

# 音乐声频对大棚蔬菜生长和产量的影响

姜仕仁, 黄俊

(浙江科技学院 生物与化学工程学院, 杭州 310023)

**摘要:** 为了考察音乐声频对大棚蔬菜生长、产量及营养成分等方面的影响,采用自行开发的声频设备,3年中对黄瓜、茄子、番茄、香瓜、辣椒5种大棚蔬菜进行了16次应用试验。结果表明,5种大棚蔬菜平均增高率7.7%~34.3%;生长素含量增加1.3%~14.6%;产量增加4.4%~32.8%,平均增产13.7%;辣椒Vc含量增加5.1%~50%,茄子和番茄的Vc含量分别增加27.7%和26%,黄瓜、茄子、番茄的还原糖含量分别增加7.6%、6.3%和16.5%。研究结果为声频技术在大棚蔬菜生产上的推广应用提供了科学依据。

**关键词:** 音乐声频;大棚蔬菜;生长;产量;营养成分

中图分类号: S122;S-3      文献标志码: A      文章编号: 1671-8798(2012)04-0287-07

## Effects of music acoustic frequency on greenhouse vegetable

JIANG Shi-ren, HUANG Jun

(School of Biological and Chemical Engineering, Zhejiang University of  
Science and Technology, Hangzhou 310023, China)

**Abstract:** In order to investigate audio frequency influence on the growth, yield and nutrient component of greenhouse vegetable, the music acoustic frequency was applied to the five kinds of greenhouse vegetables including cucumber, aubergine, tomato, cantaloupe and capsicum. The results indicated that five kinds of greenhouse vegetables have different responses to sound wave stress. The greenhouse vegetables' mean heightening percentage range from 7.7% to 34.3% apart from the minus growth rate of tomato; the increasing rate of auxin content range from 1.3% to 14.6%; the production yield increases from 4.4% to 32.8%, and the average rate of production yield is 13.7%; Vc content of capsicum increases from 5.1% to 50% with the average increase of 22.35%; Vc content of aubergine and tomato increases 27.7% and 26%, respectively; the reducing sugar content of cucumber, aubergine and tomato increases 7.6%, 6.3% and 16.5% respectively. The results can provide a scientific basis for plant audio technology applied to greenhouse vegetable production.

**Key words:** music acoustic frequency; greenhouse vegetable; growth; yield; nutrient component

收稿日期: 2012-05-16

基金项目: 浙江省重大科技专项项目(2008C12056)

作者简介: 姜仕仁(1953—),男,浙江省龙游人,教授,主要从事生态学和生物声学研究。

声波作为环境应力对农作物的积极作用已受到日益关注,机理研究不断深入,而且涉及声波对植物生理、生化、细胞、基因等方面。美国的 Daniel<sup>[1]</sup>较早地阐述了外界应力与植物细胞生长之间的关系, Timothy 等<sup>[2]</sup>从生物力学的角度探索了植物发育过程中细胞内应力信号的传导特性,孙克利等<sup>[3]</sup>研究了交变应力对植物细胞热力学相行为,沈子威等<sup>[4]</sup>研究了强声波作用下植物细胞壁蛋白质二级结构的变化,王伯初等<sup>[5-13]</sup>研究了声波对植物代谢生理、分子生物学等方面的影响,祝俊儒等<sup>[14]</sup>研究了声波对植物生长素的影响,周清等<sup>[15]</sup>研究了声波对草莓叶片叶绿素荧光特性的影响等,这些研究为声频技术在农业上的应用奠定了理论基础。声频技术在农业上的应用研究也日益增多,侯天桢等<sup>[16-19]</sup>开展了植物声频控制技术应用用于设施蔬菜、棉花等,姜仕仁等<sup>[20-22]</sup>和柏明娥等<sup>[23-24]</sup>在西瓜等露地作物和温室蔬菜等方面进行了应用试验。2011 全国植物声学研究与应用进展学术研讨会在中国农业大学召开,对植物声频技术的研究与应用具有积极的促进和推动作用<sup>[25]</sup>。

近年来,以薄膜大棚种植瓜果蔬菜的面积日益扩大,为了考察声波对大棚蔬菜生长、产量和营养成分等方面的影响,笔者采用自行开发的以古典音乐和自然昆虫鸣声混合的声频设备<sup>[26-27]</sup>,在浙江东阳和杭州两地的大棚蔬菜上进行了两年半的声波助长试验,现将结果报道如下。

## 1 试验材料与方法

### 1.1 试验地概况

试验分别在浙江省东阳市浙江花园农业发展有限公司的农业科技示范园(以下简称花园农业公司)和杭州市西湖区周浦无公害蔬菜种植基地进行。东阳花园农业公司的地理坐标为北纬 29°16′,东经 120°13′,属亚热带季风气候区,气候温和,雨量充沛,年平均气温 17℃;试验地为长 90 m、面积 4 000 m<sup>2</sup> 的塑料薄膜钢架连栋大棚。周浦无公害蔬菜种植基地位于北纬 30°10′,东经 120°07′,属亚热带季风性气候,温暖湿润,四季分明,光照充足,雨量丰沛;该基地为集中连片的塑料薄膜拱形钢架蔬菜大棚,每棚长 75 m、宽 6 m。

### 1.2 试验对象

从 2009 年 7 月至 2011 年 7 月,两地在茄子(*Solanum melongena*)、黄瓜(*Cucumis sativus*)、番茄(*Solanum lycopersicum*)、辣椒(*Capsicum annuum*)、香瓜(*Cucumis melo*)5 种蔬菜上共进行了 16 次试验(表 1)。其中,周浦无公害蔬菜基地在 3 种植物上共进行了 9 次试验,花园农业公司在 4 种植物上进行了 7 次试验。其中做生长对比试验 13 次,做产量对比试验 11 次,在同种植物上既做生长试验又做产量对比 8 次。

表 1 试验的大棚蔬菜种类和次数

Table 1 Greenhouse vegetable species and number times of trials

试验地点	试验时间	试验对象	品种	生长试验	产量试验
周浦	2009-07-18—2009-11-28	辣椒	杭丰鸡爪	√	√
	2009-07-18—2009-11-17	辣椒	杭丰鸡爪		√
	2009-07-18—2009-12-12	辣椒	杭丰鸡爪		√
	2009-12-01—2010-02-28	番茄	以色列	√	
	2009-12-01—2010-03-12	番茄	以色列	√	
	2010-02-06—2010-04-14	黄瓜	蔬春 100	√	
	2010-07-11—2010-08-28	辣椒	杭丰鸡爪	√	
	2010-12-19—2011-05-12	番茄	903	√	√
	2010-12-19—2011-06-20	番茄	以色列	√	√
东阳	2010-08-05—2010-11-12	香瓜	玉姑 CE041	√	√
	2010-08-07—2010-10-10	番茄	圣地斯 602	√	
	2010-08-07—2011-01-10	茄子	紫玉 712	√	√
	2010-08-22—2010-11-18	黄瓜	津优 6 号	√	√
	2011-01-25—2011-06-12	黄瓜	津优 6 号		√
	2011-02-01—2011-07-05	番茄	圣地斯 602	√	√
	2011-02-03—2011-06-21	茄子	紫玉 712	√	√

1.3 声频设备

自主开发的 JSR-05 型声频播放器<sup>[26-27]</sup>,频率响应 40~12 000 Hz。

1.4 试验方法

在试验地选择地面平整一致、土壤肥力相似的大棚,在同一个大棚内确定 2 块面积大小、植株数相同的声波试验区 and 对照区,两区相隔 50 m 左右。各区以竹杆、彩绳等明显标志物区分。同一大棚进行多次重复试验的均交换试验区和对照区。播放器的正面朝向试验区,从幼苗移植起以古典音乐和昆虫鸣声混合的声波进行处理,声波的主频约为 350 Hz,频率范围 340~4 000 Hz,声音播放强度 80~90 dB,每天上午连续播放 3 h,直到采摘期结束。

生长速度比较:从苗期到生长中期,前后 2 次测量样地全部植株的生长高度,计算 2 次测量之间的平均增长量,比较试验区与对照区之间的增长差异。

产量比较:以累计总重量和单株平均产量进行比较。为了解声波对植物体内生化物质的影响,前后 2 次分别从两地大棚蔬菜试验和对照样地生长最高的 6 个植株上各摘取 1 个约 150 mm 的嫩芽,共进行了 10 次生长素含量测试比较<sup>[25]</sup>;通过采集成熟度基本一致的果实样品,委托有资质的浙江省医学科学院对瓜果样品的 Vc 和还原糖含量进行检测分析与对比。

1.5 数据分析

全部数据的统计分析均采用 Excel 软件进行。

2 结果与分析

2.1 音乐声频对大棚蔬菜生长速度的影响

由表 2 可知,除了番茄有 1 次试验对株高呈负增长外,其余均有明显的促进生长效果。在 2 次不同间隔时间内,平均增长率 7.7%~34.3%。其中番茄 5 次试验平均增长率为 10.4%,黄瓜 2 次试验平均增长率为 26%,茄子 2 次试验平均增长率为 19.9%,辣椒 2 次试验平均增长率为 14.4%。试验区和对照区由早期株高差异大多不显著而经声波处理一段时间后,有 9 次试验结果呈现差异极显著,有 2 次株高差异显著,1 次有差异但未达显著水准,还有 1 次(番茄)为负增长率。

2.2 音乐声频对大棚蔬菜生化物质含量的影响

为了解音乐声频对蔬菜生化物质含量的影响,从两地采集部分样品进行生长素、Vc 和还原糖含量的测试及分析比较。

如图 1 所示,试验区植株的生长素含量均高于对照区,增加率在 1.3%~14.6%。其中番茄的生长素含量平均增加了 8.72%,黄瓜平均增加了 6.48%,茄子平均增加了 8.94%。

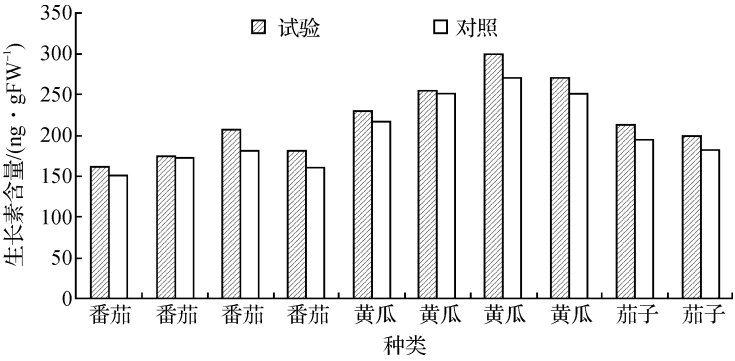


图 1 音乐声频对大棚蔬菜生长素含量的影响

Fig. 1 Effects of audio frequency on auxin content of greenhouse vegetables

表 2 音乐声频对大棚蔬菜生长速度的影响

Table 2 Effects of audio frequency on growth rate of greenhouse vegetables							
试验地点	试验对象	种植日期	样地株数	第一次测量			
				日期	试验区平均株高/mm	对照区平均株高/mm	差异度( <i>P</i> 值)
周浦	番茄	2009-12-01	40	2009-12-20	148±24	152±30	0.24
	番茄	2009-12-01	40	2009-12-20	165±31	179±42	0.06
	番茄	2010-12-19	50	2011-01-19	317±37	308±32	0.097
	番茄	2010-12-19	50	2011-01-19	306±44	296±36	0.119
	黄瓜	2010-02-06	40	2010-03-12	257±74	211±52	0.00**
	辣椒	2009-07-18	40	2009-08-06	296±37	287±4	0.13
	辣椒	2010-07-11	40	2010-07-25	268±33	284±35	0.02*
东阳	番茄	2010-08-07	56	2010-08-29	309±25	303±15	0.06
	番茄	2011-02-01	40	2011-02-15	803±65	774±99	0.06
	黄瓜	2010-08-22	28	(同时播种,选大小一致的苗同时移栽)			
	茄子	2010-08-07	60	2010-09-11	421±56	411±65	0.45
	茄子	2011-02-03	40	2011-02-15	276±16	274±10	0.26
	香瓜	2010-08-05	28	2010-09-11	1075±159	1065±190	0.41
试验地点	试验对象	种植日期	样地株数	第二次测量			
				日期	试验区平均株高/mm	对照区平均株高/mm	差异度( <i>P</i> 值)
周浦	番茄	2009-12-01	40	2010-02-28	796±58	742±40	0.0**
	番茄	2009-12-01	40	2010-02-28	738±99	705±76	0.05*
	番茄	2010-12-19	50	2011-03-12	872±111	905±146	0.119
	番茄	2010-12-19	50	2011-03-13	610±60	573±56	0.003**
	黄瓜	2010-02-06	40	2010-04-14	876±16	736±161	0.00**
	辣椒	2009-07-18	40	2009-08-18	536±39	501±58	0.001**
	辣椒	2010-07-11	40	2010-08-28	832±83	765±92	0.095
东阳	番茄	2010-08-07	56	2010-10-10	1 876±16	1 659±195	0.00**
	番茄	2011-02-01	40	2011-05-07	2 363±99	2 224±146	0.00**
	黄瓜	2010-08-22	28	2010-09-11	565±87	420±65	0.00**
	茄子	2010-08-07	60	2010-10-10	1 058±51	955±94	0.00**
	茄子	2011-02-03	40	2011-05-07	934±61	810±63	0.00**
	香瓜	2010-08-05	28	2010-10-04	1 379±95	1 326±104	0.03*
试验地点	试验对象	种植日期	样地株数	平均增长量		试验比对照增长/nm	增长率/%
				试验	对照		
周浦	番茄	2009-12-01	40	648	589	59	10.0
	番茄	2009-12-01	40	573	526	47	8.9
	番茄	2010-12-19	50	555	607	−52	−8.6
	番茄	2010-12-19	50	304	277	27	9.7
	黄瓜	2010-02-06	40	619	526	93	17.7
	辣椒	2009-07-18	40	240	215	25	11.6
	辣椒	2010-07-11	40	564	481	83	17.3
东阳	番茄	2010-08-07	56	1 568	1 357	211	15.5
	番茄	2011-02-01	40	1 560	1 449	111	7.7
	黄瓜	2010-08-22	28	565	420	145	34.3
	茄子	2010-08-07	60	637	544	93	17.1
	茄子	2011-02-03	40	658	536	122	22.8
	香瓜	2010-08-05	28	304	262	42	16.2

注：\* 表示  $P<0.05$ , 差异显著；\*\* 表示  $P<0.01$ , 差异极显著。

如图 2 所示,采集了不同季节的辣椒进行了 4 次检测对比,Vc 含量增加 5.1%~50%不等,平均增加 22.35%;茄子和番茄的 Vc 含量分别增加 27.7%和 26%。黄瓜、茄子和番茄的还原糖含量分别增加 7.6%、6.3%和 16.5%(图 3)。

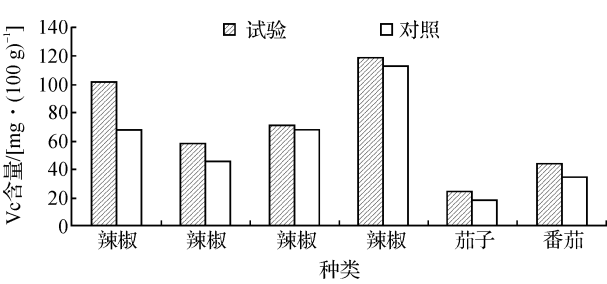


图 2 音乐声频对蔬菜 Vc 含量的影响

Fig. 2 Effects of audio frequency on Vc content of greenhouse vegetables

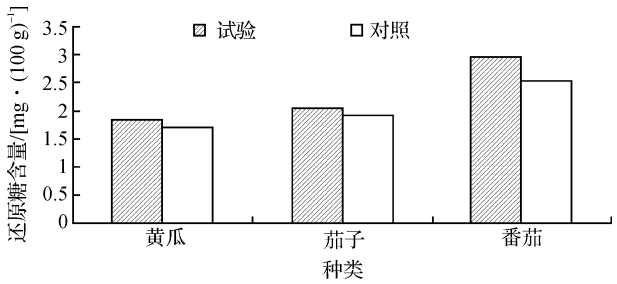


图 3 音乐声频对 3 种蔬菜还原糖含量的影响

Fig. 3 Effects of audio frequency on reducing sugar content of three kinds of greenhouse vegetables

2.3 音乐声频对大棚蔬菜产量的影响

表 3 表明,经声频处理后蔬菜的产量都有不同程度的提高,不同季节、不同种类的增产幅度在4.4%~32.8%不等,平均增产率为 13.7%。辣椒 3 次试验产量平均提高 8.15%,番茄 3 次试验产量平均增加 11.6%,茄子 2 次试验产量平均提高 19%,黄瓜 2 次试验产量平均提高 8.2%。

表 3 音乐声频对大棚蔬菜产量的影响

Table 3 Effects of audio frequency on production yield of greenhouse vegetables

试验地点	品种	种植日期	试验区			对照区			平均每株增产/kg	增产率/%	0.067 hm <sup>2</sup> 种植株数	0.067 hm <sup>2</sup> 增产/kg
			株数	产量/kg	单株产量/kg	株数	产量/kg	单株产量/kg				
周浦	番茄(以色列)	2010-12-19	47	138.3	2.94	50	118.5	2.37	0.57	24.2	1 700	973
	番茄(903)	2010-12-19	47	97.3	2.07	39	77.6	1.99	0.08	4.1	1 700	137
	辣椒(杭丰鸡爪)	2009-07-18	20	39.7	1.99	20	36.8	1.84	0.15	7.9	1 350	196
	辣椒(杭丰鸡爪)	2009-07-18	20	37.0	1.85	20	33.5	1.68	0.18	10.4	1 350	236
	辣椒(杭丰鸡爪)	2009-07-18	20	30.3	1.52	20	28.6	1.43	0.09	6.1	1 350	118
东阳	番茄(圣迪斯 602)	2011-02-01	40	80.3	2.01	40	75.4	1.88	0.12	6.6	1 700	210
	黄瓜(津优 6 号)	2010-08-22	28	61.2	2.19	28	58.6	2.09	0.09	4.4	2 400	223
	黄瓜(津优 6 号)	2011-01-25	40	130.7	3.27	40	116.7	2.92	0.35	12.0	2 400	837
	茄子(紫玉 712)	2010-08-7	53	44.4	0.84	60	38.4	0.64	0.20	30.9	1 700	336
	茄子(紫玉 712)	2011-02-03	39	54.3	1.39	40	52.0	1.30	0.09	7.1	1 700	157
	香瓜(玉姑 CE041)	2010-08-05	28	44.4	1.59	28	32.5	1.16	0.43	36.6	1 100	468

3 讨 论

通过 3 年来在不同季节对 5 种大棚蔬菜 16 次试验结果表明,音乐声频能有效地促进大棚蔬菜生长,经声频处理后,试验区植株的生长素含量均高于对照区;同时,声波对大棚蔬菜的产量都有不同程度的提高,且提高了品质,营养成分如 Vc 含量有不同程度的提高。据两地的蔬菜技术员反映,声波使黄瓜提前 1 周采收。另外,以动物鸣声和音乐混合的声频,增加了劳动环境的快乐氛围和自然生气,还可与休闲观光农业相结合,对促进快乐农业、发展生态农业具有积极的意义。

但是,声波在大棚蔬菜应用过程中有些问题值得探讨:

1) 如何对待生长速度与产量的可控性。通过两地 3 年在 5 种植物上既做生长试验又做产量对比的 8 次大棚蔬菜声频试验结果中可见,有的试验在前期对促进植物的生长效果显著,但对提高产量不明显;反之,有的试验(如冬季或遇春季低温)对植物的生长影响不明显,但对后期产量提高效果明显。如 2010 年下半年在东阳的黄瓜试验,前期对生长效果非常明显,增长率为 34.8%,而对产量增长效果不明显,只增长了 4.4%;而 2011 年上半年周浦的番茄生长为 -8.6%,而产量却增加了 24.2%。这在温室蔬菜和露地作物的试验结果也有类似的现象<sup>[21,24]</sup>。但也有的既生长快产量又高,如 2010 年下半年东阳试验的茄子和香瓜(图 4)。

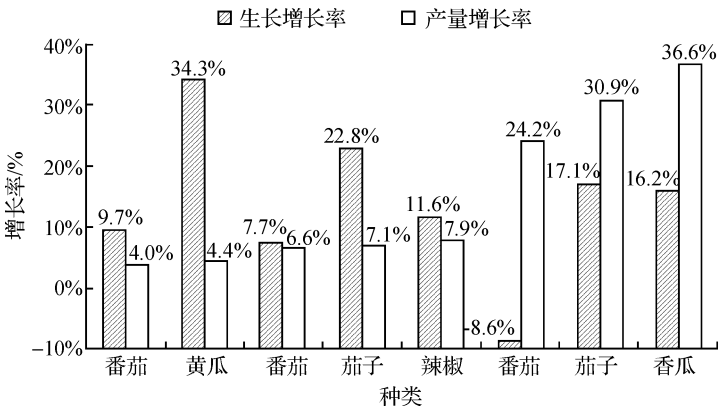


图 4 通过声波处理后大棚蔬菜生长与产量之间的关系  
Fig. 4 Relation between growth and production yield of greenhouse vegetables after audio frequency treatment

由此可知,声频作用对大棚蔬菜的影响不能仅看生长快慢,有的在生长上看似效果不明显,但总的生物量得到了增加<sup>[23]</sup>,或有助于营养物质积累有利于后期果实增产。相反,前期植株营养生长快,不利于后期的果实生长。也有的植物顶端生长不快,而侧枝生长快。因此,在声频技术应用过程中,针对不同的蔬菜,不同的目的,有许多问题有待于深入研究。

2) 提高声频技术的应用效果以利于该技术的应用推广。根据多年的实践表明,在没有认真对比的情况下,即使有 10%左右的差异也难以察觉到。如表 3 中的黄瓜增产 12%,增 837 kg/0.067 hm<sup>2</sup>,但是按 2 400 株/0.067 hm<sup>2</sup>,平均每株只增产 0.35kg,从 2011 年 4 月 10 日到 6 月 12 日共采摘了 21 次,平均每株每次增加不到 17 g,难以感觉到声波的作用效果,这也是有些农户认为声波无效果的主要原因。而当直观感觉有明显差异时,增产效果至少在 20%以上。要普遍达到这样的使用效果,就必须加强植物声频技术的基础理论和应用等方面的研究。

志谢:感谢东阳市花园村农业发展有限公司全体员工的大力协作! 感谢杭州市西湖区周浦无公害蔬菜种植基地彭长夫、邵新疆在试验过程的帮助!

参考文献:

[1] Cosgrove D J. Wall extensibility: its nature, measurement and relationship to plant cell growth[J]. New Phytol, 1993,124:1-23.

[2] Timothy M L, Philip M L. Mechanical signals in plant development: a new method for single cell studies[J]. Developmental Biology,1997,181:246-256.

[3] 孙克利,席葆树,蔡国友,等. 交变应力作用下烟草细胞热力学相行为的研究[J]. 生物物理学报,1999,15(3):579-583.

[4] 沈子威,孙克利,杨钧,等. 应用傅里叶红外光谱研究强声波作用下植物细胞壁蛋白质二级结构的变化[J]. 光子学报,1999,28(7):600-602.

[5] 王伯初,张进,段传人,等. 声波刺激对拟南芥基因表达的影响[J]. 重庆大学学报:自然科学版,2005,28(11):142-145.

[6] 王伯初,张小刚,黄文章,等. 空间声场对水稻抗纹枯病的生理效应[J]. 自然科学进展,2009,19(10):1068-1075.

- [7] Wang B C, Zhao H C, Duan C R, et al. Effects of cell wall calcium on the growth of *Chrysanthemum* callus under sound stimulation[J]. Colloids and Surfaces B-Biointerfaces, 2002, 25(3): 189-195.
- [8] 魏进民, 李标, 王伯初, 等. 声波刺激对铁皮石斛过氧化酶同工酶基因表达的影响[J]. 应用声学, 2008, 27(6): 462-468.
- [9] 段传人, 王伯初, 徐世荣. 环境应力对植物次生代谢产物形成的作用[J]. 重庆大学学报: 自然科学版, 2003, 26(10): 67-71.
- [10] 阳小成, 王伯初, 段传人. 声波刺激对中华猕猴桃 ATP 含量的影响[J]. 生物技术通讯, 2003(2): 123-126.
- [11] 阳小成, 王伯初, 叶梅. 不同强度的声波对猕猴桃试管苗根系发育的影响[J]. 应用与环境生物学报, 2004, 10(3): 274-276.
- [12] 李标, 王伯初, 梁亦龙, 等. 声波刺激对铁皮石斛组培苗多糖含量的影响[J]. 中药材, 2006, 29(7): 645-647.
- [13] 刘贻尧, 王伯初, 赵虎成, 等. 植物对环境应力刺激的生物学效应[J]. 生物技术通讯, 2000(3): 219-222.
- [14] 祝俊儒, 姜仕仁, 沈莲清. 音乐声频对植物生长素的影响[J]. 安徽农业科学, 2011, 39(33): 20303-20305, 20309.
- [15] 周清, 曲英华, 李保明, 等. 声频处理对草莓植株性状及叶片叶绿素荧光特性的影响[J]. 中国农业大学学报, 2010(1): 111-115.
- [16] 侯天侦, 李保明, 滕光辉, 等. 植物声频控制技术的研究及应用进展[J]. 中国农业大学学报, 2010, 15(1): 106-110.
- [17] 侯天侦, 李保明, 滕光辉, 等. 植物声频控制技术在设施蔬菜生产中的应用[J]. 农业工程学报, 2009, 25(2): 156-160.
- [18] 侯天侦, 李保明, 王明亮, 等. 植物声频控制对棉花生产的影响[J]. 农业工程学报, 2010(6): 170-174.
- [19] 侯天侦. 植物声频处理技术及其设备: 中国, 01131188. 6[P]. 2001-09-06.
- [20] 姜仕仁, 黄俊. 6 种不同声频对豇豆苗期生长影响的研究[J]. 安徽农业科学, 2011, 39(17): 10223-10226.
- [21] 姜仕仁, 黄俊, 陈劼. 音乐声频对 3 种露地作物的应用试验研究[J]. 浙江科技学院学报, 2010, 22(4): 253-257.
- [22] 姜仕仁, 陈劼, 黄俊. 声频对豇豆生长和结实的影响[J]. 浙江科技学院学报, 2010, 22(1): 8-11.
- [23] 柏明娥, 姜仕仁, 李楠, 等. 虫鸣和音乐声频对六种蔬菜生长的影响试验[J]. 安徽农业科学, 2010, 38(16): 8365-8367, 8369.
- [24] 柏明娥, 姜仕仁, 童富良, 等. 音乐声频对温室蔬菜生长和产量的影响[J]. 浙江农业科学, 2012(1): 55-58.
- [25] 刘赞强. 我校组织全国植物声学研究与应用进展学术研讨[EB/OL]. (2011-12-26)[2012-04-11]. <http://news.cau.edu.cn/show.php?id=0000044727>.
- [26] 姜仕仁. 一种以动物鸣声和音乐相结合的声频助长器: 中国, 201020049583. 4[P]. 2010-11-17.
- [27] 姜仕仁, 项小东. 基于动物鸣声和音乐混合的声频助长器的开发[J]. 浙江科技学院学报, 2011, 23(4): 271-275.