

氮钾肥对大豆根瘤固氮、营养器官分化和产量效应研究

陈魁卿 程 岩 林桂范 赵玉臣 王承林
(东北农学院)

摘 要

经过三年来的试验证明,在黑龙江省含钾较高的土壤条件下种植大豆,在磷的基础上施用少量氮肥,表现出一定的增产作用,但氮肥过多不利根瘤生长和固氮活性。在氮磷基础上施用钾肥,协调植株生长,提高含糖量,有利根、茎、叶的木质部和韧皮部分化,加强体内养分水分运输和固氮能力,促进早熟提高产量。

1982—1984年在黑龙江省土壤、气候条件下,应用 ^{15}N 示踪技术研究了大豆氮钾营养规律与施用钾肥的作用。考虑到大豆根瘤的固氮作用,对氮钾营养与根瘤活性和器官发育的关系进行了探索。

研究方法与供试土壤条件

试验采取校内框栽与校外十几个基点田间试验相结合的方法。校内田间试验四次重复,小区面积为 4.2×5 米,校外双城基点田间试验每处理为1亩。室内分析采用凯氏法和质谱仪分析全氮和 ^{15}N ,根瘤固氮用气相层析仪乙炔还原法测定,碳水化合物测定用3,5-二硝基水杨酸法。植株各生育期营养器官的观察用显微测量和显微照相技术。

供试土壤主要是黑龙江省的淋溶黑土、黑土、碳酸盐黑土、部分草甸土和白浆土。质地多为轻粘土到壤质土, $\text{N} 0.15\%$, $\text{P}_2\text{O}_5 0.15-0.21\%$, $\text{K}_2\text{O} 0.19-2.17\%$,缓效钾850ppm,速效钾150ppm左右。

试 验 结 果

一、氮钾营养与大豆根瘤生长、固氮量的关系

1. 1982—1984年调查了在磷肥基础上施用氮钾肥对大豆根瘤生长和固氮力的关系,证明随氮肥用量的增加,根瘤着生数逐渐减少,而加施钾肥,明显地提高根瘤数和根瘤重。表1证明加钾的处理比不加钾的处理各生育期的根瘤数高出三倍多。表2也说

本文于1984年12月5日收到。

明加钾的处理 (NPK) 比单施磷和磷钾处理等增重 0.3—0.4 克/株根瘤。

表 1 氮钾肥与根瘤着生数的关系 (个/株)
Table 1 The effect of nitrogenous and potassium fertilizers on the number of nodules per plant

处 理 Treatment	苗 期 At seedling	花 期 At flowering	荚 期 At pod formation
PN ₁₅	3.8	44.0	40
PN ₆₀	3.7	19.5	28
PN ₁₅ K ₆₀	10.3	56.0	67

* 花期和荚期为 4 株平均数, 苗期为 16 株平均数 (1982 年)。

表 2 氮钾肥与根瘤干重的关系 (克/株)
Table 2 The response of nitrogenous and potassium fertilizers on the dry weight of nodules (g/plant)

处 理 Treatment	花 期 At flowering	荚 期 At pod formation	豆粒形成期 At seed formation	根瘤数* (个/株) Number of nodules per plant
CK	0.39	0.69	0.86	189
P	0.54	0.74	0.85	258
PK	0.36	0.70	1.09	232
PNK	0.57	0.94	1.47	349

* 根瘤数在荚期调查 (1984 年)

2. 根瘤固氮力的测定, 应用乙炔还原法, 仪器是上海 100 型气相层析仪, 色谱柱为 1 米长不锈钢柱, 内装 GDX—502 (60—80 目), 氢火焰离子检测器, 空气流量 400

毫升/分, 氢气流量 30 毫升/分, 氮气流量 25 毫升/分 (载气) 柱温 50℃, 检测室温度 105℃, 乙炔系用电石加水发生自制的。纯乙烯为北京分析仪器厂产, 纯度 99.9%。

在大豆初花期、荚期、籽粒形成期, 摘取根瘤进行测定。大豆花期不同处理根瘤活性的乙烯乙炔峰高比如图 1。

根据乙烯乙炔峰高比, 再按衰减倍数计算根瘤固氮量如表 3。大豆花期各处理的根瘤固氮量以 NPK 的处理最高 (70.15 微克分子/株), 其次为 PK 处理和 P 处理, 分别为 43.48 和 44.89, 对照最低, 只有 29.68。可见在磷的基础上施用氮钾肥, 对花期固氮量有显著的作用。

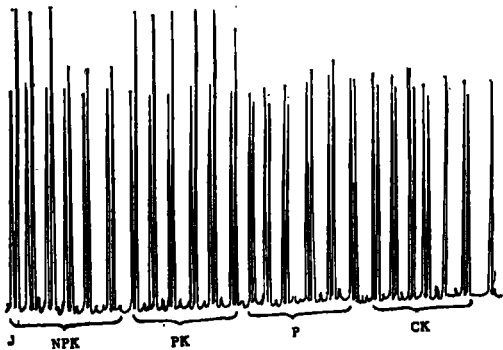


图 1 大豆花期根瘤固氮力的峰高值
Fig. 1. The peak height for evaluation of nitrogen fixation of nodules at flowering of soybean

表 3 不同处理与大豆花期固氮量的关系

Table 3 The amount of nitrogen fixed by nodules in different treatments at flowering of soybegn

处理 Treatment	根 瘤 重 (克株) Weight of nodulas (g/plant)	取样重 (克) Weight of sample (g)	采气样号 No. of sample	C ₂ H ₄ 峰 高 (mm) C ₂ H ₄ Peak height (mm)	C ₂ H ₂ 峰高 C ₂ H ₂ Peak height	C ₂ H ₄ / C ₂ H ₂	固氮量 微克分子/根瘤重 The amount of nitrogen fixed (μ gN/plant)
CK	1.17	0.740	1—1	119	2032	0.0586	29.68
		0.754	1—2	123	2144	0.0588	
P	1.65	0.746	2—1	138	2096	0.0649	44.89
		0.730	2—2	123	2048	0.0601	
PK	1.13	0.726	3—1	174	2048	0.0849	43.48
		0.704	3—2	175	2032	0.0861	
PNK	1.98	0.726	4—1	142	2032	0.0699	70.15
		0.742	4—2	179	2096	0.0854	

(平均Average 47.05)

大豆荚期根瘤固氮力的峰高比和固氮量如表 4：

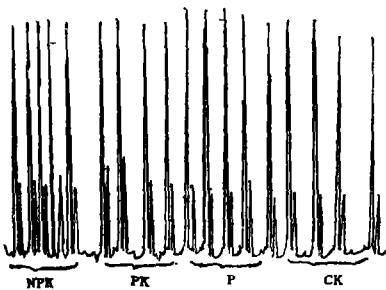


图 2 大豆荚期根瘤固氮力的峰高比
Fig. 2 The peak height for evaluating the capacity of nitrogen fixation of nodules at pod formation of soybean

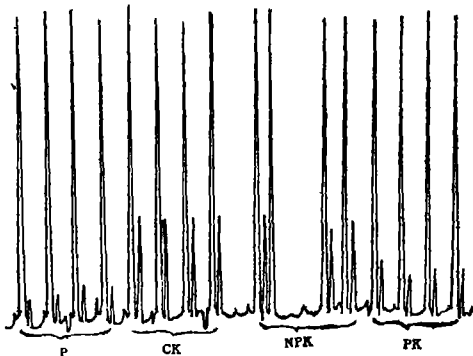


图 3 豆粒形成期根瘤固氮力的峰高比
Fig. 3 The peak height for evaluating the capacity of nitrogen fixation of nodules at pod filling of soybean

从表 4 说明大豆荚期根瘤固氮力也以 NPK 处理最高(27.45微克分子/株),PK 和 P 处理次之,对照最少。

到豆粒形成期,根瘤固氮力的顺序为 NPK>CK>PK>P,见图 3 和表 5。从大豆三个生育期根瘤固氮力的测定结果都是在磷和少量氮 (N₁₅) 的基础上加施钾肥固氮力最高,所以虽在我省土壤含钾较高的条件下,种植大豆不可忽视钾肥。

表 4 不同处理与大豆荚期固氮力的关系
Table 4 capacity of nitrogen fixation in different treatment at pod formation of soybean

处理 Treatment	根 瘤 重 (克/株) Weight of nodules (g/plant)	取样重 (克) weight of sample	采气样号 No. of sample	C ₂ H ₄ 峰高 (mm) C ₂ H ₄ peak height(mm)	C ₂ H ₂ 峰高 (mm) C ₂ H ₂ peak height	C ₂ H ₄ /C ₂ F ₂	固氮量 (微克分子/株根瘤) The amount of nitrogen fixed by nodules (μgM/plant)
CK	2.53	0.742	1—1	28	1984	0.0141	19.73
			1—2	29	1584	0.0183	
			1—3	30	1728	0.0173	
			1—4	31	1712	0.0181	
P	2.71	0.755	2—1	36	1696	0.0212	22.9
			2—2	36	1680	0.0214	
			2—3	31	1808	0.0171	
			2—4	31	1776	0.0174	
PK	2.53	0.756	3—1	32	1696	0.0189	24.04
			3—2	33	1680	0.0196	
			3—3	43	1728	0.0209	
			3—4	43	1828	0.0249	
PNK	3.25	0.716	4—1	31	1712	0.0181	27.45
			4—2	31	1712	0.0181	
			4—3	33	1696	0.0195	
			4—4	34	1712	0.0198	

(平均Average23.53)

表 5 不同处理与大豆豆粒形成期固氮量的关系
Table 5 The amount of nitrogen fixed by nodules at pod filling in different treatments

处理 Treatment	每株根瘤重 (克) Weight of nodules (g/plant)	取样重 (克) Weight of sample g	采气样号 No. of sample	C ₂ H ₄ 峰高 (mm) C ₂ H ₄ peak height	C ₂ H ₂ 峰高 (mm) C ₂ H ₂ peak height	C ₂ H ₄ /C ₂ H ₂	固氮量 (微克分子/株根瘤) The amount of nitrogen fixed by nodules (μgM/plant)
CK	2.96	0.730	1—1	2.95	2848	0.0104	13.370
		0.730	1—2	3.05	2930	0.0104	
P	3.06	0.722	2—1	11	2849	0.00386	4.406
		0.740	2—2	8	2911	0.00275	
PK	3.70	0.722	3—1	14	2848	0.00492	7.622
		0.730	3—2	12.5	2778	0.00450	
PNK	5.07	0.755	4—1	26	2800	0.00929	20.280
		0.737	4—2	28	2912	0.00961	

(平均Average 11.44)

生育期中每株根瘤固氮量以花期为最高,平均为47.05微克分子/株根瘤,随着生育期进展至荚期固氮量逐渐下降,平均为 23.53 微克分子/株根瘤,到豆粒形成期降至11.44微克分子/株根瘤。花期追施氮肥不利根瘤生长,根瘤重和根瘤数都有减少,固氮量也降低。

二、钾肥对植株的含糖量及成熟度的关系

施用钾肥可促进植株的光合作用,明显提高大豆生育期的含糖量(表6)。

表6 不同处理与大豆各生育期含糖量的关系
Table 6 The sugar content of soybean in different treatments and stages

处 理 Treatment	花期 At flowering				荚期 At pod formation				豆粒形成期 At seed formation			
	干重 (克/株) The dry matter weight (g/plant)	总糖 (克/株) Total sugar (g/plant)	还原糖 (克/株) reducing sugar (g/plant)	非还原糖 (克/株) non reducing sugar (g/plant)	干重 (克/株) The dry matter weight (g/plant)	总糖 (克/株) Total sugar (g/plant)	还原糖 (克/株) reducing sugar (g/plant)	非还原糖 (克/株) non reducing sugar (g/plant)	干重 (克/株) The dry matter weight (g/plant)	总糖 (克/株) Total sugar (g/plant)	还原糖 (克/株) reducing sugar (g/plant)	非还原糖 (克/株) non reducing sugar (g/plant)
CK	4.04	0.95	0.13	0.81	12.35	2.60	0.48	2.11	24.0	5.56	0.98	4.58
P	4.61	1.07	0.16	0.91	11.13	2.34	0.41	1.92	23.3	5.30	0.86	4.44
PK	3.26	0.85	0.11	0.74	13.50	3.07	0.53	2.53	26.1	5.87	0.90	4.97
PNK	5.39	1.42	0.19	1.23	12.50	2.72	0.43	2.28	32.3	7.36	1.21	6.15

从花期、荚期到豆粒形成期NPK 处理除荚期糖分略低于 PK 外,一般都高于其他处理。

由于钾营养提高了植株碳水化合物含量(包括纤维素、半纤维素),从而增加了抗病、抗倒伏的能力。钾还有利于植株节水作用,1982年大旱时期,施钾处理抗旱力增强,病虫害减轻。此外,在磷氮基础上配合钾肥,协调体内物质代谢,加速生长。据基点调查,加钾处理提前成熟 4 天左右。收获后 NPK 处理的籽粒含水量也少,为 11.82%,而 PN₁₅ 为 19.47%,PN₆₀ 为 32%。这对防止我省的早霜为害和提高大豆品质具有重要意义。由图 4 可见 NPK 处理的叶片已脱落,其它处理还有残枝和黄叶(1984年)。

三、钾肥与大豆组织结构分化的关系

在 NP 的基础上施用钾肥,对植株生长、根瘤固氮和抗逆性都有良好作用。为了查明钾的作用,我们对大豆的根、茎、叶进行了显微测量和显微照相的观察。

(一) 不同处理与大豆根组织分化的关系

根的木质部和韧皮部发育情况与植株输导水分、养分和支持植株生长有直接影响(表7)。

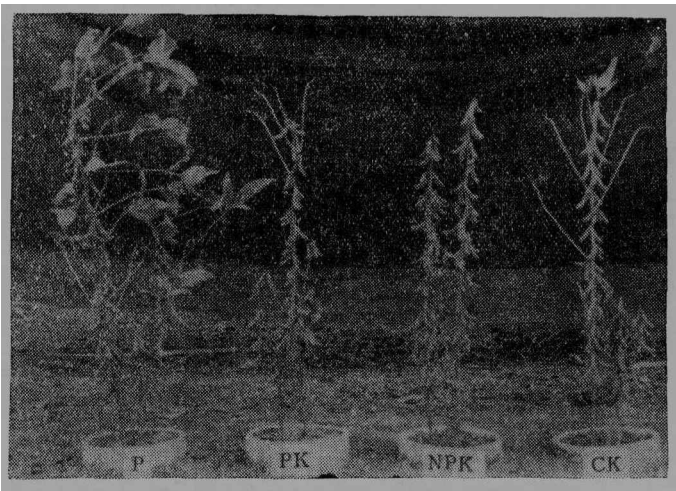


图 4 不同处理与大豆成熟度的关系
Fig 4 The degree of ripening of soybean in different treatments

表 7 不同处理与大豆根组织分化的关系*
Table 7 The effect of different treatments on the differentiation of root tissues

生育期 Stages of growth	处 理 Treatment	根干重 (克/株) The dry weight of root (g/plant)	根横截面积 (mm ²) The area of cross section of root (mm ²)	木质部 Xylem		韧皮部 Phloem	木质部导管 The number of vessels in xylem	
		面积 (mm ²) Area	占横截面 (%) % in cross section	面积 (mm ²) Area	占横截面 (%) % in cross section			
花期 At flowering	P	1.35	8.042	5.274	65.6	1.795	22.3	45
	PK	1.12	5.641	3.531	62.6	1.385	24.6	54
	NPK	1.69	5.577	3.745	67.2	1.663	29.8	60
花 期 At pod formation	P	2.54	5.179	3.167	61.2	1.252	24.2	60
	PK	2.40	4.397	2.859	65.0	1.412	32.1	—
	NPK	3.19	8.398	5.253	62.6	1.977	23.5	69

* 根取子叶节下 10cm 处的主根，茎取顶芽下数第 4 节间，叶取第 4 节三出复叶中间小的中肋处。

表 7 表明，花期根的横截面 NPK 处理面为 5.577mm²，稍次于 P 的处理，但木质部和韧皮部占总横截面的百分数以 NPK 为最高，分别为 67.2% 和 29.8%，木质部导管也最多（60 个）。荚期根部的上述指标均以 NPK 处理居首位（表 8）。

(二) 不同处理对大豆茎组织分化的关系

茎也是植株输导养分和支持作物生长的重要器官。从皮层中的厚角组织以及维管束中的木质部与韧皮部分化情况看，都以 NPK 处理的各组织发育良好。见表 8。

表 8 不同处理与大豆茎组织分化的关系
Table 8 The effect of different treatments on the differentiation of tissues in stems of soybean

处 理 Treatment	厚角组织宽度 (mm) Width of collenchyma		厚壁组织宽度 (mm) Width of sclerenchyma (mm)		维管束 (个) Vascular bundles	
	花 期 At flowering	荚 期 At pod formation	花 期 At flowering	荚 期 At pod formation	花 期 At flowering	荚 期 At pod formation
	At flowering	At pod formation	At flowering	At pod formation	At flowering	At pod formation
CK	86.0	65.4	0.084	0.081	18	15
P	74.0	62.0	0.078	0.087	15	16
PK	64.3	69.5	0.070	0.061	17	16
NPK	81.3	76.0	0.106	0.077	19	17

厚角组织无论是花期和荚期，都以 NPK 处理最宽，较 P 和 PK 处理多10—15mm，厚壁组织花期 NPK 处理效果明显，荚期较 CK、P 处理稍低，但维管束个数都较其它处理多 2—4 个，说明 K 肥对茎组织发育有抗倒状和提高养分输导能力。

(三) 不同处理与大豆叶组织分化的关系

在大豆花期和荚期取大豆功能叶调查如表 9 和图 5。

表 9 不同处理与大豆叶组织分化的关系
Table 9 The response of different treatments on the differentiation of tissues in the leaf of soybean

处 理 Treatment	叶厚 (mm) Thickness of leaf(mm)		中肋木质部宽 (mm) Width of xytem in primary uein (mm)				中肋韧皮部宽 (mm) Width of phloem in primary uein(mm)			
	花 期 At flowering	荚 期 At pod formation	花 期 At flowering		荚 期 At pod formation		花 期 At flowering		荚 期 At pod formation	
	At flowering	At pod formation	At flowering		At pod formation		At flowering		At pod formation	
	At flowering	At pod formation	纵 longitu dinal	横 cross	纵 longitu dinal	横 cross	纵 longitu dinal	横 cross	纵 longitu dinal	横 cross
CK	0.163	0.197	0.148	0.399	0.172	0.405	0.060	0.424	0.087	0.509
P	0.175	0.179	0.148	0.462	0.212	0.365	0.059	0.522	0.092	0.424
PK	0.189	0.176	0.159	0.281	0.212	0.318	0.045	0.337	0.059	0.385
NPK	0.170	0.191	0.170	0.576	0.226	0.461	0.090	0.682	0.074	0.522

NPK 处理对叶各部组织为木质部、韧皮部分化, 都有显著效果。其次是 P 和 PK, 对照无肥处理叶部发育不良。

四、氮钾配合与作物产量的关系

经过三年来校内外多点框栽和田间试验, 在磷肥基础上, 加少量氮肥 (N_{15} 左右) 和钾肥 (K_{60}) 除了有上述效果外, 一般都有增产作用。1984 年校外中间试验结果未统计在内。试验结果简列如下。

(一) 1982 年试验结果

82 年在校内田间试验的结果 (四次重复平均) (斤/亩)
Result of the field experiment conducted in 1982 (jin/mu)

处理 Treatment	东农 34 Dong nong 34		黑农 26 Heinong 26		备 注	
	产 量 yield	增产 % Increase in yield (%)	产 量 yield	增产 % Increase in yield (%)		
P (CK)	188.6	为准 —	200.7	为准 —	供试土壤淋溶黑土, 因未施 K 处理发生病虫害, PNK 比其它处理增产差距大	
PN ₁₅	177.2	5.1 为准	177.8	-11.4 为准		
PN ₆₀	234.1	38.9 32	206.7	3.0 16		
PN ₁₅ K ₆₀	231.3	37.2 31	234.8	17.0* 32**		

与田间试验的土壤相同, 进行了框栽平行试验, 产量系四次重复平均的结果。PN₁₅ 每框产量为 11.88 克, PN₆₀ 为 15.8 克, PN₁₅K₆₀ 为 19.16 克, 增产很显著。

(二) 1983 年的试验结果

1983 年在双城东关进行了大面积的示范试验共 200 亩, P₇₅ 产量为每亩 179 斤 (对照), PN₁₅ (浅施) 228 斤, PN 深施为 216 斤, PN₁₅K₆₀ 亩产达 254 斤, 比对照施产 41.9%, 比 PN₁₅ 增产 11.4% 左右。

1983 年在海伦岗地黑土试验, 三次重复, PNK 比对照 (P) 处理增产 13.1%, 比 PN₁₅ 增产 10.9% 左右。

同年在香坊田间试验, 四次重复产量结果如下

(大豆品种为东农 78—2)

处 理 Treatment	产量 (斤/亩) yield (jin/mu)	增产 (%) Increase in yield (%)
P ₇₅	344.9	为准
PN ₁₅	351.9	2.0 为准
PN ₁₅ K ₆₀	487.1	35.0 32.7
有机肥 organic fertilizer	352.5	2.0 1

1983年校内的框栽结果, 供试土壤为淋溶黑土。四次重复 P (对照) 每框产量为 48.1 克, PN_{15} 处理为 46.6 克, PN_{37} 为 44.9 克 $PN_{15}K_{60}$ (K_2SO_4) 为 49.2 克, $PN_{15}K_{60}$ (KCl) 为 55.6 克, 钾肥增产也很显著。

(三) 1984年校内两处框栽试验结果, 淋溶黑土, 六次重复平均, CK (无肥) 每框为量为 26.89 克, $P_{110}N_{15}$ 28.62 克, $P_{110}N_{15}K_{60}$ 为 32.52 克, PNK 较 PN 增产 13.6%。

另一框栽试验结果, CK (无肥) 25.4 克/框, P 处理为 29.0 克/框, PK 为 27.6 克/框, PNK 为 37.9 克/框, 施钾肥增产显著。(84年校外十多个中间试验结果未统计在内)。

结 语

经过三年试验, 在我省含钾较高的土壤条件下种植大豆, 都有不同程度的增产作用。钾肥明显地提高植株的含糖量, 有利根、茎、叶木质部和韧皮部的分化, 从而加强体内水分、养分的输导能力和抗逆性。

由于钾营养提高了植株的含糖量, 使根瘤增多, 固氮力提高。但氮肥过多, 或花期追施氮肥, 对根瘤生长与固氮活性都有抑制作用。

我省土壤含钾量虽较高, 但施用钾肥对某些作物生长和增进品质有良好作用。今后除一般研究土壤供肥标准外, 应加强对不同作物的施肥标准化和培肥措施的研究。

主 要 参 考 文 献

- [1] 谢建昌等; 1981, 土壤钾素研究的现状和展望, 土壤进展, 1981.1
- [2] 周鸣铮; 1982, 土壤钾有效度测定方法研究进展, 土壤进展, 1982.3—4.
- [3] 陈魁卿等; 1984, 应用 ^{15}N 示踪法对大豆氮钾营养规律与钾肥肥效的研究, 东北农学院学报, 1984.2.
- [4] 田中明等; 1982, ダイズにすける窒素の固定, 吸収・転流に対する化合窒素の影響, 日土肥志, 1982.1.
- [5] 张宏等; 1982, 第四届国际固氮会议大豆根瘤菌研究论文摘要, 国外农学—大豆, 1982.1.
- [6] 赤尾一郎等; 1982, ダイズによる ^{14}C 同化产物の主基と分枝による輸流の差異, 日土肥志, 1982.4.
- [7] K. Mergel; 1952, 根际钾的动态及根对钾的吸服, 陈小萱译文。
- [8] 大山卓尔, 1983, 大豆根粒中に固定された窒素の挙動に関する研究, 日土肥志, 1983.3.
- [9] 上海植生所固氮研究室, 1974, 固氮研究中乙炔还原定量测定方法的简易化, 作物学报, 1974年12月。
- [10] A. B. Петербургский, 1974, 关于土壤钾对植物可给性问题的研究现状, 土壤农化参考资料, 1974.3.
- [11] Mengel, pavid B. and Clifford D. Spies. 1991. Soybean Fertilization in Indiana.

THE RESPONSE OF NITROGENOUS AND POTASSIUM FERTILIZERS
ON NITROGEN FIXATION OF NODULES, DIFFERENTIATION OF
VEGETATIVE ORGANS AND YIELD OF SOYBEAN

Chen Kuiqing Cheng Yan Lin Guifan et al
(*Northeast Agricultural College*)

Abstract

The nutrition of nitrogen and potassium and the response of applying potassium fertilizer were investigated with ^{15}N in soil and climatic condition in Heilongjiang province from 1982 to 1984. The activity of nodule and the development of organs are positively correlated with the nutrition of nitrogen and potassium.

It was considered that less application of nitrogenous and potassium fertilizers for soybean production because there were plenty of nitrogen, especially potassium in the soil. The results of our experiment in recent three years showed that application of low amount of nitrogenous and potassium fertilizers has significant response to nitrogen fixation of nodules, differentiation of vegetative organs and soybean yield.