

## 蒋卫杰博士：聚焦生产一线（五十一）

## 无后墙新型高效节能温室的结构与生产实践

李春峰<sup>2</sup> 程玉琳<sup>3</sup> 于洪军<sup>2</sup> 李忠强<sup>5</sup> 胡玉珍<sup>2</sup> 宋庆成<sup>2</sup> 王秀芝<sup>4</sup>  
 乌朝鲁门<sup>3</sup> 张称心<sup>2</sup> 余宏军<sup>1</sup> 蒋卫杰<sup>1\*</sup>

(<sup>1</sup> 中国农业科学院蔬菜花卉研究所, 北京 100081; <sup>2</sup> 宁城县经济作物工作站, 内蒙古宁城 024200; <sup>3</sup> 内蒙古自治区经济作物工作站, 内蒙古呼和浩特 010010; <sup>4</sup> 赤峰市农牧科学院, 内蒙古赤峰 024000; <sup>5</sup> 宁城县大城子镇农牧业服务中心, 内蒙古宁城 024226)

内蒙古赤峰宁城县开发了一种无后墙新型高效节能温室, 新型温室去掉了 1 个土质后墙和 2 个山墙, 在温室内建土质蓄热墙体起到蓄热和放热作用, 温室南区温度与普通温室相近。与普通日光温室相比, 同等占地面积, 温室种植面积增加了 33%, 提高了种植效益。

宁城县地处蒙冀辽三省交界, 北纬 41° 17' ~ 41° 53' 之间, 内蒙古高原向松辽平原过渡地带, 属温带半干旱大陆性季风气候。年日照时数 2 800 ~ 2 900 h (小时), 年平均气温 6.6 ~ 8.2 °C, 是我国北方日光温室蔬菜最适宜种植区之一。目前, 全县日光温室综合占地面积 1.87 万 hm<sup>2</sup> (28.05 万亩)。普通土质墙日光温室利用 1 个土质后墙和 2 个山墙来储热放热, 加上棉被或草帘覆盖保温, 冬季不加热就能够确保棚内瓜类、茄果类蔬菜安全越冬, 进而取得较高的蔬菜产量和种植效益。这种类型日光温室的主要优点是就地取材, 建棚成本和

生产成本较低, 种植效益较高, 普遍受到从业者的欢迎, 并得到大面积推广应用。但由于土质厚墙体 (1 个后墙和 2 个山墙) 的宽度一般均在 5 m 左右, 占地面积较大, 土地利用率相对较低 (正常情况下种植面积、土墙面积、采光区面积各占综合占地面积的 33%)。同时, 在挖建墙体时破坏了土壤耕作层, 回填的土为生土, 导致棚内耕作层的地力下降, 种植时需补充足量的有机肥和其他营养元素 (N、P、K 及其他中微量元素), 增加了种植成本。为此, 笔者于 2016 年和 2017 年分别在大城子万亩番茄园区的瓦中区 and 南台子区开展了无后墙新型高效节能温室建造模式的探索与生产实践, 该类型日光温室 2017 年获得国家实用新型专利证书, 专利号 ZL201621383121.X。新型日光温室与普通日光温室按种植面积计算, 造价相当, 但种植面积扩大了 33%, 提高了土地利用率, 保护了土壤耕作层。同时, 缩短了建棚时间, 建棚只需 30 d (天), 当年就比建普通温室多种植一茬蔬菜。

### 1 新型高效节能温室的结构与建造

1.1 立地条件 选择地势平坦, 土质肥沃 (壤土或沙壤土), 周边无遮挡物 (树、楼房、山体等), 供排水条件便利的地块。

1.2 方位 与普通土质墙日光温室相同, 为了尽可能增加光照时间和光照强度, 无后墙新型高效节能温室方位正南偏西 5 ~ 10°。

1.3 建造模式 无后墙新型高效节能温室的建造去掉了传统的土质后墙和山墙, 形成了南北 2 个棚面和 2 个种植区。2 个山墙用砖砌三七墙, 红土

李春峰, 男, 推广研究员, 主要从事设施农业技术推广工作, 电话: 0476-2840060, E-mail: 120296051@qq.com

\* 通讯作者: 蒋卫杰, 男, 研究员, 主要从事设施蔬菜的研究与推广工作, 电话: 010-82108797, E-mail: jiangweijie@caas.cn

收稿日期: 2018-08-20; 接受日期: 2018-08-25

基金项目: 内蒙古科技创新引导奖励基金项目〔内财科(2017)330号〕, 国家大宗蔬菜产业技术体系项目(CARS-23), 农业部园艺作物生物学与种质创制重点实验室项目

泥灌缝抹平墙面。越冬生产时,南北2个棚面均用PO膜加1层草帘和1层棉被保温覆盖,北棚面白白天不揭帘,种植区种植耐阴作物,如茺荑(香菜)等。越夏生产时,南北两区同时定植,同期生产。为了保证越冬生产作物对温度的需求,在南区作业堑北

侧2个脊柱间建土质墙垛(就地取土掺10%糜黍秸和泥垛成),用于白天蓄热、晚上放热。在极端天气下,为了防止南区作物受低温冷害,在2个种植区靠北区侧用反光幕或棚膜遮挡,尽量减少南区热量的散失。具体建造模式和参数见图1。

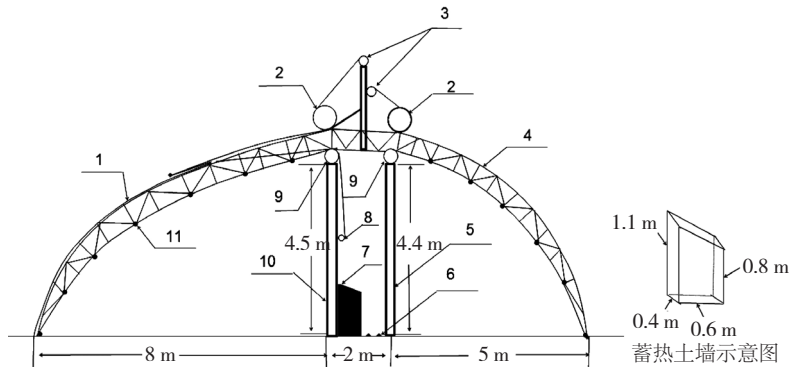


图1 无后墙新型高效节能温室截面图

1, 南棚架; 2, 草帘、保温被; 3, 卷帘机轴杠; 4, 北棚架; 5, 北立柱; 6, 生产用运输轨道; 7, 蓄热土墙; 8, 模拟通风器; 9, 南北横梁; 10, 南立柱; 11, 横拉筋。

**1.3.1 拱架** 拱架为上下弦结构,上弦为 $\phi$ (直径)20 mm 厚壁钢管,下弦为 $\phi$ 12 mm 螺纹钢筋,上下弦斜拉筋为 $\phi$ 10 mm 螺纹钢筋。拱架间距90 cm,拱架间用 $\phi$ 12 mm 螺纹钢筋相连,南区拱架拉筋共7道,北区拱架拉筋6道。

**1.3.2 立柱、横梁** 南北两区立柱均为 $\phi$ 60 mm 厚壁钢管,南区立柱高4.5 m,脊高5.0 m,北区立柱高4.4 m,脊高4.9 m。横梁为 $\phi$ 89 mm 厚壁钢管。

**1.3.3 覆盖材料** 棚膜选用无滴PO膜。南北两个棚面均用1层草帘加1层棉被覆盖,每平方米草帘3 kg、棉被1.82 kg,长度和宽度根据棚体实际确定。

**1.3.4 卷帘机** 采用上拉式卷帘机,卷帘机立柱及卷轴为 $\phi$ 40 mm 厚壁钢管,立柱间距2.7 m,180 m 长棚卷帘机为3.0 kW。南北2个棚面均需要保温覆盖,因此,南北2个棚面各安装一部卷帘机。单个棚面根据温室长度确定卷帘机的安装数量,正常情况下,120 m 长棚安装1个2.2 kW 的卷帘机。

**1.3.5 跨度** 温室跨度15 m,其中南区8 m,北区5 m,中间过道2 m。

**1.3.6 蓄热土墙** 在南区立柱下建高、宽、长分别为110、40、60 cm 的土质墙垛,每个墙垛的间距与南区立柱间距同步。为了尽量使北区不被墙垛遮光,土质墙垛南高北低(图1中7所示)。

**1.3.7 其他附属设施** 在人行道铺设角钢轨道(图

1中6所示),用于运输蔬菜产品及其他生产用物料;南区棚面放风口用手自一体模拟通风器(图1中8所示)进行放风、关风管理;施肥、浇水用水肥一体机完成。

**1.3.8 建造成本** 根据2016、2017年两年无后墙新型高效节能温室的建造,跨度15 m,每延长米平均造价1 600元左右。普通钢架结构日光温室跨度8.5 m,每延长米造价1 100元左右。

## 2 种植茬口安排

宁城县日光温室番茄大多为双茬种植,即秋冬茬和越夏茬。无后墙新型高效节能温室两年生产实践的主栽作物均为硬果粉番茄,采用工厂化穴盘集约育苗方式。栽培方式同普通日光温室番茄,采取大垄高台地膜覆盖水肥一体化栽培模式。

**瓦中区:**2016年4月开工建造1栋长度为100 m 的新型节能温室,越夏茬番茄5月3日南北区同时定植,7月下旬始收,采收期40 d(天)左右;越冬茬番茄南区定植时间为9月15日,2017年2月中旬至4月上旬采收上市,采收期60 d(天)左右。北区于2016年9月26日播种茺荑(香菜)和小白菜(油菜),12月初生产结束,生产期70 d(天)左右。2017年南北区越夏茬、南区越冬茬生产种植情况与2016年相同,北区越冬茬休耕。

**南台子区:**2017年5月建造2栋长度分别为

170、185 m 的无后墙新型高效节能温室，秋冬茬番茄定植时间 9 月 6 日（南北区同时定植），11 月下旬至翌年 1 月中旬采收上市，采收期 45 d（天）左右。

### 3 温室温度监测结果

为监测无后墙新型高效节能温室（南区）和普通日光温室在相同外界环境条件下温室内温度的变化情况，笔者选择两年的 12 月 15 日至翌年 1 月 15 日每天进行温室温度监测，监测结果如下：瓦中区 2016~2017 年生长季，外界环境日最低温度为 2017 年 1 月 15 日，温度为  $-20.2\text{ }^{\circ}\text{C}$ ，无后墙新型高效节能温室南区、普通日光温室内最低温度分别为  $8.6$ 、 $9.1\text{ }^{\circ}\text{C}$ ，2 种类型温室相差  $0.5\text{ }^{\circ}\text{C}$ ，温度相近（表 1）。南台子区 2017~2018 年生长季，外界环境日最低温度为 2017 年 12 月 15 日，温度为  $-22.3\text{ }^{\circ}\text{C}$ ，无后墙新型高效节能温室南区、普通日光温室

表 1 瓦中区 2016 年 12 月 15 日至 2017 年 1 月 15 日新型节能温室南区与普通温室温度变化情况  $^{\circ}\text{C}$

日期	外界环境温度		新型节能温室南区温度（单层棉被）		普通温室温度（草帘+棉被）	
	最高	最低	最高	最低	最高	最低
	2016-12-15	-1.9	-13.0	28.2	8.8	27.1
2016-12-17	5.3	-9.7	29.0	8.3	28.4	9.9
2016-12-19	7.4	-11.4	28.1	9.1	28.6	11.2
2016-12-21	-0.1	-9.1	28.0	11.0	25.1	12.0
2016-12-23	-2.3	-12.8	27.4	9.1	28.5	12.6
2016-12-25	3.5	-12.8	28.2	9.5	27.8	12.5
2016-12-27	-3.1	-19.4	27.9	8.1	28.9	8.9
2016-12-29	-1.6	-18.9	26.2	7.7	28.9	8.6
2016-12-31	6.2	-12.8	28.2	9.8	29.0	10.7
2017-01-01	8.5	-9.2	28.7	10.0	29.2	11.2
2017-01-03	8.1	-8.6	27.9	10.9	29.9	12.1
2017-01-05	1.8	-12.6	26.5	10.5	27.4	11.3
2017-01-07	-0.1	-6.5	24.2	9.5	25.6	11.5
2017-01-09	-1.0	-13.6	25.2	9.2	25.6	11.7
2017-01-11	-0.3	-15.3	27.2	9.2	28.1	11.3
2017-01-13	-2.1	-14.9	27.9	9.9	29.4	9.9
2017-01-15	-4.3	-20.2	26.3	8.6	29.0	9.1
平均	1.4	-12.9	27.3	9.3	28.0	10.9

内最低温度分别为  $10.2$ 、 $10.7\text{ }^{\circ}\text{C}$ ，2 种类型温室相差  $0.5\text{ }^{\circ}\text{C}$ ，温度相近（表 2）。2018 年 1 月 2 日每隔 2 h（小时）监测外界温度和南台子区的无后墙新型高效节能温室南区温度变化（表 3），外界最低温在 8:00 为  $-21.4\text{ }^{\circ}\text{C}$ ，新型高效节能温室南区温度为  $9.9\text{ }^{\circ}\text{C}$ ，说明在外界环境温度低于零下  $20\text{ }^{\circ}\text{C}$  时，新型温室南区温度接近  $10\text{ }^{\circ}\text{C}$ ，能确保温室内作物安全越冬，并与普通日光温室一样能够正常生产。

### 4 种植效益

瓦中区无后墙新型高效节能温室 2016 年建设当年即投产进行越夏茬生产，南北两区同时定植汉姆 1 号硬粉番茄，南区每  $667\text{ m}^2$  番茄产量  $8\ 500\text{ kg}$ ，平均售价  $4.0\text{ 元}\cdot\text{kg}^{-1}$ ，效益 3.4 万元；北区每  $667\text{ m}^2$  番茄产量  $7\ 260\text{ kg}$ ，平均售价  $4.0\text{ 元}\cdot\text{kg}^{-1}$ ，效益 2.9 万元。越冬茬南区种植汉姆 1 号硬粉番茄，每  $667\text{ m}^2$  番茄产量  $6\ 330\text{ kg}$ ，平均售价  $5.6\text{ 元}\cdot\text{kg}^{-1}$ ，

表 2 南台子区 2017 年 12 月 15 日至 2018 年 1 月 15 日新型节能温室南区与普通温室温度变化情况  $^{\circ}\text{C}$

日期	外界环境温度		新型节能温室南区温度（单层棉被）		普通温室温度（草帘+棉被）	
	最高	最低	最高	最低	最高	最低
	2017-12-15	-3.4	-22.3	25.2	10.2	26.4
2017-12-17	-0.8	-19.5	25.9	9.8	26.4	11.1
2017-12-19	-0.5	-19.2	26.3	11.9	25.6	11.2
2017-12-21	5.2	-15.8	27.4	11.7	26.9	12.9
2017-12-23	4.0	-15.8	25.1	10.8	26.3	11.9
2017-12-25	0.6	-18.6	25.5	11.0	25.9	11.6
2017-12-27	-3.4	-19.2	26.3	11.9	25.9	12.2
2017-12-29	-1.0	-15.7	25.6	11.3	26.1	12.3
2017-12-31	6.0	-16.0	26.9	11.3	27.3	11.2
2018-01-01	-3.1	-18.2	24.9	11.2	25.3	11.1
2018-01-03	-2.3	-19.6	25.9	10.7	26.3	11.4
2018-01-05	-1.3	-18.1	26.7	10.9	27.1	10.3
2018-01-07	1.2	-10.6	24.8	13.2	24.6	12.3
2018-01-09	-6.3	-15.3	22.0	10.9	22.1	10.2
2018-01-11	-7.7	-17.4	26.3	10.3	25.5	9.7
2018-01-13	4.2	-16.0	24.9	11.3	24.7	10.7
2018-01-15	-2.7	-16.6	21.8	11.9	21.3	11.0
平均	-0.7	-17.3	25.4	11.2	25.5	11.3

表 3 南台子区 2018 年 1 月 2 日新型节能温室与外界环境温度变化情况  $^{\circ}\text{C}$

时间	外界环境温度	节能温室南区温度	时间	外界环境温度	节能温室南区温度	时间	外界环境温度	节能温室南区温度
0: 00	-16.6	11.8	8: 00	-21.4	9.9	16: 00	-4.4	15.8
2: 00	-18.4	11.1	10: 00	-13.2	16.3	18: 00	-8.9	14.8
4: 00	-19.8	10.7	12: 00	-5.4	26.5	20: 00	-10.9	13.5
6: 00	-20.7	10.3	14: 00	-3.5	23.7	22: 00	-12.9	12.6

# 高山蔬菜产区土壤障碍因子分析及消减技术

赵书军<sup>1</sup> 邱正明<sup>2</sup> 徐大兵<sup>1</sup> 余宗波<sup>3</sup> 佘国涵<sup>1</sup> 朱凤娟<sup>2</sup>

(<sup>1</sup> 农业农村部废弃物肥料化利用重点实验室, 湖北省农业科学院植保土肥研究所, 湖北武汉 430064; <sup>2</sup> 湖北省农业科学院经济作物研究所, 湖北武汉 430064; <sup>3</sup> 武汉益锦祥生物环保有限公司, 湖北武汉 430070)

我国高山蔬菜产区面临连作障碍突出、土壤肥力下降、水土流失严重, 连作性病虫害发生日益增多等问题, 推广有机肥部分替代化肥、施用土壤调理剂、测土配方施肥、“土坎+生物埂”生物护土、土壤生物修复等土壤障碍因子消减技术, 可改善土壤质量、促进增产增收, 从而保证高山蔬菜产业的可持续发展。

高山地区利用夏季高温季节山区独特的天然冷凉气候和良好的生态条件生产喜冷凉蔬菜, 可在6~9月高温季节缓解平原地区部分蔬菜供应的“伏缺”。我国高山蔬菜生产基地主要分布在秦岭和南岭之间的武陵山区、秦巴山区、大别山区、乌蒙山区的120多个高海拔(海拔800~2600 m)主产县(市), 2014年播种面积已达133.3万hm<sup>2</sup>(2000

赵书军, 男, 研究员, 主要从事蔬菜施肥与土壤修复技术研究工作, 电话: 027-88430565, E-mail: 524754199@qq.com

收稿日期: 2018-05-14; 接受日期: 2018-07-16

基金项目: 国家大宗蔬菜产业技术体系项目(CARS-25-C-02), 湖北省现代农业产业技术体系—蔬菜减肥减药技术集成与示范项目, 湖北省农业科技创新中心项目(2016-620-000-001-020)

效益3.55万元; 北区种植的芫荽(香菜)、小白菜(油菜)每667 m<sup>2</sup>效益0.73万元。与普通日光温室相比, 同样的占地面积, 新型温室每年每667 m<sup>2</sup>可增加效益3.63万元。

南台子区2017~2018年生产季, 南北两区秋冬茬同时定植汉姆1号硬粉番茄, 南区每667 m<sup>2</sup>番茄产量6560 kg, 平均售价3.6元·kg<sup>-1</sup>, 效益2.36万元; 北区每667 m<sup>2</sup>番茄产量5450 kg, 效益1.96万元。与普通日光温室相比, 仅这一茬口就增加效

万亩), 产值逾500亿元。但迅猛发展的高山蔬菜产业也衍生出一系列生产技术问题, 制约着产业的进一步健康可持续发展, 主要表现在连作障碍突出、土壤肥力下降、水土流失严重, 连作性病虫害发生日益增多, 蔬菜生产效率下降、品质降低。因此, 土壤保育和修复是高山蔬菜产区面临的重要问题, 推广以提高土壤有机质和pH值、平衡土壤养分、减少水土流失、改善土壤生物性状和减少连作病害为主要目标的土壤保育与修复技术对高山蔬菜产业的可持续发展具有重要意义。

## 1 高山蔬菜产区土壤主要障碍因子分析

1.1 局部盲目过度开垦, 水土流失严重 高山蔬菜产区多为典型的山地, 部分田块坡度大于25°, 不适宜常年翻耕。但由于高山蔬菜经济效益较突出, 一些地区盲目发展高山蔬菜产业时不注意地形和地势的选择, 随意开垦, 过度开发, 导致山地的生态环境被破坏, 水土流失加剧; 另外, 大量的蔬菜次品和下脚料被遗留在产地或加工场地任其腐烂, 已成为高山蔬菜产区一大污染源。不仅在局部破坏了生态环境, 而且影响了高山蔬菜产业自身的可持续发展(邱正明等, 2008; 陈磊夫等, 2014)。

益1.96万元。

两年的生产实践表明, 越冬生产时, 无后墙新型高效节能温室南区定植越冬硬果粉番茄, 与当地普通日光温室一样, 不用加温即可进行越冬生产; 北区可以种植耐阴、耐低温的叶菜类蔬菜。越夏生产时, 两区同步定植硬果番茄, 与普通日光温室越夏茬相比, 扩大了种植面积, 提高了种植效益。因此, 这种无后墙新型高效节能温室在北纬41°左右地区可以应用于生产实践。