

TURANGFEI WODU LUN

土壤肥沃度论

〔日〕冈岛秀夫著

林心清 沈德余译

农业出版社

土壤肥沃度论

〔日〕 冈岛秀夫 著
林心清 沈德余 译

农业出版社

土壤肥沃度论

〔日〕冈岛秀夫 著

林心清 沈德余 译

农业出版社出版（北京朝内大街130号）

新华书店北京发行所发行 农业出版社印刷厂印刷

707 × 1092 毫米 32 开本 7.5 印张 154 千字
1983 年 5 月第 1 版 1983 年 5 月北京第 1 次印刷
印数 1—6,000 册

统一书号 16144·2578 定价 0.94 元

前 言

《土壤肥沃度论》是日本北海道大学冈岛秀夫教授关于土壤肥力问题的专著。内容和体系都比较新颖。系统地把土壤与生长其上的作物结合起来加以生动的论述，比较全面地和完整地介绍了日本和欧美一些国家晚近在肥力方面的研究成果和进展。

该书重点突出，观点鲜明。作者的一些看法，例如，从农业发展史看土壤肥力的发展，讨论了运用正确的农业技术措施，可以把坏土变为好土；从强度因子和容量因子两个方面，研究土壤供给作物水分、养分能力，提出从动态关系中来看土壤对作物的水分、养分供给状况，不同意那种单纯分析土壤养分含量来决定施肥的意见；土壤溶液中的阳离子浓度和组成受阴离子所制约，而其机制的实质在于阴阳离子的电中性平衡；使用氮素化肥对土壤有机质的增加有积极作用；有机物质对土壤肥力与作物生育的作用，特别分析了高产栽培中有机肥料的作用及其大量施用时出现的问题，并提出如何发挥肥效等等看法，都很有参考价值。因此，把它翻译出版，以供土化、农学专业的科技人员、院校师生参考，若能有所增益，实为幸甚。

译 者

1982年4月

序

值此冈岛秀夫教授倾平素积累的经验出版“土壤肥沃度论”一书之际，我受托读了原稿，感触很深。

我曾在北海道大学工作过，是冈岛教授的前任。当时北海道大学土壤肥料学合开一门课，一个人担任两方面的课程，痛感讲授土壤学的困难。如果从岩石受风化，加之生物的作用而生成土壤，再叙述怎样形成的土壤的物理、化学性质，按这种顺序讲解，学生容易理解，然而这往往成为一种与农业无关的土壤学。相反地，若将重点放在土壤所具有的各种性质以及在土壤上经营的农作物方面，特别是与作物栽培的关系上，这样讲起来就又变得松散了，且难于从根本上涉及土壤到底是什么的问题。本人一直想设法将两者结合起来，系统地论述土壤的本质与在其上经营的作物栽培之间的关系，但却在这方面枉费了许多时光。对于将土壤作为自然物来探知其性质方面已取得了很大成果，但作为经营农业的场所的机能方面，却因为复杂，与前者相比其成果尚不充分。

如今看到了冈岛教授大胆的尝试，正如开头所说的那样，确是深受感触。

最近不知何故，不仅是专家，就是一般人都开始非常关心起地力这个有关土壤肥力的问题来了。虽不好判明其原因，但其中有因为日本粮食自给率下降所产生的对将来不知所措的担心。此外，以前一直认为农产物只将其必要部分交付市

场，其他部分作为自给肥料返回田地的做法是农业的根本。然而现在以劳力不足为契机，稿草被烧掉、机器代替了牲畜、完全依赖化肥的现象不正是造成大家关心的原因吗。

加之公害问题的讨论带上了部分感情色彩，只强调化肥的缺点一面，而无视在如此狭小的国土上养活一亿人口的力量一面。从而冷静的科学家的意见往往被否定。可能作者也忧虑到这点才写这本书的吧！

作者满腔热情地对待这些忧虑，同时冷静地展开了对肥力的论述。依我看，不用说对土壤学有兴趣的人，实际上凡是从事农业的人都务请一读。虽然农民阅读有难处，但我想不必拘泥于详细的公式、符号，只要能理解冈岛教授对地力的看法就行了。我认为地力是通过正确的经营而自然形成的东西。

另一方面，用现有的知识将这种复杂的地力作为科学来专论，臻于完善甚为遥远，不仅必须进一步分析、归纳地进行研究，也必须考虑演绎的发展法。这一点正如冈岛教授在自序中述及的那样，也在征求读者的批评，期待着再版时加以完善。

北海道大学名誉教授 石塚喜明

1976年3月于札幌

自 序

“自幼就玩弄泥土，如今却要将这非常熟悉的泥土作为研究学问的对象，起初真是感到不可思议”。这是一个听土壤学课的学生的感想。依靠农业生产而生存的人类，对于土有一种不可估测的思恋，俗言道：“土生土灭”，这类词汇表示人们对土亲近之情。

以农业生产为基础而取得飞速发展的现代工业化社会，实际上存在着公害、粮食不足和直接威胁人类生活的因素。人们对它们的戒备心理随着国际石油危机的出现而增强起来，产生了对近代文明的尖锐批评。有些有识之士指出，只要仔细观察一下，我们的母亲——土，也成了现代文明的牺牲品。

对于粮食和健康的愿望是人类至今尚未满足的宿愿。人类虽然多次面临绝境，但都依靠自己的智慧而开拓了道路。现在亦然，在日本公害成灾的说法与平均人的寿命超过70岁的数字是同时存在着的。然而可以想见，人类今后遇到的困难将是很多的，特别在资源缺乏的日本，如今存在着大量即刻必须解决的难题，生存下去的道路是极为严峻的。

在这种意义上，就不能放松进一步提高太阳能（大自然比较公平地分配的资源）利用率的步伐，就是说要提高单位面积农作物的产量。为此，先决条件就是要更正确地认识土壤这个生产农产品的手段，讲究最大限度发挥土壤能力的方

法。停滞不前，技艺就要倒退，当然，支撑日益增加的人口的农业也不能停滞，不能回到过去光能利用极低的状态。除了扎实地提高光能利用率之外，别无它法。这是我们对土壤有很大期望的理由。

对土壤的研究虽只有 100 年的历史，然而至今从分子水平的微观研究，到以团粒结构、田地为对象的宏观研究，最后到地球水平的超宏观研究都在极其广阔的范围内大力进行着。而且正在各个领域详细弄清土壤的性质，不断地积累着新的知识。然而由于知识范围极其广阔，加之分化得很细的异质的知识又多，所以反而导致看不清楚土壤的全貌。因此，才产生摆脱这些知识的束缚，用血缘关系来认识土壤的思潮。当然，在以血缘关系来认识土壤时，不是希望对土壤的理解有新的发展，而是希望通过整理浩瀚的资料重新勾画出土壤的全貌。现在正处在这样一个重要的时期。

土壤总是在所处的环境下，不依人们的意志为转移地达到最稳定的平衡状态。然而，这种平衡常常被太阳能所打乱，而这种打乱的系统再恢复平衡的过程，正是土壤供给作物养分、水分的源泉。多得难以消化的有关土壤知识，也是从各个角度掌握了大自然这种趋向平衡的动态而获得的，并深刻地记录着孕育生命的大自然的巨大变迁。

离开这种大自然的规律就谈不上农业耕作的发展。如何在打乱土壤平衡的同时提高土壤的肥力，使作物的生育向着对我们有利的方向发展，则是土壤管理的基本要求。要有正确地评价土壤的态度，既不过高亦不过低地评价土壤，那么，将会出现最有效的耕作土壤的管理以及由此而产生的未来新农业。

当然，以自己菲薄的学识是怎么也不能担负此任的。然

而，一想起时代对土壤的要求从来没有象现在这样迫切，于是才应邀考虑尽自己知识所及出版这本土壤肥力的小册子。动笔时顾及以下各点。

首先在第一章，追溯了有史以来的农业耕作及土壤观的历史，指出始终贯穿其间的是那种认为无论什么样的土壤总能够通过人类的努力而变成肥沃土壤的卓见和对农业生产的坚定信心。

在第二章中，把土壤这个作物生育环境的复杂功能（这是我们最企求于土壤的东西），分成几方面的因素来进行论述。例如，将土壤对作物供给养分、水分，理解为静的因素（强度因子和容量因子）与动的因素（固相养分的释放速度和养分、水分向根表面移动的速度）的综合作用，根据其中哪个因子是限制因素的具体情况，来判断土壤供给养分、水分的好坏，并确定其对策。同时，从大的方面来看，这些因素是相应于气候和栽培方法而变化的，所以这就产生了农业技术的地域性。另外，有时土壤肥力对作物生育也会有完全相反的效果。

第三章主要通过土壤反应，即通过小自土壤溶液中铝的形态变化，大至土壤与空气的气体平衡，一系列大大小小的各种各样的化学反应，来对土壤的独特性，即土壤对外力作用所具有的缓冲性能加以叙述和发挥。

第四章通过水田与旱地土壤的比较，指出我们所从事的耕作土壤具有极强的人工性格。

第五章就氮、磷、钾来看，土壤供给作物的无机养分，如果只靠自然界的物质循环量是远远不够的，施加化肥可以说是作物生产所必须的条件，然而化肥的速效性对土壤肥力来说具有正反两方面的作用，农业技术则是为了更积极地利用

用其有利的一面。

第六章提出有必要从全体与部分、个体与全体的区别上，或者从人工与自然的区别及其相互关系上来加深对地力（土地生产力）的理解。例如，讲地力必须重视土壤肥力，同时又要考虑土壤肥力是作物生产的一个因素，其重要性要由它在气候、作物品种、栽培方法或产量水平这个全体中所处的位置来确定。由此也可很好地理解堆厩肥对作物生产的两面性。

另外，耕作土壤的肥力具有人工的性格，但也是以土壤的自然性质为基础的。使土壤的自然性质向有利于作物生产的方向转化，人为地变自然土壤所具有的不利于作物生产的一面为有利的一面，这种“化祸为福”的例子在农业耕地中是很多的。古人的那种无论什么样的土壤都能变为肥沃土壤的思想，就是这样在农业耕地中闪耀着光辉。再者，第六章的想法也是本书通篇的主题思想。

由于学习不够，肯定有不少错误，请予以批评指正。

在此，对于给本书写序言的恩师—北海道大学的名誉教授石塚喜明教授所给的熏陶；对于我的挚友——同一大学作物营养学讲座的田中明教授平素所给的帮助再次表示感谢。另外，对在通过试验、讨论加深对土壤的理解上给了各种帮助的土壤学讲座的佐久间敏雄副教授、今井弘树教官以及帮助整理本书资料的入野尚子事务官表示谢意。

最后，对本书引用了他们宝贵试验结果的各位前辈，对使作者的意愿付诸实现，为出版工作而尽力的农业文化协会编辑部表示衷心的感谢。

作 者

1976年1月

目 次

前言

序

自序

第一章 土壤肥力的史观	1
一、文明的发祥地与土壤	1
二、古代的农业和土壤管理	2
三、近代的农业与无机营养学说	4
四、东方的土壤观和堆肥	5
五、现代的地力衰退论	9
第二章 土壤是作物的生育环境	12
第一节 作物的生育与光合作用	12
第二节 土壤的作用与肥力	15
一、土壤肥力	15
二、土壤作为作物生育环境的三个作用	17
第三节 土壤颗粒的作用	20
一、胶体是土壤的作用的主体	20
二、土壤胶体的表面活性与平衡	22
第四节 土壤的水分供给机制	28
一、水分供给的强度因子和容量因子 (pF—含水率曲线)	28
二、土壤—作物系的水分收支与水分供给性能	31
三、土壤的持水力和毛管现象	33
第五节 土壤的养分供给机制	36
一、关于养分供给的几种学说	36
二、养分供给中的强度因子与容量因子	38
三、固相养分的释放与养分浓度	40

四、养分的移动速度与养分供给性能	44
第六节 土壤的养分供给与根的作用	46
一、从最少养分律和产量递减律来看养分供给	47
二、养分供给中的根系与根圈吸收带	48
三、磷向根表面的扩散与根的截取	50
四、根圈土壤范围内土壤与作物的关系	53
五、根对作物地上部生育的作用与土壤环境	54
第七节 土壤的物理性质与作物生育	55
一、物理性质对作物生育的多面性	55
二、地温与作物生育	56
三、土壤空气与作物生育	58
四、土壤硬度与根的生长	61
五、不耕翻土壤的物理性质与作物生育	63
第三章 土壤的反应及其作为生育环境的特征	67
第一节 土壤的酸化与缓冲性能	67
一、土壤的酸化与环境	67
二、土壤酸性的来源物质	68
三、铝的缓冲性能	68
四、铝六水水合物	74
五、CEC 与 pH	76
六、土壤的 H^+ 来源与土壤 pH	78
七、水田土壤的 pH	78
八、水田的落干与土壤 pH	81
第二节 石灰质土壤	83
第三节 盐土和碱土	87
一、盐土与碱土的区别	88
二、石膏改良	89
三、生理病与水稻的缺锌	90
第四章 人工土壤的水田、旱地土壤和作物生育	93
一、生育环境的水田、旱地的特征	93
二、根系适应土壤水分所起的变化	97

三、水田、旱地土壤的养分环境	98
四、连作障碍	102
第五章 土壤中作物养分的动态与化肥	105
第一节 氮素的动态	105
一、自然界中氮素的循环	105
二、土壤的氮素含量	107
三、土壤氮素与无机化	108
四、氮素肥料的必要性	110
五、无机氮素肥料的有机化与氮素循环	111
第二节 土壤溶液氮素的动态	117
一、化肥具有两面性	117
二、土壤溶液中氮素的存在形态	117
三、土壤溶液的 NH_4^+ 与阴离子	121
四、氮素肥料与土壤溶液中的养分浓度	123
五、土壤溶液与石膏	126
六、土壤溶液的无机离子浓度与电中性	130
七、排水引起 NO_3^- -N 的流失	131
八、土壤的 NO_3^- 保持力	133
第三节 磷的动态	135
一、磷的存在形态	135
二、磷酸的性质	137
三、磷、铝、铁的结合	138
四、磷的吸附	140
五、溶度积	142
六、作物的磷吸收与土壤条件	144
七、土壤中磷的移动与有机物	149
八、特异磷的吸附及其释放	153
第四节 钾的动态	155
一、钾的存在形态	155
二、土壤对钾的保持能力与作物的吸收	159
三、土壤颗粒对钾的保持力与作物对钾的吸收力	160

第六章 土壤肥力与耕作土壤	167
第一节 有机物与耕作土壤	167
一、土壤有机物的作用	167
二、土壤的生成与有机物	169
三、耕作土壤中有机物的变化	171
四、堆厩肥与作物生育	178
五、堆厩肥与化肥	182
六、土壤氮素的自然富化	184
七、作物生育的相辅性	185
八、高产技术与堆厩肥	186
九、堆厩肥的缓效性的应用	189
十、轮作与堆厩肥	191
十一、作为资源的堆厩肥	193
十二、家畜排泄物的利用	194
第二节 土壤肥力与地力	194
一、生物型谱 (Biological spectrum)	194
二、地力	196
三、热带水稻与气候	197
四、气象生产力指数与水稻产量	201
五、土壤肥力与雨量	205
六、土壤的持水力与肥力	207
七、混层耕与土壤的水分供给性能	210
八、土壤肥力与土壤的保守性	212
九、土壤生产力可能性分级	213
第三节 土壤学与耕作土壤观	217
一、单个土体 (Pedon)	217
二、土壤学 (Pedology)	219
三、植物土壤学 (Edaphology)	221
四、人工土壤	222
参考图书	225

第一章 土壤肥力的史观

一、文明的发祥地与土壤

人类从狩猎生活过渡到农耕生活的道路是一部漫长而苦难的历史。在认识的正确与错误的反复过程中，人类积累了生活经验，从而选出适应各地条件的独特的栽培作物。四种农耕文化¹⁾（根菜农耕文化、地中海农耕文化、热带草原农耕文化、新大陆农耕文化）就是经过这种漫长的历史，反映各种风土情况而发展起来的。

世界四大文明也是各自适应当地的环境条件而产生的别具特色的文明。其共同条件都是在大河流域，如黄河、印度河、底格里斯河、幼发拉底河、尼罗河等所谓冲积土地带。也就是说，文明都产生于河流携带大量泥沙所淤积起来的土壤肥沃的地方。

以黄河文明为例，正如梭颇²⁾ (Thorp) 所述，该地带为黄土，是从戈壁沙漠随风刮来的风积土，一种石灰质的粘壤土。易于耕作，含氮丰富，而且在半干燥地带，没有森林，人们可以安居乐业。只是因为降雨量少，年成的好坏尚要受降雨量所支配。

以该地区为中心，文明逐渐发达，依靠经验所积累的智慧依次开发了山东褐色土及其他新的环境，而这些地区的开

1) 中尾，栽培植物と农耕の起源 (1966) 岩波书店

2) ソープ，支那土壤地理学，伊藤等译，(1941)，岩波书店

发标志着—个崭新的时代。可是，虽同为大河流域，但如长江流域那样，多为潮湿地，不适合人类生活，从而其开发亦晚。因此，虽说大河流域是文明的发祥地，但若仔细推敲却不能说凡是大河流域就必定是文明的发祥地。

类似的情况到处皆有，印度河、底格里斯河、幼发拉底河也不例外。日本的水稻栽培起始于近畿的大和地方盆地³⁾而不是淀川、大和川流域的冲积地。这是由于在技术落后的时代，洪水经常发生，加之低湿地区瘟疫流行，因此都切身感到应当在盆地那种避风雪的小型安居地开始种植水稻。就拿现在的美国来说，干燥地区已相继开发，然而包括密西西比河河口在内的墨西哥湾沿岸的原始森林地带却至今尚未开发。

二、古代的农业和土壤管理

随着生产力的提高，在人口增加的同时，人类不断开发新地带的农地，从而积累了关于土壤肥力的知识。知道黑色土壤的生产力高；生产力高的肥沃地带若连续栽培，不久生产力就会降低，并且很早就知道将动物的排泄物、植物及其他许多废物加入土壤可以防止生产力的下降。排泄物具有肥效⁴⁾，这在(Theophrastus, B. C. 372—287)的书中已经被强调指出，其肥效按鸡粪、人粪尿、猪粪、山羊粪、牛粪、马粪的次序而减弱。

曾经有过这样的故事，希腊的埃洛斯王(Augas)饲养了3,000头牛，但30年都没有打扫过牛厩。怕麻烦的国王请Hercules来打扫，商定酬以十分之一的牛。Hercules想

3) 古島，土地に刻まれた历史 (1967)，岩波书店

4) Tisdale, S. L., Nelson, W. L., Soil fertility and fertilizers (1956), The Macmillan Co., New York

出一个妙策，引山上的急流冲洗牛厩，打扫完毕国王却不守前约，拒不交牛，从而引起了战争，国王在战争中死去。这虽然是公元前约 800 年的事情，但却说明当时已经大规模地使用厩肥，灌溉技术也较进步了。Theophratus 认为这个故事就是灌溉与利用厩肥的开始。但这却是引进早在希腊之前就被开发的美索不达米亚及尼罗河的经验。只是因为人情关系，这位笔者想特别强调希腊农业的独特性而举了希腊的例子罢了。

从公元前 8000 年到公元前 3000 年内，所谓美索不达米亚的农业还只是局限于有限面积的冲积地与山麓冲积地。即使如此，公元前 3000 年的数世纪前，政治经济的组织已经发达，具有寺院、马路、市场、剧院、军队的比较象样的城市已经出现。根据记载，栽培作物有小麦、大麦。不用说葡萄，还栽培伊拉克蜜枣，其加工工场也是大规模的。而且，确立了翻耕、整地、基肥施用法等技术，加上灌溉技术，农业得以不断地向更干燥地带发展，终于发展成为具有广大面积土地的农业。

希腊时代的旅行记中有关于对美索不达米亚农作物高产感到惊异的报告。如最近出土文物所证明的那样，正是希腊积极引进先进国家的技术，才能发展成当时那种卓越的农业的。不然的话，象希腊那样恶劣的地理环境，没有大河，山多，雨水汇成急流而下，不能被土壤保持而排入大海，根本不可能发生前述饲养 3,000 头牛的情况的。

这样，研究农业这种因技术进步而从比较易于耕作地区向地理条件恶劣地区发展的绚烂多彩的历史，则可以推断出当时的土壤观来。那大概就是指这样一种辩证的概念：世界上的土壤有肥瘠之分，而土壤的肥瘠不能与水利、气象等条件