

温室药液汽化装置效果研究

刘珂¹, 刘中华^{2*}, 李招弟¹ (1.山西农业大学工学院, 山西太谷 030801; 2.山西农业大学城乡建设学院, 山西太谷 030801)

摘要 针对我国温室内农药喷施装置落后、农药利用率较低以及现有的离心式汽化装置汽化效果差、汽化率低等问题, 利用伯努利原理, 设计出新型农药汽化装置。通过对各喷头和喷头不同安装位置进行对比试验, 得出喷头 2 号和喷头 3 号为汽化效果良好的汽化装置, 1 号位置是汽化效果明显的喷头安装位置。通过控制喷嘴位置和输液管道流量, 对新设计的农药汽化装置进行试验, 从而得出喷嘴位置、药液流速等因素对汽化装置的汽化效果影响较大。

关键词 药液; 汽化; 装置

中图分类号 S491 文献标识码 A 文章编号 0517-6611(2018)36-0185-04

Effect of Greenhouse Liquid Gasification Equipment

LIU Ke¹, LIU Zhong-hua², LI Zhao-di¹ (1. Institute of Technology, Shanxi Agricultural University, Taigu, Shanxi 030801; 2. Urban and Rural Construction College, Shanxi Agricultural University, Taigu, Shanxi 030801)

Abstract In view of the relative backwardness of pesticide spraying equipment in greenhouse, the low utilization rate of pesticides and the poor gasification effect and low gasification rate of pesticide gasification equipment in our country, a new type of pesticide gasification device was designed by using Bernoulli equation. The nozzle 2 and nozzle 3 were the vaporizing devices with good vaporizing by comparing the different nozzle, and the installation position of NO.1 was the installation position of the nozzle with obvious vaporizing effect by comparing the installation position experiment. Through controlling nozzle position and flow rate of fluid pipeline, the newly designed pesticide vaporization device was experimented to find that effect of nozzle position and liquid flow rate on the vaporization was obvious.

Key words Liquor; Gasification; Equipment

近年来, 我国的设施农业, 特别是日光温室得到了广大推广, 温室栽培不仅为人们提供反季节果蔬, 而且也增加农民收入^[1-4]。但是由于温室内部常年温度相对变化幅度小, 使大量害虫能够越冬, 造成病虫害十分难治, 严重阻碍温室设施的发展^[5-6]。目前的温室病虫害仍然采取施加农药进行防治, 施药方式有传统手动背负喷雾喷淋系统、微喷系统。近年来, 农药喷施新技术有梁丽红^[7]研制出的离心式汽化系统, 袁雪等^[8]研制出摇摆式变量弥雾机, 陆军等^[9]研制的 ESS 温室喷雾器喷雾技术, 耿长兴等^[10]研究的智能喷雾机器人喷雾技术。

但是这些方式存在雾化点较大、空中停留时间短、成本较高缺陷, 并制约温室设施农业的发展。传统的喷雾技术及微喷技术的农药均以雾化形式喷洒农药, 农药利用率低, 大量农药不能到达病虫害所在位置, 不仅增加农药成本, 也加剧土壤污染^[11-14]。离心式汽化系统采用摩托车化油器作为农药汽化装置, 利用离心式鼓风机的风压, 使农药汽化, 但是离心式汽化系统存在汽化率低、影响风机风速及腐蚀风机等弊端。该研究针对这些问题研发了新型汽化装置。

1 原离心式汽化系统

温室汽化施药系统与温室内 CO₂ 补充系统配套使用, 利用离心式鼓风机(本项目采用 YY750W 单相电动机)为整个系统提供动力, 带动整个系统的运转, 通过各级管道系统将汽化农药和 CO₂ 气体输入田间, 施向温室农作物。

原离心式汽化系统是在风机上固定喇叭口, 喇叭口的另

一端加上汽化装置(即摩托车化油器)。离心式鼓风机加喇叭口装置后, 严重影响鼓风机鼓出风量, 鼓风机加喇叭口(图 1)比同样情况下不加喇叭口(图 2)的风速减小了 1~14 m/s(表 1)。



图 1 原离心式汽化系统

Fig.1 Old pesticide gasification equipment



图 2 新型汽化装置系统

Fig.2 New-type gasification equipment

原离心式汽化系统通过对农药的汽化提高喷雾效率和

基金项目 山西省煤基重大科技攻关项目(FT201402); 山西农业大学引进人才科研启动项目(XB2011005)。

作者简介 刘珂(1991—), 男, 河南汝州人, 硕士研究生, 研究方向: 温室环境调控。* 通讯作者, 副教授, 博士, 硕士研究生导师, 从事农业设施结构工程技术与环境调控、工程力学方面的教学与研究。

收稿日期 2018-07-02

农药的有效利用率。但是汽化效果相对较差,雾化点较近,而且在鼓风机上安装喇叭口,对风机风速影响较大,且汽化农药经过风机,对风机有腐蚀性破坏。利用离心式汽化系统在风机口直接喷出水雾的液滴较大,落地液滴直径可达5~8 mm,从鼓风机喷出水雾的射程近,仅达2 m左右,且由近及远水雾越来越少。风机口加直角拐时,无水雾喷出,直接在

风机下边,以液态流下。风机口加直角拐拐头加直径50 mm的PVC变口及变口后加长4 m的直径50 mm的PVC管管口处,均无水雾喷出,直接以液体形式沿风机下端流下去。针对离心式汽化系统存在的问题,设计出新型农药汽化装置,安装在风机口外,汽化农药不经风机,不会对风机产生破坏,不影响风机风速,且汽化效果良好。

表1 喇叭口对鼓风机风速的影响

Table 1 Effect of bell mouth on wind speed of blower

类型 Type	风机口 Blower mouth	0.5 m 处 Far from blower mouth 0.5 m	1.0 m 处 Far from blower mouth 1.0 m	1.8 m 处 Far from blower mouth 1.8 m	风机口加变径50处 Far from blower mouth and variable diameter 50	变径50口1 m处 Far from variable diameter mouth 50 1.0 m	m/s
鼓风机加喇叭口 Blower with bell mouth	26	15	10	6	19	6	
鼓风机不加喇叭口 Blower without bell mouth	39	25	15	11	20	10	

2 新型汽化喷头

针对原离心式汽化系统的一些缺点,由伯努利原理:

$$\frac{p_1}{\rho g} + \frac{v_1^2}{2g} + z_1 = \frac{p_2}{\rho g} + \frac{v_2^2}{2g} + z_2$$

其中, p_1 、 p_2 分别代表单位重量流体在汽化减压装置大口处和小口处的气体压强; ρ 代表减压装置中流体的密度; g 代表重力加速度; v_1 、 v_2 分别代表单位重量流体在汽化减压装置大口处和小口处的气流速度; z_1 、 z_2 分别代表单位重量流体在汽化减压装置大口处和小口处的重力势能。

根据理想流体应用条件:理想流体不可压缩,药液看作恒定流^[15-16]。设计出新型汽化装置,利用离心式鼓风机鼓出的恒定流,理想流体的压力头、速度头、位置头三者和为一定值,即 $\frac{p}{\rho g} + \frac{v^2}{2g} + z = \text{恒量}$,经过汽化减压装置,在减压喉管处,

速度变大,压力急剧变小^[17-18]。将来自输液管道的农药溶液汽化。经过一系列的试验,与不断改进,对汽化装置的影响因素进行探讨。试验从最简化的喷头开始,从喷头的汽化进风口的位置对汽化效果的影响进行探讨。

2.1 汽化喷头安装位置影响

喷头的汽化进风口位置(图3),由风速计测得鼓风机形成风速大小依次为:1号位:26 m/s,2号位:24 m/s,3号位:19 m/s,4号位:24 m/s,5号位:39 m/s。由于2号位和4号位关于风机口之间水平线对称,且风速相同,因此选择其中一个2号位;3号位风速小,且位于风机风口背面,不能为汽化装置提供足够的风速压力,因此分别选择1号位、2号位及5号位,用新型喷头进行试验(表2)。

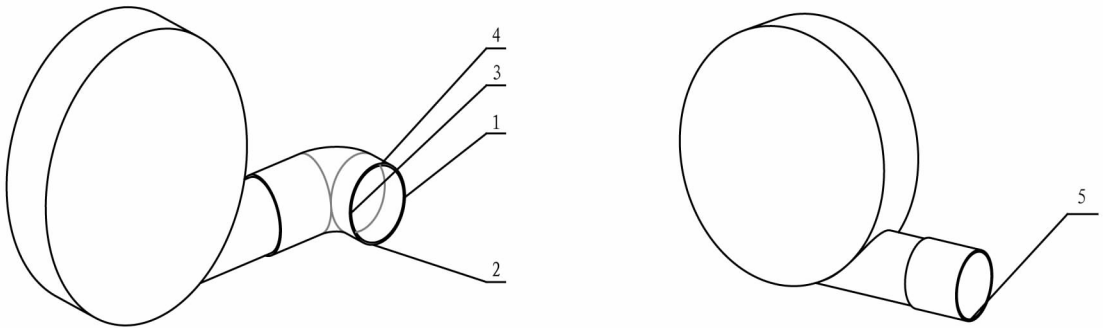


图3 汽化喷头安装位置

Fig.3 Installation position of vaporizing nozzle

表2 喷头进风口位置对汽化效果的影响

Table 2 Effect of air inlet's position of nozzle on gasification effect

序号 No.	安装位置 Installation position	汽化效果 Vaporizing effect
1	1号位	距风机口3.3 m有雾化点,0~3.3 m内均没雾化点,汽化效果相对较好
2	2号位	距风机口1.6 m有雾化点,1.6~2.5 m前后雾化点较多,3 m以后没有雾化点,汽化效果相对较1号位差
3	5号位	距风机口2 m有雾化点,0~2 m雾化点较多,汽化效果较差

2.2 不同喷头的汽化效果 经过不断试验,在原始喷头的基础上研制出4种喷头(图4),分别为喷头1号、喷头2号、喷头3号、喷头4号(表3)。喷头1号由输液管道、汽化减压管道和汽化喷口组成,其中输液管道与汽化减压管道在汽化喷口前不连通,气流与液流各自通向汽化喷口。喷头2号由输液管道、汽化减压管道和汽化喷口组成,由于输液管道和减压管道垂直,在两管交汇处以小三通连接,药液和气流汇合,通向汽化喷口。喷头3号由输液管道、汽化减压管道、气流管道(此喷头的气流管道在喷头2号的基础上加长)和汽化喷口四部分组成。其中汽化减压管道与输液管道在连接处

中间加气流管道,与汽化减压管道和输液管道均呈 45° 夹角,保证减压后的气流速度损失较小,另外汽化喷口直径为 1~

2 mm。喷头 4 号在喷头 3 号基础上改变喷口大小为直径 0.8~1.0 mm。

表 3 喷头的汽化效果

Table 3 Vaporizing effect of nozzle

喷头型号 Nozzle type	汽化时间 Vaporizing time//s	雾化点分布 Distribution of atomization point	汽化效果 Vaporizing effect
喷头 1 号 Nozzle NO.1	371	雾化点最远达 3.5 m 处	有汽化现象,有汽化效果
喷头 2 号 Nozzle NO.2	258	雾化点最远至 5 m 处	汽化效果明显,但汽化喷口有微滴水现象
喷头 3 号 Nozzle NO.3	262	雾化点最远至 4.8 m 处	汽化效果良好,汽化均匀,雾化点小
喷头 4 号 Nozzle NO.4	320	雾化点最远至 5 m 处	汽化均匀,效果较好,但有液体会沿气流管道倒流现象发生

注:此组试验汽化药液 250 mL,输液管道的液体流速为 1.2 mL/s,水箱底面距地面 0.5 m
Note: Dosage of vaporizing medical solution was 250 mL, flow rate of fluid pipeline was 1.2 mL/s, tank bottom was 0.5 m from ground

综合多次试验比较汽化效果,可以看出喷头 3 号和喷头 2 号效果较好,尤其是喷头 3 号效果最好,喷头 1 号和喷头 4 号存在明显缺陷,所以后边试验用喷头 2 号和喷头 3 号作为试验的汽化装置。

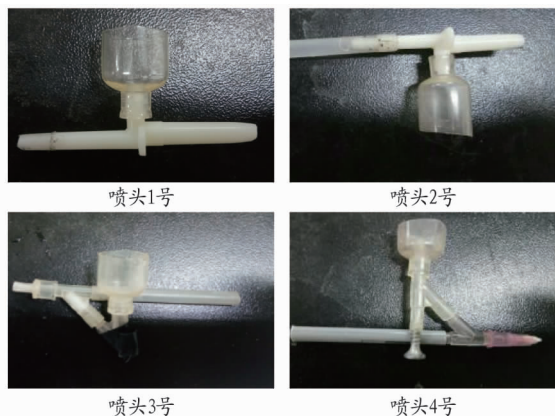


图 4 4 种汽化喷头

Fig.4 4 kinds of vaporizing nozzle

3 控制变量对汽化效果的影响

从以上试验可以看出,喷头 2 号和喷头 3 号汽化效果较好,但是汽化效果受汽化喷口及减压风口的风速、输液管道液体流速的影响。

3.1 喷口位置对汽化效果的影响 喷头 2 号和喷头 3 号的定位试验以汽化喷口管壁的距离为变量,由于喷头 2 号的喷口相对较小,取输液管道液体流速 1.2 mL/s 为定值。喷头 3 号的试验在其他条件一定时分别取以喷口距管壁距离为变量和以输液管道液体流速为变量(其他条件一定),均看汽化效果。汽化效果以 250 mL 所需时间、雾化点直径、雾化点最多位置处、开始有雾化点和各点处有雾化点的宽度为指标。

汽化喷头 2 号的雾化点在各检测点的分布状况,由图 5 可以看出,喷口位置与管壁距离为 45、55、60 mm 时,汽化喷头的雾化点主要集中在 1~4 m,且从汽化喷口出口开始有雾化点;汽化喷口距管壁 50 mm 处,雾化点从距汽化喷口 1 m 开始,雾化点主要集中在 2~5 m 处,从雾化点轮廓看,喷头 2 号在此位置汽化药液雾化点可以覆盖更大范围。由此可得汽化喷头 2 号在喷口距管壁 50 mm 位置处汽化效果更好,确定喷口距管壁 50 mm 处为汽化合适位置(表 4)。

汽化喷头 3 号的雾化点在各检测点的分布状况,由图 6

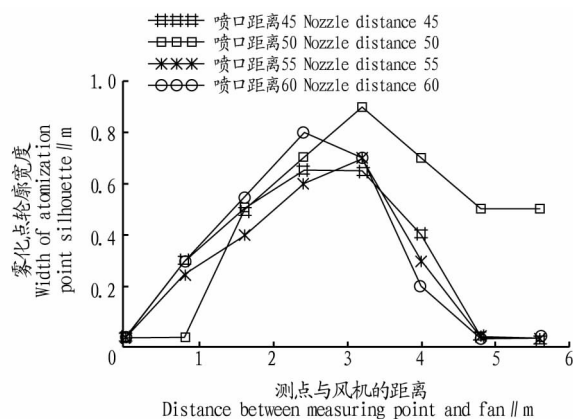


图 5 喷头 2 号不同喷口位置的雾化点分布

Fig.5 Distribution of atomization point of nozzle NO.2 with different nozzle position

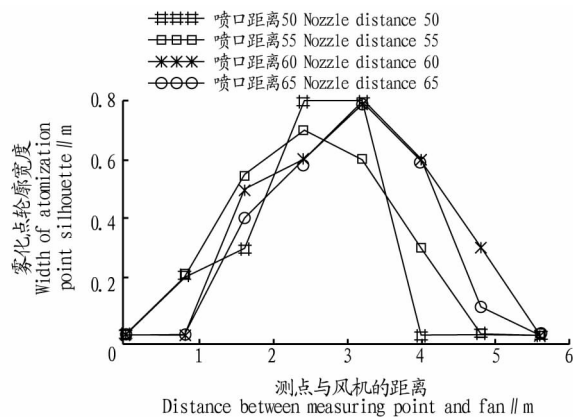


图 6 喷头 3 号不同喷口位置的雾化点分布

Fig.6 Distribution of atomization point of nozzle NO.3 with different nozzle position

可以看出,喷口位置与管壁距离为 50 mm 时,汽化喷头的雾化点主要集中于 2~4 m,汽化覆盖范围过小,不适合大范围温室农药汽化的应用。喷口位置距管壁为 55 mm 时,汽化喷头雾化点集中于 1~4 m,但如图 6 所示,各检测点处雾化点覆盖面较窄,覆盖范围小。喷口位置距管壁 60、65 mm 时,汽化喷头的雾化点主要集中于 1.5~4.5 m,且从雾化点轮廓看,喷头 3 号在此位置汽化药液雾化点可以覆盖更大范围。由此可得汽化喷头 3 号在喷口距管壁 60 和 65 mm 位置处汽化效果更好,确定喷口距管壁 60 和 65 mm 处为汽化合适位置(表 5)。

表4 喷头2号喷口位置对汽化效果的影响

Table 4 Effect of nozzle NO.2 position on vaporizing effect

喷头到管壁距离 Distance between nozzle and tube wall//mm	汽化时间 Vaporizing time s	雾化点直径 Diameter of atomization point//mm	出现雾化点位置坐标 Position coordinates of atomization point//m	雾化点最多位置坐标 Position coordinates of the most atomization point//m	雾化点集中区域坐标 Position coordinates of atomization point concentration area//m
45	255	2.0~3.5	0.8	2.0	2.4~4.0
50	268	3.0~5.0	1.0	3.0	0.8~3.2
55	251	4.0~5.0	0.3	2.0	0.8~3.2
60	256	4.0~5.0	0.25	1.5	1.6~3.2

注:此组试验汽化药液 250 mL,输液管道液体流速 1.2 mL/s,水箱底面距地面 0.5 m
Note: Dosage of vaporizing medical solution was 250 mL, flow rate of fluid pipeline was 1.2 mL/s, tank bottom was 0.5 m from ground

表5 喷头3号喷口位置对汽化效果的影响

Table 5 Effect of nozzle NO.3 position on vaporizing effect

喷头到管壁距离 Distance between nozzle and tube wall//mm	汽化时间 Vaporizing time s	雾化点直径 Diameter of atomization point//mm	出现雾化点位置坐标 Position coordinates of atomization point//m	雾化点最多位置坐标 Position coordinates of the most atomization point//m	雾化点集中区域坐标 Position coordinates of atomization point concentration area//m
50	238	2.0~3.5	0.8	2.0	1.0~3.2
55	210	2.0~3.0	0.8	2.0	1.5~3.0
60	262	2.0~3.0	1.0	3.0	1.6~3.2
65	255	2.0~3.0	1.0	2.5	1.6~3.2

注:此组试验汽化药液 250 mL,输液管道液体流速 1.2 mL/s,水箱底面距地面 0.5 m,以风机出风口为零坐标位,鼓出风速风向为正方向(以 m 为单位)
Note: Dosage of vaporizing medical solution was 250 mL, flow rate of fluid pipeline was 1.2 mL/s, tank bottom was 0.5 m from ground, outlet of blower was zero coordinates; wind direction was positive direction(taking m as unit)

3.2 液体流速对汽化效果的影响 综合分析表 6 和图 7,可以看出喷头 3 号的输液管道流速对汽化效果的影响。在输液管道液体流速为 0.5、0.9 mL/s 时,汽化效果非常好,雾化点直径小;但是由于输液管道的液体流速太小,时间长,雾化点也相对比较集中,4 m 之外基本没有雾化点。输液管道液

体流速为 2.0 mL/s 时,汽化喷头在喷口处就有液体流下现象。输液管道液体流速为 1.2、1.8 mL/s 时,汽化效果好,雾化点集中在 1.5~4.0 mm,比较集中,适用于温室系统的农药汽化防治病虫害。

表6 输液管道液体流速影响

Table 6 Effect of flow rate of fluid pipeline on vaporizing effect

喷头到管壁距离 Distance between nozzle and tube wall//mm	汽化时间 Vaporizing time s	雾化点直径 Diameter of atomization point//mm	出现雾化点位置坐标 Position coordinates of atomization point//m	雾化点最多位置坐标 Position coordinates of the most atomization point//m	雾化点集中区域坐标 Position coordinates of atomization point concentration area//m
0.5	547	1.5~2.0	1.3	雾化点极少,基本呈气态	
0.9	360	1.5~2.0	1.1	1.6	1.3~2.4
1.2	242	2.0~3.0	1.0	3.0	2.6~3.2
1.8	251	2.0~3.0	1.0	2.0	1.3~2.4
2.0	246	2.0~3.0	0.8	2.0	0~3.2

注:此组试验汽化药液 250 mL,喷头距管壁 60 mm 处,水箱底面距地面 0.5 m,以风机出风口为零坐标位,鼓出风速风向为正方向(以 m 为单位)
Note: Dosage of vaporizing medical solution was 250 mL, nozzle is 60 mm from tube wall, tank bottom was 0.5 m from ground, outlet of blower was zero coordinates; wind direction was positive direction (taking m as unit)

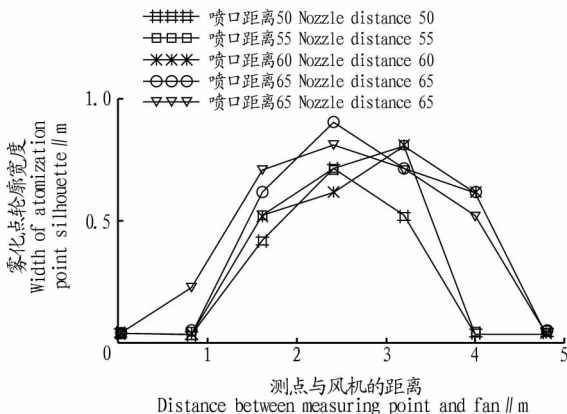


图7 喷头3号调节输液管液流速时雾化点分布

Fig.7 Distribution of atomization point of nozzle NO.3 with different flow rate of fluid pipeline

4 结论

通过以上试验,分别以汽化装置的结构、汽化喷口位置、输液管道的液流速度 3 个条件为变量,依次比较汽化装置的汽化效果,在各个对照组中比较,得出最佳汽化状态,即:3号汽化装置在汽化喷口距管壁 60~65 mm,输液管道的液流速度为 1.2~1.8 mL/s 时汽化效果为最佳;2号汽化装置在汽化喷口距管壁 50 mm,输液管道的液流速度为 1.2 mL/s 时汽化状态较好。通过以上试验可知,新型汽化装置的对应条件与最佳汽化效果的相关性,为汽化装置的影响因素分析奠定基础。

参考文献

[1] 毛罕平,晋春,陈勇.温室环境控制方法研究进展分析与展望[J].农业机械学报,2018,49(2):1-13.
[2] YIN Y, WANG L, LIANG C H, et al. Soil aggregate stability and iron and aluminium oxide contents under different fertiliser treatments in a long-term solar greenhouse experiment[J]. Pedosphere, 2016, 26(5): 760-767.

产品经纪人,往往能给芋头种植户带来更大的利润。

3.4 紧密的利益联结机制有利于芋头产业长期可持续发展

有效的产业模式能提高经济效益,提升产业竞争力。在调研中发现,由于芋头品种、耕地状况、地理区位、资源禀赋等情况的不同,泰兴、靖江、兴化3地的芋头产业在发展模式上已经显现出了一些差异。泰兴香荷芋产业的垂直协作程度不是很紧密,生产与销售的一体化程度还处于纯市场交易和合同交易阶段,近年来发展势头减弱,没有龙头企业的带领和产品品牌的建设是其主要原因。靖江香沙芋由于区位优势,加上品牌价值的凸显和新型经营主体的带动,产业发展态势较好,在产业模式上,多以合作社形式为主,纵向一体化在合作社内部呈现,相应成本得到一定压缩,利润空间进一步提升。兴化“龙香芋”的不断发展,主要得益于垛田镇有一支高素质的蔬菜经纪人队伍,在合作社内部生产资料统一购买,产品统一销售,市场不景气时合作社还收购附近散户的芋头帮助其销售以保证一定的收入。3地的芋头产业目前都有一定程度的纵向一体化,但是程度不一,产业发展速度也不一。农业“纵向协调”是一种组织创新,纵向协调,包括从原材料生产、加工、储存、运输、销售等活动在内的一系列过程,能起到减少市场风险、降低不确定性和成本、改善管理、增加市场地位、提高议价能力、开发新技术和获得融资等作用,这个过程同时需要政府的科学引导和新型农业经营主体的积极参与。

3.5 建立产学研推于一体的泰州芋头产业体系 目前泰州芋头产业还存在以下3个问题:①品种退化,产量和品质下降。全市大多芋头种植以自食和馈赠为主,自留种和农家品种因为没有经过提纯复壮,种性逐渐退化,产量、质量不稳定,影响了芋头的品质和标准,基本无专门的良种供应商。②芋头有开发利用价值,但开发难度大。泰州芋头具有较高

的营养价值及较好的食用口味,有一定的发展前景,但其发展有以下几方面制约因素:第一,缺少深加工企业,初级产品效益较差;第二,芋头种植基本无机械化作业,生产用工量较大;第三,泰兴芋头大多种植在没有排灌保障的高沙土田块,受自然条件制约较大,年度间产量差异大;第四,长期形成的芋头鲜食消费习惯,不易改变。③产品流通渠道单一,市场机制有待完善。由于缺乏市场信息交流的平台,芋头市场供求信息不能及时传递到农民手中,农民种植存在很大的随意性和盲目性,大多处于自由种植、自给为主的局面。加之品牌意识相对淡薄,缺乏规模龙头企业引领,市场宣传力度不够,不利于培育健康的芋头市场。综上所述,芋头仅仅是泰州特粮特经作物中的有特色的一个小产业,而要发展芋头产业,必须走出地域限制,主动面对更广阔的市场。在这个发展过程中,必须意识到芋头产业在育种体系、产业组织体系构建、流通渠道、品牌创建等方面仍存在诸多问题,必须建立合理高效的产学研推体系,才能保障产业更好更快的发展。

参考文献

- [1] 张培通,焦庆清,殷剑美,等.江苏省优质芋头产业发展策略之管见[J].长江蔬菜,2017(2):30-32.
- [2] 程愚,孙建国.商业模式的理论模型:要素及其关系[J].中国工业经济,2013(1):141-153.
- [3] 张敬伟,王迎军.基于价值三角形逻辑的商业模式概念模型研究[J].外国经济与管理,2010,32(6):1-8.
- [4] TIMMERS P. Business models for electronic markets[J]. Journal on electronic markets, 1998, 8(2): 3-8.
- [5] MAHADEVAN B. Business models for internet-based e-commerce: An anatomy[J]. California management review, 2000, 42(4): 55-69.
- [6] OSTERWALDER A, PIGNEUR Y, TUCCI C L. Clarifying business models: Origins, present, and future of the concept[J]. Communications of AIS, 2005, 15(5): 751-775.
- [7] DUBOSSON-TORBAY M, OSTERWALDER A, PIGNEUR Y. E-business model design, classification, and measurements[J]. Thunderbird international business review, 2002, 44(1): 5-23.
- [8] 亚历山大·奥斯特瓦德,伊夫·皮尼厄.商业模式新生代[M].北京:机械工业出版社,2011:4-7.

(上接第188页)

- [3] 赵淑梅,庄云飞,郑可欣,等.日光温室空气对流蓄热中空墙体热性能试验[J].农业工程学报,2018,34(4):223-231.
- [4] QIAN T T, LU S L, ZHAO C J, et al. Heterogeneity analysis of cucumber canopy in the solar greenhouse[J]. Journal of integrative agriculture, 2014, 13(12): 2645-2655.
- [5] ZHANG M, WANG X F, CUI X M, et al. The relationship between working conditions and adverse health symptoms of employee in solar greenhouse[J]. Biomed Environ Sci, 2015, 28(2): 143-147.
- [6] 王润凤.温室黄瓜病虫害防治技术分析[J].北京农业,2014(15):119-120.
- [7] 梁丽红.温室气肥施药装置的试验和研究[D].太原:山西农业大学,2014.
- [8] 袁雪,祁力钧,王虎,等.温室摇摆式变量弥雾机喷雾参数响应面法优化[J].农业机械学报,2012,43(4):45-50,54.
- [9] 陆军,李萍萍,贾卫东,等.ESS温室喷雾器喷雾特性的PDIA检测实验[J].高电压技术,2009,35(7):1661-1666.

- [10] 耿长兴,张凯,张二鹏,等.智能喷雾机器人的喷雾性能试验评价[J].农业工程学报,2012,28(S2):114-117.
- [11] 李良.温室轨道风送施药系统设计[D].太原:太原理工大学,2015.
- [12] 李义强,周杨全,徐金丽,等.烟叶中多菌灵农药残留的降解规律和影响因素[J].中国烟草学报,2017,23(4):40-49.
- [13] 季仁东,陈梦岚,赵志敏,等.橙汁中多菌灵农药残留吸收光谱特征研究[J].光谱学与光谱分析,2014,34(3):721-724.
- [14] 吴岩,赵伟,刘永,等.快速基质分散净化-超快速液相色谱-串联质谱法同时测定玉米中22种三嗪类除草剂残留[J].分析化学,2016,44(6):950-957.
- [15] 方达宪,张红亚.流体力学[M].武汉:武汉大学出版社,2014:60-62.
- [16] 俞锦涛,陶宗明.等温条件下可压缩理想气体的伯努利方程[J].物理与工程,2016,26(6):72-74.
- [17] 任明星,王国田,李邦盛,等.微尺度空间内离心铸造过程的流动方程及相似准则[J].中国有色金属学报,2014,24(5):1506-1511.
- [18] 严导淦.流体力学中的总流伯努利方程[J].物理与工程,2014,24(4):47-53.

科技论文写作规范——作者

论文署名一般不超过5个。中国人姓名的英文名采用汉语拼音拼写,姓氏字母与名字的首字母分别大写;外国人姓名、名字缩写可不加缩写点。