

# 塑料大棚蒸汽防冻技术研究初探

矫江 陆志城

庄爱科 任长顺

(黑龙江省农业科学院栽培所·哈尔滨市)

(黑龙江省农科院聚果所·绥化县)

**摘要** 春季在最低气温降至 $-5.7^{\circ}\text{C}$ 时,采用蒸汽防冻技术可使大棚内平均最低温度保持在 $0.8^{\circ}\text{C}$ ,比棚外最低气温高 $6.5^{\circ}\text{C}$ ,比未防冻大棚(CK)高 $4.3^{\circ}\text{C}$ 。秋季,可使棚内最低气温比棚外最低气温高 $4.9^{\circ}\text{C}$ ,比未防冻大棚(CK)高 $3.1^{\circ}\text{C}$ 。初步计算,蒸汽防冻使塑料大棚散热系数降为3.29。应用蒸汽防冻技术,大棚蔬菜病害并未加重。蒸汽防冻与一般加温防冻技术相比较有大棚内增温均匀,对人和蔬菜安全以及不用电等优点。

## 前言

春季,塑料大棚蔬菜定植后经常遇低温发生冻害,造成经济损失,影响蔬菜供应。目前,出现低温时,一般采用围草帘、加扣小棚、盖纸被、明火加温和火炉加温等方法防御。由于春季气温波动幅度大,单靠上述方法,有时很难达到防冻目的。如哈尔滨市1987年4月11日和21日出现的两次低温,尽管人们采取了上述防冻措施,全市大多数塑料大棚蔬菜仍受冻害,直接经济损失达20多万元。1988年4月29日佳木斯市遇到低温,致使该市不少塑料大棚黄瓜全部冻死。所以,研究开发成本低、防冻效果好和简单适用的防冻技术是我国北方塑料大棚蔬菜生产面临的问题之一。

目前,国内外研究应用的塑料大棚防冻技术主要有两方面:一是保温性防冻技术,如建双层薄膜棚、挂活动幕布和各种覆盖

等;二是加温性防冻技术,如暖气管道加温、电暖风加温和油炉燃烧加温等,这些措施防冻效果虽较好,但共同特点是费工、费电、费油、费物资设备,成本较高,电、油等条件也难保证。针对上述情况,1987年我们开始研究塑料大棚蒸汽防冻技术。蒸汽防冻就是在出现低温时,使大棚内充满水蒸汽,靠水蒸汽的覆盖等作用来防止塑料大棚蔬菜发生冻害。关于蒸汽防冻技术在农业上的应用,日本、苏联等国在低洼地防霜冻上曾作过研究,但用蒸汽防御塑料大棚蔬菜冻害,国内外还未见报导。

## 研究方法

利用晚秋和早春的自然低温,采用大棚试验和小棚模拟试验相结合的方法进行研究。试验用棚膜为0.1毫米聚氯乙烯薄膜,用自制蒸汽炉为蒸汽来源,温度计为日本产12点电子阻抗式自动温度记录仪,测湿

度用阿斯曼干湿表。试验在哈尔滨市黑龙江省农科院内和市郊南岗区跃进乡进行。

(一) 蒸汽炉的制作 蒸汽炉的炉体用大铁桶加导烟管制成, 外形见图1。炉体安装在相应的炉灶上, 其热源烟道走向见图2。

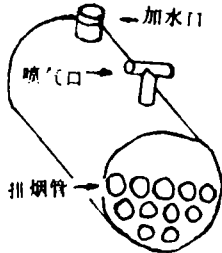


图1 蒸汽炉结构

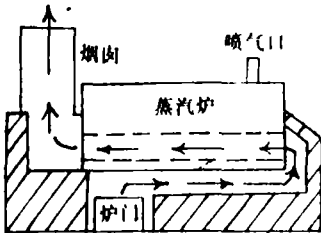


图2 蒸汽炉加热烟道示意图

(二) 温度测定方法 ①春季试验: 1989年春供试两栋大棚均为3月21日扣膜, 一栋为蒸汽防冻处理, 4月2日开始定植黄瓜, 蒸汽炉设于大棚中间, 炉两侧每隔8米设温度仪测点, 测点(h)距地面10厘米; 一栋为对照(CK), 棚中间同样设一测点。棚外距地面高1.5米设一测点(H)。②秋季试验: 1988年秋供试两栋大棚为8月上旬扣膜。栽培作物为青椒。试验时青椒株高约1.0米。蒸汽炉设于大棚北侧入口处, 温度计测点置于青椒表面冠层, 温度计测点距离10米。后又把蒸汽炉置于大棚中间试验。

## 结果与分析

(一) 结果 ①春季试验。表1是4月5日试验结果。4月5日晴, 零时左右棚外气温降

至约0℃, 2时30分左右, 棚内气温接近0℃时使蒸汽炉连续放气防冻。以后棚外气温继

表1 春季防冻增温效果

时 间	测点至蒸汽炉距离 (米)				对照棚 温 度 (CK)	棚 外 温 度
	8	16	24	平均		
2时(放气前)	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	-1.4
3时(放气后)	2.6	1.5	0.8	1.6	-1.0	-3.5
4时(放气后)	2.3	1.3	0.2	1.3	-2.3	-4.5
5时(放气后)	2.0	1.1	0.0	1.0	-3.2	-5.2
放气后最低温度	1.8	1.0	-0.5	0.8	-3.5	-5.7
最低温度比对照	5.3	4.5	3.0	4.3	2.2	

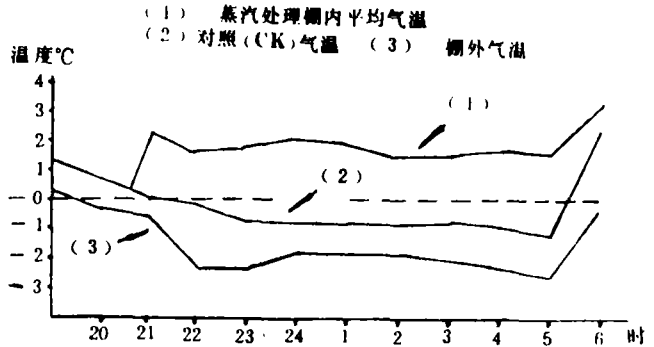


图3 秋季蒸汽防冻塑料大棚内温度变化过程

续下降, 到日出前棚外最低气温降至-5.7℃, 对照棚内气温也降至-3.5℃, 比棚外最低气温仅高2.2℃。蒸汽防冻大棚最低气温平均为0.8℃, 比未防冻大棚(CK)平均提高4.3℃, 比棚外最低气温提高6.5℃。②秋季试验。自10月12日开始棚外气温降到0℃以下, 到10月27日后的16天时间里, 共有四天最低气温低于0℃, 结果, 经蒸汽防冻大棚的青椒均未受冻害, 其中10月12~13日, 0℃以下低温持续9小时, 棚外最低气温-2.5℃, 对照棚内最低气温为-1.2℃, 经蒸汽防冻大棚在水蒸汽覆盖范围内, 棚内气温均保持在0℃以上(见图3)。10月26日2时左右, 棚外气温也降到0℃以下, 2时30分当棚内气温0℃时开始连续放汽防冻, 升温防冻效果见表2。

表2 秋季防冻增温效果 (°C)

时 间	测点至蒸汽炉距离 (米)						对照棚温 CK	棚外 温度
	5	15	25	35	45	平均		
2时 (放气前)	0.4	0.4	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	-0.5
3时 (放气后)	4.4	4.1	3.1	2.1	0.8	2.9	-0.2	-1.9
4时 (放气后)	4.3	4.1	3.1	1.9	0.4	2.8	-0.5	-1.3
5时 (放气后)	4.2	3.9	2.7	1.6	0.2	2.5	-0.7	-1.4
6时 (放气后)	4.0	3.7	2.1	1.1	-0.1	2.2	-1.0	-2.5
放气后最低温度	3.9	3.3	1.9	0.8	-0.3	1.9	-1.2	-3.0
最低温度比对照	5.1	4.5	3.1	2.0	0.9	3.1	1.8	

由表2看出,塑料棚内5个测点平均温度比未防冻大棚提高3.1°C,比棚外最低气温高4.9°C。试验也观察到,蒸汽炉放在大棚一侧,由于蒸汽扩散能力有限,蒸汽并不能完全覆盖大棚,本试验一般可以扩散到50米左右,蒸汽未覆盖的地点几乎无增温效果。为此,又把蒸汽炉置于大棚中间作观察试验,结果,蒸汽可覆盖整个大棚,从而扩大了防冻面积,但其平均增温效果下降,仅比对照棚提高2.1°C。

(二) 分析 ①蒸汽防冻原理:塑料大棚夜间通过透过覆盖塑料膜、大棚缝隙换气和土壤传导向外散热,低温防冻时,大棚封闭较好,缝隙换气散热很小,大棚热量的90%左右是透过塑料膜散热的,因此,夜间加温后,如何减少透过塑料膜散热损失是提高大棚防冻效果的关键。分析蒸汽防冻的机理主要有以下几点:a.燃料为大棚补充热量。燃料燃烧使水变成水蒸汽,水蒸汽在大棚内扩散遇低温后又凝结成水滴同时放出潜热(539卡/克),以后随着温度的下降也放出热量。同时蒸汽炉烟道也可直接放热。b.减少地面长波辐射透过热损失。蒸汽充满大棚,相当于雾团覆盖在作物表面上,减少了作物辐射散热。塑料膜表面也增加了附着水膜厚度,水膜阻挡辐射热透过,降低了辐射热透过率(c)。c.减少塑料膜透过散热。蒸汽炉烟道散热较少,喷出的水蒸汽一般也不超过

110°C,因此降低了点状热源局部高温造成的透过散热损失(a、b)。d.塑料棚内温度分布均匀,提高了加热能源利用率。据1989年4月10日低温时用电炉烧水为蒸汽源,以同工率电炉直接加热为对照作小棚模拟对比试验调查,水蒸汽加温温度分布梯度小,有效范围也较大,热源附近温度也不太高(见图4)。

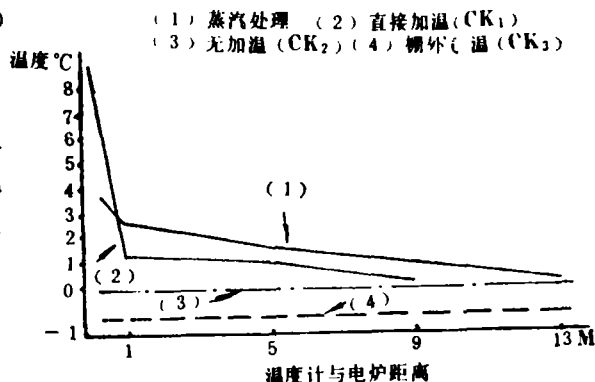


图4 蒸汽防冻与直接加温小塑料棚内温度分布

由以上分析看出,蒸汽防冻技术既是一种加温性防冻技术,又兼有保温性防冻技术的特点,因此,提高了防冻效果。②蒸汽防冻与作物病害:蒸汽防冻时大棚里空气湿度增大,为此,我们调查了蒸汽防冻对大棚蔬菜发病的影响。1988年秋种植青椒,到收获为止共防冻四次;1989年春种植黄瓜,共防冻三次。结果,蒸汽防冻处理的黄瓜发病(霜霉病)时间并未提前,发病程度也未增加。特别是秋季青椒一直到收获时,叶片上也很少见有病斑。一般说来,大棚湿度增加有利于病害发生,蒸汽防冻增加湿度而蔬菜病害未加重的原因可能有以下几方面,以黄瓜霜霉病为例:(a)温度条件不具备。黄瓜霜霉病病原孢子萌发和侵入最适温度为13~19°C和15~20°C,当温度低于12°C时并不能发病。蒸汽防冻时虽加大了大棚湿度,但防冻都是在气温低于0°C的夜晚,蒸汽防冻后棚内气温也仅为零上0~5°C,所以,蒸汽防冻虽加大湿度,但缺少必要的温度条件。(b)

增加湿度时间短。大棚冻害多发生于出现寒潮低温时,低温一般仅持续2~4天,所以不需要经常防冻。其次低温仅出现在早晨的几个小时,实际每次防冻时间并不长。另外,蒸汽防冻虽增加了大棚湿度,但停止放气后,雾气逐渐消失,白天大棚湿度也未见明显增加。③蒸汽防冻时塑料膜大棚的散热系数计算:单层塑料膜大棚防冻加热量计算通用公式为:

$$Q = A \cdot V(t_1 - t_2)$$

其中:  $Q$ : 最大加热量 (Kcal/h);

$A$ : 大棚表面积 ( $m^2$ );

$V$ : 散热系数 (Kcal/ $m^2 \cdot h \cdot ^\circ C$ )

$t_1$ : 棚内设计温度 ( $^\circ C$ );

$t_2$ : 棚外最低温度 ( $^\circ C$ )。

根据1989年春季试验结果计算,蒸汽防冻时 $V=3.29$ ,即 $Q=3.29A(t_1-t_2)$ 。这个值比一般加热防冻散热系数低得多(美国计算为2.95~4.57,英国计算为3.47~4.72,日本为5.50)。据此公式计算,一亩地塑料大棚在出现 $-8^\circ C$ 低温时,要保证大棚温度平均在 $2^\circ C$ 时,就要选用最大加热量为每小时能使46.7公斤转换成水蒸汽的蒸汽炉。这个散热系数 $V$ 是在春季晴天无风夜晚的计算结果。以往的研究证明,风、大棚结构等其它条件对 $V$ 值都有很大影响, $V$ 值在这些不同条件下的变化如何还有待于进一步研究。④可移动式蒸汽炉的研制:蒸汽防冻关键是蒸汽,试验调查结果表明,单位时间内产生的蒸汽越多,蒸汽扩散距离越远,有效防冻面积越大,防冻效果越好。为此,我们以提高单位时间内产汽量和提高燃料热效率,以及使用的方便性为目标研究并制作了蒸汽炉。据测定,前述试验用蒸汽炉每小时可把22.5公斤水变成水蒸汽,有效防冻面积可达1.2亩,一次加水可连续使用4~5小时。这种炉排烟筒余热损失较少,一般用两节炉筒垂直排烟。缺点是炉体安装较费工,安装后不便移动。其次是炉体一次装水较多,一般

须预热约40分钟。针对这些缺点,试验时又试制了可移动式蒸汽炉。该炉优点是:体积小,预热时间短,一般点火7~8分钟就可连续产生蒸汽,并且移动较方便。缺点是产汽量较小,一般每小时可使15公斤水变成水蒸汽,据此计算,该炉春季可使0.5亩塑料大棚在出现短时间 $-6^\circ C$ 低温时不受冻害。⑤春季塑料大棚延后栽培应用蒸汽防冻技术实用性比春季大。原因是春季冻害一般发生在秧苗定植后不久,秧苗较小,在低温程度不太大情况下,可以应用扣小棚、盖纸帽等简单方法防冻。而秋季发生冻害时,蔬菜已为生育后期,植株较高,青椒一般一米左右,黄瓜、柿子顶端已接触大棚塑料膜,一般简单覆盖的方法已不能使用,火炉加温也存在局部高温等缺点,熏烟和明火加温对人、作物和大棚又有危害。蒸汽防冻则完全克服了上述防冻方法的缺点。

## 结 语

1. 蒸汽防冻是防御春、秋季塑料大棚蔬菜冻害的新方法。蒸汽防冻与一般加温防冻技术相比有较大棚内增温均匀、对人和蔬菜安全,以及不用电等优点。更适用于秋季延后栽培。

2. 关于蒸汽防冻的经济效益。以哈尔滨春季防冻为例,哈尔滨市春季大棚蔬菜不受冻害的保证率4月10日不到20%,4月15日不到40%,一般定植的4月20日也仅为60%。这说明若不采取防冻措施,4月20日定植蔬菜,每十年就有可能发生4次冻害。哈尔滨市淡旺季蔬菜价格相差10倍以上,春季蔬菜上市越早农民收入越多。

(参考文献略 收稿时间1991年1月8日)

邮码 150086)