

【第一章】

蔬菜产业发展与微灌施肥现状

第一节 蔬菜产业发展现状

一、蔬菜面积与产量发展与现状

随着人们生活水平的提高，蔬菜的种植面积和产量呈上升态势，且单产水平有所提高。据统计，2000 年我国蔬菜种植面积约 1 523 万公顷，单产为 28 吨/公顷（图 1-1），年人均蔬菜持有量为 326 千克；2004 年蔬菜种植面积增加到 1 756 万公顷，单产提升了 3.5 吨，年人均蔬菜持有量为 424 千克；到 2013 年全国蔬菜种植面积达到 2 090 万公顷，单产也达到 35 吨/公顷，人均

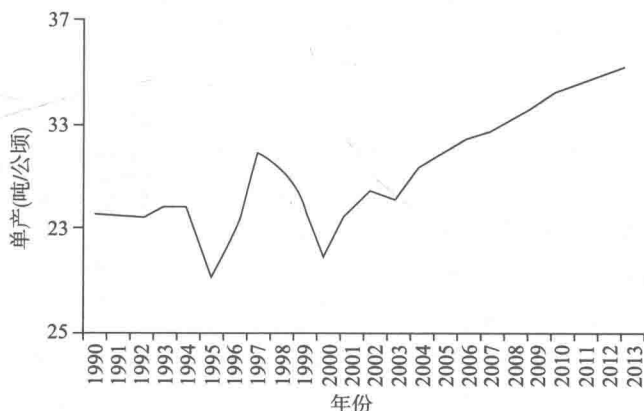


图 1-1 全国蔬菜单产变化情况

蔬菜持有量达到 544 千克, 超出世界平均水平的 4 倍。2000 年之后, 我国蔬菜栽培面积和单产逐年提高, 平均每年增长 3.3% 和 2.7% (图 1-1、图 1-2)。

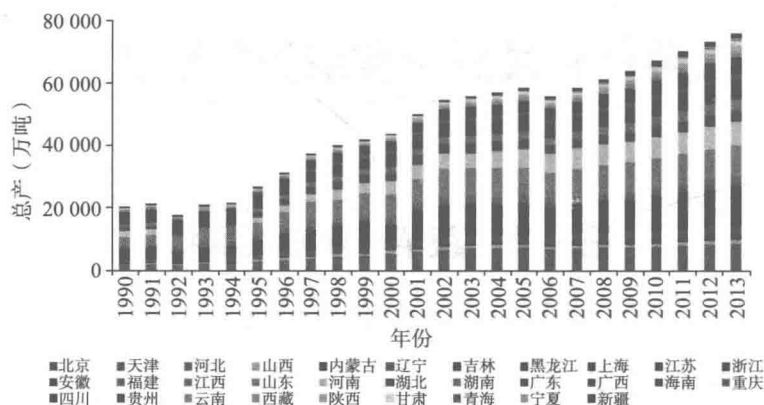


图 1-2 全国蔬菜总产情况

以秦岭淮河为分界线, 我国南方蔬菜种植面积大于北方 (图 1-3)。蔬菜种植主要分布在中南地区 (湖北、湖南、河南、广东、广西、海南) 和华东地区 (上海、江苏、安徽、浙江、江西、福建、山东), 2013 年这两个地区蔬菜种植面积分别占全国蔬菜总种植面积的 33% 和 29%, 而其耕地面积仅占全国耕地面积的 19.8% 和 19.9% (图 1-4)。种植面积最大省份为山东 183 万公顷, 其次为河南 175 万公顷, 居前五位的还有江苏、广东和湖南, 分别为 135 万、131 万和 128 万公顷。总产量以华东地区最高, 占全国总产的 31%, 其次为中南地区和华北地区, 分别占 28% 和 15%。总产量前五位省份分别为山东、河北、河南、江

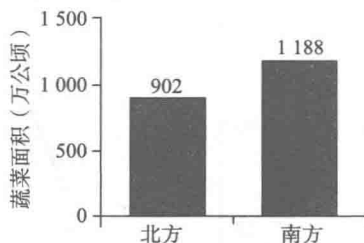


图 1-3 2013 年我国北方和南方蔬菜种植面积

南, 分别为 135 万、131 万和 128 万公顷。总产量以华东地区最高, 占全国总产的 31%, 其次为中南地区和华北地区, 分别占 28% 和 15%。总产量前五位省份分别为山东、河北、河南、江

明显不足。

北方蔬菜单产明显高于南方，北方单产平均为 45 吨/公顷，其中最高的省份为辽宁，为 66 吨/公顷，其次为河北 65 吨/公顷。南方单产平均仅为 26 吨/公顷。南方江苏单产最高 38 吨/公顷（图 1-6）。

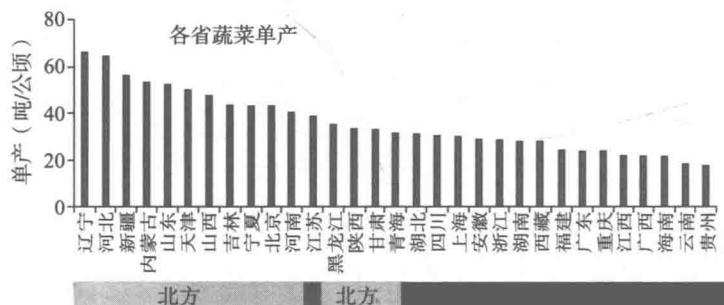


图 1-6 各省（自治区、直辖市）2013 年蔬菜单产情况

二、蔬菜种植结构情况

近年来我国蔬菜种植结构也发生了变化，逐渐由数量型向效益型转变，设施蔬菜面积增长速度加快，设施蔬菜栽培面积和产量所占比重逐年增加，到 2013 年设施蔬菜种植面积增加到 370 万公顷（图 1-7），占蔬菜种植面积的 18% 以上，设施蔬菜总产达到 2.5 亿吨，占蔬菜总产量的 34%。与露地蔬菜相比，设施蔬菜产业的技术装备水平高、集约化程度高、科技含量高、比较效益高。抽样调查分析显示，设施蔬菜生产每亩综合平均产值 1.35 万元，每亩净产值 1.1 万元，比露地生产高 3~5 倍，投入产出比达到 1:4.5。

我国设施蔬菜包括大中塑料棚、日光温室以及防雨遮阳棚等，主要分布于黄淮海与环渤海地区、长江流域和陕西、甘肃、宁夏、内蒙古等半干旱地区，栽培面积分别为 153 万、73.3 万

四、设施蔬菜生产发展趋势

1. 设施规模化 一方面单个温室或大棚面积增大,近几年在设施蔬菜种植典型开始建造单个面积大于4亩的日光温室,宽度和高度大大增加,为机械化提供了条件。另一方面,实行园区化和适度规模化生产,一个园区以5~20公顷为宜,加强相配套的基础建设,建立完善的水肥药统一供给管理系统,提高劳动生产率。

2. 技术标准化,管理精准化 由传统经验管理到按规程标准化生产,制定良种与良法配套、水与肥配套、光温与栽培配套等技术规范,引入信息技术,建立各环节量化标准,一方面有利于蔬菜的高产优质和水肥等资源的高效利用,另一方面简化农业产业化生产过程中的人工管理,提高生产效率。

3. 操作机械化 设施蔬菜机械化生产一方面用机械代替人工,比如目前应用比较多的自动卷帘机、自动放风装置等。另一方面,要通过各种措施,千方百计地降低人工投入,促进产业化发展。比如,引进熊蜂授粉解决点花的问题,通过育种或栽培途径解决打岔、吊蔓的过程,通过机械或智能装置解决放蔓与采摘的问题等。

第二节 设施蔬菜绿色增产潜力及技术分析

2015年2月,农业部发布了《农业部关于开展绿色增产模式攻关的意见》,要求农业生产中集成推广高产高效、资源节约、环境友好的技术模式,促进生产与生态协调发展,探索有中国特色的粮食可持续发展之路,切实保障国家粮食安全。为此,农业部随后出台了《到2020年化肥使用量零增长行动方案》,提出力争到2020年,主要农作物化肥使用量实现零增长的目标。设施蔬菜生产中节肥潜力巨大,对实现国家化肥零增长目标有举足轻

重的作用。目前，设施蔬菜化肥投入过量严重，据统计，每年设施蔬菜地氮肥投入量在 1 500 千克/公顷以上，是蔬菜吸收量的 3~4 倍。过量施肥不仅浪费资源，而且导致土壤退化、蔬菜产量和品质降低等现象。因此，无论从国家要求还是从农民切身利益来说，都急需改进施肥方式，提高肥料利用率，减少不合理投入，保障绿色增产。

一、设施蔬菜绿色增产潜力分析

按照农业部绿色增产的要求，设施蔬菜绿色增产一方面要减少肥料用量，另一方面还要增加产量。调研显示，农民对蔬菜继续增产信心不足，普遍认为增产的可能性不大，更不用说还要降低肥料投入。据联合国粮食及农业组织（FAO）最新统计数据，比利时、荷兰和英国每年番茄单产在 400 吨/公顷以上，美国、以色列等国家单产也达到 80 吨/公顷左右，而我国年均番茄产量仅有 52 吨/公顷，居世界排名第 44 名（图 1-8）。我国番茄产量偏低的原因，一方面是因为统计数据中包括了露地番茄，而欧洲高产番茄多来自设施栽培，另一方面我国番茄生长期较欧洲等国家生长期短，而番茄单产与生长期成正比。据统计，我国番茄生长期多集中在 110~125 天，为了便于国内外的比较，将所有番

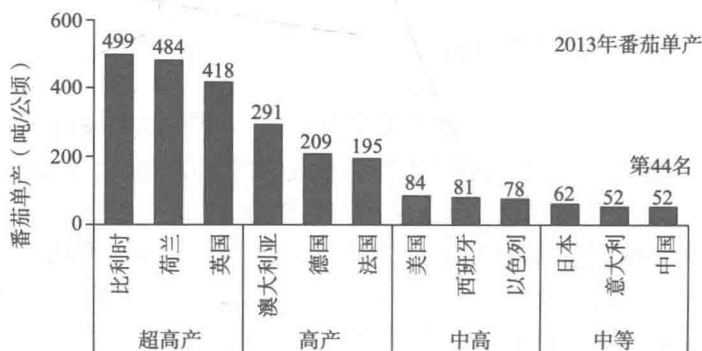


图 1-8 世界不同国家番茄单产

茄产量折算成 125 天的产量见图 1-9。可见我国设施番茄一季的产量平均为 92 吨/公顷，与我国现有报道的最高产量还有 104% 的增产空间，与调研高产相比，还有 50% 的增产空间，可见设施番茄增产潜力巨大。

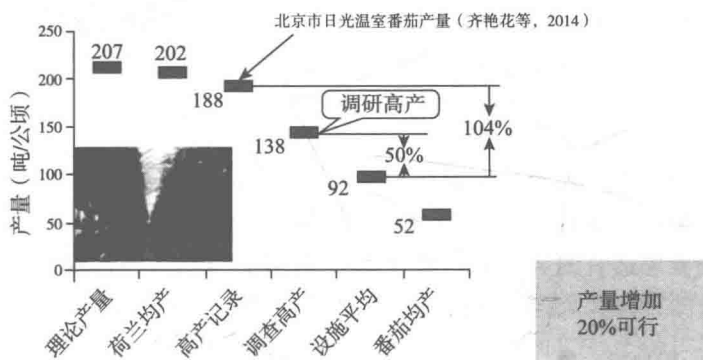


图 1-9 设施番茄增产潜力分析

二、实现蔬菜绿色增产的措施

据调查，限制设施蔬菜增产因素主要有天气、温室种植年限、土传病害（根结线虫）、病虫害及施肥等（图 1-10）。种植

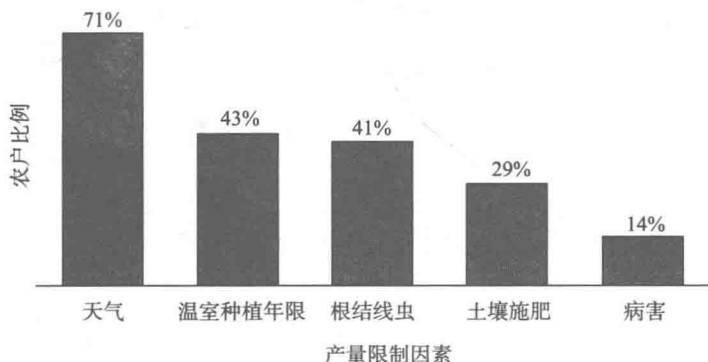


图 1-10 设施蔬菜产量限制因素

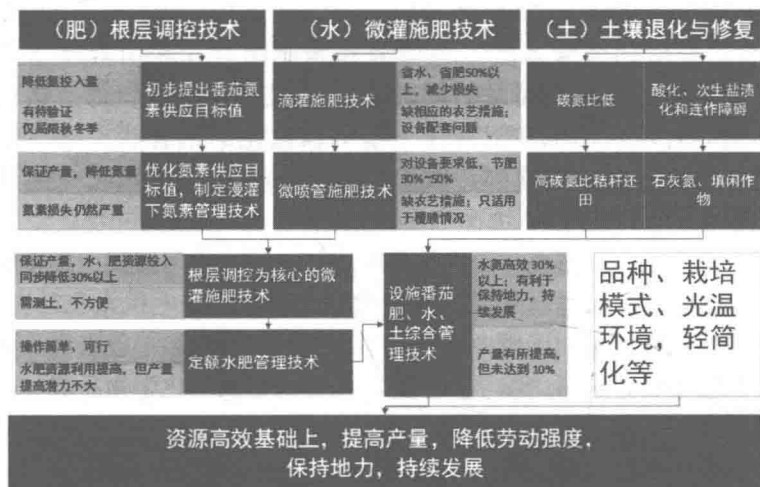


图 1-14 设施番茄绿色增产技术体系

第三节 微灌施肥发展现状

一、灌溉施肥的基本概念及其特点

灌溉施肥 (Fertigation) 是将施肥 (Fertilization) 与灌溉 (Irrigation) 结合在一起的一项农业技术，它是借助压力灌溉系统，在灌溉的同时将由固体肥料或液体肥料配兑而成的肥液一起输入到作物根部土壤的一种方法。灌溉施肥可实现水肥同步，省工省力的目的。灌溉施肥有多种方法，如地面灌溉施肥、喷灌施肥和微灌施肥。

所谓微灌 (MIS, Micro-irrigation system)，即“利用专用设备，将有压水流变成细小的水流或水滴，湿润作物根部附近土壤的灌水方法”。微灌有四种形式：滴灌 (Drip or Trickle Irrigation)、微喷灌 (Micro-Sprinkler or Micro-Jet Irrigation)、脉冲微喷灌 (也叫涌泉灌溉) (Bubbling Irrigation) 和渗灌 (Bleed-

ing Irrigation)。微灌施肥 (Fertilization + Irrigation = Fertigation) 是借助微灌系统, 将微灌和施肥结合, 利用微灌系统中的水为载体, 在灌溉的同时进行施肥, 实现水和肥一体化利用和管理, 使水和肥料在土壤中以优化的组合状态供应给作物吸收利用。在我国, 微灌施肥技术又称为“水肥一体化技术”。

微灌具有流量小、每次灌水时间长、灌水均匀度高、工作压力低的特点。微灌属于局部灌溉类型, 地表不产生积水和径流, 不破坏土壤结构, 土壤中的养分不易被淋溶流失。一般来说, 可溶性的化肥、农药、除草剂、土壤消毒剂等农用化学物品都可以借助灌溉系统施用 (统称为 Chemigation)。在我国目前应用最普遍的是微灌施肥, 也有微灌施用农药的试验报道。

微灌施肥技术可以明显提高灌溉水和肥料的利用率; 促进作物增产, 改善产品品质; 减少田间作业用工。该技术适用于设施栽培、无土栽培、果树栽培以及干旱沙漠地区等多种栽培条件。由于可以根据作物的营养需求规律, 该项技术有效地控制施肥量、施肥时间和灌水量, 避免了化肥淋洗造成土壤和地下水污染, 以及过量施肥和灌溉带来的土壤板结等问题。另外, 微灌施肥还有操作简单、易于实行自动化控制的特点, 为规模化精准农业的发展提供了保障。

二、我国微灌施肥技术发展历史

我国于 1974 年引进微灌施肥技术。到目前为止, 该技术的推广应用大体经历了以下 3 个阶段:

第一阶段 (1974—1980 年): 引进滴灌设备, 并进行国产设备研制与生产, 开展微灌应用试验。1980 年我国第一代成套滴灌设备研制生产成功。

第二阶段 (1981—1996 年): 引进国外先进工艺技术, 设备国产规模化生产基础逐渐形成。微灌技术由应用试点到较大面积

推广，微灌试验研究取得了丰硕成果，在部分微灌试验研究中开始进行灌溉施肥内容的研究。

第三阶段（1996 年至今）：灌溉施肥的理论及应用技术日趋被重视，技术研讨和技术培训大量开展，灌溉施肥技术大面积推广。至 2001 年，灌溉施肥技术得到较快发展，全国微灌面积 26.7 万公顷，1996—2001 年期间推广面积是前 20 年总和（7.3 万公顷）的 2.7 倍。据地方调查结果推测，其中微灌施肥面积已经占到微灌面积的 25.8%（表 1-1）。特别是微灌施肥技术在西北干旱区迅速推广，新疆创造了农田大面积应用滴灌施肥技术规模上的世界第一（国务院研究室，2001）。至 2014 年，全国微灌面积 7 000 万亩，微灌施肥技术已经由过去局部试验示范发展为大面积推广应用，辐射范围由华北地区扩大到西北干旱区、东北寒温带和华南亚热带地区，覆盖了设施栽培、无土栽培、果树栽培，以及蔬菜、花卉、苗木、大田经济作物等多种栽培模式和作物。在经济发达地区，灌溉施肥技术水平日益提高，涌现了一批设备配置精良并实现了专家系统智能自动控制的大型示范工程。

表 1-1 2001 年全国微灌与灌溉施肥面积

	设施栽培	果树	经济作物	其他	合计
微灌面积（万公顷）	4.7	12.0	8.7	1.3	26.7
灌溉施肥（万公顷）	3.7	1.3	1.8	0.1	6.9
灌溉施肥比例（%）	78.7	10.8	20.7	7.7	25.8

三、国外微灌技术的发展和现状

在微灌之中，渗灌出现得最早。1860 年在德国首次利用排水瓦管进行地下渗灌试验，使种植在贫瘠土壤上的作物产量成倍增加。这项试验连续进行了 20 多年。1920 年在水的出流方面实

约旦 (21%)、南非 (13%)。美国、西班牙和澳大利亚微灌占总灌溉面积的 3%~8%。微灌的应用仍以经济作物为主, 各类作物所占比例为: 果树为 55.4%、蔬菜 (包括大田和温室) 为 12.5%、大田作物 (包括棉花、甘蔗等) 为 7%、花卉 (包括苗圃和温室) 1.5%、其他作物 (包括玉米、花生、药材等) 为 23.6%。

四、微灌施肥技术特点及效果

微灌条件下的土壤水、肥运行规律与大水漫灌有很大不同, 这些不同带来了灌溉和施肥理论和方法革命性变化, 因而成为一种全新的灌溉施肥技术。

1. 微灌施肥技术特点

(1) **局部灌溉** 微灌灌水集中在作物根系周围, 土壤的湿润比依据作物种植特点和微灌方式确定, 一般为 30%~90%, 也就是说, 在微灌条件下, 一部分土壤没有得到灌溉水, 有效地减少了灌溉量。在地下部分, 因作物根系分布深度不同, 水的湿润深度在 30~100 厘米, 减少了深层渗漏和侧面径流。局部灌溉可造成局部土壤 pH 的变化和土壤养分的迁移, 并在湿润区的边峰富集。

(2) **高频率灌溉** 由于每次进入土壤中的水量比较少, 土壤中贮存的水量小, 需要不断补充水分来满足作物生长耗水的需要。在高频率灌溉情况下, 土壤水势相对平稳, 灌溉水流速保持在较低状态, 可以使作物根系周围湿润土壤中的水分与气体维持在适宜的范围内, 作物根系活力增强, 有利于作物的生长。

(3) **施肥量减少** 作物根系主要吸收溶解在土壤水中的养分, 微灌条件下, 肥料主要施在作物根系周围的土壤中。微灌施肥每次施肥量都是根据作物生长发育的需要确定, 与大水漫灌冲肥相比既减少了施肥量, 又有利于作物吸收利用, 大水漫灌造成的肥料流失现象基本不存在。

(4) 施肥次数增加 微灌使土壤水的移动范围缩小,在微灌水湿润范围之外的土壤养分难以被作物吸收利用。要保证作物根系周围适宜的养分浓度,就要不断地补充养分。在微灌施肥管理中,要考虑作物不同生育期对养分需求的不同及各养分之间的关系,因此,微灌施肥技术使施肥更加精确。

2. 微灌施肥技术效果 实践证明,微灌施肥技术具有节水、节肥、节药、省工、增产和改善品质等优点。据山东省近十年示范效果表明,采用微灌施肥技术与常规施肥灌水相比平均亩节水 49 米³,节水 30%~40%;平均亩节肥(折纯)31.5 千克,节肥 30%~50%,氮肥利用率平均提高 18.4%,磷肥提高 8%,钾肥提高 21.5%;由于降低了棚内空气湿度、提高了温度,病虫害传播和发生程度减轻,打药次数减少 1/4~1/3;另外,可明显减少灌水、施肥、打药、整地等劳动用工,亩减少劳动用工 15~20 个;平均增产 10%~25%,平均亩增产果品 440 千克、蔬菜 860 千克,扣除设备分摊费用,蔬菜平均每亩增收 800 元,果树每亩增收 640 元;由于土壤的水肥供应条件稳定,农产品品质和商品性明显改善。据乳山市测定,苹果单果重平均增加 33 克,增重 12.3%,硬度增加 1.3 千克/厘米²,提高了 13.1%,苹果 70%以上着色面增加了 13.3%。据招远市测定,滴灌施肥黄瓜的维生素 C 含量明显较高,比沟灌冲肥每 100 克增加 0.8 毫克,提高了 6%。

【参考文献】

- 郭世荣,孙锦,束胜,等.2012.我国设施园艺概况及发展趋势.中国蔬菜(18):1-14.
- 汤吉利,施乃志.2001.根部滴灌内吸杀虫剂防治杨扇舟蛾等害虫试验.江苏林业科学(6):26-28.
- 王闯,孙皎,王涛,等.2014.我国蔬菜产业发展现状与展望.北方园艺

前作物种植体系中，只考虑了资源的高投入，获取高利润，仅仅把土壤作为一个生长介质，而没有考虑其土壤的肥力功能，更不会顾及土壤其他的生态服务功能。

与土壤质量作为一个专一性的特定术语被土壤学家同时关注的，还有土壤健康。其实土壤健康早就被植物保护学者用过，主要是针对土传病害而言，土传病害严重发生的土壤就是不健康的土壤。

土壤质量主要强调土壤的“运行能力”，而土壤健康更多的是强调土壤作为一个活的自然体的资源属性，具有有效性和动态特征。土壤健康是对土壤生态系统在全球生态系统服务功能的作用深入认识的结果。土壤学界对土壤健康的定义主要有以下 2 种。一种是认为土壤健康与土壤质量 2 个术语之间可以互换，只是前者更强调土壤是活的；或者是广义上的土壤质量的概念，只是具体表述上与土壤质量有所不同。Doran (2002) 认为，土壤健康是指在自然或管理的生态系统边界内，一个充满活力的土壤所具有的保持生物持续生产，维持水体和大气环境，促进植物、动物和人类的持续能力。与土壤质量的定义不同，土壤健康强调土壤是有生命的，土壤的功能应该是连续的。在评价土壤健康时，也建议考虑土壤生物及其过程对农业可持续发展、生态系统功能的充分发挥以及维持当地、区域和全球的环境质量的重要作用。但是，其评价参数却基本上与土壤质量的指标体系相同。

关于土壤健康的另一种定义是 Kibblewhite 等 2008 年提出来的。具体表述为：一个健康的农业土壤即支撑满足人类对食物和纤维生产在质量和数量上的需求，同时发挥维持人类的生活质量和保护生物多样性的生态服务功能。他们定义的土壤生态服务功能包括碳转化、养分物质循环、土壤结构维持和有害生物、病原生物的调节，与之相对应的土壤生物功能类群分别是各类分解者（细菌、真菌、食微生物动物和腐屑生物）、养分物质循环的参与者（分解者、营养元素转化者、固氮菌和菌根真菌）、生态

工程师（各类土壤动物和微生物）和生物群落的调节者（捕食者、食微生物动物和重寄生生物）。尽管相对于每一种生态服务功能，有各自的关键土壤生物功能类群，然而它们并非各自独立运行，而是组成了一个复杂的土壤生态系统——土壤食物网结构。加上土壤生物之间存在着复杂的相互作用，形成了一个高度综合的体系。土壤健康除了与农业生产和环境保护有关的基本功能之外，还强调了土壤生物不容忽视的生态贡献，从而为全面土壤生物的基本功能和生态服务作用提供了理论依据。

在设施蔬菜种植体系中，高投入和高强度种植导致土壤质量持续恶化，主要表现在土壤物理和化学性状上，也表现在土壤生态系统的退化、生物学障碍及土壤健康问题，对我国设施蔬菜种植体系土壤的可持续利用及其蔬菜品质构成了较大的威胁。

第二节 设施菜地土壤健康现状及其危害

一、设施菜地次生盐渍化

目前，菜地土壤次生盐渍化现象严重，调查发现，温室、大棚栽培条件下，土壤表面常有大面积白色盐霜出现，有的甚至出现块状紫红色胶状物紫球藻，紫球藻着生的土壤表层含盐量一般在1%以上。随着设施栽培年限的增加，土壤次生盐渍化现象日益加重，影响了蔬菜的产量和品质，阻碍蔬菜生产的可持续发展，其中以山东寿光、辽宁新民、四川双流等设施土壤的盐渍化程度最为严重（表2-1）。

表 2-1 设施土壤耕层（0~20 厘米）含盐量及电导率

地区	样本数	类型	含盐量（克/千克）	电导率（毫西门子/厘米）
山东寿光	18	设施土壤	0.68~6.01	0.26~1.56
		露地土壤	0.52~0.66	0.10~0.14

(续)

地区	样本数	类型	含盐量 (克/千克)	电导率 (毫西门子/厘米)
辽宁新民	20	设施土壤	0.61~2.64	0.14~0.80
		露地土壤	0.33~0.67	0.08~0.19
四川双流	15	设施土壤	0.65~2.27	0.14~0.50
		露地土壤	0.39~0.60	0.08~0.12

设施蔬菜种植体系中,因菜农的不合理大量施肥和灌溉,土体中大量盐类,在强烈蒸发作用下向地表积累的现象为次生盐渍化。设施栽培蔬菜大棚土壤发生次生盐渍化后,土壤干燥时土壤表层有明显的白色粉状盐,土壤耕作层电导率(EC)一般在10毫西门子/厘米以上,土壤经常伴有紫红色的胶状物。如陕西省汉中市不同种植年限的蔬菜大棚和一般农田土壤耕层可溶性盐分的测定结果表明,大棚菜地土壤盐分含量还在不断增加。而山东省寿光市不同种植年限设施菜地的土壤全盐平均含量高达2.47克/千克,与露地菜地、自然土相比有较明显的盐渍化现象。江苏省张家港市蔬菜园艺场的大棚与露地土壤采样测定结果表明:大棚土壤有机质、全氮明显高于露地,平均高出42.6%和48.5%,速效磷和速效钾呈高度富集状态,均超过200毫克/千克,盐分总量在3克/千克以上。哈尔滨市市郊蔬菜大棚土壤总盐量是露地的2.1~13.4倍,并随棚龄的延长而增加,在8年以上连作大棚中土壤大部分已经出现盐渍化,土壤含盐量已达到严重危害作物生长的程度。由此可见,当前设施园艺土壤的次生盐渍化发生程度虽因地域不同而存在一定差异,但次生盐渍化现象却已经成为我国设施园艺土壤普遍存在的一个土壤退化问题。

土壤次生盐渍化不仅会破坏土壤结构,还会对蔬菜的生长和土壤微生物活性产生不利的影响,进而导致作物产量和品质的下降以及土壤质量的降低。一般来说,土壤中盐分的积聚将会提高土壤溶液的渗透压,从而缩小与作物根系的渗透压差,轻则影响

影响土壤养分的有效化过程，从而间接影响土壤养分供应。随着土壤含盐量的增加，首先抑制土壤微生物活动，降低土壤中硝化细菌、磷细菌和磷酸还原酶的活性，从而使氮的氨化和硝化作用受抑制，土壤有效磷含量减少，硫酸铵和尿素中氮的挥发随之增加。如氯化物盐类能显著地抑制氨化作用，当土壤中NaCl达到2.0克/千克时，氨化作用大为降低，达到10克/千克时氨化作用几乎完全被抑制，而硝化细菌对盐类的危害更加敏感。

4. 污染环境，威胁农业生态健康 土壤发生次生盐渍化，会对周围生态环境造成不良影响。土壤中部分盐分离子，在大水漫灌条件下会被淋溶到深层土壤或地下水中，对地下水造成污染。在长期设施栽培条件下，氮素淋溶可导致地下水硝态氮污染。另外，过量硝态氮还造成氮氧化物等温室气体大量释放，使温室内有害气体聚集量增加，对蔬菜生长产生直接危害。土壤磷过量累积对环境也会带来潜在的威胁，一方面在质地较粗的土壤中可以发生磷的淋失；另一方面，土壤侵蚀和地表径流会将表土中的磷素带入水体，引起富营养化。

二、土壤酸化

目前，菜地土壤酸化现象严重，全国各地均有报道。以寿光为例，寿光设施栽培菜地土壤pH平均为6.86，而露天菜地与自然土则分别为7.86、7.68，设施栽培后土壤的pH明显低于露天菜地和自然土。在辽宁沈阳，设施菜地土壤酸化趋势明显，设施蔬菜栽培6年后，土壤pH从6.5降低至5.5以下，超过了蔬菜出现生理障碍的临界土壤pH（5.52）。土壤酸化一方面影响土壤养分循环及微生物生态平衡，另外导致土壤病害，如根结线虫危害严重，降低蔬菜产量。

近年来，我国北方地区设施菜田土壤酸化较为普遍，对山东省寿光市的日光温室的调查表明，设施大棚表层土壤的pH随棚

龄的增长而明显降低 (图 2-1), 1 年棚龄 pH 为 8.0, 4 年棚龄的 pH 为 7.0, 8 年棚龄的 pH 为 6.6, 而 12 年棚龄的 pH 为 6.4, 保护地土壤 pH 较露地平均下降了 0.67。2005—2006 年, 山东省寿光市和青岛农业大学合作进行的全市范围内土壤调查发现, 与农田相比, 设施菜田土壤的 pH 下降更为严重。2 430 个大样本调查数据显示, 设施菜地中近 60% 的样本土壤 pH 比粮田土壤下降了 0.5 pH 单位; 此外, 设施菜地中 20% 样本土壤 pH 介于 6.0~6.5, 粮田中 32% 的样本土壤 pH 则为 7.5~8.0。由于人为不合理的干扰, 在我国大部分地区, 设施菜田土壤酸化现象较为普遍, 且随着种植年限的延长, 日趋严重。

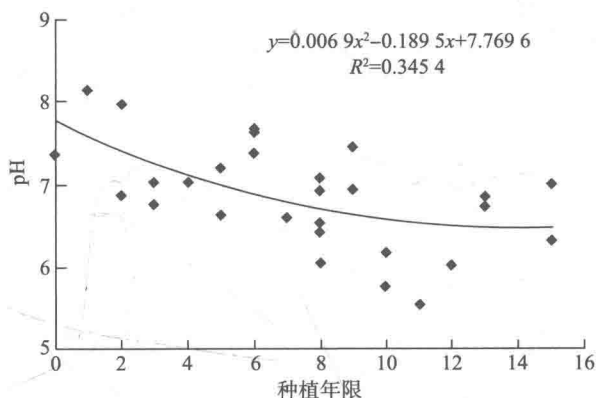


图 2-1 山东寿光设施大棚表层土壤的 pH 随棚龄变化趋势

1. 土壤酸化对植物生长的直接影响 一般认为, 每一种作物都有生长所需要的最适宜土壤 pH 范围, 在这个范围内, 作物的生长潜力能够达到最大化。大多数蔬菜作物最适宜的土壤 pH 范围为 6.0~6.5。同样, 每种作物都有一个临界酸度 (pH), 当土壤 pH 低于这个值时, 作物会受到不同程度的 H^+ 毒害。对蔬菜而言, 藩以楼调查了 25 种蔬菜作物发现, 对绝大多数蔬菜

而言,土壤 pH 的临界酸度为 5.0,如果低于这一酸度,蔬菜则生长不良甚至不能生长。此外,土壤在其酸度提高的同时,活性铝和某些重金属元素溶出量也会增加,从而降低蔬菜品质,严重时甚至会引起植物中毒死亡。

2. 土壤酸化对养分损失的影响 酸化会加速土壤盐基离子(Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 、 K^{+} 、 Na^{+} 和 NH_4^{+})的淋失,从而导致养分库的损失,造成土壤养分贫瘠并降低作物产品品质;同时也可能造成土壤结构的破坏,并由此降低对土壤有机质的物理保护作用,使其分解加快,并增加了养分有效性和移动性,但由于有效态养分增加的比例不当,容易引起养分间的不平衡。

3. 土壤酸化对生物学性质的影响 土壤 pH 改变后还会对土壤生物种群结构,特别是功能类群产生一定的影响,从而在一定程度上改变了土壤的生物化学过程和物质循环方向等。如土壤 pH 会影响土壤微生物种类的分布及其活动,特别是土壤有机质的分解、氮和硫等营养元素及其化合物的转化关系尤为密切。在酸性土壤中,由于硝化菌对低 pH 较为敏感,从而造成土壤亚硝酸的积累,进而对作物和土壤生物产生毒害。

由此可见,土壤酸化对蔬菜生长和土壤过程的影响是多方面的,它除了会对蔬菜生长产生直接影响外,还会使许多物质的溶解度增加并对土壤的肥力因素、环境容量和生物学性质产生影响,进一步改变土壤中物质的生物地球化学循环。酸化的土壤虽然容易改良,但土壤的非均质性还是会引起某种不利过程的发生,只是影响程度降低而已。而且,通常测定土壤 pH 时多点土壤混合样且充分混匀条件的测定结果,难以反映土壤中微域 pH 的变化,由于各种管理措施和土壤性质的空间变异,使得局部土壤的 pH 会大大高于或低于平均值。因而,虽然总体上来看土壤 pH 变化幅度不大,但实际上的影响有可能是显著的。菜地土壤酸化与土壤的次生盐渍化已成为限制当地保护地生产可持续发展的重要因素。