

黄静艳, 李 臣, 李 欢, 等. 光照度和光周期对水培薯芽菜品质的影响[J]. 江苏农业学报, 2018, 34(3): 630-635.  
doi:10.3969/j.issn.1000-4440.2018.03.022

## 光照度和光周期对水培薯芽菜品质的影响

黄静艳<sup>1</sup>, 李 臣<sup>1</sup>, 李 欢<sup>1</sup>, 薛冠炜<sup>1</sup>, 吴列洪<sup>2</sup>, 陆国权<sup>1</sup>

(1. 浙江农林大学农业与食品科学学院, 薯类作物研究所/浙江省农产品品质改良技术研究重点实验室, 浙江农林大学薯类作物研究所, 浙江 临安 311300; 2. 浙江省农业科学院作物与核技术研究所, 浙江 杭州 310021)

**摘要:** 本试验以主栽甘薯品种心香为材料, 采用水培方式研究了不同光照度和光周期对薯芽菜品质的影响, 以期筛选出生产薯芽菜的最优光照度和光周期, 为商业化生产提供理论依据。光照度处理试验结果表明, 随着光照度的增强, 薯芽菜可溶性蛋白、类胡萝卜素含量升高, 硝酸盐含量降低, 叶色变绿, 硬度变大、咀嚼性变差。在750 lx光照度下薯芽菜可溶性蛋白和类胡萝卜素含量比2 250 lx光照度下略低, 但叶色比较鲜绿, 其咀嚼性较好。光周期处理试验结果表明, 不同光周期处理间薯芽菜类胡萝卜素的含量存在显著差异 ( $P < 0.05$ ), 但其可溶性糖、可溶性蛋白、维生素 C 含量差异不显著 ( $P > 0.05$ )。12 h/d 光周期条件下的可溶性蛋白、类胡萝卜素含量最高, 硝态氮含量最低, 但硬度、内聚性最大, 咀嚼性最差。4 h/d 光周期条件下, 薯芽菜的硬度、咀嚼性最好。本试验条件下, 750 lx光照度、4 h/d光周期培养的薯芽菜叶色鲜绿, 具有鲜嫩的口感和较好的营养品质。

**关键词:** 薯芽菜; 水培; 光照度; 光周期; 营养品质

**中图分类号:** S531 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-4440(2018)03-0630-06

## Effects of light intensity and photoperiod on quality of hydroponic sweet-potato sprouts

HUANG Jing-yan<sup>1</sup>, LI Chen<sup>1</sup>, LI Huan<sup>1</sup>, XUE Guan-wei<sup>1</sup>, WU Lie-hong<sup>2</sup>, LU Guo-quan<sup>1</sup>

(1. College of Agricultural and Food Science, Zhejiang Agriculture and Forestry University/Key Laboratory for Quality Improvement of Agro-Products of Zhejiang Province/ Institute of Root & Tuber Crops, Zhejiang Agriculture and Forestry University, Lin'an 311300, China; 2. Institute of Crop and Nuclear Technology Utilization, Zhejiang Academy of Agricultural Sciences, Hangzhou 310021, China)

**Abstract:** In this paper, the effects of different light intensity and photoperiod on the quality of sweetpotato

收稿日期: 2017-09-14

基金项目: 国家现代农业产业技术体系建设专项资金资助 (CARS-10-B19); 国家自然科学基金面向项目 (31671750); 浙江省农业 (粮食) 新品种选育重大科技专项子专题 (2016C02050-7-5)

作者简介: 黄静艳 (1987-), 女, 广西贵港人, 硕士研究生, 主要从事甘薯栽培研究。 (Tel) 17321021070; (Email) yanyandxc@163.com

通讯作者: 陆国权, (Tel) 13857191928; (Email) lugq10@zju.edu.cn

sprouts were studied by using the main cultivar Xinxiang, in order to screen out the optimal light strength and photoperiod of sweetpotato sprouts and provide the theoretical basis for the commercialization of sweetpotato sprouts. The results of light intensity test showed that with the enhancement of light intensity, the content of soluble protein and carotenoids in sweetpotato sprouts increased, the nitrate content decreased. Meanwhile, the leaf color turned more green, the hardness

became greater, and the chewiness became worse. The contents of soluble protein and carotenoids in sweet potato sprouts in 750 lx light intensity were lower than those in 2 250 lx light intensity, but the leaf color was slightly green and its chewiness was better. The results of different photoperiod treatment showed that there was significant difference in carotenoid content ( $P<0.05$ ), but the contents of soluble sugar, soluble protein and vitamin C were not significantly different ( $P>0.05$ ). The contents of soluble protein and carotenoid were the highest at 12 h/d, the content of nitrate nitrogen was the lowest, the hardness and cohesion were the highest, and the chewiness was the worst. The hardness and chewiness of sweetpotato sprouts were the best at 4 h/d. Under the conditions of this test, 750 lx light intensity and 4 h/d photoperiod were selected, and the sweetpotato sprouts had fresh taste and good nutritional quality.

**Key words:** sweetpotato sprouts; hydroponics; light intensity; light photoperiod; nutritional quality

甘薯 (*Ipomoea batatas* L.) 具有高产稳产、耐旱耐贫瘠、适应性广的特点,是中国主要的食饲作物和淀粉加工、生物能源的重要原料,其块根可食用,嫩尖、叶柄也可用作蔬菜食用。随着甘薯利用方式的改变,国外研究人员更多关注甘薯地上部分的研究,并得到了一系列研究进展。据 Ishida 等<sup>[1]</sup>研究发现甘薯茎叶的营养成分明显高于块根所含营养,其丰富的维生素含量 (0.627~0.810 mg/g) 与菠菜相近。Islam 等<sup>[2]</sup>研究发现甘薯茎叶多酚含量为 0.900 mg/g,叶柄多酚含量为 0.450 mg/g, Padda 等<sup>[3]</sup>研究发现甘薯叶的多酚含量与抗氧化性呈正相关。国内研究主要在不同甘薯品种茎尖的营养成分比较、功能性成分的提取,为菜用甘薯选育及其利用奠定了理论基础<sup>[4-5]</sup>,育种家对菜用甘薯品种选育不断取得新成果<sup>[6]</sup>,培育出许多菜用甘薯新品种,并配套高效优质栽培技术进行推广。现今在东南地区推广较好的品种有广菜薯 3 号<sup>[7]</sup>、福薯 7-6<sup>[8]</sup>、薯绿一号<sup>[9]</sup>、徐菜薯 1 号<sup>[10]</sup>等。江苏徐州甘薯研究中心研发出利用日光温室大棚,配套太阳能光伏循环加热系统,用肥水偶合设施栽培技术达到全年多周期生产菜用甘薯的目的<sup>[11]</sup>。因菜用甘薯嫩茎比普通甘薯品种的嫩茎和叶柄适口性好,无苦涩味且口感柔嫩,其市场需求越来越大。但直接食用从薯块上发出的薯芽菜还比较罕见。据报道,衣申艳<sup>[12]</sup>用水培薯块方式进行培养甘薯芽菜的研究,通过探索不同培养条件进行薯芽菜品种的筛选及其营养品质评价。研究结果表明,不同甘薯品种培养出来的薯芽菜品质有差异,以薯块发芽快、芽量多、品质好及适合进行薯芽菜生产为依据,筛选出金玉、心香等适宜生产薯芽菜

的甘薯品种可作为一种新型芽菜进行商业化生产。

芽菜作为一种幼苗蔬菜,光环境对其生长和品质影响很大,生产上利用光调控改变芽菜生长发育状态和产生不同外观颜色,从而提升芽菜商品品质。如半软化型芽菜是在一定弱光条件下形成,颜色浅绿。绿化型芽菜是在半软化前提下继续适当光照条件下培养,使达到全绿。这两种产品像韭黄和青韭一样,非常受消费者的喜爱<sup>[13]</sup>。而黄化型芽菜是在完全黑暗条件下生产,为乳白色或鹅黄色。因此,普通家庭可利用室内光照条件培养出好吃又可观赏的保健型芽菜<sup>[14]</sup>。本试验以甘薯心香品种为试验材料,在人工气候箱培养薯块使其发芽生长,探究生长环境中的光照度、光周期条件对薯芽菜品质的影响,以期丰富市场上的芽菜种类,补充冬春季蔬菜短缺,为薯芽菜的商业化生产提供理论依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 材料来源

本试验选用的甘薯品种是由浙江省农业科学院培育的主栽鲜食甘薯品种心香,薯块由浙江农林大学薯类作物研究所提供。

### 1.2 试验设计

1.2.1 不同光照度处理 试验于人工气候箱 (PRX-150B) 内进行,内置 LED 白光光源,以黑暗条件为对照,分别设置 3 个不同的光照度处理:光照度 750 lx、2 250 lx、4 500 lx,温度为 35 ℃,光照时间为 8 h/d,相对湿度为 85%。选取 100 g±10 g、无病虫害且外观完好的薯块,放入盛有 150 ml 自来水的发芽盒中,每盒放置 6 个薯块,重复 3 次,每天更换清水,待

薯芽生长至 15 cm 左右时进行采收,测定各项相关指标。

1.2.2 不同光周期处理 在不同光照度处理试验筛选基础上,以黑暗为对照,设置优选光照度的 3 个不同的光周期处理:4 h/d、8 h/d、12 h/d,其他试验条件不变。

### 1.3 测定指标及方法

1.3.1 叶色参数 采用便携式色差仪(HP-2132)测定,每个处理随机取 5 株薯芽菜,以第 1 片展开叶为准,每片叶子进行 3 次重复测定。叶色参数中的  $L^*$ 、 $a^*$  和  $b^*$  值是代表物体颜色的色度值。 $L^*$  值表示明暗度,从 0 至 100 之间是各种灰与白的渐变,即数值越小越暗,数值越大越亮,能体现不同光照度影响下叶色细微差别; $a^*$  代表红绿色,正值说明物体偏红,负值则偏绿; $b^*$  值代表黄蓝色,正值为物体偏黄,为负偏蓝。

1.3.2 营养成分 含水量采用 105 °C 烘干法测定。胡萝卜素采用 95% 乙醇和少量碳酸钙粉末研磨后置于超声波中反应 35 min 离心后进行分光光度计测定吸光度<sup>[15]</sup>。可溶性糖采用蒽酮比色法<sup>[15]</sup>测定,可溶性蛋白采用考马斯亮蓝 G-250 染色法<sup>[15]</sup>测定,硝态氮采用水杨酸比色法<sup>[15]</sup>测定,维生素 C 采用紫外比色法<sup>[15]</sup>测定。

1.3.3 质构特性 质构仪(TPA)是国内外业内公认的果蔬、食品质地标准的检测仪器<sup>[16-17]</sup>,本试验采用质构仪(型号 TMS-PRO)P/75 圆盘挤压探头对薯芽菜的茎段进行测定,参数设置为:力量感应元量程为 500 N,探头回升到样品表面的高度为 15 mm,形变百分量为 30%,检测速度为 30 mm/min。随机选取生长一致的 10 株新鲜的薯芽菜,剪去叶片和叶柄,只留下茎。将茎剪成 4 cm 的小段分别进行挤压测定,将每株所测的平均值作为最终数据。

### 1.4 数据处理及分析

采用 Excel 2007 对数据进行处理,SPSS 19.0 软件进行统计分析。

## 2 结果与分析

### 2.1 不同光照度对薯芽菜品质的影响

2.1.1 叶色参数的变化 由表 1 可知,黑暗条件下培养的薯芽菜叶色的  $L^*$  值、 $a^*$  值、 $b^*$  值均最高,与光照条件下叶色的  $L^*$  值、 $a^*$  值、 $b^*$  值差异显著( $P < 0.05$ );不同光照条件下,叶色  $a^*$  值差异不显著( $P > 0.05$ ),叶色  $L^*$  值和  $b^*$  值数值最高。由图 1 可知,随着光照度的增强,薯芽菜的叶色由黄色向绿色转变,绿色程度加深,其变绿程度为:750 lx < 2 250 lx < 4 500 lx。

0.05);不同光照条件下,叶色  $a^*$  值差异不显著( $P > 0.05$ ),叶色  $L^*$  值和  $b^*$  值数值最高。由图 1 可知,随着光照度的增强,薯芽菜的叶色由黄色向绿色转变,绿色程度加深,其变绿程度为:750 lx < 2 250 lx < 4 500 lx。

表 1 不同光照条件下薯芽菜的叶色参数

Table 1 The leaf color parameters of sweetpotato sprouts under different light intensity

光照度 (lx)	叶色 $L^*$	叶色 $a^*$	叶色 $b^*$
0	79.10±0.80a	1.40±0.20a	45.60±3.30a
750	62.60±1.40b	-10.20±1.56b	37.20±2.00b
2 250	57.00±0.70c	-10.00±0.20b	26.40±0.90c
4 500	48.50±2.20d	-9.90±0.30b	29.30±3.90c

同一列数据后不同字母表示差异达显著水平( $P < 0.05$ )。

2.1.2 营养指标的变化 由表 2 可以看出,黑暗条件下的薯芽菜含水量、可溶性糖和硝态氮含量最高,可溶性蛋白、维生素 C 和类胡萝卜素含量最低。在不同光照条件下,2 250 lx 和 4 500 lx 光照度下薯芽菜可溶性蛋白和类胡萝卜素含量差异不显著( $P > 0.05$ ),750 lx 光照度下薯芽菜可溶性蛋白和类胡萝卜素含量略低。

2.1.3 质构特性的变化 从表 3 中得出,黑暗条件下,薯芽菜的硬度和咀嚼性最低,其硬度与有光照条件下的差异显著( $P < 0.05$ )。不同光照度下薯芽菜的硬度和咀嚼性均有差异,750 lx 光照度下,薯芽菜咀嚼性最低,硬度与 2 250 lx 光照度下硬度差异不显著( $P > 0.05$ );4 500 lx 光照度下的硬度最大,咀嚼性最差。

### 2.2 750 lx 的光照度下不同光周期对薯芽菜品质的影响

2.2.1 叶色参数的变化 由表 4 可知,黑暗条件下薯芽菜的叶色  $L^*$  值、 $a^*$  值最高,与光照条件下薯芽菜的叶色  $L^*$  值、 $a^*$  值差异显著( $P < 0.05$ )。在不同光照条件下,薯芽菜的叶色  $a^*$ 、 $b^*$  值均差异显著( $P < 0.05$ ),光周期 4 h/d、8 h/d 处理间,叶色  $L^*$  值差异不显著,而  $a^*$ 、 $b^*$  值差异显著( $P < 0.05$ )。由图 2 可知,随着光照时间的增加,薯芽菜的叶色由黄向深绿转变,其叶色绿化程度为:4 h/d < 8 h/d < 12 h/d。

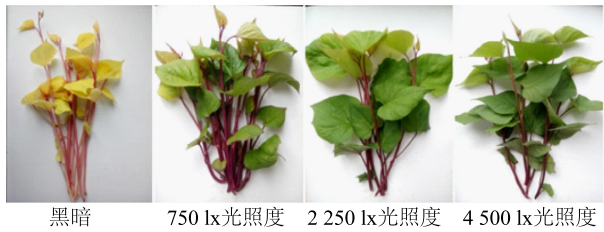


图1 不同光照条件下薯芽菜的叶色

Fig.1 Leaf color of sweetpotato sprouts under different light intensity

表2 不同光照条件下薯芽菜营养指标的变化

Table 2 The changes of nutritional indices of sweetpotato sprouts under different light conditions

光照度 (lx)	含水量 (%)	可溶性糖 (mg/g)	可溶性蛋白 (mg/g)	维生素 C (mg/g)	类胡萝卜素 (mg/g)	硝态氮 (mg/g)
0	89.09±0.26a	27.67±3.35a	9.34±0.31b	0.48±0.15a	0.06±0c	129.49±27.94a
750	87.62±0.11b	24.11±1.71a	9.94±0.56b	0.53±0.08a	0.12±0b	106.17±10.56ab
2 250	87.74±0.40b	25.80±1.05a	12.49±1.09a	0.55±0.06a	0.14±0.01a	104.35±5.06ab
4 500	87.77±0.14b	24.93±1.08a	14.02±1.24a	0.50±0.10a	0.15±0a	68.64±4.46c

同一列数据后不同字母表示差异达显著水平 ( $P<0.05$ )。

表3 不同光照条件下薯芽菜质构特性的变化

Table 3 The changes of texture characteristics of sweetpotato sprouts under different light conditions

光照度 (lx)	硬度 (N)	内聚性 (Ratio)	弹性 (mm)	咀嚼性 (J)
0	12.24±0.40c	0.33±0.02b	0.30±0.01b	1.20±0.06c
750	18.04±0.23b	0.32±0.03b	0.37±0.04a	2.13±0.18b
2 250	18.87±1.72b	0.33±0.05b	0.38±0.04a	2.37±0.28b
4 500	21.51±0.44a	0.38±0.04a	0.40±0.03a	3.30±0.51a

同一列数据后不同字母表示差异达显著水平 ( $P<0.05$ )。

表4 750 lx 光照度下不同光周期薯芽菜叶色参数的变化

Table 4 The changes of leaf color parameters of sweetpotato sprouts in 750 lx light intensity under different photoperiod

光周期 (h/d)	叶色 $L^*$	叶色 $a^*$	叶色 $b^*$
0	79.10±0.80a	1.40±0.20a	45.60±3.30a
4	62.80±1.20b	-12.20±0.50d	45.90±2.10a
8	62.60±1.40b	-10.20±1.56c	37.20±2.00b
12	53.50±0.50c	-8.10±0.20b	23.40±0.20c

同一列数据后不同字母表示差异达显著水平 ( $P<0.05$ )。

2.2.3 质构特性的变化 由表6可知,与有光照条件下相比,黑暗条件下薯芽菜的硬度和咀嚼性最低。

2.2.2 营养指标的变化 由表5可知,黑暗条件下的薯芽菜含水量、可溶性糖、硝态氮含量最高,可溶性蛋白、维生素C、类胡萝卜素含量最低。在不同光周期处理条件下,薯芽菜类胡萝卜素的含量存在显著差异 ( $P<0.05$ ),其可溶性糖、可溶性蛋白、维生素C含量差异不显著 ( $P>0.05$ ),在光周期12 h/d时,薯芽菜的可溶性蛋白、类胡萝卜素含量最高,硝态氮含量最低。

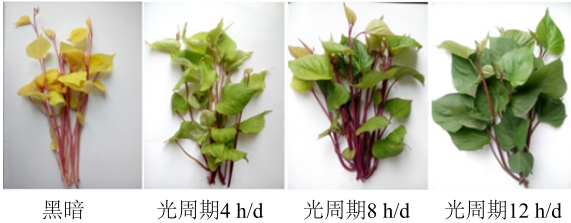


图2 不同光周期下薯芽菜的叶色

Fig.2 The leaf color of sweetpotato sprouts under different photoperiod

不同光周期处理下,薯芽菜的硬度和咀嚼性均有差异,其中光周期4 h/d条件下,薯芽菜的硬度和咀嚼性最低,光周期12 h/d条件下硬度最高,咀嚼性最差。

3 讨论

本试验对不同光照度下培养薯芽菜的叶色、质构特性和营养品质进行分析发现,不同光照度下薯芽菜类型有黄化型(黑暗)、半软化型(750 lx)、绿化型(2 250 lx、4 500 lx)。黑暗条件下的薯芽菜含水量、可溶性糖和硝态氮含量最高,可溶性蛋白、维生素C和类胡萝卜素含量最低;不同光照度下,薯芽菜的可溶性蛋白、类胡萝卜素和硝态氮含量差异不



显著,750 lx光照度下薯芽菜可溶性蛋白和类胡萝卜素含量最低。4 500 lx光强度下的薯芽菜外观叶色与常规栽培的菜用甘薯嫩尖的叶色相近,其硬度最大且咀嚼性最差而不予以考虑。与750 lx光照度下相比,2 250 lx光照度下薯芽菜的叶色更为深绿,且咀嚼性也增大,口感不脆嫩。因此,若在厂房内规

模化、调控光条件下培养薯芽菜,以节约能源方面考虑,750 lx光照度下培养薯芽菜更经济节能,且薯芽菜产品的外观和口感最佳。若在智能日光温室进行规模化设施栽培,可控光在750 lx光照度下培养薯芽菜,配套建设太阳能光伏循环系统,既生态又可获得较好的经济利益<sup>[18]</sup>。

表 5 750 lx 光照度下不同光周期薯芽菜的营养指标

Table 5 The nutritional indices of sweetpotato sprouts in 750 lx light intensity under different photoperiod

光周期 h/d	含水量 (%)	可溶性糖 (mg/g)	可溶性蛋白 (mg/g)	维生素 C (mg/g)	类胡萝卜素 (mg/g)	硝态氮 (mg/g)
0	89.09±0.03a	27.67±3.35a	9.34±0.31c	0.48±0.15a	0.06±0.0d	129.49±27.94a
4	88.52±0.02b	24.43±1.17a	10.89±0.78ab	0.53±0.12a	0.08±0.0c	95.75±18.10ab
8	87.62±0.11c	24.11±1.71a	9.84±0.56bc	0.53±0.08a	0.12±0.01b	104.35±5.06ab
12	87.67±0.08c	26.08±0.08a	11.37±0.51a	0.51±0.04a	0.16±0.02a	84.10±13.71c

同一列数据后不同字母表示差异达显著水平( $P<0.05$ )。

表 6 750 lx 光照度下不同光周期薯芽菜质地特性多重比较

Table 6 The multiple comparison on texture characteristics of sweetpotato sprouts in 750 lx light intensity under different photoperiod

光周期 (h/d)	硬度 (N)	内聚性 (Ratio)	弹性 (mm)	咀嚼性 (J)
0	12.24±0.40c	0.33±0.01b	0.30±0.02c	1.20±0.06d
4	14.98±0.73b	0.35±0.02b	0.33±0.05ab	1.69±0.26c
8	18.04±0.23a	0.32±0.03b	0.37±0.04a	2.13±0.18b
12	18.59±1.00a	0.38±0.03a	0.35±0.07ab	2.47±0.72a

同一列数据后不同字母表示差异达显著水平( $P<0.05$ )。

在对不同光周期下培养出的薯芽菜叶色和品质进行分析发现,薯芽菜在 4 h/d 光周期的叶色比 8 h/d 光周期下的叶色更加鲜绿,软化程度更好,且咀嚼性好,能满足人们对薯芽菜质地品质的要求。另外,薯芽菜在 4 h/d 和 8 h/d 光周期培养下的营养价值没有很大的差别,建议以较短光周期条件下培养。薯芽菜在 12 h/d 光周期下的叶色最为深绿,可溶性蛋白、维生素 C 和类胡萝卜素含量最高,但含水量最低,其硬度和咀嚼性最差,且消耗能源而不予以考虑。

蔬菜中的硝酸盐含量是评价其品质的重要指标之一,低硝酸盐含量的蔬菜更符合食品安全要求<sup>[19]</sup>。在本试验中所测得薯芽菜的硝态氮含量为 62~154 mg/kg,相当于硝酸盐含量为 275~682 mg/kg,而一些叶菜类蔬菜中的硝酸盐含量较高<sup>[20]</sup>,如菠菜:239~3 872 mg/kg,大白菜:429~1 610 mg/kg,小白菜:1 023~3 098 mg/kg,甘蓝:259~1 250 mg/kg,油菜:766~1 365 mg/kg。因此,薯芽

菜中硝酸盐含量远低于上述叶菜类蔬菜中的硝酸盐含量,是一种食用安全的蔬菜。

综上所述,本试验条件下生产薯芽菜的最佳培养条件是:750 lx光照度、4 h/d光周期。今后将在不同光质、微弱光及光周期等环境因子综合调控对薯芽菜的品质及其功能性成分方面的影响做进一步研究。此外,利用不同比例硝态氮-铵态氮的营养液来培养薯芽菜,提高薯芽菜的产量和品质也是重要的研究方向。

#### 参考文献:

- [1] ISHIDA H, SUZUNO H, SUGIYAMA N, et al. Nutritive evaluation on chemical components of leaves, stalks and stems of sweetpotatoes (*Ipomoea batatas* poir) [J]. Food Chemistry, 2000, 68 (3):359-367.
- [2] ISLAM M S, YOSHIMOTO M, YAHARA S, et al. Identification and characterization of foliar polyphenolic composition in sweetpotato (*Ipomoea batatas* L.) genotypes[J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 2002, 50:3718-3722.

- [3] PADDA M S, PICHA D H. Effect of low temperature storage on phenolic composition and antioxidant activity of sweetpotatoes[J]. *Postharvest Biology & Technology*, 2008, 47(2): 176-180.
- [4] 欧行奇, 刘志坚, 张勇跃. 不同叶菜型甘薯品种的氨基酸含量及组分分析[J]. *氨基酸和生物资源*, 2008, 30(2): 70-73.
- [5] 傅玉凡, 杨春贤, 赵亚特, 等. 不同叶菜型甘薯品种茎尖绿源酸含量及清除 DPPH 能力[J]. *中国农业科学*, 2010, 43(23): 4814-4822.
- [6] 曹清河, 刘义峰, 李 强, 等. 菜用甘薯国内外研究现状及展望[J]. *中国蔬菜*, 2007(10): 41-43.
- [7] 陈景益, 房伯平, 李育军, 等. 茎尖菜用新品种广菜薯 3 号的选育[J]. *广东农业科学*, 2013, 40(2): 19-20.
- [8] 蔡南通, 黄华康, 邱永祥, 等. 叶菜型甘薯新品种福薯 7-6 选育及其配套栽培技术[J]. *福建农业学报*, 2006, 21(1): 12-15.
- [9] 曹清河, 季志仙, 李 强, 等. 菜用甘薯新品种薯绿 1 号的选育[J]. *中国蔬菜*, 2017, 1(3): 70-72.
- [10] 周志林, 唐 君, 曹清河, 等. 菜用甘薯新品种“徐菜薯 1 号”的提纯复壮及茎尖产量分析[J]. *西南农业学报*, 2013, 26(5): 1779-1782.
- [11] 史新敏, 唐忠厚, 魏 猛, 等. 茎尖叶菜用甘薯阶梯式立体基质栽培周年生产技术规程[J]. *江苏农业科学*, 2015, 43(8): 153-154.
- [12] 衣申艳, 陆国权. 不同培养条件对甘薯芽菜生长和营养品质的影响[J]. *浙江农业学报*, 2011, 23(2): 209-214.
- [13] 刘美艳, 张 建. 软化栽培对韭菜、蒜苗主要营养成分的影响[J]. *江苏农业科学*, 2005(4): 117-118.
- [14] 曹 华. 家庭芽苗菜种植技巧[M]. 北京: 金盾出版社, 2012.
- [15] 李合生. 植物生理生化实验原理和技术[M]. 北京: 高等教育出版社, 2000: 124, 134, 184, 195, 248.
- [16] HARKER F R, MAINDONALD J, MURRAY S H, et al. Sensory interpretation of instrumental measurements texture of apple fruit[J]. *Postharvest Biology & Technology*, 2002, 24(3): 225-239.
- [17] 孙彩玲, 田纪春, 张永祥. TPA 质构分析模式在食品研究中的应用[J]. *实验科学与技术*, 2007, 5(2): 1-4.
- [18] 赵铁洁, 孟宪学, 王聚博, 等. 探索“渔光互补”发展光伏农业——以鄂州 20MWp 农业光伏科技示范园为例[J]. *安徽农业科学*, 2015, 43(22): 360-362.
- [19] 陈选阳, 张招娟, 郑佳伟, 等. 水培对菜用型甘薯茎尖营养品质与硝酸盐含量的影响[J]. *中国农业科学*, 2013, 46(17): 3736-3742.
- [20] 都邵婷, 章永松, 林咸永, 等. 蔬菜积累的硝酸盐及其对人体健康的影响[J]. *中国农业科学*, 2007, 40(9): 2007-2014.

(责任编辑: 姜华珏)