

大豆氮肥增产效应的研究

袁立海 张 晓 舒 权 贾玉柱

(黑龙江八一农垦大学)

提 要

本试验通过三年多点田间试验,研究了大豆施氮肥的增产效果。结果表明,不论高量或低量均有增产;但 N_3 增产最多、最稳、效益最好。施氮肥对地上部(株高、鲜重、叶面积系数等)生长有良好的促进作用,而氮用量、地上部生长量和产量之间无明显回归关系。氮肥对根部生长影响显著。施氮肥使根瘤量平均减少24.2%,使固氮酶活性平均降低61.25%。

大豆籽实中含有十分丰富的蛋白质和脂肪,因此,它比一般作物需要的营养物质多。每形成100斤籽实所需要的氮素,比春小麦多1.4倍,比玉米多1.8倍。尽管如此,由于大豆能通过根瘤菌固定氮素,是否需要补充氮肥,仍是大豆生产中争论的问题。Weber(1966)报导,当补加氮肥时,根瘤数量减少33%,根瘤鲜重减少50%,根瘤大小减少25%。田间试验施用硝酸铵0.56、112公斤/公顷,对产量没有影响。Allos和Bartholomew(1959)认为,施用少量氮肥能刺激大豆的共生固氮作用,但大豆产量并未始终如一地提高。相反,在Miss.Pontotoc Ridge试验站,盛花期追施尿素(液状)112公斤/公顷,大豆产量却增加了299.2公斤/公顷。在我省白浆土地区大豆亩产250斤以上,对氮肥的要求便十分迫切。肥料试验网证明,随着氮磷比例增加,产量提高。80—82年在草甸土多点试验结果表明,亩施氮磷18斤级(有效成分), $N:P=1:2$ 大豆亩产287.1斤,增产25.6%; $N:P=1:1$ 亩产296.3斤,增产29.6%。在白浆土和黑土也有这种趋势。我们三年氮肥试验也看到:单施磷肥增产幅度小,三年平均增产14.75%,在磷肥基础上施氮肥,平均增产20—35.9%。我们认为,在水解氮低于6mg/100克土的土壤上,适量氮肥是保证大豆高产的重要措施。

试 验 条 件 和 方 法

土壤条件

试验地设在黑龙江省八一农垦大学农学系试验区,供试土壤为草甸白浆土,耕层厚度为22厘米,据1981—83年测定,农业化学性质为:有机质4.66—4.78%,全氮

0.23—0.25%，全磷 0.12—0.13%，水解氮 5.46—6.88 毫克/100 克土，有效磷 1.50—1.71 毫克/100 克土，有效钾 7.54—13.98 毫克/100 克土，阳离子代换量 14.6—17.3 毫克当量/100 克土，pH6.21—6.70。试验田前一年为春小麦匀地播种地，伏翻，秋起垅或春起垅。

气候条件

1981 年大豆生育期间（5月中旬到 9 月中旬），降水 713.6 毫米，6、7、8 三个月每月降水均在 200 毫米左右，土壤经常处于过湿状态；大于 10℃ 积温仅 2294.3°；光照时数 870.9，属低温、多雨、少照的涝年成。82 年降水 280.1 毫米，6、7 两个月降水在 70 毫米左右，土壤水分含量波动在 18.7—23.5%；积温为 2701.6℃，光照时数为 984，属高温、少雨、偏早年成。83 年降水 384.9 毫米，5、6 月降水多，分别在 80.2 和 150.4 毫米，气温特别低，5、6 月平均温度比 82 年同期低 4—5℃，但 7 月下旬以后温度剧升，生育期间积温为 2334.6℃，光照时数为 704.4，基本上属正常年。

试验设计

试验处理 7 个（见表 1），垅作，行距 60 厘米，5 行区，小区面积为 $3 \times 8 = 24\text{m}^2$ ，重复 4 次，随机排列。亩施 P_2O_5 6 斤（三料过石），开沟随种施入。氮肥为尿素（大庆化肥厂产），播种时侧深（种侧 5 厘米，种下 5 厘米）施入。

分析方法

土壤和植株养分含量测定采用常规法，全氮为蒸气蒸馏法，全磷为磷钼兰比色法，全钾为火焰光度计法，固氮酶活性用气相色谱法测定。

试验结果

一、氮肥和产量及产量构成因素的关系

连续三年试验结果看出，在磷肥基础上施氮肥不论高量或低量均增产，平均增产 4.4—18.42%。方差分析表明，施氮肥和不施肥（ CK_1 ）、施磷肥（ CK_2 ）相比，除 N_0 外均达到极显著水准，这说明氮肥的增产效果良好。但不同施氮水平，肥粮比不一样，经济效益也差异甚大。每斤 N 增产大豆的高峰出现在 N_1 ，而每亩增产大豆和纯收益的最高值出现在 N_3 ，见表 1。

表 1 氮肥对大豆产量的影响

年 份	代 号	处 理 小区地点	不施肥 (CK_1)	P_0 (CK_2)	$\text{P}_0 +$ N_1	$\text{P}_0 +$ N_3	$\text{P}_0 +$ N_6	$\text{P}_0 +$ N_9	$\text{P}_0 +$ N_{12}
81	A	试验区南	170.5	196.3	210.5	225.0	217.1	228.3	212.5
81	B	试验区北	188.0	216.1	246.3	265.2	236.4	234.5	237.1
82	A	试验区南	182.5	225.0	250.1	256.2	211.3	253.7	247.5

续表

年 份	代 号	处 理 小区地点	不施肥 (CK ₁)	P ₀ (CK ₂)	P ₀ + N ₁	P ₀ + N ₃	P ₀ + N ₆	P ₀ + N ₉	P ₀ + N ₁₂
82	B	试验区北	237.0	272.8	307.2	331.2	288.0	292.0	296.0
83	A	试验区南	262.7	283.8	295.2	336.2	293.8	335.6	337.4
平 均 亩 产 (斤)			208.1	238.8	261.9	282.8	249.3	268.8	266.1
每 亩 增 产 大 豆 (斤)			—	—	23.1	44.0	10.5	30.0	27.3
每 斤 N 增 产 大 豆 (斤)			—	—	23.1	14.7	1.75	3.3	2.27
以 CK ₁ 为 100 比 较			100	114.75	125.83	135.92	119.81	129.17	127.87
以 CK ₂ 为 100 比 较			—	100	109.67	118.42	104.40	112.56	111.43
施氮肥每亩盈利 (元)			—	—	7.50	13.79	0.84	6.18	3.85

处 理 间 差 异 比 较 表

处 理	平均亩产(斤)	平 均 产 量 差 异 值
不施肥(CK ₁)	208.1	
P ₀ (CK ₂)	238.8	30.7**
P ₀ +N ₁	261.9	53.8** 23.1**
P ₀ +N ₃	282.8	74.7** 44.0** 20.9**
P ₀ +N ₆	249.3	41.2** 10.5 12.6 33.5**
P ₀ +N ₉	268.8	60.7** 30.0** 6.9 14.0 19.5*
P ₀ +N ₁₂	266.1	58.0** 27.3** 4.2 16.7* 16.8 2.7

$$L.S.D\ 5\% = 7.00 \times 2.064 = 14.448$$

$$L.S.D\ 1\% = 7.00 \times 2.797 = 19.576$$

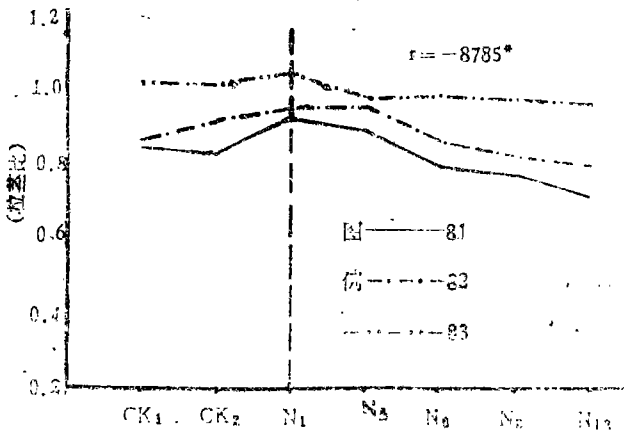
由表 1 看到,氮肥用量超过 N₃,大豆产量并未随施氮量的增加而提高,相反,却有一定的降低,如 N₃ 平均增产 18.42%,而 N₉、N₁₂ 则分别增产 12.56% 和 11.43%。N₆ 增产最低,仅 4.4%,可能属试验中的误差。

产量的变化受产量构成因素的影响,尤以株粒数和株粒重最为明显,两者相关系数均达极显著水准(见表 2)。但是,百粒重和产量的高低没有关系。各种产量构成因素和产量的相关关系列于表 2。

表 2 1981—1983 年各产量构成因素和产量的相关性

项 目	株 高	分 枝 数	株 荚 数	株 粒 数	株 粒 重	百 粒 重
r=	0.7426*	0.8037*	0.8192*	0.9589**	0.9407**	0.5828
Y=	5.37x-134.0	181.43-20.36x	107.0+6.25x	8.04x-92.3	42.3x-40.8	20.4x-81.5

图一、氮肥对粒茎比变化的影响



从试验中看到，随着施氮量增加，粒茎比有下降趋势，二者之间有明显的相关性 ($r = -0.8785$)，见图一。

低温，多雨的 81 年，粒茎比变动在 0.7—0.9。后期高温，降水适中的 1983 年，粒茎比高达 1—1.1。为了维持较高的粒茎比，巧施氮肥，调整各生育期适宜的氮磷比是十分重要的。

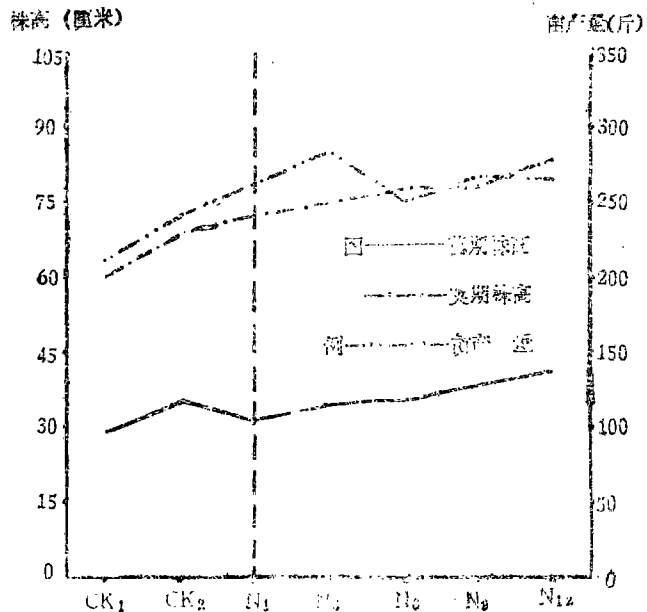
二、氮肥和大豆地上部份生长的关系

氮肥对大豆地上部分生长表现出良好的作用，这种作用由第一复叶展开，一直延续到结荚期。

1. 氮肥和株高的关系

据调查，每增一个肥级 (N_3)。花期株高高 1.5—3.2 厘米，荚期高 2.8—4.0 厘米。施氮量和株高之间呈极显著的正相关关系 ($r = +0.9668$)，二者之间的回归方程为 $Y = 30.48 + 0.79x$ (花期)。但产量和施氮量，株高之间没有明显的连应关系，其二元回归方程为 $\hat{y} = 199.25 - 1.81x_1 + 2.18x_2$ ($F = 2.026, F_{0.05} = 19.00$)。由此看出，施氮多，株高增加，大豆产量并未相应提高，相反，还会降低。从调查中发现，氮多节间长度增

图二、氮肥和产量株高的相互关系 (1981—1983 年)

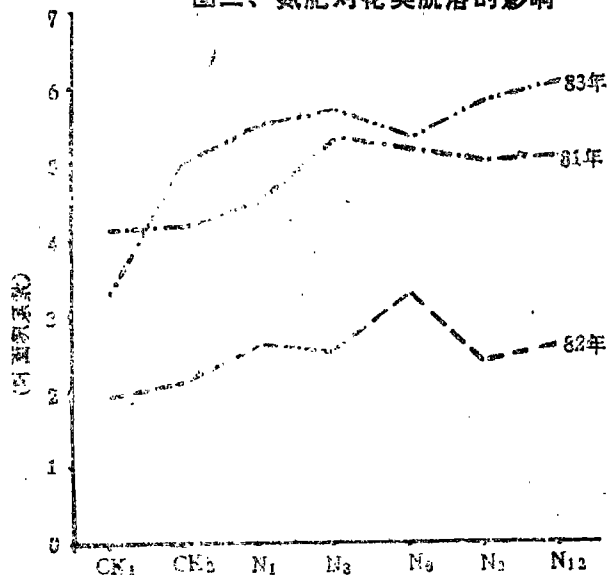


加, 茎秆柔嫩, 后期倒伏现象加重。

2. 氮肥和地上部鲜重的关系

氮肥和地上部鲜重关系十分密切, 其良好作用由苗期开始便明显的现露出来, 随着生育时日的推移, 其作用尤为突出。如 1983 年第一出复叶展开时调查: CK_2 、 N_1 、 N_3 、 N_6 、 N_9 、 N_{12} 株鲜重(克), 分别为 1.38, 1.44, 1.54, 1.76, 1.89, 2.17。花期地上鲜重差异更显著, 施氮量和地上鲜重间的相关系数达 1% 的显著水准 ($r = +0.9397$), 其回归方程为 $Y = 19.22 + 0.684x$ 。

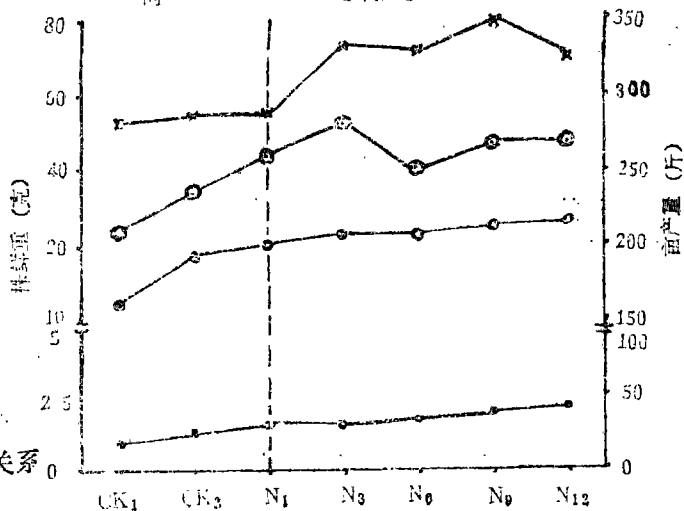
图三、氮肥对花荚脱落的影响



从试验中看到, 氮肥用量较高的情况下, 盛花期以前干物质积累较快, 但坐花坐荚数不高, 由于叶面积系数大, 下部通风、受光受阻, 叶片光合作用效率低, 花荚脱落率较高, 致亩产量和施肥量, 地上鲜重之间缺乏明显的联因关系(见图三) 其二元回归方程为 $\hat{y} = 84.35 - 6.55x_1 + 9.44x_2$ ($F =$

图四、氮肥对叶面积系数的影响

图 · 苗期鲜重 □ 花期鲜重
例 × 荚期鲜重 ○ 亩产量



3.625, $F_{0.05} = 19.00$) (花期: y 为亩产量, x_1 为施肥量, x_2 为地上鲜重克/株) 若以 ck_1 , ck_2 , N_1 , N_3 计算产量和施肥量, 地上鲜重之间却有明显相依关系, 其二元回归方程为 $\hat{y} = 887.02 + 67.2x_1 - 54.6x_2$ 。由此看出, 在正常生长条件下, 氮磷比适宜的时候, 施肥量和地上生长情况, 以及最终产量结果还是有密切的关系。

3. 氮肥和叶面积系数的关系

像对地上生长量的影响一样, 氮肥对叶片数和叶面

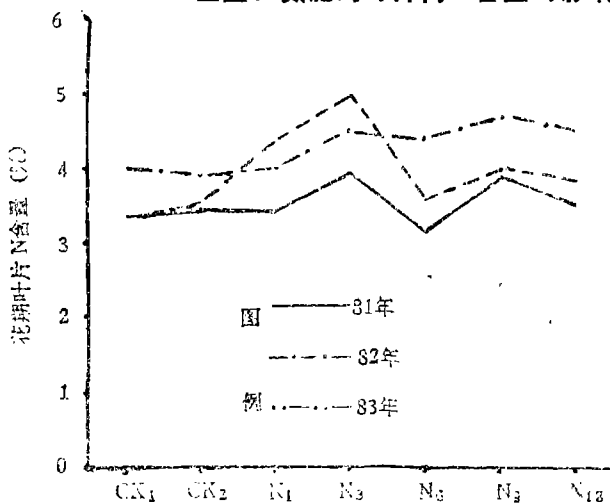
积均有良好作用,致施氮肥较不施氮肥叶面积系数增高 7.1—21.6 % (见图四)。尽管如此,产量和施氮量,叶面积系数之间并未有规律性的变化。其回归方程为 $\hat{y} = 210.2 + 1.25x_1 - 11.2x_2$ (花期测定值, x_1 为施肥量, x_2 为叶面积系数), 经方差分析,因变量和两自变量的关系很不密切。而施肥量和叶面积系数却有一定的依存关系 ($r = +0.6476$) (花期)。但是,进入结荚期以后,这种关系便不复存在,因为在高氮情况下,茎叶繁茂,田间闭郁,致使下部叶片早衰早脱。

在三年试验里,叶面积系数的表现也很不相同。1981年是涝年,六、七两个月土壤一直处于饱和状态,日照时数少,根系吸收能力差,根瘤过早衰败,致地上生长受阻,叶面积系数小,花期波动在 1.9—3.3。1982、83属偏旱和偏涝年,叶面积系数波动在 3.15—6.13。产量最高的花期叶面积系数出现在 4.7—5.4 之间。巧施氮肥对稳定叶面积系数十分重要,氮肥不足,叶面积系数低,光能利用差,干物质积累少,产量不高。氮肥过多,氮磷钾比例失调,叶面积系数大,造成田间闭郁,下部叶片早衰,花荚脱落增加。茎秆柔嫩,易引起倒伏,经济产量不高。所以,氮肥施到好处,才不失为一项重要的增产措施。

4. 氮肥和叶片氮含量的关系

施氮肥后,叶片内氮含量均有增加,1981—83年花期叶片氮含量平均提高 9.25—24.54 %。但,施氮量和叶片 N 含量之间并没有明显的相关性,见图五。因为 (1) 氮肥促进了地上部分生长,虽然氮含量不是最高,而氮的积累量却是最大。如 82 年花期 N_3 处理叶片氮含量为 5.051 %, 每株 N 积累量为 547.74 毫克; N_{12} 处理叶片氮含量仅 3.946 %, 而每株 N 积累量却达 605.34 毫克。(2) 氮量大,根系生长受阻,

图五、氮肥对叶片内 N 含量的影响



根吸收能力降低。所以,多施氮,在某些条件下并不一定多吸收氮,氮肥的效用也未能充分的表露出来。但是,三年试验结果却看出,叶片内氮含量和产量的高低存有一定的相关性。

年 份	1981	1982	1983
产量和氮含量 相关系数 (r)	+0.7264	+0.5476	+0.6815

回归方程 $Y = 157.04 + 16.72X$ $Y = 164.87 + 18.93X$ $Y = 88.58 + 51.59X$

三、氮肥和大豆地下部分生长的关系

要想获得大豆的高产,很大程度上取决于根系的繁茂和根瘤发育的良好程度。而土壤中必需营养元素的供应情况,尤其是氮,对根系和根瘤的发育都有影响。适量的氮肥

有促进作用,过量氮肥便出现不好的效果。大豆氮肥施用水平一直是生产上所关注的问题。

1. 氮肥和根量的关系

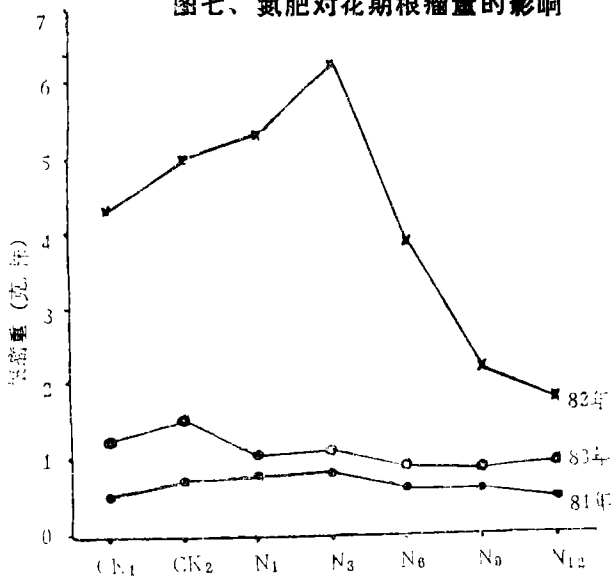
氮肥对根系生长的影响,在各生育期表现的规律性很不一样。氮肥于播种时侧深施由于离根系较远,氮肥对根系生长的影响不明显。1981年花期调查,不同施用量的根量几乎是处于同一水平上。83年花期调查,随着氮量提高根量有增加的趋势,如 $N_1, N_3,$

N_6, N_9, N_{12} 的根量分别为5.2, 5.9, 5.4, 6.9, 7.4 克/株。但进入结荚期根量的变化是 N_3 以上随氮量而增加, N_6 以下随氮量而减少(见图六),形成一条明显的抛物线。其二次多项式为: $\hat{y} = 5.98 + 0.41x - 0.05x^2$ (x 为氮肥施用量, \hat{y} 为根量,方差分析 $F = 9.968, F_{0.05} = 9.55$)。根据二次曲线方程计算,氮肥用量的极值在 4.1 斤/亩,其平均根量为 6.6 克/株。

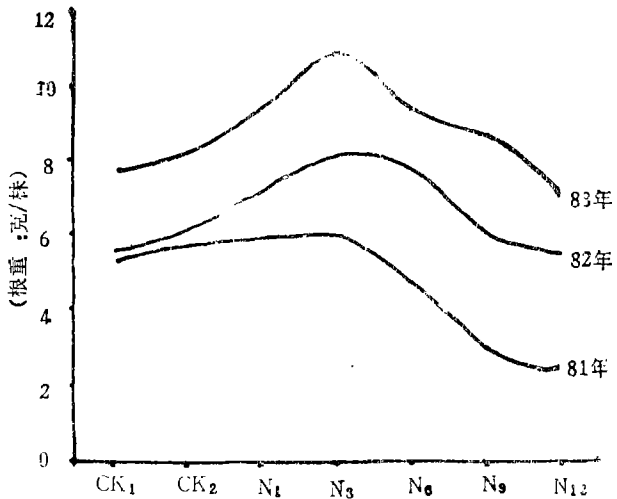
2. 氮肥和根瘤生长的关系

氮肥对根瘤的影响显著。施氮量小于 N_3 对根瘤发育作用不大,1981、82 年瘤量增加,增幅为 6.0--24.0%,83 年瘤量减少,减幅为 24.7--30.0%,超过 N_3 ,随施氮量增加,根瘤量锐减(见图七)。81—83 年花期瘤量以 N_3 为 100,则 N_6, N_9, N_{12} 分别为 66.4、46.8、41.3。 N_3 到 N_{12} 呈明显的负相关,花期氮量和瘤量相关系数 $r = -0.9571$, 荚期 $r = -0.9956$ 。

图七、氮肥对花期根瘤量的影响



图六、氮肥对大豆荚期根量的影响



氮肥对根瘤的不良作用还受降水的影响,1981年降水多,土壤处于过湿状态,根瘤小,株瘤鲜重波动在 0.5—0.8 克,氮肥的不良作用轻,瘤量减少 9.5—32.5%。1982 年降水较适中,结瘤大,株瘤鲜重波动在 1.8—6.2 克,氮肥的不良影响突出,瘤量减少 24.0--64.0%。

与此同时,随施氮量增加,固氮酶活性下降。如 1982 年荚期 N_3, N_6, N_9, N_{12} 固氮酶活性分别为 11.92、10.04、8.34、3.41 微克分子乙烯/克鲜瘤。施氮肥较对照

平均减少61.25%。

结 论

一、在白浆土壤上,以磷为基础施用氮肥,不论低量(N_1)或高量(N_{12})均增产,三年平均增产4.4—18.42%,每斤氮增产大豆1.75—23.1斤。从增产幅度和经济效益看均以 N_3 最高。大豆产量并未随氮量的增加而提高,其用量不宜超过 N_3 。

二、氮肥对大豆地上部分生长表现出良好作用,这种作用由第一复叶展开一直延续到结荚期。施氮量和地上部各项指标均有明显的相关性:施氮量和株高的相关系数 $r = +0.9668$,和地上鲜重的相关系数 $r = +0.9397$,和叶面积系数的相关系数 $r = +0.6476$ 。但是,产量和施肥量,地上部各项指标之间却没有明显的连应关系。

三、氮肥和根系生长及根瘤的发育均有十分密切的关系,即少量氮肥有促进作用,多量氮肥有抑制作用。小于 N_3 随施氮量提高,根量增加,根瘤增多。根量随施氮量变化呈一抛物线,其二次多项式为, $\hat{y} = 5.98 + 0.41x - 0.05x^2$,达显著水准。所以,在正常生长条件下,多量氮肥作种肥不论种下或侧深施都不是适宜的措施。

参 考 文 献

1. 王连铮等:1980,大豆的氮磷营养试验报告,中国农业科学,第1期。
2. 何 庸等:1980,大豆氮磷钼肥的施用及效果,中国油料,第4期。
3. 袁立海:1982,大豆氮肥烧种的研究,中国油料,第3期。
4. Geoffrey, A. Norman: 1978, Soybean Physiology Agronomy and Utilization, P30—41。

YIELD EFFECT OF NITROGEN FERTILIZER ON SOYBEANS

Yuan Lihai

(August 8 Reclamation University)

Abstract

An increase on yield of soybean obtained by different rate of nitrogen application on lessive soils in the eastern part of our province was from 4.4% to 18.42% in average. The optimum rate of nitrogen application was N_3 which promoted the growth of soybean from the expanding of the first compound leaf to pod filling. Nitrogen rate was closely related with growth of roots which was promoted with lower rate of nitrogen and inhibited with higher rate of nitrogen application. Changes of nitrogen rate influenced weight of nodules significantly, and the curve of relationship between them appeared as parabolic. Its quadratic polynomial equation was $\hat{y} = 5.98 + 0.41n - 0.05x^2$. The effect of nitrogen rate on nitrogenase was higher than on weight of nodules, the increase of the former was 61.25%, while that of the latter was only 24.20%.