

王人潮 编写

水稻营养综合 诊断及其应用

浙江科学技术出版社

水稻营养综合诊断及其应用

王人潮 编写

浙江科学技术出版社

序 言

(一)

各种作物的病害严重地影响着作物的生长，这是农业产量不能持续上升的重要原因之一。建国以来，由于植物保护工作的开展，我国主要作物的病害在一定程度上得到了控制。但目前植保工作的主要对象是由病原菌所引起的病害，对于因土壤营养障碍、作物缺素与中毒、以及施肥不当等产生的生育失常乃至死亡等生理病害，还没有引起足够的重视。事实上，这种病害是普遍而严重地存在着。例如早稻苗期缺磷发僵，冷害发僵，早稻秧苗期亚硝酸中毒，水稻缺钾、缺硅症，水稻亚铁中毒症，水稻酸害死苗，糊田稻叶褐斑症，大麦缺钾黄化症和棉花红叶茎枯病等等，都时有发生。当前所生产和使用的化肥品种还比较单纯，随着作物单产的不断提高，单位面积的化肥用量则不断增加，如果对上述种种作物生理病害不加调查研究，不及时采取措施，那将会进一步发展。在某些土壤上，微量元素的缺乏或过多，也会对某些作物的生育造成障碍。当前已发现的水稻缺锌症，油菜缺硼症，旱作缺素失绿症和茶叶氯害枯梢等就是显明的例证。国外农业发展历史的经验教训和我国当前生产上已出现的一些问题，都表明开展这项工作有重要意义。

在农业生产中，要求系统测定土壤养分和作物营养的变

化,研究作物各生育阶段的营养特点及其与产量形成的关系,探明作物需肥规律,以指导合理施肥,进而探讨高产土壤养分和高产作物营养的变化规律及其相互关系,提出高产施肥理论依据和作物营养指标及其施肥测报与促控技术等,以便更好地为大面积高产、稳产服务。这就是开展作物营养与土壤诊断的现实意义。同时,这也是借助科学仪器武装农业,提高科学种田水平的一项技术措施,应给予足够的注意,大力倡导。

(二)

早在二十年代,美国就开始对玉米植株进行化学诊断;到五十年代,除美国之外,日本、西德、苏联、法国、英国和朝鲜、印度等许多国家相继成立了专门机构,分别对粮食、经济作物、果树、蔬菜、牧草等几乎所有作物进行了广泛深入的研究,进行了化学诊断,发展是比较快的。诊断的内容,涉及到探明作物生长障碍因素,拟订施肥计划,建立施肥制度等;诊断的营养元素,有氮(N)、磷(P)、钾(K)、钙(Ca)、镁(Mg)、硫(S)、锰(Mn)、铁(Fe)、锌(Zn)、铜(Cu)、钼(Mo)、硼(B)、钴(Co)以及硅(Si)等;诊断的方法,有形态诊断法、幼苗鉴定法、培养法、田间试验法、植株组织结构解剖法、土壤农化分析法、植化分析法(包括叶片和叶柄分析、植物汁液分析)、放射性同位素示踪原子法、微生物法、生物化学法等。由于诊断方法的多样化,诊断的手段和仪器也是各式各样的,而且新技术和新仪器不断推广应用。例如化学分析中,试用的仪器从原子吸光光谱分析、X光光谱分析、离子选择电极等,发展到自动分析仪或自动分析操作线。七十年代初,还出现了运用电子计算机与遥感技术,对作物进行估产以及生态的诊断等。但是,运用这类先进技术,都必须以积

累许多基本的参数，并编定计算程序为基础。要获得这些参数与编定计算程序，又必须通过农业实践和田间试验才能达到。开展作物营养诊断，就能为运用上述先进技术积累数据和创造条件。所以它的发展前景是很广阔的。

(三)

所谓水稻营养诊断，就是为防治水稻营养生理病害，保证水稻各生育期养分平衡，以夺取水稻优质、高产、低成本的一种手段。就其内容可概分为两类：第一类是水稻生长障碍诊断。这就是在水稻生长发育过程中，对由于土壤性质不良和施肥不当或其他原因等引起的水稻生长失常，甚至死亡的生理病象进行及时地综合地诊断。第二类是水稻高产营养诊断。它是摸清在水稻生长发育过程中的稻株体内养分的变化规律及其与土壤供肥性的相互关系，以便采取针对性措施，保证水稻稳健生长，达到高产、优质、低成本的目的。由此可见，水稻营养诊断是一项实用的农业技术，它的理论基础是土壤学、农业化学、植物生理学和作物栽培学等，它的立足点在于应用。

本书以当前生产上发生的水稻营养生理病害为主要线索，利用最新的科研成果，尽可能从理论上作深入浅出的说明；并较详细地介绍各种生理病的症状及其发生条件；在诊断上采用包括形态、环境、化学和田间试验等方面的综合诊断技术。此外，对经过初步实践，证明是行之有效的若干土壤障碍的田间试验诊断方案也作简要的介绍，其目的是让农业技术人员能联系实际，提高分析和解决生产问题的能力。对于水稻高产营养诊断技术，作者联系自己的实践经验，着重对“早稻省肥高产栽培”及其诊断技术尽量作较详细的介绍。

本书所介绍的诊断项目，多数是经过近十年来在大田生产

和科研中多次实践后总结出来的。因此，对各项诊断都提出了所需的参考指标，供实际应用时参考。在目前农村条件下，如果有一只“《75》型水稻营养诊断箱”，培训好一至二名诊断技术员，就能开展一般的田间水稻营养与土壤诊断工作。本书属于农业技术的普及手册。但它较多地介绍了其他有关的诊断内容与方法，因而也可供农业科研部门参考。

（四）

早在五十年代，作者就经常接触到为广大农民群众所关心的作物生长障害问题，但限于知识水平和工作条件，当时仅获得这方面的一些感性知识和素材；六十年代以来，作者在俞震豫教授直接指导下进行土壤教学科研工作，得益非浅，对野外识别土壤和判别作物生长障碍等方面的能力，逐步有所提高；1970年以来，作者又有机会配合朱祖祥教授等，并在他们的具体指导下，正式开展了水稻营养与土壤诊断的研究工作。书中很多内容就是朱祖祥教授和土壤教研组的科研成果。1975年年底，作者以此项科研成果为主要依据，协助富阳县农科所试制成“《75》型水稻营养诊断箱”，并编写出《水稻营养与土壤诊断训练班讲义》。1976年春，在杭州市科委和富阳县科委的组织领导下，举办了杭州市第一期水稻营养与土壤诊断训练班。凡是运用诊断技术指导生产的大队，都取得了较好的增产效果。1977年春，我们又在富阳县举办了第二期训练班，把诊断工作推广到全县37个公社，它对富阳县第一次获得全年亩产超千斤，以及1978和1979两年全县亩产分别比前一年增加206斤和227斤，起到了一定的作用，并出现了一个粮食亩产从1975年的871斤，增加到1979年的1860.6斤的试验畈。四年来，每亩共增产989.6斤，平均每年每亩增产247斤多。特别是对早

稻省肥高产栽培及其诊断技术的试验，经过四年的研究，获得良好的效果。其中，尤以按不同生育期的营养指标指导施肥，取得了较好的结果。它为“施肥测报”及“促控技术”的研究，跨出了有积极意义的一步。这些成果，受到了有关部门的领导、农技员和社员的欢迎。

1979年是全国第二次土壤普查的第一年，中央要求通过第二次土壤普查，社队要建立定期的土壤诊断制度。在此形势下，作者编写了这本书，以期抛砖引玉。1980年5月，浙江省人民政府颁发了十二项科技成果推广奖，本项目是其中之一。同年6月，浙江省科委委托浙江农业大学土壤教研组举办了浙江省第一期水稻营养综合诊断技术培训班，要求把这一项成果在全省推广。此书若能在这一方面起到一些配合作用的话，那将是作者的宿愿得偿。

作者在进行科研和编写本书的过程中，一直得到了浙江农业大学土化系和杭州、金华、丽水等地区，特别是富阳县科委、县农科所和土肥所的领导、教师、科技人员和社员群众的支持与帮助，特致谢意。由于编写匆促，书中难免存在缺点和错误，希读者批评指正。

王人潮

1981年于杭州

目 录

序 言

第一章 水稻营养综合诊断的基本知识	(1)
一、水稻生长发育所必需的营养元素	(1)
(一) 水稻必需的营养元素	(1)
(二) 水稻养分的临界浓度和水稻营养诊断指标的概念	(3)
(三) 最大限度地满足水稻生长发育所需营养成分的主要目的	(5)
二、水稻对无机养分的吸收和在体内的移动	(7)
(一) 稻根的呼吸作用和对无机养分的吸收	(7)
(二) 无机养分在稻株体内的移动和浓度梯度概念	(9)
(三) 环境条件对无机养分吸收、移动的影响	(11)
三、无机养分之间的关系	(13)
(一) 拮抗作用	(14)
(二) 相助作用	(14)
(三) 小结	(15)
四、综合诊断的概念	(16)
五、化学速测诊断样品的采集和处理	(18)
(一) 土壤样品的采集和处理	(19)
(二) 作物组织样品的采集和处理	(23)
第二章 水稻土的基础知识	(26)
一、水稻土是特殊的耕作土壤	(26)
(一) 水稻土的形成	(26)

(二) 水稻土的剖面构造	(28)
二、水稻土的氧化还原过程	(31)
(一) 水稻土的氧化还原电位	(32)
(二) 土壤中的铁、锰淀积物	(35)
(三) 水稻土的白土化	(41)
(四) 氧化层与还原层的分化	(43)
三、水稻土的分类	(46)
(一) 根据水稻土的起源划分	(46)
(二) 根据水分类型划分	(49)
四、高产水稻土的肥力特征及其培育	(50)
(一) 高产水稻土的肥力特征	(50)
(二) 高产水稻土的培育	(53)
第三章 水稻缺素病害的诊断与防治	(58)
一、作物发生缺素病害的主要原因	(58)
(一) 土壤缺乏无机养分	(58)
(二) 肥料成分不平衡	(60)
(三) 土壤酸碱性度不当	(61)
(四) 土壤物理性质不良	(65)
(五) 气候因素的变化	(66)
二、氮素营养、失常症状及其发生条件与诊断	(69)
(一) 氮素的增产作用	(69)
(二) 水稻缺氮与氮素过多的症状及其易发时期	(69)
(三) 土壤氮素养分状况及其易发失调因素的分析	(72)
(四) 稻株的氮素营养诊断	(75)
(五) 土壤有效氮的速测诊断	(80)
三、磷素营养、缺磷症状及其诊断与防治	(83)
(一) 磷素的增产作用	(83)
(二) 水稻缺磷与磷素过多的症状及其易发时期	(84)
(三) 土壤磷素养分状况及其易发缺磷因素的分析	(85)
(四) 稻株缺磷的化学诊断	(89)
(五) 土壤有效磷的速测诊断	(91)

(六) 防治早稻苗期缺磷发僵的措施	(93)
四、钾素营养、缺钾症状及其诊断与防治	(93)
(一) 钾素的增产作用	(93)
(二) 水稻缺钾和钾素过多的症状及其易发时期	(96)
(三) 土壤钾素养分状况及其易发缺钾因素的分析	(97)
(四) 稻株缺钾的化学诊断	(100)
(五) 土壤有效钾的速测诊断	(103)
(六) 防治水稻缺钾症的措施	(106)
五、水稻缺硅症的诊断与防治	(106)
(一) 硅肥的增产作用	(106)
(二) 水稻缺硅症状及其化学诊断	(109)
(三) 水稻缺硅与土壤的关系及其化学诊断	(111)
(四) 防治缺硅症的措施	(113)
六、水稻缺锌、缺硫的诊断与防治	(115)
(一) 水稻缺锌症的诊断与防治	(115)
(二) 水稻缺硫症的诊断与防治	(118)
第四章 水稻中毒病害的诊断与防治	(122)
一、水稻受强酸危害的诊断与防治	(122)
(一) 水稻受强酸危害的外观特征	(123)
(二) 引起土壤极强酸性的因素分析	(124)
(三) 土壤和工矿水的化学诊断	(125)
(四) 防治水稻受强酸危害的措施	(126)
(五) 田头确定石灰用量的简易法	(127)
二、水稻受盐害的诊断与防治	(128)
(一) 水稻的盐害症状	(128)
(二) 水稻受盐害的因素分析	(129)
(三) 土壤含盐量的速测诊断	(131)
(四) 防治水稻盐害的措施	(134)
三、早稻旱育秧受亚硝酸中毒的诊断与防治	(136)
(一) 亚硝酸中毒的症状	(136)
(二) 发生中毒的条件分析	(136)

(三) 土壤亚硝酸盐的测定	(138)
(四) 防治亚硝酸盐中毒的措施	(140)
四、水稻苗期受还原性物质中毒的诊断与防治	(141)
(一) 水稻中毒发僵的一般原因分析	(141)
(二) 中毒发僵的稻苗和土壤的一般特征	(142)
(三) 野外简易诊断与实例	(143)
(四) 防治水稻中毒发僵的原则	(150)
(五) 土壤改良剂对治僵效果的讨论	(151)
五、红壤旱改水发生黑根黄叶症的诊断与防治	(154)
(一) 黑根黄叶症的症状	(154)
(二) 发病因素和原因分析	(155)
(三) 防治黑根黄叶症的措施	(157)
六、旱地改水田发生青立症的诊断与防治	(159)
(一) 青立症的症状	(160)
(二) 发病因素和原因分析	(161)
(三) 防治青立症的措施	(162)
七、糊田稻叶褐斑症的诊断与防治	(164)
(一) 褐斑症的症状及其发展	(164)
(二) 褐斑症的发病因素分析	(166)
(三) 发病机制的讨论	(173)
(四) 发病期和潜伏期的化学诊断	(176)
(五) 综合防治褐斑症, 夺取早稻亩产超千斤的措施	(180)
第五章 水稻高产营养诊断与应用	(187)
一、开展高产营养诊断的基础	(188)
(一) 通过查土壤障碍因素, 掌握诊断技术	(188)
(二) 水稻氮素营养诊断技术	(195)
二、因地制宜、以产定肥、以肥保粮问题	(199)
(一) 通过田间试验, 估算本地区的作物施肥量	(199)
(二) 确立经验公式, 提出产量指标与施肥量	(211)
三、水稻高产营养诊断实例——早稻省肥高产栽培及其诊断技术	(216)

(一) 省肥栽培试验设计的理论基础	(217)
(二) 省肥栽培试验的技术设计	(221)
(三) 省肥栽培的试验结果	(223)
(四) 不同生育期的最佳和适宜氮素营养指标	(231)
(五) 推广省肥栽培技术的结果与讨论	(241)
四、与省肥栽培有关的数据和换算资料	(248)
(一) 附表	(248)
(二) 在土壤与作物营养诊断中, 有关数字的换算注解	(251)
第六章 田间试验诊断法	(253)
一、对农业科学试验的基本认识	(253)
(一) 农业科学试验的最终目的是提高作物产量	(253)
(二) 作物试验在计量上的两个基本概念	(254)
(三) 农业科学试验的两个基本方法	(257)
二、提高田间试验准确性的几个技术原则	(260)
(一) 试验地的选择	(260)
(二) 试验小区的面积、形状与方向	(261)
(三) 重复与排列	(262)
(四) 对照区(标准区)	(264)
(五) 保护行	(264)
三、田间试验诊断方案的设计	(265)
(一) 明确田间试验诊断的目的, 提出试验题目	(266)
(二) 制定诊断试验方案	(266)
(三) 简化复因子试验方案的途径	(268)
(四) 介绍几种田间试验诊断方案	(274)
附录	(283)
一、速测诊断用的试剂规格	(283)
二、六硝基二苯胺试纸的制备	(285)
三、田间记载项目及标准	(286)
四、低产土壤障害和三类苗诊断报告表	(292)
五、动物、植物生育必要的元素表	(294)
六、霍枯拉姆通的溶液培养液配方表	(295)

七、叶面喷施溶液的允许浓度表 (295)

九、各类作物显示缺素症状的难易表 (297)

第一章 水稻营养综合诊断的基本知识

水稻营养综合诊断技术，牵涉到土壤学、肥料学、土壤农化分析法、田间试验法、水稻施肥法、水稻生理学、水稻栽培学和水稻病理学等等学科的内容。它是一项以上述学科为基础的综合应用技术，因此，它的基础知识是比较广泛的。但本章只对与“诊断技术”有关的某些共同内容作简要的介绍。因为：①肥料学、水稻病理学和水稻栽培学及水稻施肥法的知识已较为普及，故本书不作专门介绍；②水稻土和田间试验法对水稻营养综合诊断的关系更为直接密切，且过去缺乏系统介绍，故单独成章叙述；③土壤农化分析法和水稻生理学，分别在各项综合诊断技术中介绍。

一、水稻生长发育所必需的营养元素

（一）水稻必需的营养元素

根据对水稻的化学分析结果，稻株中含有碳(C)、氧(O)、氢(H)、氮(N)、磷(P)、钾(K)、钙(Ca)、镁(Mg)、硫(S)、铁(Fe)、锰(Mn)、锌(Zn)、硼(B)、铜(Cu)、硅(Si)、钼(Mo)、钠(Na)和氯(Cl)等元素。其中碳、氧、氢是从空气和水中获得，在自然界中，通常都是取之不尽、用之不完的，因此我们不把它们作为肥料来考虑。

但近代科学和生产实践证明，改善碳素营养条件，对水稻的增产效果也很显著。用上述营养元素的无机盐，配成各种混合溶液（即培养液）培植水稻的试验证明，除了钠和氯以外，无论缺少哪一种营养元素，水稻都不能正常生长发育，而且这些营养元素之间不能相互代替，也不能用其他元素来代替，所以我们把这些营养元素叫作水稻生长发育的必需元素（即为必需的营养成分）。其含量参看表1。

表1 水稻各部位主要元素的含量*

营养元素	多量元素(干物质%)							微量元素(干物质ppm)					
	硅	氮	磷	钾	钙	镁	硫	铁	锰	锌	铜	硼	钼
谷粒	1.14	1.88	0.80	0.15	0.04	0.13	0.32	—	—	—	—	—	—
根	0.79	1.28	0.28	0.05	0.14	0.07	0.34	—	—	—	—	—	—
茎叶	4.79	1.01	0.29	0.64	0.41	0.12	0.29	200 860	44 720	75 120	42 83	3—7	0.5 1.1

* 表内数据系由文献资料整理而成。各种元素的绝对含量，因品种、施肥、土壤等的不同而有差异。

从表1中可以看出，水稻生长发育所必需的营养元素中，硅、氮、磷、钾、钙、镁和硫的含量比较多，约占水稻干物质重的千分之几至百分之几，表示水稻在生长发育过程中，从土壤中吸收这些元素的量也比较多，所以我们把这些营养元素叫作多量元素（又称大量元素），而铁、锰、锌、硼、铜等的含量很少，只占水稻干物质重的十万分之几至千分之几，表示水稻在生长发育过程中，从土壤中吸收的量是很少的，所以我们把这些营养元素叫作微量元素（又称痕量元素）。在多量元素中，除硅以外（硅是水稻的一个特殊营养元素，一般情况下是不会缺乏的），水稻对氮、磷、钾的需要量特别多，而土壤的

供给量又通常是不够的，为了满足水稻生长发育的需要，人们就必须将氮、磷、钾以各种肥料的形式大量地补给土壤。实践证明，在任何一种土壤上种植水稻，都需要施用氮、磷、钾三种元素的肥料。如果长期偏施某种化学肥料，就很容易导致水稻生育失常。所以我们把氮、磷、钾称为作物的“肥料三要素”，或谓“作物营养三要素”。

（二）水稻养分的临界浓度和水稻营养诊断指标的概念

所谓水稻养分的临界浓度，指的是水稻生长发育过程中，由于某种营养元素的不足或过多，引起水稻刚要发生生育失常时的该营养元素的浓度。这就是说，某种营养元素的浓度，在水稻体内低于某个数值时，水稻就表现出缺该元素的症状。相反，其浓度高于某个数值时，水稻又表现出该元素的过剩症状（中毒症）。所以，临界浓度就有缺素的临界浓度和过多的临界浓度两种。临界浓度在营养诊断上，通常是用诊断指标来表示的。如果它是用化学分析方法测定出来的，那它是一个化学分析数值。

影响水稻营养诊断指标的因素很多，主要有以下几个方面。

1. 测定方法和指标项目不同，诊断指标也不同 例如水稻亚铁中毒的诊断指标，据我们的研究结果，如测定全铁量作为诊断指标是500ppm左右；测定活性铁（6当量盐酸浸提的铁）作为指标是300ppm左右；而速测铁（0.1%邻菲罗啉直接浸提的可络性亚铁）是5ppm。在国外多用植株全量分析，其结果虽较可靠，但手续麻烦，仪器设备也多；而且在某些情况下，全量分析结果反而不能说明问题。它不适用于农村，也不能满足农业生产发展的需要。因此，我们采用化学速测方法。

2. 取样部位和计数基准不同，诊断指标也不同 例如水稻

缺磷发僵的诊断指标，我们采取的稻株样品是基部叶鞘混合组织，并以新鲜组织的重量为基数，其缺磷发僵的诊断指标是40ppm；而福建省农科院是挤取稻株汁液，并以汁液为基数，其缺磷发僵的诊断指标是89ppm。如以 P_2O_5 计，则各为96ppm和200ppm。

3. 水稻生育阶段不同，诊断指标也不同 水稻的不同生育阶段，对各种养分的要求不同，这已被许多事实所证明，因此各生育期的诊断指标理应不同。不过在作物营养诊断上，对那些再利用性能比较强的营养元素，往往有可能通过取样部位的选择，求得统一的诊断指标，以便于记忆，有时还可简化手续。例如，我们初步确定的水稻钾素营养指标，就是这样取得的。

4. 稻株的生理活性不同（包括水稻品种和稻苗壮弱的差别），诊断指标也有差异 例如，同一株水稻的叶鞘，顶部向下生理活性比较强的1~2张叶片，表现出亚铁轻度中毒症的活性铁的含量是1000ppm左右；而生理活性比较弱的第三张叶片是500ppm左右（如以刚发现中毒症状为准，则是300ppm左右）。

5. 土壤不同（主要是指土壤溶液中的营养成分，土壤pH值，氧化还原状况……等土壤条件），其诊断指标也有差异 例如，利用稻株的活性铁含量作为水稻亚铁中毒症的诊断指标时，在钾素营养充足情况下是300ppm左右；而在缺钾情况下是200ppm左右。

6. 取样测定时的天气和时间不同，诊断指标也有差异 例如，用叶鞘淀粉碘试法诊断水稻氮素营养状况，就要严格控制晴天上午九时至下午四时内取样测定。试验证明，凡是阴天、雨天和早晨取样测定，则其诊断指标就不相同。