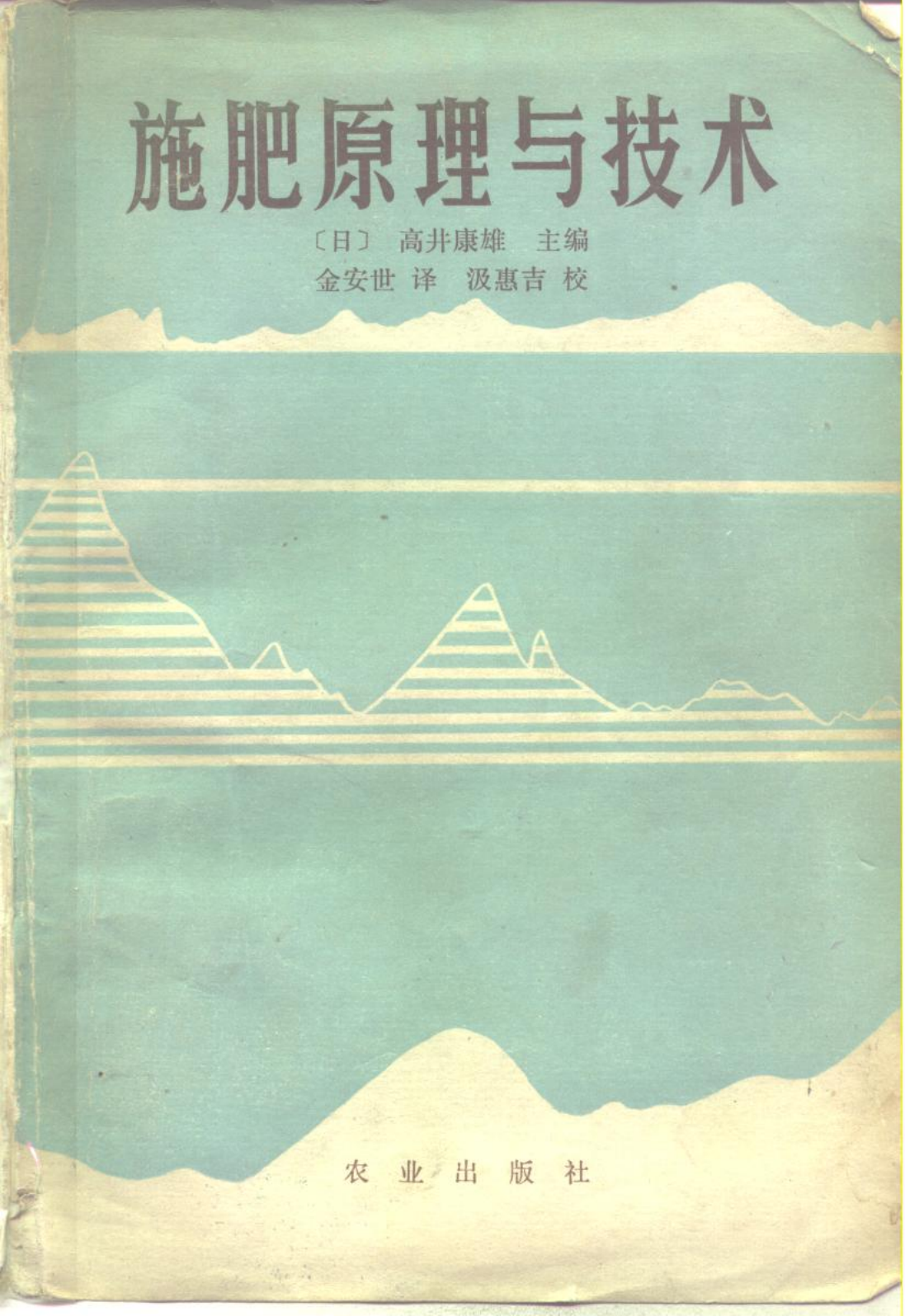


施肥原理与技术

〔日〕 高井康雄 主编

金安世 译 汲惠吉 校



农业出版社

施肥原理与技术

〔日〕高井康雄 主编

金安世译 汲惠吉校

农业出版社

内 容 简 介

本书介绍了当代日本多种农作物施肥法，特别是从作物营养生理方面阐述了施肥的理论依据。主要内容包括：施肥法原理和水稻、大田及饲料作物、蔬菜、果树、茶树的营养生理特性、施肥技术、营养诊断方法等。

本书可供土壤肥料、农业科技工作者和农业院校师生参考。

施肥原理与技术

〔日〕高井康雄 主编

金安世译 汲惠吉校

农业出版社出版(北京朝内大街150号)

新华书店北京发行所发行 兰州新华印刷厂印刷

850×1168毫米 32 开本 13.25印张 280千字

1982年1月第1版 1982年1月甘肃第1次印刷

印数 1—7,700册

统一书号 16144-2369 定价 1.65 元

译 者 的 话

本书译自日本1976年养贤堂出版的《植物荣养土壤肥料大事典》中的施肥法原理、水稻施肥、大田作物施肥、蔬菜施肥、果树施肥、茶树施肥和饲料作物施肥等七个部分。本书基本上概括了当代日本在作物施肥上的研究成果及其应用情况。内容较为充实，涉及面广。既有理论上的科学依据，又有技术措施，是与生产紧密相连的，对研究科学施肥和指导生产都有一定的参考价值。

我国与日本比较，条件不同。例如土壤条件、气候条件、作物种类和品种、机械作业水平等，日本都与我国有所差别。所以，对本书提到的技术措施，作为借鉴，应因地制宜的引用。

原书中对我国参考意义不大的个别图表和段落以及照片，译者作了删节。本书名是译者拟定的。其中饲料作物施肥部分，因篇幅较小，故合并于大田作物施肥法一章中。

本书译稿完成后，由汲惠吉技师作了认真校改；王方维教授对本书重点内容作了审阅指正，对他们以及其他协助完成本书译稿的所有同志，在此一并致谢。

最后，由于译者水平有限，错误之处在所难免，希读者批评指正。

译 者

1979年10月

目 录

第一章 施肥法原理	(1)
一、施肥法与产量规律	(1)
(一)施肥与产量.....	(1)
✓(二)最小养分律.....	(1)
(三)报酬递减律.....	(3)
二、作物营养特性	(5)
(一)对大量元素营养特性.....	(5)
(二)对微量元素营养特性.....	(7)
(三)品种的营养特性.....	(9)
三、作物的营养期	(10)
(一)营养期的划分.....	(10)
(二)作物的收获期及营养状态.....	(11)
(三)养分的生产能率.....	(12)
四、自然供给的养分	(13)
(一)来自土壤供给的养分.....	(13)
(二)来自水供给的养分.....	(14)
(三)来自大气供给的养分.....	(16)
五、肥料的需要量	(17)
(一)肥料试验.....	(17)
(二)盆钵试验与田间试验.....	(18)
(三)三要素试验.....	(19)
(四)适宜施肥量试验.....	(20)
(五)多因子试验.....	(22)
(六)肥料的吸收与利用率.....	(23)
六、施肥方法	(25)
(一)肥料的选择.....	(25)
(二)过多施肥的害处与养分平衡.....	(25)
(三)施肥时期与分期施肥方法.....	(27)

(四)施肥位置与施肥方法	(28)
(五)环境条件与施肥	(29)
七、作物营养诊断	(30)
(一)营养诊断的目的与方法	(30)
(二)养分的缺乏与过多	(33)
(三)营养诊断方法	(46)
第二章 水稻施肥法	(56)
一、水稻栽培环境与生态、营养特性	(56)
(一)水稻栽培的气象条件	(56)
(二)水稻的生育过程	(58)
(三)水稻的营养特性	(60)
(四)水稻产量构成因素	(63)
二、各项施肥技术	(64)
(一)基肥	(64)
(二)返青肥	(65)
(三)分蘖肥、接续肥	(67)
(四)穗肥	(68)
(五)粒肥	(70)
(六)剑叶期追肥	(72)
(七)减数分裂期追肥	(73)
(八)后期追肥	(74)
(九)全层施肥	(75)
(十)深层追肥	(76)
(十一)施肥位置	(76)
(十二)灌水施肥	(78)
(十三)机械施肥	(78)
三、肥料要素与施肥法	(79)
(一)氮素的施用法	(80)
(二)硝态氮	(82)
(三)磷的施用法	(82)
(四)钾的施用法	(83)
(五)钙和镁的施用法	(84)
(六)硅酸的施用法	(85)
(七)锰的施用法	(86)
(八)锌的施用法	(87)

四、土壤条件与施肥法	(87)
(一)老朽化水田	(87)
(二)湿田	(89)
(三)盐害田	(90)
(四)泥炭地水田	(91)
(五)砂质水田	(92)
(六)火山灰水田	(93)
(七)新开水田	(93)
五、环境条件与施肥法	(94)
(一)寒冷地水稻的施肥	(94)
(二)暖地水稻的施肥	(96)
(三)冷害与施肥	(98)
(四)早期、晚栽水稻的施肥	(100)
(五)水稻青枯与施肥	(101)
(六)水稻赤枯与施肥	(102)
(七)胡麻叶枯病与施肥	(104)
(八)稻瘟病与施肥	(105)
(九)纹枯病与施肥	(106)
(十)虫害与施肥	(107)
六、栽培方法与施肥法	(107)
(一)早直播的施肥	(107)
(二)免耕直播的施肥	(110)
(三)水直播的施肥	(111)
(四)小苗移栽栽培的施肥	(111)
(五)品种与施肥	(112)
(六)倒伏与施肥	(114)
(七)稻草的施用法与施肥措施	(115)
(八)穗肥施用法	(117)
(九)牧草后茬水稻施肥法	(117)
(十)蔬菜后茬水稻施肥法	(119)
(十一)高产栽培施肥法	(120)
(十二)V字型稻作施肥法	(121)
七、秧田施肥方法	(122)
(一)早育苗秧田和水育苗秧田的施肥	(122)
(二)插秧机用育苗箱的土壤和施肥	(125)

第三章 大田及饲料作物施肥法	(127)
禾本科作物	(127)
一、旱作水稻的施肥	(127)
二、陆稻的施肥	(130)
三、小麦的施肥	(131)
四、大麦的施肥	(134)
五、啤酒麦的施肥	(136)
六、裸麦的施肥	(137)
七、燕麦、黑麦的施肥	(139)
八、谷子、糜子的施肥	(141)
九、玉米(籽实用)的施肥	(143)
豆科作物	(148)
一、大豆的施肥	(148)
二、小豆的施肥	(152)
三、菜豆的施肥	(155)
四、落花生的施肥	(159)
薯类作物	(163)
一、甘薯的施肥	(163)
二、马铃薯的施肥	(167)
特用作物	(169)
一、鬼芋的施肥	(169)
二、甜菜的施肥	(172)
三、油菜的施肥	(174)
四、烟草的施肥	(176)
五、薄荷的施肥	(180)
六、啤酒花的施肥	(182)
七、麻类的施肥	(187)
八、荞麦的施肥	(189)
九、芝麻的施肥	(193)
饲料作物	(194)
一、青饲玉米的施肥	(194)
二、蜀黍类的施肥	(197)

三、高粱属类的施肥	(197)
四、青饲麦类的施肥	(199)
五、青饲水稻、稗类的施肥	(200)
六、饲料用芜菁的施肥	(201)
七、饲料用甜菜的施肥	(203)
第四章 蔬菜施肥法	(204)
果菜类	(204)
一、西红柿的施肥	(204)
二、茄子的施肥	(208)
三、辣椒的施肥	(211)
四、黄瓜的施肥	(214)
五、西瓜的施肥	(218)
六、南瓜的施肥	(221)
七、甜瓜的施肥	(223)
八、草莓的施肥	(228)
九、甜玉米的施肥	(235)
十、菜豆的施肥	(236)
十一、豌豆的施肥	(237)
十二、青豆的施肥	(239)
叶菜类	(240)
一、甘蓝的施肥	(240)
二、白菜的施肥	(242)
三、渍菜类的施肥	(243)
四、菠菜的施肥	(244)
五、莴苣的施肥	(245)
六、芹菜的施肥	(248)
七、鸭儿芹的施肥	(250)
八、荷兰芹的施肥	(251)
九、款冬的施肥	(252)
十、洋葱的施肥	(255)
十一、大葱的施肥	(258)
根菜类	(260)

一、萝卜的施肥	(260)
二、小芜菁的施肥	(262)
三、胡萝卜的施肥	(264)
四、牛蒡的施肥	(268)
五、青芋的施肥	(270)
六、山芋的施肥	(272)
七、姜的施肥	(274)
八、藕的施肥	(275)
茎花菜类	(277)
一、龙须菜的施肥	(277)
二、笋的施肥	(278)
三、菜花的施肥	(279)
第五章 果树施肥法	(282)
一、柑桔的施肥	(282)
二、苹果的施肥	(310)
三、葡萄的施肥	(328)
四、日本梨的施肥	(336)
五、洋梨的施肥	(351)
六、桃的施肥	(354)
七、梅的施肥	(363)
八、李子、杏的施肥	(366)
九、樱桃的施肥	(368)
十、枇杷的施肥	(370)
十一、柿子的施肥	(373)
十二、栗子的施肥	(380)
十三、核桃的施肥	(386)
十四、无花果的施肥	(388)
第六章 茶树施肥法	(390)
一、茶树营养生理特性	(390)
二、施肥	(397)
三、肥料成分的缺乏与过量	(407)
四、肥料要素与茶的品质	(411)

第一章 施肥法原理

一、施肥法与产量规律

(一)施肥与产量 肥料是为了使作物良好生长发育和增加产量而施用的，其效果常受多种条件影响。为最大限度地发挥施肥效果，就必须充分考虑栽培作物的营养特性和栽培土壤的肥力、理化性质。然后选择使用肥料，并要确定其施用量、施肥位置、施肥时期等。施肥效果受气象条件影响也较大，所以要考虑该地区平年气象条件，以适应当年的气象变化。更因为以肥料提高产量是一种经济行为，所以在经营当中，要考虑所需劳力和经济的收支，而后决定具体的施肥计划。

这样，施肥是与作物生产上的各个环节都有紧密相关的技术，所以应当按照不同条件选择相应的、具体的方法。但是在确定施肥方法时，应当注意尽可能的少用经费和施肥用工，以期有效地运用肥料。近年来在日本，由于肥料供应较多，有忽视肥料生产效率的趋势。甚至由于过多施肥而产生各种问题。例如，塑料薄膜大棚栽培土壤积累盐类浓度较高造成的生育障害；桔类果树发生的异常落叶；水稻发生倒伏和病虫害等。由于过多施肥引起土壤生产力衰退，而可能导致农业生产基础崩溃，所以应引起足够的警惕。

本来，肥料是为了补充土壤养分不足或弥补由于作物生产从土壤中所消耗的养分，为稳定地获得更高产量而施用的物质。因此，施肥必须以提高土壤生产力为目标。另外，农业生产既要保证粮食和饲料的数量，同时还需要供给优质的产品。因此也必须注意施肥方法，对生产物品质的影响。

(二)最小养分律 创建无机营养学说的李比锡曾说过：“如果

土壤仅是某一种必需养分不足，或者缺乏的时候，即使其它各种养分都存在，而这一种又是所有作物都需要的养分，那么这种土壤仍将成为不毛之地”。作物为了满足生育，需要的多种养分，称为必需养分。但在某种土壤中直接支配生长作物的产量的因素，只限于其中最为不足的一种养分的作用，李比锡将此称为最小养分律。

沃尔尼将此最小养分律加以发展，认为关系到作物的生育和产量不仅限于养分，还要关系到所有因子，“在必需因子之中假如即使一种不足，其它因子就是怎样充足，而作物的生育和产量却受该不足因子所支配，即使增加其它因子，产量也不能高”将此称为最小律。此时，供给比例最小的因子称为限制因子。作物生育因子除养分外，还有日照、温度、水分等。所以即使当所有养分都充足存在而生育仍为不良时，就必须考虑养分以外的因子在成为限制因子。

如果最小律严密成立的话，如图 1—1(1)所示。据此，氮与

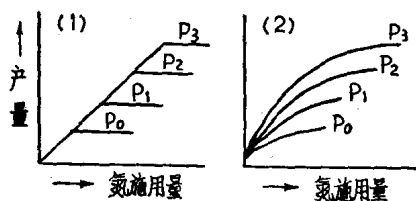


图 1—1 氮磷施用量与产量的关系

磷成为相互作用的限制因子，由于增施构成限制因子的肥料，产量就应增加。可是，生产实际中施肥与产量的关系从以最小律来观察更稍为复杂。从最小律来看，在限制因子之间即使增加其它养分，氮对产量应当是没有影响的。但在生产实际上，例如在施氮的同时

施磷往往比仅施用氮增产，图 1—1(2)就表示着这种关系。这种现象可以明显地表现在两个因子之间都是不足的情况或是两个因子之间具有生理上关系的时候。关系到生育的各因子，一般都有相互作用的关系，完全进行独立作用的可以说是很稀少的，所以往往如图 1—1(2)所表示的那种现象。

与最小律相对的，也有人主张最大律。所谓最大律就是“养分过多也限制产量”。例如土壤中镁的含量不一定是不足的，然而由于多施钾肥而出现缺镁的现象。在有拮抗作用的养分间如钾与镁、氮与

钾、在吸收时常出现这种现象。

施肥与产量的关系不是单纯地完全决定于最小律，至于什么是限制因子，即使是限制因子如得到充分供应，其它因子也将接着成为限制因子，这种观点在考虑施肥时是重要的。

(三)报酬递减律 在氮成为限制因子的条件下，如增加氮的施用量则产量便进一步增大。这时，如果最小律严密成立时，应如上述图 1—1(1)那样，产量就按直线增加，氮若不是限制因子时，产量就应当是一定的。但在生产实际上氮的施用量与产量之间的关系，通常是以某种曲线关系表示。赫尔利格尔从大麦盆钵试验结果指出硝酸钙(氮)的施用量与产量之间呈S形曲线关系，在洛桑姆斯特试验站关于小麦的试验也看到同样的关系。米丘尔利西明确了磷酸钙(磷)的施用量与燕麦产量之间是对数曲线的关系。这些事实也就说明施用了一定数量的养分时，所得到的增产数量，即使该种养分成为限制因子，也由于条件的不同而变化。

米丘尔利西把自己的试验结果加以公式化，施肥与产量之间的关系可由下式表示。

$$\frac{dy}{dx} = (A - y)^K \quad (1)$$

或
$$y = A(1 - e^{-Kx})$$

y: 产量 x: 养分量 A: 最高产量 K: 效率(常数)

这表示出：“只增加某种养分单位量(dx)时，引起产量增加的数量(dy)，是以该种养分供应充足时达到最高产量(A)与现在的产量(y)之差成正比”，这就是说由于增加单位面积上养分的施用量则产量也相应地增加，而养分施用量愈多时，产量增加的数量愈为减少。

施肥量与产量之间的关系成对数曲线时，很适合(1)式，但在S形曲线时，不适合此式。一般，在施肥量过大时，可以看到产量再次下降，但(1)式未能表示出来。因而米丘尔利西根据自己和许多别人的工作结果，提出(1)式的修正式和另一种公式。但至今仍

未得到完全适合于各种实验的公式。

米丘尔利西的公式最重要之处在于：“某种养分的效果，以在土壤中该种养分愈为不足时效果愈大，若逐渐增加该养分的施用量，增产效果就将逐渐减少”。此称为报酬递减律。

报酬递减律原为一种经济规律，一含义是：“从一定的土壤上得到收获，虽是根据在该土地上所投入劳力和资本数量的增大而增加，但达到一定限度后，随着单位劳力和资本的再增加而收获的增加却逐渐减少”。根据米丘尔利西的试验结果证明，在施肥量和产量之间的关系上此规律是成立的。

根据(1)式，如求出最高产量(A)的相应施肥量 x ，则 x 就成为达到最高产量所必需的最高施肥量，但不一定是为取得最大收益的最适施肥量。这是由于随着过多增施肥料而导致产量的增加降低，虽然收益增加但与所用去的肥料费用算起来是不合算的。一般来说，经济上的最适施肥量比为获得最高产量的最适施肥量要少。

报酬递减律是在某一因子变动而其它所有条件为一定时才成立。但在实际上，如果一个因子变动，往往其他条件也必然变动。例如，即使只打算改变土壤的水分，而若土壤含水量多，则土壤中的空气量就要减少。如施用氮多，茎叶就显著繁茂，而作物体的受光条件就发生改变。因而随着土壤水分和氮素施用量的增加，而其增产效果却随之而逐渐减少，可是如果不使土壤空气以及光照等条件恶化，则增产效果也不会逐渐降低。威廉士从此观点出发而否定报酬递减律，他认为如果经常满足作物生育所必需的全部因子，则产量决不是逐渐减少而却能获得提高。

图1—2所示，是鸿巢农事试验场所做的水稻试验各种结果，主要是稻草重量和产量之间的关系。根据此图表明，对每个试验因子来说，稻草重和产量之间关系是附合报酬递减律的，但作为全部试验来说，可以看出随着稻草重量的增加，产量不是渐减而是增大。每个试验主要只是变动了一个因子，结果符合报酬递减律。但作为整体是不成立的，因此可以说威廉士的主张也是正确的。

在作物生产中，在给予了各种条件之后确定施肥量时，必须充

分考虑报酬递减律，以找出最适宜的施肥量。但由于有关条件的改变，适当增加施肥数量就有可能使产量更为提高。

日本明治以来，在稻作产量的增长与施肥量之间可以看到是密切的正相关，但这不仅仅

是单纯地因增大施肥量所达到的结果。在为提高施肥效果上曾试验改进与稻作有关的多种因素，以其综合结果，确定相应施肥量，因而提高了产量，将这种关系做模式图如图 1—3。

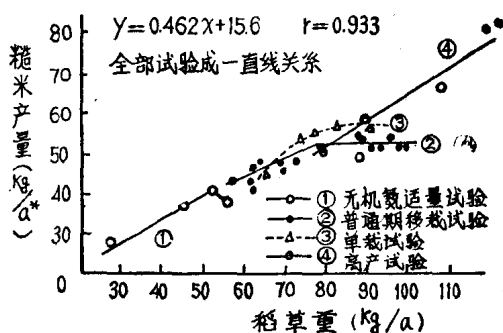


图 1—2 各个试验中稻草重与产量的关系

(根据城下成果，村山制图)

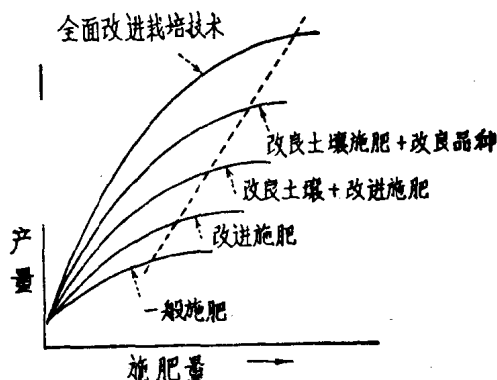


图 1—3 改进稻作技术与防止报酬递减律

二、作物营养特性

(一)对大量元素营养特性 作物所必需的养分种类，各种作物都大致相同，但每个作物需要养分的程度因作物种类而异。因而即使在同一土壤上生育的作物，也因作物种类不同，养分的构成

• a = 100m²——译注。

是有差异的，这就是每种作物的特性。要根据不同作物的营养特性差异，对不同的土壤应选择其适宜的作物，或者对一定作物采取相应地施肥管理是重要的。

斯特里格尔以20种植物栽培于同一土壤上，对各种无机成分的含量加以比较，各成分的变动幅度如表1—1。据此，磷、钾变动幅度小，但硫、氯、钠、钙、硅等元素差异大。

表1—1 同一土壤上栽培的各种植物无机成分含量变化幅度

成分含量	灰分	K	Na	Ca	Mg	P	S	Si	Cl
植物间 含量变动 (最大值 最小值)	2.6	3.2	8.3	9.2	5.2	1.6	9.0	14.3	9.3

格兰达以水培法，观察比较了不同植物，在同一栽培地点对钠、钾、铷等元素的吸收程度。看出不同植物对钠的吸收比钾和铷的吸收有明显的差异。

植物分为喜钙植物与喜硅酸植物。蔬菜类和豆科牧草等含钙量高，相反的禾本科作物硅酸含量多。特别是因水稻吸收大量的硅酸，呈现高的硅酸含量，因此在日本水稻栽培上，已将粉煤灰等硅酸材料，做为重要肥料使用。

在禾本科和豆科作物之间，对钾和钙或镁的吸收能力是有差别的。从同一土壤中禾本科作物吸收钾多，而豆科作物则吸收较多的钙和镁。因而在牧草地混播禾本科和豆科两科牧草时，如果钾不足，豆科牧草就首先因缺钾而早枯，只剩下禾本科牧草。这种现象是因为，两科作物根的代换容量不同，代换容量大的豆科作物易吸收钙和镁，代换容量小的禾本科作物具有吸收钾的特性。

作物的营养特性也可由比较为得到单位产量需要的养分量而得知。每单位产量的三要素吸收量，大致顺序如表1—2所示，以油料作物为最多，其次为蛋白质作物和淀粉作物。蛋白质是以氮素为主要成分的物质，所以蛋白质作物当然需要更多的氮素。但是，普通蛋白质作物属于豆科，因与根瘤菌共生，利用空气中氮，所以不需要特别大量的施用氮肥。脂肪是淀粉等碳水化合物的代谢产物，在从

碳水化合物向脂肪转变的过程中，因消耗一定的能量，所以可以认为这就是每单位产量三要素吸收量增大的原因。

表 1—2 主要农作物三要素含量
(高桥 1969)

作物			部 位	三要素含量(%)			单位产 量的 重量 (公斤)	单位产量的收获物 中三要素量(公斤)		
				N	P ₂ O ₅	K ₂ O		N	P ₂ O ₅	K ₂ O
淀 粉 作 物	单 子 叶 植 物	水 稻 (禾本科)	糙米	1.35	0.46	0.20	100	} 2.39	0.87	1.98
			谷壳	0.64	0.19	0.49	22			
			稻草	0.57	0.23	1.05	159			
		小 麦 (禾本科)	谷实	2.08	0.79	0.52	100	} 3.05	1.14	2.57
			麸皮	0.72	0.40	0.84	24			
			麦秆	0.41	0.18	0.95	195			
	玉 米 (禾本科)	谷实	1.60	0.57	0.37	100	} 2.41	1.15	2.92	
		穗轴	0.23	0.02	0.23	40				
		茎鞘	0.48	0.38	1.64	150				
	物	双 子 叶 植 物	甘 薯 (旋花科)	薯	0.30	0.09	0.50	100	} 0.39	0.11
茎, 蔓				0.27	0.05	0.35	34			
土 豆 (茄 科)			薯	0.34	0.16	0.58	100	} 0.50	0.21	0.72
			茎 叶	0.49	0.16	0.43	33			
蛋 白 质 作 物	双 子 叶 植 物	豌 豆 (豆 科)	豆	3.58	0.84	1.01	100	} 4.98	1.32	2.37
			茎 荚	1.04	0.35	0.99	137			
		小 豆 (豆 科)	豆	2.86	0.85	1.15	100	} 5.72	2.19	6.47
			茎 荚	1.30	0.61	2.42	220			
油 料 作 物	双 子 叶 植 物	油 菜 籽 (十字花科)	子 实	3.12	1.66	0.96	100	} 7.55	3.80	9.27
			荚	0.64	0.37	0.95	190			
			茎	0.56	0.25	1.13	575			

(二)对微量元素营养特性 一般，作物间需要微量元素的数量比大量元素的变动幅度大。特别是硼，不同作物需要量显著不同，并且表现过量症的浓度，有较大差异。

如表 1—3 水稻、麦类等单子叶植物硼的含量少，双子叶植物含量多，其间有100倍左右的差异。含量高的作物需要量也多，所以往往对这些作物需要施用硼肥。表 1—4 所示，为不同种类作物