.90
6	1	-1	1	-1	1	194.85
7	1	-1	-1	1	1	176.35
8	1	-1	-1	-1	-1	191.35
9	-1	1	1	1	-1	241.80
10	-1	1	1	-1	1	224.75
11	-1	1	-1	1	1	224.85
12	-1	1	-1	-1	-1	231.65
13	-1	-1	1	1	1	184.05
14	-1	-1	1	-1	-1	179.25
15	-1	-1	-1	1	-1	183.90
16	-1	-1	-1	-1	1	195.55
17	2	0	0	0	0	208.70
18	-2	0	0	0	0	228.65
19	0	2	0	0	0	243.8
20	0	-2	0	0	0	160.65
21	0	0	2	0	0	217.30
22	0	0	-2	0	0	204.85
23	0	0	0	2	0	217.10
24	0	0	0	-2	0	205.85
25	0	0	0	0	2	229.15
26	0	0	0	0	-2	206.0
27	0	0	0	0	0	200.45
28	0	0	0	0	0	201.90
29	0	0	0	0	0	206.75
30	0	0	0	0	0	199.75
31	0	0	0	0	0	224.65
32	0	0	0	0	0	205.53
33	0	0	0	0	0	208.35
34	0	0	0	0	0	200.00
35	0	0	0	0	0	222.1
36	0	0	0	0	0	195.25

根据编码表制定试验实施方案, 试验共36个小区, 其中  $m_c = 16$ 、 $m_r = 10$ 、 $m_o = 10$ , 试验实收计产 (表 3), 将表 3 结果输入微机运算得回归函数模型:

$$\begin{aligned}
 y(\text{kg/亩}) = & 207.3587 - 3.4646x_1 + 20.5938x_2 + 0.6146x_3 - 1.8146x_4 \\
 & + 1.6896x_5 - 2.0406x_1x_2 + 0.1406x_1x_3 - 4.5532x_1x_4 \\
 & + 0.5657x_1x_5 + 1.1406x_2x_3 + 1.0969x_2x_4 - 3.0344x_2x_5 \\
 & + 2.0032x_3x_4 - 1.0407x_3x_5 - 2.1344x_4x_5 + 1.6990x_1x_1 \\
 & - 2.4130x_2x_2 - 0.1880x_3x_3 - 0.1005x_4x_4 + 1.4245x_5x_5
 \end{aligned}$$

在微机上求得非线性规划的最优解, 绥农4号综合措施的最大生产潜力, 将其相应的编码值解出, 即  $x_1 = -2$ 、 $x_2 = 1.998$ 、 $x_3 = 1.839$ 、 $x_4 = 1.978$ 、 $x_5 = -2$ 。

$$Y_{\max} = f(-2, 1.998, 1.839, 1.978, -2) = 319.985 (\text{kg/亩})$$

在本试验地的条件下, 低密度、保证灌水和施足磷肥、绥农4号可能达到最高产量, 但是考虑生产实用性, 采用产量频率分析, 则可求得农业措施的好解, 设步长为1.0, 产量分类上界为250kg, 分类下界为200kg, 全部方案有3125个, 大于250kg的方案有248个。

由频率分析可知绥农4号在施用有机肥3.5吨的基础上, 除认真执行机田间作业技术标准外, 决策的最佳农艺措施为, 每公顷保苗, 27—30万株, 在遇旱时每公顷灌水555—570吨, 初花期每公顷追尿素67.5—82.5kg, 种肥三料磷酸钙120—135kg, 硫酸钾60—75公斤, 可望公顷产达到3750kg以上水平。

## 二、植株生长分析

### 1. 植株日生长量

在绥农4号大豆生长发育各阶段对植株的生长发育调查结果指出, 植株日生长量由出苗到分枝期为0.64cm/日, 分枝至初花期为1.21cm/日, 初花期至盛花期为1.11cm/日, 盛花期至结荚期1.33cm/日, 结荚期至鼓粒期为0.37cm/日, 鼓粒期至黄叶期为0.13cm/日。

### 2. 叶面积指数

叶面积指数由出苗到盛花期稳健发展不断增加, 一直到结荚期达到最高峰5.5左右, 而到黄熟期仍保持3.5—4.0, 从结荚到黄熟期保持较大的叶面积, 对大豆后期干物质积累和产量形成是非常有利的。

### 3. 干物质积累

干物质积累由出苗到黄熟期不断增加, 幼苗期每平方米42.6g、分枝期104g、初花期149g、盛花期351g、结荚期709g、鼓粒期916g, 一直到黄熟期1197.6g。只有在单位面积上形成足够的干物质才能形成较高产量。

## 三、产量结构及其对籽实产量的效应

### 1. 产量结构

众所周知, 单株荚数、单株粒数、单株粒重受单位面积上的株数影响, 当密度增加时, 单株荚数、单株粒数、单株粒重降低; 而密度降低, 则单株的荚数、粒数、粒重提高, 获得公顷产3750kg的籽实产量, 通过采用综合的措施, 保证单位面积上有足够的株数、荚数、粒数和粒重, 根据获得公顷的3750kg处理和其它试验地块的产量汇总结果表4所示, 公顷产3750kg, 平均平方米实收株数30.68株, 荚数7902888个, 粒数1767.5—20720粒, 粒重375.1g以上, 百粒重18.9—22.4g克。

### 2. 生物产量与籽实产量的关系

获得公顷产3750kg的大豆籽实产量必须有相应的生物产量为基础, 通过生物产量与籽实产量相关分析表明, 生物产量与籽实产量呈高度显著正相关 ( $r = 0.7615^{**}$ ) 其回归方程式:

$$y(\text{公斤/亩}) = 787.24 + 0.0645x.$$

### 3. 叶面积指数对籽实产量的效应

叶面积指数的动态变化直接影响大豆单产水平,在一般情况下,增加叶面积指数是增加光合产物的重要途径。叶面积指数愈大产量愈高,但是在高产条件下,由于密度过大会导致群体叶面积迅速增加,叶片相互遮阴,株间郁闭,净光合生产率下降,由于光照和营养不足造成花荚脱落而遭致减产。公顷 3750 kg 大豆群体最大叶面积指数不能超过 6.0,最大叶面积指数与籽实产量相关分析表明,二者呈高度显著相关( $r = 0.744^{**}$ )其回归方程为:

$$y(\text{公斤/亩}) = 141.835 + 21.665x$$

### 4. 株数、百粒重对籽实产量的效应

公顷3750kg大豆其实收株数与籽实产量相关测定  $r = 0.2749$ , 呈不显著正相关, 主要是因为绥农 4 号大豆品种具有较强的分枝能力, 有较强的自身调节作用。

在高产栽培的条件下, 百粒重与籽实产量呈显著正相关  $r = 0.519^*$  ( $n = 17$ ), 其回归方程:

$$y(\text{kg/亩}) = 113.57 + 14.18x$$

综上所述实现大豆公顷产 3750 kg, 在当前的生产条件下, 选用中早燕品种, 是战胜低温冷害实现公顷产 3750 kg 的首要措施, 应用合理的土壤耕作制度, 创造良好的土壤环境是高产的基础; 建立合理的群体结构, 维持植株地上部与地下部的新陈代谢平衡是大豆高产的关键。

表 4 亩产250kg大豆产量因子

Table 4 Soybean Yield factors for obtaining yield of 250 kg/mu

年 度 Year	密 度 株/m <sup>2</sup> Density (Plant/m <sup>2</sup> )	株 荚 数 Pods per plant	荚 数 个/m <sup>2</sup> pods/m <sup>2</sup>	单 株 粒 数 Seeds per plant	粒 数 个/m <sup>2</sup> Seeds per M <sup>2</sup>	百 粒 重 100 grains weight	产 量 (公斤/亩) Yield (kg/mu)
1980	30.1	29.34	883.1	61.37	1847.2	21.88	274.25
	26.6	32.37	861.0	77.92	2072.7	19.95	257.5
	29.6	28.78	851.9	64.75	1916.6	20.80	264.0
	35.0	23.90	836.5	50.50	1767.5	21.30	250.9
1981	35.0	24.40	854.0	56.00	196.00	19.93	251.5
1982	29.9	26.50	792.4	66.40	1985.4	21.20	286.7
	30.0	29.60	888.0	67.70	2031.0	18.90	250.5
	29.7	28.70	852.4	64.50	1915.7	20.40	250.3
1983	30.3	26.90	815.1	59.30	1796.2	22.60	261.0
合计 Total	276.2	250.49	7634.4	568.44	17292.3	186.95	2346.65
平均 Average	30.68	27.83	848.3	63.16	1921.4	20.77	260.75

## 参 考 文 献

- [1] 常跃中等：1978年，大豆高产规律及栽培技术《中国农业科学》(3)18—22页。  
 [2] 董钻等：1982年，大豆亩产450斤的生理参数及栽培措施初探《大豆科学》(2)，131—140页。  
 [3] 陈仁忠等：1975年，大豆不同类型品种高产栽培技术试验《黑龙江省大豆科技资料选编》88—92页。  
 [4] 徐中儒等：1985年，大豆高产栽培综合农业措施数学模型的研究《东北农学院学报》(1)，25—35页。

THE ANALYSIS OF SOIL ENVIRONMENTS AND PLANT GROWTH OF  
 SOYBEAN WHEN ITS YIELD REACHED 3750kg PER HA

Chen Renzhong Wei Jingshan Chui Dezhu

(Shuihua Agricultural Institute Heilongjiang Academy of Agricultural Sciences)

## Abstract

The analysis of high-yielding soil environments (including the dynamics of water) which were produced by the comprehensive cultural techniques, the dynamical development of soybean population and the balance of nutrients in roots was carried out in this paper. The results of this investigation showed that the properties of soil on which soybean yield reached 3750kg/ha were: the content of organic matter ranged from 2.6 to 3.0%, the bulk density ranged from 1.0 to 1.1g/cm<sup>3</sup> soil porosity from 56 to 60%, total nitrogen was 0.198%, hydrolyzed nitrogen 5.404 mg/100g of soil, total phosphorus (P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) 0.166%, available phosphorus 1.058mg/100g of soil, available potassium 8.598mg/100 g of soil. The relative water contents on stages of seedlings, branching, flowering, pod forming and pod filling were 21, 23, 27—28, 28—30, and 27—28%, respectively, and the maximum soil water holding content was 34%. This paper suggests that the irrigation will be needed when the water contents in soybean field at flowering, pod forming and pod filling are lower than 24%.

The growth dynamics of population of soybean variety Suinong 4 when its yield reached 3750kg/ha were as follows: The daily growth rates of plant (plant height) in different stages were: 0.64cm/day from seed emergence to branching, 1.21cm/day from branching to the beginning of flowering, 1.33cm/day from the beginning of flowering to pod

formation; leaf area index (LAI) increased from seed emergence to full blooming, it reached about 5.5 and more at pod formation and it maintained in 3.5—4.0 at yellow ripening ( $R_6$ — $R_7$ ).

The accumulation of dry matter was 42.6g/m<sup>2</sup> at seedling, 104 g/m<sup>2</sup> at branching, 149 g/m<sup>2</sup> at the beginning of flowering, 351 g/m<sup>2</sup> at full blooming, 709g/m<sup>2</sup> at pod formation, 916g/m<sup>2</sup> at pod filling, 1197g/m<sup>2</sup> at yellow ripening. The yield components of soybean population when its yield reached 3750kg/ha were: 790—880 pods/m<sup>2</sup>, 1767.5—2072.7 grains/m<sup>2</sup> grain weight 375.1g/m<sup>2</sup> and 100 grains weight 18.9—22.4.

## 欢迎订阅1989年《中国油料》

本刊是中国农业科学院油料作物研究所主办的油料作物专业科学技术刊物。主要报道油菜、大豆、花生、芝麻、向日葵及其他特用油料作物科研成果，先进技术理论探讨；介绍油料作物品质生化分析测试手段与方法综合利用；反映国外油料作物科技动态。刊登科学论文、研究报告（简报）、技术措施、专题综述等文章及简讯、动态等信息。读者对象：从事油料作物研究、教学、生产、管理的科技工作者和院校师生。季刊，公开发行，每期订价1.5元，全年6.00元。全国各地邮局均可订阅。如漏订可以直接向编辑部订购。（地址：武昌保集安油料所）代号：38—13

## 1989《吉林农业科学》征订启事

《吉林农业科学》由吉林农科院主办，由各地邮局订阅，全国公开发行。报道吉林省农牧业科研成果、研究报告、学术论文、科技动态。简报和国外农业考察报告，并辟有“讨论”、“问答”和“信息”栏目。它是综合性农牧业科技刊物。

本刊为季刊，每季末月30号出版，16开本，96页，定价1.20元，全年4.80元。适合农牧业技术人员、研究人员和农业院校师生阅读参考。

国内统一刊号：CN22—1102，报刊代号：12—71。