

农业机械化丛书



氮

肥

增

效

剂

旅大市轻化工研究所编

内

化学工业出版社

41



TQ441
10

农 业 机 械 化 丛 书

氮 肥 增 效 剂

旅大市轻化工研究所 编

化 学 工 业 出 版 社

本书主要介绍氮肥增效剂的基本性质、种类、作用及CP的制备方法、使用方法与农田应用效果,同时还介绍了CP的毒性和残留试验。

全书由旅大市轻化工研究所张玉山、范德良同志执笔,书稿完成后个别章节又由化工部化肥司杨乐民同志进行了改写。

本书可供氮肥增效剂生产厂工人、干部及农村贫下中农、农业技术人员阅读参考。

农业机械化丛书

氮肥增效剂

旅大市轻化工研究所 编

*

化学工业出版社 出版

(北京和平里七区十六号楼)

化学工业出版社印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行

*

开本 $787 \times 1092^{1/32}$ 印张 $3\frac{1}{2}$ 字数75千字印数1-11,150

1979年9月北京第1版1979年9月北京第1次印刷

书号15063·3112定价0.26元

限国内发行

《农业机械化丛书》

出 版 说 明

为了提高农业机械化队伍的技术水平，加快农业机械化的步伐，中央和地方有关出版社联合出版这套《农业机械化丛书》。

《农业机械化丛书》包括耕作机械、农田基本建设机械、排灌机械、植物保护机械、运输机械、收获机械、农副产品加工机械、化肥、农药、塑料薄膜、林业机械、牧业机械、渔业机械、农村小型电站、半机械化农具、农用动力、农机培训、农机管理、农机修理、农机制造等二十类。可供从事农业机械化工作的贫下中农、工人、干部、知识青年和技术人员参考。

本书属于《农业机械化丛书》化肥类。

目 录

绪 论	1
一、氮肥的利用率	1
二、氮肥在土壤中损失的主要原因	2
三、提高氮肥利用率的途径	4
第一章 氮肥增效剂的基本知识	6
第一节 什么是氮肥增效剂	6
第二节 氮肥增效剂的基本性质	7
第三节 氮肥增效剂的作用	8
第四节 氮肥增效剂的种类	11
第五节 氮肥增效剂的发展概况	22
第二章 CP的制备	24
第一节 CP的物理化学性质	24
第二节 制备CP所需要的原料	26
第三节 CP的制备方法	27
第四节 CP的鉴定与分析	36
第五节 CP主要衍生物的制备方法	41
第三章 CP的硝化抑制作用效果及影响因素	48
第一节 CP的硝化抑制作用	48
第二节 各种因素对CP硝化抑制作用的影响	52
第三节 土壤中铵态氮和硝态氮的测定方法	61
第四章 CP的农田应用	77
第一节 CP的用量及其计算方法	77
第二节 CP的剂型及其使用方法	79
第三节 CP的农田应用效果	83

第五章 CP的毒性和残留	94
第一节 CP的毒性	94
第二节 CP的残留	98
第三节 残留分析	102

绪 论

一、氮肥的利用率

农作物生长所需要的各种营养，绝大部分摄取自土壤，而各地土壤中所含营养元素的种类、数量随土壤类型、成土母质以及土壤条件的不同有很大差别。因此，农作物生长所需要的营养元素不一定能完全从土壤中得到满足。并且，由于农作物年复一年地从土壤中摄取营养，而使土壤肥力逐步趋于贫瘠，使农作物由于营养不足而表现出各种病态，以致造成减产。为了确保农业的持续稳产、高产，必须根据土壤中营养元素的含量、农作物的种类和耕作条件，进行人工施肥，以补充土壤中营养元素的不足。

已查明的农作物生长所需要的营养元素约有六七十种，其中以氮、磷、钾三元素的需要量为最大，而此三元素中氮又较其它二元素为多。所以，氮的有效利用问题一直是农学家们研究的主要内容之一。生产实践和科学实验表明，施入土壤中的氮素化学肥料，只有一部分被植物吸收利用，而另一部分通过各种渠道而损失掉了。为了衡量氮肥的利用程度，人们提出了氮素利用率（也称氮素利用系数）这一概念。它的含意是：作物对氮肥中氮素吸收量占施用氮肥中氮素量的百分比。如按氮肥量计算，其百分比也完全一样，所以，习惯上也叫氮肥利用率。氮肥利用率越高，说明氮肥的损失越少，氮肥肥效也就发挥得越充分。

氮肥利用率也因氮肥品种的不同有所差异。我国的氮肥

利用率大约在百分之三十至五十，世界各地的氮肥利用率也都很低，一般不超过百分之五十。因此，为了增加粮食产量和降低农业成本，人们在提高施肥水平的同时，进行了提高氮肥利用率的试验研究工作，并且取得了很好的进展。

二、氮肥在土壤中损失的主要原因

为了弄清楚氮肥在土壤中损失的原因，首先让我们来看看氮肥在土壤中的变化过程，就可以找出氮肥损失的原因。

1. 氮肥在土壤中的变化

氮肥，不管是无机化学氮肥，还是有机含氮化学肥料以及农家肥等，施入土壤后，都要先转变成铵态氮 $[\text{NH}_4^+]$ 或硝态氮 $[\text{NO}_3^-]$ 才能被作物吸收利用。各种无机化学氮肥，在土壤中有水存在的条件下，能直接迅速变成铵态氮或硝态氮，尿素要经过土壤中脲酶的作用才能变为铵态氮，蛋白态氮肥须要在土壤中微生物的作用下才变为铵态氮。

铵态氮能被农作物直接吸收，是农作物最好的营养形态。硝态氮虽然也能被农作物直接吸收，但很容易流失。这是因为，土壤胶体显负电性，铵态氮显正电性，因而铵态氮能牢固地被土壤所吸附，即使在有较多水分的情况下，也不易流失。硝态氮则是另外一种情形，显负电性，同性相斥，不易被土壤吸附，易被水冲洗和随水流动和渗透，造成氮肥损失。

但铵态氮也并不是就这样被植物完全吸收利用；硝态氮也不是就这样简单地流失一部分和被农作物吸收利用一部分而再无其它损失途径了。原来在土壤中共生存着种类繁多的微生物，有的微生物对农业生产有利，如固氮微生物，能将空气中大量的氮素固定下来供给农作物营养。也有的微生物对农业生产不利，如硝化细菌能使铵态氮发生硝化作用变为硝态氮，从而造成损失；反硝化细菌能使硝态氮发生反硝化作

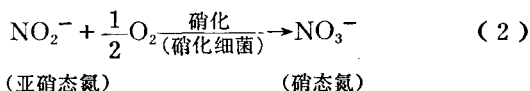
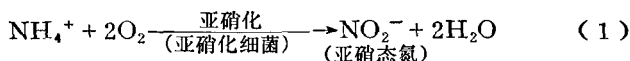
用造成脱氮损失。另有挥发性较大的氮素肥料，如氨水和碳酸氢铵等，因挥发而直接造成损失，这种损失在碱性土壤中尤其明显。

2. 氮肥在土壤中的损失过程

从前面介绍的氮肥在土壤中的变化来看，氮肥在土壤中的损失主要有三个原因：一是铵态氮经过硝化作用变为硝态氮引起的损失；二是硝态氮经过反硝化作用的脱氮损失；三是直接挥发而造成的损失。

下面简单的介绍一下硝化和反硝化作用。

(1) 硝化作用 土壤的表层，有空气分布在土壤颗粒周围，所以又叫做氧化层。在氧化层中，生活着亚硝化细菌和硝化细菌。铵态氮在氧化层中，受细菌的作用，很容易被氧化，首先变成亚硝态氮，然后变成硝态氮。



铵态氮硝化过程的第一个阶段，是亚硝化，即亚硝化细菌使铵态氮变成亚硝态氮。第二阶段是硝化，即硝化细菌使亚硝态氮变成硝态氮。在农业上把上述的亚硝化和硝化过程称为亚硝化作用和硝化作用，因为这二个过程是紧接着发生的，所以一般统称为硝化作用。很明显，如果将第一阶段，即将铵态氮的亚硝化作用加以抑制，则铵态氮的整个硝化过程就将停止，以硝态氮的流失和渗漏也就可以避免了。如果抑制第二个阶段而不抑制第一阶段，则亚硝态氮就会在土壤中积累，这对农作物的生长发育是很不利的。因此，为了防

止氮肥损失，提高氮肥利用率以降低农业成本，增加粮食产量，抑制亚硝化细菌的活动，引起了人们的重视。

(2) 反硝化作用 在表层下面的土壤，即土壤的较深处，空气稀薄，甚至不透气，称为还原层。在还原层中生活着反硝化细菌。这种细菌在还原层嫌气缺氧的条件下，要夺取硝态氮和亚硝态氮的氧而使 NO_3^- 、 NO_2^- 还原成氮气或其它形式的气态氮化合物而挥发到大气中去。农业上把硝态氮的这种还原作用叫做反硝化作用，也叫脱氮作用，硝态氮的这种损失称为反硝化损失。反硝化作用所造成的氮肥损失，在淹水条件下的稻田中特别严重。很明显，如果能将反硝化作用加以抑制，则氮肥的反硝化损失也就可以避免。

三、提高氮肥利用率的途径

了解了氮肥损失的主要原因，解决提高氮肥利用率的问题也就有了理论依据。人们根据氮肥损失的原因，大体上采取了两种类型的措施来减少氮肥的损失。一是改进氮肥的物理化学性质，如使用缓效化肥和包膜肥料等；二是采用科学的施肥方法，如深施和分期施肥等，这些办法，在实践中均取得了很好的效果。

缓效化肥克服了各种化学氮肥速溶短效的缺点，防止了速效氮肥进入土壤后，短期中放出全部铵态氮或硝态氮，以致农作物来不及吸收而堆积在土壤中，经过硝化和流失而损失掉。缓效氮肥能减缓和控制氮肥释放铵态氮或硝态氮的速度，使与农作物吸收能力相适应，从而达到减少氮肥损失，提高氮肥利用率的目的。缓效氮肥主要有合成有机氮肥，如脲甲醛、脲乙醛、脲异丁醛等。其次有包膜肥料，即在速溶性氮肥颗粒表面涂上一层成膜物质，控制氮肥的渗溶速度以达到长效的目的。

采用科学的施肥技术，提高农作物对氮肥的利用率，促使农业增产，各国都很重视。深层施肥法和分期施肥法都能获得很好的增产效果。深层施肥法是根据铵态氮在土壤的较深处的还原层不易被硝化损失和直接挥发损失的原理，并且能将氮肥施于农作物根系周围以利吸收，从而能提高氮肥利用率，减少氮肥损失。分期施肥，是根据农作物生长的每个阶段所需要的氮素量的不同进行施肥，能及时满足农作物的需要，因此能获得很好的增产效果。

到目前为止，虽然采取了许多措施，减少了氮肥的损失，提高了氮肥的利用率。但是，氮肥利用率仍然提高不多，仍有相当数量的氮肥被损失。因此，提高氮肥利用率的问题，各国仍在大量积极的进行了许多研究工作。氮肥增效剂的诞生，就是近年来，人们在减少氮肥损失，提高氮肥利用率的研究工作中，取得的一项重要成就。实践表明，氮肥增效剂能够有效的抑制氮肥的硝化和反硝化作用，减少氮肥损失，提高氮肥的利用率。其用量小，保氮增产效果显著，是当前提高氮肥利用率很重要的一项措施。

本书主要是介绍氮肥增效剂的基本知识，以便使广大群众能充分认识它，从而合理的施用它，使氮肥增效剂更好的为农业增产服务。

第一章 氮肥增效剂的基本知识

第一节 什么是氮肥增效剂

氮肥增效剂大多数是有机化合物，也有少数是无机化合物。将这种抑制剂单独或与氮肥按一定比例混合后施于土壤中，它能选择性地抑制土壤中硝化细菌或反硝化细菌对铵态氮的硝化作用或对硝态氮的反硝化作用，因而能减少氮肥损失、延长肥效，提高氮肥利用率，促进农作物生长和增产。所以也有人把氮肥增效剂称作硝化抑制剂或氮稳定剂。某些氮肥增效剂还兼有一定的肥效和农药。如除草剂、杀菌剂和杀虫剂的作用。

目前所说的氮肥增效剂都是属于具有选择性抑制土壤中亚硝化细菌活动的一类化合物，这是最重要的一类氮肥增效剂。例如氮肥增效剂CP（西吡），就是对土壤中亚硝化细菌具有高度选择性抑制作用的一种有机化合物，而对土壤中其他一些有益微生物没有抑制作用。因此，将其与氮肥一起施于土壤中，能够抑制铵态氮的硝化作用，减少氮肥损失，延长肥效，具有保氮增效的作用。此外，还有抑制尿素酶活动的一类氮肥增效剂，它能使尿素缓慢地转变成碳酸铵，即缓慢地释放出铵态氮供农作物吸收，能防止尿素过快放出铵态氮，农作物来不及吸收而被硝化损失掉。第三类是抑制土壤中反硝化细菌活动的一类氮肥增效剂，它能防止和减少土壤中硝态氮由于反硝化作用引起的损失。后两种类型的氮肥增

效剂虽然也有人在进行研究,但目前研究和报道的并不多,更没有见到实际应用的例子,故本书不作介绍。

氮肥增效剂的作用原理可用图1来简单描绘,我们目前使用的氮肥,绝大多数是铵态氮肥,铵态氮肥的损失,首先是从硝化开始的,氮肥增效剂正是抑制了硝化的第一个阶段,即亚硝化阶段,所以能有效的防止铵态氮的损失,使铵态氮得以保留,从而提高农作物对氮肥的利用率。

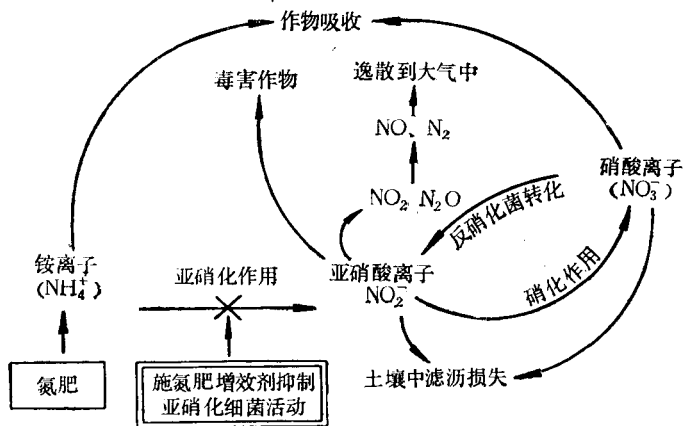


图1 氮肥增效剂的作用原理示意图

第二节 氮肥增效剂的基本性质

具有选择性抑制土壤中硝化细菌活动的性质,从而抑制铵态氮的硝化作用是氮肥增效剂独特的性质。能够抑制土壤中硝化细菌活动的化合物是很多的,但不是都可以作为氮肥增效剂使用。作为一种氮肥增效剂应该具有下面一些基本性质。

(1) 硝化抑制能力强。用量少,效果高,有效期长。

一般用量应为氮肥含氮量的百分之五以下，提高氮肥利用率应在20%以上。

(2) 毒性低。在正常使用剂量下，对人、畜、水生物、农作物以及土壤中其他有益微生物均应无害，超过使用剂量四到十倍时，也仍然应当安全。

(3) 残留量低，不污染环境。在农产品中残留量低，在动植物体内不发生积聚作用，在土壤和水中能缓慢地分解和消失，不污染环境和产生公害。

(4) 物理化学性质稳定，不易分解、流失和挥发，能与化肥均匀混合使用而不引起化学反应和互相影响效果。

(5) 能抑制铵态氮转化为亚硝态氮的过程，而不影响亚硝态氮向硝态氮的转化过程。最好能与铵态氮肥一起被土壤吸附或一起移动而不产生分离现象。

(6) 容易制造，原料易得，价格便宜，使用方便。

具备上述性质的氮肥增效剂，可以认为是比较理想的了。但是，这样十全十美的氮肥增效剂是很难找到的。大体上具备上述性质，在主要性质方面有可取的特性，如抑制硝化能力强，毒性低、化学稳定性好等，其他性质较差或者能以某种方式避免或弥补也是可以采用的。

第三节 氮肥增效剂的作用

氮肥增效剂的各种作用，都是通过它在土壤中，对铵态氮硝化过程的抑制作用而体现出来的。这一作用机理的实际应用和充分发挥，在实践中具有重大意义。

一、减少氮肥损失，提高氮肥利用率，促使农作物增产

抑制土壤中亚硝化细菌的活动，减缓铵态氮的硝化损失，提高农作物对氮肥的利用率，具有保氮增产作用，这是氮肥

增效剂得以产生、发展和应用的主要原因。例如，应用示踪氮测定表明，氮肥增效剂 CP（西吡）用量一般为氮肥含氮量的百分之一到百分之三，即能使作物当季利用率：碳铵由百分之二十七提高到百分之三十二，尿素由百分之三十五提高到百分之四十，硫铵由百分之四十五提高到百分之五十四。抑制效能一般能延续三十天到四十天。因而 CP 表现出显著的增产、节肥作用。

二、提高农产品品质

应用氮肥增效剂不仅能促使农作物增产，而且能降低农产品中硝酸盐的含量，提高农产品的品质。由于大量使用氮肥，土壤中硝酸盐的积累骤增，因而农产品中硝酸盐的含量也就随着增加，这就要影响农产品的品质。因为，粮食和蔬菜中含硝酸盐过量时，对人体有害。饲料中硝酸盐过量时，对牲畜有害。使用氮肥增效剂后，由于抑制了铵态氮的硝化作用，因而能减少硝酸盐的积累，这样就可以使农产品中硝酸盐的含量降低，保证农产品的品质。同时由于氮肥利用率提高，相应地就能提高农产品中蛋白质的含量，从而改善农产品的品质。

三、减少施肥次数，节省劳动力

由于硝化损失，化学氮肥的肥效期都较短。为了满足农作物在整个生长期的需要，往往要分多次进行施肥或追肥，特别是在灌溉区或多雨地区更是如此，这样不仅浪费氮肥，也耗用大量劳动力。使用氮肥增效剂后，能使氮肥较长时间保留在土壤中，延长肥效期。因此，一般可以早期施用氮肥，或在播种时一次施上所需要的全部氮肥，在农作物需要时仍可保证供给氮素营养。这样就能减少施肥次数，节省劳动力。例如，同样数量的氮肥，用在棉花和玉米上，不含 CP

的三次施用与含CP的一次施用的产量基本相同。

四、减少氮肥对土壤、地下水和环境的污染

随着科学技术的飞速发展，氮肥的生产和使用量越来越多，近年来，一些地区出现了氮肥对土壤、地下水和环境的污染问题。主要表现为由于土壤中无机盐浓度的增大而使土壤结构受到破坏，土壤板结，土质恶化，影响农作物的生长和发育。大量的酸性硝态氮经雨雪水和灌溉水等淋溶冲洗进入地下水，使土壤和水质酸化，从而危害人畜健康。使用氮肥增效剂能减少硝酸盐的生成和积累，因此，相应的减轻和防止硝酸盐所造成的污染，并且使土壤的酸碱度得到调节。

五、消除气害、保护臭氧层

土壤中硝态氮的积累量增加时，反硝化作用也就随着增大，于是就会释放出大量的酸性气体而污染空气，有的地方甚至使露滴呈现酸性，这样就会毒害农作物，影响农作物的生长，这种气体的危害叫做气害，这种气害在温室园艺栽培中表现比较明显，使用氮肥增效剂可以防止和减轻这种气害。

随着氮肥用量的增加，氮肥在土壤中被硝化和反硝化所形成的氧化氮也就越来越多。当氧化氮上升到地球外围同温层的臭氧层时，将会使臭氧层遭到破坏。而臭氧层的存在，能够大量吸收日光中的紫外线，保护人类和其他动物不致受到太多紫外线的照射，避免引起癌病和受到其他的损害，并可使气候不致发生突变。使用氮肥增效剂能减少氮肥生成氧化氮的数量，保护臭氧层不被破坏，从而保护人类及地球上生物的健康和使气候保持稳定。

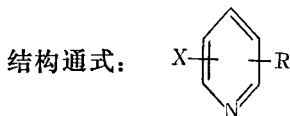
从上面的一系列事实可以看出，氮肥增效剂在许多方面都具有重要的作用和意义。而且氮肥增效剂的生产工艺和设备比较简单，原料来源广泛易得，投资少、投产快，用量

少，效果高。因此，在发展氮肥生产的同时氮肥增效剂的生产 and 应用都在迅速发展。

第四节 氮肥增效剂的种类

氮肥增效剂的品种较多，按化合物的化学结构可分为几十类，其中主要的有十六类，现分别简述如下。

一、卤代甲基吡啶类化合物



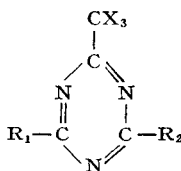
式中 X——卤素，如氯或溴；

R——烷基或卤代烷基，如三氯甲基等。

这是一类最重要的氮肥增效剂，其典型品种是 2-氯-6-(三氯甲基)吡啶，商品名称 N-Serev，即 CP 许多国家都对 CP 进行了研究，并已在农业上正式应用。本书将作较详细介绍。

二、均三嗪类化合物

结构通式：



式中 X——F、Cl；

R₁——三氯甲基或低烷基；

R₂——CX₃、NH₂ 或 CH₂NH₂。

均三嗪类化合物品种较多，硝化抑制作用效果较强，性质稳定，毒性较低，是一类有发展前途的氮肥增效剂。性能