

# 根瘤菌、微肥和作物生长调节剂对大豆氮磷钾积累和产量的影响

金晓梅<sup>1</sup>, Синеговская В Т<sup>2</sup>, 赵念力<sup>3</sup>

(<sup>1</sup>黑龙江省水利科学研究院 150080, 黑龙江 哈尔滨 150080; <sup>2</sup>俄罗斯全俄大豆研究所, 阿穆尔州 布拉格维申斯克 675005; <sup>3</sup>黑龙江省农业科学院, 黑龙江 哈尔滨 150086)

**摘 要:**采用根瘤菌、植物生长调节剂、单一及复合肥料应用试验, 研究其增产效果, 寻找最佳增产方案。在全俄大豆研究所的 2 年试验结果表明: 在大豆整个生长过程中, 不同处理 N、P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 和 K<sub>2</sub>O 的积累量与地上部干物重呈极显著线性相关, 大豆对 N、P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 和 K<sub>2</sub>O 吸收比例为 8.34:1.00:3.42; 各处理产量均比对照 (CK) 明显增加, 增幅达 12%~25%。表现最佳的处理为混合制剂 (钼酸铵、根瘤菌、生长调节剂), 其干物质积累比 CK 提高 55.4%, 产量增加 25%。

**关键词:**大豆; 根瘤菌; 生长调节剂; 肥料

**中图分类号:**S565.1      **文献标识码:**A      **文章编号:**1000-9841(2009)04-0751-04

## Influence of Rhizobium, Trace Fertilizer and Crop Growth Regulators on Nitrogen, Phosphorous, Potassium Accumulation and Yield of Soybean

JIN Xiao-mei<sup>1</sup>, Sinegovskaya V T<sup>2</sup>, ZHAO Nian-li<sup>3</sup>

(Heilongjiang Provincial Hydraulic Research Institute, Harbin 150080, Heilongjiang, China; Soybean Institute of the Whole Russia, Bupagevishensk of Amur State, 675005, Russia; <sup>3</sup>Heilongjiang Academy of Agricultural Sciences, Harbin 150086, Heilongjiang, China)

**Abstract:** Different fertilizer treatments, including seed coated with ammonium molybdate (T1), rhizobium (T2), plant growth regulator (T3), mixture of ammonium molybdate, rhizobium and plant growth regulator (T4) as well as starter fertilizer of N 17 kg · ha<sup>-1</sup> and P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 60 kg · ha<sup>-1</sup> (T5) were conducted at the whole Russia Soybean Institute experimental station for two years, and their effects on the dynamic accumulation of nitrogen, phosphorous, potassium and final seed yield were determined. Under different treatment, the accumulation of N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> and K<sub>2</sub>O showed positive linear correlation with above-ground biomass, and the ratio of absorbed elements was 8.34 N:1.00 P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>:3.42K<sub>2</sub>O. All treatments increased seed yield from 12% to 25% compared with CK. T4 treatment had the best effect, under which dry matter increased 55.4%, yield increased 25%.

**Key words:** Soybean; Rhizobium; Plant growth regulator; Fertilizer

根瘤菌感染豆科植物根部, 形成共生体根瘤, 豆科植物与根瘤菌共生体固氮能力很强, 固氮量约占生物固氮总量的 65%。如何利用这一特性, 提高根瘤菌的固氮能力, 其意义非常重大。长期以来, 依赖化学肥料, 不仅造成生产成本增加, 引起土壤板结, 由于作物只能在生长期吸收利用化肥中的部分营养元素, 其未被利用的氮磷钾将随降雨而流失到地下水与江、河等生态环境中, 严重的破坏了自然生态平衡和农业的可持续发展。从大豆根瘤和土壤中分离出的高效固氮根瘤菌, 试验并应用于生产, 提高大豆

固氮能力, 减少长期使用化肥带来的环境污染, 生产无公害食品<sup>[1-2]</sup>。连续多年试验证明: 接种有效根瘤菌剂, 与施 N150 kg · hm<sup>-2</sup>, 甚至 400 kg · hm<sup>-2</sup> 相比, 产量无大差异。伊尔曼克夫 E. И. 等研究也证明: 生长调节剂, 即对环境没有危害, 同时又能促进作物生长及调节土壤微生物的活性, 改善植物营养, 提高芽率及抗性, 增加叶绿素含量, 提高叶面积指数<sup>[3-5]</sup>。全俄大豆所研制的生长调节剂不是无机肥, 但在很大程度上提高无机肥的利用率, 特别是能有效地提高植物对高温、干旱等不利条件的抗性, 增

收稿日期: 2009-03-18  
基金项目: 全俄农业科学院重点攻关项目 (01.02.006 07621)。  
作者简介: 金晓梅 (1963-), 女, 在读博士, 主要从事大豆根瘤菌和生物肥料研究。E-mail: zhaonl513@163.com。  
通讯作者: 赵念力, 副研究员, 博士。E-mail: zhaonl513@163.com。

强作物对环境的适应能力。钼是大豆生长必需的元素,大豆缺钼叶片黄绿或叶脉间失绿,严重时叶缘焦枯,下部叶片失绿严重,叶色与缺氮相似,全叶均匀黄化,根瘤生长不正常,根瘤少,直接影响固氮和光合作用,产量降低,俄远东地区草甸黑钙土中缺少微量元素钼,施钼肥可平衡土壤营养。采用单独施用钼、作物生长调节剂、固氮根瘤菌、底肥与复合制剂(钼+生长调节剂+根瘤菌)对比试验,研究其增产效果。

1 材料与方法

1.1 材料

供试品种为阿穆尔州大豆主栽品种“和谐号”,处理分别为:(CK)对照品种,不加任何处理;(T1)钼酸铵种子处理;(T2)根瘤菌接种;(T3)生长调节剂种子处理;(T4)混合制剂(钼酸铵、根瘤菌、生长调节剂)种子处理;(T5)施底肥, $N\ 17\ kg\cdot hm^{-2}$ ,  $P_2O_5\ 60\ kg\cdot hm^{-2}$ 。

1.2 试验设计

试验于2006~2007年在全俄大豆研究所试验地进行。前茬作物为多年生牧草,土壤为草甸黑钙土,耕作层为35 cm,腐殖质含量为5.6%~6.0%,pH5.0~5.6。土壤耕层氮的含量为6.0~7.5 t· $hm^{-2}$ ,播种前用除草剂(трефран) $4\ kg\cdot hm^{-2}$ 进行土壤处理。随机区组设计,4次重复,保苗为64.5万株· $hm^{-2}$ 。接种根瘤菌数为每个种子约 $10^6$ 个,生长调节剂处理种子的用量为 $750\ g\cdot t^{-1}$ ,钼酸铵种子处理的用量为 $25\ g\cdot hm^{-2}$ 。

1.3 测定项目和方法

在大豆生长期内分别于苗期(7月3日)、开花期(7月13日)、结荚期(7月24日)、鼓粒期(8月8日)和成熟期(8月28日)取样5次,每小区选取代表性植株10株,按照叶片、茎秆(含叶柄)和荚粒3部分105℃烘箱中杀青40 min,75℃烘干至恒重后测定干物重,粉碎后供分析测定。样品经 $H_2SO_4-H_2O_2$ 消煮后,用凯氏定氮仪测定全氮,钒钼黄吸光度法测定全磷,火焰光度计法测定全钾。收获时每小分别取3个1 m<sup>2</sup>测产。

2 结果与分析

2.1 氮磷钾及干物质积累动态变化

大豆在生长过程中,不断吸收氮磷钾等营养物质,满足生长发育的营养需求。不同处理方法作物

在生长发育过程中,获得不同程度的营养,氮磷钾含量的积累发生变化,影响干物质积累,最终影响作物产量。

2.1.1 氮素积累 由图1可以看出,测定的5个生育期中,从出苗期到成熟期,各处理随着植株的生长发育,氮磷钾含量的不断增加,干物质积累量也都有增加,但增加的程度不同。苗期~开花期~结荚期T5处理增长显著,较CK增加幅度分别为142.3%,150%,76.3%,由此看出:施底肥有利于植物生长前期氮的积累,其他处理较CK差异显著,增加幅度为40%~129%。从鼓粒期到成熟期,氮的积累量最多的为T4处理,达 $36.6\ kg\cdot hm^{-2}$ ,比CK高37.8%,依次为T2(17.9%)>T1(13.2%)>T5(6%)>CK>T3(-13%),各处理之间差异达到显著。由此可见,施生物肥促进了大豆根系生长发育,结荚后期T2、T4表现尤为明显。

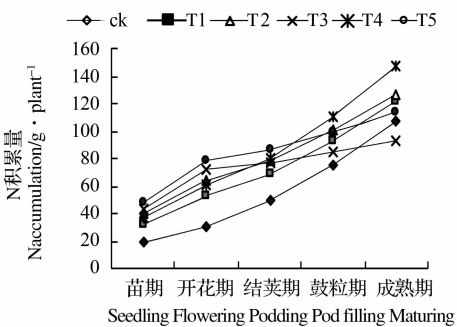


图1 氮素积累

Fig.1 Accumulation of nitrogen fertilizer

2.1.2 磷素积累 磷是大豆籽粒合成所必须的组成成分,磷在蛋白质代谢与碳水化合物间的相互转化中起着重要的作用,因此磷素在大豆生长发育和产量形成中是不可缺少的要素<sup>[6]</sup>,王立刚等<sup>[7]</sup>研究指出:大豆出苗至分枝期,磷素吸收量少,速度慢,吸收量为总吸收量的10%左右,但此期植株含磷量却较高,因而是大豆需磷敏感期。试验中T2( $5.4\ kg\cdot hm^{-2}$ )、T4( $5.0\ kg\cdot hm^{-2}$ )前期植株磷的含量少于T3( $7.0\ kg\cdot hm^{-2}$ )、T5( $7.0\ kg\cdot hm^{-2}$ )。鼓粒期和成熟期T4和T1植株含磷量超过其他处理,处理间差异达显著水平说明混合制剂和单一制剂(钼酸铵种子处理)更有利于植株磷素的积累。

2.1.3 钾素积累 大豆是需钾较多的作物,在生育前期大豆吸收钾较多。结果(图3)表明,各处理K<sub>2</sub>O的含量高于CK,且差异显著,T4和T5处理植株含钾量最高,相对应的地上部生物产量也达到最高。从出苗期到结荚期各处理含K<sub>2</sub>O量都高于

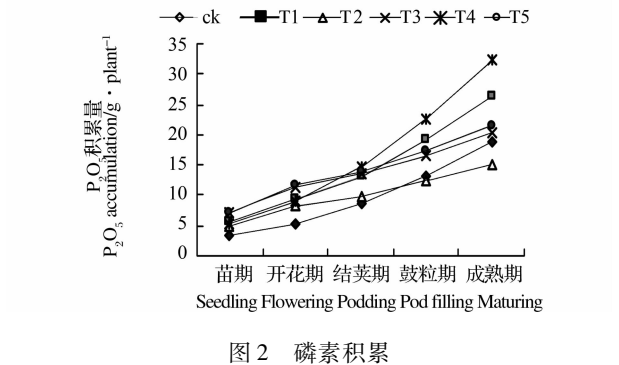


图2 磷素积累

Fig. 2 Accumulation of phosphorus fertilizer

CK,且差异显著,说明各处理结荚前期有利于植株钾的积累。由结荚期到成熟期,T4 钾含量急剧上升,上升幅度达 143%,地上部生物产量也达到最大,成熟期 K<sub>2</sub>O 比 T2 高 27.8%,比 CK 高 52%。生长调节剂 T3 处理由鼓粒期到成熟期 K<sub>2</sub>O 积累量下降,干物质积累量较其他处理缓慢,为各处理最低值。

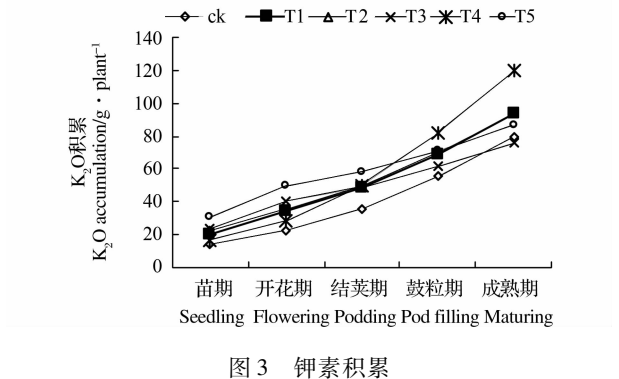


图3 钾素积累

Fig. 3 Accumulation of potassium fertilizer

2.1.4 干物质积累 不同处理各生育期地上部分干物质积累量见图4。由图4可见,干物质积累量与氮磷钾积累量有密切的关系,特别是与氮的积累更为密切。在成熟期,氮的积累量最少的是植物生长调节剂处理,其干物质积累量比 CK 仅增加

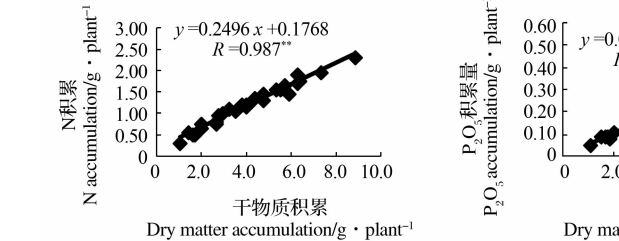


图5 大豆地上部氮(N)、磷(P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>)、钾(K<sub>2</sub>O)积累与干物质积累的关系

Fig. 1 Relationship between dry matter accumulation and N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, K<sub>2</sub>O accumulation of soybean above – ground part

2.2 不同处理方法对产量的影响

从图6可以看出:各处理与 CK 比籽粒产量达

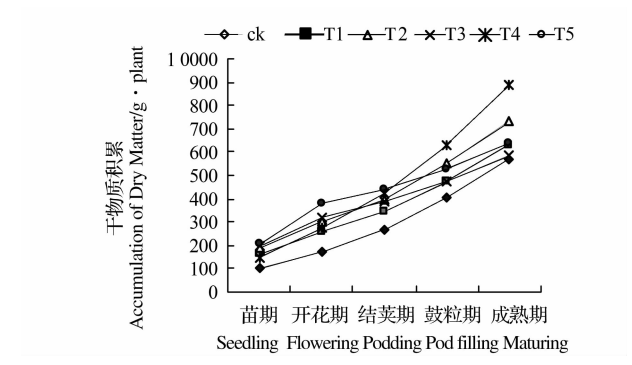


图4 干物质积累

Fig. 4 Accumulation of dry matter

3. 5%; 从苗期到结荚期,混合制剂处理氮磷钾元素的积累和干物质积累都比较缓慢,而由结荚期到成熟期,氮磷钾元素的积累量与干物质积累量迅速增加,明显高于其它处理,差异达到显著;从苗期到结荚期,施肥处理氮磷钾积累量与干物质积累量都高于其它处理,从结荚期到成熟期,积累量平稳上升,平均干物质积累量比混合制剂处理少 7. 8%,但差异不显著。

2.1.5 N、P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>和 K<sub>2</sub>O 与干物质积累的关系 大豆生长发育过程需从土壤中不断吸取养分,完成植株生长发育过程中对养分的需求。图5表反映了 N、P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>和 K<sub>2</sub>O 动态积累与干物质积累的关系,分析了大豆生长过程中单株 N、P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>和 K<sub>2</sub>O 积累量(y)与干物质积累(x)的关系,通过相关分析发现,随着大豆植株干物重的增加,植物体内 N、P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>和 K<sub>2</sub>O 积累量也相应增加,与干物质积累量的相关系数分别为 0. 987、0. 924 和 0. 991,呈显著相关(R<sub>0.01</sub> = 0. 449)。根据相关方程可以得出:大豆生长过程中每形成 1 g 干物质,需要吸收同化 0. 4264 g N, 0. 0511g P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>和 0. 1749 g K<sub>2</sub>O,即 N:P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>:K<sub>2</sub>O 为 8. 34:1. 00:3. 42。

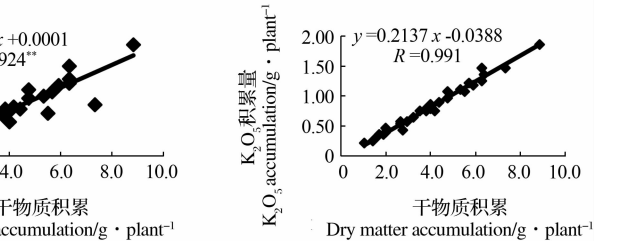


图5 大豆地上部氮(N)、磷(P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>)、钾(K<sub>2</sub>O)积累与干物质积累的关系

Fig. 1 Relationship between dry matter accumulation and N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, K<sub>2</sub>O accumulation of soybean above – ground part

显著差异,增产幅度为 16% ~ 25%,各处理间差异没有达到显著水平。增产幅度最大的为混合制剂处

理,比 CK 增产 420 kg·hm<sup>-2</sup>,增产幅度为 25%。其次为施肥处理,比 CK 增产 400 kg·hm<sup>-2</sup>,增产幅度 24%。增产幅度最小的为生长调节剂处理,比对照增产 200 kg·hm<sup>-2</sup>,增产 12%。

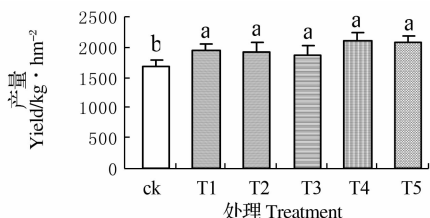


图 6 不同处理方法产量变化表

Fig. 6 Changing chart of yields applying the different treatment methods

### 3 结论与讨论

俄罗斯大豆生产主要集中在远东地区。在阿穆尔河流域,大豆播种面积占全国播种面积的 60% 以上,该地区大豆产量的高低,决定俄罗斯全国大豆生产水平。然而,自然界的生态因子不可能完全满足作物的生长需要,特别是在高纬度地区。无霜期短,降雨量少,且分布不均,土壤微生物活性低,耕层土壤有机质难降解,影响作物吸收氮磷钾等元素,且影响根瘤菌的形成。提高大豆产量,降低不利的外界环境因子的影响,同时减少对环境的污染,是该地区解决的主要问题之一。从结果可以看出,利用微生物混合制剂,同样可以达到增产效果,且增产幅度略高于施化肥处理(图 3)。钼酸铵,根瘤菌,生长调节剂单独使用,增产幅度可在 12%~16% 之间。生产上如单独使用几种制剂,产量虽有增加,但增产幅度不大,比混合制剂差一倍。所以,建议在生产上,可合理搭配几种制剂的使用,来提高大豆的产量。

### 参考文献

[1] 林稚兰,黄秀梨. 现代微生物学与实验技术[M]. 北京:科学出版社,2000:52-60. (Lin Z L, Huang X L. Modern microbiology and experimental techniques [M]. Beijing: Science Press, 2000: 52-60. )

[2] 陈文新. 豆科植物根瘤菌-固氮体系在西部大开发中的作用[J]. 草地学报,2004,12(1):1-2. (Chen W X. The role of legumes-root nodule bacteria nitrogen fixing system in development of west area of China[J]. Acta Agrestis Sinica, 2004, 12(1): 1-2. )

[3] 伊尔曼克夫 Е. И. 用腐殖物质对作物的几种处理方法是农业生态系统获得高产稳产的生态协调因子[J]. 俄罗斯农业科学院通报,2003, (4): 7-10. (Ермаков Е И. Некорневая обработка растений гуминовыми веществами, как экологически гармоничная коррективная продуктивности и устойчивости агроэкосистем[ текст ]/Е. И. Ермаков. А. И. Попов//Вестник Рос. акад. с-х. Наук. 2003, (4): 7-11. )

[4] 贝贡 С. А. 大豆根瘤菌菌株的分离方法及效果[M]. 使用手册,布拉格维申斯克,2005,70. (Бегун С. А. Способы приемы изучения и отбора эффективных штаммов клубеньковых бактерий сои [ текст ]/С. А. Бегун В. А. Тильба//Методические рекомендации. - благовещенск, 2005. - 70с. )

[5] 玻瑟巴诺夫 Г. С. 土壤及气候条件决定豆科作物的固氮作用[J]. 科学杂志 1985: 75-78. (Посыпанов Г. С. Азотфиксация бобовых культур и зависимость от почвенно- климатических условий [ Текст ]/Г. С. Посыпанов//Минеральный и биологический азот в земледелии СССР. - М.: Наука. 1985, 75-78. )

[6] 丁洪,李生秀. 磷素营养与大豆生长和共生固氮的关系[J]. 西北农业大学学报,1998,26(5): 67-70. (Ding H, Li S X. The relation of phosphorous nutrition to growth and symbiotic nitrogen fixation of soybean cultivars[J]. Journal of Northwest Agricultural University, 1998, 26(5): 67-70. )

[7] 王立刚,刘克礼,高聚林,等. 大豆对磷素吸收规律的研究[J]. 大豆科学,2007,26(1): 30-35. (Wang L G, Liu K L, Gao J L, et al. Study on the law of phosphorous absorption in soybean[J]. Soybean Science, 2007, 26(1): 30-35. )

## 《农业展望》2010 年征订启事

《农业展望》是经国家新闻出版总署批准,由中华人民共和国农业部主管、农业部市场与经济信息司指导、中国农业科学院农业信息研究所主办的综合性农业科技类刊物。2005 年 8 月创刊,国内外公开发行,设有“产品预测”、“农业生产展望”、“农业消费展望”、“农业贸易展望”、“农业经济展望”、“农业科技展望”和“数据信息”七大主要栏目。

《农业展望》是政府机关、研究机构、农业企业、金融单位、期货市场、进出口商等开展经济分析、市场预测、投资判断、生产决策的可靠参考资料。

月刊,每册定价 15.00 元,全年定价 180.00 元。国内统一刊号:CN11-5343/S;国际统一刊号:ISSN 1673-3908。广告许可证:京海工商广字第 0095 号。全国各地邮局均可订阅,邮发代号:80-283。

地址:北京市海淀区中关村南大街 12 号《农业展望》编辑部

邮编:100081 电话:(010)82109913 E-mail:nyzwcaas@sina.com nyzw@caas.net.cn