

科学施肥 新思维与实践

● 刘立新 编著

中国农业科学技术出版社

科学施肥 新思维与实践

● 刘立新 编著

中国农业科学技术出版社

图书在版编目(CIP)数据

科学施肥新思维与实践/刘立新编著. —北京:中国农业科学技术出版社,2008.5
ISBN 978-7-80233-542-4

I. 科… II. 刘… III. 施肥-基本知识 IV. S147.2

中国版本图书馆CIP数据核字(2008)第044227号

责任编辑 鲁卫泉

责任校对 贾晓红 康苗苗

出版者 中国农业科学技术出版社

北京市中关村南大街12号 邮编:100081

电 话 (010)62189012(编辑室) (010)68919704(发行部)
(010)68919703(读者服务部)

传 真 (010)62189012

网 址 <http://www.castp.cn>

经销者 新华书店北京发行所

印刷者 北京雅艺彩印有限公司

开 本 787 mm × 1 092 mm 1/16

印 张 10.75

字 数 250千字

版 次 2008年5月第1版 2008年5月第1次印刷

定 价 39.00元

版权所有·翻印必究

植物营养元素防控病虫害原理、方法及效果



采用习惯施肥的天鹰椒只施二铵，剧毒杀菌农药灌根，产量低品质差



采用福升环保型天鹰椒重茬专用肥，不需再用任何农药，品质好，产量高



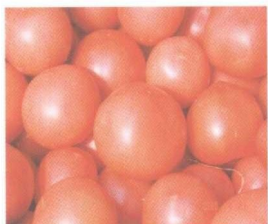
天鹰椒患疫病（右）不能正常成熟变红



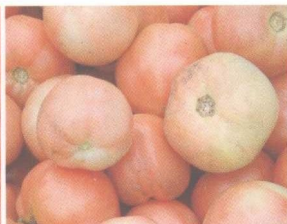
非机械化施肥：肥料撒在地表后耕地，整地随即播种，比习惯施肥方法提早成熟10天左右



大豆机械化施肥：肥料施在种子的侧深各5.5cm位置，比习惯施肥方法提早成熟半个月左右



平衡栽培技术生产的番茄长势喜人（曹恭、梁鸣早提供）



氮磷过量产生元素间拮抗，番茄长势差



水稻纹枯病（真菌病害）在应用当地水稻专用肥后病情严重



传丰水稻活力素复合肥比普通水稻专用肥增产明显



福升环保型大豆重茬专用肥3号和6号在田间表现好



大豆孢囊线虫的形态与危害



大豆孢囊线虫严重时会造成大豆减产甚至绝产



福升环保型大豆重茬专用肥（右）对大豆根瘤比大龙肥（左）明显增加



对照，棉株近亡



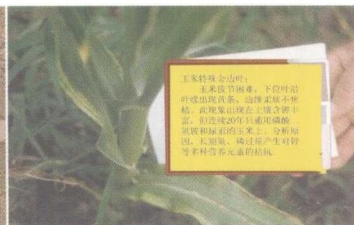
处理，棉桃累累，亩成棉。棉花专用肥对防控黄萎病效果显著



棉花患黄萎病危害严重，棉株几乎全部死亡



棉花黄萎病一茎秆维管束发病



该金边叶症a状不同于玉米缺钾金边叶，该金边叶边缘不焦枯，该植株根际土壤有效钾140mg/kg（界线值67），土壤钾丰富。不可能发生缺钾饥饿症状

科学施肥配方和施肥方法

名特优农产品及抗病虫害的配方施肥三原则：

1. 提前开启植物次生代谢途径，充分发挥植物的免疫能力杀虫治病的作用；作者推荐应用复混肥的盐指数等提前开启植物次生代谢途径；
2. 测土配方，提出较全面的大中微量营养元素平衡施肥的配方；
3. 在已经发生过量施肥或已经发生拮抗作用的地块，或为了防控病虫害要施用多种植物必要和有益的植物营养元素的拮抗施肥的配方（作者推荐杨酸成活力素）。

施肥最佳位置的界定：①非机械化施肥：肥料撒在地表后耙地，整地或起垄，随后播种；

②机械化施肥：肥料施在种子的侧深各5.5cm的位置。

发现问题及新的施肥经验

1. 植物也是药食同源的：“植物营养元素即是植物的食品，也是植物的药品”，从原则上讲，许多植保问题，可以用植物营养元素施肥的办法解决；同时，“不治已病治未病”的预防原则也适用于植物保护，人类可以应用施肥的办法开启植物次生代谢途径，使植物自身产生化感物质，亦即植物的自身免疫力，相当于把生物农药工厂建在植物体内，既为植物进行保护，又为植物提供食品，取得防控病虫害，改善农产品品质，大幅度提高农产品产量的效果。
2. 发现了在土壤有效钾丰富的地块上，长期大量施用氮肥引起土壤-植物体系发生拮抗缺乏综合症，发现特殊金边叶，单纯缺钾叶片边缘有焦枯状，而本金边叶，没有任何焦枯状现象。本人不仅在东北，而且华北、湖北、湖南、广东均有发现，是普遍存在的生产问题；化验结果显示，它缺乏6种必要植物营养元素，但是，此植株缺K、Ca、Cu、Zn、Mn、B等六种植物必要营养元素。而貌似正常的所谓“正常叶”也处于隐性饥饿状态，其机理是过量施用氮磷钾肥后，或土壤钾异常丰富，产生养分间的拮抗作用的结果，补救的办法就为土壤-植物补充我们所知道的所有植物必要和有益的植物营养元素。
3. 发明了应用人造环境胁迫——复混肥的盐指数提前开启植物次生代谢途径的原理与方法，也可以应用其他生物技术开启植物次生代谢途径。
4. 发现“施肥增加作物‘抗逆性’或‘抗病性’、‘农产品品质的优良性’间存在并行性关系”提出了抗逆性配方施肥配方两原则。
5. 在李纯忠研究员“土宜”思想的启发下，发现并提出名特优农产品的三个生产要素：“环境胁迫因子”、“基因控制（品种）”、“植物营养元素的均衡供应”，提出了生产名特优农产品及抗病性配方施肥的配方三原则。
6. 发现并总结出：施用本研究提出的能够增加作物抗逆性或抗病性的专用肥，必然产生显著增强作物的“抗逆性”或“抗病性”、“农产品品质优良性”、“农产品产量高性”间的三个并行性施肥效果的关系。
7. 应用本研究所发明的专用肥，肥料生产过程、施用过程、生产后土壤不会发生化学农药的污染，更不会发生化学农药残毒，而其杀虫治病的主要植物次生代谢产物，化感物质对环境是和谐的，不会产生新的环境污染和残毒。

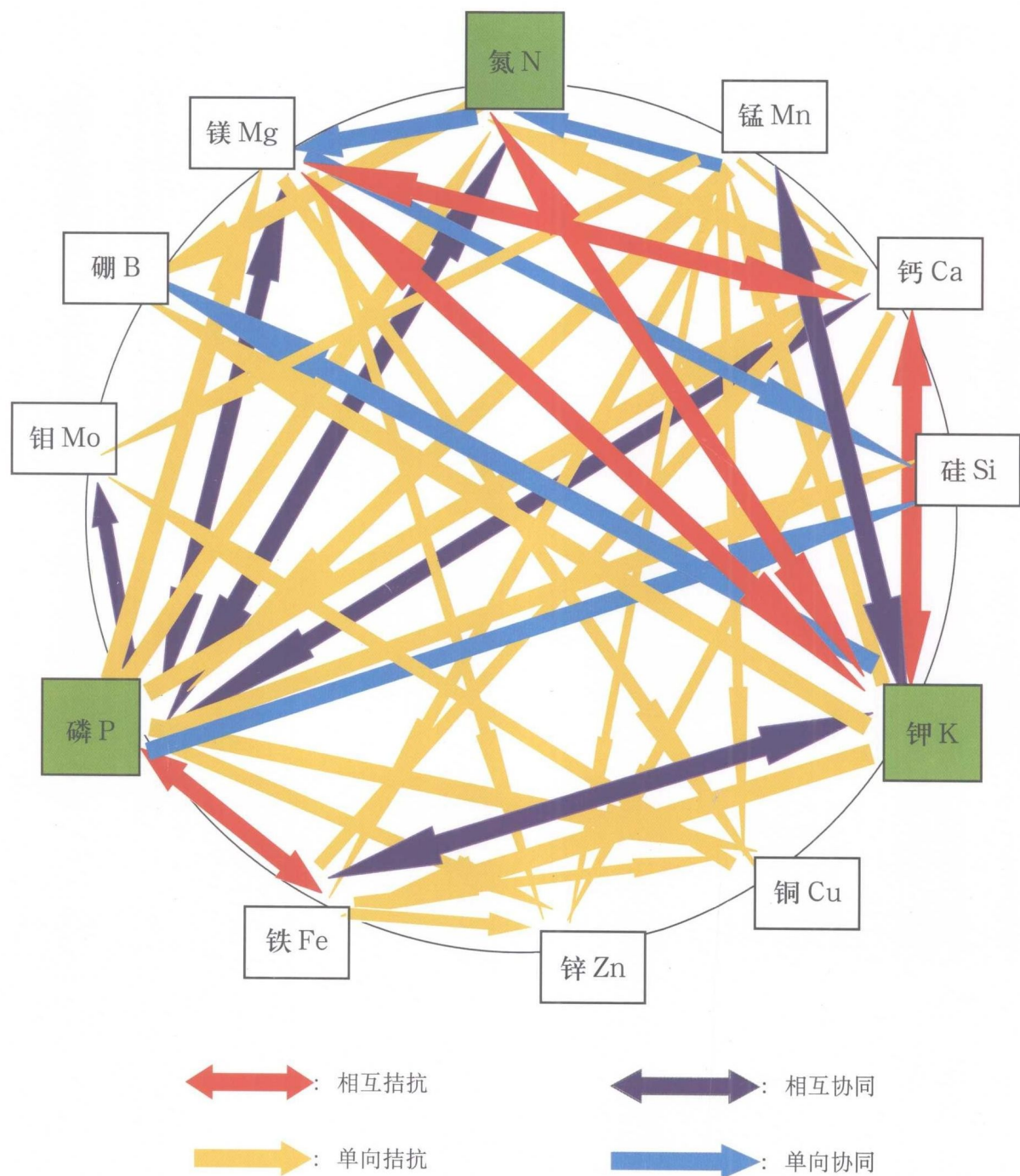


示意图 7 植物营养元素间的拮抗与协同作用

(刘立新、梁鸣早 2007.8 整理)

注：拮抗作用是指一种营养元素过量施用，一种养分离子对另一种或多种养分离子在土壤—植物体系内活性降低或丧失的过程。

协同作用是指当养分平衡时，一种养分离子促进另一种或多种养分离子吸收的能力，也即两种或多种养分离子的结合效应超过其各自效应之和的作用。

本示意图的几点重要说明见本书第一章第 22~24 页。

作者简介



刘立新(1947年前曾用名刘树新),男,汉族,辽宁省昌图县人,1940年2月生;1965年毕业于北京大学生物系植物生理专业;中国农业科学院土壤肥料研究所研究员,2000年3月退休。

作者提出了一个应用技术的理论基础——“植物营养元素的非养分作用”。该理论可概括为:植物营养元素既有养分作用又有非养分作用。他多年来一直在研究化肥合理使用中的一个关键性内容:关于“化肥的盐指数”的研究。化肥盐指数的应用主要体现在以下两个方面:

一是化肥盐指数所引起的施用化肥的位置效应。这是解决高浓度化肥、高盐指数化肥在机械化和非机械化施肥条件下的合理施肥技术等问题时,必须考虑的主要因素之一。应用此项观点作者本人已获得4项国家级科技进步奖励,并为主要完成人之一。这就是:1978年《提高化肥利用率的研究》项目,获国家科技大会奖第九名;1989年《碳酸氢铵深施机具及提高肥效技术措施的研究》,获国家级科技进步三等奖第三名;1997年《全方位深松机的研究》,获国家级科技进步二等奖第七名;1998年《含氯化肥科学施肥和机理的研究》项目,获国家级科技进步二等奖第四名;一项农业机械实用新型专利——垄作侧位施肥器(为第一发明人)。1992年10月作者获得国务院颁发的政府特殊津贴。

二是提出了“化肥盐指数”的妙用。通过对植物营养元素的巧妙搭配,形成复混肥特定的盐指数,成为提前开启植物次生代谢途径的一把金钥匙。它是人为控制植物新陈代谢途径运转的有力手段,可以部分解决植保问题,成为实现显著改善农产品品质和大幅度提高农产品产量等关键问题的手段。由此可以开发出显著改善农产品品质的施肥技术和特殊专用肥可以开发出具有环保型防控作物土传病害的专用肥且不用任何农药,使作物所产生杀虫、治病、除草的特殊“化感物质”,且与环境是和谐的、对人类健康是有益的。

在2005年,防控大豆孢囊线虫病的《环保型大豆重迎茬专用肥》,获得发明专利一项(第一发明人);前不久又研制成功《环保型防控棉花黄萎病的专用肥》,正在申报国家发明专利(为第一发明人)。

作者提出的应用理论基础:“植物营养元素的非养分作用”,包括其非养分作用共六个方面。其中第六方面,是开发应用于沙漠生态治理、节水农业和生产绿色食品的技术与产品。在北京绿天使科研集团公司的参与研制下,已成功开发:荒漠型BGA激活剂,可用于荒漠生态治理;蔬菜型BGA激活剂,可用于生产符合国际绿色食品标准的绿色蔬菜食品(可用于出口)。

内容提要

本书介绍有关“植物营养与施肥”、“黄帝内经”、“植物生物化学”、“化学生态学”、“植物保护学”中植物新陈代谢,尤其是关于植物次生代谢、植物抗逆性、抗病性,以及与农产品品质、农产品产量相关的基础理论知识,提出了新的应用理论基础——“植物营养元素的非养分作用”,认为不应把植物营养元素视为单一的作物养分物质,必须同时考虑植物营养元素所同时具有的农药功能。因此,总结几个规律性的施肥经验,提出两个突破性的配方原则。并在应用技术上,提出最新突破方向、突破口、突破方法和提供了相应的研究应用新进展。

通过科学施肥,可提前开启作物的次生代谢途径,充分调动并提高作物自身免疫能力,从而提高农作物的抗逆性,甚至实现有效防控作物毁灭性土传病害的能力,杀虫治病、除草。

同时,依据植物营养元素也具有药食同源的原理,应确保植物基本代谢和次生代谢的均衡运转,从而应用植物营养元素防控某些土传病害而不用任何农药,可明显减轻或彻底避免某些化学农药对土壤、部分农作物及其农产品受污染与残毒等问题。

通过科学施肥,切切实实地改善农产品品质(包括名特优农产品的外在品质、内在品质、特殊风味及名贵中草药的特殊药性等方面,达到相关的品质指标标准);充分发挥植物营养元素所具备的对作物产品同时作为食品和药品的双重功能,大幅度提高农产品的产量。

针对具体肥料,提出科学施用的具体施肥技术措施;提出机械化播种施肥、机械化侧深追肥原理、技术参数、方法及效果。

运用科学施肥技术,在实现农业生产及其农产品的安全、优质、高产、高效等方面,将发挥巨大的、无可替代的作用。

本书为承担或学习“植物营养与施肥”、“化学生态学”、“植物生物化学”、“植保学”、“作物育种与栽培学”;“化肥生产企业”的工程技术人员等从事这些学科和行业的专业技术人员;土壤肥料管理部门的领导及具体科技人员,同时也为农资公司的化肥营销人员、化肥企业尤其复混肥企业营销人员、从事农业机械化设计、农业机械化服务的部门领导与科技人员、广大的农机手、农业机械化施肥的作业人员提供参考资料;也可为在校大、中专院校学习的莘莘学子、研究生、博士生以及欲搞肥料科技创新的朋友们,提供参考资料。

我对科学施肥的认识

(代前言)

我国有古老传统医学巨著《黄帝内经》^[8],其中尤其是“药食同源”和“不治已病治未病”两个哲理性原理,对我形成科学施肥的新思维、新技术及其实践,有着非常重要而现实的指导意义。

一、著名植物生理学家汤佩松、曹宗巽、吴湘钰、崔澄、杨澄等教授对我的影响

20 世纪 60 年代,在我的大学学习生涯中,有幸聆听我国著名植物生理学家汤佩松^[19]、曹宗巽^[1]、吴湘钰^[2]、崔澄^[4,6]、杨澄^[3]等教授的课程,并在吴湘钰导师亲自指导下,完成了教学实习、学年论文和毕业论文。

在汤佩松、曹宗巽、吴湘钰教授的教学实践中,我不断强化了对“植物的向化性、向水性、花粉管向雌蕊柱头方向生长,植物新陈代谢的过程所产生的各种代谢产物的作用”的认识。从而有了植物所表现出来的任何一种生理活性、生活能力、抗逆性、抗病虫草害性,以及最终形成的农产品产量和品质、特殊风味、中草药的特殊药性等方面的物质,都是由作物的各种新陈代谢及其代谢产物的数量和比例所决定的这个概念。换言之,“代谢产物决定植物的一切”。

学习汤佩松教授^[19]关于“代谢控制、控制代谢”的教诲,本人体会到,其核心意义是植物的每个生物化学反应都是由一系列生物化学反应链所组成,一环扣一环,才能顺利地地完成一个完整的反应过程,最后形成最终的代谢产物。这一过程,除受植物基因、酶系统和各种反应的原料(底料)的控制外,同时,整个反应过程还受各级反应产物(含中间产物)的正负反馈作用的控制,亦即代谢产物反过来也能控制整个新陈代谢的反应过程。

聆听曹宗巽教授关于植物生命活动三基点的教诲^[1],本人体会到“在植物生命活动中,广泛存在生命活动因素三基点的现象:具体体现在生长的积分曲线(大 S 形曲线)和微分曲线(Ω 形曲线)上”。对植物生活而言,各种自然环境条件(温度、水分、气体、热、养分物质)等各种物质环境条件、人为的操作条件等,都必须考虑这三个基本数量关系:“低量有效、适量最佳、过量有害的三个基本点”。在施肥过程中,如果人们想到了生命活动三基点,往往就不会发生施肥量不足或过量施肥的问题了。

汤佩松、吴湘钰教授有关植物光合磷酸化、氧化磷酸化作用的植物能量代谢过程的论述,促使我考虑植物营养元素参与植物新陈代谢的合理运转的能量条件、加氢、脱氢作用条件,以及起电子供体、受体作用的元素等方面的机理,及其可采用的相应施肥技术措施等,使我受益匪浅。

“没有正常的新陈代谢,植物是无法正常生活的”,而植物的一切生命活动、抗逆性、抗病性、农产品品质、农产品风味以及农产品产量等等是离不开植物新陈代谢的。

在吴湘钰导师亲自指导下,我完成了教学实习、学年论文和毕业论文。尤其是有关硝酸还原的植物次生代谢途径的学年论文,使我自 1963 年起就在导师的带领下,冲向了植物次生代谢途径的领域。这对我应用植物营养元素,诱导并提前开启植物次生代谢途径的工作,

有着直接的指导意义。这些经历使我终生受益。

我毕业后一直从事科学施肥的研究,并有机会对科学施肥的发展尽一份责任。

人类的伟大之一就在于,把植物营养元素以施肥方式供给作物,由此产生了对作物新陈代谢及其代谢产物的影响,最终影响作物的抗病性和抗逆性,从而影响农产品的产量和质量。

1969年,我在干校锻炼期间,业余学习了《黄帝内经》,就曾经遐想到:如果说植物也是“药食同源”的,那么许多植物病虫害草害等问题,理应可以不用农药,反而可以应用植物营养元素予以解决。

本人花费了几十年时间,终于确定了“植物也是药食同源”的事实。

如果我们把“植物营养与施肥”专业、“中医药学”、现代的“植物生物化学”、“化学生态学”和“植保学”各领域的最新研究成果统筹考虑,把理论与农业生产实践紧密结合起来,利用植物营养元素的“药”与“食”的双重功效,我们就会对现代农业生产做出突出贡献。

二、对科学施肥研究历史的回顾

人类的施肥历史,可以上溯到几千年前。但是,人类对科学施肥的研究史,却只有三百余年。这段研究史大致可分为以下三个阶段。

(一)科学施肥研究的初级阶段

此阶段主要是对植物必要营养元素种类的探索、发现、确认,以及对它们的数量级和作用研究的阶段。

从1640年万·海尔蒙的小柳树盆栽试验以来,人类社会历经近三个多世纪的探索,到1954年终于确定氮素也是植物必要营养元素。这三百余年的漫长历史时间里,人类终于弄清了植物生活所必需的植物营养元素共有16种^[1,2,3,5,6,13,15,26,29,47,50,67,68],它们是碳、氢、氧、氮、磷、钾、钙、镁、硫、铜、铁、锌、硼、锰、钼、氯等,而后来又确定了两个有益元素(硅和钠)。关于镍元素的地位尚有不同看法,崔澄教授早在1964年就在文献综述中提到镍元素具有增加作物抗逆性、抗病性的作用。近年来,各国专家确定的对植物有益元素是7种,它们是:硅、钠、钴、硒、钒、镍、锗元素。这个探索并没有完结,如“生命元素”的出现都将使人类有所进步。

1839~1840年,人类最初研制的“过磷酸钙”问世后(从今天的观点分析:当时的“过磷酸钙”就是今天的以磷肥含量为主的有机、无机、氮、磷、钾、中微量营养元素全都具有的复混肥料。因为,那时所用原料是智利硝石,实质上是鸟粪形成的,加硫酸浸泡而制成。而今天的过磷酸钙是用磷矿石粉加硫酸浸泡而成),使当时欧洲的小麦产量翻了近一番。同期开始有了养分归还学说,开始提出植物营养元素的最小养分定律,而后相继提出了报酬递减律、因子综合作用律等。我们把这一段时期称为科学施肥研究的初级阶段。在这一段时期里,科学施肥的研究使农业生产为人类和畜牧业提供丰富的粮食和饲料,也就是准备好了应用原理和实践的基础理论研究阶段。当时,马克思就高度评价了“人造肥料”的伟大功绩,称它粉碎了“反动的马尔萨斯人口论”。

(二)科学施肥研究的平衡施肥阶段

从过磷酸钙问世以来直至近期,在全球尤其在我国,正在如火如荼地全力发展测土平衡施肥的研究和应用。其特点是实现测定土壤养分含量,提出合理施肥的配方施肥方案,尤其

注重大量营养元素的合理搭配,不排除加入某些中微量营养元素,其重点依然是解决合理施肥、解决世界粮食供应等重大难题。在我国已经采取的各种政策、经济、农艺等方面的综合措施,其中施肥是一个不可忽视的重要因素之一,我国在这方面已经取得了巨大成功,并以世界 7% 的土地养活了世界近四分之一的人口。

(三)科学施肥研究向全面横向平衡施肥^[47]深入发展阶段

在这一阶段,人类不仅要解决世界食品供应问题,还要解决农产品品质和食品安全、无毒等重大难题。

当前,“科学施肥进入到向纵深方向发展的阶段”,其特点是实施全面的横向平衡施肥,既考虑测土平衡施肥,还要考虑拮抗平衡施肥;考虑把肥料的盐指数作为人造环境胁迫因子,以期达到提前开启植物次生代谢途径,实现把“植物生物化学”中关于“植物次生代谢及其代谢产物”方面的最新研究成果,在“植物营养与施肥”学科中得到切实的、广泛的应用。通过施肥,使我们生产的农产品实现安全、优质、高产、高效。

不同学科对植物次生代谢的代谢产物的称谓是不同的:如化学生态学称为“化感物质”或称“克生素”(此词由闵久康、陶天申、刘立新等专家按其作用重译,把“化感物质”译为“克生素”似乎更确切一些);植物生物化学称为“植物防御物质”,在植物保护学中称为“植保素”;而它们工业化提纯物质的产品名称之一就是众所周知的“生物农药”^[64]。

从预防医学的角度看,植物自身产生“植物防御物质”就是植物的自身免疫能力的基础——如果我们能把“生物农药工厂”建在植物体内,可以免除化学农药产生的所有负面影响等难题。

在这里,显然存在一个极为关键的生物技术难题:那就是如何使植物的次生代谢途径按人们的愿望及时打开?使用什么物质开启植物次生代谢途径?在什么时候打开?等等。

几十年来,世界许多学者都试图解决这个难题。本人花了近 40 余年的工夫,终于把《黄帝内经》、《植物生物化学》、《化学生态学》、《植保学》和《植物营养与施肥》五个学科的专业知识紧密结合起来,以期不用任何农药,只用植物营养元素,部分解决这个生物技术难题。

本人从植物生理学“逆境生理”部分分析悟到:植物被开启植物次生代谢的途径是一件非常简单的事情:任何风雨雷电、病虫害对植物的侵扰、外来生物的入侵,甚至人类的中耕锄草、移栽、割茬、分次收获、施肥等措施,都能开启植物次生代谢途径^[47,48]。

本书中提到的办法,是用施肥的方法提前唤醒植物体中原本存在的次生代谢途径,以期达到防控某些病虫害的目的。这一方法显然比转基因工程更安全。这里不存在转基因工程因引进新基因而产生一系列生物学的新问题。

在“植物营养与施肥”学科中,上述基本原理的应用是以施肥的方式得以开发利用的。这些肥料配方的重要特点是“全面横向平衡的肥料”,该肥料中既含有在调整土壤养分供应比例,提供在土壤中直接杀伤病原体的养分物质,又含有提前开启植物次生代谢途径的养分物质,还具有对已经开启的植物次生代谢途径加强代谢能力的养分物质,实现应用植物营养元素(不用任何农药),提高作物的自身免疫能力(含提高作物的抗逆性,甚至达到有效防控作物毁灭性的病、虫、草害的能力,并可在一定程度上实现抗旱、抗涝、抗热、抗冷、抗寒、抗冻、抗盐碱、抗旱衰)等生产技术难题。这可以有效避免化学农药的污染和残毒等造成严重

危害的问题;同时这些肥料中还具有使作物的基本代谢与次生代谢均衡运转的养分物质,使得作物能可靠地获得可提升农产品品质的物质(达到提高农产品的外在品质、内在品质和名特优农产品的特殊风味物质等方面的品质指标),并获得可提高农产品产量的物质;从而使农产品达到安全、优质、高产、高效的目的。

利用这些原理,我们可以实现用化肥廉价生产绿色食品或无公害食品。

三、施肥认识上的种种误区

目前广泛流传的“施用化肥引起对环境和农产品的污染、农产品品质下降”等说法也是客观存在的事实,但它不是科学施肥的后果,仅仅是错误地应用植物营养元素的一种负面效应,是由于不适当的施肥方法和过量施肥等原因所致,是完全可以避免的。

(一)施肥不当对作物与环境的危害

首先,我国土壤农化专家尚未注意到施肥叠加效应的危害作用^[26]。日本专家早在20世纪70年代就指出,在施肥过程中,上季作物所施的肥料,作物还没有利用完毕,还有剩余的养分残留在土壤中,而下次施肥时再加大施肥量,就会形成了施肥的叠加效应^[26]。像这样“层层叠加式”的施肥方法,人们习以为常并不感到奇怪,甚至相当的土壤肥料专家还认为这是在培肥土壤,是通用的方法。但日本专家那时就指出,“这正是产生各种障碍的主要原因,也是作物产地土壤被破坏的主要原因^[26]”。本人认为,适当的土壤养分积累是必要的,但不能任其发展下去。土壤养分的过量积累会引起土壤与植物体内的各种反应,如养分间的沉淀与溶解反应、植物体内的相互拮抗与协同反应,以及引起新的连作障碍等。究其原因,是大量的植物营养元素在土壤中的积累,使土壤解毒作用被破坏,尤其是土壤有机、无机胶体复合体被饱和,或被破坏。在土壤培肥方面,不能丢掉对土壤团粒结构的培养。我们既需要适当的养分积累,也需要维持或发展土壤有机、无机胶体复合体。

(二)过量施肥的害处

过量施肥是肥料对环境、农产品污染,与造成人类食品安全问题的罪魁祸首之一。显然,过量施肥不属于科学施肥。从生命活动三基点^[1]看,过量必有害,我们必须千方百计地避免过量施肥。

1. 氮肥过量

氮肥、钾肥与种子接触,可烧死种子是众所周知的(注:在大田农业生产中,化肥引起作物烧种烧苗的事件就是这个道理,参见第一章第一节)。

在设施农业中,发生氨气或氮氧化物气体对设施内作物的危害,使植株遭受折断样伤害或黄化样伤害,甚至植株死亡等严重破坏问题,一般被称作化肥对设施内农作物的伤害作用,或被称为肥料引起的熏棚作用。氮肥在田间发生氮氧化物非点源污染,以及对地下水产生亚硝酸盐污染等则十分普遍。

氮肥过量施用时,在旱地种植条件下,不管你所用的氮肥属于铵离子态、酰胺态或其他有机态(如氨基酸态、蛋白质态)的氮素,它们都会在土壤微生物或土壤酶的作用下,最终转化为硝酸态氮肥的,当植物根系吸收硝酸态氮肥后(注:绝大多数旱作物是喜欢硝酸态氮肥的),都会把硝酸盐在植物体内超量积累起来(当作物需要氮素时,通过硝酸还原作用变成植物体可利用的铵态氮肥进入植物正常氨基酸等的氮素代谢过程中去);当食草动物,尤其是反刍类动物食用它们后,引起亚硝酸盐中毒(牛羊等动物,因饲草中的硝酸盐在其胃中发

生“硝酸还原作用”而部分转化为亚硝酸盐,从而引起对动物的亚硝酸盐中毒症,在血液形成高铁血红蛋白症、使动物缺氧窒息而死亡事件——一般称“暴卒病”)。当人们把叶菜类食品切碎、磨碎或煮熟后,因某种原因放置过夜后再食用时、或长期饮用已经发生亚硝酸离子污染的地下水,往往也发生亚硝酸离子中毒死亡事件。如知名的“蓝婴”死亡事件;当长期饮用或食用含亚硝酸盐的水或食品后,会导致怀孕妇女形成畸形胎;或者,一般人食用含亚硝酸盐的食品后,在人类的胃肠中遇到肉类食物消化的中间产物胺类等化合物时,会迅速合成亚硝胺。医学界已经确认“亚硝胺为强致癌因子”,长期食用必然引起癌症。

2. 磷肥过量

磷酸盐因土壤固定而在土壤中富集,发生磷酸盐对土壤中某些阳性植物营养元素养分离子的固定反应,使阳离子养分和磷酸根的阴离子养分在有效性方面双双大幅度下降。当发生土壤的水土流失时,加上人类生活垃圾中含磷洗衣粉等因素影响,会直接导致江河湖海等水域中的富磷,进而影响水体中微生物群落,引起对水体的污染(如河流蓝藻、海洋赤潮)等。而过磷酸钙,由于工艺简单无法除去有害重金属元素,就算是最正常的用量,也会使土壤被有害重金属元素如汞(Hg)、镉(Cd)、铅(Pb)、砷(As)、铬(Cr)等所污染。

3. 钾肥过量

在土壤富钾地区,如土壤中钾含量过量,或施用钾肥过量,引起钾对镁的拮抗作用,会直接危害畜牧业,产生“猝死病”(因缺镁导致动物呼吸肌无力而死亡),甚至会给土壤含钾丰富地区的人类,由于食品中镁不足而导致骨质疏松、动脉硬化、心脑血管疾病增多;又因镁元素不足使人类情绪烦躁、肌无力等,会对当地社会安定团结产生负面影响。联合国粮农组织公布的,当前人类种植的24类常见农作物中,除三类作物(番茄、中国大白菜、椰子)外,都具有产生含氰化合物的能力^[48]。在过量施用氮、钾肥时,一不小心可能导致这些作物产氰化物的代谢能力强化,势必对人类健康有害,必须警惕这个问题。

4. 硫过量

硫酸盐致土壤板结及引起稻田土壤老朽化。早在1952年,汤佩松教授等就发现:在水稻土的还原层内(注:当水稻种植期间,氧化还原电位测定结果显示,在土壤耕层与水的交界处为氧化层,氧化层以下的位置就是还原层),硫酸铵中的硫酸根(SO_4^{2-})在还原层被还原为硫化氢(H_2S),使作物根系中毒。现在,因大量施用硫酸钾肥料,这个老问题又回来了。硫酸盐在耕层内的积累也会形成人为的盐渍化土壤,当硫酸钠或硫酸钾在地表形成“猫尿臊”盐土严重时寸草不生。

5. 氯过量

笔者在含氯化肥研究中发现,氯素在某些土体中形成氯根累积达到某种程度后,导致在轮作周期中使某些对氯素敏感作物中毒、产量和品质下降,植株死亡等事件,参见第三章。

6. 有机肥施用过量

大量施用有机肥条件下,有机肥会在土壤中最终转化形成大量的腐殖酸,具有对已被磷酸盐固定的有害重金属元素汞、镉、铅、砷、铬(当它们被磷酸盐所固定时,作物根系是无法吸收它们的)的活化作用,使这些有害元素重新被作物所吸收,从而导致作物体内有害重金属含量超标。当大量施用有机肥时,其中的有机氮(如酰胺态氮——即人和动物的尿、氨基酸态氮,甚至蛋白质态的氮)等也会产生氮素过量,经土壤微生物的转化以有机或无机态氮

的形式在土壤中积累,产生同无机氮过量施用的同样危害。20 世纪 70 年代在我国古都西安地区发现的苦井,就是古代施用大量有机肥后转化的硝酸盐和亚硝酸盐在地下水中近数千年积累的结果。

大量施用有机肥,也会产生有机或无机磷酸盐的积累,如大量施用鸡粪培肥的农田,就会发生同无机磷酸盐过量施肥的全部问题。

普通用量的有机肥中,有对人类健康有害的病原体、寄生虫卵、病毒的感染或污染等问题,一直为人们所关注(如 20 世纪 90 年代上海流行的甲肝,就是用运输有机肥(含人粪便)的船再运送毛蚶,使毛蚶感染了甲肝病毒,当人们食用它们后得甲型肝炎的)。当用生活垃圾做有机肥源时,某些有害物质引起对环境的污染,也一直是人们所关注的问题。当用工业废弃物(如工业化城市的废水、污泥)等作为有机肥肥源而又未经无害化处理时,会引起锌元素等重金属的污染,导致土壤、作物受害。

因此,如何发展有机肥,尤其是现代配合饲料喂养畜禽的粪便的科学处理问题(尤其是除盐问题),城市污泥、垃圾的无害化处理技术标准等,应引起重视。对各种有机肥,首先要进行无害化处理,而后合理施用,必须有法律可依,不能因此破坏土壤结构,一切要有利于我国种植业的可持续发展。

四、对科学施肥的新认识

(一) 玉米特殊金边叶的发现及其意义

(1) 1997 年本人与南春波研究员共同发现了特殊的玉米金边叶现象揭示:过量施肥引起的拮抗作用必须引起人们的关注。解决方案就是,使用拮抗平衡施肥的配方肥料(见第一章)。

(2) 植物次生代谢途径及其代谢产物的作用,已经超出了传统植物养分作用的范围。其中一部分属于植物保护范围。因此,笔者把它们视为植物营养元素的非养分作用(参见第一、第二章)。书中论述了植物营养元素具有养分和非养分双重功能,也就是植物营养元素具有“药食同源”的双重功能的原理,由此开发出系列新的支农新产品(参见第一、第二、第三、第六章田间实验内容及各章有关内容),可为现代农业做出新贡献。本书涉及的作物有小麦、玉米、水稻、棉花、大豆、甘蔗、洋桃、脐橙、荔枝、莲藕、茶叶、蔬菜(各种叶菜和果菜)、香蕉、桉树、各种花卉等,施用上述原理设计的肥料后,它们共同的表现是作物的抗逆性、抗病性有所提高,农产品品质和风味有所改善,产量大幅度提高。

当然,我们必须看到,任何事物都具有两面性,人类开启植物次生代谢途径依然可能存在某些风险的,尤其在人们尚不理解自己行为的后果和意义的时候所盲目采取的措施。因为盲目开启植物次生代谢途径,其后果也可能是不堪设想的,尤其是发生过量施肥时(在过量施用氮、钾肥的情况下尤为严重)。

“植物硝酸还原的次生代谢途径”、“植物烟酸次生代谢途径”等对植物生活均有重大影响,由于本书重点是谈论植物营养元素杀虫、治病方面的作用^[50],因此其他次生代谢作用尽管重要,但不在本书中论述。

(二) 植物营养元素作为肥料在药食同源方面的发现,存在 4 项规律性的施肥经验(参见第一章、第二章)

(1) 名特优农产品生产中存在三个生产要素:环境胁迫、基因控制、养分均衡供应。

(2)施肥具有提高农作物抗逆性,或提高抗病性和农产品品质优良性,二者间存在着并行性关系。

(3)施用特殊平衡施肥的配方肥料,具有增加作物抗逆性,或增加抗病性、农产品品质优良性、农产品高产性的作用,三者间存在着并行性的施肥效果的关系。

(4)利用特殊配方的复混肥(化肥)的盐指数,可提前开启植物次生代谢途径,供给作物基本代谢和次生代谢均衡运转的肥料成分,是使作物实现增加抗逆性和抗病性,实现农产品品质优良性和农产品高产性的关键性的物质保证,也是人们具体的可实施的施肥技术措施之一。

从植物生理的逆境生理知识和植物次生代谢知识来看,施肥提高抗逆性时,必须先有抗逆性;而施肥提高抗病性也必须先有抗病性。

从植物生物化学^[50]或化学生态学^[48,65]看,抗逆性、抗病性是植物存在次生代谢产物作用的结果。因此,必须先有植物的次生代谢及其代谢途径的正常运转。归根结底,必须了解和理解植物的基本代谢和次生代谢。而植物次生代谢是植物的应激反应,而这个应激反应的启动,必须有植物体内的激素物质“逆境乙烯”或“伤害乙烯”的产生;而产生上述乙烯的条件必须具备下述两个条件^[47]:

一是具有“丰富的硫素营养”,必须使植物的氨基酸代谢正常,以便产生丰富的乙烯前体亮氨酸;

二是必须有“环境胁迫”^[47,48,65],或人造环境胁迫;才能够随时开启植物次生代谢途径。

对作物来讲,环境胁迫无时不在、无所不至,只要有丰富的硫素营养存在,开启植物次生代谢是一件非常容易的事情,风雨雷电、各种声波(如超声波、次生波、各种波段的电磁波等)、物理因素、化学因素、生物因素(病虫害、外来生物的入侵等)、人为的中耕、锄草、收获、割头、移栽等伤害性管理措施、春化处理、因施用化肥所致不同程度的烧种、烧苗等作用、浸泡种子等措施,都可轻易地打开植物次生代谢途径。

有植物次生代谢途径的正常运转,才有植物抗逆性或抗病性的出现;而植物次生代谢途径正常运转必须有植物基本代谢正常运转的支持。而这两个代谢的运转必须是均衡的。在这里关键是施肥,而该施用什么肥料,所施肥料是否能够正常地发挥作用又成为新的问题。施肥产生的抗病性与抗逆性的差别,不在于是否打开植物次生代谢,而在于何时打开。上述问题如果能够一一破解,应用植物营养元素杀虫、治病、提高农产品品质、提高农产品产量的问题就完全可以解决了。

因此,本书根据药食同源和植物营养元素的养分与非养分的综合作用,提出两项配方施肥的配方原则(参见第二章),并提出了机械化或非机械化条件下合理施肥的技术与机械化施肥的技术参数(参见第三章)。

(1)提出了改善农产品品质、大幅度提高农产品高产量的专用肥配方二原则;

(2)提出了提前开启植物次生代谢途径、杀虫治病(防控土传病害)、极显著地改善农产品品质、大幅度提高农产品产量的专用肥配方三原则;

(3)提出了合理的施肥技术,尤其是在发展机械化播种侧深条施底肥和机械化侧深条施追肥的原理,及机械化作业的施肥技术参数等。

本书从土壤学和植物生理学两大方面,就我国农业的持续发展问题,尤其是涉及土壤学

的核心问题之一的土壤有机、无机胶体复合体;涉及植物生理学的核心问题之一的新陈代谢,特别是有关次生代谢进行了论述。在此基础上,对有关科学施肥诸方面问题进行了初步探讨。

从土壤微生物应用角度看,生物有机肥的广泛应用,对土壤培肥(指增加土壤有机、无机胶体复合体、土壤有机态生物营养的积累两个方面),对环境的净化将起巨大作用。20世纪末,北京大学技术物理系选育和诱导培育的芽孢杆菌菌肥取得成功,这在微生物菌肥应用方面开了一个好头。在人类利用微生物技术为作物提供生物氮肥等生物营养方面,从药食同源的角度看,应用微生物对植物进行保护^[64],将为未来的科学施肥增添光彩。

阅读本书,可给你一个全面的新视角、新观点、新思路、新思维,使你有了对肥料科技创新的原动力,并得以充分发挥、变成现实。

本书作者把科学研究一生的完整思路和历程和盘托出,启发培养青年人的科研思路,对科学研究有所帮助,但又谓百家争鸣,各抒己见,不当之处,恳请广大读者批评指正。

衷心感谢中国农业科学院原土壤肥料研究所的梁鸣早、曹恭、张新民、高云鹏等先生对我编著本书的鼎力指导与帮助。

同时,还要感谢天津市馥成植物营养有限公司杨馥成博士、天津市福升肥料有限公司马玉新总经理、广东传丰复合肥厂有限公司林伟龙总经理、北京三色伟业农业技术研究院左春福教授的大力协助!

刘立新
2008年1月

目 录

第一章 学习、观察、发现、思考与科研实践	(1)
第一节 儿时、青少年时代幼稚的小问题,促进我努力学习生物科学的大道理	(1)
第二节 学习《黄帝内经》的启发与体会	(3)
第三节 不平衡施肥的危害	(12)
第四节 过量施肥与养分间拮抗、钠对土壤结构的破坏、硫素缺乏致作物抗逆性下降等问题的探讨及对策	(19)
第五节 对植物新陈代谢研究最新进展的理解与认识	(38)
第二章 植物营养元素的非养分作用	(41)
第一节 植物营养元素和养分与非养分作用的基础知识	(42)
第二节 植物营养元素的非养分作用	(54)
第三节 抗逆性肥料的配方原则	(62)
第四节 配制防控土传病害、生产名特优农产品的专用肥料配方三原则	(64)
第五节 优质配方筛选操作程序	(65)
第六节 施肥增加作物抗逆性和抗病性的作用机理	(66)
第三章 化肥的位置效应在提高肥效和利用率中的作用	(72)
第一节 化肥位置效应的含义及原理	(72)
第二节 我国在肥料位置效应研究方面所取得的主要成果	(75)
第三节 播种时底肥条施化肥的位置效应	(76)
第四节 在作物生育期追施化肥的位置效应	(83)
第五节 化肥位置效应在提高化肥肥效和利用率中的作用小结	(96)
第四章 作物连作障碍的原因分析与解决途径	(99)
第五章 复合效应	(104)
第一节 复合效应在提高化肥肥效和利用率及其扩展应用的前景	(104)
第二节 平衡施肥的扩展应用前景	(109)
第六章 科学施肥新思维的实践	(112)
第一节 福升牌环保型大豆重茬迎茬专用肥	(113)
第二节 传丰牌活力素水稻专用肥试验总结	(130)
第三节 传丰牌“多效、高效、环保型甘蔗专用肥”报告	(133)
第四节 传丰牌活力素复混肥在脐橙上施用效果试验报告	(137)
第五节 馥成牌“防控棉花黄萎病专用肥的研制”	(138)
附录 适用全书的6个示意图(表)	(144)
参考文献	(151)
后记	(154)

第一章 学习、观察、发现、思考与科研实践

第一节 儿时、青少年时代幼稚的小问题,促进我努力学习生物科学的大道理

一、家中养鸡对我学习生物科学的启发

我的家在东北辽河平原上,在辽宁省昌图县老城边。9岁时,我家养了30余只鸡,有一只老母鸡要抱窝。妈妈让我拿家里的新鲜鸡蛋,到有公鸡的邻居家换新鲜的鸡蛋。我讲,咱家咸菜缸中腌的鸡蛋,就是咱家有公鸡时那些母鸡下的蛋。我的不识字的老奶奶和老母亲笑着教导我说:“傻孩子,腌咸的鸡蛋孵不出小鸡来”。那时,这件事一直困扰着我,“为什么腌咸的鸡蛋孵不出小鸡来?”

到中学,只弄明白“已经受精的鸡蛋才能孵出小鸡来”。所以才明白老人叫我去邻居家换受精的鸡蛋的道理。但是,仍不明白“咸鸡蛋为什么孵不出小鸡来”?当时心中想,哪个大学能讲清这个道理,我就考哪个大学。听说北大生物系是学习和研究医学和生物科学理论基础的学府,我就这样报考了北京大学生物系。

二、北京大学生物系关于溶液渗透压课程的启发

(1)关于“溶液渗透压”的概念^[1,2,13,47,50,67],是指溶液对生物体半透膜产生的渗透压力而言的。

(2)“化肥的盐指数”在国际上是指以硫酸铵或硝酸钠为100%的的各种的化肥盐溶液渗透压变化的指数^[1,2,13,47,50,67,68]。

(3)在生物学中,高渗溶液,对生物的影响是非常深刻的。如,我在1963年,在实验室看到一个未曾灭菌的普通蔗糖溶液,是很难保存的,因为很容易发酵,进而腐败。

可是,我却见到一瓶高渗的蔗糖溶液从来不生杂菌(如受潮的分析纯的蔗糖瓶子中,虽然有少量液体,形成自由液面),但在没有灭菌条件下,从来没有见到任何杂菌生长——这是我在学校学习时遇到过的极少数特例之一。其机理,导师吴湘钰教授做了如下解释:高渗溶液本身就有“灭菌”的作用,原因很简单,是该高渗溶液,把微生物体内的自由水,甚至是束缚水,反渗透到蔗糖溶液里,微生物因脱水而受抑制或死亡。

因此,我从这个课程里体会到,植物根系因施化肥形成的盐溶液的渗透压,也是一个不可小看的问题,这本身就是一种环境胁迫因子。我在中国农业科学院土肥所工作后,时刻考虑到施用化肥时要考虑盐指数的问题。从那时起,也弄明白了“腌咸的鸡蛋孵不出小鸡”的道理了:高渗透压的盐溶液,反渗透了鸡蛋中的生命水或束缚水,同时,食盐中的盐离子渗入到鸡蛋的内部,盐离子本身也会引起鸡蛋蛋白质的变性,两个方面的作用使鸡蛋内的生命——受精卵,失去生命活性而死亡。

在工作中,体会到化肥大多数是化学上的盐,即使是有机化合物的尿素分子,有机肥中的氨基酸,在土壤中一段时间后,都会转化为碳酸氢铵,溶入土壤溶液中,也是盐溶液。当然