



九亿农民致富丛书

蔬菜配方施肥新技术

白纲义 黄德明 编著



中国农业出版社

九亿农民致富丛书
蔬菜配方施肥新技术

白纲义 黄德明 编著

* * *

责任编辑 毛志强

中国农业出版社出版(北京市朝阳区农展馆北路2号 100026)

新华书店北京发行所发行 北京人卫印刷厂印刷

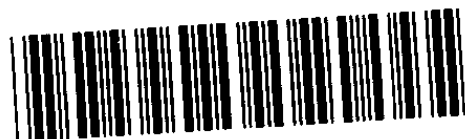
787mm×1092mm32开本 3.125印张 65千字

1999年1月第1版 1999年1月北京第1次印刷

印数 1~60 000册 定价 3.00元

ISBN 7-109-05678-3/S·3673

(凡本版图书出现印刷、装订错误,请向出版社发行部调换)



Z142252

S-44

NC-21

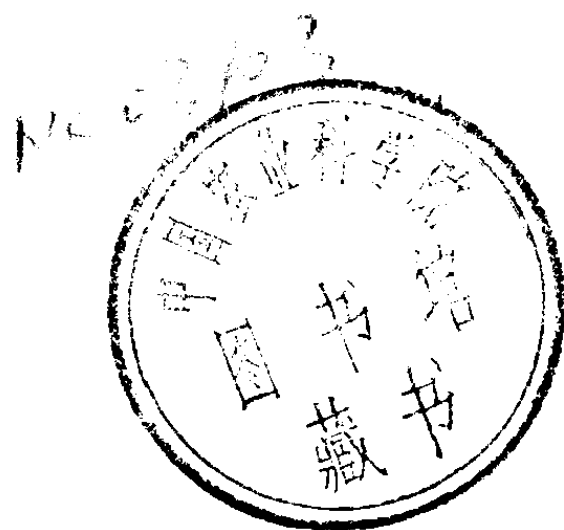


九亿农民致富丛书

蔬菜 配方施肥新技术

白纲义 黄德明 编著

+S630.1



中国农业出版社

出版说明

党的十五届三中全会通过的《中共中央关于农业和农村工作若干重大问题的决定》指出：“农业的根本出路在科技、在教育。”兴农靠科技，致富也靠科技。实践证明，农业科技图书对于普及农业科学实用技术，提高农民科技素质，具有实际的指导作用。

为贯彻落实党的十五届三中全会精神，我社在1997年推出的大型科普丛书《中国农村书库》基础上，又组织编写了《九亿农民致富丛书》，为农业科技推广、农业教育、农民致富服务。这套丛书以具有一定文化程度的中青年农民和乡村干部为对象，内容涉及农作物、蔬菜、果树和花卉、食用菌栽培技术及病虫害防治，畜禽饲养技术及其疾病防治，水产养殖，农产品贮藏保鲜加工等。计划出版160余种，每种6万~8万字。以单一种植、养殖品种或单项技术立题，不求面面俱到和常规系统性，以文字叙述为主，语句通顺、技术内容通俗易懂、易操作、方便读者阅读为特色。作者均为具有推广实践经验和一定写作水平的专家、技术人员及教师。

《九亿农民致富丛书》是我社员工和农业科教界专家奉献给广大农民朋友的又一科技“星火”，衷心希望受到广大读者的喜爱！

中国农业出版社

1999年1月

目 录

出版说明

一、蔬菜配方施肥技术	1
(一) 什么是配方施肥	1
(二) 配方施肥的科学依据	2
(三) 蔬菜的配方施肥	27
二、蔬菜配方施肥方案的制定	41
(一) 蔬菜配方施肥计算中的基础参数	41
(二) 蔬菜配方施肥计算的基本列式	52
(三) 蔬菜配方施肥计算示例	54
(四) 蔬菜配方施肥实施中的几个问题	59
三、主要蔬菜作物的施肥	65
(一) 叶菜类蔬菜施肥	65
(二) 茄果类蔬菜施肥	78
(三) 瓜类蔬菜施肥	85
(四) 根菜类蔬菜施肥	89

一、蔬菜配方施肥技术

(一) 什么是配方施肥

农作物一生中需要从土壤吸收氮、磷、钾、钙、镁、硫、铁、锰、锌、硼、铜、钼、氯等多种养分元素，蔬菜作物也不例外。过去种植蔬菜时，主要施用有机肥料，如大粪干、粪稀、堆厩肥等等。这些肥料含有养分的种类多、养分的释放速度比较缓慢，可以逐渐供应蔬菜作物的需要，多施一点也不会出现太大的损害。在集约化的蔬菜栽培中，有机肥料用量有所减少，化学肥料用量增多。化肥所含养分单一，如尿素、碳酸氢铵等氮肥只含氮素；普通过磷酸钙、重过磷酸钙等磷肥只含磷素，另外还有一些钙和硫；硫酸钾、氯化钾等钾肥只含钾素。不像有机肥料中氮磷钾都有，偏施某一种化肥就会造成养分供应不平衡而减产。化肥的另一特点是养分浓度高，释放速度快，其中特别是氮素化肥，含氮量高，养分有效供应期短，施用不当就会出现肥害，不仅降低蔬菜产品的数量和质量，还会使病虫害增加，破坏土壤结构，甚至污染环境。所以，现代化集约蔬菜栽培中科学地施用肥料，使之既能保证均衡地满足蔬菜作物对各种养分的需要，又要防止施肥过多造成的经济损失，施肥技术的讲究是极为重要的。

科学施肥的内容很多，如施肥量的决定，肥料种类的选择搭配，施肥时期和施肥方法、施肥与其他措施的配合等等。

蔬菜配方施肥是研究蔬菜作物高产优质栽培时肥料需要量和肥料养分种类配比的一种技术。科学施肥的核心是施肥量的正确决定。只有在肥料用量和配比合理的前提下才能保证施肥时期和施肥方法的科学性，这是不言而喻的。

配方施肥是根据农作物达到一定产量时所需要吸收的氮、磷、钾养分数量和种植该农作物的土壤中所含有的氮、磷、钾养分可供数量两者综合平衡之后提出氮、磷、钾肥料需要量及各养分最佳比例的技术。在正常的气候条件和正确的管理状况下，施用这样一个施肥配方的肥料应该可以获得所期望的产量。当然，在需要和可能的条件下，还应该考虑钙、镁、硫和微量元素等其他肥料的供应。

所以，一个完整的配方施肥系统应该包括“配方”和“施肥”两部分。形象地说，也就是既要开“方”，又要抓“药”，提出科学的施肥配方之后应该提供根据配方所需的肥料，有条件的地方还可以采用服务到田间的方式，把肥料施到菜地里去。

（二）配方施肥的科学依据

1. 作物产量与养分吸收量 蔬菜和所有绿色植物一样都通过太阳光能、水和二氧化碳来合成生长发育所需要的碳水化合物，这种合成的过程就叫做光合作用。进行光合作用需要一整套非常复杂的生物机构，为了形成这样的生物机构，并使之运转就需要氮、磷、钾、钙等养分元素。它们之间的关系可示意于图 1。

各种农作物对这些营养元素的需要在数量上是完全不等的，有些营养元素的需要量大一些，如氮、磷、钾、钙、镁等；有的需要量少一些，如硫；有的则需要量很少，如锌、锰、

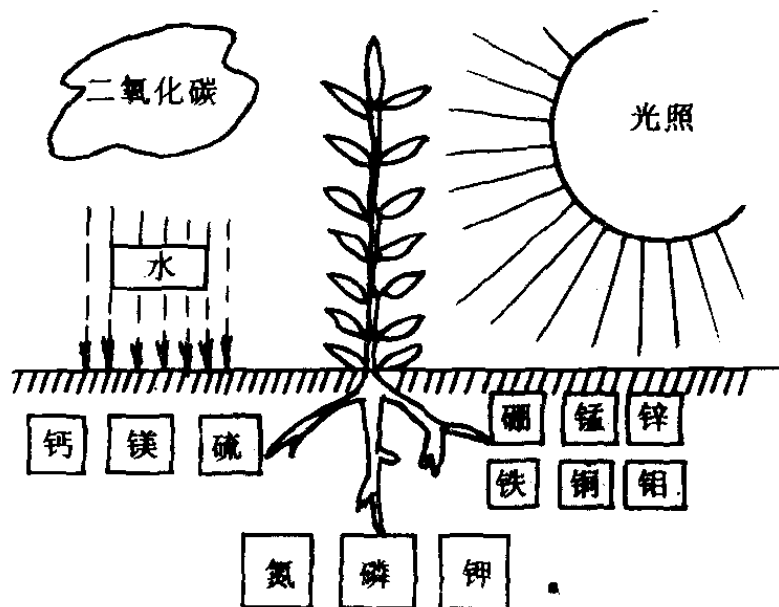


图 1 植物的光合作用与养分吸收

硼等等，称为微量元素。

蔬菜作物种类繁多，其商品部分也是五花八门，有的是果实，如黄瓜、番茄；有的是花序，如菜花；有的是叶，如大白菜；有的是根，如萝卜等等。所以，不同的蔬菜对同一种营养元素在需要量上也各不相同。如果把各种蔬菜作物大致归纳成果菜类、叶菜类和根菜类三种，则这三种菜在营养元素的需要量上的差别是相当大的（表 1）。

表 1 几种主要蔬菜作物的养分含量（%）

品 种	茎 叶			产 品 部 分			备 注
	氮	磷	钾	氮	磷	钾	
甘 蓝	2.92	0.24	1.95	2.36	0.26	2.11	叶 球
萝 卜	2.08	0.29	1.21	1.94	0.33	0.87	根
番 茄	2.48	0.17	2.81	1.83	0.23	2.33	果 实

（施秀珠等,1989）

除了作物种类不同，使氮、磷、钾养分的吸收有所不同

外，同一作物产量水平不同时，其养分吸收量也有变化。北京郊区露地种植番茄亩产（亩为非法定计量单位，1 亩=1/15 公顷，下同）一般在 3 000~5 000 千克之间，平均约需从土壤中吸收氮 13 千克、五氧化二磷 3 千克和氧化钾 12.5 千克。产量提高时，养分吸收量随之增多（表 2）。

表 2 不同产量水平的番茄养分吸收量（千克/亩）

产量水平	氮	五氧化二磷	氧化钾
2 000~2 500	7.8	2.0	7.2
2 500~3 000	10.1	2.6	8.1
3 000~3 500	11.6	2.7	11.7
3 500~4 000	15.1	3.5	14.4
4 000~5 000	16.3	3.7	13.3

（黄德明等,1989）

图 2 是作物产量与吸收到作物体内的养分浓度之间关系的示意。当作物的养分吸收量不断增加，体内浓度逐渐提高时，作物的产量开始增加很快，以后逐渐变慢。达到足够区时，作物产量即不随养分吸收量的增加而增加，到过多区时，体内养分浓度的增加反而导致产量的下降。施肥就是要控制作物体内的养分浓度在最适点附近，不能低于临界浓度，供应作物的养分浓度过低或者过高都会造成减产。

2. 作物产量与土壤养分供应量 大部分的蔬菜作物，不管是露地的还是设施的，都生长在土壤上，土壤成为各种营养物质和水分的供应基质。土壤由固相，液相和气相共同组成，其中最主要的是固相组分。土壤固相中矿物质含量一般占 95%，它的粘粒部分是性质十分活泼的物质，与土壤腐殖质共同组成复合胶体，对土壤的性质与肥力产生巨大的影响。肥沃的土壤应该能够稳、足、匀地供应作物所需的养分和水

分，又能有良好的通气性质，保证作物根系的良好生长。

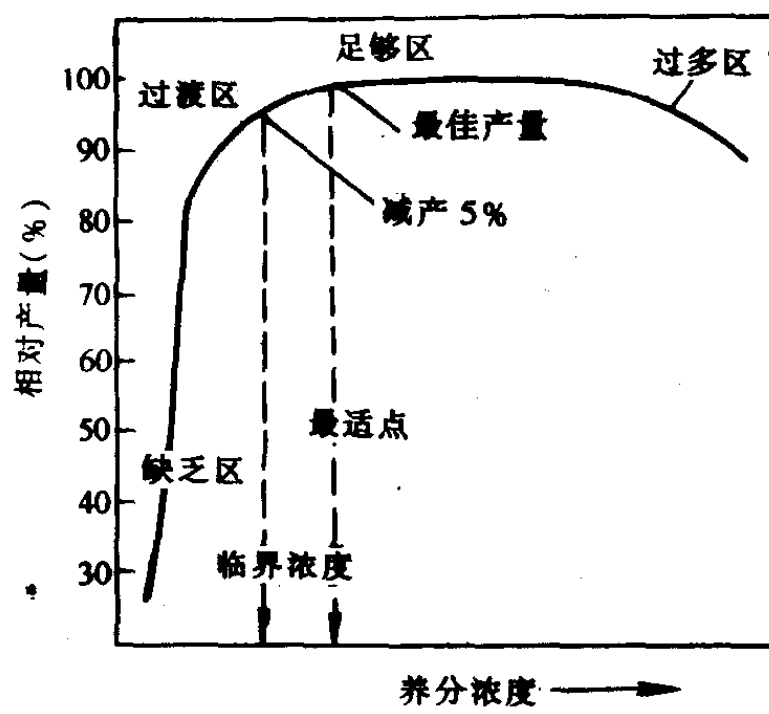


图2 作物产量与养分浓度的关系

菜园土是自然土壤在人工精耕细作、大量施用有机物堆垫熟化而成的，肥力水平较高，腐殖质层厚，呈粒状到团粒结构，与种植大田作物的土壤相比有相当大的差别。

菜园土是肥沃的土壤，供应农作物所需营养物质的能力较高。但是，一般而言蔬菜作物生长迅速，养分需要量大，不少营养物质需要通过施肥来补足。许多新菜地肥力水平不高，还有加速培肥地力的需要。

土壤中的营养物质以多种形态存在，有的是水溶性的，如硝态氮，存在于土壤液相的溶液里，易被作物根系吸收利用；有的是缓效性的，存在于土壤的有机质里或与土壤的胶体物质相结合着，如土壤中的氮素大部分以有机态存在，经微生物的分解才能逐渐变成易被根系吸收的无机态氮，土壤的磷

素中有相当大一部分被土壤吸附，钾素的一部分则以离子交换的方式与土壤粘粒结合，它们都是缓慢释放的土壤养分形态；有的土壤养分以难溶性形态存在，如某些难溶性磷酸盐或进入土壤矿物晶格中的钾，它们要经过很长的时间才能转变成易被作物吸收利用的营养物质。所以，土壤分析化验中的全氮、全磷、全钾含量高低与作物产量之间没有多大的相关性，只有其中的有效成分，如碱解氮、有效磷和交换性钾等的含量水平才会对作物产量发生影响。

即使是土壤有效成分的营养物质也有“潜在有效”和“实际有效”之分。这是因为：

①在一定体积的土壤里，作物根系所占的体积是很小的，一般只有1%左右。存在于根圈周围以外的许多养分，虽然在形态上是有效的，但却不能被根系吸收到，只有那些水溶性的养分可以随着根系的水分吸收流动到根系附近而被吸收。土壤干旱使土壤孔隙中的液流中断，或土壤温度降低，使水分不易流动时，土壤养分向根系的流动受阻，其有效性还是表现不出来。所以，用化学的或物理的方法测定的土壤有效养分只是“潜在有效养分”，作物真正吸收到的养分才是“实际有效养分”，这两种有效养分之间有一定的相关性，但不是是一个确定不变的数量关系。

②不同作物对土壤养分有不同的需要。有的养分对某种作物是有效的，对另一种作物则可能是无效的或有害的，虽然它都以有效的形态存在于土壤中。土壤氮素中的硝态氮和铵态氮都是有效的氮素形态，大田作物中的水稻完全可以利用铵态氮作为所需的氮源，而对于蔬菜作物来说，则大多数是喜硝态氮的，铵态氮含量高时反而会使之减产，其中最典型的是菠菜，在100%铵态氮的环境中它几乎不能生长(表3)。

表 3 不同氮源与蔬菜的生长发育 (克)

硝酸根离子： 铵离子	番茄 (叶重)	菜 豆 (叶重)	菠 菜 (地上部重)	芜 菁 (地上部重)	甘蓝 (叶重)	洋 葱 (地上部重)
10 : 0	100	100	100	100	100	100
9 : 1	91	109	79	117	115	100
7 : 3	95	103	77	111	103	97
5 : 5	87	78	83	89	92	92
3 : 7	61	63	65	67	48	72
1 : 9	35	21	37	42	23	40
0 : 10	18	9	14	17	13	13

*(岩田等,1953)

从表 3 的数据可知,菠菜以 100%硝态氮处理的产量最高,随着铵态氮比率是提高产量逐渐降低。洋葱、甘蓝等的产量在硝态氮与铵态氮比率相等时尚无很大影响,铵态氮所占比率过大时各种蔬菜的产量都下降。

③土壤温度变化时,土壤供应作物养分的能力也发生变化,随着温度的提高,土壤养分的有效性提高。所以,某一地块的土壤有效养分测试值在一年的不同季节里,其实际有效率是很不相同的。

表 4 的数据说明,当土壤温度从 12℃ 提高到 20℃ 时,番茄植株的磷钾浓度提高了 1 倍。土壤温度的提高虽然促进了作物对钾的吸收,但是对钙的吸收却随温度的提高而减少,即钙的有效性随温度升高而降低。H. 马施纳尔的试验证明,当土壤温度升高时,作物伤流液中钾的浓度从 13.4 毫摩/升增至 19.6 毫摩/升,但是钙的浓度却从 1.45 毫摩/升下降到 0.85 毫摩/升,钾/钙比率从 4.6 提高到 11.5。所以,温度提高有利于钾的吸收,而不利于钙的吸收。

表 4 温度对番茄叶片中氮、磷、钾含量的影响 (干重%)

植物生长天数	12℃			20℃		
	氮	磷	钾	氮	磷	钾
36	3.27	0.15	2.12	4.92	0.38	4.23
60	4.62	0.35	1.70	6.05	0.47	3.12

(S. 蒂斯代尔,1984)

蔬菜作物种植制度复杂，同一作物一年之中有不同的播期，生育条件完全不同，所处土壤环境的温度相差很大，土壤养分有效性很不相同。一般是秋冬季栽培的比夏季栽培的更要依靠肥料。所以，虽然是同一作物，种植时期不同时，其施肥配方应该是有所区别的。

④土壤湿度对土壤养分的有效性也有很大的影响。土壤湿度大时，土壤中所含水分与根系的接触面积增大，养分离子扩散进入根部的机会和数量增多，在蒸腾率高时，由于随质流方式进入根部的养分增多，更增大了土壤养分的有效性。土壤湿度对不同养分元素的影响是不同的，有的研究者认为土壤水分减少时，作物体内钾素含量降低，而钠、镁等元素的含量反而提高了（表 5）。

表 5 土壤湿度对油菜生长和矿物组成的影响

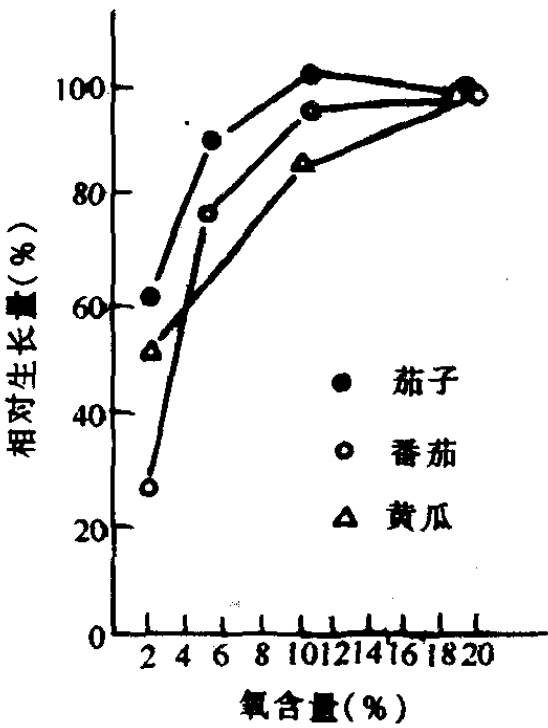
土壤含水量 (田间持水量%)	干重 (克/盆)	养分元素含量(%)			
		钾	钠	钙	镁
90	394	2.13	0.80	2.93	0.38
70	350	1.03	1.27	4.97	0.63

(塔尔哈,1979)

必须指出表 5 所列的试验数据是在土壤湿度尚未达到干旱状态时取得的。在土壤干旱的条件下，即使土壤中含有足量的钙，也会抑制作物对钙的吸收而使作物出现缺钙症状。

⑤土壤的通气性对土壤养分有效性的影响可以从土壤空气中氧含量与作物生育状况的关系中看出(图3)。

蔬菜栽培上应特别重视根的需氧量，土壤含氧量降至10%以下时，使作物生长急剧下降。在氧气不足时，钾的吸收受到抑制，同样还有钙和镁，但磷的吸收受到的影响较小。



⑥土壤中各种养分元素之间的关系也影响到养分的

图3 土壤含氧量对蔬菜生长的影响
(位田)

有效性。试验证明，番茄施用氮肥时，植株吸氮量随氮肥用量的增加而增加。但是，却伴随着钙吸收量的减少，在酸性土壤中尤为明显。据分析，这是由于酸性土壤中大量肥料氮以铵态氮的形式溶于土壤溶液而抑制了根系对钙的吸收。氮的两种形态，即铵态氮和硝态氮对作物吸收钾、钠、钙、镁等阳离子有不同的影响。表6是不同形态氮素对芥菜吸收阳离子影响的试验结果。硝态氮显然有利于作物对阳离子的吸收(表6)。

表6 铵态氮和硝态氮对芥菜叶片阳离子含量的影响(毫摩/100克干重)

氮源	钙离子	镁离子	钾离子	钠离子	总量
硝态氮	53.5	14	81	5	153.5
铵态氮	36	11	40	7	94

⑦光照条件影响作物对土壤养分的吸收，从而也对养分的有效性发生影响。作物吸收养分是需要能量的，植物体内能量的来源是碳水化合物，它是光合作用的产物。光照强，碳水化合物形成多，所能提供的能量也多，有利于根系对养分的吸收。这可以从表 7 所列试验结果中清楚地看出来。

表 7 光照条件对水稻吸收氮素的影响

光照条件	氮素形态	氮素吸收量(氮,微克/株)
正常光照	铵态	1 132
	硝态	996
48 小时暗处理 后再正常光照	铵态	496
	硝态	198

(门格尔,1976)

表 7 说明在暗处理时降低了作物体内的碳水化合物含量，作物处在低的能量水平，从而使铵离子的吸收比正常光照处理降低了 45%，硝酸根离子的吸收所受影响更大。

综上所述，土壤中的有效养分由于在被植物根系吸收过程中所受到的各种环境因素、作物特性以及土壤中各养分之间互相关系等多方面的影响，其实际有效性有相当大的变化。因此，在配方施肥中必须考虑这些因素，单靠土壤化验分析，测定某种营养元素的含量来直接计算施肥量很容易出现偏差。

3. 作物产量与肥料 肥料是作物的粮食，它提供给作物氮、磷、钾、微量元素等各种营养物质。单质化肥如尿素、碳酸氢铵、普通过磷酸钾、氯化钾等只能供应一种养分，如氮素、磷素或钾素，而复合肥料则能供应多种养分，它们共同的特性是肥料所含养分浓度高，肥效快。有机肥料如畜禽粪、人粪尿、饼肥等养分种类齐全，基本上都是有机形态的，肥

效较缓慢。作物秸秆、草炭等含有大量纤维素，在土壤中主要发挥改良土壤物理性状的作用，它们与以供应氮、磷、钾等养分的有机肥料相比，在作用上是很不相同的。

不同蔬菜作物对营养物质的种类和数量要求不同，土壤能供应的营养物质在种类和数量上往往不能满足作物的需要，其不足的数量就要通过肥料来补足。对于某些栽培在人工基质的蔬菜，或水培的蔬菜，其养分的需要则全部要靠肥料来满足。这就是土壤、作物和肥料三者之间的关系。

(1) 施肥的三条基本定律 施肥的第一条基本定律是养分完全归还律。农作物在生长发育中不断地从土壤中吸取氮、磷、钾等养分，为了保持土壤肥力，应通过施肥向土壤归还被农作物取走的各种养分，否则就会造成地力衰退。

施肥的第二条基本定律是最小养分律。农作物产量的高低决定于土壤中最不能满足该作物所需的养分，这个养分就是最小养分。这种养分的缺乏不能用其他养分来补足，只有补偿了所缺乏的最小养分后，作物产量才能提高。这条定律可以形象化地用图 4 来表示。

图中(a)氮、磷、钾养分均未达到充分供应的程度，但氮素最缺，所以作物产量水平取决于供氮水平；(b)通过施肥把氮素供应调够之后，磷素缺乏成了最低限制因素，作物产量取决于磷素供应。此时继续增施氮肥对产量无效；(c)把氮、磷供应水平都调够之后，钾素成为最小养分，由它限制了作物产量；(d)氮、磷、钾养分都能充分供应时作物才能取得最高的产量。

施肥的第三条基本定律是报酬递减律。当肥料用量逐级递增时，农作物的产量并不随肥料增加而直线上升，它只能按抛物线的形式逐渐增加。因此，单位肥料所增加的农作物产量是逐级递减的。图 5 是肥料报酬递减律的示意说明。横