

# 应用 $^{15}\text{N}$ 示踪技术对大豆氮磷营养 与产量形成关系的研究

袁增玉 李淑华 胡志娴

(黑龙江省农业科学院原子能研究所)

## 摘 要

1983—1985年我们应用同位素示踪方法,对大豆氮磷营养中的一些特点,土壤养分供应和根瘤固氮作用等问题进行了研究。结果表明,大豆植株三种氮源(肥料氮、土壤氮、根瘤固氮)之间和两种磷源(肥料磷和土壤磷)之间互相制约关系,同时还看出氮营养和磷营养之间的联因效果及氮肥发挥肥效的条件。即在磷肥,钾肥与马粪配合施用基础上,凡增施氮肥的都有增产效果。

大豆的氮素来源以根瘤固氮为主,其次是土壤氮,对所施化肥氮摄取量最少,而且随施氮肥量的增加以及随施肥时间的拖后,植株固氮量也有降低的趋势。

大豆在磷素吸收过程中,对肥料磷和土壤磷的吸收量随大豆的生育都有不断增加,但土壤磷素是大豆的主要磷源,各生育期吸收量都高于肥料磷。

## 前 言

黑龙江省是我国的大豆生产基地,担负着出口和民需的重要任务。历年大豆播种面积3000万亩左右,单位面积产量多在200斤以下,满足不了国家建设和出口的需要。

我省大豆生产有较丰富的经验,如采用优良品种,合理轮作与施肥,缩行密植等。但各地区之间、高产与低产之间差距仍然是很大的。

如何根据大豆营养特点,土壤施肥特性,科学施肥还是一个没有解决的问题,因此在一定程度上阻碍大豆产量的稳步提高。

1983—1985年我们在以往多年研究工作的基础上<sup>(2)(3)(4)</sup>,应用同位素示踪方法,探讨了大豆氮磷营养中的一些特点,土壤养分供应和根瘤固氮作用。

注:参加此项工作的还有黄楚玉,刘仁书等同志。

本文于1986年9月6日收到。

The paper was received in Sep. 6, 1986

# 材 料 和 方 法

盆栽供试大豆品种为绥农四号,土壤采自本所试验地黑土(中壤质少量腐殖质的薄肥层黑土),土壤基础肥力分析见表1。1983年氮肥设10个处理,分种肥和追肥两类。肥

表1. 试 验 土 壤 基 础 肥 力

Table 1. The basic fertility of soil used in the experiment

年 Year	全 N (%) Total N (%)	全 P (%) Total P (%)	速效 N(mg/100g) Available N (mg/100g)	速效 P(mg/100g) Available P (mg/100g)	有机质 (%) Organic matter(%)	pH
1983年	0.122	0.114	13.98	9.35	3.55	6.75
1984年	0.133	0.099	12.66	3.95	3.49	7.1

料为<sup>15</sup>N标记的尿素(含N量46%,丰度为5.705%),以腐熟的马粪和三料过磷酸钙为底肥。马粪0.37斤/盆,<sup>32</sup>P三料过磷酸钙5.22克/盆。种肥于播种前,将上述肥料与土壤均匀混合后装盆;追肥是在大豆开花初期追施氮肥,其余肥料也在播种前施入,处理3和6为七次重复,其余为四次重复。1984年只设七个种肥处理(四次重复),底肥三料过磷酸钙4克/盆,硫酸钾0.4克/盆。都以不施氮肥为对照,两年试验的处理详见表2。

表2. 各 试 验 处 理 氮 肥 施 用 量

Table 2. Amount of N fertilizer application in different treatments

处 理 号 No. of treatment	1983		1984
	种肥 (gN/盆) Seed fertilizer (gN/pot)	追肥 (gN/盆) top dressing (gN/pot)	种肥 (gN/盆) Seed fertilizer (gN/pot)
1	—	—	—
2	0.6	—	0.3013
3	1.2	—	0.6026
4	1.8	—	0.9039
5	—	0.6	1.2052
6	—	1.2	1.5065
7	—	1.8	1.8078
8	0.6	0.6	
9	0.6	1.2	
10	0.6+0.6K*	0.6	

\* 加钾肥

\* add K fertilizer

试验盆钵15立升密氏盆，装土12公斤，定苗4株，5月初播种，9月中旬收获。

分析测定：(1) 放射性植株样本系用全盆植株烘干，粉碎，取磨好的样本（生育前期1克，后期3克）放入蒸发皿里，先在酒精灯下燃烧除烟后放到马福炉里，在600℃下灰化再用2N HCl 12毫升将样本洗入测量瓶中，用YS—A型液闪仪进行放射强度测量，按5%误差确定测量时间，并作半衰期等校正。植株全磷用钼兰比色法。(2)  $^{15}\text{N}$ 样本用MS—10型质谱仪（或NIA—1型光谱仪）测定，全氮测定用凯氏蒸馏法。以上每盆一个样本，取三盆平均值。(3) 产量数据用“分别处理法”统计。

## 结 果 与 分 析

### 一、施肥对大豆生育和植株干重的影响

试验表明，施氮肥对大豆结荚之前的各生育期无明显影响，不同量级的种肥或种肥加追肥的大豆，鼓粒期稍有提前（与对照相比）。施种肥的成熟期提前3天，施追肥的生育期稍有延迟，含有钾肥处理的与对照相同（9月19日成熟）。

氮肥与磷肥，马粪配合时，使大豆植株干重增加18.6—29.4克，产量增加14.34—19.43%（表3），如再配合钾肥效果更佳，植株干重增加39.2—69.0克，产量增加22.6—43.2%（表4）。大豆籽实产量与植株干重增加相一致。由于施肥使大豆产量因子发生变化，单株粒数和粒重增加，秕荚数降低。数据统计分析结果表明，凡施氮肥都能达到增产显著程度（ $t$ 值=3.8166—6.1053）而施氮肥的时间和数量的处理间增产不显著（ $t$ 值=0.0059—1.2243）。

### 二、大豆对化肥氮的吸收利用

在磷（或钾）肥基础上，大豆对化肥氮素吸收情况从表5可以看出，追肥的大豆植株（处理5、6、7）吸收化肥氮均高于同量级的种肥处理（处理2、3、4），这三个量级分别高240.5毫克，186.3毫克和627.2毫克氮素。将每盆1.2克氮处理的等量分为种肥和追肥两次施用，则大豆植株对氮素的吸收量低于同量级的种肥或追肥处理，即527.9毫克<613.3毫克<799.6毫克；而将每盆1.8克氮处理的氮肥不等量两次施用，其结果介于同量级种肥和追肥之间，即796.2毫克<852.0毫克<1423.4毫克。将少量氮肥分两次施用，大豆植株的吸收量较一次施用减少。如果增加施肥量时，又较一次种肥的大豆吸收量增加，但未能超出同量级追肥的。从表5、6两年试验结果可看到，随施肥量增加，大豆吸收化肥氮量和植株总氮量随之提高，但吸收空气中（固氮）氮素随之减少，说明两者是呈负相关的。土壤氮素吸收量也有增加，其中因离子交换出来一些土壤氮素，另外也是土壤本身养分释放过程的反映。施种肥大豆植株吸收自然氮素（有机肥氮、土壤氮和根瘤固氮）略高于追肥处理的。氮肥分次施（包括有钾肥处理）大豆吸收自然氮素量一般也高于同量级种肥或追肥的处理，种肥主要供给大豆早期需要，以后根瘤形成而开始固氮，并不断增强，为自然氮素的吸收创造了前提，氮肥分两次施用，因肥量少，固氮作用显得主要起来，因而固氮量也较追肥为多，但不及种肥的大豆。

表 3. 不同处理大豆产量及构成因素比较  
Table 3. Yield and yield components of soybeans  
under different fertilizer treatment

1983

处理代号	No. of treatment	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
株高 (cm)	Plant high (cm)	64.6	68.9	74.2	74.2	70.6	69.3	67.1	76.1	70.8	66.1
分枝数	No. of branch	4.4	3.8	3.4	3.2	3.8	3.7	3.8	3.6	3.7	4.4
节数	No. of node	17.0	16.3	17.1	17.7	18.0	18.0	17.7	17.1	16.9	16.7
单株荚数	No. of pod/plant.	54.7	54.0	54.1	54.9	57.2	57.7	53.5	53.5	54.9	56.2
单株粒数	No. of grain/plant.	104	109	111	114	117	115	110	112	112	115
单株粒重 g	Grain yield/plant.	19.2	22.0	22.6	22.6	22.8	22.3	22.3	22.8	22.9	24.1
瘪荚数	No. of pod not plupm/plant	1.8	1.4	2.0	1.5	2.0	1.7	1.6	1.1	1.1	0.7
单株茎秆重 g	Weight of stem/plant.	18.7	20.6	22.5	22.3	21.8	22.1	22.8	22.3	22.3	23.5
百粒重 g	Weight of 100 grains	18.4	20.4	21.1	20.6	20.2	20.3	20.3	20.9	20.7	21.0
籽实产量g/盆	Yield/pot	76.7	87.7	90.1	90.4	91.3	89.2	89.1	91.3	91.6	96.3
植株干重 g	Weight of dry plant	151.5	170.1	179.9	183.5	178.5	177.6	180.3	180.3	180.9	190.0
增产 %	Yield %	100	114.34	117.47	117.86	119.04	116.30	116.17	119.04	119.43	125.42

表 4. 不同处理大豆产量及构成因素比较  
Table 4. Yield and yield components of soybean  
under different fertilizer treatment

1984

处理代号	No. of treatment	1	2	3	4	5	6	7
株高 cm	plant high	59.4	72.6	75.3	74.2	76.5	79.1	74.3
分枝数	No. of branch	1.9	1.6	1.7	1.9	1.7	1.6	2.0
节数	No. of node	14.8	16.0	15.5	15.7	17.0	17.4	17.1
单株荚数	No. of pod/plant	32.5	41.0	38.0	40.8	43.9	46.2	46.2
单株粒数	No. of grain/plant	69.3	87.6	83.3	85.1	93.0	93.1	95.8
单株粒重 g	Grain yield/plant	13.6	18.0	16.7	17.4	18.3	18.8	19.5
瘪荚数	No. of pod not plupm/plant	2.3	3.3	2.2	2.8	2.5	3.3	3.0
百粒重 g	Weigth of 100 grains	19.4	20.2	19.8	20.4	19.5	19.4	19.8
植株干重 g	Weight of dry plant	126.6	177.8	165.8	167.7	180.0	193.4	195.6
籽实产量g/盆	Yield/pot	54.4	72.1	66.7	69.4	73.0	75.0	77.9
增产 %	Yield %	100	132.54	122.61	127.57	134.19	137.87	143.20

表 5. 大豆对三种氮源的吸收利用

Table 5. Three sources of absorbed and utilized by soybean 1983

处理代号 No. of treatment	植株吸收化肥氮 N in fertilizer		植株吸收马粪和土壤氮 N in barnyard manure and soil		根瘤固氮量 N fixed by nodule		植株总氮量 mg/盆 total N in plant mg/pot
	mg/盆 mg/pot	%	mg/盆 mg/pot	%	mg/盆 mg/pot	%	
2	192.3	2.9	2796.7	42.3	3628.6	54.8	6617.6
3	613.3	8.7	2776.6	39.4	3662.8	51.9	7052.7
4	796.2	11.5	2831.9	40.9	3292.1	47.6	6920.2
5	432.8	6.3	2739.7	40.1	3653.9	53.5	6826.4
6	799.6	11.6	3163.2	45.9	2928.1	42.5	6890.9
7	1423.4	20.5	2770.7	39.9	2744.4	39.6	6938.5
8	527.9	7.4	3134.7	44.1	3439.8	48.4	7102.4
9	852.0	11.9	3016.9	42.0	3307.3	46.1	7176.3
10	533.8	7.5	3035.3	42.5	3570.4	50.0	7139.5

表 6. 大豆对三种氮源的吸收利用

Table 6. Three sources of N absorbed and utilized by soybean 1984

处理代号 No. of treatment	植株吸收化肥氮 N in fertilizer		植株吸收土壤氮 N in barnyard manure and soil		根瘤固氮量 N fixed by nodule		植株总氮量 mg/盆 total N in plant mg/pot
	mg/盆 mg/pot	%	mg/盆 mg/pot	%	mg/盆 mg/pot	%	
2	65.7	1.33	185.8	3.77	4677.4	94.90	4928.9
3	108.7	2.21	595.7	12.25	4163.9	85.54	4868.3
4	268.8	5.31	535.2	10.57	4258.1	84.12	5062.1
5	385.2	7.42	736.2	14.17	4072.5	78.41	5193.9
6	543.6	9.89	1012.9	18.42	3941.5	71.69	5498.0
7	746.3	13.23	944.4	16.75	3948.5	70.02	5639.2

三、大豆对磷素的吸收利用

从表 7 可见大豆对磷素吸收利用过程中，主要时期为鼓粒期，即吸收高峰，虽然肥料磷和土壤磷素的吸收量都不断明显增加，但二者在植株全磷量中所占比率不同，土壤磷素是大豆的主要磷源，各生育期吸收量都高于肥料磷。特别是在大豆生育前期更为突出。由于磷肥是整个试验的基础，因此氮肥的施肥时期对磷素的吸收也有影响，凡追氮肥处理的在较短时期都使磷素的吸收明显减少。但经过短时期后，却又表现出对磷肥吸收的促进作用。这就是氮、磷两元素“互助”的高效期。

四、大豆的氮源与固氮

大豆的氮素营养通过共生固氮作用可以得到较好的改善。特别在田间条件下，当大

表 7 大豆对磷素的吸收利用  
Table 7. Absorption and utilization of p by soybean

1983

时期	项 目 Term			植株全磷量mg/盆 Total P in the plant (mg/pot)	植株吸收肥料磷量 p of fertilizer absorbed by plant		植株吸收土壤磷量 p of soil absorbed by plant		磷肥利用率 Utilization rate of P fertilizer %
Period	N 肥处理	N fertilizer		mg/盆 mg/pot	占全磷% covers % of total p	mg/盆 mg/pot	占全磷% covers % of total p		
苗期 Seedling	种 肥	seed fertilizer		22.3	7.0	31.4	15.3	68.6	0.29
	追 肥	top dressing		24.9	8.4	33.7	16.5	66.3	0.35
花期 Flower	种 肥	seed fertilizer		288.0	128.5	44.6	159.5	55.4	5.35
	追 肥	top dressing		218.9	94.9	43.4	124.0	56.6	5.16
鼓粒期 Set seeds	种 肥	seed fertilizer		798.0	188.2	23.6	609.8	76.4	25.40
	追 肥	top dressing		847.5	202.7	23.9	644.8	76.1	26.85
成熟期 Maturity	种 肥	seed fertilizer		560.4	242.9	43.3	317.5	56.7	13.22
	追 肥	top dressing		663.6	280.8	42.3	382.8	57.7	15.94

豆与根瘤菌有效地共生时,植株大部分氮素来源于空气中,其余少部分从土壤或肥料中得到。本试验提供数据表明(表 5、6)在施用有机肥和化肥时,大豆植株体内从固氮中得到的氮素约为总氮量的50%左右,从化肥中来源氮素占10%左右,其余40%左右来自土壤(包括马粪中的氮素,见 1983 年试验)。在施用化肥时,大豆植株体内大部分氮素(80%左右)来源于固氮,来源于肥料占10%以下,其余12%左右来源于土壤(1984 年试验)。两年试验因处理不同,以上三种氮源比率变化较大,但一致反应是大豆植株一生中以根瘤固氮为主要氮的来源,其次是土壤原贮存的氮,而当年所施用的化肥氮摄取量最少。另外也可以看出随氮肥量增加,固氮量下降,以种肥0.6克处理的固氮量的百分数为100%,则种肥 1.2 克和 1.8 克处理的固氮量分别下降5.29%和13.14%,同样追肥1.2克和 1.8 克处理的固氮量与追肥 0.6 克处理比较分别降低20.56%和25.98%。随着施肥时间的延迟,植株内固氮量占总氮的比例也有明显的降低,即同量级追肥处理较同量级种肥减少,它们分别减少1.3%、9.4%、8.0%(表 5)。

以上结果说明,施用氮肥会影响固氮量,但早期种肥对固氮量影响小,追肥影响大;施氮肥量越增加,固氮量越减少,呈负相关。同时也看出大豆并非不需要化肥氮素的供应,尽管在其植株内所占比率少,但其作用不能忽视,特别是在磷、钾肥的配合下,效果更稳妥,在施肥时期上要早施。

结 语

通过研究大豆氮磷营养的一些特点,明确了大豆植株三种氮源(肥料氮、土壤氮、根瘤固氮)之间和两种磷源(肥料磷和土壤磷)之间互相制约关系。因氮肥试验是在有机肥,磷肥或磷钾肥基础上做的,可以清楚看出氮素营养和磷素营养之间联因效果和氮肥有效条件的重要性。过去在大豆施肥中强调了磷肥增产效果,常常忽视了氮肥的增产

作用, 实际上只要在原磷肥基础上再增施少量氮肥 (磷肥  $1/2-1/3$ ), 其增产效果是可观的, 或将原施磷肥的量减少  $1/3$ , 而换为氮肥也是可行的。这样作对进一步提高大豆产量是非常值得的。今后在生产上更应注重多种营养元素的综合运用, 甚至要考虑保墒, 灌水和深耕等有关因素, 使大豆整个营养水平得到提高, 为创造高产奠定基础。

### 参 考 文 献

- [1] 王金陵主编: 1982, 《大豆》58—67 黑龙江省科技出版社。
- [2] 袁增玉等 1965, 土壤学报 No. 4, 418—426。
- [3] 孙克用等 1981 原子能农业应用 No. 1, 22—26。
- [4] 袁增玉等 1981 原子能农业应用 No. 2, 51—56。
- [5] 李淑贞等 1983 大豆科学 Vol. 2 No. 3, 217—223。
- [6] 袁立海等 1984 大豆科学 Vol. 3 No. 3, 243—250。
- [7] 陈魁卿, 程岩等, 1985 大豆科学 Vol. 4, No. 2 141—150。
- [8] Hertridge D. F. plant physiology 1982, 70(1) 1—11。

## STUDIES ON RELATION OF THE NITROGEN, PHOSPHOROUS AND THE YIELD FORMING IN SOYBEAN USING $\text{N-}^{15}$ ISOTOPE TRACER

Yuan Zengyu Li Shuhua Hu Zhixian

(Heilongjiang Academy of Agricultural Sciences Institute for the  
Utilitization of Atomic Energy in Agriculture)

### Abstract

We studied N and P nutrients of soybean, and provision of nutrients from the soil and N fixed by nodule in 1983—1985. The results indicated that there is a interaction among three N sources (N in the fertilizer, N in the soil and N fixed by nodule) in soybean, and there is influence between P in the fertilizer and P in the soil. Effective factors produced by N in the fertilizer was observed, soybean yield have been increased by application of N fertilizer on basis of application of P fertilizer, K fertilizer and barnyard manure.

The nitrogen sources for soybean are mainly N fixed by nodule, secondly are N from the soil, and N of fertilizer the least. With the increase of application of fertilizer, the N fixed by nodule have been going to decrease. The delaying of fertilizer application also caused the decrease of N fixed by nodule.

The P in fertilizer and P in the soil assimilated by soybean have been increased along with growth of soybean plant. In each growth stage, soybean plant absorbed more assimilative P from the soil than P from the fertilizer.

## 1987年《大豆科学》征订启事

《大豆科学》杂志是由大豆科学编委会主办的学术性刊物。国内外公开发行人，由各地邮局订阅，季刊，十六开本，每期约十万字左右。国内每期订价：人民币壹元整。国外每期订价：拾伍美元（包括邮寄费）。

《大豆科学》贯彻执行“百花齐放，百家争鸣”的方针，开展学术交流。刊登有关大豆的遗传育种，品种资源，生理生态，耕作栽培，病、虫、杂草防治，营养施肥，及有关大豆加工和综合利用等方面的科研报告，学术论文，国内、外研究进展述评，研究简报，学术活动简讯等。

《大豆科学》主要面向从事大豆科学研究的科技工作者，农业院校师生，国营农场及各级农业技术推广部门的技术人员、干部。

欢迎广大读者踊跃订阅《大豆科学》本刊代号14—95

《大豆科学》编辑部