

解决作物连作障碍新技术体系探索

路森 李秀凤 路遥

仲元（北京）土壤改良技术研究所

摘要：连作障碍是农业可持续发展中的一个亟待解决的瓶颈问题，也是现代农业生产上的一大难题，应用五位一体技术体系：1) 充足的碳源；2) 天然矿物质养分；3) 有益复合微生物菌群；4) 作物需肥关键时期营养需求的补充；5) 适度打开植物次生代谢。上述五方面技术的完美结合，不仅能解决作物连作障碍，还能获得产量高、品质优、有营养、耐储存、风味好的农产品。

关键词：连作障碍 防治措施 五位一体

连作障碍是指同一作物或近缘作物连作以后，即使在正常管理的情况下，也会产生产量降低、品质变劣、生育状况变差的现象。

连作障碍是作物与土壤系统内部诸多因素综合作用结果的外观表现，关于连作障碍的机制是十分复杂的问题，不同的作物产生连作障碍的原因不同。1983年日本的泷岛将产生连作障碍的原因归纳为五大因子：①土壤养分亏缺；②土壤养分异常；③土壤理化性状恶化；④来自植物的有毒物质；⑤土壤微生物变化^[1]。喻景权将蔬菜连作障碍的主要原因概括为3个方面：①土壤微生物区系变化，传染性病虫害加重；②土壤理化性质恶化；③有根系分泌物和残茬分解物等引起的自毒作用等^[2]。

目前连作障碍的防治措施：改善栽培制度，合理间、套、轮作；生物防治：利用一些有益微生物，对土壤中的特定病原菌的寄主产生有害物质，通过竞争营养和空间等途径来减少病原菌的数量，从而减少病害的发生；选用抗病品种和嫁接技术，利用砧木的抗病性，通过嫁接技术防治土传病害；土壤消毒灭菌；培肥土壤，改善土壤理化性状等防治措施。但以上防治措施也只能使连作障碍得到缓解，并不能根治。连作障碍是农业可持续发展中的一个亟待解决的瓶颈问题，也是现代农业生产上的一大难题。

1. 解决连作障碍新思路-五位一体技术体系

在解决作物连作障碍中综合技术体现在足量的碳、有益微生物菌群、天然矿物质、作物需肥关键期营养补充和适度打开植物次生代谢，这五位为一个整体，单独使用一项或两项技术没有可持续性，也没有显著效果。

1.1 充足的碳源

长期以来的化学农业过分强调对氮磷钾的投入，而有机肥、秸秆等有机碳类

物质未适量补充,事实上碳构建植物体各种物质的碳骨架,是合成糖类、蛋白质、氨基酸、酶、激素、信号传递物质等的基础材料,碳在作物体内占约 45%,作物靠天补碳方式仅能满足作物五分之一需要^[3],作物长期处于“碳饥饿”中。

投入有机肥、秸秆等有机碳类肥料,在有益微生物菌的作用下被迅速降解为高活性小分子有机碳和有机氮及矿物质^[4],可为作物根系直接吸收^[5],有机碳无需消耗光能。

1.2 天然矿物质是不可或缺的农业物资

同一种作物长期连作,必然造成土壤中某一种或几种营养元素的匮乏,在得不到及时补充的情况下引发缺素症,影响作物的正常生长,产量和品质下降,严重者导致植株死亡。而近几十年我国农业由于过量化学农药和化肥的使用,引起面源污染的同时,导致作物被动吸收,使植物体内各种养分比例失调,植物的抗逆能力下降,病虫害严重发生,加剧了连作障碍的发生。

人类对于植物营养研究已有数百年,已确认 17 种植物必需元素^{[8][9]}和 7 种有益元素、5 种重金属有害元素,对生命元素(稀土元素)的认知刚开始^[10];作物必需的 17 种元素有着不可替代性,尽管它们在植物体内含量相差悬殊^[11],但同时共同遵循少量有效、适量最佳、过量有害的原则^[12];对营养元素的不恰当使用,会引起元素间的拮抗和沉淀^[13]

过量施高浓度的氮、磷、钾速效化肥会造成作物根系的奢侈吸收;作物体内氮过量易感病,钾过量使体内的钙和镁失去活性,磷过量使代谢发生“代谢控制与控制代谢”的负反馈反应^[14],最终使得储藏器官滞留过量磷酸葡萄糖和磷酸,造成果实不耐贮存且易感病。

作物生长必需 17 种元素除碳、氢、氧、氮外的元素补充均可以来自天然矿物质,天然矿物质中还含有对植物生长的有益元素和生命元素。总而言之,天然矿物质肥料是有机农业不可或缺的重要物资。

1.3 有益复合微生物菌群

利用一些有益微生物,对土壤中的特定病原菌的寄主产生有害物质,通过竞争营养和空间等途径来减少病原菌的数量,从而减少病害的发生。在黄瓜上使用微生物制剂后,生长势和产量显著提高,枯萎病、霜霉病发病率显著下降,对连作土壤的修复效果显著^[6]。丛枝菌根(AM)真菌在一定程度上能够克服连作障碍,这很可能与 AM 真菌减少有害生物数量,改变土壤微生物区系、改善土壤理化性状、提高植物防御性酶活性、改变根系分泌物的种类与数量等生理功能有关^[7]。

有益微生物菌群在净化土壤和形成良好土壤生态环境诸多方面有积极作用。

1.4 作物需肥关键时期营养需求的补充

掌握作物需肥的关键点,及时补充作物所需的营养。如果树花蕾前及时补充营养增强果树抗性,幼果期及时补充营养促进果树的生殖生长,果实膨大期及时

补充营养使果品养分均衡品质提升, 采摘后及时补充营养有利于树体储存营养。

1.5 适度打开植物次生代谢

植物新陈代谢除了有维持生命和生长的基本代谢, 还有适应环境的次生代谢。次生代谢是在受到胁迫后开启并运转, 其产物是形成植物各个器官抵抗不良环境和提高生存竞争能力的功能性物质^[15]: 抗击病、虫、草害和灾害性天气物质, 能除草物质、具有自身修复功能的物质, 形成优良品质和独特风味物质。

作物的次生代谢产物中含有很多对人类健康有巨大影响的有生理活性的物质: 维生素 E、超氧化物歧化酶 (SOD)、烟酸、酚类化合物、类胡萝卜素、前花青素、青蒿素、儿茶酚、类黄酮类化合物等有益物质。

2. 五位一体技术体系的应用

2.1 老果园更新复种苹果

进入“十一五”后我国苹果主产区将有大量苹果园进入衰老更新期, 特别是苹果大县已经缺乏足够的土地新建苹果园, 如何克服苹果园的重茬障碍, 有效进行土壤修复已经成为迫切需要解决的问题^[16]。日本的苹果树专家成田束敏说:“在国际上, 老果园当年更新复种已成了忌地, 因为土壤中的养分已被消耗尽, 导致苹果品质和产量下降, 想复种很难, 需要 3 到 5 年的土地闲置才能复种, 这是一个国际难题。

在北京的顺义和昌平两个区的有 30 年以上树龄的老苹果园中做了试验示范, 采用五位一体技术体系, 实现当年砍伐当年种植当年生长, 第四年正常结果的成绩, 这项技术体系投入不高效益显著, 可以解决老苹果园的更新复种中出现的各种疑难问题。



2014 年春季原地复种当年长势对比: 示范园比对照园新梢数多, 副梢也多



定植后第二年长势对比：示范园比对照园长势旺盛，干径大



定植后第三年长势对比：对照园树势弱出现小老苗，示范园长势整齐无连作障碍



定植后第四年：示范园开始坐果

图一：老苹果园更新复种后长势图

2.2 解决草莓连作障碍

草莓果实营养丰富，富含多种维生素二被誉为水果皇后，草莓种植效益高、市场需求量大，因此大棚草莓日益兴起，给农民带来了巨大的经济效益。但是随

着连作年限的增加，草莓连作障碍愈加明显，主要表现为：株高下降、叶片数减少、生物产量下降、生育期延迟、受到不良气候条件死亡率上升，导致草莓产量受到严重影响。连作障碍已经成为限制我国草莓规模化生产（尤其是保护地）的主要原因。

在句容草莓种植区进行了实验示范，采用五位一体技术体系，示范棚的草莓发病率明显降低，产量增加 20%，每棚增收 4200 元，效果十分显著。



对照棚：发病率>60%

示范棚：发病率<10%

图二：草莓解决连作障碍长势图

3. 结论

世界政要和科学家常说：没有粮食的国家只有一个问题_食品短缺，而没有饥饿的国家则有一大堆难题_环境污染和食品不安全。过量的单一化肥使用造成土壤酸化、板结严重，促使作物长势衰弱、病虫害频发，导致农药过量使用，加剧了土壤中微生物迅速减少，而为获得高产，进一步过量使用化肥，形成恶性循环。

五位一体技术体系采取以防为主方针为作物提供生长所需的全部营养，并配合使用复合型生物菌群，用略带伤害性胁迫打开作物的次生代谢，不仅能解决作物的连作障碍，同时还能生产出营养价值高、抗逆性强、风味独特、耐储存、产量高的农产品。

参考文献

- [1] 泷岛.防治连作障碍的措施[J]. 日本土壤肥料科学杂志,1983(1):170-178
- [2] 喻景权, 扎尧舜. 蔬菜设施栽培可持续发展中连作障碍问题[J]. 沈阳农业大学学报(自然科学版),2000,31(1):124-126
- [3] 廖宗文. 平衡施肥勿忘补碳[EB/OL]. [2015-02-06]. <http://cntanf.com/new.view.asp?id=174>
- [4] 比嘉照夫. 日本流球大学农用与环保微生物 [M] 北京:世界图书出版公司 1999.11
- [5] 比嘉照夫. 日本流球大学拯救地球大变革 [M] 北京:中国农业大学出版社 1984.8
- [6] 叶俊,胡家阳,杨银娟,等.微生物制剂对设施黄瓜连作障碍的修复试验[J].长江蔬菜(学术版),2010(12):60-63

- [7] 赵萌,李敏,王淼焱,等.AM 真菌克服作物连作障碍的潜力[J],山东科学,2006(19、6):40-45
- [8] (美)部坎南(Buchanan.B.B.),翟礼嘉等译 植物生物化学与分子生物学[M] 北京:科学出版社 2004
- [9] 李继云. 匡廷云. 汪希彬. 微量元素在农业中的应用[M] 北京:科学出版社 1964
- [10] J. J. 莫尔维德特别等著 (美) 中国农业科学院土壤肥料研究所译 农业中的微量营养元素[M] 北京:农业出版社 1984;
- [11] 韩晓日.主要农作物营养失调症诊断图谱[M]沈阳: 辽宁科学技术出版社 1996
- [12] 吴湘钰. 陈阅增 普通生物学 第三版[M] 北京: 高等教育出版社 2009
- [13] 崔澄. 植物中的微量元素 [A] 中国科学院微量元素研究工作会议汇刊 [C] 北京: 科学出版社 1964
- [14] 汤佩松. 代谢途径的改变和控制及其与其它生理功能间的相互调节—高等植物呼吸及代谢的 (多条路线) 观点. 生物科学动态[J]1965 (3): 1—13.
- [15] 刘立新. 梁鸣早. 植物次生代谢作用及其产物概述[J] 中国土壤与肥料 2009(5):82-86
- [16] 翟衡,史大川,束怀瑞.我国苹果产业发展现状与趋势.果树学报[J],2007,24 (3) :355-360