

露地供外蔬菜霜冻指标研究

官景得¹, 赵兔祥¹, 卢小龙¹, 黄冬¹, 陈国¹, 张建红¹, 蒋国勇²

(1. 永宁国家一级农业气象试验站, 宁夏永宁 750100; 2. 灵武市气象局, 宁夏灵武 750402)

摘要 以宁夏永宁县主打的露地供外蔬菜品种菜心为研究对象, 主要针对4月初的霜冻天气对露地蔬菜的影响开展综合试验研究, 第一年通过室内人工霜箱模拟试验得到初步指标, 次年开展室外大田霜冻环境试验研究, 结合便携式自动气象站观测数据和菜心受冻后的统计症状, 得出菜心的霜冻指标及适宜霜冻防御技术。结果表明, 菜心幼苗轻度冻害的指标为-2.2℃左右, 中度到重度冻害的指标在-3.3℃左右, 重度到致死的指标在-4.2℃左右; 最有效的霜冻防御措施为给植株喷水。

关键词 霜冻; 供外蔬菜; 指标

中图分类号 S162 **文献标识码** A **文章编号** 0517-6611(2018)01-0152-03

Research on Frost Index of Open for Outside Vegetables

GUAN Jing-de, ZHAO Tu-xiang, LU Xiao-long et al (Yongning National First-class Agricultural Meteorological Experiment Station, Yongning, Ningxia 750100)

Abstract Taking the main open for outside vegetable varieties choy sum of Yongning County in Ningxia as main research object, the research mainly focused on the impact of the frost weather in early April on outdoor vegetable. In the first year, through the indoor artificial frost box simulation test the initial indicators were obtained, the next year outdoor field frost environment test research was carried out, combined with the observational data of portable automatic weather station and the statistical symptoms of choy sum after freezing, the frost index of choy sum and the suitable frost-defensive technology were obtained. The results showed that the index of mild frost damage of choy sum seedling was about -2.2℃; the index of moderate to severe frost damage was about -3.3℃; the index of severe to lethal was about -4.2℃. The most effective frost defensive measure was to spray plants.

Key words Frost; Open for outside vegetables; Index

霜冻是宁夏平原主要的农业气象灾害之一, 严重影响着农业生产, 制约着农业经济效益。尤其是晚霜冻对宁夏经济林果、露地瓜果的影响更大。2012和2013年宁夏平原连续2年出现霜冻天气, 对境内露地蔬菜和杏、梨、桃等经济林果造成严重霜冻灾害。目前, 国内在进行霜冻预报预警时仍采用统一指标, 但由于不同作物的生长结构、抗冻能力、生长期不是完全相同, 因此, 很难用统一的温度指标来开展精细化的作物霜冻预报服务^[1-2]。国内针对作物晚霜冻指标的研究, 对不同作物有着不同的判断标准。张晓煜等^[3]以死苗率作为小麦和玉米的霜冻指标; 李茂松等^[4]以冻害发生的温度指标、生理指标和发生霜冻害的形态指标作为冬小麦的霜冻指标; 南亚热带荔枝树、香蕉树^[5-6]以及河套地区向日葵^[7]是通过霜冻害发生后开展田间调查获取果树受冻资料, 统计最低气温与果树受冻程度的关系来确定不同程度霜冻(寒)害指标。钟秀丽等^[8]、王静等^[9]采用人工霜箱和田间调查试验相结合的方法, 获取露地蔬菜的霜冻指标。

宁夏平原素有“塞上江南”的美称, 是粮食作物、瓜果蔬菜生产的理想产区。近年来, 自治区政府不断加大招商引资力度, 让一批供外蔬菜基地在宁夏各市县生根发芽, 种植面积逐年扩大。其中永宁、贺兰、中宁等地已成为全区供香港、澳门、深圳等地的绿色有机蔬菜重要生产基地。主要以菜心、芥兰、豆苗等品种为代表, 菜心因品质柔嫩、风味可口、富含营养等特点倍受欢迎, 种植面积占70%^[10]。在宁夏, 菜心生长期内对其影响最大的气象灾害是晚霜冻, 根据历史气象

资料统计结果, 在4月甚至5月都出现过霜冻灾害, 但以4月上、中旬居多。推迟播种会减少蔬菜种植茬数, 影响产量和经济效益, 所以有必要对菜心霜冻指标和防御措施进行研究, 确保在不推迟播种的情况下, 蔬菜品质和产量不受影响。笔者以宁夏永宁县主打的露地供外蔬菜品种菜心为研究对象, 主要针对4月初的霜冻天气对露地蔬菜的影响开展综合试验研究。

1 材料与方法

1.1 试验区概况 试验于2015年3—5月在宁夏永宁国家农业气象试验站进行, 试验站位于宁夏平原中部自流灌溉区(38°14'N, 106°14'E, 海拔1120 m), 属中温带大陆性气候, 历史平均气温9.6℃, 年极端最高气温38.5℃, 年极端最低气温-25.1℃。通过从永宁国家一般气象观测站获得的60年地面气象资料分析, 1952—2011年平均霜冻终日在4月16日, 最早结束于3月25日(1998、2003年), 最晚结束于5月13日(1953年), 前后相差49 d。终霜冻出现在4月份的年数最多, 高达49年(有12年出现在上旬、26年在中旬、11年在下旬)。试验地2015年4月10日、12—13日出现霜冻, 为大田霜冻试验的开展提供了有利的天气条件。

1.2 试验设计 试验选取的供外蔬菜品种为种植面最广的菜心, 由于最初对菜心的霜冻指标范围比较模糊, 不宜盲目开展大田试验。所以2014年在室内采用人工气候箱进行霜冻指标临界值的界定, 从田间采取了生长状况基本一致的菜心一批, 设置-2.5、-3.0、-3.5℃3个处理。试验仪器为中国农业科学院研制的以PID调节方式控温的、能模拟霜冻发生过程的MSX-2F型模拟霜箱系统。

得到菜心霜冻临界值, 2015年开展大田试验, 3月15日播种, 25日前后出苗, 出苗前每个小区覆拱形棚膜, 做好试验

基金项目 宁夏气象局一般性项目“露地供外蔬菜霜冻指标及防御措施研究”。

作者简介 官景得(1984—), 男, 宁夏盐池人, 工程师, 从事农业气象业务科研工作。

收稿日期 2017-11-03

材料的保护工作,共设 9 个小区(小区面积 2 m²)。根据短期天气预报结果,最低温度接近霜冻临界值时,放开待试验区棚膜,逐次开展 3 次不同霜冻过程下 3 种不同处理(露天、露天+喷水、露天+放烟)蔬菜的生理反应及小区温度情况。每次霜冻试验结束后用拱形棚膜覆盖试验小区,防止二次受冻,通过统计蔬菜受冻情况和比较不同处理小区温度差异得出霜冻指标和防御措施。温度观测记录采用美国进口便携式小气候站(watchdog 2000),温度传感器高出地表 10 cm。

1.3 霜冻判断标准 蔬菜叶瓣边缘变成深绿色即判断为受冻,深绿色面积越大代表受冻程度越严重。幼苗期蔬菜受冻规律一般是从外层叶瓣到中心嫩芽,外层叶瓣(占整株蔬菜叶面积的 70%)的轻微受冻对蔬菜产量及品质影响不大;外层叶瓣大面积受冻或中间层叶瓣(占整株蔬菜叶面积的 30%)也受冻将显著影响蔬菜正常发育,延迟蔬菜的收割上市;如果蔬菜中心嫩芽也受冻,整株蔬菜将冻死,因此以叶瓣受冻面积及中心嫩芽是否受冻作为菜心受冻程度的判断标准,将单株受冻面积在 20%~40% 定义为轻度受冻,50%~80% 为中度受冻(中心嫩芽未受冻),大于 80% (中心嫩芽未受冻)的为重度受冻,大于 80% (中心嫩芽受冻)的为致死冻害。受冻率=(受冻株数/调查蔬菜总株数量)×100%,总调查株数为 50 株。

2 结果与分析

2.1 人工气候箱内不同低温处理对菜心的影响 在人工气候箱内设置了 3 个恒定的温度处理,每个温度持续 2 h 后取出试验材料置于常温室,第 2 天统计菜心受冻率。从表 1 可看出,不同处理下菜心的受冻率不同,当温度从 -2.5℃降

至 -3.5℃,受冻率明显地从轻度转向重度,在 -2.5℃处理下有 23% 的正常率,无重度冻害;-3.0℃处理下无正常率,出现重度受冻,从轻度到重度受冻率呈减小趋势;-3.5℃处理下无正常和轻度受冻情况,重度受冻率达到 68%。

表 1 不同温度处理下菜心受冻率
Table 1 Frost rate of choy sum under different temperature treatment

处理 Treatment	正常 Normal	轻度 Mild	中度 Moderate	重度 Severe
-2.5℃持续 2 h	23	45	32	0
-2.5℃ continued 2 h				
-3.0℃持续 2 h	0	45	32	23
-3.0℃ continued 2 h				
-3.5℃持续 2 h	0	0	32	68
-3.5℃ continued 2 h				

2.2 大田不同处理对菜心的影响 从图 1 可看出,从最低气温看,3 次霜冻过程是低温逐渐加强的霜冻过程,4 月 10 日最弱,最低气温 -2.2℃,4 月 13 日最强,最低气温 -4.2℃;自然界发生霜冻过程时,温度变化规律很难用统一的数学表达式描述,所以用人工气候箱很难模拟出真实情况下的霜冻过程;露天和露天+喷水处理下,离地 10 cm 的气温变化情况基本一致,说明在 2 m² 的小区内喷水对 10 cm 高度的空气温度基本不会产生影响;露天+放烟处理的小区离地 10 cm 高度的气温明显高于上述 2 个处理下 10 cm 高度的气温,经统计,升温范围在 0.2~1.0℃,但频次较高的升温区间为 0.4~0.7℃,说明放烟处理对小区近地层环境有比较明显的小幅升温作用。

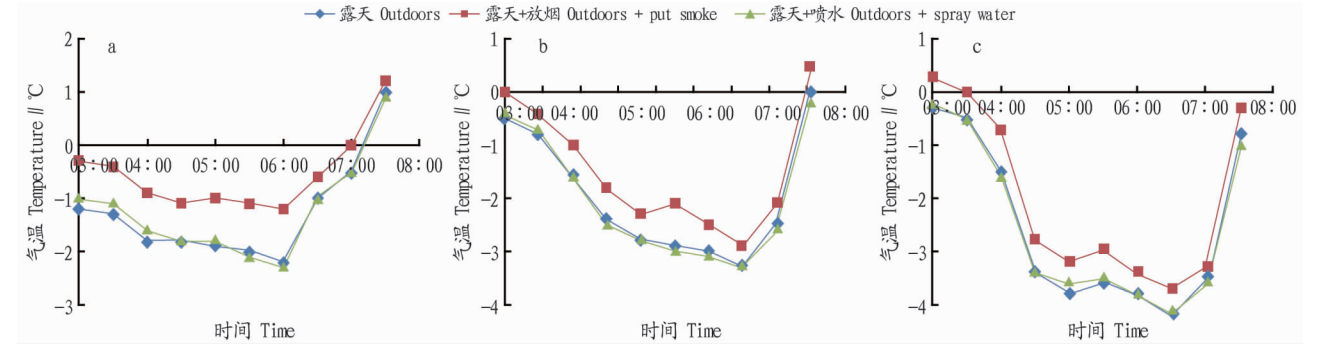


图 1 2015 年 4 月 10 日(a)、12 日(b)和 13 日(c)03:00—7:30 不同处理的气温随时间变化规律
Fig.1 Variation of temperature with time in different treatments at 03:00–7:30 on April 10 (a), April 12 (b) and April 13 (c) in 2015

从 4 月 10 日、12 日、13 日 3 次霜冻过程发生后不同处理下菜心的受冻情况(表 2 和图 2)可以看出,3 次霜冻过程带来的霜冻灾害逐渐加剧,4 月 10 日的霜冻过程对 3 种不同处理下的菜心只造成部分轻度的霜冻,50% 以上均处于正常状态。4 月 12 日霜冻过程造成了大部分中度和轻度的霜冻灾害,露天和露天+放烟处理还出现了小范围的重度霜冻灾害,喷水处理的未出现重度灾害。4 月 13 日霜冻过程大部分受冻情况处于中度冻害,其次是重度冻害,出现了整体小于 10% 的致死冻害。

就一次霜冻过程来看,受冻程度从轻到重依次为露天+喷水处理、露天+放烟处理、露天处理,尤其是 4 月 13 日的

霜冻过程,露天+喷水处理的菜心受冻程度明显小于其他 2 种处理,发现大叶片蔬菜(叶长 3.0 cm、叶宽 1.5 cm 左右)及密度较大的蔬菜(株距在 1~3 cm)在喷水条件下仅有叶片严重受冻,从叶片边缘向内受冻长度为 1~2 cm,3~5 d 后受冻面积较大的叶片整体干枯,受冻面积小于 60% 的叶片边缘干枯,中间逐渐恢复生长。大部分叶片整体干枯的蔬菜在 3~5 d 能从菜心中心长出嫩芽,恢复生长。小叶片蔬菜(约占 1%)叶片受冻干枯后,菜心中心也不再长出嫩芽,彻底致死。露天处理的蔬菜出现大面积叶片受冻干枯,有 90% 的菜心中心叶片不受冻或者能从菜心中心长出嫩芽,10% 的菜心叶片均受冻后干枯且中心不再长出嫩芽。

表 2 大田环境中不同处理下菜心受冻率

Table 2 Frost rate of choy sum in field environment under different treatment

日期 Date	天气情况 Weather conditions	处理 Treatment	受冻率 Frost rate // %				
			正常 Normal	轻度 Mild	中度 Moderate	重度 Severe	致死 Lethal
2015 - 04 - 10	晴、微风	露天	60	40	0	0	0
		露天 + 放烟	75	25	0	0	0
		露天 + 喷水	86	14	0	0	0
2015 - 04 - 12	晴、2 级风	露天	0	25	60	15	0
		露天 + 放烟	0	35	54	11	0
		露天 + 喷水	0	45	50	5	0
2015 - 04 - 13	晴、2 级风	露天	0	0	28	62	10
		露天 + 放烟	0	0	48	46	6
		露天 + 喷水	0	0	70	29	1



注: a 为 4 月 10 日; b 为 4 月 12 日; c 为 4 月 13 日。a₁、b₁、c₁ 为露天; a₂、b₂、c₂ 为露天 + 放烟; a₃、b₃、c₃ 为露天 + 喷水

Note: a. April 10; b. April 12; c. April 13. a₁, b₁, c₁ are outdoors; a₂, b₂, c₂ are outdoors + put smoke; a₃, b₃, c₃ are outdoors + spray water

图 2 大田环境中不同处理下菜心的受冻情况

Fig.2 Frozen situation of choy sum under different conditions in the field environment

3 讨论

在开展作物霜冻气象服务及相关科研工作前,必须明确霜冻气象灾害指标。该研究表明,不同霜冻过程(低温强度和持续时间)对露地菜心幼苗期的影响程度是不同的,这与王景红等^[11]、王静等^[9,12]、李红英等^[13]对苹果花期、杏

和李花期及幼果期霜冻指标的研究结论是一致的。

人工气候箱试验在时间设定样本量选择上较为便利,且不受外界天气条件影响,能够最大限度地开展不同霜冻天气的灾害影响程度,获取试验样本数并得到试验结果。但人工

(下转第 164 页)

- [5] 段爱莉,雷玉山,高贵田,等.贮藏“海沃德”猕猴桃中霉菌的分子鉴定及生物学特性的研究[J].食品工业科技,2012,33(10):321-325.
- [6] 龙明秀,王辉,蒋伟,等.固载 ClO_2 保鲜剂对米良猕猴桃腐敗菌的抑菌活性[J].食品工业科技,2016,37(4):342-346.
- [7] 黎晓茜,曾彬,尹显慧,等.修文县猕猴桃腐烂病原鉴定及防治药剂筛选[J].中国南方果树,2016,45(5):101-104.
- [8] 李诚,蒋军喜,冷建华,等.奉新县猕猴桃果实腐烂病原菌分离鉴定[J].江西农业大学学报,2012,34(2):259-263.
- [9] 冯武.植物油对果蔬采后病害的防治及其防治机理研究[D].杭州:浙江大学,2006.
- [10] 王一非.海洋拮抗酵母 *Rhodospiridium paludigenum* 对果实采后病害生物防治的研究[D].杭州:浙江大学,2008.
- [11] 丁爱冬,于梁,石莲蓬.猕猴桃采后病害鉴定和侵染规律研究[J].植物病理学报,1995,25(2):149-153.
- [12] 江峰,魏洪,徐红,等.壳聚糖及其衍生物对猕猴桃致病菌的抑制作用[J].中国食品添加剂,2015(12):87-92.
- [13] 李诚,蒋军喜,赵尚高,等.猕猴桃灰霉病原菌鉴定及室内药剂筛选[J].植物保护,2014,40(3):48-52.
- [14] WURMS K V, LONG P G, SHARROCK K R, et al. The potential for resistance to *Botrytis cinerea* by kiwifruit[J]. Crop protection, 1999, 18(7): 427-435.
- [15] 汤丽梅,周清,吴尚,等.大蒜素对猕猴桃果实致病菌的抑制活性及贮藏防效研究[J].中国南方果树,2014,43(4):15-18.
- [16] 蔚冬梅,徐军,董丰收,等.柑橘扩展青霉病斑外延组织中青霉菌及展青霉素的分布[J].中国食品学报,2016,16(6):212-217.
- [17] 陈妍竹,胡文忠,姜爱丽,等.扩展青霉对苹果生理生化的影响[C]//中国食品科学技术学会第十二届年会暨第八届中美食品业高层论坛论文集.大连:中国食品科学技术学会,2015.
- [18] 付瑞敏,邢文会,张红,等.扩展青霉拮抗菌的选育及抑菌机制初探[J].食品工业科技,2016,37(5):212-217.
- [19] PAOLINELLI-ALFONSO M, GOMEZ C S, HERNANDEZ R. Occurrence of *Eutypella microtheca* in grapevine cankers in Mexico[J]. Phytopathologia mediterranea, 2015, 54(1):86-93.
- [20] 刘晓妹,丁晓帆,杨国庆,等.红花洋蹄甲新病害叶霉病原菌鉴定[J].中国植保导刊,2013,33(8):5-8.
- [21] 翟凤艳,张柯,刘英杰,等.新乡地区枝孢菌病害病原鉴定[J].河南科技学院学报,2015,43(4):34-39.
- [22] 王娟,胡军华,龙艳玲,等.柑桔全爪螨高致病力菌株芽枝状枝孢霉的生物学特性研究[J].应用昆虫学报,2016,53(1):22-29.

(上接第154页)

气候箱模拟的霜冻过程往往在自然环境中难以发生,而且在人工气候箱内试验影响了植株本身在自然环境中的恢复能力,所以获取的指标可能与真实指标有所偏差。大田试验更符合真实环境中的霜冻指标,但在开展试验时对天气的依赖性较强,选取的霜冻过程较少。为了找出更接近真实环境的霜冻指标,笔者以大田试验为主、人工气候箱试验为辅,后者主要用以找出霜冻指标临界值,前者用以优化和修订指标。

在微风情况下,放烟可以起到给近地面环境小幅升温的作用,对防御霜冻有一定效果。喷水虽然对近地面环境(离地10 cm)无明显升温作用,近地面升温效果不如放烟明显,但在防御菜心霜冻时效果非常明显,是因为水的相态由液态变成固态时放热所致^[14-15],可能在叶片表面引起的潜热升温比放烟引起的升温效果更好,但由于条件所限无法观测叶片表面温度变化情况。因此,要更深入地研究喷水对霜冻灾害防御的效果和机理,需要进一步开展叶片表面温度、周围气温在喷水处理下的变化规律。

4 结论

(1) 菜心幼苗轻微霜冻的指标为 $-2.2\text{ }^{\circ}\text{C}$ 左右,基本不影响菜心的品质和正常生长;中度到重度的指标在 $-3.3\text{ }^{\circ}\text{C}$ 左右,明显影响到菜心的正常生长发育,推迟菜心上市;重度到致死的指标在 $-4.2\text{ }^{\circ}\text{C}$ 左右,严重影响到菜心的正常生长和产量,有90%的菜心缓慢恢复正常生长,10%的菜心死亡。

(2) 在微风条件下,虽然放烟能对近地层小气候产生小

幅升温作用,但对露地菜心的霜冻灾害防御效果差于采取喷水处理,所以在有风的天气条件下,应采用喷水作为露地供外蔬菜的霜冻防御措施。

参考文献

- [1] 马树庆,李锋,王琪,等.寒潮和霜冻[M].北京:气象出版社,2009:67-68.
- [2] 李红英,段晓凤,王静,等.宁夏苹果花期霜冻敏感性指标研究[J].干旱地区农业研究,2015,33(6):184-188.
- [3] 张晓煜,马玉平,苏占胜,等.宁夏主要作物霜冻试验研究[J].干旱区资源与环境,2001,15(2):50-54.
- [4] 李茂松,王道龙,钟秀丽,等.冬小麦霜冻害研究现状与展望[J].自然灾害学报,2005,14(4):72-78.
- [5] 庞庭颐.荔枝等果树的霜冻低温指标与避寒种植环境的选择[J].广西气象,2000,21(1):12-14.
- [6] 徐宗焕,林俩法,陈惠,等.香蕉低温害指标初探[J].中国农学通报,2010,26(1):205-209.
- [7] 杨松,杨卫,刘俊林,等.河套灌区向日葵霜冻指标及其时空分布特征[J].中国农学通报,2010,26(1):256-259.
- [8] 钟秀丽,王道龙,饶敏杰,等.草莓开花期发生霜害的温度[J].植物学通报,2005,22(5):560-565.
- [9] 王静,张晓煜,杨洋,等.宁夏梨树霜冻指标试验研究[J].中国农学通报,2014,30(28):122-127.
- [10] 霍晓刚,钟培源,张军武.永宁供港蔬菜受宠珠江三角洲:永宁县望洪镇发展供港蔬菜基地掠影[J].宁夏画报(生活版),2013(3):30-33.
- [11] 王景红,高峰,刘璐,等.陕西省富士系苹果花晚霜冻指标研究[J].干旱地区农业研究,2015,33(4):268-272.
- [12] 王静,张晓煜,杨洋,等.宁夏杏、李子花期幼果期霜冻指标试验研究[J].中国农学通报,2015,31(1):93-98.
- [13] 李红英,段晓凤,王静,等.宁夏苹果花期霜冻敏感性指标研究[J].干旱地区农业研究,2015,33(6):184-188.
- [14] 尹宪志.人工防霜冻技术研究[M].北京:气象出版社,2014:152-153.
- [15] 王生林,余伏森.甘肃农业霜冻灾害及其防御对策研究[J].甘肃农业大学学报,2001,36(2):226-231.

本刊提示 来稿请用国家统一的法定计量单位的名称和符号,不要使用国家已废除了的单位。如面积用 hm^2 (公顷)、 m^2 (平方米),不用亩、 尺^2 等;质量用 t (吨)、kg (千克)、mg (毫克),不用再担等;表示浓度的 ppm 一律改用 mg/kg 、 mg/L 或 $\mu\text{L/L}$ 。

《安徽农业科学》是全国为数不多各大数据库同时收录的农业刊物之一。面向全国,融学术性、指导性于一体,既刊登作物育种与栽培、植物保护、土壤肥料、园艺、林业、蚕桑、烟草、茶叶、畜牧兽医、水产及其他农业相关科学的研究报告、综述、研究简报;也发表农业经济、农业科技管理、农业发展战略及农业产业化等方面的研究论文、调查报告和对策性文章等。