

# 设施无土栽培蔬菜硝酸盐含量的控制方法

刘文科, 杨其长

(中国农业科学院 农业环境与可持续发展研究所, 农业部农业环境与气候变化重点开放实验室, 北京 100081)

**摘要:** 现综述设施无土栽培蔬菜硝酸盐调控方法的研究进展, 并基于进展建议我国应顺应国际设施园艺的发展方向, 大力发展符合国情的设施蔬菜无土栽培技术, 以满足现代农业发展和高品质蔬菜的社会需求, 确保城乡居民的饮食安全, 解决设施蔬菜土壤栽培引发的资源环境问题。

**关键词:** 设施蔬菜; 无土栽培; 硝酸盐; 调控; 品质

**中图分类号:** S 604<sup>+</sup>.7 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-0009(2010)20-0079-05

蔬菜是除粮食作物外第二大植物源农产品, 通过饮食途径为人体提供必需的维生素、矿物质、纤维素和有机活性物质, 对维持人体健康起着不可或缺的作用。满足城乡居民的“菜篮子”和“米袋子”需要一直是我国农业的发展主要目标。据中国农业统计资料, 2007 年我国的蔬菜种植面积为 1 733 万  $\text{hm}^2$ , 总产量 5.65 亿 t, 人均占有量 420 kg, 在数量上已能满足国内城乡居民消费的周年需求。其中, 设施蔬菜面积约为 350 万  $\text{hm}^2$ , 反季节蔬菜供应充足。另据 FAO 统计, 我国蔬菜播种面积和产量均居世界第一。然而, 由于蔬菜集约化栽培的发展, 农用化学品的大量投入, 产地环境的逐年恶化。另外, 我国蔬菜品质总体水平较低, 蔬菜品质问题集中表现在硝酸盐、重金属和农药残留超标等方面, 严重危害着城乡居民的饮食安全和健康。其中, 硝酸盐超量累积问题尤为突出, 人体危害明确, 亟待从生产环节进行研究解决。

蔬菜是喜氮作物, 易奢侈吸收硝态氮, 并累积到体内组织中, 造成硝酸盐水平超标严重。蔬菜生长速率得益于高水肥供应, 菜农在高产和早上市的心理驱动下常超量灌溉和施肥, 造成蔬菜(特别是叶菜类, 如菠菜、生菜、白菜、芹菜、油菜、韭菜、香菜和茴香等)硝酸盐高水平累积。现已证实, 蔬菜是人体摄入硝酸盐的主要来源, 其贡献率达到 80% 以上<sup>[1]</sup>。然而, 高量硝酸盐在人体内通过代谢转化, 其产物具有致病和致癌作用, 对人体健

康构成威胁<sup>[2,3]</sup>。故此, 必须进行蔬菜硝酸盐含量控制方法的研究, 在产中或产后进行有效处理以降低蔬菜内的硝酸盐含量, 以保证人类的饮食安全。

## 1 设施蔬菜硝酸盐累积不可避免性和现状评价

设施蔬菜包括土壤栽培和无土栽培 2 种方法, 前者占到我国栽培面积的 99% 以上。从栽培过程来看, 设施蔬菜硝酸盐累积是不可避免的。就土壤栽培而言, 氮肥投入是必须的。各种氮肥如有机氮肥、尿素和氨态氮在硝化细菌的作用下可迅速转化为硝态氮。蔬菜无土栽培条件下, 营养液中氮完全供应以氨态氮形式供应易造成氨毒, 所以硝态氮在营养液配方中不可缺少。我国各地区蔬菜硝酸盐超标现象均较普遍, 调查结果涉及产地取样、市场取样等, 报道多达几十篇几乎囊括了我国主要产菜省市自治区。下面仅以关于北京市蔬菜硝酸盐含量的几篇调查报告来说明问题。冀宏杰等<sup>[3]</sup>对北京市蔬菜硝酸盐含量调查和产地调查表明, 叶菜类蔬菜硝酸盐污染较严重。2006 年市场取样调查发现, 叶菜类硝酸盐含量  $(3\ 156 \pm 14\ 251)\text{mg}/\text{kg}$ , 居民每日通过蔬菜摄入的硝酸盐量为 328 mg, 比 WHO 和 FAO 的 ADI 值高 9.4%<sup>[4]</sup>。杜连凤等<sup>[5]</sup>菜地取样调查表明, 根茎类、绿叶菜类、瓜果类和白菜类硝酸盐超标率分别为 80.9%、37.9%、29.7% 和 2.2%。另外, 几篇英文报道也表明我国蔬菜硝酸盐超标严重<sup>[6,7]</sup>。由此可见, 无论从产地还是市场取样, 土壤栽培的蔬菜硝酸盐超标率或居民暴露量较高, 多年来未见降低趋势, 需要引起关注, 加强监督管理以保护居民健康。

土壤栽培不但可造成蔬菜硝酸盐超标, 而且也导致土壤生态和环境污染方面的问题, 生产可持续性差。基于蔬菜生长的水肥效应, 在高产速生的心理驱动下, 菜农过量施用农用化学品(尤其是氮肥)和灌溉, 持续连作所造成的土壤质量下降(盐渍化、酸化和微生物区系失调等)、连作障碍(土传病害增多和产量下降)和环境污

第一作者简介: 刘文科(1974), 男, 博士, 副研究员, 硕士生导师, 研究方向为设施蔬菜营养与品质调控。E-mail: liuwke@163.com。

通讯作者: 杨其长(1963), 男, 博士, 研究员, 博士生导师, 研究方向为设施园艺与温室管理。E-mail: yangqichang1@vip.sina.com。

基金项目: 中央级科研院所基本科研业务费资助项目(2009, 2010-2011)。

收稿日期: 2010-07-19

染(土壤硝酸盐累积和地下水硝酸盐超标)等问题已十分严重。以北京市为例,据调查,北京市郊保护地菜田 0~400 cm 土壤剖面硝态氮累积总量平均达 1 230 kg/hm<sup>2</sup><sup>[8]</sup>。其中,北京市顺义区 146 眼地下水井中,手压井水硝态氮超标率达 36.8%,尤其是位于菜田中的手压井水超标率高达 50%以上<sup>[9]</sup>。赵同科等<sup>[10]</sup>对北京市地下水硝酸盐调查结果中,菜地周边地区地下水硝态氮浓度平均也高达 21 mg/L。菜田地下水硝态氮含量平均为 13.8 mg/L,超标率为 44.8%<sup>[4]</sup>。

在保证高产的条件下,设施土壤栽培无法对土壤成分实施快捷有效的调控,无法快速消除生育期内蔬菜累积的高量硝酸盐。设施无土栽培具有众多优势,除环境因子可控外,营养液的可更替和可调节性是其核心特质,经过近 30 a 的国内外研究,已经从机理和技术上解决了无土栽培蔬菜硝酸盐累积与去除问题,可在保证高产的基础上生产出低硝酸盐含量的叶菜,并能较好地避免重金属和农药残留污染,最大程度地降低对环境的干扰和污染。现从硝酸盐对人体健康的危害、无土栽培蔬菜硝酸盐累积控制方法几个方面进行了综述。基于无土栽培的优势和硝酸盐控制有效性提出了发展无土栽培蔬菜的建议,优化我国蔬菜产业种植结构。

## 2 蔬菜硝酸盐的危害及控制标准

过量硝酸盐进入人体后,可转化形成亚硝酸盐,导致高血红蛋白症发生;或者与二级胺结合还能形成强致癌物亚硝胺,诱发人体消化系统的癌变,对人类健康构成潜在危害。研究表明,硝酸盐的人体的危害对婴幼儿更加严重<sup>[1-2]</sup>。为此,世界各国制定了蔬菜硝酸盐限制

表 1 世界各国主要蔬菜硝酸盐含量的最大指导或允许值规定

蔬菜种类	德国 (指导值)	荷兰 (最大值)	瑞士 (指导值)	澳大利亚 (最大值)	俄罗斯 (最大值)	欧盟 (最大值)
生菜	3 000	3 000(S) 4 500(W)	3 500	3 000(S) 4 000(W)	2 000(O) 3 000(G)	3 500(4~10) 4 500(11~3) 2 500(4, 5~8)
菠菜	2 000	3 500(S) 4 500(W) 2 500(1995)	3 500	2 000(<7) 3 000(>7)	2 000(O) 3 000(G)	2 500(4~10) 3 000(11~3) 2 000(P)
红甜菜	3 000	4 000(4~6) 3 500(7~3)	3 000	3 500(S) 4 500(W)		
萝卜	3 000			3 500(S) 4 500(W)		
菊苣		3 000(S)	875	2 500 1 500	900(S) 500(W)	
胡萝卜				1 500	400(S) 250(W)	

注: S 表示夏天, W 表示冬天, O 代表室外, G 代表温室, P 代表加工产品(防腐处理或冷冻); <7 表示 7 月前收获, >7 表示 7 月后收获。1995 表示从 1995 起, 4~10 表示 4 月 1 日至 10 月 31 日; 11~3 表示从 11 月 1 日至 3 月 31 日; 5~8 表示 5 月 1 日至 8 月 31 日。数据来源于 Sohn 和 Yoneyama(1996)<sup>[12]</sup> 和 Maff UK(1999)<sup>[13]</sup>。

标准,以保障蔬菜品质安全和人类健康(表 1)。国际上的蔬菜硝酸盐含量标准考虑了季节要素,并区分设施栽培与露地栽培 2 类种植类型。1973 年世界卫生组织(WHO)和联合国粮农组织(FAO)制订的食品硝酸盐限量标准规定的 ADI 值为 3.65 mg/kg(体质量)。以 WHO 和 FAO 制订的食品硝酸盐限量标准规定的 ADI 值作为基准,沈明珠等<sup>[11]</sup>提出了蔬菜硝酸盐含量卫生评价分级标准,并根据蔬菜在经过盐渍、煮熟后硝酸盐含量分别减少 45%和 60%~70%进行折算与分级。GB18406-2001 规定无公害蔬菜硝酸盐含量为:瓜果类≤600 mg/kg,根茎类≤1 200 mg/kg,叶菜类≤3 000 mg/kg。此外,还规定了亚硝酸盐含量≤4 mg/kg。

## 3 设施蔬菜无土栽培硝酸盐控制方法

目前,蔬菜设施以大棚和日光温室为主,受覆盖材料和围护结构遮光效应的影响,设施内光照强度通常低于室外,蔬菜光合速率低,降低了硝酸盐的同化速率,加剧了蔬菜硝酸盐的累积,而且在冬季大气透明度低的条件下累积尤其严重。可是,设施环境具有可控优势,可通过通风、加温、补光、增施二氧化碳和调控营养液等方式改变蔬菜生长环境。因此,蔬菜无土栽培中可充分运用设施环境和营养液可控的优势,进行环境因子的人为调控,协助达到有效降低蔬菜硝酸盐含量的目的。

### 3.1 过程调控方法

过程调控方法是在蔬菜的栽培期内进行全程调控以生产出低硝酸盐蔬菜的调控方法,主要包括光强、光质和营养液调控等几个方面。

3.1.1 光强调控 光强是影响蔬菜硝酸盐累积的关键因子,决定着硝酸盐还原所需碳水化合物、还原物质和碳架供应水平。蔬菜硝酸盐含量的季节和昼夜变化主要由光强变化造成的<sup>[14,15]</sup>。栽培过程中加大光强或协调氮供应与光强关系是降低硝酸盐含量的有效办法。Denšar 等<sup>[17]</sup>开发出了一套由计算机控制的光依赖型雾培系统,可根据光强大小供给含不同浓度硝态氮的营养液,能显著降低生菜的硝酸盐含量,对产量、光合速率和光合色素无影响。

3.1.2 光质调控 光质是调控硝酸盐含量的重要因子。齐连东等<sup>[18]</sup>用彩色荧光灯得到红色、蓝色和黄色光源,研究不同光质对菠菜产量及硝酸盐积累的影响。研究表明,红光处理有利于干物质和碳水化合物的形成与积累,可降低硝酸盐含量。Urbanavičiūtė 等<sup>[19]</sup>以荧光灯为对照,研究了 92%红光 LED(640 nm)+8%近紫外光、86%红光 LED+14%蓝光 LED 和 90%红光 LED+10%青光对生菜生长和硝酸盐含量的影响。3 种光质处理可降低生菜硝酸盐含量 15%~20%。红光在刺激硝酸还原酶中起着关键的作用,红蓝光组合提升了植物中氮的吸收和同化。

3.1.3 氮素形态调控 适当增铵(25%替代硝酸盐)使叶片、叶柄和根系硝酸盐含量分别降低了22%、15%和22%,而硝态氮吸收量则降低了7.5%<sup>[20]</sup>。铵或尿素部分取代(20%)硝酸盐通常可显著降低生菜硝酸盐含量,而对产量影响很小或无影响<sup>[21-24]</sup>。用氨基酸部分取代营养液中硝态氮可显著降低蔬菜硝酸盐的含量调节<sup>[21-22,25]</sup>,而且混合氨基酸取代可增加红辣椒硝酸盐吸收和还原<sup>[26]</sup>。另外,沼液由于含有丰富的矿质营养和氨基酸等有机物质可作为营养液栽培蔬菜并降低蔬菜硝酸盐含量<sup>[27]</sup>,经过组分调节后栽培效果增加<sup>[28-29]</sup>。

3.1.4 氮亏缺供应 根据作物养分吸收规律,在栽培过程中按比例向无土栽培生菜减量供应营养,可使生菜硝酸盐含量减少30%~40%,同时维持较高产量<sup>[30]</sup>。

3.1.5 渗调离子处理 渗调离子种类包括 $\text{Cl}^-$ 、 $\text{SO}_4^{2-}$ 、苹果酸根、山梨酸根和乙酸根等。渗调离子作为渗透调节剂可替代液泡中的硝酸根离子,使之由液泡进入细胞质,加速其同化以降低蔬菜硝酸盐含量。研究表明,强化渗调离子浓度或取代营养液中的硝酸根离子可降低生菜硝酸盐含量<sup>[31-32]</sup>。

## 3.2 收获前调控方法

收获前调控是指在收获前采取适当措施短期内有效降低蔬菜硝酸盐含量的方法。该方法较过程控制方法简单易行,成本低,效果明显、可控性强。

3.2.1 氮亏缺处理 将采收前的蔬菜进行低氮或无氮营养液处理,可显著降低蔬菜体内硝酸盐含量并提高了维生素含量<sup>[33]</sup>。然而,另有报道采收前用蒸馏水处理,效果却不显著<sup>[34]</sup>。该方法对产量和品质的影响小,简便且节省资源。

3.2.2 营养液渗调离子处理 在采收前的蔬菜进行营养液低氮或无氮基础上添加渗调离子进行处理,渗调离子可替代硝酸根充当渗透调节,促进硝酸盐的同化代谢。董晓英等<sup>[35]</sup>在采收前通过减少或去除营养液中的硝态氮的基础上加入渗调离子降低了小白菜的硝酸盐积累。但是,若只减少营养液中氮素会降低产量,同时加入渗调离子可缓解因去除氮肥引起的小白菜产量的下降。其原因是渗调离子替代出的硝态氮可被同化利用。

3.2.3 环保型水溶液处理 最近报道了功能性处理液调节的方法,即在采收前将营养液换成仅含渗调离子、钼酸铵等功能组分的处理液进行短期处理可显著降低蔬菜体内的硝酸盐含量<sup>[36]</sup>。该方法既可达到保证产量,降低硝酸盐含量的目的,节省养分资源且环境友好,排放无污染风险。钼酸铵降低硝酸盐的2个机理是钼增加硝酸还原酶的活性,同时增铵也可降低硝酸盐的累积。

3.2.4 光照和处理液协同处理 最近报道了增加光强

和功能性处理液协同调节的方法,即在采收前将营养液换成仅含渗调离子、钼酸铵等环保型处理液进行短期处理可显著降低蔬菜体内的硝酸盐含量<sup>[36]</sup>。与弱光相比,强光照射与功能性处理液协同效应明显。

## 4 生产低硝酸盐蔬菜的优选方法

蔬菜是高附加值的作物,大多数按鲜重出售,其价值取决于其品质状况(营养品质、卫生品质、外观品质和储藏品质),其中卫生品质和营养品质尤为重要。以设施环境和营养液组分复合控制为核心理念,按照过程控制和采前控制2种思路,制定设施蔬菜硝酸盐累积控制的策略是实现低硝酸盐含量蔬菜生产的可行途径。无土栽培蔬菜硝酸盐含量控制方面已获得突破性进展,已有多种可行的调控方法。凭借无土栽培营养液和环境控制的优势,通过提高光强、调控光质、功能型处理液和协调氮供应和光条件之间的关系,可完全能解决无土栽培蔬菜硝酸盐超标累积的问题。

无土栽培成本较高,除开发低成本无土栽培系统外,必须完善蔬菜销售的市场机制,做到优质优价才能充分调动菜农的积极性,增加投入采用新型栽培设施和技术,生产出更多低硝酸盐高品质的蔬菜,利国利民。通常,蔬菜硝酸盐含量与VC含量呈负相关,所以低硝酸盐蔬菜具有较高的营养品质。同时,无土栽培介质杂质少,适宜的环境控制使病虫害发生频率较低,可避免重金属和农药的污染。无土栽培将是未来设施农业的主要栽培形式,是工厂化栽培的必然选择。在营养液循环利用技术普遍采用后,不仅可使水肥等资源得以高效利用,也使无土栽培的环境危害风险降至近乎为零。可以深信,不久的将来无土栽培将成为我国设施无公害蔬菜规模化生产的主体。

## 5 结语

在以化肥为特征的现代农业生产条件下,以硝酸盐累积和药残为主要特征的设施蔬菜卫生品质问题是世界性的问题<sup>[37-39]</sup>,需要格外重视。从现在的研究进展看,在现有调控措施下无土栽培是生产低硝酸盐含量蔬菜的优选方法,值得我国发展和推广应用。特别是在设施土壤栽培存在许多当前无法解决的资源环境和连作障碍问题情况下,无土栽培技术的研发应用更显迫切。发达国家蔬菜无土栽培已经成为设施蔬菜栽培的主体,而我国仅有很少的栽培面积,差距明显。在我国大力发展设施蔬菜的同时,应加快无土栽培技术研究、发展和应用,以确保蔬菜硝酸盐品质和城乡居民的饮食安全,增强蔬菜产品的竞争力,促进我国由蔬菜大国向蔬菜强国迈进。

## 参考文献

- [1] Eichholzer M, Gutzwiller F. Dietary nitrates nitrites and N-Nitroso compounds and cancer risk: a review of the epidemiologic evidence[J]. Nutri-

tion Review, 1998, 56: 95-105.

- [ 2 ] Wolff I A, Wasseman A E. Nitrate, Nitrite and Nitrosoamines [ J ]. Science, 1972, 177: 15-19.
- [ 3 ] 冀宏杰. 过量施用氮肥对北京市蔬菜硝酸盐含量影响的综合评估 [ D ]. 保定: 河北农业大学, 1999.
- [ 4 ] 杜连凤, 赵同科, 张成军, 等. 京郊地区三种典型农田系统硝酸盐污染现状调查 [ J ]. 中国农业科学, 2009, 42(8): 2837-2843.
- [ 5 ] 封锦芳, 施致雄, 吴永宁. 北京市春季蔬菜硝酸盐含量测定及居民暴露量评估 [ J ]. 中国食品卫生杂志, 2006, 18(6): 514-517.
- [ 6 ] Zhong W K, Hu C M, Wang M J. Nitrate and nitrite in vegetables from north China: Content and intake [ J ]. Food Additives and Contaminants, 2002, 19(12): 1125-1129.
- [ 7 ] Zhou Z Y, Wang M J, Wang J S. Nitrate and nitrite contamination in vegetables in China [ J ]. Food Review International, 2000, 16(2): 61-76.
- [ 8 ] 刘宏斌, 李志宏, 张云贵, 等. 北京市农田土壤硝态氮的分布与累积特征 [ J ]. 中国农业科学, 2004, 37(5): 692-698.
- [ 9 ] 刘宏斌, 雷宝坤, 张云贵, 等. 北京市顺义区地下水硝态氮污染的现状与评价 [ J ]. 植物营养与肥料学报, 2001, 7(4): 385-390.
- [ 10 ] 赵同科, 张成军, 杜连凤, 等. 环渤海七省(市)地下水硝酸盐含量调查 [ J ]. 农业环境科学学报, 2007, 26(2): 779-783.
- [ 11 ] 沈明珠, 翟宝杰, 东惠茹. 蔬菜硝酸盐累积的研究. I. 不同蔬菜硝酸盐和亚硝酸盐含量评价 [ J ]. 园艺学报, 1982, 21(4): 41-48.
- [ 12 ] Sohn S M, Yoneyama T, Yasaino shou-san et al. Nitrate in vegetables: nitrate physiology and accumulation in crops, and human intake [ J ]. Nogyo yohi Engei, 1996, 71 (11): 1179-1182.
- [ 13 ] Maff U K. Nitrate in lettuce and spinach. In Food surveillance information sheet Number 177 [ M ]. Edited by Joint Food Safety and Standards Group, 1999.
- [ 14 ] Maynard D N, Barker A V, Minotti P L et al. Nitrate accumulation in vegetables [ J ]. Advances in Agronomy, 1976, 28: 71-118.
- [ 15 ] Steingröver E G, Ratering P, Siesling J. Daily changes in uptake, reduction and storatoin of nitrate in spinach grown at low light intensity [ J ]. Physiologia Plantarum, 1986, 66: 550-556.
- [ 16 ] Cárdenas Navarro R, Adamowicz S, Robin P. Diurnal nitrate uptake in young tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) plants [ J ]. Journal of Experimental Botany, 1998, 49: 721-730.
- [ 17 ] Demšar J, Osvald J, Vodnik D. The effect of light-dependent application of nitrate on the growth of aeroponically grown lettuce (*Lactuca sativa* L.) [ J ]. Journal of the American Society for Horticultural Science, 2004, 129(4): 570-575.
- [ 18 ] 齐连东, 刘世琦, 许莉, 等. 光质对菠菜草酸、单宁及硝酸盐积累效应的影响 [ J ]. 农业工程学报, 2007, 23(4): 201-205.
- [ 19 ] Urbanavėitė A, Pinho P, Samuolienė G, et al. Effect of short-wavelength light on lettuce growth and nutritional quality [ J ]. Sodrininkystė ir Daž ininkystė, 2007, 26(1): 157-165.
- [ 20 ] 罗金葵, 陈巍, 张攀伟, 等. 小白菜适当增铵下硝酸盐累积机理研究 [ J ]. 植物营养与肥料学报, 2005, 11(6): 800-803.
- [ 21 ] Gunes A, Inal A, Aktas M. Reducing nitrate content of NFT grown winter onion plant by partial replacement of  $\text{NO}_3^-$  with amino acid in nutrient solution [ J ]. Scientia Horticulturae, 1996, 65: 203-208.
- [ 22 ] Gunes E, Post W H K, Kirkby E A, et al. Influence of partial replacement of nitrate by amino acid nitrogen or urea in the nutrient medium on nitrate accumulation in NFT grown winter lettuce [ J ]. Journal of Plant Nutrition, 1994, 39: 1929-1938.
- [ 23 ] Van der Boon J, Steenhuizen J W, Steingröver E G. The effect of EC, and Cl and  $\text{NH}_4$  concentration of nutrient solutions on nitrate accumulation in lettuce [ J ]. Acta Horticulturae, 1988, 222: 35-42.
- [ 24 ] Vander Boon J, Steenhuizen J W. Reduction of the nitrate concentration of lettuce grown in recirculating nutrient solution [ M ]. In: Fundamental Ecological and Agricultural Aspects of Nitrogen Metabolism in Higher Plants (H. Lamkers, J. J. Neeteson and I. Stulen, eds.). Martinus Nijhoff Publishers, Dordrecht, The Netherlands, 1986: 485-488.
- [ 25 ] Chen G L, Gao X R. Effect of partial replacement of nitrate by amino acid and urea on nitrate content of nonheading Chinese cabbage and lettuce in hydroponics [ J ]. Scientia Agricultura Sinica, 2002, 35: 187-191.
- [ 26 ] Liu X Q, Ko K Y, Kim S H, et al. Enhancement of nitrate uptake and reduction by treatment with mixed amino acids in red pepper (*Capsicum annuum* L.) [ J ]. Acta Agriculturae Scandinavica Section B-Soil and Plant Science, 2007, 57: 167-172.
- [ 27 ] Liu W K, Du L F, Yang Q C. Biogas slurry added amino acid decrease nitrate concentrations of lettuce in sand culture [ J ]. Acta Agriculturae Scandinavica Section B-Soil and Plant Science, 2009, 59: 260-264.
- [ 28 ] Liu W K, Yang Q C, Du L F, et al. Nutrient supplementation increased growth and nitrate concentration of lettuce cultivated hydroponically with biogas slurry [ J ]. Acta Agriculturae Scandinavica Section B-Soil & Plant Science, 2010.
- [ 29 ] Liu W K, Yang Q C, Du L F. Soilless cultivation for high-quality vegetables with biogas manure in China: feasibility and benefit analysis [ J ]. Renewable Agriculture and Food Systems, 2009, 24(4): 300-307.
- [ 30 ] Andersen L, Nielsen N E. A new cultivation method for the production of vegetables with low content of nitrate [ J ]. Scientia Horticulturae, 1992, 49: 167-171.
- [ 31 ] Bloom-Zandstra G, Lampe J E M. The effect of chloride and sulphate salts on the nitrate content in lettuce plants (*Lactuca sativa* L.) [ J ]. Journal of Plant Nutrition, 1983, 6: 611-628.
- [ 32 ] Roorda Van Eysinga JPNL. Nitrate and glasshouse vegetables [ J ]. Fertilizer Research, 1984, 5: 149-156.
- [ 33 ] Mozafar A. Decreasing the  $\text{NO}_3^-$  and increasing the vitamin C contents in spinach by a nitrogen deprivation method [ J ]. Plant Foods for Human Nutrition, 1996, 49: 155-162.
- [ 34 ] Liu W K, Yang Q C. Efficiency of prior harvest treatment with different nutrient solutions to lower nitrate content in lettuce [ C ]. In Zhang Yan, academy conference on horticulture science and technology Beijing, 2009, 209-210.
- [ 35 ] Dong X Y, Li S J. Effect of nutrient management on nitrate accumulation of pakchoi under solution culture [ J ]. Journal of Plant Nutrition and Fertilizer Science, 2003, 9: 447-451.
- [ 36 ] Liu W K, Du L F, Yang Q C, et al. Effects of short-term treatment with light intensity and hydroponic solutions before harvest on nitrate reduction in leaf and petiole of lettuce [ J ]. Journal of Plant Nutrition (Submitted).
- [ 37 ] Chung S Y, Kim J S, Kim M, et al. Survey of nitrate and nitrite contents of vegetables grown in Korea. Food Additives and Contaminants, 2003, 20(7): 621-628.
- [ 38 ] Sušin J, Kmecl V, Gregořič A. A survey of nitrate and nitrite content of fruit and vegetables grown in Slovenia during 1996~2002 [ J ]. Food Additives and Contaminants, 2006, 23(4): 385-390.
- [ 39 ] Ysart G, Clifford R, Harrison N. Monitoring for nitrate in UK-grown lettuce and spinach [ J ]. Food Additives and Contaminants, 1999, 16(7): 301-306.

# 电照补光在叶用紫苏日光温室栽培生产中应用效果

李贺年, 张利英, 张会永, 张鑫, 谢晓美

(保定职业技术学院 河北 保定 071051)

**摘要:** 采用小区对比试验法, 对电照补光抑制紫苏花芽分化的效果进行了试验研究。结果表明: 从育苗阶段开始连续补充光照可以有效抑制紫苏开花, 紫苏鲜叶产量和品质显著提高, 紫苏鲜叶产量增加 33.6%。该技术适宜在日光温室叶用紫苏栽培生产中推广应用。

**关键词:** 叶用紫苏; 电照补光; 日光温室; 栽培生产

中图分类号: Q 949.777.6 文献标识码: A 文章编号: 1001-0009(2010)20-0083-02

紫苏(*Perilla frutescens* L.)为唇形科 1a 生草本植物, 原产中国, 现主要分布于东南亚地区。紫苏有很高的营养价值, 具有特异的芳香, 它低糖、高纤维, 富含胡萝卜素、矿质元素等。同时具有很高的药用价值和良好的保健作用, 可散寒解表、理气宽中和解毒、降低胆固醇、调节血脂、预防心血管病、减肥等功效。近年来, 国内外市场对紫苏叶需求旺盛, 日韩等国每年冬季需要进口大量紫苏叶, 同时国内对紫苏叶需求也日益增多, 因此, 叶用紫苏日光温室栽培生产作为新兴产业发展迅速。

紫苏属短日照植物, 在日照时间短的秋冬季节, 花芽就会分化, 收获期缩短, 产量下降, 因此, 在日光温室叶用紫苏栽培生产中, 花芽分化是影响紫苏鲜叶产量和品质的关键因素<sup>[1]</sup>, 现从 2007 年开始进行了电照补光在日光温室叶用紫苏栽培生产中对抑制紫苏花芽分化的应用效果研究。

第一作者简介: 李贺年(1965), 男, 本科, 副教授, 现主要从事农学和植物保护方面的研究工作。

收稿日期: 2010-07-22

## 1 材料与方法

### 1.1 试验材料

适宜保护地栽培的日本叶用紫苏品种“崛田大叶”。

### 1.2 试验方法

1.2.1 电照补光方法 在日光温室中, 以 18 W 节能灯为补光光源, 密度为每 4 m<sup>2</sup> 安 1 只, 光源与苗的距离保持 1 m, 且随苗的生长而进行提升调整。

1.2.2 试验设计 试验在日光温室内进行, 从苗期开始采取电照补光, 育苗结束后, 进入栽培阶段, 仍不间断电照补光, 进行一定时间补光后, 分别调查不同处理开花株数及生产效果。试验采用对比试验法, 设 4 个处理, 处理 1、处理 2、处理 3 分别是在播种齐苗后第 10、15、20 天开始补充光照, 每天均保证 16 h 的光照, 补光时间随季节而有所调整。一般秋季从 17:00~24:00 时, 冬季调整为 16:30~24:00 时, 同时以不补光为对照处理, 3 次重复。在每个处理小区中按 5 点取样法选定 5 点, 每点选定 20 株。

1.2.3 主要栽培技术 采用育苗移栽栽培模式, 在保定地区, 8 月上、中旬开始育苗, 苗龄一般为 30 d, 壮苗标准为株高 15 cm 左右、茎粗 0.8 cm 以上、不少于 10 片叶,

## Control Methods on Nitrate Content of Facilities Vegetables under Soilless Cultivation

LIU Wen-ke YANG Qi-chang

(Institute of Environment and Sustainable Development in Agriculture Chinese Academy of Agricultural Sciences Key Lab. for Agro-Environment and Climate Change Ministry of Agriculture Beijing 100081)

**Abstract:** The nitrate control methods progress of facilities soilless culture were summarized, based on progress of the proposed China should comply with development direction of the International facilities horticulture, exert great efforts in developing vegetable soilless culture technology of conformity with the national conditions, to meet the needs of modern agricultural development and social needs of high-quality vegetables, ensure food security of urban and rural residents, solve problem of resource and environment of the facilities vegetable soil cultivation.

**Key words:** facilities vegetable; soilless cultivation; nitrate pollution; regulation; quality