

# 夏大豆营养生理及施肥技术研究

杨孟佩 孙克用 李奇真 卢增辉 常从云 戴蜀珏

(中国农业科学院作物育种栽培研究所)

## 提 要

经过四年来的试验证明:黄淮海中低产土壤种植夏大豆,在前茬冬小麦混施有机无机肥料和磷矿粉,不仅豆作增产显著,还能明显增加豆株根圈有效营养,除自身需求还可残留有效氮61.3%和有效磷89.4%供后作利用;磷肥有利于结瘤固氮,氮肥对结瘤固氮也不都是负相关,抑制作用在固氮高峰期前基本消失的施氮水平,对提高总固氮量有利;大豆在开花前吸收土壤氮和肥料氮为主,开花后吸收空气氮为主;土壤氮和肥料氮多组成营养器官,空气氮多进入结实器官。

## 前 言

大豆是合成蛋白质较多的作物,因此需要吸收大量的氮磷钾等多种营养和较高的土壤肥力。然而,大豆的施肥效果极不一致,引起国内外有关学者的重视。我们为了进一步提高夏大豆产量,于1982~1985年取用黄淮海地区主要类型土壤,应用同位素 $^{15}\text{N}$ 示踪技术,种植结瘤(Rji)与不同结瘤(rji)等基因系大豆,对豆株固氮解磷功能、氮磷营养特点及不同氮源氮素的吸收利用以及有机无机肥料对夏大豆产量的影响等进行了一系列研究。

## 材 料 和 方 法

试验采取所内盆栽试验,基点中间试验和大面积高产示范试验相结合的方法。试验土壤为通县褐土和巨野淤土,含有机质1.10~1.49%、全N 0.082~0.084%、全 $\text{P}_2\text{O}_5$  0.132~0.149%、全 $\text{K}_2\text{O}$  2.38~2.42%。盛土容器用聚丙烯盆, $\phi 19 \times 13$ 厘米装干土3公斤(留苗两株), $\phi 10 \times 19$ 厘米装干土1.5公斤(留苗一株)。六月播种,九月收获,生育中间取样4次各重复三次,成熟收获各重复四次。氮肥用同位素标记的碳酸氢铵( $^{15}\text{NH}_4\text{HCO}_3$ , 含N 17.00%,  $^{15}\text{N}$ 丰度11.70%),和尿素( $^{15}\text{NH}_2)_2\text{CO}$ , 含N

本文于1986年2月25日收到。

46.00%，<sup>15</sup>N 丰度 11.75%），磷肥用过磷酸钙（含 P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 11.00%）和磷矿粉（含全 P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 27.36%，速效 P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 0.32%），磷钾肥用磷酸二氢钾（KH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>，含 P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 52.198%、K<sub>2</sub>O 34.55%），有机肥是用同位素标记的硫酸铵〔（<sup>15</sup>NH<sub>4</sub>）<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>〕喂饲的田菁（含 N 2.280%、P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 0.317%，<sup>15</sup>N 丰度 7.191%）。各处理中 N<sub>1</sub>、P<sub>1</sub> 及 K<sub>1</sub> 系指每公斤干土施纯 N、P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 和 K<sub>2</sub>O 各 0.075 克，并以此为基数换算不同施肥量。土壤样本在 105℃ 下烘干称重，植株样本在 75℃ 下烘干称重，用凯氏法测定全 N%，用光谱仪测量 <sup>15</sup>N 原子%，用钼兰法测定全 P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>%，用数理统计处理试验数据。

结果与讨论

一、不同施肥处理与大豆产量的关系

从表 1 看出，不同化肥处理大豆的当年增产效果有明显差异：单施氮肥处理不增产

表 1. 不同施肥处理对大豆产量的影响

Table 1. The effects of applying different fertilizer on soybean yield

处 理 Treatment	生物产量 Biological yield		粒实产量 Seed yield		
	克/株 g/plant	%	克/株 g/plant	%	
N <sub>0</sub> P <sub>0</sub> K <sub>0</sub>	14.47±0.66	100	4.94±0.81	100	
N <sub>1</sub> P <sub>0</sub> K <sub>0</sub>	14.52±2.05	100.3	4.82±0.64	97.0	
N <sub>0</sub> P <sub>2</sub> K <sub>4/3</sub>	17.77±1.43	122.8 **	6.89±0.47	137.6 **	
<sup>15</sup> N <sub>1</sub> P <sub>2</sub> K <sub>4/3</sub>	18.58±0.58	128.4 **	7.35±0.08	147.9 **	
<sup>15</sup> N <sub>2</sub> P <sub>2</sub> K <sub>4/3</sub>	20.01±0.82	138.3 **	7.87±0.25	158.4 **	

注：\*\* 达 1 % 显著水平。

或略有减产，只施磷钾肥处理的生物产量及籽实产量比无肥对照增加 22.8% 和 37.6%，而氮磷钾肥配合施用处理的肥效更显著，如 <sup>15</sup>N<sub>1</sub>P<sub>2</sub>K<sub>4/3</sub> 和 <sup>15</sup>N<sub>2</sub>P<sub>2</sub>K<sub>4/3</sub> 两处理的生物产量及籽实产量不仅比无肥对照增加 28.4~38.3% 和 47.9~58.4%，同时也比只施磷钾肥处理的籽实产量提高了 10.3—20.8%。

从表 2 看出：不同前茬肥对后作大豆的增产效果都很显著，籽实增产 46.6~56.7%，其中以有机无机肥料配合施用的 D+<sup>15</sup>NPK+P<sub>1</sub> 处理增产值最高，在前茬肥的基础上豆作又施用等量化肥，各处理的产量明显提高，比无前茬肥处理的籽实增产 8.1~22.1%，其中仍以 D+<sup>15</sup>NPK+P<sub>1</sub> 处理的产量最高，比无前茬肥处理增产 22.1%。据美国资料报导，大豆对肥料的残效反应，是美国大豆栽培的基础。试验证明，大豆有利用前茬肥的特点，特别是有机无机肥料合作前茬肥施用的增产效果最显著。1985 年基点示范试验，亩施腐熟有机肥 2000 斤、磷二铵 20 斤（含 N 18%、P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 46%），140 亩夏大豆平均亩产达 406.3 斤，为当地前三年平均亩产 166.7 斤的 2.4 倍。

从表 3 看出，不同氮磷比例及用量与大豆产量直接相关：氮磷比 1：2 的 N<sub>2</sub>P<sub>4</sub> 及 <sup>15</sup>N<sub>3</sub>P<sub>6</sub> 两个施肥水平的籽实产量比无肥对照增加 86.3% 和 95.3%，比单施磷肥的

两个处理增加 50.0~63.6%; 氮磷比 1 : 3 的  $N_3P_9$  及  $N_4P_{12}$  两个施肥水平的增产效果显著不同, 其中  $N_3P_9$  处理增产最显著, 是对照处理籽实产量的 2.1 倍, 比单施磷肥

表 2. 有机无机肥料配合轮作施肥处理大豆产量的比较

Table 2. Comparison of the soybean's yield in applying organic and inorganic fertilizer with crop rotation

前茬处理 Treatment of stubble	豆作处理 Treatments of fertilizer 大豆产量 Soybean seed yield	$N_0P_0K_0$		$^{15}N_2P_4K_{3/3}$	
		克/株 g/plant	%	克/株 g/plant	%
(1) 生物产量 Biological yield					
CK		9.67±1.87	100	16.51±1.28	100
•D		13.58±1.12	140.4**	18.47±0.74	111.9**
D+ $^{15}NPK+P'$		17.92±0.87	185.3**	20.86±1.16	126.3**
$^{15}NPK+P'$		16.84±2.44	174.1**	19.23±0.83	116.5**
$^{15}NPK$		15.75±1.33	162.9**	18.68±1.93	113.1**
(2) 籽实产量 Seed yield					
CK		3.26±0.41	100	5.43±0.65	100
•D		4.89±0.39	150.0**	5.87±0.29	108.1**
D+ $^{15}NPK+P'$		5.11±0.35	156.7**	6.63±0.59	122.1**
$^{15}NPK+P'$		4.89±0.81	150.0**	6.41±0.36	118.0**
$^{15}NPK$		4.78±0.45	146.6**	6.08±0.43	112.0**

\* D— $^{15}N$  标记有机肥, P'—磷矿粉。Organic fertilizer with  $^{15}N$ , Ground phosphate rock

表 3 不同施肥水平及比例对大豆产量的影响

Table 3 The effect of different fertilizer level and proportion on soybean yield

氮磷用量 Amount of nitrogenous and phosphate fertilizer	大豆产量 Soybean seed yield	生物产量 Biological yield		籽实产量 Seed yield	
		克/株 g/plant	%	克/株 g/plant	%
$N_0P_0$		8.86±0.98	100	3.00±0.20	100
$N_0P_2$		12.95±1.30	146.2**	3.95±0.48	131.7**
$N_0P_3$		15.55±0.75	175.5**	4.09±0.20	136.3**
$N_2P_4$		15.82±1.38	178.6**	5.59±0.90	186.3**
$^{15}N_3P_9$		17.05±1.43	192.4**	5.86±1.50	195.3**
$N_3P_9$		19.77±1.72	223.1**	6.27±1.27	209.0**
$N_4P_{12}$		9.95±0.41	112.3**	1.77±0.08	59.0**

( $N_0P_3$ ) 增产 72.7%, 而  $N_4P_{12}$  处理氮磷比仍是 1 : 3, 却对大豆生长有明显抑制, 减产 41.0%。试验证明: 施肥不合理或施肥过量都会导致大豆减产, 氮磷比以 1 : 2 ~ 1 : 3 的  $N_2P_4$ ~ $N_3P_9$  之间对夏大豆的增产效果显著; 基点中间试验氮磷比 1 : 2.5 的

$N_3P_8$  (亩施 3 斤 N、8 斤  $P_2O_5$ ) 试验地块夏大豆达到了亩产 431.5 斤的高额产量, 比对照增产 37.4% (见表 4)。这个结果与所内试验是一致的。

表 4. 基点中间试验各处理产量结果

Table 4. Comparison of yield at experiment sites

处 理 Treatment	小区*产量 (斤) Plot yield (jin)				折合单产 (斤/亩) Yield per mu (jin/mu)	增产率 (%) Percentage of yield increment
	I	II	III	平均 mean		
$N_0P_0$	20.9	21.3	21.1	21.1	314.0	
$N_2P_4$	23.3	24.2	24.0	23.8	354.2	12.8**
$N_4P_8$	28.1	28.9	26.9	28.0	416.7	32.7**
$N_3P_6$	25.4	25.4	26.1	25.6	381.0	21.3**
$N_3P_8$	27.3	31.1	28.6	29.0	431.5	37.4**
$N_6P_6$	27.7	28.0	25.2	27.0	401.8	28.0**

\* 小区面积为 44.8 平方米 Plot area is 44.8 m<sup>2</sup>.

## 二、不同施肥处理大豆氮素营养来源的比较

依据  $R_{ij}$  与  $r_{ij}$  豆株对前作残留的标记氮肥及豆作施入的标记氮肥中  $^{15}N$  的稀释原理, 算出不同处理大豆各种氮源氮素的吸收量, 列入表 5 和表 6。

表 5. 不同施肥处理大豆氮素营养来源

Table 5. The various nitrogen sources with different fertilizer treatments

处 理 Treatment	土壤 N ( $N_s$ ) Nitrogen from soil		肥料 N ( $N_F$ ) Nitrogen from fertilizer		空气 N ( $N_G$ ) Nitrogen from air		总 N ( $N_T$ ) Total nitrogen	
	毫克/株 mg/plant	%	毫克/株 mg/plant	%	毫克/株 mg/plant	%	毫克/株 mg/plant	%
$N_0P_0K_0$	64.9	20.9	—	—	245.9	79.1	310.8	100
$N_1P_0K_0$	64.9	23.7	17.3	6.3	191.4	67.0	273.6	88.0
$N_0P_1K_2/3$	60.6	15.9	—	—	321.4	84.1	382.0	122.9**
$^{15}N_1P_2K_4/3$	102.9	24.8	34.4	8.3	277.8	66.9	415.1	133.6**
$^{15}N_2P_2K_4/3$	119.1	24.9	68.3	14.3	291.7	60.9	479.1	154.2**

从表 5 看出, 不同化肥处理大豆的氮素营养来源显著不同: 施氮肥处理豆株有三种氮素营养来源,  $N_s$ 、 $N_F$  和  $N_G$  分别占豆株  $N_T$  的 23.7~24.9%, 6.3~14.3% 和 60.9~67.0%; 只施磷钾肥和无肥对照两处理豆株只以  $N_s$  和  $N_G$  为氮源, 只施磷钾肥处理豆株的  $N_G$  和  $N_T$  比无肥对照分别增加 30.7% 和 22.9%; 单施氮肥对大豆根瘤固氮有明显抑制, 豆株中  $N_G$  和  $N_T$  分别下降 22.2% 和 12.0%; 氮磷钾肥配合施用的  $N_1P_2K_4/3$  和  $^{15}N_2P_2K_4/3$  两处理豆株的  $N_s$ 、 $N_F$ 、 $N_G$  和  $N_T$  都显著提高, 分别比无肥对照增加 38.0~54.2 毫克、34.4~68.3 毫克、31.9~45.8 毫克和 104.3~168.3 毫克。

从表 6 看出, 施用前茬肥各处理大豆有四种氮素营养来源: 豆株除吸收  $N_s$ 、 $N_F$ 、 $N_G$  外还可吸收  $\Delta N_F$ , 以前茬施用  $D+^{15}NPK+P'$  处理为例, 因施用前茬肥促进了大

豆的生长发育, 增加了豆株对氮素营养的需要量, 由于这种施肥反馈作用, 从而促进大

表 6. 不同前茬肥处理大豆氮素营养来源的比较

Table 6. The comparisons of soybean nitrogen sources from different fertilizer treatment in preceding crop

前 茬 处 理  Treatment of stubble		豆作处理 Treatment of fertilizer		$^{15}\text{N}_2\text{P}_4\text{K}_3/\text{s}$													
				土壤 $\text{N}(\text{N}_s)$  Nitrogen from soil		残肥 $\text{N}(\Delta\text{N}_r)\text{Ni-}$ Nitrogen from the field of first stubble						施肥 $\text{N}(\text{N}_r)$  Nitrogen from fertilizer		空气 $\text{N}(\text{N}_g)$  Nitrogen from air		总 $\text{N}(\text{N}_t)$  Total Nitrogen	
						有机肥 $(\Delta\text{N}_r')$ Organic			无机肥 $(\Delta\text{N}_r'')$ Inorganic								
						The source of nitrogen											
						毫克/株 mg/plant	%	毫克/株 mg/plant	%	毫克/株 mg/plant	%						
CK				80.6	19.9	—	—	—	—	84.6	20.8	240.5	59.3	405.7	100		
*D				110.4	25.3	49.1	11.3	—	—	84.2	19.3	192.2	44.1	435.9	107.4		
D+ $^{15}\text{NPK}+\text{P}'$				100.2	20.2	49.1	9.9	30.2	6.1	86.9	17.5	229.7	46.3	496.1	122.3		
$^{15}\text{NPK}+\text{P}'$				96.2	20.5	—	—	32.6	7.0	97.3	20.7	242.9	51.8	469.0	115.6		
$^{15}\text{NPK}$				84.6	19.6	—	—	29.6	6.9	96.6	22.4	220.2	51.1	431.0	106.2		

豆根系吸收氮素的能力增强, 每株大豆除多吸收79.3毫克 $\Delta\text{N}_r$ (49.1毫克 $\Delta\text{N}_r'$ 和30.2毫克 $\Delta\text{N}_r''$ )外, 还多吸收 $\text{N}_s$ 19.6毫克、 $\text{N}_r$ 2.3毫克,  $\text{N}_t$ 增加了90.4毫克; 前茬施用磷矿粉经转化有利于结瘤固氮, 如前茬施用 $^{15}\text{NPK}+\text{P}'$ 处理比前茬只施用 $^{15}\text{NPK}$ 处理每株大豆增加 $\text{N}_g$ 22.6毫克, 证明磷矿粉作前茬肥其残效值大于当年施用效果。

### 三、大豆各生育阶段对不同氮源氮素的吸收特点

从表7看出, 大豆生育过程中对不同氮源氮素的吸收, 随生育时期的不同而不同: 各施肥处理大豆开花前吸收的氮素主要是 $\text{N}_s$ 和 $\text{N}_r$ , 分别占当时 $\text{N}_t$ 的46.0~68.9%和34.5~54.0%,  $\text{N}_g$ 很少, 美国考德威尔研究认为“开花前大豆生长所需要的氮素多于 $\text{N}_s$ 和 $\text{N}_g$ 所提供的氮素”, 因此大豆在生长前中期 $\text{N}_r$ 具有重要意义, 此时氮源的顺序为 $\text{N}_s>\text{N}_r>\text{N}_g$ ; 大豆生育中后期根瘤固氮作用逐渐增强, 对不同氮源氮素的吸收有显著变化, 氮源顺序为 $\text{N}_g>\text{N}_s>\text{N}_r$ ; 氮肥对大豆根瘤固氮有明显抑制现象, 并随施氮量的增加而有增强趋势, 两个无氮肥处理大豆开花期的固氮量已占当时 $\text{N}_t$ 的48.8~62.9%, 而 $^{15}\text{N}_1\text{P}_2\text{K}_{4/3}$ 处理豆株的固氮量仅占当时 $\text{N}_t$ 的20.6%, 特别是 $^{15}\text{N}_2\text{P}_2\text{K}_{4/3}$ 和 $^{15}\text{N}_3\text{P}_6\text{K}_0$ 两处理豆株尚测不出固氮量; 开花后氮肥抑制作用迅速减弱, 固氮作用急剧加强, 到鼓粒期施氮处理豆株的固氮量已占当时 $\text{N}_t$ 的50.5~52.3%, 接近或超过无氮肥处理。

从表8看出, 在大豆生育的前中期, 过量氮肥强烈地抑制了根瘤的形成, 其抑制程度及时间随施氮量的增加而增强和延长, 并有随生育进程逐渐减弱以至终止的趋势。如

表 7. 大豆各生育期对不同来源氮素吸收特点

Table 7. The characteristic of nitrogen absorption with different sources in various soybean growing and developing stages

处 理 Treatment	氮 源 The source of nitrogen	各 生 育 时 期 吸 氮 量 The amount of nitrogen absorption in various stages									
		分 枝 期 Branching		开 花 期 Flowering		结 荚 期 Podding		鼓 粒 期 Seed filling		成 熟 期 Maturing	
		毫克/株 mg/plant	%*	毫克/株 mg/plant	%	毫克/株 mg/plant	%	毫克/株 mg/plant	%	毫克/株 mg/plant	%
N <sub>0</sub> P <sub>0</sub> K <sub>0</sub>	N <sub>s</sub>	42.6	100	60.4	51.2	73.6	33.2	64.5	19.9	64.9	20.9
	N <sub>c</sub>	—	—	57.6	48.8	148.0	66.8	259.1	80.1	245.9	79.1
N <sub>0</sub> P <sub>0</sub> K <sub>4/3</sub>	N <sub>s</sub>	32.8	68.9	51.2	37.1	54.2	19.5	46.4	11.5	67.0	17.3
	N <sub>c</sub>	14.8	31.1	86.7	62.9	224.5	80.5	358.0	88.5	319.7	82.7
<sup>15</sup> N <sub>1</sub> P <sub>2</sub> K <sub>4/3</sub>	N <sub>s</sub>	22.1	36.1	51.2	44.1	88.0	33.3	147.6	32.9	102.9	24.8
	N <sub>r</sub>	23.7	38.6	41.0	35.3	43.1	17.4	53.9	12.0	34.4	8.3
	N <sub>c</sub>	15.5	25.3	23.8	20.6	119.8	45.3	247.3	55.1	277.8	66.9
<sup>15</sup> N <sub>2</sub> P <sub>2</sub> K <sub>4/3</sub>	N <sub>s</sub>	42.8	65.5	80.1	54.9	125.6	52.2	148.8	32.4	119.1	24.9
	N <sub>r</sub>	22.5	34.5	65.8	45.1	84.9	35.3	78.7	17.1	68.3	14.3
	N <sub>c</sub>	—	—	—	—	30.1	12.5	231.7	50.5	291.7	60.8
<sup>15</sup> N <sub>3</sub> P <sub>0</sub> K <sub>0</sub>	N <sub>s</sub>	42.3	46.0	103.1	51.0	142.0	45.2	172.2	29.0	144.7	32.9
	N <sub>r</sub>	49.6	54.0	98.9	49.0	125.9	40.1	111.0	18.7	110.9	25.3
	N <sub>c</sub>	—	—	—	—	46.1	14.7	311.0	52.3	183.8	41.8

\* %—占本生育期总量的百分比。 N amount in different stage over total N

表 8. 不同施肥处理与根瘤着生数的关系

Table 8. The effect of different fertilizer treatments on the number of nodules per plant

处 理 Treatment	分 枝 期 branching		开 花 期 flowering		结 荚 期 podding		鼓 粒 期 Seed filling	
	个/株 nodule/ plant	%	个/株 nodule/ plant	%	个/株 nodule/ plant	%	个/株 nodule/ plant	%
N <sub>0</sub> P <sub>0</sub> K <sub>0</sub>	3.6	100	33.8	100	72.5	100	77.3	100
N <sub>0</sub> P <sub>2</sub> K <sub>4/3</sub>	4.9	136.1	59.3	175.4	79.5	109.7	92.2	119.3
<sup>15</sup> N <sub>1</sub> P <sub>2</sub> K <sub>4/3</sub>	4.3	119.4	6.8	20.1	99.8	137.7	96.5	124.8
<sup>15</sup> N <sub>2</sub> P <sub>2</sub> K <sub>4/3</sub>	3.3	91.7	5.3	15.7	43.0	59.3	95.7	123.8

以 N<sub>0</sub>P<sub>0</sub>K<sub>0</sub> 处理为100, 则 <sup>15</sup>N<sub>1</sub>P<sub>2</sub>K<sub>4/3</sub> 及 <sup>15</sup>N<sub>2</sub>P<sub>2</sub>K<sub>4/3</sub> 两处理: 在开花期, 分别为20.1和15.7; 在结荚期, 分别为137.7和59.3; 到鼓粒期, 各施氮肥处理的根瘤数均超过不施氮肥处理。统计分析结果表明, 根瘤数与固氮量的关系很密切, 呈极显著正相关 (r=0.911\*\*, r=0.01, 14=0.623)。由此可见, 大豆根瘤数的多少, 可作为反映固氮量大小的一个形态指标。

上述试验结果表明,氮肥对结瘤固氮有明显抑制现象,抑制程度轻重和时间长短与施氮量有关,一般来说,抑制现象在大豆固氮高峰期前基本消失的施氮水平(在盆栽条件下,不超过0.22克 N/公斤干土)对提高总固氮量还是有利的。

#### 四、施肥对大豆根圈有效营养的影响

依据同位素 $^{15}\text{N}$ 稀释原理计算根圈有效N的存在量(以氮A值表示),应用差值法计算根圈有效 $\text{P}_2\text{O}_5$ 的存在量(以磷A值表示)的结果表明,不同施肥处理大豆根圈有效氮、磷营养有明显差异,其差异来源(见表9):有机肥分解释放养分增加了土壤氮A值和磷A

表 9. 不同处理大豆土壤A值的比较

Table 9. The comparison of soil A value in different treatment of soybean

豆作施肥 Applying fertilizer		$^{15}\text{N}_2\text{P}_2\text{K}_2/\text{s}$							
前茬处理 Treatment in preceding crop	土壤 A 值 A value of soil	氮 A 值 (N) A value of nitrogen		吸 收 量 毫克/株 The amount of absorbtion mg/plant	残 留 量 毫克/株 Residual amount mg/plant	磷 A 值 ( $\text{P}_2\text{O}_5$ ) A value of phosphorus		吸 收 量 毫克/株 The amount of absorbtion mg/plant	残 留 量 毫克/株 Residual amount mg/plant
		毫克/株 mg/plant	%			毫克/株 mg/plant	%		
CK		214.4	100	80.6	133.8	387.1	100	60.3	326.8
*D		426.2	198.8	159.5	266.7	601.2	155.3	97.8	503.4
D + $^{15}\text{NRK} + \text{P}'$		464.2	218.5	179.5	284.7	1526.0	394.2	162.1	1363.9
$^{15}\text{NPK} + \text{P}'$		297.8	138.9	128.8	169.0	984.3	254.3	114.4	869.9
$^{15}\text{NPK}$		266.0	124.1	114.2	151.8	911.7	235.5	101.7	810.0

值,如前茬 \*D 处理比CK处理根圈有效 N 增加98.8%,有效 $\text{P}_2\text{O}_5$ 增加55.3%:由于有机肥的分解和磷矿粉的转化增加了土壤氮、磷A值,如前茬 D+ $^{15}\text{NPK}+\text{P}'$  处理比CK处理根圈有效氮、磷分别增加116.5%和294.2%,比 $^{15}\text{NPK}+\text{P}'$ 处理和\*D处理的根圈有效氮增加77.6%和17.7%,有效磷增加139.9%和238.9%;有机肥分解有促进磷矿粉转化的作用,如D+ $^{15}\text{NPK}+\text{P}'$ 处理比 $^{15}\text{NPK}+\text{P}'$ 处理只多有机肥,但土壤磷A值却急剧增加,每株大豆根圈有效 $\text{P}_2\text{O}_5$ 增加541.7毫克,磷矿粉转化率提高1.6倍;前茬 $^{15}\text{NPK}$ 处理的土壤氮、磷A值也比CK处理增加24.1%和135.5%。不同施肥处理的土壤氮、磷A值能反映在一定条件下土壤供给有效氮、磷营养的能力和水平,用以评价土壤肥力状况。从表9还可看出,各施肥处理除供给豆株自身生长需要的有效氮、磷营养外,还可为土壤残留大量的有效营养,以D+ $^{15}\text{NPK}+\text{P}'$ 处理为例,成株大豆在生长过程中吸收的N及 $\text{P}_2\text{O}_5$ 分别为179.5毫克和162.1毫克外尚给土壤残留有效N及 $\text{P}_2\text{O}_5$ 分别为284.7毫克和1363.9毫克,其它处理也都残留了不同量的有效N和 $\text{P}_2\text{O}_5$ 供后作利用,这就是大豆对肥田的贡献。

#### 五、不同来源氮素在豆株中的分配

为进一步研究大豆对氮素的利用,应用 $^{15}\text{N}$ 示踪技术测定了不同来源氮素在豆株各

器官的分配。从测定结果看出(见表10):大豆植株中  $N_G$  所占比例较高, 占总吸氮量的

表 10. 各处理不同氮源氮素在豆株中的分配  
Table 10. The distribution of different nitrogen source in soybean plant of various treatments

前茬处理 Treatment of stubble	豆作施肥 Applying fertilizer	项 目 Item	根 系 Roots system	茎 叶 Stem and leaf	籽 实 Seeds	全 株 Plant
CK	$^{15}N_2P_4K_8/3$	$N_T$ 毫克/株 mg/plant	23.2	117.0	265.5	405.7
		$N_s$ %	33.6	31.6	13.5	19.9
		$N_F$ %	31.0	24.8	18.2	20.8
		$N_G$ %	35.4	43.6	68.3	59.3
*D	$^{15}N_2P_4K_8/3$	$N_T$ 毫克/株 mg/plant	23.5	128.4	284.0	435.9
		$N_s$ %	26.8	27.4	24.3	25.3
		$\Delta N_F'$ %	19.2	17.2	7.9	11.3
		$N_F$ %	22.1	21.7	18.0	19.3
		$N_G$ %	31.9	33.7	49.8	44.1
D $^{15}NPK$ P'	$^{15}N_2P_4K_8/3$	$N_T$ 毫克/株 mg/plant	23.1	133.4	339.6	496.1
		$N_s$ %	26.0	18.1	20.6	20.2
		$\Delta N_F'$ %	19.5	16.6	6.6	9.9
		$\Delta N_F''$ %	6.5	11.4	4.0	6.1
		$N_F$ %	15.1	18.1	17.5	17.5
		$N_G$ %	32.9	35.8	51.3	46.3
$^{15}NPK$ P'	$^{15}N_2P_4K_8/3$	$N_T$ 毫克/株 mg/plant	22.8	124.3	321.9	469.0
		$N_s$ %	25.5	23.2	19.1	20.5
		$\Delta N_F''$ %	11.4	13.1	4.3	7.0
		$N_F$ %	32.0	26.9	17.6	20.7
		$N_G$ %	31.1	36.8	59.0	51.8
$^{15}NPK$	$^{15}N_2P_4K_8/3$	$N_T$ 毫克/株 mg/plant	22.2	113.8	295.0	431.0
		$N_s$ %	28.4	22.9	17.7	19.6
		$\Delta N_F''$ %	8.1	13.9	4.1	6.9
		$N_F$ %	32.4	28.6	19.3	22.4
		$N_G$ %	31.1	34.6	58.9	51.1

44.1~59.3%;营养器官以吸收  $N_s$ 、 $N_F$  为主,各自分配比例相似;残肥 N 仍以营养器官分配比例较高,其中有机残肥 N 高于无机残肥 N, 分别占总吸 N 量的16.6~19.5%和6.5~13.9%;而结实器官却以  $N_G$  为主,占总吸氮量的49.8~68.3%。试验证明,与根瘤菌共生固定的空气氮,绝大部分转运到地上部,特别是籽实中为多。据日本资料报导,根瘤菌固定



空气中的氮素,是以尿囊素的形态贮存在结实器官。我们应采取有效措施早期合理施肥,促进大豆前期生长发育更好地结瘤固氮,对提高大豆产量和培肥地力具有重要意义。

### 参 考 文 献

- [1] 加来久子等, 1984, 土耕ポット栽培のイネに施用された硫酸アンモニウムならびに有機性废弃物コンボストの窒素の挙動について, 日本土壤肥科学杂志, 第55卷, 第3号, 201页。
- [2] 加藤忠司等, 1983, ダイズによるアンモニア态窒素 ( $^{15}\text{N}$ ) および硝酸态窒素 ( $^{15}\text{N}$ ) 的吸收利用, 日本土肥志, 54: 25—29。
- [3] Weber, 1986, 大豆的改良, 生产和利用—氮素营养, 吉林农科院等译。
- [4] 小山雄生, 1975,  $^{15}\text{N}$  利用による水田土壤窒素肥沃度測定の実際と生産力, 日本土壤肥科学杂志, 46: 260—269。
- [5] R. 雪勃尔斯等, 1975, 作物生理学, L. T. 伊文思主编 (凌以禄等译), 1979, 农业出版社, 191—244。
- [6] 申崎光男等, 1984, 大豆的营养生理学的研究 (第一报), 根粒着生の状況が大豆の生育, 收量, 养分吸收及シニバズ影响, 日本土肥志, 35: 319—322。

## STUDIES ON NUTRITION AND FERTILIZER APPLICATION METHOD OF SUMMER-SOWN SOYBEAN

Yang Mengpei Sun Keyong Li Qizhen Lu Zenghui  
Chang Congyun Dai Shujue

(Institute of Crop Breeding and Cultivation, Chinese Academy  
of Agricultural Sciences)

### Abstract

The four years experiments indicated that organic and chemical nitrogen fertilizers and powdered rock phosphate which were applied to the lower-medium fertile field in which the preceding crop was winter wheat in Yellow River, Huaihe River and Haihe River basin, not only the yield of soybean increased significantly but the available nutrition in the soil increased also around root system. There were still 61.3% of available nitrogen and 89.4% of available phosphate remained in the soil for the following crop. Phosphate fertilizer was beneficial to nitrogen fixation by root nodules, whose development was not always to correlete negatively with nitrogen supply. The

supply level of nitrogen fertilizer at which the inhibition to nitrogen fixation basically disappeared before the peak of nitrogen fixation was beneficial to total increment of nitrogen fixation. Soybean absorbed nitrogen mainly from soil and fertilizer applied before flowering, and from fixed nitrogen after that time. In the former case the nitrogen absorbed mostly used for vegetative growth and the latter for reproductive organs.

(上接340页)

### 参 考 文 献

- 〔1〕 樊庆笙等：1985，根瘤菌的生态、中国微生物生态学会1985年年会论文。
- 〔2〕 贾新成：1985，不同大豆根瘤菌系接种效果研究。河南农业大学学报 Vol.19. No.4 p. 393—401.
- 〔3〕 上海植物生理研究所固氮研究室：1974，固氮研究中乙炔还原定量测定方法的简化。植物学报 Vol. 16. p.382—384.
- 〔4〕 林佩真等：1985，光照强度对大豆根瘤固氮作用的影响。南京农业大学学报 No.4. p.58—63.
- 〔5〕 樊庆笙等：1979，接种根瘤菌的结瘤率决定于菌系的专适性和品种的遗传性。南京农学院科学研究简报，2期。
- 〔6〕 贾新成：1984，大豆—根瘤菌共生固氮体系研究的某些新进展，大豆科学 Vol.3. No.1. p64—69.