

化学肥料的合理施用和经济用肥

中国科学院南京土壤研究所农化室

在批林批孔运动推动下,我国农业战线在连续十二年丰收基础上,今年夏熟又获得好收成。在肥料工业战线上,特别是文化大革命以来,有了很大发展,不仅数量不断增加,而且品种也不断增多。

为了使化学肥料在农业上发挥更好的作用,讲求合理施肥和经济用肥是十分重要的。这是我们社会主义农业的施肥制度中一项基本原则。实际上也只有在我们社会主义制度下,在计划经济的前提下,才能真正谈到合理施肥和经济用肥。

合理施肥的基本目的是提高肥料利用率,使同样多的肥料发挥更大的增产效果。从目前来看,我国化学氮肥和磷肥的利用率,都不是很高的。据统计,我国水田氮肥的利用率大约在35—60%左右,磷肥利用率一般在10—25%,也就是说,我们施到田里去的氮肥还有三分之一至三分之二没有真正发挥增产作用。磷肥有75—90%没有发挥作用,因此,合理施肥和经济用肥是发展我国农业的重要问题之一。如果我们能在全国内大力开展合理施肥和经济用肥,把目前已经证明了行之有效的方法推广起来,我国化肥的平均利用率就可以提高一步,这本身就相当于增加了大量化学肥料,对于进一步提高农业生产具有重要的现实意义。

下面主要从土壤的角度,对于合理施肥、经济用肥谈点认识和提一些意见,供各地参考。由于在碳酸氢铵方面,我们另有报告发表(参看本刊第3期),这里一般不再重复碳酸氢铵的合理施用问题。

一、关于氮素化肥的合理施用

我国生产的氮肥主要是铵态氮肥(包括尿素)和硝态氮肥两大类,而以铵态氮肥为主。这两类肥料由于它们的性质不同,在不同土壤上,合理施用的问题也有所不同。

在我国北方,对于大面积pH 7 以上的偏碱性的土壤来说,主要的是解决铵态氮肥的挥发损失问题。在我国南方,对于大面积的pH 7 以下的偏酸性土壤(包括水稻土),主要是要解决随下渗水流的淋失以及反硝化损失问题。

(一)北方地区氮肥的合理施用

在我国北方,一般说来硝态氮肥的淋失问题是不大的。虽然硝态氮肥几乎不被土壤吸附,容易遭到淋失,但由于北方雨量不高,而且在作物生长的时间内,淋失可以大大减轻。当然对于一些砂质土壤,淋失问题仍应予以充分注意。从整个北方地区来说,提高氮肥利用率的主要问题是防止铵态氮肥的挥发损失。根据山东、河南的小麦试验表明,硝态氮肥的肥效相当于硫酸铵的136%,这说明在北方防止挥发的重要。

从尿素来看,在土壤pH 7 的时候,就可变成氨气损失,当土壤的pH达到7.7左右时,

即可有严重的氨气挥发损失。尿素由于变成氨气挥发，损失量可以达到20—40%。为了防潮，一般将尿素制成粒状，但是粒状尿素在土壤中转化成碳铵以后，可以使肥粒所在的局部土壤的pH显著升高，所以尿素即使在中性和微碱性的土壤上，氨气的挥发损失也可能达到较大的程度。

硫铵、氯铵等氮肥施入北方石灰性土壤，特别是pH 9左右的碱土时，会很快地转化成碳铵分解，造成氨气的挥发损失。据有关单位测定，这种挥发损失在一周内即可达10%左右。

铵态氮肥在我国北方不同土壤的不同条件下，挥发损失的大小，当然是不一样的。一般是土壤碱性愈大，损失愈大，气温愈高损失愈大，土壤愈干损失愈大。而在代换量较大的土壤上，由于保肥力的增加，这类损失可以减少。

在北方的旱作地区，铵态氮肥施入土壤后，大约在1—2月内可以转化成硝态氮。一旦转化之后，氨气的损失就不存在了，从氨气损失的角度看，这无疑是个有利因素，但是由于这种转化不是立即进行的，所以氨气挥发损失的问题仍然是一个重要问题。

总之，在我国北方地区，从土壤的角度看，提高氮肥利用率的主要途径是减少以氨气状态挥发损失，根据这一认识，建议：（1）在化肥分配上，对北方应优先分配硝态氮肥；（2）在铵态氮肥（包括尿素）的合理施用，特别对于作基肥的铵态氮肥，必须强调深施盖土，据研究，一般铵态氮肥，只要深施2—3寸左右，就可以有效地防止挥发损失，而碳铵、尿素、氨水可能还要深一些。当然，施肥的具体深度还要同时考虑作物根系特点，因地制宜地灵活掌握。

（二）南方地区氮肥的合理施用

我国南方pH 7以下的土壤占绝大多数，而且其中水田面积又占主要比重。在这类土壤上除了碳铵和氨水以外，基本上不存在北方地区的氨气挥发损失问题。在合理施用氮肥和提高利用率方面，主要应该解决的问题，一是防止淋失，二是防止反硝化。

1. **硝态氮肥** 由于硝态氮基本上不能被土壤吸附，同时南方的雨量比北方大得多，所以淋失的可能性远远大于北方地区，加上水田中硝态氮肥由于反硝化作用可能造成的损失，这就使得硝态氮肥在我国南方不大受农民欢迎。科研材料也说明，硝态氮肥在南方旱作上，由于淋洗所造成的损失可以达到施肥量的20—25%，当然在雨量不同，土壤砂粘性不同的情况下，有很大的变幅；在水田中施用硝态氮肥的肥效，一般只相当硫铵的87—93%，有时可低至57—70%，而淋失加上反硝化的损失可以达到20—50%。

2. **铵态氮肥** 在我国南方铵态氮的淋失远比硝态氮为小，因为铵离子可以很好地为土壤吸附，这就在很大程度上减少了淋失的可能。但是结合我国南方的具体条件来看，铵态氮肥的淋失仍然是一个应该普遍注意的问题。因为：（1）我国南方雨量较大；（2）在南方的旱作酸性土壤上，由于代换铝的存在，减弱了土壤对铵的保肥能力；（3）铵态氮素一旦转化为硝态氮之后，淋失的可能性即显著增加。在反硝化损失方面，按理铵态氮肥不存在反硝化问题，因为只有硝态氮才能进行反硝化。但是，由于水稻土表层一厘米左右范围内，仍然处于氧化状态，这就使得施入的铵态氮肥转化为硝态氮，当下移到还原层后，就有被反硝化损失的可能，这是在水田中施用铵态氮肥必须注意防止这种途径的损失。

尿素在转化为碳铵之前，几乎不被土壤吸附，因此，在一段时间内，应注意可能造成的

淋失问题,特别在水田中,更应注意尿素转化前淋失的可能。但是,当它一旦转化为铵态氮,就可以被土壤很好地保持,特别是在水田中。

从上面的情况看,在南方,氮肥的合理施用,主要地是要防止淋失和反硝化可能造成的损失,从而提高利用率。在这方面各地有不少经验,这里只重点地提出以下几点:(1)在氮肥分配上在可能的条件下,南方应优先分配铵态氮肥;(2)在氮肥作基肥时,应注意深施,对水稻最好作到全层施肥,有的试验证明,铵态氮肥只要深施在5厘米内,其肥效就可比表面撒施提高30—50%;(3)在氮肥作追肥时,追后尽可能耘耨(水稻)或盖土(旱作);(4)尿素作为水稻的基肥施用,最好在施后几天再灌水。

二、关于磷肥的合理施用

磷肥不存在挥发损失的问题,也基本上不存在淋失的问题。而磷肥所以利用率低,主要原因是:

1. **磷的固定** 水溶性磷肥施到土壤中以后,很快地和土壤中的铁、钙、铝等结合形成不溶性的化合物。就是所谓“磷的固定作用”。在磷被固定的短期内,由于产物的比面大,仍然可以保持一定的肥效,但随着时间的延续,老化和结晶可使肥效在不同的程度上降低。这种固定现象在南方和北方都同样存在。但对肥效的影响,南方比北方严重。

对于不溶性磷肥来讲,因为它要有个溶解过程才能被作物利用,所以,虽然这些磷肥中磷的固定问题较小,但肥效并不比水溶性磷来得高。

2. **磷的移动性小** 磷在土壤中运动很微弱,远远不如氮肥活泼。我们知道,肥料要被作物吸收,必须和根直接接触,但和根直接接触的土壤一般只占耕层土壤体积的4—10%,如果不考虑作物根系本身的不断伸展,在磷肥运动很弱的情况下,作物将不能利用不和根直接接触的那一部分土壤中的肥料。磷的运动微弱的缺点,就显著地影响了它的肥效。这一问题在南、北方一切土壤中都存在。

以上是磷肥利用率低的主要原因。因此,合理施用磷肥的原则,从土壤角度来看,主要是采取措施,减少水溶性磷肥的固定和增加非水溶性磷肥的溶解;以及尽量增加磷肥和根系直接接触的机会。在具体措施上我们建议采用以下办法:(1)磷肥在施用前先用3—5倍的质量好的厩肥或堆肥混合,然后再施。这是因为有机肥具有很大的代换性能,能和大量固磷物质如钙、铁、铝等螯合,从而保护磷素,以减少其固定作用。并且也有助于非水溶性磷肥的溶解;(2)采取集中施肥的方法,大大增加磷肥和根系接触的机会。这些方法有条施、穴施、沾秧根、塞秧兜、拌种等等,可以因地制宜地广泛采用。这些集中施肥的方法,都可以在不同程度上提高磷肥的利用率。比如一个试验结果证明,磷肥沾秧根,可使利用率提高到48%,塞秧兜提高到38%,而撒施的磷肥对照,利用率只有13%;(3)在南方水稻地区一般都实行水旱轮作。在轮作中,要根据整个轮作周期中的作物、土壤、肥料等特点,统盘考虑,合理施磷。在一个轮作周期中,不一定季季施磷肥,更不一定每季都要施40—50斤/亩,有些地方磷肥施用高达100斤/亩以上更是不必要的。

前些年我们曾在江西红壤性水稻土上,按以上设想进行了大田试验,一种方法是季季施,每季40斤磷肥,两季总用量80斤。另一种是两季总用量40斤,但重点用在旱作上,结果两种方法得到了基本接近的增产效果。

为什么两种不同磷肥用量，却得到大体一样的增产效果呢？这主要的是利用了淹水后，磷素(包括上季留下来的肥料磷和土壤磷)有效性提高这个有利因素。研究表明，在前季旱作上施入的磷肥，在旱作收获后，仍有70—80%留在土壤中，未被作物吸收，这些磷，由于土壤的固定作用，而转化为作物难于利用的状态。但是，在种后季水稻时，由于淹水所造成的还原条件，使这部分被固定的磷转化成对作物大体有效的非结晶状态磷酸铁，从而显著提高了磷肥对水稻的肥效。据应用同位素的测定表明，淹水后，土壤中的有效磷量可以提高2—3倍，这样，对于水稻来说，除去当季施入的磷肥外，还可以得到上季留下来的磷的供给。这就为后作水稻减少磷肥用量而不会降低增产效果提供了可能。对于双季稻的后季稻来说，淹水的还原条件，除去可利用前两季留下的肥料磷以外，由于淹水时间更长，有可能使土壤中一部分闭蓄态磷被释放，因此对于三熟制中的后季稻，磷肥用量可以更少一些。

根据这些情况，我们建议在我国南方的不同水旱轮作条件下，可以考虑以下施磷原则：(1) 在绿肥和双季稻轮作时，绿肥要施足磷肥，早稻不施磷或施很少量磷，晚稻少施磷，简称为“绿重早免晚轻”；(2) 在旱作和单季稻轮作时，旱作施足磷肥，水稻降低用量，简称为“旱重水轻”；(3) 在旱作和双季稻轮作时，旱作施足磷，早稻减少用量，晚稻少施磷。简称“旱重早轻晚少”。以上几种施磷肥的方法，有可能在一个轮作周期中显著减少磷肥用量而达到大体同样的增产效果。建议各地先在以磷酸铁为主的水稻土上作试验然后推广。

总之，在我国南方的水旱轮作中，合理施用磷肥应该注意：(1) 要尽量采用集中施肥的方法；(2) 要尽量利用淹水转化后，磷素有效性提高的有利条件；(3) 在有绿肥或豆科作物参与的情况下，要尽量利用豆科以磷增氮的特点。

在应用前述方法时，磷肥用量要根据土壤缺磷不同而因地制宜地掌握，最低能减到多少，应该是根据养分平衡的原则，并考虑到可能回田的部分。这样就可能在减少用量增加产量的同时，仍然可以不断提高土壤的磷素水平。

在磷肥的运销分配上，由于磷肥并不是任何土壤都缺，故应注意分配到磷肥确实有效的地区，以免造成不必要的损失。

另外，在开辟磷肥肥源方面，还有两个问题值得注意：

1. **钢渣作磷肥的利用** 钢渣作磷肥，已经整整八十年了，西欧一些国家，主要使用钢渣磷肥。钢渣磷肥的肥效，我国和国外的结果都证明是不成问题的，基本上相当于钙镁磷肥的肥效。而且钢渣中含有大量硅，据日本资料对水稻有很好的效果。1963年马鞍山钢铁厂曾试生产一批钢渣磷肥，含磷量为15—17%。质量很好。1972年我们在江苏进行试验用的钢渣，含磷较低，一般为5—7%，也有一定肥效。目前我国钢渣基本上没有作磷肥来使用。生产钢渣磷肥，从技术上说，困难是可以克服的，而且还可废物利用(当然也可做水泥)在今天农业上迫切需要磷肥的情况下，应把这一磷肥资源充分利用起来。即使可能存在一些具体困难，也应设法解决。

2. **磷矿粉肥的应用** 近年来在燃化部以及农业、商业单位的大力推动下，我国磷矿粉肥的利用有了很好的进展。要继续大力抓好这方面的工作，特别是对中低品位和小矿的利用，很有前途。如广西、湖南的溶洞型小矿，肥效很好，在一些情况下，肥效可以接近化学磷肥，而这些矿基本上不适于工业利用，不存在和工业争原料的问题。

三、钾肥的合理施用

钾肥问题和氮、磷肥不同。目前摆在我们面前的主要任务是：(1) 尽快搞清土壤的钾素情况,明确那些土壤有效,那些土壤无效;(2) 抓紧钾肥资源勘探和开发。

我们先后在广东、浙江、江西、江苏进行的肥效试验结果表明,在缺钾土壤上,施用钾肥对于水稻、小麦、大豆、黄麻、甜菜、番薯等,一般可增产10—20%;在橡胶树上,钾肥可以有效地防治黄叶病;但也有一些土壤,并不缺钾,施钾无效。

根据我们初步的试验结果,认为可能缺钾的地区有,广东奥西北部,雷州半岛,海南岛北部,广西南部,云南南部,福建南部,浙江中部,江西中部,湖南中部,湖北南部,江苏徐州的沙土区和镇江的白土区。

这只是几个例子,由于目前资料还很有限,所以并不是说其他地区不可能缺钾。同时,既使在同一地区,土壤也是不同的,所以也不是说在上述地区任何田块都缺钾。

为了尽快判明那些土壤缺钾,除去进行必要的大田试验外(这是最可靠的方法),建议试用土壤和植株养分缺乏诊断的化学速测法(包括N、P、K),据根我们的初步资料,土壤有效钾在15斤/亩以下、缓效钾在90斤/亩以下的土壤都可能缺钾。土壤有效钾在50斤/亩以上、缓效性钾在360斤/亩以上时,一般钾肥可能无效,土壤不缺钾。介于这两者之间的土壤,钾肥可能有效,其有效性根据作物、施肥水平等不同而有所不同。

在目前我国钾肥资源还不太清楚,而且钾肥产量还不多的情况下,为了满足目前缺钾地区的需要,对于水泥窑灰钾肥的应用以及长石等含钾矿物的利用,也应给以应有的注意。

* * *

在讨论如何提高化肥利用率的问题的时候,这里也提一下如何提高土壤本身的氮、磷、钾的有效性。我们知道,土壤本身含有的氮、磷、钾,如果全部都是有效态的话,对一般农田来讲,氮、磷可以供作物用十年以上或几十年,钾可以供作物用1—2百年。但是,土壤中的这些养分,绝大部分都是对作物难于利用的状态。因此,研究活化土壤潜在肥力应该是今后科研上一个值得注意的问题。

另外,我们前面主要谈的是化学肥料的合理利用问题,而有机肥料,在我国农业上同样具有十分重要的作用,它不仅是一个多种养分的来源,而且还可对土壤的物理性质、化学性质、生物性质产生巨大而良好的作用,这后一作用,化学肥料一般是不具备的。因此,对于有机肥料的合理利用,以及开辟新的有机肥料的来源,也是今后应当给予巨大注意的问题。

我们相信,在毛主席革命路线指引下,我国的农业建设和肥料工作,一定会取得更大的成就。

更正 本刊1974年第5期187页表3中第3横行第6项应为“稻”,特此更正。