

根层调控: 果类蔬菜高效利用养分的关键

王丽英^{1,2}, 任珊露¹, 严正娟¹, 陈清¹

(1. 中国农业大学 资源与环境学院 北京 100193; 2. 河北省农林科学院 农业资源环境研究所 河北 石家庄 050051)

摘要: 集约化设施蔬菜生产中水肥投入远高于作物的需求, 生产上为了实现根层充足的水肥供应, 导致氮素过量投入、损失比例高、磷钾在土壤中明显积累, 生理性缺素日趋严重。优质高效蔬菜生产的关键是在健康良好生长环境下根层合理的水肥供应, 在保证作物生长前提下尽量减少不必要的养分损失。本研究总结了实现优质高产高效蔬菜生产的根层养分调控关键, 即必须考虑到土壤溶液养分浓度、形态和养分离子间的平衡; 减少水分渗漏并保持水分和养分空间一致的原则。结合土壤环境的增温、增施高碳氮比有机肥或秸秆进行土壤调理等措施, 促进蔬菜根系发育、提高作物抗性和养分吸收效率, 在设施生产中有机肥和化肥养分需采取“总量控制、分期调控”, 氮素采取“少量多次、近根施用、水肥耦合”原则; 磷钾养分采用“作物需求和土壤肥力维持”相结合的总量控制原则, 中微量元素“因缺矫正”原则, 通过根层调控实现水肥资源的高效利用和设施菜田的可持续发展。

关键词: 根层调控; 临界养分供应; 促根; 养分高效; 果类蔬菜

中图分类号: S141 文献标识码: A 文章编号: 1000-7091(2012)增刊-0292-06

Rhizosphere Management: the Key to Get High Nutrient Use Efficiency for Fruit Vegetable

WANG Li-ying^{1,2}, REN Shan-lu¹, YAN Zheng-juan¹, CHEN Qing¹

(1. College of Resources and Environmental Sciences, China Agricultural University, Beijing 100193, China;

2. Institute of Agricultural Resource and Environment, Hebei Academy of Agricultural and Forestry Sciences, Shijiazhuang 050051, China)

Abstract: The input of water and fertilizer are far more than the crop demand in intensive greenhouse vegetable production. To meet sufficient supply of water and fertilizer in the root zone, the high input always lead to high N loss, obvious P and K accumulation in the soil, and physiological deficiency in crops are getting more serious. The keys to maintain high quality and efficiency in vegetable production is to maintain optimal water and fertilizer supply and keep healthy and good rhizosphere environment and to reduce unnecessary nutrient loss based on the crop growth. A summary of the keys to control high quality and efficiency vegetable production is presented: i. e. considering the nutrient balance concentration, form and nutrient ions in the root zone soil solution; reducing water leakage and maintaining water and nutrient spatially consistent. Combining with soil warming, applying the high C/N ratio manure or straw to regulate the soil can promote the root growing, improve crops resistance and nutrient absorption efficiency. The principle of applying the manure and chemical fertilizer in greenhouse production is controlling the total and regulation on stage; more times and less quality, application in rhizosphere and fertigation technology should be considered in N management; The constant monitoring rule of crop demand and maintain the soil fertility should be combined in P and K management; The principle of adjustment based on deficiency also should be adopted in secondary and micro-nutrients management. To achieve water and fertilizer high efficiency use and sustainable development of greenhouse vegetable, these principles and root zone management should be combined together.

Key words: Rhizosphere management; Critical nutrient supply; Root-inducing; High nutrient use efficiency; Fruit vegetable

收稿日期: 2012-08-25

基金项目: 现代农业产业技术体系果类蔬菜北京市创新团队土肥水岗位科学家项目; 河北省农林科学院青年基金(A09130102); 公益性行业(农业)科研专项(200903011)

作者简介: 王丽英(1977-), 女, 河北邱县人, 副研究员, 博士研究生, 主要从事蔬菜养分资源管理方面的研究。

通讯作者: 陈清(1968-), 男, 山东文登人, 教授, 博士生导师, 主要从事经济作物养分管理与环境研究。

果类蔬菜在集约化蔬菜生产中的地位十分重要, 优质、高效和安全生产离不开肥料的合理投入, 但是过多肥料的投入在保证蔬菜高产的同时, 也造成了养分资源的浪费和环境污染。设施蔬菜养分过量投入造成土壤养分积累、次生盐渍化和地下水硝态氮污染, 甚至出现不同程度的磷淋失现象十分普遍^[1-9], 多年的文献资料报道的结果表明^[10], 以番茄为代表的设施果类蔬菜生产中氮素利用率普遍较低, 氮肥偏生产力为 153.2 kg/kg, 氮肥利用率平均为 8.5%, 氮肥农学效率为 34 kg/kg, 盲目施用有机肥和化肥、大量灌溉是导致氮素利用效率低的主要原因。

蔬菜的养分利用率低及对土壤养分的高度依赖性在很大程度上是因为其根系较弱的缘故。蔬菜根系比较浅, 其根长密度明显低于大田作物^[11], 其根际(层)土壤范围在表层土中所占的比例与蔬菜作物的种类、养分供应、土壤特性及定植密度等密切相关。过去认为根际是“根周围狭窄的土壤层, 在这里, 微生物的种群受到根系活动的影响”, 它显著区别于其他不直接受生长的根系所影响的土体土壤, 这个概念现已演变为被根的生长和活动改变了物理、化学、生物性质的所有根系周围的土壤^[12], 在蔬菜-土壤系统群体条件下的根际过程主要发生在根层。因此, 土壤-蔬菜体系中根层养分管理与调控比研究整个土体土壤的养分调控更加高效。

当前, 集约化果类蔬菜生产中养分投入的典型模式是“基肥有机肥+追肥速溶肥”模式, 因此, 合理调控根层养分供应的关键是在优化有机肥用量、种类和施用方法的基础上, 如何针对作物的养分吸收累积特点和土壤养分供应, 考虑根层养分供应强度的变化和根系发育的特征, 合理分配追肥的养分种类和比例。与大田作物不同的是, 浅根系的果类蔬菜必须实施少量多次的灌溉施肥模式, 适宜的根层养分供应有利于根系生长, 进而增强养分活化能力、提高养分生物有效性, 而传统高产施肥往往造成根层养分浓度过高, 不利于根系生物学潜力的发挥, 也存在环境风险。本研究从水肥高效利用的角度分析健康根层土壤环境与水肥高效利用、根层氮素浓度与氮素平衡调控、根层土壤磷钾供应与“维持”推荐和中微量元素“因缺矫正”等不同根层调控途径对养分高效利用的作用及效果, 指出根层养分调控是保障作物高产、降低环境风险的关键, 是养分管理的理论指导。

1 蔬菜作物高产和水肥高效利用取决于健康的根层环境

根层是作物-土壤-环境系统中养分水分交换的

界面和核心区域, 在集约化的蔬菜生产体系中, 根层/根际在蔬菜作物的水分养分吸收及水肥调控管理方面具有重要意义。根层/根际环境条件, 包括土壤的物理、化学和生物因素以及一系列的根际过程(图1), 直接影响根系对养分的溶解、运输、吸收^[13-14], 并最终影响作物产量和养分利用。所有的养分必须首先溶解在土壤溶液中, 植物才能吸收利用。养分施入土壤后, 大部分附着于土壤颗粒或有机质, 根系从土壤溶液中吸收养分, 但只能直接吸收土壤溶液很少的一部分养分, 之后溶液浓度随之降低, 要维持根层适宜的养分供应强度以满足作物对养分的吸收利用, 就要不断地补给根层土壤养分, 增加土壤活性养分库的养分供应强度。同时, 增加土壤缓冲性可以有效地缓和大量酸性或碱性肥料对根际 pH 的影响^[15], 提高根层养分库(容量)。良好的土壤团粒结构, 能协调土壤水、肥、气、热状况, 为蔬菜根系生长和微生物活动创造良好的生长环境, 进一步提高土壤对水分和养分的吸附保持能力, 减少水分渗漏和养分淋失。因此, 根区土壤养分的有效性(Availability)不仅决定于土壤养分供应强度(Intensity)、容量(Capacity), 还决定于土壤溶液中的离子平衡(Balance)以及土壤缓冲性(Buffering)(图2)。

创造适宜的根层环境有利于根系生长发育, 反过来, 良好的根系发育也有利于提高养分吸收利用, 反馈根层养分的调控指标。对浅根系的果类蔬菜作物来讲, 良好的根系发育一般具有较高的根长密度、生长速率、根系活力, 良好的根系构型(主根和侧根), 并能对根际环境条件有所响应, 比如分泌有利于养分活化的分泌物, 增强根系与根际微生物的互作, 提高对养分的吸收利用(图1); 良好的根系发育可以降低根系对根层养分供应的临界浓度需求, 并进一步发挥根系对养分的挖掘潜力^[17]。

目前, 设施蔬菜生产中养分利用效率低的主要原因是含氮磷较高的粪肥和化学氮磷肥投入、氮素淋洗损失多, 磷素在土壤中积累水平很高, 而蔬菜高产设施果类菜田养分管理首先要调控根层适宜的养分供应范围, 其次要增加根层土壤缓冲性, 提高根层养分空间有效性, 最后要充分发挥蔬菜作物根系对养分的吸收利用效率, 利用土壤积累态养分, 提高养分的生物有效性。因此, 根层调控是综合调控根层养分供应浓度、养分离子形态和根系生长, 即将适宜的养分保持在根层范围内, 创造适宜的根系生长和养分吸收环境, 在时间和空间两方面充分发挥根系及根际反应的潜力, 最大效率利用养分的调控^[17]。根层调控是保证蔬菜高产和提高养分利用效率的关

键,依据养分资源特征的差异,提出了不同的管理策略:根层氮素浓度供应与氮素平衡推荐,根层土壤磷

钾供应与“维持”推荐,中微量元素“因缺矫正”(图2)。

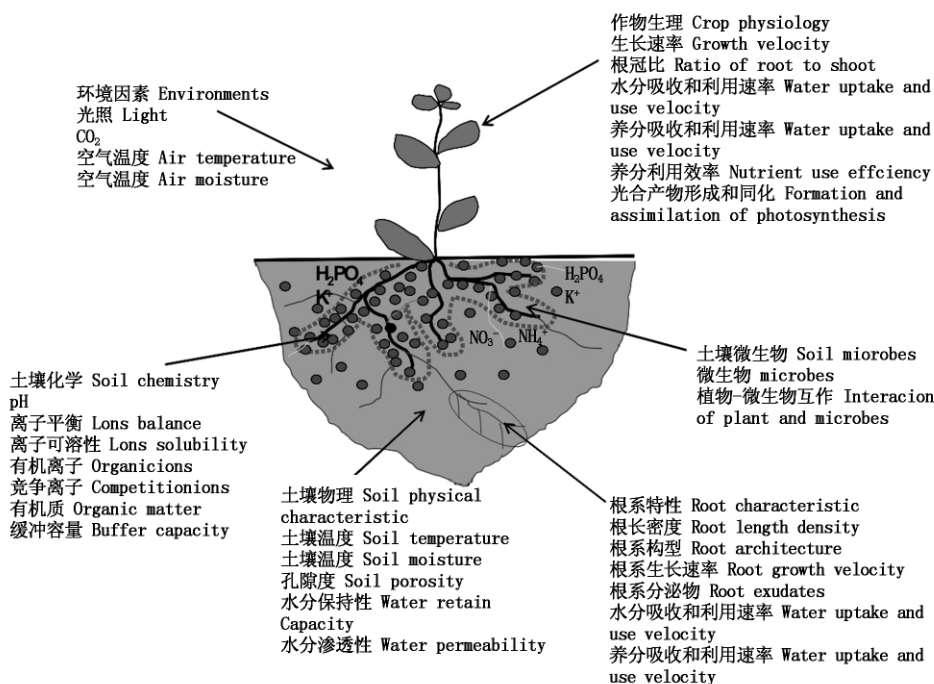


图1 蔬菜作物高产和资源高效利用的根层环境

Fig.1 Rhizosphere environment to attain high yield and resource use efficiency

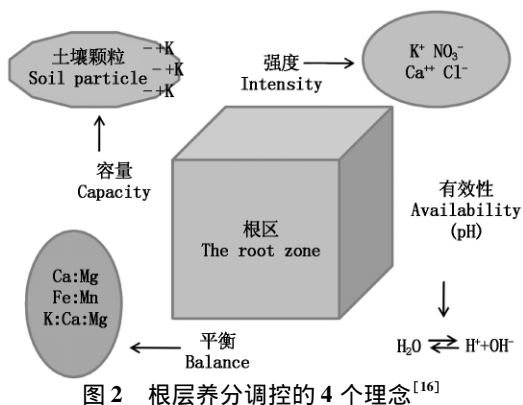


图2 根层养分调控的4个理念^[16]

Fig.2 Four concepts of rhizosphere nutrient management

2 根层氮素浓度调控与氮肥平衡推荐

根层氮素浓度调控最早用于无土栽培中,无土栽培秋冬季番茄不同生育时期适宜的氮素浓度为80~200 mg N/L,果实成熟期最高,苗期较低^[18]。无土栽培由于限定了根系生长空间和体积大小,因而这一浓度一般高于田间土壤栽培中根层养分适宜浓度。在蔬菜-土壤-环境系统中,根层土壤氮素是蔬菜生产体系的氮素输入与输出达到平衡后的最终结果,维持根层临界氮素供应浓度 N_{\min} Critical 是氮素调控的核心,明确了根层临界氮素浓度,依据一定目标产量下蔬菜作物氮素需求量就能比较准确地确定不同蔬菜作物、不同生长时期的氮素供应目标值。根层氮素供应主要通过施肥前根层土壤残留无机

氮、土壤有机氮素矿化、作物残茬或有机肥氮素矿化和氮肥来提供,在某些情况下还应该考虑灌溉水或沉降带入的氮素对氮素供应的影响^[19]。图3是基于氮素供应目标值的根层氮素浓度调控思路,决定氮素供应目标值是否合理的关键是根层临界土壤无机氮浓度(N_{\min} Critical),因此,调控根层临界氮素浓度是协调作物高产与减少环境氮损失的关键点,即保证作物获得最大产量的前提下土壤无机氮处于临界供应状态(N_{\min} Critical),也是氮素供应的“最佳状态”。氮素优化管理就是在保证高产的前提下,通过确定合理的施肥技术把土壤无机氮残留控制在适宜的氮素浓度(N_{\min} Critical)。 N_{\min} Critical 值主要取决于作物种类和根系吸收速率,养分吸收能力弱的浅根系作物 N_{\min} Critical 值高于养分吸收能力强的深根系作物,较高的根系速率则需要较高的根层 N_{\min} Critical 来保证。

根层 N_{\min} Critical 要根据不同的氮素梯度试验来确定,但我国目前土壤肥力较高,远高于 N_{\min} Critical 值,要确定供应临界值需要长期的试验研究进行确定和验证。在过去的几年中,我们利用山东寿光、北京郊区的长期定位试验,获得了一年两季设施番茄沟灌条件下,根层 N_{\min} Critical 为150 kg/hm² N,即实现了番茄高产稳产(年平均产量155~175 t/hm²),表观氮素损失不超过300 kg/hm² N^[20]。与

传统施肥相比,采用根层调控,可以降低 72% 的化肥投入量,减少 54% 的氮素损失和 38% 的 N_2O 排放量^[20-21]。郭瑞英^[22]提出蔬菜不同生长时期根层的 N_{min} Critical 存在差异,京郊一年两季设施黄瓜冬春季黄瓜苗期、结瓜前期与结瓜后期的 N_{min} Critical 分别为 100、200、150 $kg/hm^2 N$,秋冬季分别为 100、200、

100 $kg/hm^2 N$ 。与传统施肥相比,采用根层调控,在 4 个生长季平均减少了 55% 的化肥氮投入量,降低了 40% 氮素损失。基于根层适宜氮素浓度调控,依据不同果类蔬菜的氮素吸收和土壤养分供应特征,建立了设施番茄、黄瓜、茄子、辣椒的根层氮素供应目标值^[2,19,21,23]。

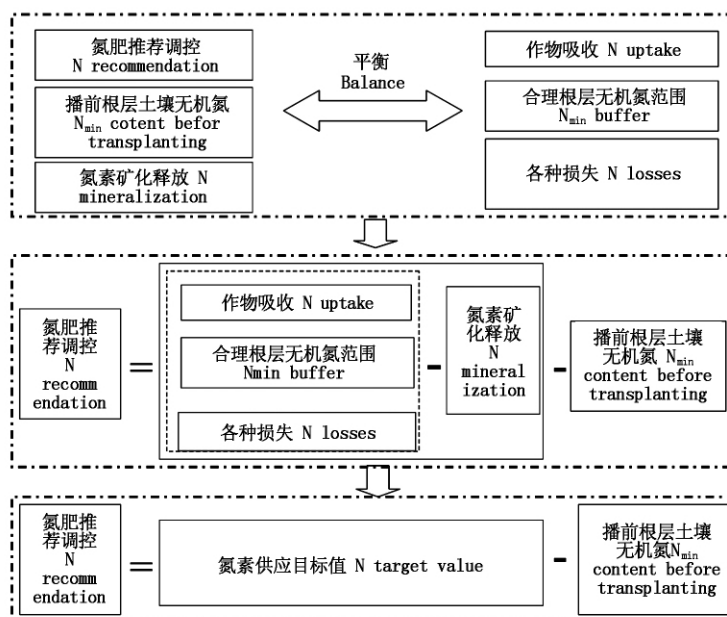


图3 基于氮素供应目标值的根层适宜氮素浓度调控

Fig. 3 Optimal N concentration management in root zone based on the N target value

3 根层土壤磷钾供应与“维持”推荐

磷钾养分的有效性较低,菜田土壤磷钾养分的供应很大程度上依赖于潜在养分的供应,潜养分在总量中占的比重较大,尤其是磷。施入土壤中的磷肥不同程度地转化为潜在态,土壤潜在养分的一部分亦可以转化成有效态。土壤溶液中的磷为植物有效的磷,虽然比例很小,但土壤的磷库很大,能不断得到土壤有机和无机固相磷的补充,只要维持土壤中一定的磷素浓度就可以保证作物的吸收利用。因此,根层磷钾养分调控适宜采用“Build up and Maintenance”的管理理念,即肥力培育和长期“维持”策略。根据土壤磷素水平的等级,对高磷肥力土壤,依据作物磷素带走量,在保证作物产量的前提下,以环境风险为依据,控制磷肥用量或不施磷肥,避免超过环境风险阈值;对中等磷素肥力土壤,满足作物产量需求的前提下,维持土壤速效磷处于适宜含量和农学阈值之间,保障作物高产和养分高效;对低磷肥力土壤,以作物高产和培肥地力为目标,依据作物磷素带走量和安全阈值进行优化施磷。无论哪种肥力土壤,磷钾素管理将 3~5 年作为一个周期进行监测,并根据监测结果调整时采取“控制”、“维持”或“提

高”的管理措施,在满足作物高产需求的同时,使土壤有效磷(钾)含量长期维持在蔬菜优质高产需求的适宜浓度。由于农民大量有机肥和多元复混肥的施用,果类菜田土壤磷素呈现富集,磷供应能力高。因此,果类蔬菜磷素管理以“维持”为原则,通过合理优化有机肥和化肥调控土壤磷钾含量在适宜浓度范围。新菜田可以通过增施磷肥的方法,提高土壤磷素水平。

通过盆栽实验系统研究了低磷土壤条件下,不同施磷量对设施番茄不同生育时期干物质积累和土壤 Olsen-P 含量的关系,用线性+平台模型模拟了土壤速效磷与番茄干物质积累、根系干物质质量的关系,发现了低磷石灰性褐土土壤类型,设施番茄苗期、开花期、结果初期、盛果期和结果末期土壤速效磷(Olsen-P)供应农学阈值分别为 53.9、54.9、64.2、44.9、35.8 mg/kg ^[24]。磷肥管理以番茄生长早期“提高”,后期“维持”理念进行调控。张晓晟^[25]采用多点田间不同磷肥梯度试验建立番茄相对产量和土壤 Olsen-P 的关系建立磷素丰缺指标,进行土壤肥力分级。

钾素养分管理策略与磷肥相同,不同的是钾素养分的有效性比磷素高,养分利用效率也高于磷肥。

鉴于目前果类菜田土壤钾素含量差异较大,老菜区或经济发达地区的菜田土壤钾素水平较高,新菜田土壤钾素有待提高。钾素推荐原则和计算方法与磷素相同,按照作物带走的钾量,依据土壤钾素水平推荐不同的倍数。依据作物磷钾素带走量,确定了不同土壤磷素水平下,设施番茄、黄瓜的磷钾肥推荐量^[26]。

4 中微量元素“因缺矫正”推荐

果类蔬菜作物对中微量元素的需求量大,但不同蔬菜对中微量元素的需求特点有明显的差异。通常十字花科作物对硼的需求量较高,集约化养殖带来的粪肥富含铜、锌等养分,对镁敏感的果类蔬菜有黄瓜、番茄等,容易出现缺钙和缺镁的症状^[27],如黄瓜、甜椒叶上的斑点病,番茄的脐腐病等。与大量元素相比,中微量元素需求量虽小,但对蔬菜产量和果实品质的影响非常重要,严重时甚至成为产量和品质提高的“瓶颈”,而且能进一步提高氮、磷、钾养分的高效利用。中微量元素的补充来源于土壤和肥料,果类蔬菜由于常年施用禽粪类的有机肥,对补充土壤铁、锰、铜、锌等具有重要作用,因此,从土壤供应的角度来说蔬菜缺乏铁、锰、铜、锌的现象并不常见,特别是经常施用鸡粪、猪粪和牛粪等有机肥的田块,不用考虑铜、锌缺乏,而是要关注过量问题。由于蔬菜栽培体系中的过量灌溉造成硝酸盐淋洗的同时也伴随着土壤钙、镁的淋失,尤其是在砂质土壤。同时,土壤过高的钾素供应会影响作物对镁的吸收,出现生理性缺镁症,土壤 K/Mg 比值是评价作物镁素营养的另一重要指标。

果类蔬菜中微量元素的施用依据“因缺矫正”原则,针对不同中微量元素的缺乏程度和时期,根据蔬菜对元素的吸收特性,选择合适的矫正方法,如肥料品种、施用量和施用时间等,但对钙、镁和硼应重点补充。中微量元素肥料建议选择单一肥料,如硫酸镁、硝酸钙、氯化钙、硫酸锌、硼酸、硫酸铜等,或者吸收效果比较好的整合态微肥。钙肥以叶面喷施方式补充,在果类蔬菜开花时对花序上下充分喷施 2~3 次,盛果期可直接向果实表面喷施;硫酸镁肥为速效肥,可以在果实膨大前用作追肥,也可用 1%~2% 的硫酸镁或 1% 的硝酸镁叶面喷肥 2~3 次,硫酸镁基施土壤的用量为每亩 1~1.5 kg,硼素补充为基施硼砂用量每亩 1~1.5 kg 或在开花期和坐果期叶面喷施 0.1%~0.2% 的硼砂溶液 2~3 次。

5 结论与展望

根区土壤环境调控以改善影响根层养分有效性

的物理、化学、生物因素,通过土壤环境调控提高养分的空间和生物有效性^[28-29],进一步提高养分利用效率。促根生物调控是在根层养分和土壤环境调控的基础上,充分挖掘生物调控的潜力,进一步提高养分利用效率的调控途径。

根层氮素调控是优化设施蔬菜养分投入,提高养分利用效率的关键,基于根区临界养分浓度供应调控将根层养分浓度维持在临界浓度,按照“总量控制、按生育期分配”的原则,氮素以“少量多次、近根施用、水肥耦合”原则,磷钾以长期维持管理,建立“提高”、“维持”和“控制”的调控理念,将根层土壤氮磷钾维持在适宜供应范围,缓解土壤氮磷钾积累,减少养分损失;中微量元素因缺矫正,使根层养分供应的时间和空间与作物需求同步,提高养分利用效率。

参考文献:

- [1] 张彦才,李巧云,翟彩霞,等.河北省大棚蔬菜施肥状况分析与评价[J].河北农业科学,2005,9(3):61-67.
- [2] 何飞飞.设施番茄周年生产体系中的氮素优化及环境效应分析[D].北京:中国农业大学,2006.
- [3] 刘兆辉,江丽华,张文君,等.设施菜地土壤养分演变规律及对地下水威胁的研究[J].土壤通报,2008,39(2):293-298.
- [4] Chen Q, Zhang X S, Zhang H Y *et al*. Evaluation of current fertilizer practice and soil fertility in vegetable production in the Beijing region [J]. Nutrient Cycling in Agroecosystems, 2004, 69: 51-58.
- [5] 王道涵.蔬菜保护地土壤磷素特征研究[D].沈阳:沈阳农业大学,2001.
- [6] 周建斌,翟丙年,陈竹君,等.西安市郊区日光温室大棚番茄施肥现状及土壤养分累积特性[J].土壤通报,2006,37(2):87-90.
- [7] 黄化刚,张锡洲,李廷轩,等.典型设施栽培地区养分平衡及其环境风险[J].农业环境科学学报,2007,26(2):676-682.
- [8] Zhu J H, Li X L, Christie P *et al*. Environmental implications of low nitrogen use efficiency in excessively fertilizer hot pepper (*Capsicum frutescens* L.) cropping systems [J]. Agriculture, Ecosystems and Environment, 2005, 111: 70-80.
- [9] Ju X T, Kou C L, Zhang F S *et al*. Nitrogen balance and groundwater nitrate contamination: Comparison among three intensive cropping systems on the North China Plain [J]. Environmental Pollution, 2006, 143(1): 117-125.
- [10] 梁静.我国菜田氮肥投入现状及其去向分析研究[D].北京:中国农业大学,2011.

- [11] Christiansen J ,Thorup Kristensen K ,Kristensen H L. Root development of beetroot ,sweet corn and celeriac , and soil N content after incorporation of green manure [J]. Journal of Horticultural Science and Biotechnology 2006 81(5) : 831 – 838.
- [12] McCully M. The rhizosphere: the key functional unit in plant/soil/microbial interactions in the field. Implications for the understanding of allelopathic effects [C]// Harper J , An M , Wu H , *et al.* Proceedings of the 4th World Congress on Allelopathy. Charles Sturt University , 2005.
- [13] Marschner H. Mineral nutrition of higher plants 2nd ed [M]. Academic ,New York ,1995.
- [14] Hinsinger P. Rhizosphere: Nutrient movement and availability [J]. Encyclopedia of Plant and Crop Science , 2004 ,1(1) : 1094 – 1097.
- [15] Lehmann J ,Rondon M. Bio-Char Soil Management on highly weathered soils in the Humid Tropics [M]. Biological Approaches to Sustainable Soil Systems. CRC press 2006.
- [16] Fageria N K ,Stone Physical L F. Chemical and Biological Changes in the Rhizosphere and Nutrient Availability [J]. Journal of Plant Nutrition 2006 29: 1327 – 1356.
- [17] 张福锁 ,申建波 ,冯 固 ,等. 根际生态学 – 过程与调控 [M]. 北京: 中国农业大学出版社 2008.
- [18] Michael R ,Heinrich L. Soilless Culture: Theory and Practice [M]. Elsevier Science 2008.
- [19] 陈 清 ,张福锁. 蔬菜养分综合管理技术研究与应用 [M]. 北京: 中国农业大学出版社 2007.
- [20] Ren T ,Peter C ,Wang J G ,*et al.* Soil rootzone nitrogen management for maintenance of high tomato yields and minimum N losses to the environment [J]. Scientia Horticulturae 2010 ,125: 25 – 33.
- [21] 汤丽玲. 日光温室番茄的氮素追施调控技术及其效益分析 [D]. 北京: 中国农业大学 2004.
- [22] 郭瑞英. 设施黄瓜根层氮素调控及夏季种植休闲作物阻控氮素损失的研究 [D]. 北京: 中国农业大学 , 2008.
- [23] 高 兵 ,任 涛 ,李俊良 ,等. 灌溉策略及氮肥施用对设施番茄产量及氮素利用的影响 [J]. 植物营养与肥料学报 2008 ,14(6) : 1104 – 1109.
- [24] 王敬国. 设施菜田退化土壤修复与资源高效利用 [M]. 北京: 中国农业大学出版社 2011.
- [25] Zhang X S ,Liao H ,Chen Q ,*et al.* Response of tomato on calcareous soil to different seedbed phosphorous application rate [J]. Pedosphere 2007 71(1) : 70 – 76.
- [26] 张福锁 ,陈新平 ,陈 清. 中国主要作物施肥指南 [M]. 北京: 中国农业大学出版社(第 1 版) 2008.
- [27] Kanzirska V ,Vancheva V. Influence of calcium and magnesium levels on Biological development of tomato plants [J]. Journal of Environmental Protection and Ecology , 2003 4(4) : 836 – 840.
- [28] Ma C H ,Kalb T. Development of starter solution technology as a balanced fertilization practice in vegetable production [J]. Acta Horticulturae 2006 700: 167 – 172.
- [29] Ma C H ,Palada M C ,Chen L H. Development of starter solution technology for organic chili pepper production in the tropics [C]. 15th IFOAM Organic World Congress , IFOAM Abstracts 2005: 125.