

作物营养元素 缺乏症与过剩症 的诊断与对策

〔日〕渡边和彦 著

罗小勇 宋吉青 等 编译



作物营养元素缺乏症与过剩症 的诊断与对策

〔日〕渡边和彦 著

罗小勇 宋吉青 等 编译



科学出版社

北京

图字: 01-2016-9610

内 容 简 介

本书由日本著名的植物营养元素专家渡边和彦先生的两本专著《原色生理障害の诊断法——蔬菜·果树·花卉·作物》和《蔬菜营养元素缺乏症与过剩症》编译而成。共分四部分。第一部分主要论述诊断的基本概念,第二部分阐述诊断的顺序与方法,第三部分为各元素的缺乏症与过剩症及快速营养诊断方法,第四部分为各元素缺乏症与过剩症的彩图及说明。

本书编排有序,既有理论,又有方法,图文并茂,适用于农业等相关领域教学、科研、技术推广等方面的人员阅读,既可作为农业相关人员开展植物营养元素诊断的参考图书,又可作为高校的教材使用。

图书在版编目(CIP)数据

作物营养元素缺乏症与过剩症的诊断与对策 / (日)渡边和彦著; 罗小勇等编译. —北京: 科学出版社, 2017.2

ISBN 978-7-03-047302-8

I. ①作… II. ①渡… ②罗… III. ①作物—植物营养缺乏症—研究
IV. ①S432.3

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2016)第 026646 号

责任编辑: 王 好 张海洋 / 责任校对: 郑金红

责任印制: 肖 兴 / 封面设计: 北京图阅盛世文化传媒有限公司

科学出版社 出版

北京东黄城根北街 16 号

邮政编码: 100717

<http://www.sciencep.com>

中国科学院印刷厂 印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2017 年 2 月第 一 版 开本: 720×1000 1/16

2017 年 2 月第一次印刷 印张: 13 1/4 插页: 26

字数: 300 000

定价: 128.00 元

(如有印装质量问题, 我社负责调换)

《作物营养元素缺乏症与过剩症的诊断与对策》

编译委员会

主 任 罗小勇 青岛农业大学

宋吉青 中国农业科学院农业环境与可持续发展研究所

副主任 罗 婧 武汉大学外国语学院语言文学学院 硕士研究生 日语专业

赵解春 中国农业科学院农业环境与可持续发展研究所

校 对 罗小勇 宋吉青 罗 婧 赵解春

录 入 罗 婧

原著者からの寄語

農学博士羅小勇様、中国での翻訳書の再発行、おめでとうございます。前翻訳書は貴兄が日本の筑波大学への留学中でしたね。当時はパソコンでなく、手書きの丁寧な字での翻訳書作り、大変な御努力の日々であったと思います。しかも、当時は日本で印刷製本したため、高価な本になってしまい、中国での普及配布がほとんどできず残念でした。

今回は羅博士らのご努力で、中国の大手出版社が印刷製本することになり、適正価格での販売で、多くの中国の皆様にも本書を手にしていただける機会が増えること非常にうれしく思っています。

本書の特徴は3点です。一つは作物の要素欠乏・過剰症の多くの写真を掲載していることですが、類似の病虫害被害症状の写真も載せています。両者の判別が重要なためです。2点目は、土壌だけでなく作物体の分析もできる迅速養分テスト法の試薬のつくり方から使用方法まで全て載せていることです。養分の過不足の診断は化学分析するのが最も確実なためです。窒素、リン酸、カリウムの分析など非常に便利です。ぜひ活用下さい。3点目は、診断についての科学的考え方です。科学の方法、すなわち診断は、①観察・分析、②仮説の設立、③仮説の検証、④法則性の確立の四つのステップで完了します。分析で一つの元素の過不足が分かっても、栽培して、その元素の過不足の矯正によりその生育障害が治癒しないといけません。治癒して初めて、①の仮説が正しいことが確認でき、普遍的事実すなわち④の法則性の確立に達するのです。

本書のこうした知見は、筆者が永年日本の地方の農業生産現場で農家や現場技術者から、各種農作物の生理障害診断の相談を受けてきた経験から到達した結論です。ささやかですが、本書のこうした知見が親愛なる中国の皆様にお役にたてば幸いです。①

農学博士 渡辺和彦

(1943年生まれ、元兵庫県立農林水産技術総合センター・農林水産環境部長、元東京農業大学客員教授、現兵庫県立農林水産技術総合センター・農業大学校嘱託)

原 著 者 序

祝贺农学博士罗小勇的译著在中国出版发行。回想罗博士当年在日本筑波大学留学时翻译本书的情况，没有电脑，用手写完成了图书的全部编译工作，非常辛苦。由于是在日本印刷出版，导致成本过高，没能在中国发行，实属遗憾。

经过罗小勇博士等的努力，这次能够与中国著名的科学出版社合作在中国出版发行该书，使其与中国的广大读者见面，感到非常高兴。^①

该书有 3 个特点：一是书中不仅有许多作物营养元素缺乏症与过剩症的照片，而且也刊载了与之相似的病虫危害照片，对正确诊断营养元素障害具有重要的作用；二是全面介绍了土壤及植物体营养元素缺乏症与过剩症的快速诊断及试剂的配制方法，特别是氮、磷、钾的诊断非常简单，可操作性强，因为化学分析是诊断营养不足或过剩最可靠的方法；三是对作物营养诊断的科学思考。即诊断包括观察与分析、建立假设、验证假设及法则确立 4 个阶段，即使通过分析得到了某种元素缺乏或过剩的结果，也必须通过施用或减少该元素是否治愈该障害来进行验证，只有治愈才能确认假设的正确性，才能获得普遍性的事实即法则的确立。

该书所提出的这些观点是笔者多年来在日本各地通过现场调查、与农户及技术人员的讨论等获得的经验之谈，希望能通过本次图书的出版发行为亲爱的中国朋友开展作物营养元素缺乏症与过剩症的诊断提供帮助。有不到之处，敬请谅解。

农学博士 渡边和彦

注：渡边和彦，1943 年生，原兵库县立农林水产技术综合中心农林水产环境部长、原东京农业大学客座教授、现兵库县立农林水产技术综合中心农业大学教员。

序

值此罗小勇博士等编译完成的《作物营养元素缺乏症与过剩症的诊断与对策》一书在教育部特色专业建设等项目与科学出版社的大力支持下出版发行之际，表示衷心的祝贺，这是一件非常有意义的工作。

植物营养诊断是一门复杂而严谨的科学，日本著名植物营养专家渡边和彦根据其渊博的知识及丰富的实践经验，撰写了与之相关的学术专著，而编译者在其两部专著的基础上编译形成了该书。该书具有教科书的系统性，从诊断理论、诊断方法到各种营养元素缺乏症与过剩症的原色图谱，以及与之相似的病虫害和其他症状，内容丰富，图文并茂，可读性和实用性都很强。特别是各种营养元素的田间快速诊断方法不需要室内仪器分析，可在田间快速、简单、准确地测定土壤及植物中营养元素的状况，迅速做出缺乏或过剩的判断，从而有效地指导农业生产。

作为一位植物病理学工作者，深知开展植物生理性病害(障碍)诊断的难度和重要性，我相信该书的出版必将为我国从事这一领域教学、科研及农技推广工作的学者，甚至广大的农民朋友提供很好的参考资料，也可作为高校的教材使用。

是为序。

李宝筠

青岛农业大学党委书记
中国植物病理学会副理事长
2014年12月29日

前 言

植物营养元素缺乏症与过剩症属于植物生理病害的范畴，它与有害生物引起的病虫害一样严重威胁着植物的生长，给世界各国的农、林、牧生产带来很大的损失。我国也不例外，每年因此造成的损失难以估量。

对植物营养元素缺乏症与过剩症的诊断一直依赖室内仪器分析，不仅测定周期长，费时费力，而且不一定能获得完全正确的诊断结论，而快速、准确地判断引起某一生理障碍的原因是防治障碍的关键。

日本著名的植物营养元素专家渡边和彦博士通过多年的潜心研究，在作物特别是蔬菜营养元素缺乏症与过剩症的诊断方面提出了一套独特的诊断理论，建立了既实用又简便易行的田间养分快速诊断法，该方法推广 30 多年以来一直被日本的各级土壤诊断机构所采用，其相关著作也长销不衰。

为了使渡边先生的理论与方法能运用到我国的农业生产中，译者于 1999 年 7 月在日本编译出版了《作物营养元素缺乏症与过剩症的诊断与对策》一书，但由于运输和印刷的成本高昂，运回国内的图书量有限，作为赠书呈送一些专家、友人和图书馆，没能将其扩展到全国销售，甚感遗憾。这次能通过科学出版社将其在中国发行，深感欣慰，期待相关理论与方法能为我国的农业现代化建设做出贡献。

本书由渡边先生的两本专著《原色生理障碍的诊断法——蔬菜·果树·花卉·作物》和《蔬菜营养元素缺乏症与过剩症》，以及《作物营养元素缺乏症与过剩症的诊断与对策》译本编译而成，编译注重理论知识结合实用技术，使内容更全面、更适合不同农技人员的需求。书中的 700 余幅照片，汇集了各种作物营养元素的缺乏症与过剩症，以及与之相似的病虫害危害等丰富的内容，对判定发生生理障碍的原因有很大的帮助。书后又追加了许多与营养元素相关的附表，使用更加方便。

借本次出版发行，对原书稿进行了全面的修订和编辑，使文字更加通俗易懂，排版方式也按照国内的阅读习惯进行了调整。但由于编译者水平和客观条件所限，特别是彩页部分因原版印刷对文字部分没能进行进一步的修订，使本图书难免存在一些缺憾，恳请读者批评指正。

本图书的出版得到了教育部特色专业建设项目、科技部“十二五”农村领域国家科技计划项目子课题(2011AA100503)、“黄河三角洲学者”建设工程专项、山东省“泰山学者”建设工程专项、原著者渡边和彦先生及科学出版社的大力支持，在此表示衷心的感谢。

编译者

2014年12月

缩写及单位

e	当量, 同 Eq
me	毫克当量, 同 mEq
g	克
mg	毫克
kg	千克
L	升
ml	毫升
ppm	百万分率
mm	毫米
cm	厘米
m	米
m ²	平方米
me/L	毫克当量/升
mg/L	毫克/升
g/L	克/升
pH	酸碱度
hm ²	公顷
N	当量浓度
M	摩尔浓度
mmol	毫摩尔
min	分钟
t	吨
s	秒
EC	电导率
Eh	氧化还原电位
pF	土壤水分能态的定量表示方法, 为土壤水势水柱高度厘米数(负)的对数
EPMA	电子探针显微分析仪
TCA	三羧酸
TMV	烟草花叶病毒
CMV	黄瓜花叶病毒
%	百分浓度, 包括溶液百分比浓度(ml/ml)、质量百分比浓度(g/g)、质量 体积百分比浓度(mg/L)
PAN	硝酸过氧化乙酰

目 录

原著者からの寄語

原著者序

序

前言

缩写及单位

第一章 诊断的基本概念	1
1.1 诊断	1
1.1.1 土壤诊断者的困惑	1
1.1.2 何为诊断——假设与验证	1
1.1.3 生理障害名称并不一定表示对策	3
1.1.4 验证的方法	4
1.1.5 诊断是经验学	4
1.1.6 土壤诊断者的使命与责任	4
1.2 与诊断有关的基本概念	5
1.2.1 土壤元素浓度与作物生长量之间的关系	5
1.2.2 不易产生过剩症的元素	7
1.2.3 诊断标准值只是一个目标值	11
1.2.4 偏重于化学性的诊断体制	13
1.2.5 土壤有效态养分分析方法的利弊	14
1.3 田间生理障害的发生	18
1.3.1 单纯的缺素症或过剩症较少	18
1.3.2 引起障害的原因	19
1.3.3 新垦地与农耕地	22
第二章 诊断顺序与方法	24
2.1 生理障害诊断的基本概念	24
2.1.1 生理障害的定义与障害发生的三要素	24
2.1.2 诊断的顺序	29

2.1.3 由生理障害的发生机理来思考诊断顺序	39
2.2 以土壤化学性异常为主因的土壤诊断法	49
2.2.1 土壤化学性的诊断顺序	49
2.2.2 排水不良的诊断	51
2.2.3 EC(电导度)的诊断	55
2.2.4 pH 的诊断	57
2.2.5 快速养分分析法及其原理	59
2.2.6 根据叶面喷施进行验证	70
第三章 各种元素的缺乏症与过剩症	75
3.1 缺氮症与氮过剩症	75
3.1.1 缺氮症	75
3.1.2 氮过剩症	77
3.1.3 氨态氮的毒害	78
3.1.4 亚硝态氮的毒害	79
3.1.5 氮素气体引起的危害	79
3.1.6 快速养分分析法	81
3.2 缺磷症与磷过剩症	83
3.2.1 缺磷症	83
3.2.2 磷过剩症	86
3.2.3 快速养分分析法	88
3.3 缺钾症与钾过剩症	90
3.3.1 缺钾症	90
3.3.2 钾过剩症	95
3.3.3 快速养分分析法	96
3.4 缺钙症与钙过剩症	98
3.4.1 缺钙症	98
3.4.2 钙过剩症	103
3.4.3 快速养分分析法	104
3.5 缺镁症与镁过剩症	105
3.5.1 缺镁症	105
3.5.2 镁过剩症	110
3.5.3 快速养分分析法	111
3.6 缺铁症与铁过剩症	113

3.6.1 缺铁症	113
3.6.2 铁过剩症	118
3.6.3 快速养分分析法	120
3.7 缺硼症与硼过剩症	121
3.7.1 缺硼症	121
3.7.2 硼过剩症	125
3.7.3 快速养分分析法	127
3.8 缺锰症与锰过剩症	130
3.8.1 缺锰症	130
3.8.2 锰过剩症	133
3.8.3 快速养分分析法	136
3.9 缺锌症与锌过剩症	138
3.9.1 缺锌症	138
3.9.2 锌过剩症	141
3.9.3 快速养分分析法	145
3.10 缺铜症与铜过剩症	147
3.10.1 缺铜症	147
3.10.2 铜过剩症	150
3.10.3 快速养分分析法	151
3.11 镍过剩症	152
3.11.1 镍过剩症	152
3.11.2 快速养分分析法	156
3.12 其他元素的缺乏症与过剩症	157
3.12.1 钼	157
3.12.2 氯	158
3.12.3 硫(SO_4^{2-})	158
3.12.4 硅	158
3.12.5 铝	159
3.12.6 快速养分分析法	159
附录	162
索引	174
症状原色彩图	

第一章 诊断的基本概念

1.1 诊 断

1.1.1 土壤诊断者的困惑

近年来，从事土壤分析的人越来越多，有些非土壤肥料专业人员也成为土壤肥力诊断的技术员，他们虽然努力并根据所获得的资料对农民进行指导，但效果欠佳，常有人因失望而转行。

这些人对“诊断”的含义不是很清楚，常误认为经常进行土壤分析就可以提高农作物产量。现阶段，土壤农化分析已变得越来越容易，而且数据的可信度也越来越高，但从栽培环境整体来看，分析值只反映了一个侧面，它不能代表土壤所有的特性，只有当引起生理障碍的主要因素包含在该分析值中时才能起到有效的作用。

土壤分析并不那么简单，即使进行了土壤测定，但对不了解资料分析及利用方法的人而言也会出错。

确定调查及分析项目时应充分考虑进行什么样的调查才能搞清土壤的生产抑制因子，即通过预测众多环境因子中最重要的因素来决定调查、分析项目，并根据结果来制定对策。

再次强调，观察什么、分析什么必须根据诊断者的判断和预测来决定，因而如何利用分析结果显得尤为重要。下面从理论上对诊断的含义再加以说明。

1.1.2 何为诊断——假设与验证

1. 诊断是一个中间过程

从字义上来讲，诊断一词涵盖“诊察”与“判断”两层含义。如图 1-1 所示，诊断是指通过对目标的诊察(观察)，分析引起障碍的原因及障碍的性质，并对该障碍作出判断的过程，它是包括对策在内的一个连续过程的一部分。

例如，医生对患者的诊治就包括对症状的诊察、判断、治疗等一系列过程。但对人类而言，至少目前只有诊治病人的诊疗所，而无诊断所，这一点非常重要，

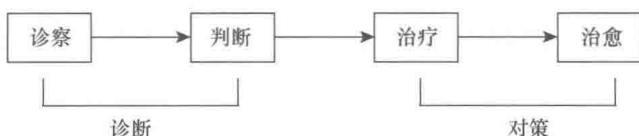


图 1-1 诊断的概念(诊察和判断)

诊断：建立假设(即由障害的原因或障害的性质来考虑对策)

对策：验证假设(即对所建立的假设进行验证试验，如果能治愈或防止该障害再发生，说明该假设正确)

因为只有诊断而无治疗对医生来讲是极不负责任的，它也说明从科学上讲诊断只是一个中间过程。

从科学的角度来说，诊断是根据诊察结果作出判断，亦即由观察结果提出假设，因而，必须对该假设的正确性进行验证试验，即通过治疗将病治好。在农业方面，它相当于各种防治对策，一旦该对策能够起到减轻或完全抑制相应病害的作用，就说明假设是正确的，假设的建立是科学思考的中间阶段，其正确与否有待通过试验来检验。

例如，在分析大棚连作蔬菜的土壤及作物体时，发现土壤中有大量的钾，且作物生长发育不良，据此诊断为钾过剩症。再如，白菜发生了某种障害，在分析症状部位时由于含钙量少而认为是由缺钙所引起。像这样的诊断很多，可是由此采取的减施钾肥或增施钙肥措施均无任何效果，这是由于该诊断只是建立在对分析值的判断，即对所建立的假设是否反映了障害发生的本质没有进行验证，从而主观的断定为钾过剩症或缺钙症。

2. 柯赫法则

动物病原性疾病的鉴定常根据柯赫法则进行。它包括 4 个条件：①病原物在患病动物的组织、血液或排泄物中大量存在；②分离培养该病原物；③将病原物回接到健康动物并能产生相同的疾病；④由接种后发病的动物体也能分离出大量相同的病原物。当完全满足以上 4 个条件时，才能证明该病原物为引起该病的主要因素。

对于作物的营养诊断，它相当某元素的过剩症。柯赫法则用于鉴定某元素的缺乏或过剩时，应该是：①作物体中该元素缺乏时浓度低，过剩时则高；②③在该元素缺乏或过剩状态下再现相同的症状；④再现相同症状的作物体中该元素的浓度，与原先显示缺乏症或过剩症的作物体相当。

从证明的观点来看，柯赫四条件的应用在一定程度上为作物营养诊断开启了大门，但重要的是必须要满足所有的条件，如仅条件③所示的使用可疑元素再现相同的症状是不够的。必要条件不是充分条件，这是因为引起作物相同症状的原因往往较多，即使原因不同而症状相同的情况经常可见。此外，认为仅根据作物体内营养元素的含量便可进行诊断也是产生错误的原因之一。症状相同而原因不

同的生理障害其结果往往会产生相同的元素含量异常，也就是说，元素含量异常既可能由某一特定的原因所引起，也可能是另一种或一类症状的次生症状，对这两者必须加以区别。

站在生理障害的诊断立场来考虑，绝不能将障害发生的原因局限于元素含量的异常上，这是因为障害发生的原因并不仅限于元素一个方面，与柯赫四条件的要求相同，此时至少必须进行以下两个试验。一是在改变试验因素(即可能引起该障害的主要原因)的情况下使用其他的土壤(或水)使之再现相同的症状；二是使用产生生理障害的病土(采自病田)，在试验因素(即可能引起该障害的主要原因)不变的情况下使该障害得以防治或至少能避免再发生。进行这些试验不仅是农户的需要，而且对农业工作者而言也是验证自然系中假说是否正确的重要方法之一。

1.1.3 生理障害名称并不一定表示对策

如前所述，诊断只是一个中间行为，过去由于技术认知所限而导致了生理障害名称的错误及混乱。有些生理障害可能由某一元素的过剩所引起，如铜过剩所引起的叶片缺铁症状。当降低土壤中可溶性铜的含量或叶面喷施含铁溶液时，如果二者均有一定的防治效果，那么这种生理障害则被称为铜过剩症或缺铁症。实际上土壤中铜过剩是主要原因，而产生的叶片缺铁症状只是其结果之一。严格讲，这种名称令人奇怪，但从防治对策上看两者都十分确切，这两种生理障害名对该生理障害而言均有意义，从某种程度上讲同时使用也是不得已的(图 1-2)。

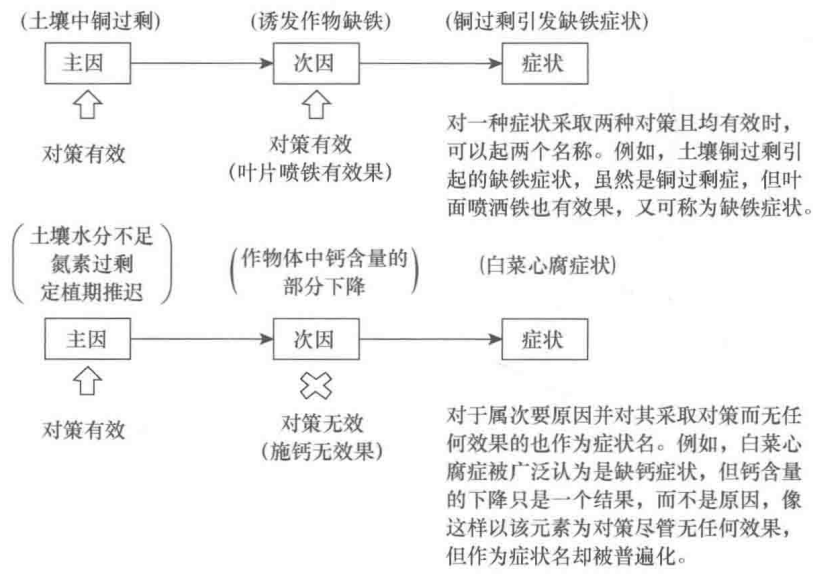


图 1-2 生理障害名称混乱的原因

问题是对次要原因防治无效果时，如白菜心腐症由某一生育期的水分不足及氮素过剩所引起，若栽培定植期推迟 10 天时也容易发生白菜心腐症，但在分析白菜发病部位时发现钙含量很低，而单纯的施钙却无任何效果。这种缺钙是由于破坏了通过根压及蒸腾供给体内钙营养的平衡所致，它只是一个结果，由于钙作为白菜心腐症本质原因之一的可能性较高，因而该障害被广泛认为是缺钙症。

像这样将作为元素含量的结果异常也作为生理障害名称时，若每种元素都不能作为对策，且又不去进行该障害主因症状的再现实验，仅从分析结果主观断定为某元素的过剩症或因平衡失调所引起的缺乏症是很片面的。

必须严格区别假设阶段的情况与经过验证的事实，不希望用假设阶段的因素作为生理障害名称。

1.1.4 验证的方法

验证时设立处理区与对照区必不可少，在改变一个条件而其他条件均相同的处理区及对照区进行试验，这在肥料试验中应该是很自然的，不应被遗忘。

比如在进行肥料对比试验时，将试验安排在土壤条件不同的两块田地，一块作为处理而另一块作为对照，这种试验无疑是不正确的。再如有关生菜田肥料对比的试验，对新肥料用新拱棚，而对照肥料用旧拱棚，这究竟是进行肥料的对比试验还是进行新旧拱棚的对比试验不得而知，而且，在新肥料处理中还特别选用了壮苗移植，这些都是忽略了对照区与处理区的设置概念。

1.1.5 诊断是经验学

诊断中包含着技术人员的判断，而建立假设则是技术人员积极的判断。建立假设绝不是根据归纳性思考而进行，换言之，假设及判断不是由各种资料机械性的推导归纳而来，必须经过演绎性思考，即需要创造性想象力。科学上的假设及理论不是由所观察到的事实推导而来，而是由该事实构思所得。许多人期望自己能从很多的观察事项及分析结果中得出正确的诊断，毋庸置疑的是其拥有的经验、知识及情报资料量会在很大程度上左右诊断的正确性。从这一点上讲，诊断可以被看作是经验学。

1.1.6 土壤诊断者的使命与责任

对事物的看待必须着眼大局。就土壤诊断者而言，一谈到土壤诊断就会马上联想到化学分析，但如果认为只要进行了土壤化学分析就是对进行土壤诊断的话，就大错特错了。土壤诊断的目的是为了提高农业生产性和改良该地区