

管安琴, 卢昱宇, 陈 昱, 等. 棚室蔬菜栽培中的光、温、土壤环境调控技术综述[J]. 江苏农业科学, 2015, 43(9): 191–194.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2015.09.061

棚室蔬菜栽培中的光、温、土壤环境调控技术综述

管安琴, 卢昱宇, 陈 昱, 冯伟民, 樊平声, 韩庆余, 沙国栋

(江苏省农业科学院蔬菜研究所, 江苏南京 210014)

摘要:近年来,我国设施蔬菜栽培面积逐年扩大,但由于设施条件、栽培技术、管理水平等方面的问题对棚室蔬菜的生产造成了诸多不利影响。综述了棚室内光照、温度、土壤的环境特点及与作物生长的关系,并提出了相应的棚室蔬菜栽培中的环境调控措施。

关键词:棚室蔬菜;光照;温度;土壤;调控技术

中图分类号:S625.5 **文献标志码:**A **文章编号:**1002-1302(2015)09-0191-03

目前我国大型园艺设施 219.3 万 hm^2 , 占亚欧美三大洲的 92.3%, 其中塑料棚室 218 万 hm^2 , 占 94.1%^[1]。2010 年, 全国设施蔬菜面积 344.3 万 hm^2 , 占亚欧美三大洲的 94.8%^[2]。蔬菜作物的生长发育及产品器官的形成, 一方面取决于本身的遗传特性, 另一方面取决于外界环境条件。由于棚室内的土壤、光照、温度等诸多环境因子都发生了重大变化, 使棚室蔬菜栽培技术远不同于露地, 本研究结合生产实践经验就相关环境调控技术做一综述。

1 土壤环境

1.1 棚室内土壤环境特点

设施土壤长期覆盖栽培缺少降雨淋溶, 改变了土壤自然条件下的水热平衡, 其温、光、水、肥、气等管理与露地不同。随着设施蔬菜的专业化和规模化生产的发展, 设施土壤地表高度集约化经营, 设施内的连作障碍问题也就日趋严重, 土传病虫害、次生盐渍化和自毒作用是引起连作障碍的主要原因。设施内大型机械设备进出不便, 设施土壤缺乏深耕翻, 土壤耕层变浅, 通气透水性变差。过量的不合理的施肥造成土壤营养元素失衡、土壤酸化、土壤中有有机物的矿化与分解速率减缓、土壤中养分的有效性降低。

1.2 棚室内土壤环境与作物生长

土壤是指陆地上能够生长植物的疏松表层, 土壤之所以能生长植物, 是因为土壤具有肥力, 指土壤供给和协调植物生长发育所需要的水分、养分、空气、热量、扎根条件和无毒害物质的能力。土壤组成物质是土壤肥力的基础, 任何一种土壤都是由固液气 3 相物质组成。固体部分包括矿质土粒、有机质、土壤微生物。土壤是植物扎根立足的场所, 它的组成、性质、颗粒大小和配合比率也是土壤性质的产生和变化的基础, 直接影响土壤肥力。

我国不同地区、不同种植年限的设施土壤都有不同程度

的盐渍化发生。土壤中盐离子浓度过高, 会降低植物根际土壤溶液渗透势, 导致其根细胞失水枯萎以致死亡。盐害症状从影响种子发芽到根系发育不良, 气温高时植株表现萎蔫; 再到地上部植株一直表现矮小, 叶色浓绿, 心叶卷缩黄化, 即使能开花结果也出现早衰、畸形果等症状; 甚至植株直接萎蔫枯死^[3-4]。有研究表明, 长期连作, 黄瓜、西瓜、番茄、芦笋等作物的根系分泌物和残茬易引起自毒作用^[5-8]。自毒物质会影响植株根系活力, 从而影响植株生长和产品产量、品质等。作物残体在其分解过程中也会产生某些植物毒素影响下茬作物的生长。连作条件往往又使土壤有益微生物种群和数量降低, 有害微生物增加。连作中作物根系分泌物和植株残体也为病原菌提供了营养及赖以生存的寄主和繁殖场所, 加之棚室又具有相对适宜的繁殖条件, 土壤缺乏雨水淋洗; 设施生产中化肥、农药的过量施用, 土壤环境质量劣化, 导致土壤中病原菌抗药性不断提高。如黄瓜枯萎病、茄子黄萎病, 发生危害逐年加重, 都与温室栽培连作有关; 喜湿病害如黄瓜霜霉病、番茄灰霉病在一些粗放管理的高温高湿的温室环境中发生尤为严重; 白粉虱、美洲斑潜蝇等因棚室栽培, 不仅能发生危害, 而且为大田提供了大量病原菌, 形成周年循环危害^[9]。过量不合理的施肥, 使得养分供求比例严重失衡; 再加上单一作物连作对某些养分选择性吸收, 使得土壤中某些矿质营养元素特别是微量元素相对缺乏, 从而导致植株体内营养失调出现生理性病害, 如番茄脐腐病、青椒小果、黄瓜苦味、莴苣叶烧病等^[10]。设施栽培条件下土壤酸化明显, 并且设施种植年限越长, 土壤的 pH 值下降越明显。土壤酸化影响作物根系正常生长发育, 从而影响根系对土壤中水分和养分的吸收, 特别是影响磷、钙、镁等的吸收, 因此易于发生某些生理性病害, 如白菜根肿病、芹菜裂茎、萝卜糠心等的发病率显著增加^[11]。土壤酸化也影响作物产量及地上部一些器官的生长发育。

1.3 棚室内土壤环境的调控

由于棚室自身环境特点、长期连作、不合理的施肥以及管理方式不当等原因, 使得棚室蔬菜生产中出现了严重的土壤生态问题。现根据存在问题结合实践和文献资料, 提出相应技术措施。

1.3.1 土壤处理技术 (1) 秸秆还田与地膜覆盖。施用稻草等作物秸秆不仅能提高土壤有机质含量, 也能显著改善土

收稿日期: 2014-09-12

基金项目: 江苏省溧阳市科技项目 (编号: LB2013004)。

作者简介: 管安琴 (1982—), 女, 江苏扬州人, 硕士, 助理研究员, 主要从事蔬菜栽培技术研究。E-mail: guananaqin@163.com。

通信作者: 沙国栋, 研究员, 主要从事无公害蔬菜栽培技术研究。

壤理化性质,用地膜覆盖或地面撒施木屑,可减少土表水分蒸发,有良好的抑盐效果。沙国栋等研究指出,施用 75 000 kg/hm² 腐熟的稻草深翻 35 cm 以上可以增加土壤有机质,保持土壤疏松,形成较深的耕作层,改良作物根系环境^[12]。张春兰等研究指出,土壤中施用稻草可以降低土壤电导率,提高土壤养分的有效性,而且稻草在分解过程中形成的中间产物——有机酸及酚类化合物还有抑制土壤传染性病害的作用^[13]。

(2) 高温闷棚与深耕翻、喷滴灌。土壤深耕 30 cm 以上,形成较深的耕作层,增加土壤通气透水性,利于作物根系生长发育,增强作物抗逆性。深耕翻要与有机肥的施用相结合,充分耕翻确保肥料均匀。高温闷棚 15 d 以上,利用持续的高温杀灭棚室内土表的病菌,棚室内蓄积热量栽培畦温度升高,加速土壤熟化。地膜覆盖的栽培畦在持续高温强光条件下产生的气体对地下害虫及根际线虫有很好的杀灭作用。采用膜下滴灌措施,减少水分蒸发,防止土壤盐分向上层积聚,能有效防止土壤盐渍化,对盐分高的土壤在栽培前浸泡 1 次透水洗盐;夏季利用换茬空隙,用喷灌或撒膜淋雨溶盐,使土壤表层盐分随雨水流失或淋溶到土壤深层。

(3) 增加有益微生物。微生物肥料可以扩大和加强作物根际有益微生物的活动,增加作物养分和改善营养条件,是有机栽培的一种辅助性肥料,使用时应选择国家允许使用的优质产品。如 EM 原露(一种有效微生物活菌制剂)在改良土壤、提高肥力、抑制土壤有害微生物的生存与繁殖、增强植物代谢功能等方面可收到较好效果,能在一定程度上缓解连作障害、土壤酸化、盐渍化等问题^[14]。

1.3.2 合理平衡施肥 根据土壤养分状况和不同蔬菜作物的需肥特性制定施肥方案。增施有机肥,化肥减量配施,并推广应用水肥一体化技术。汤宏等发现在适宜的范围内施用有机肥,能提高蔬菜产品的维生素 C 含量,蔬菜可溶性糖含量随着有机肥用量的增加而增加,同时能降低蔬菜中硝酸盐的积累^[15]。但是不同种类的有机肥对主要蔬菜种类重要品质参数的影响也有所差别,因此有必要进一步找出和摸清有机肥种类及用量-产量-品质三者之间促进、制约、消长与平衡的规律,以便为制定和推荐蔬菜有机肥的合理施用技术提供理论依据。王冰清等研究报道化肥减量及配施不同比例的有机肥对黄瓜、苦瓜、甘蓝的产量没有显著影响,但能显著提高这 3 种蔬菜的可溶性糖、维生素 C、蛋白质含量,降低蔬菜中的硝酸盐含量^[16]。施肥分成有机和无机两部分,有机肥作为基肥,而无机肥可以根据作物各阶段的需要配成营养液,随滴灌一起施入土壤中。营养液滴灌既可做到定时定量,又能减少养分的损失和防止养分过多的积累。

1.3.3 连作障碍防治 将生态适应性差异较大的不同科作物实行轮作,可以从源头切断病虫害的繁殖和蔓延,还可以改变连作对土壤养分吸收的片面性。在专业化程度高的地区,对一些不耐连作的作物可采用嫁接技术。目前,生产上西瓜、甜瓜、黄瓜、番茄、茄子都不同面积地采用了嫁接技术。在土传病害和次生盐渍化严重的地区,采用基质栽培技术是彻底解决这些土壤生态问题,实现作物高产稳产优质高效的有效途径。另外,根际自生细菌的应用已成为一个新的研究方向,目前正处于采用转基因技术改造根际自生细菌,以改变土壤

微生物结构,消除连作造成的微生物结构的破坏,有效防治土传病虫害发生的阶段^[17]。

2 光照环境

2.1 棚室内光照环境特点

设施用的玻璃或塑料薄膜具有大量透过短波辐射,很少透过长波辐射的特性,温室或塑料大棚内白天大量透过太阳辐射,被地面和物体吸收,棚室内向外发出的长波辐射大部分被截留,这样使太阳能转化为热能,蓄积在棚室内,使温度升高。

2.2 棚室内光照环境与作物生长

光照是植物进行光合作用最重要的能量源,它可直接影响光合碳循环中光调节酶的活性,也可通过影响植物生长环境,如温度、湿度等来间接影响植物的生理生化过程。它也是花芽分化、开花结果等形态建成和控制生长过程的能量源。因此,光照是园艺设施中及其重要的环境因素。光照对植物生长发育的影响主要表现在光照强度、光周期、光质 3 个方面。由于受棚室方位、骨架结构、覆盖材料特性及其洁净程度以及深秋、冬季和早春季节性不良气候条件的影响,常会造成光照强度与光照时间不足,使喜强光的果菜作物长期生长在弱光逆境中,导致植株生长细弱、落花落果、果实发育迟缓、含糖量降低、产量下降、品质变劣。沙国栋等研究指出,黄瓜在寡照条件下,首先表现为植株软弱,子房发育迟,果实膨大慢;随着寡照持续时间增加,中上部叶的叶缘向外侧或内侧微卷,生长点附近的新叶黄化,经测定在持续寡照条件下,大量元素吸收相对过剩,钙、镁等中量元素吸收相对不足,营养失调导致生育障碍^[12]。据曹阳报道,近年来国内外研究了从光质、照度、光照时间方面对冬季温室进行补光均对果菜类蔬菜的生长发育、产品品质、生理生化的不同方面产生了不同程度的积极影响^[18]。如红光处理的番茄幼苗营养生长旺盛、干物质积累多、叶面积扩展快、叶绿素含量升高、气孔导度及蒸腾速率增加、光合速率显著高于其他处理。4 000 ~ 10 000 lx 范围内,随着补光强度的增大,植株增高、茎粗增加、叶面积变大,叶绿素含量升高、果实可溶性糖与可溶性蛋白含量上升,明显促进黄瓜幼苗生长。季节的辐射变化强烈影响番茄的早期产量,给番茄相同的辐射日总量,短光照时间比长光照时间更能促进开花。此外,适当提高照度、优化光质、延长光照时间都能显著降低蔬菜中的硝酸盐含量,在 LED 光照栽培下仅通过优化光质便有可能使蔬菜的硝酸盐含量降低 20% 以上^[19]。

2.3 棚室内光照环境的调控

2.3.1 棚室建造合理 根据当地的地理位置和气候条件选择适宜的园艺设施,并按照适当的方位建造。北方重点是发展节能日光温室;长江流域是发展以防寒、保温、遮阳、避雨栽培为主的大棚;华南地区是以扩大昼夜温差为主要目的,发展冬季塑料大棚^[1]。确定好适合的园艺设施还要合理的前后邻栋棚室的间距,如在日光温室小区的建设规划中,为了保证 10 ~ 14 h 前栋温室对后栋温室不遮光和充分合理地利用土地,南北相邻两栋温室之间的距离应不小于前栋温室脊高(含草苫卷起后的高度)的 2.8 倍与前栋温室后坡水平投影长度和后墙厚度之和的差^[20]。同时日光温室还要设计优化前坡面采光角度。

2.3.2 选用优质的塑料薄膜 选用透光性好、防尘抗老化、无滴透明膜。最好采用新膜,新膜使用一段时间后也要经常冲洗棚面的灰尘、水滴等以保持棚面清洁,增加棚膜的透光率,下雪天要及时清除棚面积雪,以免影响光照。

2.3.3 应用适宜的增光补光技术 日光温室可在后墙上挂上反光膜,地膜铺设也能增加光照。连续阴雨天可用 LED 灯、生物效能灯等进行人工补光。李萍萍等发现,镉灯补光效果最好,光谱能量分布接近日光^[21]。对温室番茄人工补充紫外线 B 可提高番茄红素含量 10%、维生素含量 16%^[22]。

2.3.4 采用合理栽培管理技术 选择南北行向,宽窄行栽植,栽植密度合理,及时进行整枝、打杈、摘心、摘除老叶等田间管理。冬季早春栽培时要适时揭盖保温材料,延长见光时间,也要及时清除棚膜灰尘,以保证透光性能。

3 温度环境

3.1 棚室内温度环境特点

棚室内温度的变化具有升温快、温差大、晴天气温变化剧烈、阴雨天变化平缓 and 分布不均等特点。棚室内光照条件不仅影响蔬菜的生长,而且还直接影响温度、湿度等其他条件。温室大棚的薄膜反射了一部分光照,加上薄膜的老化、尘埃水滴的附着等影响透光,设施内光照度仅为设施外的 50%~80%。

3.2 棚室内温度环境与作物生长

温度对植物生长的影响很大程度上可归因于它对酶系统活性的影响。当温度升高时,基质和酶分子的动能增大,反应速度较快,但是如果温度超过了限度,酶就会急剧变性。无论何种生物的生命活动都需要在一定的温度范围内才能进行,生物的每一生命活动都有其最高温度、最低温度和最适温度。温度与影响植物生长的所有其他因素的共同点是,它的影响永远不能孤立地去考虑,而是随着植株的年龄或部位、植株的水分与营养状况,以及它所经历的温度状况与辐射能量水平而变化。温度对光合作用的影响很大,随着温度的升高,其光合作用逐渐增强,到达某个温度时,光合速率达到最大,温度如果继续升高,由于呼吸消耗增加,净光合作用反而下降。如不同叶龄的黄瓜叶片对温度的反应也不相同,完全展开 10 d 内的叶片光合速率高,对温度的反应也敏感;完全展开 20 d 后的衰老叶片不仅光合速率低,而且对温度变化的反应也不敏感。黄瓜光合作用的最适温度为 25~32℃;光合作用的温度下限为 3~6℃,上限为 42~44℃。35℃以上光合作用开始下降,40℃以上光合作用急剧衰退,代谢机能受阻^[23]。温度从 3℃升高到 33℃,番茄光合产物的传输速度加快。如夜间温度较低只有 8℃,白天的光合产物中有相当大的一部分滞留在叶片中,对翌日的光合作用产生不良影响;如夜间温度较高大于 13℃,光合产物的传输速度加快,但因呼吸作用加强而消耗量增加^[24]。

3.3 棚室内温度环境的调控

3.3.1 变温管理方法 随着昼夜光照时间的变化,作物的生理活动中心不断转移,依据作物生理活动中心将 1 d 分为若干时段,并设计出各时段适宜的管理温度,以促进同化产物的创造、运转和合理分配,同时降低呼吸消耗。白天为增进光合作用时间带,傍晚至前半夜为促进光合作用运转时间带,后半

夜为抑制呼吸消耗时间带,变温管理适温的具体指标,不同作物种类、品种、生育阶段,以及白天照度等不同而有所差异。设计变温管理的目标温度时,一般上午和中午为增进光合作用时间带,温度控制在白天适温上限左右;下午作物需要转化上午的光合产物,出现光合效率下降趋势,温度控制在白天适温的下限左右;傍晚 4~5 h 比夜间适温上限提高 1~2℃以促进运转,其后以下限温度作为通常的夜温;后半夜温度保持在能正常生育的最低界限温度抑制呼吸消耗。各个时间带的长度及时间分界点,还有待进一步深入研究。

3.3.2 保温设施与技术 南方地区冬季栽培可以采用多层覆盖的方式达到保温效果。可采取大棚内套中棚,中棚内套小棚,小棚上覆盖棚膜外再加 1 层无纺布,这样可以较好保持设施内的温度。北方地区的日光温室多采取在设施外覆盖草帘、保温被等材料进行保温。由于部分日光温室存在设施不规范、设计不科学、施工不规范等问题给设施蔬菜冬春季的生产造成诸多不利影响,可以根据实际需要对这些温室作出适当整改。如樊平声等设计的淮北地区新型材料日光温室就有建造成本不高、光热环境合理、保温效果好等优点^[25]。还可以对棚室内地面覆盖地膜、铺草等,以减少水分蒸发和热量损失;在温室的前沿及两侧设置防寒沟,以防止地中热量的横向流出。

3.3.3 加温管理技术 覆盖后还不足以保持设施内的温度,还可以采用临时加温措施,如电热加温、炉火加温等。电热加温耗电多、电热线耐用年限短,一般多用于育苗床;炉火加温一定要架设烟道,避免有害气体在设施内的累积。

3.3.4 降温管理技术 通风换气管理主要是降温,兼顾排除湿气、补充 CO₂,是设施栽培最主要的技术措施之一。夏季温室大棚内的温度过高,利用自然通风换气降温,容易达到作物生长要求的温度。也可以在通风换气时直接向作物喷雾,用叶面水分蒸发降低作物体温。此外,还可以加盖遮阳网,改良棚室结构等以达到降温目的。如冯伟民等设计的改良型通风防虫大棚,通过加大两侧通风口高度、增开两端通风窗、将大门与通风窗覆盖 20 目防虫网,在 5 月的晴热天气可以比普通大棚降低 7.5℃^[26]。

参考文献:

- [1] 农业部设施园艺发展对策研究课题组. 我国设施园艺产业发展对策研究[J]. 现代园艺, 2011(5): 13-16.
- [2] 郭世荣, 孙 锦, 束 胜, 等. 我国设施园艺概况及发展趋势[J]. 中国蔬菜, 2012(18): 1-14.
- [3] 赵凤艳, 吴风芝, 刘 德, 等. 大棚菜地土壤理化特性的研究[J]. 土壤肥料, 2000(2): 11-13.
- [4] 郭文忠, 刘声锋, 李丁仁, 等. 设施蔬菜土壤次生盐渍化发生机理的研究现状与展望[J]. 土壤, 2004, 36(1): 25-29.
- [5] 李 明, 税军峰, 马永清. 化感作用在设施黄瓜连作中的应用研究[J]. 中国生态农业学报, 2006, 14(4): 25-28.
- [6] 耿广东, 程智慧, 孟焕文, 等. 西瓜化感作用及其机理研究[J]. 果树学报, 2005, 22(3): 247-251.
- [7] 王广印, 韩世栋, 张建伟, 等. 番茄种子及其萌发期化感作用分析[J]. 植物资源与环境学报, 2013, 22(1): 94-101.
- [8] 李敬雷, 包兰春, 刘丰亮, 等. 芦笋根腐解物对作物种子萌发及胚根伸长的影响[J]. 河北农业大学学报, 2010, 33(4): 43-45.

张玲丽,李文甲,李惠霞.水分处理对番茄侧枝扦插叶片部分生理指标及叶绿素荧光参数的影响[J].江苏农业科学,2015,43(9):194-196.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2015.09.062

水分处理对番茄侧枝扦插叶片部分生理指标及叶绿素荧光参数的影响

张玲丽¹,李文甲²,李惠霞¹

(1.银川能源学院生物工程系,宁夏永宁 750105; 2.宁夏农业学校,宁夏银川 750021)

摘要:以“瑞克斯旺 409”番茄侧枝为试材,研究了不同水分处理(25%、50%、75%、常规灌水量)对番茄侧枝扦插叶片可溶性糖、可溶性蛋白及 F_v/F_m 和 F_v/F_o 指标的影响。结果表明:在青熟期 50%、75% 处理叶片的可溶性蛋白积累量显著大于常规灌水量处理; F_v/F_m 和 F_v/F_o 在 14:00 之前呈现下降趋势并在 14:00 达到最低;在 14:00 以后,随着光强减弱、温度降低, F_v/F_m 和 F_v/F_o 逐渐升高,在 19:00 基本达到 06:00 水平;50% 处理的 F_v/F_m 一直保持在正常范围 0.8 左右,并且一天当中的变化趋于稳定。

关键词:番茄侧枝;扦插;可溶性糖;可溶性蛋白; F_v/F_m ; F_v/F_o 。

中图分类号: S641.201 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2015)09-0194-03

叶绿素荧光动力学是以光合作用理论为基础,利用体内叶绿素 a 荧光,研究和探测植物光合生理与逆境胁迫关系的理想探针,是近年来在光合作用机理研究中发展的一种新型、快速、简便、准确、无损伤的检测植物光合作用生理状况的新兴技术,研究和探测植物光合生理状况及外界因子对其细微影响的新型活体测定和诊断技术^[1]。近年来,随着叶绿素荧光理论和测定技术的进步,大大推动了光合作用超快原初反应及其他有关光合机理的研究,因而在作物各种抗性生

理^[2-3]中得到了广泛的应用,显示出广阔的应用前景。

番茄具有较强的分枝和发生不定根能力,根据这一特点,可以利用枝条(侧枝)进行扦插栽培。扦插用的枝条来源广泛,扦插的成活率高,可达 90% 以上。番茄侧枝扦插育苗较播种育苗具有节省种子、成本低、育苗时间短、管理方便、提高繁殖系数等优点^[4]。此外,侧枝扦插属于无性繁殖,是无性繁殖中最简便易行、应用最广的方法,可较好地保持本品种的特性,适宜一代杂种的繁育^[5]。本试验在进行了自根苗与侧枝扦插苗的预试验基础上,选出各项指标表现较好的扦插苗进行不同灌溉量试验,探讨不同灌溉量对番茄侧枝扦插苗叶绿素荧光参数级部分生理指标的影响,为番茄侧枝扦插栽培技术筛选出最适宜的灌溉标准。

收稿日期:2014-09-01

基金项目:银川能源学院校级科研课题。

作者简介:张玲丽(1983—),女,宁夏平罗人,硕士研究生,讲师,从事蔬菜生理与栽培技术研究。E-mail:lingli0117@163.com。

- [9]李晓仁,李虹,魏文生.日光温室病虫害发生原因浅析与综合防治对策[J].北方园艺,2000(4):45-46.
- [10]马朝红,方建坤.蔬菜土壤养分积累状况与环境风险[J].长江蔬菜,2000(12):43-45.
- [11]余海英,李廷轩,周健民.设施栽培中逆境对园艺作物生长发育及其病害的影响[J].土壤通报,2006,37(5):1027-1032.
- [12]沙国栋,赵金元,俞建人,等.苏南地区设施蔬菜持续高效技术研究初报[J].沈阳农业大学学报,2000,31(1):127-129.
- [13]张春兰,张耀东,朱建春,等.施用稻草对防治保护地土壤盐渍化的作用[J].土壤,1994(3):146-148.
- [14]臧壮望.保护地土壤障碍与综合治理[J].蔬菜,2002(6):21-22.
- [15]汤宏,张杨珠,曾掌权,等.施用有机肥对蔬菜品质影响的研究进展[J].湖南农业科学,2009(6):69-72.
- [16]王冰清,尹能文,郑棉海,等.化肥减量配施有机肥对蔬菜产量和品质的影响[J].中国农学通报,2012,28(1):242-247.
- [17]高群,孟宪志,于洪飞.连作障碍原因分析及防治途径研究[J].山东农业科学,2006(3):60-63.
- [18]曹阳.冬季温室补光对果菜类作物生长发育的影响[J].河

北农业科学,2009,13(3):10-12.

- [19]周晚来,刘文科,杨其长.光对蔬菜硝酸盐累积的影响及其机理[J].华北农学报,2011,26(S2):125-130.
- [20]杜春华.日光温室冬春茬蔬菜生产的环境调控技术[J].吉林蔬菜,2007(4):22.
- [21]李萍萍,毛罕平,王多辉,等.智能温室综合环境因子控制的技术效果及合理的环境参数研究[J].农业工程学报,1998,14(3):202-206.
- [22]王英利,王勋陵,岳明. UV-B 及红光对大棚番茄品质的影响[J].西北植物学报,2000,20(4):590-595.
- [23]庞吉安,马德华,李淑菊.黄瓜光合作用的研究[J].天津农业科学,1997,3(4):10-17.
- [24]陈浙宁.温度对番茄光合产物转输和分配的影响[J].宁夏农林科技,1987(2):57.
- [25]樊平声,冯伟民,苗彩霞,等.淮北地区新型材料日光温室设计及使用技术[J].江苏农业科学,2012,40(11):382-384.
- [26]冯伟民,管安琴,沙国栋,等.改良型通风防虫大棚温湿度变化及其对番茄生长的影响[J].江苏农业学报,2012,28(6):1409-1412.