

中国科学院南京土壤研究所  
国际钾肥研究所(瑞士)  
第八次钾素讨论会论文集

# 菜园土壤肥力与 蔬菜合理施肥

谢建昌等编著  
陈际型

河海大学出版社

中国科学院南京土壤研究所 第八次钾素讨论会论文集  
国际钾肥研究所(瑞士)

# 菜园土壤肥力与蔬菜合理施肥

河海大学出版社

## 内 容 介 绍

本论文集汇集《蔬菜“两高一优”生产的合理施肥》国际学术讨论会代表的论文 61 篇。主要内容有:菜园土壤的肥力特征及其培育;蔬菜的营养需求与合理施肥;蔬菜的品质与合理施肥;菜园土壤的环境状况及其改善措施等。这些文章反映了近年来上述方面的科研成果,它具有一定的理论水平和生产实践意义。可供有关科研、教育、推广和生产管理工作参考。

责任编辑 朱宪卿

责任校对 顾小红

### 菜园土壤肥力与蔬菜合理施肥

谢建昌 陈际型 等编著

---

出版发行:河海大学出版社  
(南京市西康路 1 号) 邮政编码:210098

经 销:江苏省新华书店

印 刷:南京市京新印刷厂

---

787×1092 毫米 1/16 印张 19.25 字数 493 千

1997 年 10 月第 1 版 1997 年 10 月第 1 次印刷

印数:1—2000 册

---

ISBN 7-5630-1152-8

---

S·8

定价:28.00 元

# 前 言

中国自推行“菜篮子工程”以来,蔬菜面积不断扩大,1995 年达到 951.4 万  $\text{hm}^2$ ,比 1985 年的 526.6 万  $\text{hm}^2$  增加了近一倍。1985 年蔬菜保护地(包括大、中、小棚和各种温室)才 4 万  $\text{hm}^2$ ,1995 年达到 66.7 万  $\text{hm}^2$ 。1995 蔬菜总产量为 2.5 亿 t,按当年人口计算,人均占有量达到 217.2 kg,较 1985 年也增加了一倍。1996 年蔬菜总产量又比 1995 年增长 8%。我国的蔬菜生产基本上满足了人民的需求,“菜篮工程”取得了很大的成就。

在蔬菜生产快速发展的同时,在土壤与施肥方面也出现了一些新的问题。目前菜农偏施氮肥的习惯较普遍,导致产品质量下降,硝酸盐含量增加,也恶化了土壤环境;保护地大量施肥,使表层土壤盐分累积,不利于蔬菜的生长;某些老菜园土壤受重金属污染较为严重;新辟菜地已是当前蔬菜生产的主体,但其土壤肥力偏低等等。近年来各地有关科研部门针对上述问题进行了研究,取得了很多成果,为蔬菜“两高一优”生产的合理施肥提供了科学依据。

为了交流科研成果,提高蔬菜的合理施肥水平,中国科学院南京土壤研究所与国际钾肥所(IPI)协作,于 1996 年 10 月 8 日~12 日在江苏省南京市召开《蔬菜“两高一优”生产的合理施肥》国际学术讨论会。会上分别就菜园土壤的肥力特征及其培育;蔬菜作物的营养需求和合理施肥;菜园土壤的环境状况及其改善措施;蔬菜集约栽培的新技术等方面进行了学术交流。

提交本次大会的论文共 60 余篇,从不同方面反映了当前蔬菜施肥的现状。我们将这次会议的论文编辑出版,供大家参考。

在编辑过程中,我们对部分文章进行了删节。限于编者水平,不当之处在所难免,敬希作者和读者原谅。

# 目 录

高产优质蔬菜的植物营养和施肥

R. Hardter(1)

欧洲和地中海地区高产优质蔬菜生产

M. Marchand(12)

## I 菜园土壤的肥力特征及其培育

|                             |                  |
|-----------------------------|------------------|
| 近 10 年来我国蔬菜生产的变化特点和发展趋势     | 丁保华(17)          |
| 在市场经济影响下蔬菜生产的结构变化及需要开展的研究工作 | 李 玲 肖润林(22)      |
| 我国菜园土养分状况与施肥                | 马茂桐 陈际型 谢建昌(25)  |
| 半干旱地区菜园土壤特征及土壤培肥            | 周艺敏 小仓宽典(34)     |
| 杭州市郊菜园土壤有效养分状况与施肥对策         | 章永松 倪吾钟 林咸永等(43) |
| 哈尔滨菜园土的氮磷钾硫含量及硫肥肥效的研究       | 郭亚芬 张忠学 陈魁卿等(47) |
| 辽宁省保护地土壤肥力现状分析              | 肖千明 高秀兰 娄春荣等(52) |
| 山西省菜园土壤养分状况及平衡施肥            | 程季珍 亢青选 张春霞等(57) |
| 成都菜园土的形成、肥力特征、土壤类型及培育措施     | 孙永芳 邹炳清(64)      |
| 合肥市郊菜园土壤养分状况和施肥效应           | 郭熙盛 叶舒娅 王文军(69)  |
| 山东省蔬菜大棚土壤养分状况与施肥现状的调查研究     | 贾继文 李文庆 陈宝成(73)  |
| 大棚种植蔬菜对土壤理化及生物性状的影响         | 李文庆 贾继文 李贻学(76)  |
| 河南省蔬菜生产与施肥中存在问题及对策          | 李贵宝 孙克刚 焦 有等(80) |
| 新菜地的熟化与施肥的研究                | 孙红霞(84)          |
| 菜田土壤的特征问题与调控                | 陈淑贞 杨波 雷全奎等(89)  |
| 武汉市蔬菜地土壤钾、钙供应状况及蔬菜吸收量的研究    | 王忠良 刘雄德(92)      |
| 辽宁省蔬菜保护地土壤钾素状况研究            | 梁成华 陈新芝 唐 咏等(97) |
| 天津市菜园土壤微量元素状况及其对黄瓜生长与抗病性影响  | 孟兆芳(101)         |
| 施肥对菜园土壤酶活性的影响               | 杨丽娟 邱忠祥 须 晖(104) |

## II 蔬菜的营养需求与合理施肥

|                           |                     |
|---------------------------|---------------------|
| 几种蔬菜的养分需求与钾素增产效应          | 李家康(108)            |
| 茄果类蔬菜的吸肥特性和施肥参数的研究        | 孙秀廷 蒋佩弦 曾璧容等(113)   |
| 京郊蔬菜氮肥施用中的问题与对策初探         | 陈新平 张福锁(122)        |
| 日光温室栽培番茄的氮生理障碍研究          | 高秀兰 肖千明 娄春荣等(130)   |
| 覆膜蔬菜干物质积累与养分吸收分配规律及施肥模式研究 | 蔡绍珍 陈建美 朱培生等(134)   |
| 大白菜、胡萝卜、番茄吸肥特点及合理施肥       | 段 玉 王 勇 杜刚强等(141)   |
| 南京市蔬菜生产与施肥问题              | 杜承林 魏祥培(146)        |
| 天津市蔬菜生产与施肥现状调查            | 许前欣(153)            |
| 蔬菜的钾素营养与钾肥施用              | 奚振邦(156)            |
| 钾氮浓度不同的岩棉营养液栽培番茄对产量及品质的影响 | 周艺敏 吉田彻志 福元康文等(159) |

|                         |                   |
|-------------------------|-------------------|
| 蔬菜“两高一优”生产与钾肥施用         | 杜承林 谢建昌(165)      |
| 硫酸钾、氯化钾对甘蓝生长和生理代谢的影响    | 闫 华 张淑茗 刘兆辉等(173) |
| 大白菜施用钾肥的效应              | 陶其骧(179)          |
| 两种钾肥产量效应曲线模型的比较研究       | 倪吾钟 马海燕(182)      |
| 钾肥品种对黄瓜产量及农艺性状的影响       | 焦 有(185)          |
| 钾肥及生物肥对不同番茄品种茎腐病发生机制的研究 | 栾非时 周 军 仲桂芳等(187) |
| 唐山市蔬菜施用钾肥的效果            | 李凤溪 李春生 郝素霞等(191) |
| 萝卜的施肥技术研究               | 陈宗法 姜井军 陈凤英等(196) |
| 大白菜专用肥的研制与应用            | 韦洁诚 陶 胜 韦志团(199)  |

### III 蔬菜的品质与合理施肥

|                     |                   |
|---------------------|-------------------|
| 施肥对蔬菜体内硝酸盐含量的影响     | 黎星辉 黄启为 彭建伟(202)  |
| 济南市售蔬菜的硝酸盐含量与施肥     | 张淑茗 江丽华 闫 华(207)  |
| 氮肥对蔬菜品质的影响          | 庄舜尧 孙秀廷(211)      |
| 磷肥影响蔬菜硝态氮累积的机理      | 王朝辉 李生秀 田霄鸿(217)  |
| 施钾对蔬菜营养价值和品质的影响     | 马海燕 倪吾钟(223)      |
| 高产芋头需肥与钾肥对产量、品质的效应  | 张淑茗 闫 华 刘兆辉等(227) |
| 硫酸钾和氯化钾对蔬菜产量和品质的效应  | 范钦桢(233)          |
| 钾和硫对蔬菜产量和品质影响的研究    | 陈魁卿 郭亚芬 栾非时(237)  |
| 钾和镁对白萝卜高产优质高效的影响研究  | 何天秀 何成辉 王正银等(240) |
| 钾肥对番茄产量及品质的影响       | 赵月平 谭金芳 王吉庆等(245) |
| 钾肥对番茄品质的影响及氮钾配施效应   | 杨 波 陈淑珍 姚宇卿等(249) |
| 过量硼对蔬菜产量和品质的影响      | 赵竹青 刘同仇 邓波儿(252)  |
| 锌、锰和铜对番茄产量及品质影响的研究  | 任 军 袁震林 张淑芬(256)  |
| 大棚土壤连作年限对黄瓜产量及品质的影响 | 吴风芝 秦智伟 刘 德等(260) |

### IV 菜园土壤的环境状况及其改善措施

|                       |                   |
|-----------------------|-------------------|
| 酸沉降物对重庆土壤—蔬菜系统的影响与对策  | 牟树森 青长乐(263)      |
| 应用蔬菜重金属富集特性控制蔬菜污染     | 汪雅谷(270)          |
| 南京郊区蔬菜生产的环境问题及对策研究    | 高小杰(276)          |
| 沈阳市郊区蔬菜保护地土壤盐分动态研究    | 梁成华 唐 咏 须湘成等(283) |
| 土壤硝酸盐积累对辣椒体内阴阳离子浓度的影响 | 薛继澄 李家金 毕德义等(289) |
| 哈尔滨市郊蔬菜大棚土壤盐分状况及其影响   | 吴风芝 刘 德(294)      |
| 高铜、锌猪粪对土壤环境及蔬菜生长的影响   | 杨定清 付绍清(298)      |

# 高产优质蔬菜的植物营养和施肥

Rolf Hardter

(国际钾肥研究所)

## 1 引言

根据联合国粮农组织 1994 年的统计,全世界的蔬菜生产量已近 4.9 亿 t,而中国的生产量约为 1.66 亿 t(中国农业年鉴,1995)。目前大部分的蔬菜都是以不同的种植强度在大田栽培的。蔬菜在农业生产和人类营养方面起着重要的作用。大多数蔬菜都属高产值作物,由不适宜的施肥引起的很小的产量下降就会带来可观的经济损失。此外,人们对优质蔬菜的市场需求也日益增加,评价其是否优质的标准包括蔬菜的大小、外观、口味以及无农药污染等。通常大家都知道植物营养在蔬菜优质生产中发挥着重要作用,但在多数情形下,蔬菜只是在简单的试探性的甚至是错误的措施下栽培的,缺少科学的施肥推荐基础。造成这种情形的原因就是大多数蔬菜种植者是从从事小规模生产的农民和菜农,他们很难理解土壤—植物—营养之间复杂的相互关系。

要改善菜园管理,就要建立不同生产条件下各类蔬菜合理施肥的简便实用的指导准则。蔬菜施肥的目标应该是获得最佳的产量和质量,并使蔬菜栽培对环境造成的负面影响降低到最小限度。由于农用化学产品的高投入和施用不当,后一目标已变得越来越重要。

这篇文章的目的就是要概述蔬菜营养与一般大田作物营养方面的主要不同之处,以建立一个可供蔬菜生产的指导者使用,并能推荐给田间的高级蔬菜种植者作为准则的合理施肥体系。

## 2 蔬菜的植物营养特性

粮食作物的生产目标主要是获取谷物、淀粉和糖等,而在蔬菜生产中,象蔬菜的外观和一

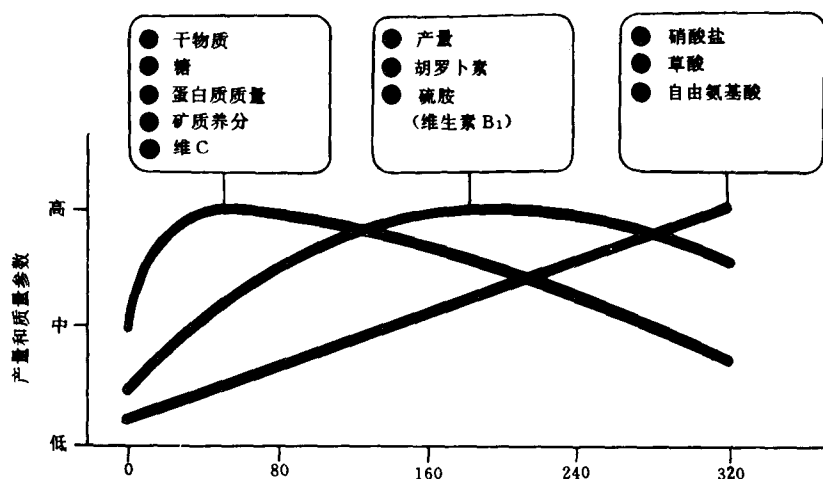


图 1 氮素营养对菠菜产量和质量(含量指标)关系的影响

些影响蔬菜价值的指标就显得非常重要,这些指标包括蛋白质、氨基酸、维生素和硝酸盐含量等。蔬菜质量与最佳施肥量的确定有很大关系,图 1 是氮素营养对菠菜产量和质量的影响情况。

菠菜最大产量时的氮肥用量为 160~240 kg/hm<sup>2</sup>,而质量参数,如干物质、糖、蛋白质和维生素 C 达到最大值时的氮肥用量则只有最大产量时的一半左右。因为对质量有负面影响的参数,如硝酸盐和草酸含量,总是随着氮的用量增加而增加的,所以最佳氮肥施用量显然应该在低于最高产量所需要的用量范围内。

与大部分农田作物不同,蔬菜的生长期比较短,往往在它们仍处在生长过程中就收获了,从而种植周期很短。在种植时间内,每天每公顷 250 kg 干物质的生长速度就需要保持合适的养分供应。植物的养分供应取决于养分的有效性。养分有效性是指土壤溶液里的养分含量和土壤能够及时补充土壤溶液中各种养分的能力,是植物获取养分的关键因素。

另外,还有一些植物本身的因素也影响到植物对养分的获取。特别是植物的根系特点能决定土壤中养分放出和耗竭的能力。植物特别是蔬菜中,通常都存在着很大的遗传类型差异,根据植物的养分吸收潜力,可以将蔬菜进行分类。根系的深度可视为这种养分吸收能力的首要特点(表 1)。

表 1 一些蔬菜的根系深度

| 根系深度  |       |       |
|-------|-------|-------|
| <30cm | <60cm | <90cm |
| 莴苣    | 韭葱    | 秋洋白菜  |
| 豌豆    | 芹菜    | 球芽洋白菜 |
| 春菠菜   | 花椰菜   | 芦笋    |
| 苜蓿    | 绿花椰菜  |       |
| 萝卜    | 矮菜豆   |       |
| 胡萝卜   | 绿洋白菜  |       |

资料来源:Schärf et al., (1986)。

表中的那些浅根系的作物,如莴苣等,往往生长周期都很短,而生长周期较长的蔬菜通常更能将根伸展到深层土壤,除非一些土壤化学和物理条件限制了它们根系的延伸。除了根的生长以外,各作物品种间根的吸收效率也不同。表 2 中所列的是一些作物品种要达到 80% 的最大生长量时所需土壤和土壤溶液中磷的浓度。

表 2 一些作物品种要达到 80% 的最大生长量时所需土壤中磷的浓度

| 植物种类 | 所要求的磷含量      |                       |
|------|--------------|-----------------------|
|      | mg P/100 g 土 | 土壤溶液中 P 的 $\mu$ mol 数 |
| 小麦   | 4            | 1.2                   |
| 油菜   | 5            | 1.4                   |
| 菠菜   | 9            | 4.6                   |
| 菜豆   | 9            | 4.6                   |
| 番茄   | 11           | 5.7                   |
| 洋葱   | 17           | 6.9                   |

资料来源:Föhse et al., (1988, 1991)。

根据这些数据,小麦所需要的土壤 P 的浓度最低,在所列作物品种中可视为养分吸收最有效的作物,而蔬菜要达到类似的生长则需要较高的养分浓度。洋葱由于缺少根毛,是吸收效率最低的作物之一。这一结果清楚地表明蔬菜是养分利用率较低,却又对土壤的养分供给有比其它作物更高要求的作物。在蔬菜的施肥推荐中就要考虑到这一特点。

养分供应的最佳化与土壤的化学反应也密切相关。通常蔬菜所要求的最佳土壤 pH 在 6 到 7 之间。在酸性土壤条件下就需要用石灰对 pH 进行调节。另外,以堆肥和农家肥提供有机质是改善粘质土壤物理性质和增加轻质土壤所需养分缓冲容量的重要条件。

有机肥除了通常作为土壤的改良剂外,也是重要的养分来源。然而,这些有机肥中养分的释放量和释放速度经常都是未知的,施用有机肥有可能导致养分供应不足或过量。表 3 中列出了几种典型有机肥的平均养分总量和各自的有效养分含量。

表 3 中的数据可以作为加入各种有机肥中养分量估计的有用参考,也可用于计算加入矿物质肥料以调整养分供应的依据。

象其它作物一样,蔬菜也需要养分的平衡供应。各种蔬菜在对大量元素的需求中相差并不太大,1:0.3:1.3:0.25 的 N:P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>:K<sub>2</sub>O:MgO 之比例对大多数蔬菜来说是较为理想的,这个比例表明其对钾的需求是相当高的。

表 3 典型动物粪肥的养分含量

|                      | 干物质<br>g/kg | 总养分                |      |      | 有效养分 <sup>(1)</sup> |      |      |
|----------------------|-------------|--------------------|------|------|---------------------|------|------|
|                      |             | 氮                  | 磷    | 钾    | 氮                   | 磷    | 钾    |
| <hr/>                |             |                    |      |      |                     |      |      |
| 鲜农家粪肥 <sup>(2)</sup> |             | kg·t <sup>-1</sup> |      |      | kg·t <sup>-1</sup>  |      |      |
| 牛                    | 250         | 6.0                | 3.5  | 8.0  | 1.2                 | 2.1  | 4.8  |
| 猪                    | 250         | 7.0                | 7.0  | 5.0  | 1.4                 | 4.2  | 3.0  |
| <hr/>                |             |                    |      |      |                     |      |      |
| 家禽粪肥                 |             |                    |      |      |                     |      |      |
| 蛋鸡                   | 300         | 15.0               | 13.0 | 9.0  | 5.0                 | 7.8  | 6.8  |
| 肉用仔鸡/火鸡              | 600         | 29.0               | 25.0 | 18.0 | 10.0                | 15.0 | 14.0 |
| <hr/>                |             |                    |      |      |                     |      |      |
| 污泥浆 <sup>(3)</sup>   |             | kg·m <sup>-3</sup> |      |      | kg·m <sup>-3</sup>  |      |      |
| 奶牛场                  | 60          | 3.0                | 1.2  | 3.5  | 1.0                 | 0.6  | 3.2  |
| 肉牛场                  | 60          | 2.3                | 1.2  | 2.7  | 0.7                 | 0.6  | 2.4  |
| 猪场                   | 60          | 5.0                | 3.0  | 3.0  | 2.0                 | 1.5  | 2.7  |

- 注:(1)指对施肥后种植的作物的有效养分;  
(2)如果农家粪肥敞开贮存了较长时间,N 和 K 的值会有所降低;  
(3)污泥浆的干物质含量通常是 6%,如果与这一数据有偏差,那么养分含量也必须作相应的矫正;  
(4)有效性只有以春季施用为准。

资料来源:Scaife 和 Bar-Yosef(1995)。

3 养分和肥料需求的测定

由于植物营养对蔬菜的产量和质量的形成具有的基本作用,养分和肥料需求的准确测定对合适的蔬菜管理就是重要的前提。

理论上,有四种方法决定作物的肥料需求:

- (1)肥料试验;
- (2)根据植物和土壤的数据,以及气候条件和栽培措施所进行的计算;
- (3)土壤分析;

#### (4)植物分析和缺素或中毒症状的鉴定。

在这些方法中,肥料试验能提供最为准确的结果,从而被用于其它方法的矫正。然而,肥料试验耗时最多,花费最高,因此很难作为标准方法采用。另一方面,在蔬菜的养分吸收和需求方面我们已经有了足够的知识积累(表4),可以用于决定肥料需求。然而只用这些表格往往会导致肥料的过量施用,因为土壤的养分供应并没有计算在内。

单独使用土壤分析也有缺点,因为土壤分析仅描述一种状态,并不能提供养分动力学方面的任何信息,而这种信息养分特别是P和K的确是一个关键因子。

植物分析尽管反映了土壤里的养分动态和各种作物从土壤中吸收养分的效率,但其缺点是在植物的生长期进行,其结果只用于相对后期的阶段。因此植物分析仅适于追施养分,特别是氮用量的测定。

从实际应用的目的来讲,将养分移出量和土壤分析相结合来计算肥料需求无疑是最可行的方法。

#### 4 调整肥料用量的实用方法

对估计蔬菜的肥料需求而言,首先要用到的就是作物的养分吸收和养分需求数据(表4)。

表4 一些蔬菜的市场产量、生物总量以及各营养元素的需求量

| 蔬 菜      | 市场产量<br>(t /hm <sup>2</sup> ) | 生物总量<br>(t /hm <sup>2</sup> ) | 养分需求量(kg/hm <sup>2</sup> ) |                               |                  |     |
|----------|-------------------------------|-------------------------------|----------------------------|-------------------------------|------------------|-----|
|          |                               |                               | N                          | P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> | K <sub>2</sub> O | MgO |
| 芦笋       | 6                             | 80                            | 165                        | 54                            | 150              | 18  |
| 菜豆       | 15                            | 35                            | 115                        | 38                            | 105              | 25  |
| 绿花椰菜     | 20                            | 65                            | 250                        | 70                            | 200              | 40  |
| 球芽洋白菜    | 15                            | 90                            | 300                        | 150                           | 450              | 38  |
| 花椰菜      | 35                            | 80                            | 260                        | 105                           | 350              | 35  |
| 胡萝卜      | 80                            | 100                           | 280                        | 130                           | 480              | 80  |
| 芹菜       | 50                            | 70                            | 300                        | 125                           | 500              | 60  |
| 大白菜      | 60                            | 100                           | 240                        | 150                           | 360              | 60  |
| 莴苣       | 40                            | 55                            | 88                         | 40                            | 190              | 16  |
| 黄瓜       | 45                            | 85                            | 90                         | 60                            | 135              | 32  |
| 绿洋白菜     | 15                            | 35                            | 75                         | 10                            | 75               | 12  |
| 韭葱       | 45                            | 60                            | 150                        | 80                            | 250              | 36  |
| 小萝卜      | 25                            | 35                            | 125                        | 65                            | 125              | 38  |
| 洋葱       | 50                            | 70                            | 140                        | 75                            | 200              | 40  |
| 豌豆       | 5                             | 50                            | 60                         | 25                            | 60               | 10  |
| 架菜豆      | 25                            | 60                            | 225                        | 53                            | 175              | 50  |
| 萝卜       | 55                            | 85                            | 300                        | 155                           | 330              | 66  |
| 红甜菜      | 40                            | 100                           | 140                        | 60                            | 220              | 40  |
| 菠菜       | 20                            | 45                            | 90                         | 40                            | 110              | 26  |
| 番茄       | 60                            | 100                           | 168                        | 48                            | 240              | 30  |
| 白洋白菜(后收) | 80                            | 130                           | 280                        | 120                           | 400              | 56  |

资料来源:Bayrische Landesanstalt für Wein- und Gartenbau, Scharpf et al., (1986).

象表 4 这样的表格制作的基础是假设要达到某个市场产量时,能够给出其生物总量和相应的各营养元素的吸收量,也就是要生产出一定市场产量的蔬菜,就要知道相应的生物总量所吸收的营养元素。例如,要生产 6 t 市场上需求的芦笋,芦笋植物必须累积 80 t 的生物总量,并吸收非常多的养分(见表 4)。

从表 4 列出的数据可以清楚地看出在植物生长期间所吸收的养分量 and 收获移走养分量间存在着巨大的差异。在调整肥料用量中,不管是根据作物吸收需求,还是根据移出量都会导致错误的用量估计,前者是过高地估计,而后者是过低地估计。因此,计算多少残留植物能在收获时保留在田间,这些残留物能提供多少养分给后续作物是很重要的。

蔬菜可根据收获时留在田间的残留物的量进行分类。残留量是由生物总量和市场产量的差决定的,同时也与栽培措施,特别是收获措施有关(表 5)。

表 5 根据收获后残留物的多少所进行的蔬菜分类

| 低<br>(1~5 t/hm <sup>2</sup> ) | 中<br>(10~25 t/hm <sup>2</sup> ) | 高<br>(30~60 t/hm <sup>2</sup> ) |
|-------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|
| 韭葱                            | 豌豆                              | 球芽洋白菜                           |
| 莴苣                            | 矮菜豆                             | 花椰菜                             |
| 苜蓿                            | 芹菜                              | 洋白菜(后收)                         |
| 菠菜                            | 洋白菜(早收)                         |                                 |
| 萝卜                            | 红甜菜                             |                                 |
| 绿洋白菜                          | 黄瓜                              |                                 |
|                               | 胡萝卜                             |                                 |

资料来源: Scharpf et al., (1986).

这些残留物可能被保留在田间也可能被用作动物的饲料,因此,残留物的去向对决定后续作物的肥料用量特别重要。

由植物残体提供给后续作物的养分量首先依赖于残体的量,其次是残体的平均养分含量。利用地里生长的蔬菜的养分含量估计新鲜有机质的平均养分含量就可以进行这种计算(表 6)。

残体中养分的有效性取决于前季作物收获和后续作物种植之间的时间长短以及养分淋溶所造成的损失,如在非种植期的冬季,降水量很高的情况下所造成的养分损失。

表 6 地生新鲜蔬菜的平均养分含量

| N    | P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> | K <sub>2</sub> O | MgO |
|------|-------------------------------|------------------|-----|
| kg/t |                               |                  |     |
| 3.5  | 1.0                           | 4.5              | 0.3 |

资料来源: Scharpf et al., (1986).

在这段时间,移动性较大的营养元素,象硝酸盐、镁,还有钾在砂质土上都有可能损失。

作为一般的规则,我们认为在以下几种情况下,后续作物可从植物残体中获得较高的营养效益:

- (1) 土壤具有较高的持水量(壤质土);
- (2) 有一个较深的根系容量;
- (3) 非种植期有较低的降雨强度。

在下列几种情况下,后续作物从植物残体中获得的营养效益较低:

(1)土壤具有较低的持水量(砂质土);

(2)浅根系;

(3)非种植期有较高的降水强度。

用以下的公式决定蔬菜的肥料需求是一个简单而又实用的方法:

作物的养分需求(生物总量的养分吸收量) - 植物残体和有机肥所提供的养分量(表格的数据和土壤分析) = 矿质肥料所要提供的养分量。

#### 4.1 氮

如图 1 所示,氮在蔬菜的生物产量和质量形成中起着主导性的作用。此外,氮在与环境有关的大量元素中也是最关键的元素。因此,我们特别强调氮肥用量的准确调节。

要做到这种准确施肥,就要知道作物对氮的需求和测定土壤所提供的氮。这必须在作物种植时采集土壤样品。在新鲜土壤样品中,矿质氮( $\text{NH}_4^+$  和  $\text{NO}_3^-$ )的含量是立即可测定的。要达到测定的目的,必须从整个根系深度的土壤中采样,不同植物的根系深度可参照已有的数据(表 1)。因为大部分氮(99%)都或多或少地牢牢地固定在土壤的有机质中,所以总氮的测定就这方面而言就没有什么价值。从一种特定作物的氮需求(表 4),减去土壤矿质氮的量,其差就是该用于作物的肥料氮的量。在作物的生长期中,有机质所释放的氮只能被估计。从有机肥中释放的氮也是如此。表 3 和表 6 可用作估计氮量的参照。

蔬菜氮肥需求量的决定可用以下公式概括:

作物对氮的总需求量(根据总生物量和氮含量得到的总吸收量) - 种植时土壤的矿质氮含量(土壤分析) = 要通过施肥提供的氮量。

#### 4.2 磷、钾和镁

土壤对 P、K 和 Mg 通常都具有较高的缓冲容量,因此,在决定作物对 P、K 和 Mg 的肥料需求时,就不需要象氮那么准确。而且这些肥料过量施用通常不会导致对作物和环境的危害。

然而,就蔬菜的最佳产量和质量以及最大的经济回报而言,科学地发展和实施这些养分的肥料推荐也是极为重要的。

在下面所建议的决定肥料用量的过程也是根据作物的养分吸收或需求和由土壤分析所获得的土壤养分供应而进行的。首先,对种植蔬菜的土壤,要根据它们的肥力等级和养分供应容量进行分类。德国所使用的系统是根据表土(0~30 cm)的 P、K 和 Mg 含量分析,将各元素土壤肥力分为 5 个等级(表 7)。

表 7 根据土壤肥力等级对磷、钾、镁肥用量所作的调整

| 肥力等级 | 土壤的养分供应 | 肥料需求               |
|------|---------|--------------------|
| A    | 低       | 作物需求量 $\times 1.5$ |
| B    | 中       | 作物需求量 $\times 1.2$ |
| C    | 高       | 作物需求量 $\times 1.0$ |
| D    | 很高      | 作物需求量 $\times 0.5$ |
| E    | 极高      | 不需施肥               |

资料来源:Gemüse 6/1985.

肥力等级的划分是根据长期田间试验决定的,并用由养分吸收曲线和产量回报而获得的土壤数据加以矫正的。肥料施用的最终目的就是要使原来贫瘠的土壤具有较好的养分供应,使其肥力相当于等级 C。在等级 C 的土壤中,推荐的养分施用量正好等于作物的总需求量(表 4)。在等级 A 和 B 的低肥力的土壤上,要将作物需求量分别乘以 1.5 或 1.2 的因子才能获得

肥料需求量。然而,对肥料推荐来说,要考虑前茬作物遗留在田里的养分。这个养分量以及以有机肥形式施用的养分量(表 3)都要从所要用的矿质肥料量中扣除。

在种植蔬菜的情况下,土壤肥力等级和相应的土壤养分含量列于表 8。其中养分磷的数值对所有土壤类型都有效,而对钾和镁来说,就要考虑土壤类型的影响。值得解释的是粘粒含量对 CEC 影响很大,从而影响到 K 离子和 Mg 离子的潜在吸附。由于实用上的原因,德国标准实验室方法是用一种提取溶液(乳酸醋酸钙即 CAL)来提取所有的 3 种养分。一般来讲,土壤中养分提取所用的一切有效的标准方法都可用来划分土壤肥力等级,但这些方法需要事先用田间试验加以矫正。

要将表 8 中的  $K_{CAL}$  值转化为  $K_{NH_4AC}$  值,只需将  $K_{CAL}$  值根据土壤类型的不同乘以以下的因子:

×1.18 砂 土  
×1.56 砂壤土  
×1.92 粘 土

表 8 菜园土的土壤肥力等级和相应的养分含量(CAL 方法)

|                                   | 土 壤 肥 力 等 级         |         |         |         |      |
|-----------------------------------|---------------------|---------|---------|---------|------|
|                                   | A                   | B       | C       | D       | E    |
|                                   | mg kg <sup>-1</sup> |         |         |         |      |
| 磷(P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> ) |                     |         |         |         |      |
| 所有土壤类型                            | <80                 | 80~140  | 150~250 | 260~400 | >400 |
| 钾(K <sub>2</sub> O)               |                     |         |         |         |      |
| 砂土—壤砂土                            | <80                 | 80~140  | 150~200 | 210~300 | >300 |
| 壤砂土—壤土                            | <80                 | 80~140  | 150~300 | 310~450 | >450 |
| 壤土—粘土                             | <100                | 100~190 | 200~350 | 360~500 | >500 |
| 镁(MgO)                            |                     |         |         |         |      |
| 砂土—壤砂土                            | <30                 | 30~60   | 70~100  | >100    | —    |
| 壤砂土—壤土                            | <60                 | 30~120  | 130~200 | >200    | —    |
| 壤土—粘土                             | <80                 | 80~140  | 150~250 | >250    | —    |
| 因子*                               | ×1.5                | ×1.2    | ×1.0    | ×0.5    | ×0.0 |

\* 用于与作物的本身的养分需求相乘。

资料来源:Gemüse 6/1985.

4.3 花椰菜养分与需求的计算实例

在一种壤砂土上,要获得每 hm<sup>2</sup> 30 t 花椰菜的产量目标,其土壤分析数据如下:

矿质 N(0~60 cm) = 60 kg/hm<sup>2</sup>  
P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> = 90 mg/kg  
K<sub>2</sub>O = 70 mg/kg  
MgO = 130 mg/kg

花椰菜的前作物是豌豆,其市场产量为每 hm<sup>2</sup> 5 t,收获后,50%的植物残体留在地里。

4.4 肥料需求的计算

作物的养分需求(市场产量 30 t):

N: 223 kg/hm<sup>2</sup>  
P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>: 90 kg/hm<sup>2</sup>  
K<sub>2</sub>O: 300 kg/hm<sup>2</sup>  
MgO: 30 kg/hm<sup>2</sup>

减去 土壤和植物残体所提供的养分(根据表 4 和表 6)

N: 60 kg/hm<sup>2</sup>  
P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>: 25 kg/hm<sup>2</sup>  
K<sub>2</sub>O: 112 kg/hm<sup>2</sup>  
MgO: 75 kg/hm<sup>2</sup>

等于 施肥所要提供的养分量(表 8)

N: 163 kg/hm<sup>2</sup>  
P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>: 65 × 1.2 = 78 kg/hm<sup>2</sup>  
K<sub>2</sub>O: 188 × 1.5 = 282 kg/hm<sup>2</sup>  
MgO: 0 kg/hm<sup>2</sup>

用这种方法计算肥料需求量与其它方法相比具有更高的准确度,为了估计作物生长过程中从土壤释放出的养分量,上述过程还可以作进一步的修正,如要考虑气候数据等。

## 5 施肥对蔬菜质量方面的影响

图 1 已经表明,如果氮肥用量过大会给菠菜质量带来负面影响。在洋白菜施肥中也得到类似的结果(图 2)。

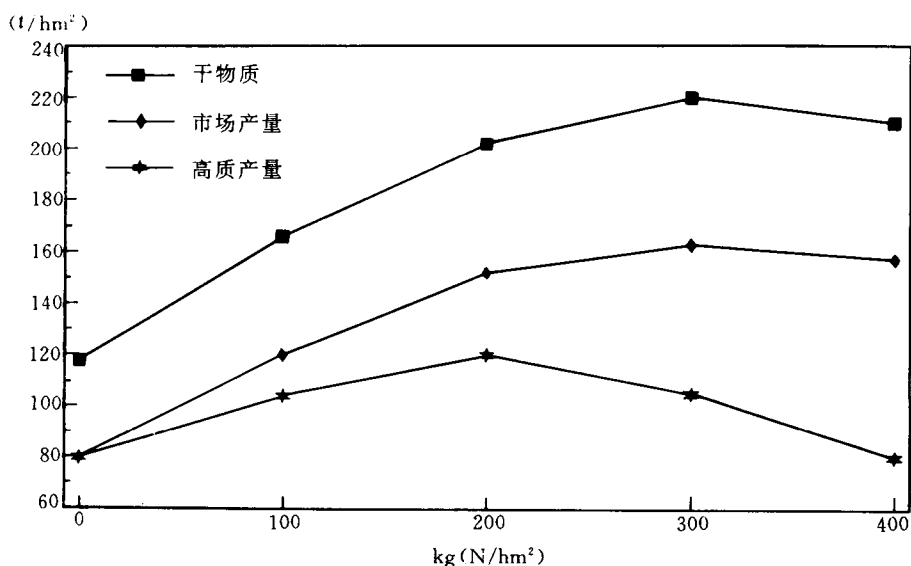


图 2 氮素供应(矿化氮加氮肥)对白洋白菜产量的影响(资料来源:Böhmer, 1980)

图 2 中洋白菜的最高总生物量以及市场产量是在 N 用量为 300 kg/hm<sup>2</sup> 时达到的,而高质量在氮用量为 200 kg/hm<sup>2</sup> 时就已达到。文献中很多事例表明高氮提供对质量的负面影响,如减少糖含量,增加新鲜或加工过的产品的苦味,并经常导致贮藏性能降低等。

多余的氮供应也会导致蔬菜中的高硝酸盐含量,这会对人类健康带来不利影响。世界卫

生组织推荐的新鲜蔬菜中  $\text{NO}_3^-$  含量的临界值为 432 mg/kg。然而,由于蔬菜遗传类型的不同其临界值也会有差异。根据蔬菜对  $\text{NO}_3^-$  潜在的积累能力,可将其分为三组。在收获部分含有大量硝酸盐的蔬菜包括莴苣、菠菜、洋白菜、萝卜和红甜菜等,中等含量的有芹菜、胡萝卜、花椰菜、土豆和韭葱等。番茄、黄瓜、甜椒、甜瓜、球芽洋白菜、豌豆和菜豆属于硝酸盐积累低的一组。每一组中硝酸盐含量的变化幅度很大,影响它的主要因子是氮的施用。

另一方面,除了氮的用量以外,氮和其它养分的比例也很重要。平衡施肥起着重要的作用。例如在低钾的土壤上,钾的施用可大大降低蔬菜体内的硝酸盐含量(图 3)。

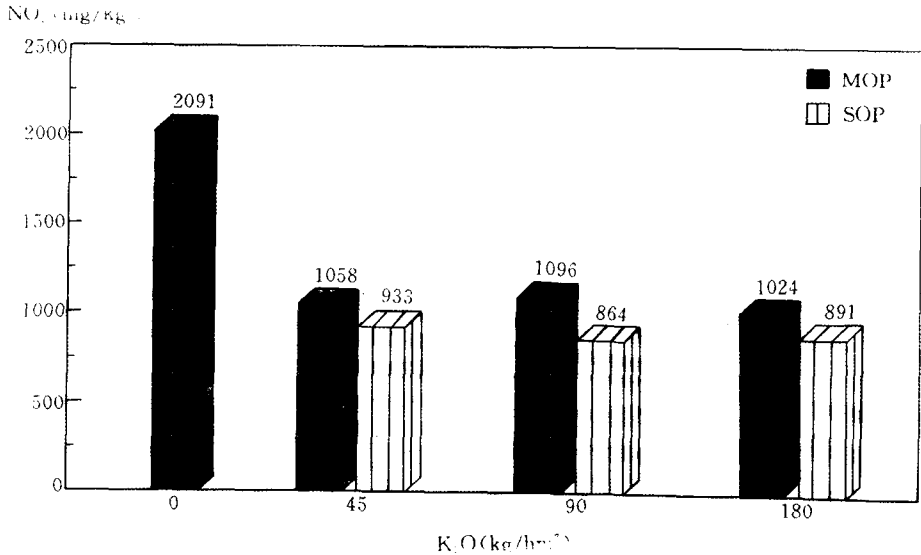


图 3 钾肥施用对冬季青叶菜中硝酸盐含量的影响

钾的有利影响表现为钾能促进氮合成蛋白质和植物体内的其它结构成分。在缺钾情况下,就很难出现这种现象。图 3 所示,与氯化钾相比,硫酸钾的优势更多一些,这可能是这种特定的土壤缺硫,也可能是硫酸钾的施用减少了  $\text{Cl}^-$  的提供,从而避免了氯对冬季青叶菜的不利影响。

除了能减少硝酸盐积累以外,平衡施肥还可以对蔬菜的糖含量和其它有价值的成分,如维生素等产生积极影响。看起来钾在平衡施肥方面所起的作用尤为为重要。浙江农业大学的倪先生(1993 年)在试验中发现钾的施用增加了甜椒的产量和维生素 C 的含量(图 4)。

在交换性钾含量很低的土壤上施钾后,最高施钾量处理(K3)中的甜椒产量是对照产量的两倍以上。维生素 C 的含量只增加到 K2 处理,然后又有所下降。这个结果与 Cummings 和 Wilcox(1968)的发现不一样,他们认为质量特性的改善与产量增加的范围一样。然而,在现在这个试验中,K3 处理的钾肥用量是非常高的,达每  $\text{hm}^2$  450 kg,这有可能影响到 Ca 和 Mg 的吸收以及在植物体内的转移,因为这三种元素之间具有拮抗作用。钾的过量使用可能会导致番茄的花后腐烂,这种现象最初是由缺 Ca 引起的。在易于缺钙的条件下,要注意避免钾钙之间的不平衡。然而这些现象通常是少见的,主要发生在极端条件下,如酸性土壤,砂土并伴随着由于高 N 营养促进的作物的快速生长。为了避免这样极端的现象,土壤和植物分析对掌握蔬菜的营养供应状况是有帮助的。

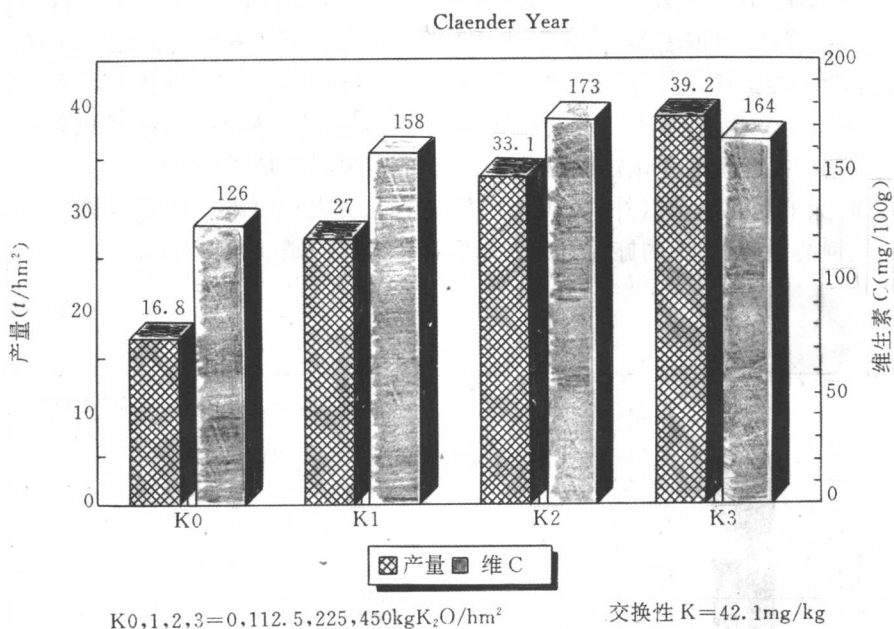


图4 钾(硫酸钾)对甜椒的产量和维生素C含量的影响(资料来源: Ni, 1993)

## 6 蔬菜施肥对环境方面的影响

蔬菜栽培对环境的不利影响有不同的原因, 象农用化合物和肥料的过量施用, 不平衡施肥, 有机物质和含有象重金属等有害元素的肥料施用等等。

植物营养和植物健康之间具有紧密的相关性, 氮钾的平衡施用能显著减少病虫害的发生, 从而降低了杀虫剂的需求(Perrenoud, 1990)。因此, 平衡施肥在避免杀虫剂的过多施用和保护土壤和水质方面是很重要的。

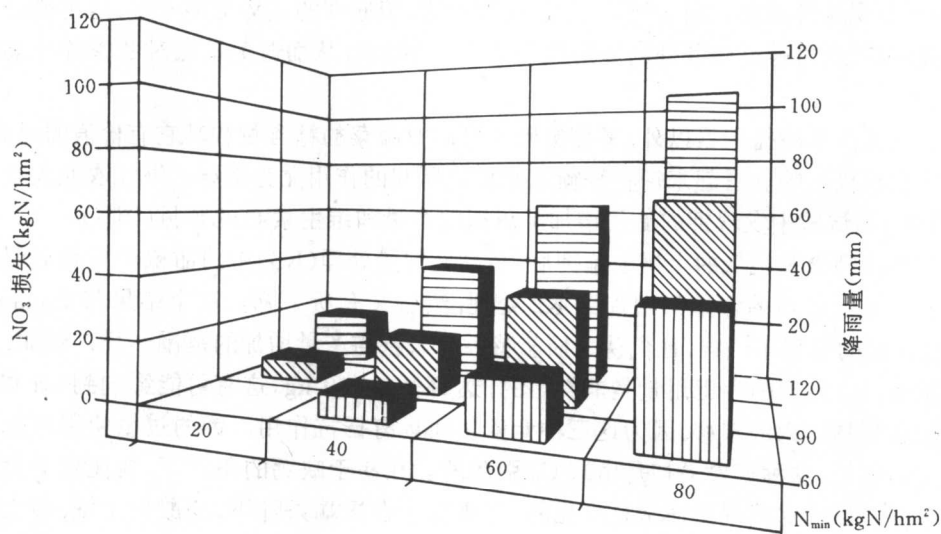


图5 土壤硝酸盐含量和降雨量对壤土底土矿化氮损失的影响(资料来源: Scharpf et al., 1986)

然而,越来越多的证据表明要避免硝酸盐淋溶以及随后在地下水中的积累,要特别强化氮肥施用的管理。

硝酸盐的淋失发生在当土壤没有被蔬菜覆盖或很少覆盖(如冬季)的高降水季节。图 5 表明了硝酸盐淋失与土壤的硝酸盐含量和降水之间的密切的相关性。因为很难对降雨的影响加以控制,重点就要放在土壤硝酸盐含量的控制上。要做到这一点,就要象以上论述的那样在施肥以前进行土壤分析并对肥料的用量作相应的调整。以下措施适于避免高含量的硝酸盐污染水体:

- (1)根据土壤分析和蔬菜种植期间硝酸盐释放量的估计,调整氮肥用量;
- (2)将高氮用量分次施用;
- (3)不要在后期如秋天施用有机肥;
- (4)在夏末或非种植期以前的栽培不要施用大量的富氮残体;
- (5)种植蔬菜以后栽培氮吸收效率高的深根作物。

比这些措施更重要的就是基本的 N、K 平衡施用,它可以减少地下水的硝酸盐污染。这可用甜菜的事例来证明(图 6)。

由于稳定地施用有机肥,甜菜收获以后土壤的硝酸盐含量增加了。这可能是由于有机肥中 N 的硝化滞后于甜菜的养分吸收,从而引起硝酸盐在土壤中的积累。在施用和不施用有机肥这两种情况下,施钾都显著地减少了土壤中残余的硝酸盐含量。这是因为在钾处理小区氮的吸收高,所以无论是有机肥还是无机肥中的氮都能得到较好利用。

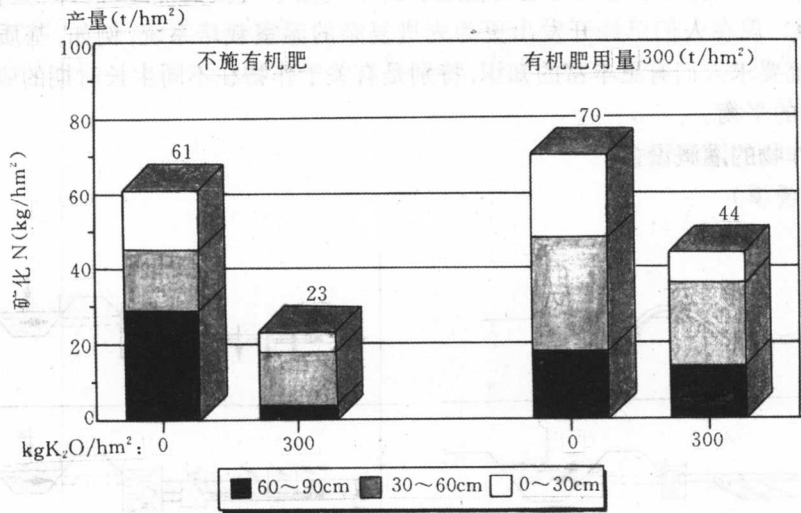


图 6 钾肥施用对甜菜收获后土壤残留硝酸盐含量的影响(资料来源:Orlovius 和 Andres., 1993)

参考文献略。

(周健民 译)