

# 应用 $^{15}\text{N}$ 对大豆共生固氮的研究

高金方 王 庆 赫崇岩

(吉林省农业科学院原子能利用研究所)

张 宏 赵贵彬 张桂芝 王晓明

(吉林省农业科学院土壤肥料研究所)

徐 豹

(吉林省农业科学院大豆研究所)

## 摘 要

用  $A_N$  值法测定了吉林省三种主要土壤(白浆土、黑土、淡黑钙土)上和14个大豆品种在黑土上的大豆—根瘤菌共生固氮量。查明大豆从空气中固定的氮量占植株全氮产量的50—70%,以黑土为最高,淡黑钙土最低。在黑土上,每公顷约可固氮98公斤。在施用大量有机肥条件下,淡黑钙土上的固氮百分率也显著提高。说明土壤基础肥力对根瘤固氮起重要作用。不同大豆品种的固氮量差异很大,在45公斤—100公斤/公顷之间。说明选育高固氮品种的潜力很大。除固氮外,大豆可通过根、叶,每年向每公顷土壤归还氮素26公斤。针对重玉米轻大豆的现状,通过和玉米比较,从粮食品质、产品价格、节约化肥(能源)、培养地力等方面,讨论了发展大豆的经济效益,建议在白浆土地区大豆面积恢复到30%,黑土地区20%,淡黑钙土地区10%,1990年前全省增加大豆440万亩。由固氮和节约氮肥共计相当标准氮肥15.1万吨。可获总经济效益近两亿元。

关于大豆根瘤菌的共生固氮量,报导数值差异很大<sup>(7,8)</sup>。有的认为,适宜条件下,豆科作物不需要施用氮肥。在我省具体条件下,测定大豆—根瘤共生固氮量,可为规划作物布局,农作体制,制定农业技术政策提供依据。

## 材 料 和 方 法

大豆固氮量测定方法<sup>(5)</sup>按 Fried<sup>(8,9)</sup>建议的  $A_N$  值法,以无瘤大豆为参照,在同样

本文于1986年7月23日收到。

The paper was received in July 23, 1986

栽培条件下,施用 $^{15}\text{N}$ 标记的氮肥示踪,大豆成熟后测产,分析豆株中全氮及 $^{15}\text{N}$ ,经 $A_N$ 值转换,通过结瘤与无瘤大豆的比较,计算结瘤大豆的固氮量。此法可向结瘤大豆施少量氮肥,以免影响结瘤;向无瘤大豆施较多量氮肥,以保证正常生育。它测定的是整个生育期间的积累固氮量,较差异法误差为小<sup>[5]</sup>。

### 1. 不同土壤上大豆固氮量测定

盆钵试验。供试土壤为代表吉林省东部地区的白浆土(采自蛟河县白石山, pH 5.9 含有机质 3.7%),代表中部地区的黑土(采自榆树县良种场 pH 7.3, 含有机质 3.5%)和代表西部地区的淡黑钙土(采自洮南县农业局基地, pH 7.9 含有机质 1.6%, 有石灰反应)三种。试验在公主岭进行。盆钵高 35 厘米, 直径 26 厘米, 盛土 15 公斤。装盆时, 在 5—20 厘米深的土壤中拌入 $(^{15}\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ ,  $^{15}\text{N}$ 丰度为 5.29%。供试大豆为哈罗索结瘤和不结瘤等位基因系两种, 3 种土壤, 5 次重复, 共 30 盆。结瘤大豆每盆施标记硫酸铵 1.5 克, 无瘤大豆每盆施 7.5 克。用纱网收集落叶。成熟后分茎叶荚皮(混合样品)和籽实两部分, 分别称风干产量。粉碎制样。用凯氏法测定全氮, 用 MS10 质谱计测定 $^{15}\text{N}$ 丰度。同时在采土当地进行了田间试验, 按全氮差异法进行固氮估测。

### 2. 不同品种大豆固氮量测定

试验 1985 年在本院试验地(属黑土)进行田间试验。供试品种有小金黄、吉林 3 号、吉林 13 号、吉林 18 号、吉林 20 号、长农 2 号、黑农 26 号、开育 8 号、阿姆索、秣食豆、茶里花、铁荚子、哈罗索结瘤和无瘤同位基因系, 以无瘤哈罗索为参照。5 行区, 行长 1.7 米, 行距 0.6 米, 四次重复, 随机排列。结瘤大豆条施氮素(尿素) 6.6 克/米<sup>2</sup>, 无瘤大豆施 20 克/米<sup>2</sup>, 小区行中每 85 厘米施用 $^{15}\text{N}$ 标记肥料,  $^{15}\text{N}$ 丰度 6.8%。根据品种特性, 种植适当密度。但由于春旱秋涝, 保苗不理想, 生育也受一定影响。收集落叶, 成熟后取根茎叶混合样本和种子两部分, 分别计产, 分析全氮及 $^{15}\text{N}$ 方法同前。

## 结 果 与 分 析

### 一、不同土壤上的大豆固氮量

白浆土和黑土上的大豆固氮量, 分别为 17.5 斤/亩和 19.4 斤/亩, 数值接近。约占大豆总需氮量的 2/3—3/4, 淡黑钙土上则低得多(表 1)。这和土壤的基本肥力有关。白浆土和黑土, 除前述样品分析数值相近外, 早有试验证明, 白浆土表层的肥力, 可和黑土媲美, 只是其表土浅薄, 养分总贮量较少罢了。盆钵试验条件下, 淡黑钙土的大豆产量和固氮量最低, 但在田间试验中, 由于该点施用了大量有机肥(每亩牛羊粪 3,300 斤), 固氮量就提高到和前两种土壤不相上下的程度。这是因为固氮是一种需能过程。每固定一克氮, 约需呼出 5.9 克碳。生长在贫瘠土壤上羸弱的寄主(大豆), 没有足够的碳水化合物供给, 必然限制了根瘤的固氮这再次说明培肥土壤的重要性。

### 二、不同品种大豆的固氮量

1985 年在本院试验区进行的 14 个不同类型大豆品种固氮测定的田间试验, 结果如表 2。仅系一年结果, 特别是当年春旱秋涝, 大豆的正常生育受到影响, 很难说这就是各

表1. 吉林省三种主要土壤上大豆—根瘤固氮量  
Table 1. Amount of N fixed by soybean—noduls in three major soil of Jilin province

土壤      Soil	地下部生全氮产量肥料氮量 物干重 (克/盆) (克/盆) (克/盆) Dry weight of Yields Yields plant in of total fertilizer aerial parts N N (g/pot)			A <sub>N</sub> 值 (克/盆) 固氮量 (克/盆) A <sub>N</sub> Value Amount 结瘤 不结瘤 of N- Node No-node (g/pot) fixation			大豆来自各种氮源 % Percentage of N derived from 标记化肥 土壤 固 N <sub>2</sub> Label Soil Fixation			亩产300斤的固 N 量 (斤/亩) Amount of N-fixation contained in yield of 300jin jin/mu
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)
淡黑钙土	100.0	2.73	0.07	14.24	5.65	1.37	2.54	47.3	50.1	13.1
黑土	119.4	3.49	0.16	6.54	1.45	2.59	4.75	21.2	74.1	19.4
白浆土	148.5	4.73	0.21	6.90	2.03	3.17	4.39	28.5	67.0	17.5

说明：试验在盆钵中用哈罗索结瘤和不结瘤等位基因系进行。

(1) 为籽粒和茎叶荚皮两部测产的总合。

(2) 为籽粒产量×籽粒全N%+其他地上部产量×相应全N%

(3) 为籽粒产量×籽粒全N%×籽粒<sup>15</sup>Nape/肥料<sup>15</sup>Nape+其他地上部产量×全N%×相应部位<sup>15</sup>Nape/肥料<sup>15</sup>Nape

(4)  $A_N = \frac{100 - Ndff}{Ndff} \times \text{施氮量}$

其中Ndff为(3)项/(2)项之商

(6) 固氮量=[(4)项-(5)项]×(3)项/施氮量。

(7) 为Ndff

(8) 100-(7)-(9)

(9) 为(6)÷(2)×100

(10) 据亩产100斤大豆籽粒，地上部全氮需8.71斤计算亩产300斤籽粒的固氮量，即8.71×3×(9)项。

表2. 不同品种大豆的固氮量  
Table 2. Amount of N—fixation of different cultivars of soybean

项目 Item	风干重 Dry weight	全氮产量 Yield of total N	肥料N产量 Yield of fertilizer N	肥料利用率 Percentage utilization of fertilizer N	固氮量 Amount of N-fixation	固氮量占总 需N量的比 Amount of N-fixation as contrasted with total requiring N (%)	推算固氮量 公斤/公顷 Estimating amount of N-fixation (kg/ha)
品种 Cultivar	(g)	(g)	(g)	(%)	(g)		
小金黄一号	27.88	0.7904	0.0188	19.66	0.4987	62.21	64.97
吉林三号	22.85	0.6825	0.0131	23.49	0.3108	45.09	69.77
吉林十三号	20.76	0.6117	0.0186	26.54	0.2247	78.87	44.93
吉林十八号	16.45	0.5289	0.0138	19.70	0.2899	45.62	47.97
吉林二十号	18.77	0.5788	0.0147	21.07	0.2865	37.44	57.19

接上表

长农二号	28.00	0.9510	0.0202	28.86	0.5007	54.14	109.54
黑农二十六号	21.91	0.6994	0.0158	33.92	0.2234	32.00	67.03
开育八号	30.15	0.8201	0.0209	22.35	0.5873	56.27	69.07
阿姆索	27.08	0.7854	0.0141	25.11	0.4318	54.18	791.20
秣食豆	34.39	1.2322	0.0225	32.19	0.6627	54.40	132.54
茶里花	20.42	0.6433	0.0144	20.47	0.3458	52.61	69.25
铁荚子	31.14	0.9284	0.0222	33.45	0.4309	49.39	86.16
哈罗索(不结瘤)	22.00	0.3901	0.0537	25.30	0	0	0
哈罗索(结瘤)	24.70	0.7904	0.0161	23.04	0.4568	57.70	91.36

注: 1. 本试验在田间进行, 四次重复;  
2. 对固氮量统计分析,  $F=7.57(P5\% \text{ 的 } F=2.25, P1\% \text{ 的 } F=3.14)$ , 各品种之间固氮量差异极显著;  
3.  $t$  测验, 5%显著差异标点数为21.57, 1%显著差异标点数为29.14.

品种的确切的固氮数值, 但总的可以看出, 大豆固氮量在 40—100 公斤/公顷之间, 占各自需氮量的50%左右, 品种之间有着明显的差异, 说明固氮潜力尚有很大的选择余地。另外, 固氮力的大小, 和大豆产量及其他农艺性状, 没有明显的联系。这是因为所有栽培品种, 都是在比较优越的条件下选育的, 从未把肉眼难辨的固氮力作为选择指标的缘故。今后, 通过固氮力的测定, 选育固氮力强的大豆—根瘤品种及其组合, 是有很大的潜力的。

## 讨 论

构成大豆丰富的蛋白质, 需要很多的氮素。据分析, 每生产 100 斤种子, 大豆需氮 8.71 斤, 玉米仅需氮 2.41<sup>[6]</sup> 斤。郭午等<sup>[3]</sup> 在德惠县草甸黑土上, 1981—1983 年连续三年在 500 多亩大面积上获得亩产 300 斤以上的大豆产量。以 300 斤计算, 每亩需氮 26.13 斤, 比产 1000 斤玉米的需氮量 (24 斤) 还多。郭午获得 300 斤/亩的大豆产量, 每亩仅施用 12 斤磷酸二铵做种肥, 相当于施  $N2.16$  斤/亩,  $P_2O_5 5.52$  斤/亩。以氮而论, 施用量仅占吸收量的 8%。而要获得 1000 斤/亩的玉米产量, 不施大量化肥是不可能的。据张宽等<sup>[2]</sup> 关于全省化肥试验网的报告, 玉米化肥的经济用量,  $N$  为 20 斤/亩,  $P_2O_5$  为 10 斤/亩左右。在中等肥力黑土上, 亩产千斤以上, 施氮量须占吸收量的 86.9%。在低肥力黑土上, 几乎需要施入和吸收量相等的氮量, 至于在白浆土上, 施氮须大于玉米的吸收量才是最经济的 (表 3)。在黑土上, 固氮约占吸收氮量的 1/2 (表 2), 亩产大豆 300 斤, 固氮贡献大约 13 斤。这时, 施化肥氮加上固氮占需氮量的 60% 左右。而化肥氮占玉米吸氮量的 86.9%。此处所计算的只是化肥氮 (特别是玉米的有机肥没计算在内), 数值越大, 说明地力越薄, 其氮源越少, 化肥在生产中的作用越大。从经济方面看, 在黑土上 (中低肥力平均) 亩产 300 斤大豆和亩产 955 斤玉米相比, 可固定氮素 13 斤, 节约氮肥 18.84 斤, 两项相加, 等于节省氮素 31.84 斤/亩。并还节省了磷肥, 增加了籽粒产值, 总计每亩增加效益 33 元。从表 1、3 可知, 白浆土上的大豆产量不比黑土上低, 但

表 3. 大豆玉米经济施用化肥的产量及需氮量的比较

Table 3. Comparison of yield under economical fertilization and nitrogen requirement between soybean and corn

作物及条件 Crop and cordition	单 产 斤/亩 Yield (Jin/mu)	经济施化肥量 (斤/亩) Economical rate of fertilizer (jin/mu)		资料来源 Source of materials	构成该产量需 N量(斤/亩) Amount of N for consising yield jin/mu	施肥量占需N量 % Appling fertilizer N as contrast with requiring N %
		N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>			
大 豆	300	2.16	5.25	郭午等 <sup>[3]</sup>	26.13	8.2
玉米 (黑土)	中肥力	1040	21.8	张宽等 <sup>[2]</sup>	25.1	86.9
	低肥力	871	20.2		21 0	96.2
玉米(白浆土)	中肥力	819	21.7	张宽等 <sup>[2]</sup>	19.7	110.2
	低肥力	641	20.0		15.4	129.9

表 4. 大豆和玉米经济效益比较

Table 4. Comparison of economic benefit on soybean and Corn.

土 壤			Soil	黑 土		白 浆 土		
作 物			Crop	玉 米 (中低肥 力平均)	大 豆	玉 米 (中低肥 力平均)	大 豆	
单 产 (斤/亩) Yield (jin/mu)				955	300		730	300
蛋白产量 (斤/亩) Yield of protein (jin/mu)				79.2	126.6	+47.4	60.5	126.6
脂肪产量 (斤/亩) Yield of oil (jin/mu)				35.5	60.0	+24.5	27.2	60.0
产 值 (元/亩) Value of product (yang/mu)				95.5	108.0	12.5	73.0	108
肥 化 药 San ing fertilizer	N	施量 (斤/亩) Rate of application (jin/mu)	21	2.16	-18.84	20.9	2.16	-18.74
		价值 (元/亩) Cost (yang/mu)	11.55	1.19	9.83	10.90	1.13	-9.77
	F <sub>2</sub> C <sub>5</sub>	施量 (斤/亩) Rate of application (jin/mu)	10.5	5.52	4.98	12	5.52	-6.48
		价值 (元/亩) Cost (yang/mu)	8.31	4.36	-3.95	9.48	4.36	-5.12
	N- fixation	斤/亩 Jin/mu		13	+13		17.5	+17.5
		价值 元 Cost yang		6.78	6.78	9.13	0.63	+9.13
总 效 益 Sum yang/mu					+33.06		+59.02	

说明：蛋白质含量，大豆按42.2%，玉米按8.29%，脂肪含量大豆按20.2，玉米按3.72计算。肥料价格，N 按 0.52元/斤，p<sub>2</sub>O<sub>5</sub>按0.79元/斤。大豆籽粒价格按0.36元/斤玉米按0.1元/斤计算。

玉米产量，在化肥用量差不多的情况下却明显降低，故种大豆比种玉米相应的经济效益增到60元，另外每亩还多收47—66斤蛋白质和24.5—32.8斤脂肪（表4）。

从用地养地的长远观点看，大豆是公认的好茬口<sup>[1,4]</sup>。除土壤暄松、杂草较少外，土壤积累的有机质和氮素较多，有人估计大豆的根和根瘤能为下茬作物提供相当于每公顷20公斤的氮，也有人估计可向土壤归还其全氮的24—32%，最高可达 60 公斤/公顷。据

我们分析<sup>[5]</sup>, 大豆根(可拔出部分)重占全株重的9.4%, 每公顷根氮产量5.23公斤, 叶及叶柄占34.2%, 每公顷叶氮产量为41.91公斤。如全部归还, 为47.1公斤/公顷。一般豆根留在土中, 叶子按归还一半(可能被搂出一部分)计, 总计可归还土壤26.2公斤/公顷, 每亩约为3.5斤。

大豆既是高质量(高蛋白、高脂肪、高热值)的粮食和家畜饲料, 能固氮节省化肥(即节约能源), 具有相当的经济效益, 又能肥沃土壤保养地力, 从长远计, 应予以重视。努力恢复其在轮作中传统的主导作用。

考虑大豆和玉米在不同土壤上的适应情况及其经济效益, 建议在白浆土上尽快恢复传统的轮作, 使大豆面积占播种面积的1/3, 估计尚须增加150万亩。在1990年前, 黑土地的大豆, 可暂恢复到20%, 须增加290万亩左右, 至于淡黑钙土地地区, 大豆可保持现在的水平(10%), 不再发展。这样, 总计增加大豆440万亩, 可固氮26,658吨, 节约氮肥41,373吨, 两项共计68,031吨, 相当标准氮肥15.1万吨, 同时节约标准磷肥(以含 $P_2O_5$  12%计)10万吨, 总经济效益(节省工时等不计在内)近两亿元。

### 参 考 文 献

- [1] 张子金 王彦丰 1985 论适当恢复与发展吉林省的大豆生产 吉林农业科学 第2期
- [2] 张宽等, 1984 吉林省主要土壤氮磷化肥用量配比试验报告, 第二报 白浆土、玉米试验结果数理统计 吉林农业科学 第2期
- [3] 郭午等 1984 大豆高产稳产低成本的试验研究 吉林农业科学 第2期
- [4] 高金方 1959 谈东北中部地区的轮作 东北农业科学通报 第3号
- [5] 高金方等 1985 大豆根瘤菌共生固氮量的估测 稳定性同位素 第2期
- [6] 杉原进 1982 大豆高产的氮素营养 国外农学 大豆 第1期
- [7] Burton, J. C. 1976 Proceedings of the 1st international symposium on nitrogen 429
- [8] Fried, M. 1978 Symposium session paper of 11th international Congress of soil Science held in Canada Vol. 3 103—129
- [9] Fried, M. and H. Broshart, 1975 plant and soil 43 701—711

## STUDY ON THE SYMBIOTIC FIXATION NITROGEN OF SOYBEAN BY NITROGEN—15

Gao Jinfan Wang Qing Hao Zhongyan Zhang Hong  
Zhao Guibin Zhang Guizhi Wang Xiaoming Xue Bao

*(Jilin Academy of Agricultural Sciences)*

### Abstract

Amount of N fixed of soybean-nodule bacteria was estimated by an value method in three major soils ( planosol soil, black soil, light chernozem) of Jilin province and on fourteen soybean cultivars growing on black soil. It was proved that the amount of N fixed from atmosphere accounted for 50—75% of the total N of soybean, and the highest is in black soil, the lowest is in light chernozem. On black soil the  $\text{N}_2$  fixation is amounted approximately to 13 jin/mu. Under condition of a great deal organic manure application, percentage of N-fixation in light chernozem is outstandingly increased. It shows that basic fertility plays an important part in N-fixation of nodule bacteria. The fact that the difference of N-fixation of different soybean cultivars are very obvious, the range is 45-100kg/ha. This demonstrate the potentiality of selecting high N-fixation soybean cultivars is very important.

In consideration of the quality of grain, the price of product and reducing fertilizer and soil management etc, in this paper we discussed the cost of economic benefit of developing soybean industry. In accordance with result of research and present status of soybean plantation, this paper offered specific proposal for increasing area of soybean in Jilin province.