

山东省蔬菜产区日光温室从业者健康状况及环境分析

张敏^a, 王秀峰^b, 崔秀敏^a, 王建^a, 于世欣^a

摘要: [目的] 了解山东省日光温室生产环境状况及其对从业人员健康的影响。[方法] 采用统一调查表, 走访山东省 5 个主要蔬菜产区, 以 1 171 名不同性别、工龄的从业人员为访问对象(接触组), 并以 850 名性别、年龄齐同非从事蔬菜温室种植业的农民为对照, 进行健康状况调查。同时, 在寿光市蔬菜产区随机抽取 3 栋日光温室测定温度、相对湿度及氨(NH₃)、氯(Cl₂)、可吸入颗粒物(PM₁₀)浓度, 并以室外作为对照。[结果] 接触组中除 74 人有既往病史外, 其余调查对象的自诉症状阳性率为 59.3% (650/1 097), 对照组为 28.7% (244/850)。骨关节痛阳性率随温室从业年限的延长有上升的趋势; 日工作时间越长, 温室从业人员骨关节痛比例越高; 不同施肥方式的温室从业人员自诉症状阳性率比较, 差异有统计学意义($\chi^2=29.09$, $P<0.05$)。温室内外温差为 $(12.8 \pm 4.09)^\circ\text{C}$, 平均温度为 $(24.2 \pm 9.73)^\circ\text{C}$, 平均相对湿度为 $(79.2 \pm 18.87)\%$, NH₃、Cl₂、PM₁₀ 的平均浓度分别为 (0.61 ± 0.42) 、 (1.61 ± 0.49) 、 $(0.16 \pm 0.03) \text{mg/m}^3$, 超标率分别为 84%、100%、81%。[结论] 温室内温度和湿度较高, NH₃、Cl₂、PM₁₀ 浓度超过国家室内标准, 日光温室生产环境影响长期从业人员的健康, 应当引起人们的重视。

关键词: 蔬菜产区; 日光温室; 环境分析; 温室从业者; 健康状况

Health Status of Solar Greenhouse Workers and Indoor Ambient in Vegetable Production Areas of Shandong Province ZHANG Min^a, WANG Xiu-feng^b, CUI Xiu-min^a, WANG Jian^a, YU Shi-xin^a (a.College of Resources and Environment b.College of Horticulture Science and Engineering, Shandong Agricultural University, Shandong 271018, China). Address correspondence to CUI Xiu-min, E-mail: xiumincui@sdaa.edu.cn • The authors declare they have no actual or potential competing financial interests.

Abstract: [Objective] To examine indoor ambient in solar greenhouses (SGH) in Shandong and related impacts on the health of greenhouse workers. [Methods] This study interviewed 1 171 farmers engaged in SGH work from 5 main vegetable production regions in Shandong province and 850 farmers without SGH vegetable production as controls (matched by age and gender) using questionnaires. Three greenhouses in Shouguang city were chosen randomly to detect the indoor temperature and relative humidity, as well as concentrations of NH₃, Cl₂, and PM₁₀. [Results] Seventy-four subjects in the exposed group had past medical history. The positive rates of self-reported symptoms of the exposed and control groups were 59.3% (650/1 097) and 28.7% (244/850). The prevalence of bone and joint pain was elevated with greenhouse working years and day work time. There was a significant difference in positive rates of selected symptoms among SGH workers using various fertilizer application procedures ($\chi^2=29.09$, $P<0.05$). For the selected greenhouses in Shouguang city, the indoor and outdoor temperature difference was $(12.8 \pm 4.09)^\circ\text{C}$; the average indoor temperature was $(24.2 \pm 9.73)^\circ\text{C}$; the average relative humidity was $(79.2 \pm 18.87)\%$; the indoor concentrations of NH₃, Cl₂, and PM₁₀ were $(0.61 \pm 0.42) \text{mg/m}^3$, $(1.61 \pm 0.49) \text{mg/m}^3$, and $(0.16 \pm 0.03) \text{mg/m}^3$, respectively, and the corresponding unqualified rates were 84%, 100%, and 81%, respectively. [Conclusion] Relative high temperature and humidity are found in the indoor ambient of the SGHs investigated. Moreover, the indoor concentrations of NH₃, Cl₂, and PM₁₀ are higher than relevant national standards. Therefore, the negative long-term health impact of SGH ambient among greenhouse workers should be of concern.

Key Words: vegetable production areas; solar greenhouse; ambient analysis; greenhouse workers; health status

DOI: 10.13213/j.cnki.jeom.2014.0002

[基金项目] 国家农业部现代农业产业技术体系专项资金(编号: CARS-25-D); 泰安市科技发展计划(编号: 32606)

[作者简介] 张敏(1986—), 男, 硕士生; 研究方向: 植物营养机理与调控及设施环境质量评价; E-mail: zm394872519@163.com

[通信作者] 崔秀敏, E-mail: xiumincui@sdaa.edu.cn

[作者单位] 山东农业大学 a.资源与环境学院 b.园艺科学与工程学院, 山东 271018

近年来, 我国大陆日光温室发展迅速, 主要用于冬季茄果类蔬菜育苗和蔬菜的秋延后、春早熟栽培。1999 年我国大陆温室生产面积已达 30 万 hm^2 , 成为世界上最大的蔬菜保护地生产区域^[1]。据统计, 2011 年山东省日光温室生产面积已达 25 万 hm^2 , 日光温室平均效益是露地栽培的 5~7 倍^[2]。但由于温室空间密闭、狭小、空气不新鲜、温度高、湿度大, 生产

过程中产生的有害物质难以及时排除, 容易对长期在设施内活动的从业人员造成伤害^[3]。为此本项目拟对山东省蔬菜产区日光温室从业人员健康状况进行调查分析, 且对室内常见和危害比较大的有害气体及可吸入颗粒物进行测定。

1 对象与方法

1.1 研究对象

1.1.1 从业人员 采用整群随机抽样方法, 从泰安岱岳区、临沂苍山县、济南济阳县、淄博临淄区、潍坊寿光市的 17 个乡(镇), 97 个自然村, 共抽取日光温室 682 栋, 调查其中年龄在 25 岁以上、从事蔬菜种植工作 1 年以上的主要种植者 1~2 人作为接触组(温室), 共计 1 171 人(男 685 人, 女 486 人), 平均年龄 40.5 (25~65) 岁; 同时以 850 名性别年龄齐同且非从事蔬菜温室种植业(大田)的农民作为对照组(男 518 人, 女 332 人), 平均年龄 42.5 (25~65) 岁。两组人员均已排除其他有害物质接触者, 对其进行健康状况调查。

1.1.2 温室环境 在寿光市蔬菜产区随机抽取土壤类型相同, 3 栋大小相当、构造相同的日光温室定点监测, 温室内设置 5 个采样点, 梅花式均匀分布, 同时在温室周围设置室外观测点作为对照。于 2012 年 12 月—2013 年 2 月(白天通风较少)对温室内温湿度及常见、危害比较大的有害气体和可吸入颗粒物进行测定。

1.2 研究方法

1.2.1 问卷调查 从业人员自身情况包括年龄、性别、既往病史等; 自诉症状和疾病包括气喘、咳嗽、眼鼻不适、皮肤瘙痒、骨关节痛、胃不适等; 劳动与环境状况包括从事温室作业年限、室内工作时长、施肥方式。采用统一的自制调查表, 由当地农业局、蔬菜局

派遣的各乡(镇)农技站工作人员带领, 深入村镇逐棚入户, 采用给备选答案及开放式问卷相结合的方法, 填写调查表。

1.2.2 作业环境监测 温度和相对湿度采用 KTH-1 型毛发温湿度表测量(温度测量范围为 -20~50℃), 悬挂于温室内外。当温度测量范围为 -20~0℃时, 精度为 $\pm 1.5^\circ\text{C}$, 温度测量范围为 0~+50℃时, 精度为 $\pm 1^\circ\text{C}$; 相对湿度测量范围为 30%~100%, 精度为 5%。 NH_3 、 Cl_2 浓度测定采用 TY2000-B 型便携式气体检测仪(灵敏度为传感器量程的 1%, 精度为测量值的 5%); PM_{10} 测定采用 PM_{10} 采样器采样, 滤膜差量法测定。

1.3 评价标准

根据中国现行《室内空气质量标准》(GB/T 18883—2002)和《工作场所有害因素职业接触限值》(GBZ 2.1—2007)对温室内空气质量进行评价。

1.4 统计学分析

采用 SPSS 16.0 对调查数据进行统计分析。根据数据资料进行 χ^2 检验, 检验水准 $\alpha=0.05$ 。

2 结果

2.1 调查对象自诉症状阳性率

本调查共收集调查问卷 2 021 份, 其中 1 171 份为接触组, 850 份为对照组。在 1 171 份接触组中, 除 74 人有既往病史外, 剩余 1 097 人中 650 人自诉有不适症状(男性 368 人, 女性 282 人), 阳性率为 59.3%, 对照组自诉症状阳性率为 28.7% (244/850)。女性自诉症状阳性率 [62.4% (282/452)] 与男性 [57.1% (368/645)] 间差异无统计学意义 ($\chi^2=3.13$, $P>0.05$)。

2.2 从业年限与骨关节痛阳性率的关系

由表 1 可见, 不同从业年限的人群中, 各年龄段骨关节痛(膝关节和肩颈部位)阳性率差异较大, 随

表 1 不同从业年限各年龄段温室从业人员骨关节痛情况

Table 1 Prevalence of bone and joint pain among greenhouse workers by age groups and working years

组别 Groups	从业年限 (年) Working years	年龄段(岁)(Age range, years)											
		25~			35~			45~			>55		
		人数 <i>n</i>	阳性数 Positive number	阳性率(%) Positive rate	人数 <i>n</i>	阳性数 Positive number	阳性率(%) Positive rate	人数 <i>n</i>	阳性数 Positive number	阳性率(%) Positive rate	人数 <i>n</i>	阳性数 Positive number	阳性率(%) Positive rate
接触组 Exposed group	1~	24	6	25.0	30	7	23.3	27	10	37.0	22	5	22.7
	4~	17	2	11.8	65	24	36.9	85	30	35.3	254	142	55.9
	7~	18	8	44.4	31	20	64.5	62	29	46.8	327	185	56.6
	>10	3	0	0.0	17	8	47.1	13	11	84.6	176	108	61.4
对照组 Control group	1~	16	1	6.3	34	3	8.8	13	2	15.4	11	1	9.1
	4~	14	1	7.1	26	3	11.5	34	5	14.7	103	21	20.4
	7~	23	3	13.0	43	9	20.9	52	16	30.8	201	51	25.4
	>10	6	0	0.0	15	4	26.7	24	7	29.2	235	96	40.9

从业年限的延长,骨关节痛的阳性率有逐年上升的趋势。与对照组相比,接触组各年龄段骨关节痛的阳性率普遍较高(25~35岁,4~6年除外),作业6年以上和作业6年以下高于55岁的从业人员骨关节痛阳性率差异具有统计学意义($\chi^2=9.75, P<0.05$)。作业年限在10年以上、年龄段在45~55岁之间的从业人员阳性率最高,达84.6%。

2.3 日工作时间与各自诉症状阳性率的关系

由表2可见,日工作时间越长的从业人员骨关节

痛比例越高。接触组与对照组骨关节痛的阳性率都很高,工作时长与骨关节痛的阳性率有一定的关联($P<0.05$)。与对照组相比,接触组各症状的阳性率较高,接触组骨关节痛的阳性率高于其他症状,日工作时间 ≥ 8 h的从业人员骨关节痛阳性率达55.9%,且工作时间 ≥ 8 h和 <8 h的从业人员骨关节痛阳性率差异具有统计学意义($\chi^2=7.09, P<0.05$)。日工作时间对气喘、咳嗽,眼鼻不适,皮肤瘙痒的影响较小,与各症状间的差异无统计学意义($P>0.05$)。

表2 不同日工作时间温室从业人员的各自诉症状阳性率(%)

Table 2 Prevalence of selected symptoms among greenhouse workers by working hours						
组别 Groups	作业时间(h) Working hours	骨关节痛 Bone and joint pain	气喘、咳嗽 Asthma-related cough	眼不适 Eyes discomfort	鼻不适 Nasal discomfort	皮肤瘙痒 Skin pruritus
接触组 Exposed group	<4	48.5	5.5	9.1	1.8	5.5
	4~	47.8	5.4	8.4	6.5	6.8
	≥ 8	55.9	7.3	7.3	7.3	8.5
对照组 Control group	<4	20.2	1.2	0.8	0.7	2.0
	4~	37.6	1.7	1.1	1.9	3.2
	≥ 8	42.5	2.1	1.8	1.4	2.7

2.4 施肥方式与各自诉症状阳性率的关系

由表3可见,采用不同施肥方式从业人员的各自诉症状阳性率差异有统计学意义($\chi^2=29.09, P<0.05$)。与对照组相比,接触组各不适症的阳性率较高,顺水冲施肥料与骨关节痛阳性率关联最大($\chi^2=15.63, P<$

0.05),其阳性率高达60.8%。肥料喷施可使骨关节痛、皮肤瘙痒、气喘和咳嗽的阳性率增高,分别为24.3%、21.1%、15.8%。撒施肥料对眼、鼻不适的阳性率影响较大,分别为16.1%、11.2%。与其他施肥方式相比,穴施阳性率普遍较低。

表3 不同施肥方式温室从业人员的各自诉症状阳性率(%)

Table 3 Prevalence of selected symptoms among greenhouse workers using different fertilizer application procedures							
组别 Groups	施肥方式 Fertilizer application procedures	气喘、咳嗽 Asthma-related cough	眼不适 Eyes discomfort	鼻不适 Nasal discomfort	皮肤瘙痒 Skin pruritus	胃不适 Gastric discomfort	骨关节痛 Bone and joint pain
接触组 Exposed group	撒施(Broadcast)	4.9	16.1	11.2	9.8	9.9	1.8
	穴施(Spot)	5.8	3.6	5.1	3.7	2.1	1.6
	喷施(Spray)	15.8	10.5	5.3	21.1	9.5	24.3
	顺水冲施(Irrigation)	7.0	8.0	6.2	6.4	7.5	60.8
对照组 Control group	撒施(Broadcast)	2.9	5.6	6.5	9.0	5.5	6.3
	穴施(Spot)	1.0	0.7	0.9	0.5	0.5	1.2
	喷施(Spray)	10.6	7.9	9.7	14.2	8.8	4.3
	顺水冲施(Irrigation)	3.5	2.2	2.4	0	1.0	9.5

2.5 温室环境监测

本次监测发现,山东省寿光市冬季日光温室平均温度为(24.2 $\pm$ 9.73) $^{\circ}\text{C}$,最高温度超过国家冬季室内标准范围3~8 $^{\circ}\text{C}$;平均相对湿度为(79.2 $\pm$ 18.87)%,最大湿度超过国家室内标准范围30%~40%;开、关温室时气温升降速度快,室内外温差为(12.8 $\pm$ 4.09) $^{\circ}\text{C}$ 。

氨(NH_3)平均浓度为(0.61 $\pm$ 0.42) mg/m^3 ,氯(Cl_2)平均浓度为(1.61 $\pm$ 0.49) mg/m^3 ,可吸入颗粒物(PM_{10})平均浓度为(0.16 $\pm$ 0.03) mg/m^3 , NH_3 、 Cl_2 、 PM_{10} 浓度高于室外,并全部超过国家室内空气质量标准值,见表4和表5。

表 4 温室环境内、外温度和相对湿度的测定结果

Table 4 Temperatures and relative humidities inside and outside solar greenhouses

测定项目 Items	温室编号 Greenhouse No.	样品数 Samples	$\bar{x} \pm s$	国家室内空气质量标准值 National Standard	超标数 Over standard number	超标率(%) Over standard rate
温度(℃) Temperature	温室 1(No.1)	25	23.1 ± 9.76		15	60
	温室 2(No.2)	25	25.0 ± 9.69		21	84
	温室 3(No.3)	25	24.5 ± 9.75		19	76
	合计(Total)	75	24.2 ± 9.73	16~24	55	73
	室外(Outdoor)	75	11.4 ± 5.64		0	0
相对湿度(%) Relative humidity	温室 1(No.1)	25	80.1 ± 17.27		25	100
	温室 2(No.2)	25	79.4 ± 18.85		25	100
	温室 3(No.3)	25	78.1 ± 20.48		22	88
	合计(Total)	75	79.2 ± 18.87	30~60	72	96
	室外(Outdoor)	75	53.6 ± 15.24		0	0

表 5 温室环境中 NH₃、Cl₂、PM₁₀ 浓度的测定结果Table 5 NH₃, Cl₂, and PM₁₀ concentrations inside and outside solar greenhouses

测定项目 Items	温室编号 Greenhouse No.	样品数 Samples	$\bar{x} \pm s$ (mg/m ³)	国家标准值 (mg/m ³) National standard	超标数 Over standard number	超标率(%) Over standard rate
NH ₃	温室 1(No.1)	25	0.42 ± 0.34		17	68
	温室 2(No.2)	25	0.65 ± 0.45		20	80
	温室 3(No.3)	25	0.76 ± 0.48		25	100
	合计(Total)	75	0.61 ± 0.42	0.2	63	84
	室外(Outdoor)	75	0		0	0
Cl ₂	温室 1(No.1)	25	1.52 ± 0.34		25	100
	温室 2(No.2)	25	1.16 ± 0.47		25	100
	温室 3(No.3)	25	2.14 ± 0.65		25	100
	合计(Total)	75	1.61 ± 0.49	0.1	75	100
	室外(Outdoor)	75	0		0	0
PM ₁₀	温室 1(No.1)	25	0.15 ± 0.02		19	76
	温室 2(No.2)	25	0.16 ± 0.01		20	80
	温室 3(No.3)	25	0.17 ± 0.03		22	88
	合计(Total)	75	0.16 ± 0.03	0.15	61	81
	室外(Outdoor)	75	0.09 ± 0.02		0	0

3 讨论

调查结果表明,温室从业者的不适症阳性率为 59.3%,男、女性无差别。在温室从业者中,骨关节痛的阳性率最为显著,且随温室从业年限和日工作时间的延长,其阳性率有上升的趋势,从事大田种植作业的农民骨关节痛的阳性率也很高。日光温室高温、高湿环境是造成骨关节痛的因素之一,而大田作业的农民骨关节痛的主要原因是体力的过度支出^[4]。此外,日光温室内空间密闭、狭小,种植者在种苗、除草、施肥、喷洒农药、采摘时,重复动作高频率易造成膝关节和肩颈部疾患^[5]。不同施肥方式对各症状的诱发差异较大,喷施肥料的过程中,肥料瞬间以雾状微粒悬浮在空气中,密闭条件下空气流速缓慢,加上劳动中呼吸频率高于正常值,从业人员很容易吸入悬浮于空

气中的雾状肥料颗粒,引起呼吸、眼、鼻等不适,因此操作过程中加强防范是必要的。撒施对眼、鼻的阳性率影响较大,其阳性率分别为 16.1%、11.2%,原因可能为氮肥或复合肥中的氮,撒施后遇土表水,高温下迅速分解,逸出氨,对眼、鼻有刺激作用。顺水冲施对骨关节痛阳性率的影响最高,达 60.8%,这是由于温室的密闭、高温特点,顺水冲施造成土壤和空气湿度过饱和,水汽无法及时排出,温室内、外温差太大,冷热交替,易引起关节痛。与其他施肥方式相比,穴施氮肥或施肥后灌水可以有效地降低氨态氮肥损失和氧化亚氮排放,提高肥料利用率^[6],亦能降低温室从业人员身体不适症状的发生。不仅如此,氧化亚氮(N₂O)与二氧化碳(CO₂)、甲烷(CH₄)、臭氧(O₃)、六氟化硫、氢氟碳化物同为《京都议定书》规定的多

种温室气体之一,是导致臭氧层损耗的物质之一;当其浓度>80%时若被吸入则有引起缺氧的危险。此外,调查过程中还了解到,从业者在施肥的过程中没有安全的防护措施,乱施肥的情况比较严重,这样很容易造成土质恶化和作物滋生病害,无疑增加了温室空气有害物质的来源。

监测数据显示,冬季日光温室室内平均温度普遍高于室外温度,室内相对湿度均在70%以上,温湿度均高于国家“室内空气质量标准”,室内外温差大, NH_3 、 Cl_2 、 PM_{10} 浓度也均高于室外,超过国家标准范围。研究显示,温室内 NH_3 、 Cl_2 、 PM_{10} 浓度较高与温室内施肥不当、棚膜质量差、尘螨、悬浮颗粒等因素密切相关^[7-9],温室中农家肥和氮肥施用量较大,由于受土壤微生物活动及土壤酸碱度的影响,会在土壤中分解产生大量的 NH_3 ,并不断释放到空气中。有研究表明,太阳辐射和气温升高使土壤中氨气挥发速度加快,使室内氨浓度迅速增高^[10],从业人员长期在这种环境下作业会引起急性结膜炎、眼缘炎、气喘、咳嗽等不适症^[11]。氨可以通过不自觉吞咽进入消化道,长期吸入低浓度的氨可导致胃黏膜损害引起慢性炎症,由黏膜浅表性炎症发展至萎缩性胃炎,甚至发展为胃溃疡^[10]。农用棚膜的主要成分是聚氯乙烯,聚氯乙烯薄膜在使用过程中,遇阳光曝晒和高温时易挥发出一定量的 Cl_2 ,而室内氯气浓度过高会对眼及呼吸道黏膜有轻微刺激性,长期接触可引起头昏、胃肠道功能紊乱^[8]。温室内蔬菜生产过程中产生的尘螨对人致敏性很强,吸入高浓度尘螨极易致敏,诱发哮喘^[12]。

许多文献表明,长期从事温室种植业的从业人员身体出现的不适症是由温室环境中多因素引起的^[13-14]。本项研究仅对温室环境内的部分相关因素予以测定分析,并未进行人体客观生理指标的测定,但根据调查和监测的结果显示,温室内不良的环境状况应引起从业人员的重视,注重相关知识的培训学习和个人防护是必要的。同时,温室环境与健康效应的相互关系探讨也迫切需要深入研究。

•作者声明本文无实际或潜在的利益冲突。

参考文献:

- [1] 潘强,黄之栋,马承伟,等.华北型连栋塑料温室节能对策与实践[J].农业工程学报,1999,15(2): 155-159.
- [2] 姚中杰,李传桐,李金华,等.我国北方设施农业环境治理失灵的困惑与出路——以温室大棚蔬菜生产为例[J].农业环境与发展,2011,28(5): 102-107.
- [3] 郑文静,么鸿雁,刘剑军.温室环境对作业人员健康危害的研究进展[J].中国预防医学杂志,2011,12(3): 295-297.
- [4] 张建文,马长利,张志新,等.蔬菜大棚微小气候及其对菜农健康的影响[J].环境与健康杂志,2005,22(5): 387.
- [5] 翟庆峰,李媛媛,邢杰,等.蔬菜大棚种植菜农健康状况调查[J].环境与健康杂志,2010,27(9): 832.
- [6] 丁洪,蔡贵信,王跃思,等.玉米-小麦轮作系统中氮肥反硝化损失与 N_2O 排放量[J].农业环境科学学报,2003,22(5): 557-560.
- [7] 唐伟斌,胡章记.塑料大棚中有毒气体的产生原因及防治技术[J].江苏农业科学,2002,12(3): 58-73.
- [8] 谢贵华,赖红丽.大棚蔬菜有害气体及生理病害的防治技术[J].中国果蔬,2011(3): 32-33.
- [9] 刘婷,滕琳,吴立平.温室大棚与农民支气管哮喘[J].中华哮喘杂志,2010,4(2): 139-141.
- [10] 曾清如,沈杰,周细红,等.施用尿素对温室 NO_2 和 NH_3 气体积累的影响[J].农业环境科学学报,2004,23(5): 857-860.
- [11] 黄敏,刘兴荣,王小恒,等.兰州市温室作业环境及作业人员健康调查[J].现代预防医学,2007,34(19): 3702-3705.
- [12] 贺骥,王慧勇,江佳佳,等.不同职业人群中哮喘患者尘螨过敏情况调查[J].中华劳动卫生职业病杂志,2005,23(6): 447-448.
- [13] 沈惠平,徐黎明.温室种植环境对作业人员神经行为功能的影响[J].职业与健康,2012,28(18): 2202-2204.
- [14] 徐斌,徐兆发.塑料大棚小气候对菜农健康的影响[J].中国实用乡村医生杂志,2006,13(2): 4-6.

(收稿日期: 2013-09-29)

(英文编辑: 汪源; 编辑: 张晶; 校对: 丁瑾瑜)