

农业技术百事通丛书

林继雄 编著

# 怎样科学用化肥

农村读物出版社



农业技术百事通丛书

# 怎样科学用化肥

林继雄 编著

农村读物出版社

农业技术百事通丛书  
**怎样科学用化肥**  
林继雄 编著

\* \* \*

责任编辑 裴浩林

农村读物出版社出版（北京市朝阳区农展馆北路2号）  
新华书店北京发行所发行 中国农业出版社印刷厂印刷

787×1092mm32开本 2.25印张 45千字

1996年7月第1版 1996年7月北京第1次印刷

印数 1—8 000册 定价 4.00元

ISBN 7-5048-2675-8/S·245

## 农业技术百事通丛书

主 编 吕飞杰

副 主 编 王汝谦 司洪文

编辑人员 裴浩林 李建知 安成福

张 文 许世卫

# 目 录

|                      |    |
|----------------------|----|
| 一、化肥在农业生产中作用 .....   | 1  |
| 二、作物必需的营养元素 .....    | 3  |
| 三、土壤条件对施肥影响 .....    | 5  |
| 四、有机肥与化肥配合施用 .....   | 7  |
| 五、氮肥的适宜用量 .....      | 9  |
| 六、尿素的性质与施用 .....     | 12 |
| 七、碳铵的性质与施用 .....     | 13 |
| 八、氯化铵的性质与施用 .....    | 15 |
| 九、其他氮肥的性质与施用 .....   | 16 |
| 十、磷肥的合理施用 .....      | 19 |
| 十一、水溶性磷肥的性质与施用 ..... | 21 |
| 十二、枸溶性磷肥的性质与施用 ..... | 22 |
| 十三、磷肥的施用方法 .....     | 24 |
| 十四、施钾要因土因作物而异 .....  | 26 |
| 十五、硫酸钾的性质与施用 .....   | 27 |
| 十六、氯化钾的性质与施用 .....   | 29 |
| 十七、钾肥的用量和施用方法 .....  | 30 |
| 十八、氮磷钾化肥的平衡施用 .....  | 32 |
| 十九、复合肥料种类与优点 .....   | 34 |
| 二十、复混肥的性质和施用技术 ..... | 35 |
| 二十一、复合肥的用量计算 .....   | 37 |

|                        |    |
|------------------------|----|
| 二十二、锌肥的功能和增产效果 .....   | 39 |
| 二十三、锌肥有效施用技术 .....     | 41 |
| 二十四、硼肥的功能与有效施用 .....   | 43 |
| 二十五、钼肥的功能与有效施用 .....   | 45 |
| 二十六、锰肥的功能与有效施用 .....   | 46 |
| 二十七、铁、铜肥功能与有效施用 .....  | 48 |
| 二十八、叶面肥的优点和成分 .....    | 50 |
| 二十九、叶面肥的施用与肥效 .....    | 52 |
| 三十、碱性土壤施用石膏 .....      | 54 |
| 三十一、酸性土壤施用石灰 .....     | 55 |
| 三十二、常用化肥的贮存 .....      | 57 |
| 三十三、肥料混合规则 .....       | 58 |
| 三十四、常用化肥定性鉴别 .....     | 60 |
| 附表 .....               | 63 |
| (一)作物营养元素缺乏症检索简表 ..... | 63 |
| (二)常用氮肥质量标准 .....      | 63 |
| (三)常用磷肥质量标准 .....      | 64 |
| (四)常用钾肥质量标准 .....      | 64 |
| (五)复混肥料专业标准 .....      | 64 |

化肥在农业生产中占有重要位置。国内外农化专家普遍认为,在其他生产因素不变的情况下,农作物施用化肥可增加产量 40%~60%。由于我国农民施用化肥多停留在经验施肥的水平上,化肥利用率仅 30%~40%,因此浪费和损失惊人。本文结合农业生产的实际,介绍科学施肥的基本知识和易操作的实用技术。应用此知识指导施肥可减少投入、增加产出、改善地力,获得更好的经济和社会效益。

## 一、化肥在农业生产中作用

我国人多,人均耕地只占世界平均的 1/3;大部分耕地长期是投入少、产出多,土壤潜在肥力低;耕地中有机物循环和再利用率不高。所以,要多产出就需要有更多的化肥投入,其主要作用有以下几点:

(一) 提供大量优质农产品 我国大量田间试验结果表明,化肥施用得当,每千克养分能增产粮食 8.5~9.5 千克,经济效益较好。1992 年我国化肥按养分计施用量为 2930 万吨,  $N : P_2O_5 : K_2O = 1 : 0.39 : 0.14$ ,如果 80% 的化肥用在粮食作物上,仅粮食的增产量就占当年总量的 45%~50%。

从能量观点来看:1 克化肥 N(氮)约增产生物产量 24 克,每克生物能为 4.2 千卡,即 1 克化肥 N 能转换生物能量 100.8 千卡。但合成 1 克化肥 N 的耗能仅 24 千卡,增加了 3

倍多。当然,也有的农民增施化肥后增产不显著,原因很多,但不是化肥的本身而是施肥不科学造成的。

(二) 让更多有机肥返田 有机肥和化肥的作用是一致的,是可以互相转化的。增施化肥提高了产量,不仅增加了粮食也增加了秸秆。粮食和秸秆的增多,使饲料、燃料、肥料的紧张状况得到缓和,也有利于畜牧业的发展,不仅满足了社会对副食品需求,也增加了有机肥返田的肥源。

一些地区土壤有机质含量确有下降的现象,主要原因是种田不施肥、少施肥,或过量单施氮肥而忽视有机肥的返田等。

(三) 改善土壤养分状况 据不同地区 30 个连续施肥 5~10 年的定位试验,在不施或少施有机肥的情况下,其结果:①每季亩施磷肥( $P_2O_5$ )3~5 千克,土壤有效磷含量比试验前增加 40%~90%;而不施磷肥则下降 23%~54%。②每季亩施钾肥( $K_2O$ )5~10 千克,土壤有效钾比试验前平均增加 20%左右。③增施 NP(氮磷)或 NPK(氮磷钾)化肥,土壤有机质含量升降幅度很小,影响不大。我国缺磷钾土壤面积日益增加,单靠有机肥返田远不能满足作物的需求,以上表明增施 NP 或 NPK 化肥不会造成土壤有机质下降,还可改善土壤养分状况,对土壤磷钾含量的提高尤其明显。

我们也应该看到由于不合理用肥确实会给土壤和环境造成不良影响。例如,在同一地块上长期单施氮肥,尤其硫酸铵往往造成土壤板结,肥力下降;在酸性土壤上连续施用生理酸性肥料,会使土壤酸性加重,影响作物正常生长;施用较多的含氯化肥不仅会影响忌氯作物的产品质量,还会加深盐碱地土壤的盐碱化;过量施用氮肥还会造成环境污染等。这些问题通过合理用肥可以减轻或完全避免的,在后面有关的内容上



会讲到。

综上所述,化肥在我国农业生产中起很大作用,不仅给社会提供大量优质农副产品,而且有利于更多的有机肥返田,改善土壤肥力状况。同时,化肥施用合理也可以避免土壤结构的破坏和环境的污染。

## 二、作物必需的营养元素

作物体中含有几十种元素,其中多数元素并非每种作物生长都必需的。作物必需的营养元素一般应符合三个条件:①所有作物都是不可缺少的;②其他元素不可代替的;③对作物起直接营养作用。

(一) 作物必需营养元素有 16 种 碳、氢、氧、氮、磷、钾、钙、镁、硫、氯、铁、锰、锌、硼、铜、钼等 16 种元素是作物必需的营养元素。前 9 种占作物体干物重千分之几以上的营养元素叫大量元素,后 7 种占作物体干物重万分之几以下的叫微量元素。而氮、磷、钾三个元素作物需要量较多,但土壤中供给较少,往往需要以肥料形式加以补充,又通称为肥料三要素。

硅(Si)、钠(Na)、钴(Co)、硒(Se)、钒(V)、镍(Ni)、钛(Ti)等元素,目前均不列为作物必需的营养元素。因为其中有的暂不能肯定是每种作物都必需的;有的本身不起直接营养作用,但对某些作物具有生长调节功能,也称为有益元素。氯元素在 80 年代才被确定为作物必需的营养元素。随着科学研究的进一步深入,今后也可能发现新的作物必需营养元素。

(二) 作物必需营养元素是同等重要的 16 种必需营养元素在作物体内无论含量多少,均有各自的生理功能。因此,它们是同等重要的,也是不可相互代替的。例如锌元素一般占

作物干物重的十万分之二,但是如果缺少了它,作物就表现为植株矮小、节间缩短、小叶丛生、叶色褪绿。其他营养元素施用再多也只能起到延缓危害的作用。所以施肥要看作物缺素情况,有针对性地均衡供给。

(三) 作物必需营养元素的含量 作物不同器官组织中各种营养元素含量都不同,就是同一部位,也受作物品种、发育阶段、栽培条件的影响。此外,可利用形态的元素才能被作物吸收,化肥中的有效元素都是作物可利用的。表1可看作一般作物嫩芽和叶片中必需营养元素含量的大体趋势。

表1 嫩芽和叶片中必需营养元素的一般含量

| 营养元素 |       | 作物可利用的形态                                                | 占作物干重(%) |
|------|-------|---------------------------------------------------------|----------|
| 大量元素 | 碳(C)  | $\text{CO}_2$                                           | 42.1     |
|      | 氢(H)  | $\text{H}_2\text{O}$                                    | 37.9     |
|      | 氧(O)  | $\text{O}_2, \text{H}_2\text{O}$                        | 5.5      |
|      | 钙(Ca) | $\text{Ca}^{2+}$                                        | 0.6      |
|      | 钾(K)  | $\text{K}^+$                                            | 5.5      |
|      | 氮(N)  | $\text{NO}_3^-$ 、 $\text{NH}_4^+$                       | 4.3      |
|      | 磷(P)  | $\text{H}_2\text{PO}_4^-$ 、 $\text{HPO}_4^{2-}$         | 0.45     |
|      | 镁(Mg) | $\text{Mg}^{2+}$                                        | 0.3      |
|      | 硫(S)  | $\text{SO}_4^{2-}$ 、 $\text{SO}_2$                      | 0.3      |
| 微量元素 | 锰(Mn) | $\text{Mn}^{2+}$                                        | 0.01     |
|      | 铁(Fe) | $\text{Fe}^{2+}$ 、 $\text{Fe}^{3+}$                     | 0.03     |
|      | 氯(Cl) | $\text{Cl}^-$                                           | 0.05     |
|      | 硼(B)  | $\text{H}_2\text{BO}_3^-$ 、 $\text{B}_4\text{O}_7^{2-}$ | 0.001    |
|      | 铜(Cu) | $\text{Cu}^{2+}$                                        | 0.001    |
|      | 锌(Zn) | $\text{Zn}^{2+}$                                        | 0.002    |
|      | 钼(Mo) | $\text{MoO}_4^{2-}$                                     | 0.0002   |

### 三、土壤条件对施肥影响

全国化肥试验网定位试验结果,作物10年平均从土壤和肥料吸收的养分:水稻约2:3;冬小麦3:2;夏玉米1:1;一熟区旱作1:2。作物将近一半的养分来自土壤,所以土壤的养分状况及供肥能力对施肥有很大影响。

(一) 土壤养分状况与施肥 据“中国化肥区划”等资料统计,目前我国农业土壤普遍缺氮,约75%缺磷,30%左右缺钾。随着氮肥用量、复种指数和单产的提高,今后缺钾的面积还会扩大。

1. 氮素 一般认为土壤有机质含量大于2.5%为高,1%~2.5%为中等,小于1%为低。我国约半数以上的土壤有机质含量在0.5%~1%之间,尤以华北平原、黄土高原较低,仅1%左右。土壤中的氮素90%以上在有机物中,因此我国土壤氮素含量也普遍低。所以施用氮肥一般均有显著的增产。

2. 磷素 土壤速效磷丰缺可作为指导施磷的依据。我国土壤速效磷含量大多小于10ppm,为缺磷土壤。北方地区缺磷程度比南方严重,特别是黄淮海地区,施磷效果更为显著。

3. 钾素 速效钾含量小于70ppm为缺钾土壤,施钾肥一般增产明显。我国南方土壤缺钾面积大于北方,华南地区尤其严重。所以,高产地区尤其南方是施钾的重点。

4. 微量元素 目前我国土壤以锌、硼为最缺,钼、铁、锰、铜次之。粗略估算,缺硼、锌面积分别为2亿亩、1亿亩。因不同作物对缺硼、锌的敏感程度不同,缺素面积可能要少。

为了提高施肥的效益,我国一般采取土壤缺什么养分,补充什么养分;缺多少,补多少。从化肥来看,多是在施用氮肥的

基础上,增施磷肥或磷钾肥,有些地块还要用少量的微肥。这与我国土壤养分状况密切相关。

(二) 土壤质地与施肥 不同土壤质地,保肥供肥性能不同,对施肥影响较大。

1. 砂土类 土壤一般特点是气多、水缺、养分少、土温高而不稳,农民叫热性土。砂土地肥劲猛而短,“发小苗,不发老苗”,又易漏水漏肥,因此应适时适量分次施肥浇水,以免用多了肥引起“烧苗”和养分流失。如果砂土地施化肥能配合有机肥一道施,效果更好。

2. 粘土类 土壤一般特点是气少、水多、养分含量高、土温低而稳,农民叫冷性土。粘土类保肥保水性能好,肥力缓而长,“发老苗,不发小苗”。因此化肥一次用量多一些也不致造成“烧苗”或养分流失。但是,如果后期施用氮肥过多,易引起作物贪青晚熟。在粮食作物上,一般用70%左右的氮肥作底肥,30%左右作追肥比较适宜,单产不高的地块也可一次性作底肥。

3. 壤土类 土壤耕性好,有机质分解较快,供肥性也好,土性温暖,水、肥、气、热比较协调。群众对壤土类评价很高:“粘土掺砂土,一亩抵二亩”,通气透水性和保水保肥能力较强,“发小苗,也发老苗”。在生产实践中一般采用均衡施肥,底肥和追肥并重;但在粮食产量不高的地区,也可以一次施足底肥,不再追肥。

(三) 土壤酸碱度与施肥 土壤酸碱度用pH值表示。我国北方多是石灰性土壤,一般pH值在7~8.5,微碱性;南方大多pH值在5.5~7,微酸性。pH值在6~8的范围,许多作物都能很好生长(表2)。土壤过酸或过碱会影响作物正常生长,以及土壤和肥料中养分的溶解、沉淀和微生物的活动,从

而影响到养分的有效率。

土壤 pH 值在 6~8 时,有利于氨化细菌和硝化细菌活动,加强土壤中含氮物质向有效性方面转化,氮素有效性提高。土壤中的磷以 pH 值 6~7.5 时有效性较高,大于 7.5 时磷易与土壤中钙结成为难溶的磷酸钙;小于 6 时磷又易与土壤中铁、铝结合为难溶的磷酸铁、磷酸铝。土壤中钾以 pH 值 6~10 有效性较高。钙、镁、铜、锌、铁等在碱性条件下有效性下降;pH 值小于 7 时,钼的有效性低;硼的有效性范围较宽。

可见在土壤 pH 值不同时,土壤养分的有效性会发生变化,有的地块可能造成缺素,此时要及时施肥。同时,改造过酸过碱的土壤,可提高土壤养分的有效性和施肥的效果。

表 2 主要作物最适宜的土壤酸碱度(pH)

| 作物      | 最适范围    | 作物       | 最适范围    |
|---------|---------|----------|---------|
| 茶 树     | 5.0~6.0 | 烟 草      | 5.6~6.5 |
| 肥 田 萝 卜 | 5.0~6.5 | 大 麻      | 6.0~7.0 |
| 红 萍     | 5.0~7.0 | 甘蔗 甘薯 谷子 | 6.0~7.5 |
| 金 花 菜   | 5.0~8.5 | 桑 树      | 6.0~8.0 |
| 荞 麦     | 5.5~6.0 | 蚕 豆      | 6.2~7.0 |
| 紫 云 英   | 5.6~6.5 | 小 麦 等*   | 6.5~7.5 |
| 油 菜 芝 麻 | 5.5~7.0 | 棉 花      | 6.7~7.5 |
| 水稻 马铃薯  | 5.5~7.5 | 甜 菜      | 7.0~7.8 |
| 豌豆 田 菁  | 5.5~8.0 | 紫 花 苜 蓿  | 7.0~8.0 |

\* 小麦等,表示包括小麦、大麦、玉米、高粱、大豆、花生、苕子。

## 四、有机肥与化肥配合施用

有机肥料也称农家肥,是一种完全肥料,含有丰富的有机质和多种营养元素。生产实践说明,有机肥料和化肥配合施用

比各自单独施用,经济效益和社会效益更好。

(一) 有利于作物稳产高产 有机肥后劲大,有利于稳产;化肥肥效快,有利于高产。两者相互配合,能促进作物稳产高产。笔者在河北省石家庄地区连续14年的有机肥与化肥配合的定位试验结果:单施有机肥历年亩产大多在150~220千克,平均191千克,产量较稳定但很低;单施化肥(NPK)历年亩产大多在300~450千克,平均388千克,产量较高但不稳定;等量的有机肥与化肥(NPK)配合施用,历年亩产大多在380~450千克,平均402千克,产量高而稳。

(二) 有利培肥地力 有机肥含有多种营养元素,经微生物作用可增加土壤有效养分,这个过程叫矿质化作用。目前,有机肥在我国肥料的总投入中,氮约占25%~30%、磷35%~40%、钾80%~85%、微量元素95%以上。有机肥在微生物作用下,形成一种有机胶体的腐殖质,能把土粒胶结在一起,形成较稳定的团粒结构。它使土壤耕性变好,不板结,一般可提高地温2~3℃,增加含水量2%~4%,保水保肥性能都相应增强。从大量有机肥化肥配合定位试验结果来看,两者配合施用除因钾肥用量目前较低,土壤钾素含量变化不明显外,土壤有机质、速效氮、尤其速效磷含量都有明显增加。

(三) 提高肥料增产效果 有机肥中的有机酸,如草酸、乳酸、酒石酸等与土壤中钙、镁、铁、铝形成稳定性的络合物,可以减少磷的固定和铁、铝的毒害,提高磷肥的肥效;有机酸及其盐类还能提高对土壤酸碱度的缓冲能力。氮肥可调节有机肥中的碳氮比例,更好满足微生物活动的营养,既加速有机质本身的分解,也有助于土壤中磷、钾等矿质养分的释放,从而加速土壤中“生物小循环”的过程,提高当季肥效。

据中国农科院土肥所 12 年定位试验结果表明：每年亩单施有机肥 2500 千克、单施氮肥(N)12 千克、同样数量的有机肥与氮肥配合施用，小麦亩均增产分别为 37 千克、40 千克、112 千克。有机肥与氮肥配施肥效的提高非常显著，比单独施用的增产总和还多 35 千克。

(四) 改善产品品质 均衡供给作物养分，才能改善产品品质。我国土壤中有的缺 1~2 种营养元素，有的缺多种营养元素。而目前我国以氮肥为主，与磷肥、钾肥以及某些微肥的比例不协调。有机肥料含有较多的磷、钾和多种微量元素，与化肥配合施用，可以缓和不平衡施肥对产品品质的影响。中国农科院土肥所在山东省进行的 5 年小麦定位试验分析：不施肥、单施氮肥、单施厩肥、氮肥厩肥配施，小麦面筋的平均含量分别为 10.2%、10.5%、10.0%、12.9%。氮肥厩肥配施小麦面筋含量增加，小麦容重也提高 27~28 克；蔬菜作物如果偏施氮肥会造成植株碳水化合物过多，易引起病虫害、烂菜、难贮存等质量问题。

综上所述，有机肥和化肥各有特点，前者肥效持久在培肥地力和保持作物稳产优质方面有重要作用；后者提供速效养分，肥效快，短期内能促使作物大幅度增产。两者配合施用能充分发挥肥料的增产作用。

## 五、氮肥的适宜用量

我国土壤普遍缺氮，作物需氮量又多。所以我国氮肥用量最大，肥效也较显著。目前每千克氮肥(N)一般增产粮食 8~12 千克，利用率为 30%~40%，增产潜力还很大。氮肥的适宜用量和深施是提高肥效最重要的措施。

(一) 氮肥用量不是越多越好 作物氮素缺乏会出现缺氮症状,叶片淡绿、早衰、产量低;氮素过量,叶片柔软多汁、易病虫害、贪青晚熟、减产。施肥还存在“报酬递减”现象,即在一定施肥量范围内,随着用量的增加,作物产量也在逐步提高,但每单位化肥的增产效益下降。所以氮肥的适宜用量不是越多或越少越好,而要兼顾产量和纯收益两方面。

如果增产的产品价格接近增施的化肥价格,就可以得到较高的产量和最大的纯收益。这时氮肥的用量称为合理或最佳的施氮量。氮肥的合理用量也是变化的,因为“报酬递减”现象是在其他条件不变的情况下,如果随着氮肥用量的增加,磷钾肥也相应增加,以及作物品种和其他生产条件的改善,“报酬递减”也会相应减弱。此外,粮肥比价的变动也会改变合理施氮量。

(二) 氮肥分配要均衡 高产地区经济一般较强,氮肥施用过量是普遍存在的问题。它不但不能提高产量,反而造成氮素损失,甚至污染环境,增加周围水源的硝酸盐、亚硝酸盐的含量。如果这些地区要保持高产、稳产、低成本,目前不是增加氮肥的投入,而是要进一步选育高产耐肥品种,改善栽培管理措施和提高施肥技术。

据肥效试验,在中低产地区每千克氮(N)一般能增产小麦12~14千克,而高产地区仅为5~8千克。根据现在粮、肥价格,在高产地区的氮肥投入大多也有较好收益,但与中低产区比较,经济效益约差一倍多。目前我国氮肥仍然不足,所以在有灌溉条件的中低产地区要增加氮素等肥料的投入,达到均衡分配,大面积增产。

此外,花生、大豆和豆科绿肥等作物一生需氮量中约2/3靠根瘤菌固定空气中的氮素,只需在生长初期施用少量氮肥



以促进根瘤形成。如果氮肥施用过多,反而会妨害根瘤形成,降低固氮作用。果树、林木和某些经济作物长期以来不施或少施化肥,如果在这些作物上增加氮素等化肥投入,经济效益会大幅度提高。

(三)“以产定氮”方法易推广 确定氮肥用量的方法很多,主要有:“养分平衡法”、“肥料效应函数法”、“测土施肥法”、“营养诊断法”、“配方施肥法”等。它们各有长处,也有不足的地方。有的过于繁琐影响推广,有的测试值或系数难于准确,都需要今后进一步深入研究,逐步完善。

“以产定氮”确定施肥量是各地大量肥效试验结果统计,虽然是半定量的,但使用方便,容易推广。由于我国土壤氮素普遍缺乏,而且氮素化肥在土壤中残效小,所以氮肥施用量与作物产量之间的关系极为密切,作物产量越高,氮肥的用量也要相应增加。以粮食作物为例:

| 亩产粮食(千克) | 亩施氮肥(N 千克) |
|----------|------------|
| 小于 200   | 3~7        |
| 200~300  | 7~9        |
| 300~400  | 9~11       |
| 400~500  | 11~15      |
| 大于 500   | 大于 15      |

在氮肥用量范围内,可以根据当地具体条件,选择用量的上限或下限。例如,耐肥高产品种在磷钾肥较充足的情况下,氮肥用量应适当偏上限;腐熟的有机肥用量较多或土壤肥力较高时,氮肥用量可适当偏下限;在气温低和墒情较差时,氮肥用量应适当偏高。