

氮肥施用与环境质量

张俊英¹, 赵同科², 许永利³

(1. 河北农业大学 资源与环境学院, 河北 保定 071001; 2. 河北省农林科学院土壤肥料研究所, 河北 石家庄 050051;

3. 石家庄化肥集团有限责任公司, 河北 石家庄 050041)

摘要: 综述了氮素在植物体内的吸收与同化过程, 氮素对环境作用以及提高氮素利用率的策略。主要讨论了氮素的生理功能、氮素的吸收和同化机理、化肥在农业生产中的作用等五个方面的问题。

关键词: 氮肥; 环境质量

中图分类号: S143. 1 文献标识码: A 文章编号: 1000- 7091(2002) 增刊- 0223- 07

植物生长需要多种元素, 氮素尤为重要^[1]。人们大量使用氮肥来提高作物产量。而由过量氮素引起的日渐明显的环境问题, 如臭氧层的破坏、水体的富营养化、地下水硝酸盐含量过高等等, 不得不引起人们的重视。

1 氮素的生理功能

氮素是植物体内重要有机化合物的组分^[1]。氮素是蛋白质、核酸、叶绿体、酶和某些维生素的重要组成成份。蛋白质是构成原生质的基础物质, 蛋白态氮通常可占植株全氮的 80%~ 85%, 而蛋白质中平均含氮也达到 16%~ 18%。核酸作为植物生长发育和生命活动的基础物质, 其氮素含量为 15%~ 16%。而且在遗传物质核糖核酸(RNA)和脱氧核糖核酸(DNA)中都有氮素存在。叶绿体是植物进行光合作用的场所, 约占植物叶片干重的 20%~ 30%, 且叶绿体含蛋白质 45%~ 60%。酶类本身就是蛋白质, 它是植物体内生化作用和代谢过程中的生物催化剂。酶控制着植物体内许多生物化学反应的方向和速度。氮素还是某些维生素如 B1, B2, B6, PP 等的组分。其他物质如生物碱和植物激素也含有氮素。

氮素缺乏时, 由于细胞的伸长和分裂受到抑制, 蛋白质的合成受到阻碍, 作物生长缓慢, 植株矮小。其次, 由于叶绿素含量下降, 叶片黄化, 光合作用减弱, 光合产物减少, 使作物产量明显下降。所以, 氮素缺乏对于产量的影响非常大。

2 氮素的吸收和同化机理

植物吸收利用的氮素形态主要是 NH_4^+-N 和 NO_3^--N 。某些可溶性的有机含氮化合物, 如氨基酸、酰胺和尿素等也能被植物吸收, 但吸收量很有限。在适耕性土壤上硝态氮是矿质

氮的主要形式。在旱地农田中, 硝态氮是作物的主要氮源。由于土壤中的铵态氮经硝化作用可转变为硝态氮, 所以作物吸收的硝态氮常常多于铵态氮。但是, 在酸性土壤上, 由于硝化作用受到强烈抑制^[2], 使土壤中 NH_4^+ 多于 NO_3^- 而成为占优势的氮源, 因此植物为了适应环境而表现出喜铵特性。对喜铵作物来说, 主要是因为它们缺乏还原大量 NO_3^- 的能力。

2.1 NO_3^- -N 的吸收与同化

NO_3^- -N 的吸收是逆电化学势梯度(70~250 mV)进行的主动吸收过程。对于 NO_3^- 吸收的研究已达到分子水平, 但对其吸收的分子生物学机理的研究还有赖于对 NO_3^- 运输蛋白的深入研究。研究表明^[3], 无极阴离子的转运蛋白在高等植物中是比较稀有的, 在 C_3 和 C_4 植物叶绿体内膜上普遍存在的磷酸盐转运蛋白是一种 29-30 KD 的蛋白质^[4,5]。研究者推测, 运输 NO_3^- 的载体蛋白很可能存在于细胞原生质膜上。而且利用半衰期极短的同位素 ^{13}N ($t_{1/2}=10\text{ s}$) 标记 NO_3^- , 检测 NO_3^- 的短期吸收状况的结果证实了转运蛋白(载体)具有饱和性^[6]。而 NO_3^- -N 的净吸收动力学研究表明 NO_3^- 转运蛋白中至少存在有两种类型的可饱和成分和一种非饱和性成分, 其中已证明两种可饱和成分之一是高亲和性(K_m 低)和低吸收速率(V_{\max} 低)。另一种则为低亲和性(K_m 高)和高吸收速率(V_{\max} 高)。因此, NO_3^- 的吸收动力学曲线通常是双相饱和曲线。

NO_3^- -N 进入植物体后, 其中的一部分 NO_3^- 可进入根细胞的液泡中储存起来, 暂时不被同化, 而大部分或在根系中同化为氨基酸、蛋白质, 或以 NO_3^- -N 形式直接通过木质部运输到地上部。根中合成的氨基酸也可向地上部运输, 而在叶片中合成蛋白质。叶片中的 NO_3^- -N 也可进入液泡暂时贮存起来, 或进一步同化为各种有机态氮。另外, 叶片中合成的氨基酸也可以通过韧皮部向根部运输。

NO_3^- 的吸收受到介质 pH 值和存在离子(如 Ca^{2+} 等)的影响。pH 值升高时, NO_3^- -N 的吸收减少。究其原因, 一是 OH^- 与 NO_3^- 存在竞争作用; 二是植物所吸收的 NO_3^- 在体内同化时细胞内 pH 值上升, 碱性加强, 而主要靠细胞内所形成的有机酸进行中和, 从而影响有机酸的形成, 进而影响植物对 NO_3^- -N 的吸收^[1]。

NO_3^- -N 的同化即硝酸盐还原成氨的过程, 经两步完成。第一步, NO_3^- -N 在细胞质中经硝酸还原酶催化还原成 HNO_2 , 而 HNO_2 则以分子态透过质膜。第二步, 是 HNO_2 在叶绿体或前质体内由亚硝酸还原酶催化而成氨。

2.2 NH_4^+ -N 的吸收与同化

1977 年研究发现, 植物对 NH_4^+ 的吸收表现为两个阶段。初始阶段是不受低温及代谢抑制剂(如 KCN)等抑制的植物根自由空间被动交换吸收的过程^[7]。第二阶段是对低温和代谢抑制剂都很敏感的主动吸收过程。一般来说, 土壤溶液中 NH_4^+ -N 的浓度仅仅在 10~50 $\mu\text{mol/L}$ 范围内^[8]。不同种类植物吸收 NH_4^+ 的 K_m 和 V_{\max} 差异很大, K_m 值通常在 10~70 $\mu\text{mol/L}$ 之间变动^[9]。对于 NH_4^+ -N 的吸收机理目前有不同的看法。Hasson 和 Van Hai (1976)^[10] 等认为 NH_4^+ 的吸收和其他一价阳离子有相似之处, 尤其与钾离子吸收机理相似。他们认为二者有共同的载体, 因而两种离子表现出竞争效应。但 Zsoldos 和 Haunold (1982)^[11] 观察到, 低 pH 值对水稻植株吸收钾离子与 NH_4^+ 的影响并不相同。1976 年, Men-

gel^[12] 等人发现, 还原条件下, 水稻植株对 NH_4^+ 吸收不受介质中钾离子浓度的影响, 还发现 NH_4^+ 吸收与氢离子释放有着相当严格的等当量关系。鉴于此结果, Mengel 等认为在 pH 值高和还原性条件下, NH_4^+ 可能主要以 NH_3 形态被作物吸收。

铵态氮被作物吸收后, 在根细胞中很快同化为氨基酸, 然后向地上部运输。很少以 NH_4^+ 方式直接送往地上部, 铵态氮可直接与植物呼吸作用产生的 α -酮戊二酸结合生成氨基酸。氨基酸进一步合成蛋白质。关于氮吸收与同化的过程及部位, 可总结如下^[13]。

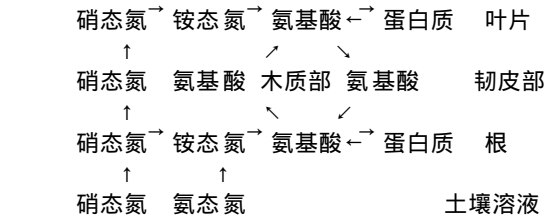


图1 高等植物体氮素吸收、还原和蛋白质形成的基本过程

3 化肥在我国农业生产中的作用

化肥在我国农业生产中的作用主要归结为两点^[14]: 第一, 使土壤养分渐趋平衡。80 年代以前, 由于化肥投入不足, 土壤养分的消耗始终高于供给。在 20 世纪 50~ 70 年代, 我国农田养分总投入量中, 有机肥占 99.9% ~ 66.4%。到 80 年代以后, 化肥投入量的比重超过有机肥, 到 1995 年, 我国化肥施用量已占当年农田养分投入总量的 67.8%, 其中氮占农田投入总氮量的 78.4%。表 1 是以氮素为例的养分平衡状况。从中不难看出, 我国农田养分投入与产出的状况已经摆脱了以有机肥为主的封闭式、低水平循环的局面。第二, 化肥的施用提高了作物产量。据 Siemes 资料记载, 1978 年投入的化肥 NPK 为每公顷 155.8 kg, 生产谷物 4.63 t, 可供 4.5 人之需。要比 1800 年不施化肥时每公顷增产 3.9 t, 每公斤化肥增产 20 kg 粮食^[15]。建国以来, 我国非常重视化肥的生产和施用, 农作物产量也增长迅速^[14]。1995 年, 我国粮食产量由 1949 年的 $11\,318 \times 10^4$ t 增加到 $46\,500 \times 10^4$ t, 增加了 3 倍; 棉花产量也从 1949 年的 44.4×10^4 t 增加到 450×10^4 t, 增加了 9 倍多。1981 年开始布置的 52 个 10 年以上的长期肥

表 1 我国农田氮素投入与产出平衡概况 × 10⁴ t

年 份	1949	1957	1965	1975	1980	1985	1990	1995	2000
有机肥投入	162.0	249.0	293	410	416	503	526	611	652
化肥投入	0.6	31.6	121	364	943	1 259	1 740	2 224	2 353
产 出	291.0	511.0	522	749	867	1 114	1 279	1 373	1 662
平 衡	- 129.0	- 246.0	- 169	- 157	21	19	117	350	167

注: 投入的化肥氮以利用率 50% 计算(包括后效), 有机肥按利用率 100% 计算

表 2 长期施肥的 10 年平均产量(1981- 1993 年) kg/hm²

处 理	双季稻区		水旱两熟区		旱作两熟区		旱作	全国平均
	早稻	晚稻	水稻	旱作	小麦	玉米		
对照	3 750	3 465	4 290	1 485	1 965	3 105	2 970	3 004
NPK	5 505	5 295	6 600	3 120	4 935	5 790	4 245	5 070
肥料贡献率*(%)	31.9	34.6	35.0	52.4	60.2	46.2	30.0	40.8

注: 肥料贡献率(%) = $\frac{\text{施肥的产量} - \text{不施肥的产量}}{\text{施肥的产量}} \times 100$

料定位试验点的试验资料统计结果表明, 化肥对粮食产量的贡献率全国平均为 40.8%, 其中旱作两熟区的小麦为 60.2%, 玉米为 46.2%。见表 2。

专家预测, 要使我国农业持续增产, 并保持土壤肥力不衰退, 化肥在总养分中的比重应保持和提高到 50% 以上, 其中氮素肥料应占 65%~70%。肥料还具有培肥土壤、发挥良种增产潜力、补偿耕地的不足等作用^[16]。

4 氮素肥料的施用现状及氮肥施用过多对环境和人类造成的危害

4.1 氮肥施用现状

氮肥的作用首先是增加产量。早期人们对肥料的利用仅限于粪肥和绿肥。我国粮食的单产从古代的 600~900 kg/hm² 提高到明清时期的 1 500~2 250 kg/hm², 都与增加粪肥和种植绿肥密切相关。我国秦汉时期的小麦和水稻产量分别为 794 kg/hm² 和 603 kg/hm², 而到清末时期, 分别提高到 1 466 kg/hm² 和 2 180 kg/hm²。经历了 2 000 多年的努力, 小麦增产 672 kg/hm², 水稻增产 1 577 kg/hm²。相当于每经历一个世纪, 小麦和水稻的产量分别增加 28.6 kg/hm² 和 78.9 kg/hm²^[17]。中国作为一个农业大国, 化肥的使用量仅次于美国。因此肥料的生产量也很高, 尤其是氮肥的生产量(表 3)^[18]。

另一个问题是氮肥利用效率低。研究表明: 小区试验氮肥利用率变动于 9%~72% 之间, 平均值在 30%~41% 之间。专家估计大田生产中氮肥

表 3 1992~1995 年中国氮肥生产量 万吨/年

年份	1992	1993	1994	1995
产量	1 568.4	1 628.8	1 671.3	1 856.9

利用率可能在 30%~35% 之间, 而损失率可能在 30%~50%, 其中水稻田>玉米地>小麦地, 中值约为 40%^[19]。影响作物氮素利用效率的因素很多, 包括土壤条件, 作物种类和生长期, 以及氮素肥料种类、肥料的使用方法等方面。

4.2 氮肥过量施用对环境和人类的影响

20 世纪 70 年代以来, 氮肥的施用量迅速增加, 70 年代为 39 kg/hm², 80 年代为 130 kg/hm², 到了 90 年代已达到 197 kg/hm², 目前达到 211 kg/hm²^[20]。现已查明, 世界性的三大环境问题, 即臭氧层的破坏、温室效应以及最近日本人提出的所谓环境激素, 都直接和间接地与氮肥施用有关^[21]。

4.2.1 对土壤的影响 在通气良好的旱地土壤上, 施入的铵态或酰胺态氮肥, 均会经过硝化作用很快转化为硝态氮^[22]。硝态氮被植物吸收, 进入植物体后大部分被硝酸还原酶作用, 还原成铵态氮, 参与植物一系列代谢过程。但如果施用量多, 土壤供氮量高, 就会有一部分氮素以硝态氮的形式存在于植物体内, 后一情况在蔬菜更为严重^[23]。

4.2.2 对水体的影响 形成的硝态氮也会随径流流失或随水下渗, 污染湖泊和地下水源^[23, 24]。农田当季未回收的氮素大部分进入水体和大气, 成为环境氮污染最重要的来源。过量的氮素向水体的迁移, 尤其是向封闭性或半封闭性的湖泊、水库, 或者流速低于 1m/min 的滞流性河流、河口海湾迁移, 将造成水体富营养化^[16]。水体氮素污染加剧了地面水的富营养化过程。美国国家环保局在 70 年代对 574 个湖泊的监测结果表明, 有 77% 的湖泊处于富营养化状态。据估计, 流入河、湖中的氮素约有 60% 来自化肥。湖泊、海洋的富营养化引起藻类

大量生长,使水中的氧气耗竭而造成水生生物死亡或绝迹。硝态氮对地下水的污染更为严重,不少地区地下水硝态氮含量已超过饮用水标准。70年代,化肥氮增长6.49%,同期地下水中硝态氮含量增加了约23%。北京市郊1972~1982年10年间,约 $4.0 \times 10^5 \text{ hm}^2$ 耕地化学氮肥施用量增加与地下水硝酸盐浓度增加趋势是一致的^[26]。

4.2.3 对大气的影响 据美国宇航局观测,自1969年以来,除赤道外,全球所有地区臭氧层中的臭氧含量减少3%~5%,对人类和生物产生了直接不利效果。造成臭氧层破坏的一个原因是使用肥料所引起的氮的氧化物增加,主要的是 NO_2 ,它在平流层中参与重要的大气反应而消耗臭氧。据估计,大气中的 NO_2 浓度增加一倍,臭氧层就会减少10%^[27~31]。而且氮素硝化与反硝化过程中产生的氧化亚氮是重要的温室效应气体,不但辐射效应高,一个分子的辐射效应相当于150个 CO_2 分子的效果,而且也是臭氧的消耗者^[32]。臭氧层中臭氧减少,会增加紫外线透过的数量,增加皮癌发病几率,严重危害人类和动物的生长与健康。

4.2.4 氮素污染对人类的影响 氮素污染的主要方面是地下水污染,尤其是饮用水污染。人和动物的健康与饮用水中硝态氮含量过高有关, NO_3^- 在人或动物的消化道内在硝化细菌的作用下转变为 NO_2^- 。 NO_2^- 能够将血红蛋白中的 Fe^{2+} 氧化成 Fe^{3+} ,因而形成高铁血红蛋白。这种蛋白没有运输氧气的功能,从而造成运输氧气困难,使婴儿皮肤呈现蓝色即蓝色婴儿综合症。此症对婴儿的影响要比对成人的影响大的多。如果吸收了其他含氮化合物(如胺态氮化合物)则可能导致癌症的发生。

5 提高氮肥利用率和控制氮素污染的方法与措施

对于如何提高氮肥利用率,有关人士提出了几种主要的技术方法^[16]:第一是调控氮肥施用量。主要通过确定适宜的氮肥施用量达到高产与环保的效果。对于氮肥施用量的问题,首先必须建立一套以作物根层土壤剖面残留无机氮的平衡为准则的氮肥决策方法。其次,应用农业耕作措施提高养分利用率。例如:采取间作、轮作、深耕与作物换茬、挖掘生物基因潜力以及建立农化服务体系^[33]。第二是氮肥深施。华北地区试验表明,碳铵或尿素深施8~10 cm的增产效果比表施高1倍左右^[34]。第三,推动水肥综合管理技术。对水稻提出“无水层混施法”即基施和“以水带氮法(尿素)”即追施,这种改进的组合技术比常规方法即“碳铵有水层混施作基肥”+“尿素有水层作追肥”的氮肥利用率高12%。对于旱作地,则采用“表施后随即灌水”的施肥方法。第四,选择适宜的施肥时期。第五,推广平衡配方施肥。第六,使用脲酶抑制剂和硝化抑制剂。脲酶抑制剂(PPD和NBPT)主要减少尿素的氨挥发;硝化抑制剂的作用是抑制或延缓土壤中铵的硝化作用,有可能减少氮的淋洗和(或)反硝化损失。专家还指出,应尽快改进我国肥料结构与施用中出现的各种问题,努力提高各类肥料在农业生产中的增产效益、经济效益和环境效益。适当调整养分比例,到2010年氮磷钾的比例应达到1:0.40~0.45:0.30。以化肥总需求量为5000万吨计算,则需N 2860~2940万吨, P_2O_5 1180~1280万吨, K_2O 860~880万吨。

氮向水体迁移和向大气排放属于面源污染,控制其污染难度较大。专家建议从以下几个方面着手控制氮素向大气和水体迁移的数量^[35]:1)增强全民环保意识:提高全民对于保护水环境和保护大气环境对人类生存和社会发展意义的认识,增进全民环保意识。通过国家政

策法规,使全民顾大局,着眼长远利益。2)加强面源污染的控制:首先要控制湖泊、水库和河流地区水土流失,降低地面径流中氮磷营养盐的负荷。3)推行平衡施肥:运用测土施肥技术,推行氮磷钾三要素平衡施肥,提高作物对氮磷钾的利用率,减少农田径流和渗漏水中氮磷的负荷。4)发展节水农业:不论旱地水田都应发展节水型农业。按水量平衡原理确定灌溉总定额。旱地逐步推广滴灌和喷灌技术;水田推行湿润灌溉,减少无机氮肥在田面水中的份额,除暴雨外减少排水次数,从而降低氮对水体的污染负荷。

参考文献:

- [1] 陆景陵. 植物营养学[M]. 北京:北京农业大学出版社.
- [2] Osborone B A,Whittington W J. Variation in nitrate reductase activity between Agrostic species and ecotypes [J]. New Phytol, 1981, 890: 581- 590.
- [3] 张福锁. 环境胁迫与植物营养[M]. 北京:北京农业大学出版社, 210.
- [4] Flugge U I, Heldt H W. Identification of a protein involved in phosphate transport of chloroplasts[J]. FEBS Letters, 1976, 68: 259- 262.
- [5] Flugge U I. Biogenesis of the chloroplast phosphate translocator[J]. FEBS Letters, 1982, 140: 273- 276.
- [6] Lee R B, Drew M C. Nitrogen-13 studies of nitrate fluxes in barely roots. II. Effect of plant N-status on the kinetic parameters of nitrate influx[J]. J Expt Bot, 1986, 37: 1768- 1779.
- [7] Nye P H, Tinker P B. Solute Movement in the Soil-Root System[J]. Blackwell, Oxford, 1977.
- [8] Novoa R, Loomis R S. Nitrogen and plant production. [J]. Plant Soil, 1981, 58: 177- 204.
- [9] Fried M, Zsoldos F, Vose P B, *et al.* Characterising the NO_3^- and NH_4^+ uptake process in rice roots by use of ^{15}N -labelled NH_4NO_3 [J]. Physical Plant, 1965, 18: 313- 320.
- [10] Hasson M M, Van Hai T. Ammonium and potassium uptake from citrus roots[J]. Physiol Plant, 1976, 36: 20- 22.
- [11] Zsoldos F, Haunold E. Influence of 2, 4-D and low pH on potassium, ammonium and nitrate uptake by rice roots[J]. Physiol Plant, 1982, 54: 63- 68.
- [12] Mengel K, Viro M, Hehl G. Effect of potassium on uptake and incorporation of ammonium-nitrogen by rice plants[J]. Plant, 1976, 43: 479- 486.
- [13] Allen S, Raven J, Sprent J I. The role of long-distance transport in intracellular pH regulation in *Phaseolus vulgaris* grown with ammonium or nitrate as nitrogen source, or inoculated[J]. J Exp Bot, 1988, 39(202): 513- 528.
- [14] 李家康, 林葆. 化肥在我国农业生产中的作用与展望[A]. 国际肥料与农业发展学术论文集[C]. 北京: 中国农业科技出版社, 19- 27.
- [15] Siemes J. Maintenance of human nutrition by mineral fertilizer application[J]. Pflüg u. Spaten, 1979, 6: 2.
- [16] 李庆逵, 朱兆良, 于天仁, 等. 中国农业持续发展中的肥料问题[M]. 江西: 江西科学技术出版社, 1997. 6- 11.
- [17] 奚振邦. 化学肥料科学[M]. 北京: 科学技术出版社, 1994. 2- 19.
- [18] 周健民. 公元 2020 年农村面源污染控制战略的目标研究[J]. 国外农业环境保护, 1993, 3: 24- 26.
- [19] 朱兆良. 农田生态系统中化肥氮的去向和氮素管理[A]. 朱兆良, 文启孝. 中国土壤氮素[M]. 南京: 江苏科技出版社, 1992. 37- 59.
- [20] 巨晓棠, 刘学军, 张福锁. 过量施用氮肥和不合理的氮肥施用方法是氮肥引起环境污染的根源[A]. 青年学者论土壤与植物营养科学(论文集)[C]. 北京: 中国农业科技出版社, 151- 154.
- [21] 李生秀. 植物营养与肥料科学的现状与展望[J]. 植物营养与肥料科学, 1999, 5(3): 193- 205.
- [22] 李世清, 卜彤英, 李生秀. 石灰性土壤中 NH_4^+-N 的粘土矿物固定[J]. 干旱地区农业研究, 1993, 11: 99.

– 107.

- [23] 王朝辉, 李生秀. 蔬菜不同器官的硝态氮含量与水分、全氮、全磷含量的关系[J]. 植物营养与施肥学报, 1996, 2(2): 144– 152.
- [24] Keeney K R. Nitrogen management for maximum efficiency and minimum pollution. In: Strverson F J . Nitrogen in Agricultural Soils[M]. 1982. 605– 650, Am. Soc. Agron. Madison, Wis.
- [25] 马力珊. 农田氮素管理与环境质量和作物品质[A]. 朱兆良, 文启孝. 中国土壤氮素[M]. 南京: 江苏科技出版社, 1992. 267– 287.
- [26] 朱济成, 田应录. 化学肥料与地下水污染[J]. 水文地质, 工程地质, 1986, (5): 38– 41.
- [27] Cruzen P J, Ehhalt D H. Effects of nitrogen fertilizers and combustion on the stratospheric ozone layer[J]. Ambio, 1977, 6: 112– 117.
- [28] Williams F J, Hutchinson G L, Fehsenfeld F C. NO_x and N₂O emissions from soil. Global Biogeochem[J]. Cycles, 1992, 6: 351– 388.
- [29] Gallbally I E, Freney J R, Muirhead W A, *et al.* Emission of nitrogen oxides(NO_x) from a flooded soil fertilizers with urea relation to other nitrogen loss processes[J]. J Atmos Chem, 1987, 5: 343– 365.
- [30] Ko MKW, Sze N D, Weinstein D K. Use of satellite data to constrain the model-calculated atmosphere lifetime for N₂O implications for other trace gases[J]. Geophys Res, 1991, 96: 7547– 7552.
- [31] Byrnes B H. Environmental effects of N fertilizer use-an overview[J]. Fertilizer Research, 1990, 26: 209– 215.
- [32] Bowman J. The “ greenhouse effect ”. In: Bonnett. The “ greenhouse effect ” and UK Agriculture. Center for Agricultural Strategy, University of Reading[M]. YK: 1989. 17– 26.
- [33] 曹一平, 毛达如, 王兴仁. 试论高产高效与科学施肥体系[A]. 国际肥料与农业发展学术论文集[C]. 北京: 中国农业科技出版社, 1996. 14– 18.
- [34] 林 葆, 金继运. 肥料在发展中国粮食生产中的作用——历史的回顾与展望, 《中国平衡施肥报告会》[C]. 加拿大钾肥公司, 1991, 35– 42.
- [35] 邢光熹. 农田施肥与环境保护, 中国农业持续发展中的肥料问题[M]. 江西: 江西科学技术出版社, 120– 129.

The Relationship Between Nitrogenous Fertilizer Application and Environmental Quality

ZHANG Jun-ying¹, ZHAO Tong-ke², XU Yong-li³

(1. Department of Resource and Environment, Agricultural University of Hebei, Baoding 071001, China;

2. Soil and Fertilizer Institute, Hebei Academy of Agricultural and Forestry Sciences,

Shijiazhuang 050051, China; 3. Shijiazhuang Chemical Fertilizer Limited Company, Shijiazhuang 050041, China)

Abstract: This article is a literature review about the process of nitrogen absorption, transfer and assimilation in plant. Five issues were discussed: physiological functions of nitrogen, absorption and assimilation of nitrogen, roles of nitrogen in agriculture, over application effect of the nitrogen on the environment and some suggestions on controlling nitrogen pollution and increasing nitrogen utilization efficiency.

Key words: Nitrogenous fertilizer; Environmental quality