

日本大豆氮素营养与施肥研究最新进展

ADVANCE OF STUDY ON NITROGEN NUTRITION AND FERTILIZER OF SOYBEAN

解惠光

Xie Huiguang

(黑龙江省农业科学院土肥所)

(*Soil and Fertilizer Research Institute of Heilongjiang Academy of Agricultural Science*)

大豆籽实生产需要大量氮素,但由于与根瘤共生,其氮素营养特性与其他作物不同。作为肥料的化合态氮时常对根瘤的固氮作用产生强烈地抑制,而使大豆的氮素施肥具有不同于其他作物的特点与要求。从能源来说,高度利用根瘤的固氮能、充分发挥大豆的生产潜力是当今生物学界的追求。因而,大豆的氮素营养源、代谢及其产物转移以及施肥技术等,引起人们的广泛重视和兴趣。近年来,日本学者在这方面作了大量研究与探索,积累许多有价值的资料,提出若干新的见解和问题。笔者拟以1985年以来的有关资料为主进行综述,介绍日本在大豆化合态氮素营养与施肥技术研究方面的最新进展。

一、大豆的氮素营养源

生产100kg大豆籽实需要7—9kg氮,相当于一般禾谷类作物的二倍,淀粉类作物的三倍^[1]。为获得4t/ha的产量需280—360kg氮素。大豆氮素营养一部分来源于肥料,大部分靠根瘤固氮和土壤供给。桑原真人等^[2]采用同品种的有根瘤和无根瘤等位基因系作的试验表明,无根瘤系(仅靠土壤氮素)的平均产量为2t/ha,有根瘤系为3.78t/ha,即由于根瘤固氮增收1.8t/ha。在不施氮肥的情况下,固定氮素占全部同化氮素的47%,土壤氮素占53%;在大量施用氮肥情况下,土壤肥料固定氮素的比例,有根瘤系分别为49%,42%和9%,无根瘤系分别为54%,46%和0%。Fojimoto, T等^[3,4]认为,固氮能因化合态氮的存在而下降。

二、大豆对化合态氮素的依存性

大豆生育初期依靠消耗种子贮藏氮素维持根瘤固氮能是可能的,但发芽数周后开始出现氮素缺乏症,施用氮素基肥又往往抑制根瘤的着生、肥大和固氮活性,因此,生育初期避免由于氮素缺乏而生长停滞,同时又不妨碍根瘤固氮作用的栽培技术,成为重要的研究课题。有马泰雄^[5]等应用¹⁵N研究了不同NH₄—N施用量对大豆前期氮素吸收和固氮性的影响。发芽至第34日的连续测定表明,基肥氮素在发芽初期并无生理影响,发芽后第7天便开始明显吸收,全株干物质积累量较不施氮肥高30%。7—14日间根瘤菌开始浸染、根瘤分化并逐渐肥大,施氮肥处理者可见根瘤数显著减少。14—21日间基肥氮素主要用

于增加新生器官含氮率,和提高单位叶面积光合能力,说明此时子叶贮藏氮素几乎已耗尽。到第21日处理间根瘤数的差别缩小了,但根瘤重的差别始终较大。0—14日间所有处理的植株含氮量均有一个从下降到上升的变化过程,14日后不施氮者由于固氮作用含氮率迅速上升,施氮区上升过程减慢,施用量越高差别越大。到第34日高量和低量区基肥氮素的利用率均在65%左右,即有1/3左右的肥料残存,此时根瘤中来源于基肥的氮素量高施肥量者高,说明在碳素能源充分时化合态氮的存在对根瘤固氮作用已无阻碍了。藤田耕之辅等^[6]的水培试验表明,随着环境中化合态氮素浓度上升,虽然固定氮素的比例下降,但氮素积累量、籽实产量、千粒重和含氮率均有上升。水培液氮素浓度在10 ppm以下时,化合态氮吸收的同时,氮素固定持续进行,氮素积累总量增大。

三、化合态氮在体内的分布、转移与代谢

肥料的化合态氮在各部位的分配比例以根瘤为最低^[7],不同时期追施的化合态氮占植株全氮的比例,花前追肥者最高,尤其是叶柄和茎分别达到28%和27%。从结荚到鼓粒初期,追肥氮素中31%流入叶,流入荚(包括籽实)的为45%。到鼓粒期追肥氮素进入籽实的比例增加到62%,收获期增加到84—86%,这是化合态氮增产的重要因素。鼓粒期间,新积累的固定态氮和化合态向籽实的转流活动无区别,而且根瘤中化合态氮的存在还活化了固定态氮的转流。堀口毅等^[8]应用 $\text{NH}_4^{15}\text{NO}_3$ 研究了非蛋白质态氮和蛋白质态氮在幼嫩植株中的分布,发现根中的非蛋白质态氮主要是新从环境中吸收的氮素,而且迅速回流,excess ^{15}N 在上位叶的蛋白质中最多,下位叶的非蛋白质态excess ^{15}N 迅速代谢向其他组织转移,说明根的氮素供给制约下位叶的老化和蛋白质分解,氮素缺乏促进下位叶蛋白质分解。RuBPC羧化酶作为可溶性蛋白质在绿叶中约含50%^[9],户内中等认为,从营养的角度研究RuBPC羧化酶的合成分解数量变化是有意义的,因为它是随着大豆叶的生长、老化、氮的流入流出而变化的。同位素研究证明,第6片复叶展开期RuBPC含量与氮流入量高度相关,此期间通过改善氮素营养来提高RuBPC羧化酶含量是可能的。

关于氮代谢,石塚润圃等^[10]作如下阐述,当分子态氮和化合态氮同时被吸收同化时,在开花期根瘤中的氮素有从分子态氮到谷氨酸、丙氨酸和丝氨酸的同化过程,和从硝酸态氮到天冬酰胺的同化过程,在茎中来源于分子态氮的酰胺化合物占压倒优势,来源于分子态氮和氨态氮的氮素,在幼嫩器官和鼓粒中的子实里的分布比硝态氮更多。

四、环境因素、特别是化合态氮对固氮作用的影响

桑原真人^[11-13]认为,如能充分发挥根瘤的固氮力,固氮量达到250kg/ha是可能的,这种高产栽培技术的基础就是确保适当的根瘤数、和创造适于其固氮活动所必要的营养条件和环境。根瘤作为光合产物的受体与其光合产物给源的叶面积指数(LAI)有强烈的依存性,当LAI为4时根瘤重达到最大值。来自叶的光合产物的供给越充分固氮能越高,如所固定的氮素能迅速向籽实转移,就能保持旺盛的固氮活性^[2]。开花前期叶片含氮率保持在4.8%以上,含磷率0.39%以上是必要的。石塚润圃等认为^[10],植株体内的氨基酸含量是大豆氮素营养的指标, N_2 的固定能和茎部分泌的酰胺浓度之间的相关系数很高,可以作为分子态氮固定能的指标。

藤田耕之辅等认为,环境中的硝酸态氮阻碍根瘤固氮作用的原因在于:(1)由于 NO_3^-

, $-N$ 还原的消耗至使光合产物向根瘤供应减少;(2)根瘤中 NO_3^- - N 还原生成的 NO_2^- 的毒害,其影响主要是抑制根瘤的着生和肥大^[11,12],但对已形成的根瘤固氮能影响不大。藤田耕之辅等还认为,环境中的 CO_2 与固氮作用有直接关系,而且与化合态氮的作用相关联。应用栽培种和野生种进行的研究表明,当栽培种大豆同时增加 CO_2 浓度并添加化合态氮时,植株干物重最高,增加 CO_2 的作用比添加氮素显著,说明作为根瘤固氮作用的依存条件,光合产物的供应比氮素的供应来得重要。化合态氮存在下,根瘤含氮率降低与光合产物供应不足有关,可以通过提高 CO_2 浓度,增加光合产物的供应来恢复根瘤的固氮能,但野生种大豆没有这种效果。田中明^[13]等研究了遮光条件下的固氮作用和化合态氮的吸收情况表明,由于遮光(1)使干物重减少,其顺序是根瘤>根>地上部分;(2)根瘤数量显著减少,根瘤重稍有降低;(3)单位根瘤固氮能和单位根重氮素吸收能无显著变化。小松典行等^[14]研究了摘叶和摘荚情况下固定态氮和化合态氮的动态,证明无论是去叶还是去荚植株干重和单位根重的 C_2H_2 还原能,都因追施氮肥而增加,但根瘤鲜重和个体 C_2H_2 还原能降低。表明叶/荚比对氮的固定、同化和转流有直接影响。

五、氮肥的作用与效果

目前日本除北海道外,大豆基本上不施氮肥,但氮肥增收的试验报导不少。学者们认为施用氮肥是大豆稳定增收必不可少的措施。据市田俊一报道^[15],黄叶期测定,氮素基肥和追肥利用率分别为27%和57—63%,吸入体内的氮素在籽实中的比例基肥为60%,追肥为72—80%。尿素根外追肥氮素的回收率为56—67%,其中91—93%转流到籽实。不同时期追施氮肥的吸收情况年际变动很大,但均以开花前至开花中期追施者吸收最旺盛,占整个同化氮素量的30—74%。开花始期至鼓粒中期保持 $400-450\text{ mgN}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{日}$ 的固氮能,其根瘤重在盛花期必须达到 $6\text{ g}/\text{m}^2$ 以上,最大繁茂期达到 $8-16\text{ g}/\text{m}^2$ 。桑原真人^[11]报道,产量和根瘤重之间的相关关系,当根瘤重超过 $8\text{ g}/\text{m}^2$ 时即不存在,达到 $20\text{ g}/\text{m}^2$ 时减产。4t/ha产量的氮素同化量为 $320\text{ kg}/\text{ha}$,如果鼓粒前能同化 $100\text{ kg}/\text{ha}$ 的话,那么鼓粒期的40日间尚需氮素 $220\text{ kg}/\text{ha}$,按固氮能的极限值 $450\text{ mg}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{日}$ 计算还缺少 $40\text{ kg}/\text{ha}$ 氮素,因此在不降低根瘤固氮活性的前提下供给化合态氮是必要的。

六、氮肥施用技术

最近日本研究较多的是追肥技术,尤其是花期追肥,基肥和后期追肥方面也有报道。桑原真人^[16]根据1984年在八郎泻进行的试验报道,播种至发芽时土壤中无机态氮在 $3-4\text{ mg}/100\text{ g}$ 情况下,根瘤着结状况良好,因而认为基肥氮素施用量以 $30\text{ Kg}/\text{ha}$ 为适,超过 $50\text{ Kg}/\text{ha}$ 时对根瘤着生有不良影响。中野宽^[17]等研究了花期追施氮肥对大豆固氮能和氮素同化量的影响。用乙炔还原能的连续测定积分值,与根据作物体 ^{15}N 稀释率算得的固氮量之比,求得换算系数1.05,应用1.05的换算系数推算固氮能的结果证明,由于追施氮肥固氮能减少的量,比追施氮素的吸收量要低,而且两者之差随追肥量的增加而增大。持田秀之^[18]的研究认为,大豆开花期干物重(W_e)与追肥增收量(ΔS)间成负相关,只有根据开花期干物重少的程度进行追肥才能获得增产。花期干物重超过 $200-300\text{ g}/\text{m}^2$ 时追肥很难见效。渡边等用12个美国和日本大豆品种进行试验,追施 $120\text{ kg}/\text{ha}$ 氮素时子实含氮率较无肥区提高1—6%,晚熟种高于早熟种。

关于追肥技术,桑原真人根据近期在各地进行的试验结果归纳如下^[19], (1)追肥时期:开花始至开花后10日左右止;(2)施肥量:100kg/ha以上;(3)肥料种类:硫安或尿素;(4)施肥位置:行间。同时认为^[20],氮素追肥的效果多表现在增加荚数上,而荚数来源于总节数和第一节荚数。开花终期前追肥都能增加总节数,越早越显著。浅生秀夫^[21]比较了氮肥不同追肥时期的效果,在385kg/ha产量水平的肥沃土壤(推算的氮素释放量为160kg/ha)上,开花前2日(开花始期)追肥增产6%,主要是增加粒数。开花期后9日(座荚期)追肥增产5%,后21日追肥也增产5%,主要是提高百粒重。尿素根外追肥除增产外,还是减轻湿害的一个措施^[22],杉本秀树等研究证明,在土壤过湿条件下给大豆叶面喷施尿素,植株干物重、含氮率、结荚数和百粒重均显著增加。

参考文献

- [1] 星忍、1985、根粒活用型寒地タイズの多収条件、北海道農業試験場年報、57-60
- [2] 桑原真人、1986、タイズ多収条件と窒素代謝(1)、農業および園芸、61巻、4号、473-479
- [3] 茅野充男等、1985、植物の無機栄養および養分吸収、日本土壤肥科学雑誌、56巻、6号、510-520
- [4] FUJIMOTO, T等、1982、インドネシア農業研究協力プロジェクト研究報告書、P85、91
- [5] 有馬泰弘、1987、初期生育過程におけるタイズ根粒窒素固定能の発達におよぼす基肥窒素施用の効果、日本土壤肥科学雑誌、58巻、5号、542-548
- [6] 藤田耕之輔等、1982、タイズにおける窒素の固定、吸収、転流に対する化合窒素の影響、日本土壤肥科学雑誌、53巻、1号、30-34
- [7] 加藤忠司等、1983、タイズによるアンモニア態窒素(^{15}N)および硝酸態窒素(^{15}N)の吸収利用、日本土壤肥科学雑誌、54巻、1号、25-29
- [8] 堀江 毅等、1986、窒素欠除処理および上位葉へ供給がタイズ幼植物の蛋白質代謝と窒素の転流に及ぼす影響、日本土壤肥科学雑誌、57巻、5号、474-480
- [9] 戸内 中、1988、タイズ葉における窒素の流れとRibulose 1,5 bisphosphate carboxylaseの量的変動、日本土壤肥科学雑誌、56巻、6号、521-529
- [10] 石塚潤爾等、1985、植物の代謝および代謝成分、日本土壤肥科学雑誌、56巻、6号、521-529
- [11] 桑原真人、1986、タイズの多収条件と窒素代謝(2)、農業及び園芸、61巻、5号、580-588
- [12] 藤田耕之輔等、1986、タイズおよびレンゲの生育ならびに窒素固定に対する化合態窒素や炭素ガスの富化の影響、日本土壤肥科学雑誌、57巻、1号、8-12
- [13] 田中 明等、1980、タイズの窒素固定、化合窒素吸収に対する遮光の影響、日本土壤肥科学雑誌、51巻、4号、281-287
- [14] 小松典行等、1988、タイズ栽培における窒素固定能の支配要因に関する研究第 報、葉/莢比(ソース/シンク率)の影響、日本作物学会記事、57巻、45-46
- [15] 市田俊一、1986、タイズに対する窒素施用法、青森農試研報、20、47-65
- [16] 桑原真人、1987、大豆の施肥(量、位置)と生育、農業技術大系、2、94-99
- [17] 中野 寛、1989、大豆の窒素追肥技術第3報、窒素追肥が窒素固定に及ぼす効果、日本作物学会記事、58巻、2、192-197
- [18] 持田秀之、1988、大豆の栄養条件改善に関する研究3、乾物生産と窒素追肥効果、日本作物学会記事、57巻、4、51-52
- [19] 桑原真人、1987、大豆追肥の効果と施用法、農業技術大系3、土壌の性質と活用、143-147

- [20] 桑原真人, 1987, タイス栽培条件による収量関連形質の変動, 農業技術大系 1, 土壌の動きと根圏環境, 27-30
- [21] 浅生秀考, 1987, 大豆の開花期窒素追肥比による増収要因の解析, 日本作物学会記事, 98-99
- [22] 杉本秀樹, 1989, タイスの過湿障害尿素の葉面散布が窒素代謝, 子実収量に及ぼす影響, 日本作物学会記事, 58巻, 254-255

FAO/IAEA 第二次固氮协调会议简况

联合国粮农组织(FAO)和国际原子能机构(IAEA)协作委员会第二次生物固氮工作协调会议于 1990 年 5 月 2 日—11 日在巴基斯坦的发斯兰堡(Faisalabad)市召开。参加会议的代表均来自承担 FAO/IAEA 区域合作研究课题的东南亚国家共 15 名。我国黑龙江省农科院作为区域合作研究者之一应邀派员参加。会议的主要议题是讨论利用同位素核技术来研究提高亚洲热带和亚热带地区粮食作物产量和豆科植物的固氮。

会议分三个阶段进行。第一阶段与会各国代表提交和汇报有关豆科作物生物固氮研究的现状及今后课题的研究设想。受大会邀请,李新民作了“中国黑龙江省大豆生物固氮研究的概况和展望”的报告。第二阶段分别由粮农组织和原子能机构的技术官员 Dr. Danso, Dr. Kumarasinghe 和 Dr. Amano 进行了“同位素利甲的基本概念”,“氮素生物固定的测定方法”,“土壤同位素标记和参考作物的选择”,“突变辐射育种基础和技术”的讲座培训。第三阶段大会讨论并制定本年研究计划实施的方案。会议一致认为,为了提高亚太地区的豆科作物产量,必须加强现有豆类植物变异类型和根瘤菌基因库的开发利用,提高豆类作物的固氮能力减少氮肥的投入。因此,今后几年协作研究的主要内容是,1. 高固氮豆科植物材料的筛选,2. 当地土著根瘤菌的分离和选育及其固氮效果的评价,从而期望获得高固氮能力并与相应作物品种有广泛适应性的株系。3. 确立适宜豆类作物生长和提高固氮能力的措施。

会议期间,代表们参观了 Faisalabad 农业大学和巴基斯坦原子能委员会所属的 Faisalabad 农业和生物原子能利用研究所(NIAB)有关的生物固氮研究室。这些研究室主要从事在逆境条件(高温、盐碱)主要豆类作物鹰嘴豆土壤氮素利用和生物固氮的研究并通过辐射育种技术选育优良品种。

会议初步拟定明年(第三次)FAO/IAEA 工作协调会议在中国哈尔滨召开。

李新民

(黑龙江省农业科学院)