

# 对 14 份红甜菜材料红色素积累规律、产量、品质的综合评价及开发

兰 西<sup>1</sup>, 徐海钰<sup>1</sup>, 解林昊<sup>1</sup>, 闫海洋<sup>1</sup>, 宁艳东<sup>1</sup>, 张 阳<sup>1</sup>, 杨继峰<sup>2</sup>, 张宇航<sup>1\*</sup>

(1. 吉林省农业科学院经济植物研究所, 长春 130033; 2. 兴安盟农牧科学研究所, 内蒙古 乌兰浩特 137400)

**摘要:**红甜菜营养价值高, 其中含有的甜菜红色素是一种天然的食用色素。本试验选用 14 份材料以畦作方式进行栽种, 调查红色素含量、产量、含糖量、腐烂率, 筛选出 HTC2006-1、HTC2005-2、JHTC1504、MHTC2006、JHTC1604 适合作为食用蔬菜品种进行栽种。HTC2005-2、JHTC1504 适合血糖较高人群食用。HTC2006-1、JHTC1604 适合作为工业红色素的提取材料。

**关键词:**食用甜菜; 红色素; 工业提取; 食用蔬菜

中图分类号: S566.3

文献标识码: A

文章编号: 2096-5877(2024)06-0078-05

## Accumulation Rule of Red Pigment and Correlation Analysis of Main Characters in Beet

LAN Xi<sup>1</sup>, XU Haiyu<sup>1</sup>, XIE Linhao<sup>1</sup>, YAN Haiyang<sup>1</sup>, NING Yandong<sup>1</sup>, ZHANG Yang<sup>1</sup>, YANG Jifeng<sup>2</sup>,

ZHANG Yuhang<sup>1\*</sup>

(1. Institute of Economic Botany, Jilin Academy of Agricultural Sciences, Changchun 130033; 2. Hinggan League Institute of Agriculture and Animal Husbandry Science, Ulanhot 137400, China)

**Abstract:** Red beet has high nutritional value, which contains beet red pigment is a natural food coloring. In this experiment, 14 materials were selected for planting in the plot, the content of red pigment, yield, sugar content and rot rate were investigated, and HTC2006-1, HTC2005-2, JHTC1504 and JHTC1604 were selected to be suitable for planting as edible vegetables. HTC2005-2, JHTC1504 is suitable for people with high blood sugar. HTC2006-1, JHTC1604 suitable for industrial red pigment extraction materials.

**Key words:** Red beet; Red pigment; Industrial extraction; Edible vegetables

红甜菜也称为食用甜菜<sup>[1]</sup>, 在欧洲中世纪时期食用甜菜具有较高的地位<sup>[2]</sup>, 其含有 17 种以上氨基酸、甜菜红、甜菜碱、维生素等化学成分<sup>[3]</sup>, 广泛应用于食品<sup>[4]</sup>、医药<sup>[5]</sup>、保健品<sup>[6]</sup>等行业, 同时也是欧洲与美洲国家重要蔬菜之一, 可生食、凉拌、熟食、做汤等, 食用价值较高。其中甜菜红色素含量最多<sup>[7]</sup>。食用甜菜红色素是纯天然可食用色素, 安全无毒, 对人体无害, 具有降血脂<sup>[8]</sup>、溶血作用, 抗氧化性、抗癌、有治疗糖尿病<sup>[9]</sup>和促进酶活性的特点<sup>[10-11]</sup>。目前美国与欧洲等地已培育出抗病、丰产、中糖、高蛋白、低氮、低纤维、高色素的

优良品种<sup>[12]</sup>, 我国针对食用甜菜作为食用蔬菜方面的研究基本处在空白期。本研究以红甜菜作为食用蔬菜为前提, 以红甜菜红色素作为最重要的营养品质, 探究食用甜菜红色素营养物质的积累规律与趋势, 并对 14 份红甜菜种质资源进行产量与品质的综合评价, 确定其种类与用途, 为以后农户种植红甜菜的品种选择奠定理论基础与指导。

## 1 材料与方 法

试验地设在吉林省农业科学院经济植物研究所。试验地无前茬, 土质为黑钙土, 秋翻春打垄, 施肥: 施用 51% 复混肥 (N:P:K=17:17:17) 750 kg/hm<sup>2</sup>。共 14 份材料, 每份材料视作一个处理, 红甜菜材料明细详见表 1。

### 1.1 小区设置

畦作栽培, 畦长 3 m、宽 1 m, 4 行区, 畦面积 3 m<sup>2</sup> (每畦为一个小区), 行距 25 cm, 株距 15 cm, 畦

收稿日期: 2024-02-16

基金项目: 国家糖料产业技术体系白城综合试验站项目 (CARS-170703)

作者简介: 兰 西 (1989-), 女, 研究实习员, 硕士, 主要从事甜菜栽培与育种研究。

通信作者: 张宇航, 男, 研究员, E-mail: zyh-asd@163.com

表1 红甜菜材料明细表

处理	材料名称	处理	材料名称	处理	材料名称	处理	材料名称
1	HTC2006-1	5	JHTC1503	9	JHTC1601-1	13	JHTC1604-2
2	HTC2005-2	6	JHTC1504	10	JHTC1602	14	JHTC1605
3	HTC2006	7	JHTC1505	11	JHTC1602-3		
4	JHTC1401	8	JHTC1601	12	JHTC1604		

埂宽25 cm,每个处理80株,设3次重复,随机排列。

## 1.2 甜菜红色素的提取与检测

选用超声波辅助浸提提取方法<sup>[13]</sup>有所修改,用分光光度计在535 nm处检测吸光值;在播种后52 d开始进行红色素测定,每7 d检测一次,共检测6次。

## 1.3 甜菜红色素标准曲线的制备

甜菜红50 mg/mL;取2.5 mL、5 mL、10 mL、15 mL、20 mL制作标准曲线如图1所示,所得方程

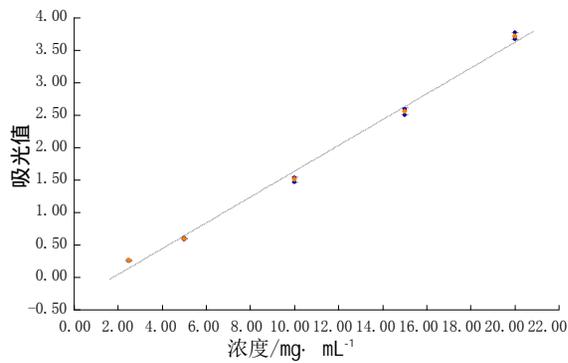


图1 甜菜红色素标准曲线

为: $f(x)=0.199x-0.359$ ;  $R^2=0.994$ 。

## 1.4 产量测定方法

分别称取每个材料三个重复的红甜菜根的重量,并统计其总和后取平均值作为小区产量数据。

## 1.5 含糖率的测定方法

选用锤度计测量材料的锤度,每个材料三个重复选取大中小共5个样品(样品无腐烂),取其平均值后乘以0.83作为最终含糖率。

## 1.6 腐烂率测定方法

统计每个材料的三个重复的红甜菜腐烂根总数占对应收取三次重复的红甜菜根总数的百分率,作为对应材料腐烂率的数据。

## 1.7 数据分析

采用SPSS 1.9对红色素含量、产量、含糖量、腐烂率数据进行统计分析。

# 2 结果与分析

## 2.1 食用甜菜红色素含量差异性分析

由表2可知,14份材料中甜菜红色素吸光值与含量在第一次检测时达到最高值的材料为2、

表2 甜菜红色素吸光值与含量

处理	吸光值						含量/mg·mL <sup>-1</sup>						吸光值 平均值	含量平均值 /mg·mL <sup>-1</sup>
	I	II	III	IV	V	VI	I	II	III	IV	V	VI		
1	2.51	3.03	3.11	2.78	2.80	1.68	14.44	16.99	17.44	15.78	15.85	10.26	2.65	15.13±2.60f
2	2.27	1.61	2.24	2.22	2.16	1.48	13.21	9.87	13.05	12.97	12.68	9.24	2.00	11.84±1.79e
3	1.69	2.35	2.05	1.64	1.63	1.29	10.28	13.63	12.09	10.06	10.02	8.27	1.78	10.73±1.87de
4	0.71	0.76	1.67	0.98	0.55	0.00	5.36	5.60	10.20	6.72	4.56	0.00	0.78	5.41±3.31ab
5	1.11	0.62	1.04	1.10	0.19	0.51	7.38	4.94	7.04	7.31	2.75	4.36	0.76	5.63±1.91ab
6	1.07	1.84	2.09	0.26	2.50	1.61	7.20	11.06	12.32	3.13	14.38	9.87	1.56	9.66±4.00cde
7	0.70	1.04	1.22	0.46	0.95	0.00	5.32	7.05	7.92	4.13	6.59	0.00	0.73	5.17±2.86ab
8	1.21	1.39	0.41	0.71	1.35	1.32	7.91	8.80	3.89	5.39	8.60	8.42	1.07	7.17±2.04abc
9	0.38	0.96	0.44	0.52	0.52	0.40	3.70	6.65	4.01	4.44	4.40	3.80	0.54	4.50±1.10a
10	1.67	1.10	1.27	0.70	1.49	1.00	10.18	7.36	8.18	8.14	9.30	6.84	1.21	8.33±1.23bcd
11	1.06	0.80	0.86	0.86	0.82	0.60	7.13	5.82	6.11	5.32	5.92	4.84	0.83	5.86±0.78ab
12	2.06	1.49	1.94	1.81	1.63	2.73	12.14	9.27	11.57	10.91	10.01	15.52	1.94	11.57±2.19e
13	1.15	1.93	1.15	1.31	0.99	0.00	7.58	11.48	7.58	8.39	6.80	0.00	1.09	6.97±3.79abc
14	1.22	0.63	1.22	0.36	1.27	0.32	7.93	4.95	7.91	3.60	8.21	3.42	0.84	6.00±2.27ab

注:吸光值根据 $f(x)=0.199x-0.359$ 公式确定其含量值 $x$ ,表中的小写字母不同表示差异显著( $P<0.05$ )

5、10、11;第二次检测时达到最高值的材料为3、8、9、13;第三次检测时达到最高值的材料为1、4、7;第五次检测时达到最高值的材料为6;第六次检测时达到最高值的材料为12。并且14份材料红色素含量存在显著性差异,材料1红色素含量最高(红色素含量15.13 mg/mL);材料2、3、6、10、12红色素含量次之(红色素含量在8.33 mg/mL~11.84 mg/mL);材料4、5、7、8、11、13、14红色素含量再次之(红色素含量在5.16 mg/mL~7.17 mg/mL);材料9红色素含量最低(红色素含量4.50 mg/mL)。根据红色素含量平均值可以发现材料1、2、3、6、12的红色素含量相对比较高,材料6、12在后期生长红色素增多且促使根部增大、产量增高,对于工业提取红色素具有较大优势。材料2、3、5、8、9、10、11、13、14在前两次检测中红色素呈现最高值,其根部需要快速达到营养峰值且前期生长根部大小适中并新鲜,可作为蔬菜食用,对于食用

型蔬菜具有较大优势。虽然材料1的甜菜红色素含量既在第三次检测的红色素含量最高,又在其余5次检测数据均高于同时期其他13份材料,因此材料1不但可用作食用蔬菜材料也可作为工业提取红色素材料。

## 2.2 食用甜菜红色素含量趋势分析

不同红甜菜品种材料的甜菜红色素含量表现高低不同(图2),其积累规律也不尽相同。14个材料六次检测甜菜红色素含量整体趋势呈现上升-下降的材料为1、3、4、9、13;整体趋势呈现下降-上升-下降趋势的材料为2、5、10;整体趋势呈现上升-下降-上升的材料为8;整体趋势呈现上升-下降-上升-下降的材料为6、7;整体趋势呈现下降的材料为11;整体趋势呈现下降-上升-下降-上升的材料为5、12;整体趋势呈现下降-上升-下降的材料为14。甜菜红色素含量整体在前三次检测中出现含量最大值概率达到11/14。

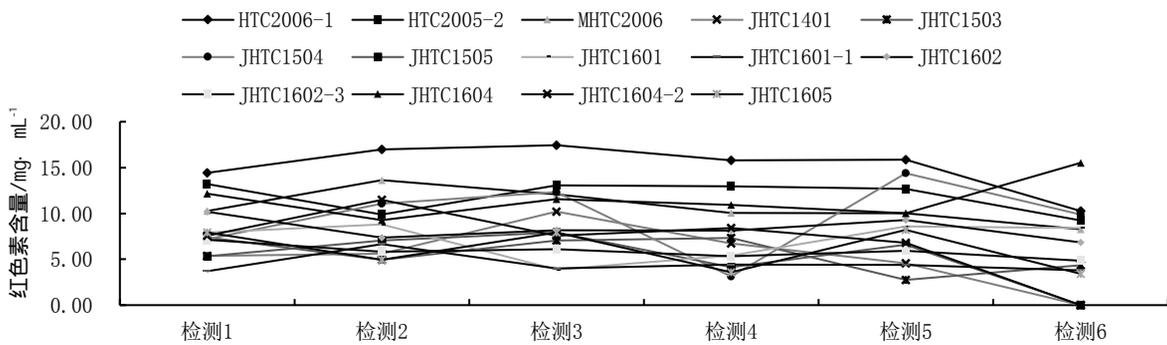


图2 食用甜菜红色素含量趋势图

## 2.3 食用甜菜产量差异性分析

由表3红甜菜小区产量可以看出,14份材料在产量上存在差异,材料1、11、12、14在14份材料中表现为产量较高(小区产量范围13.12 kg~13.80 kg)。材料2、3、5、6、8、9、10、13在14份材料中表现为产量适中(小区产量范围7.34 kg~11.90 kg);材料4、7在14份材料中表现为产量偏低(小区产量范围3.62 kg~3.90 kg),其中材料12小区平均产量最高,为13.80 kg,材料4小区平均产量最低,为3.62 kg。

## 2.4 食用甜菜含糖量差异性分析

由表4可以看出,14份红甜菜材料在 $P<0.05$ 水平上含糖量具有显著性差异,材料1、4、9在14份材料中数值高偏(含糖量范围在 $8.96^{\circ}$ ~ $10.08^{\circ}$ );材料3、5、12、14在14份材料中数值次之(含糖量范围在 $7.34^{\circ}$ ~ $7.89^{\circ}$ );材料2、8在14份材料中数值再次之(含糖量范围在 $6.14^{\circ}$ ~ $6.47^{\circ}$ );材料7、11、

表3 食用甜菜小区产量统计表 kg

处理	小区产量			小区平均产量
	I	II	III	
1	18.54	5.97	14.85	13.12±3.73b
2	9.14	7.99	10.52	9.22±0.73ab
3	8.75	6.05	13.54	9.45±2.19ab
4	2.00	0.00	8.87	3.62±2.69a
5	2.88	14.56	5.32	7.59±3.56ab
6	8.61	16.74	6.93	10.76±3.03ab
7	2.86	5.87	2.96	3.90±0.99a
8	13.83	16.74	5.14	11.90±3.48ab
9	11.95	11.66	5.69	9.77±2.04ab
10	4.79	8.77	8.47	7.34±1.28ab
11	9.01	16.78	14.57	13.45±2.31b
12	13.57	14.42	13.41	13.80±0.31b
13	3.56	7.3	14.57	8.48±3.23ab
14	16.74	5.86	17.35	13.32±0.76b

注:小写字母不同表示差异显著( $P<0.05$ ),下同

表 4 食用甜菜含糖量统计表

处理	锤度 / °					平均值 / °	含糖量 / °
	I	II	III	IV	V		
1	11.50	13.00	12.20	11.00	13.00	12.14	10.08±2.88f
2	7.00	7.50	8.00	7.50	7.00	7.40	6.14±1.03bed
3	10.00	8.00	13.00	7.50	9.00	9.50	7.89±2.38de
4	12.00	10.20	13.40	10.00	13.00	11.72	9.73±0.79f
5	6.80	9.20	10.00	12.00	7.50	9.10	7.55±3.70cde
6	6.00	4.00	4.00	5.00	5.50	4.90	4.07±3.31a
7	7.20	7.00	8.00	8.00	6.00	7.24	6.01±1.11bc
8	8.00	8.20	8.80	7.00	7.00	7.80	6.47±3.35bed
9	12.00	8.00	11.00	12.00	11.00	10.8	8.96±1.73ef
10	7.40	6.00	5.00	8.40	5.00	6.36	5.28±1.64ab
11	5.00	7.00	7.20	8.50	7.50	7.04	5.84±2.97bc
12	11.00	8.40	10.00	10.00	8.0	9.48	7.87±1.17de
13	8.00	7.00	7.00	7.20	6.00	7.04	5.84±3.44bc
14	9.00	11.00	7.00	12.00	5.20	8.84	7.34±3.35cde

13 在 14 份材料中数值更次之(含糖量范围在 5.84°~6.01°);材料 6、10 在 14 份材料中数值偏低(含糖量范围在 4.07°~5.28°)。并且材料 1 含糖量最高,为 10.08°,材料 6 含糖量最低,为 4.07°。

## 2.5 食用甜菜腐烂率差异性分析

由表 5 可知,红甜菜腐烂率具有显著性差异( $P<0.05$ )。除材料 1 与 4、7、10 之间显著性差异比较明显,材料 3、8、9、11、12、14 之间显示无明显差异(腐烂率范围 44.17%~56.67%);材料 2、5、6、13 之间显示无明显差异(腐烂率范围 58.33%~74.58%);材料 7、10 之间显示无明显差异(腐烂率

范围 77.50%~79.58%)。从整体看 14 份材料腐烂率均较高。腐烂率低于 50% 的材料有 1、8、12;超过 50% 的材料有 2、3、4、5、6、7、9、10、11、13、14,占比达 11/14。14 份材料中腐烂率最高的为材料 4,腐烂率达到 91.67%,腐烂率最低的为材料 1,腐烂率达到 40.83%。

## 3 结论与讨论

### 3.1 结论

通过本试验红色素含量趋势图可以看出,甜菜红色素的积累是在生长前、中期完成的,生长后期积累下降。因此食用甜菜作为绿色蔬菜品种可选择在检测前二次时红色素含量达到最大值的材料,食用甜菜含糖量不同,针对血糖较高人群可选择含糖量适中或者较少的材料。综上所述,结合 14 份材料红色素含量、产量与含糖量比较,材料 1、2、3、6、12 适合作为食用蔬菜品种进行栽种。针对血糖较高人群可选择材料 2、6 作为食用蔬菜。

工业提取红色素的材料其食用甜菜红色素含量与产量是其重要的两项指标,但食用甜菜根部腐烂会影响红色素的含量,同时也会影响食用甜菜的产量;除此之外,工业提取红色素需要除糖工艺,含糖量越高对于提取红色素的程序越繁杂。结合以上因素,将 14 份材料红色素含量、产量、腐烂率与含糖量比较,材料 1、12 适合用于工业上红色素的提取材料。

表 5 红甜菜腐烂率统计表 %

处理	小区腐烂率			平均腐烂率
	I	II	III	
1	16.25	72.50	33.75	40.83±16.62a
2	62.50	66.25	57.50	62.08±4.39abc
3	57.50	71.25	32.50	53.75±11.34ab
4	95.00	100.00	80.00	91.67±6.01c
5	87.50	38.75	80.00	68.75±15.16abc
6	66.25	35.00	73.75	58.33±11.87abc
7	85.00	70.00	83.75	79.58±4.81bc
8	38.75	25.00	78.75	47.50±16.12ab
9	47.50	48.75	73.75	56.67±8.55ab
10	85.00	73.75	73.75	77.50±3.75bc
11	68.75	41.25	50.00	53.33±8.11ab
12	45.00	41.25	46.25	44.17±1.50ab
13	90.00	78.75	55.00	74.58±10.32abc
14	42.50	80.00	40.00	54.17±3.21ab

### 3.2 讨论

食用甜菜虽在中国食用的并不多<sup>[4]</sup>,但在美国、俄罗斯、朝鲜等国因其营养价值高而成为餐桌上常见蔬菜。食用甜菜被世界卫生组织选为对人们日常饮食最佳的13种蔬菜之一<sup>[3]</sup>。在中国该方向的研究仍然是空缺的。本研究对14份材料的红色素含量、产量、含糖量、腐烂率均利用SPSS进行差异性分析,数值显示品种间具有显著性差异。通过甜菜红色素含量趋势图发现第一次检测值最高并排在前五名的材料为1、2、12、10、3;第二次检测值最高并排在前五名的材料为1、3、13、6、2;第三次检测值最高并排在前五名的材料为1、2、6、3、12。材料1、2、3三次均排前五名;材料6、12有两次排前五名;材料10只有一次排前五名且为第一次检测时,此时食用甜菜根部尚未达到可食用大小。材料13在第二次检测后出现红色素急速下滑趋势,因此材料10与13均不适合作为蔬菜食用的材料,而材料1、2、3、6、12适合作为蔬菜食用的材料。针对血糖较高人群可选择含糖量适中或者较少的材料,在材料1、2、3、6、12中材料2、6含糖量最低,符合该类人群食用;第五次检测排在前五名的材料为1、6、2、12、3;第六次检测排在前五名的材料为12、1、6、2、9。第六次检测发现除了材料12红色素含量出现急速增大趋势,其余材料均出现下降趋势,而从趋势图发现材料6在第五次出现急速增大趋势。因此针对红色素含量数据材料1、2、3、6、12适合作为工业提取材料,且除了材料12可在第六次检测时期采收,其余材料最佳采收时期为第五次检测时期采收。工业提取红色素需要除糖工艺,含糖量越高对于提取红色素的程序越繁杂,因此材料2、6、7、8、10、11、13可作为工业提取材料。但本试验中14份材料腐烂率数值均偏高,引起根部腐烂的因素有很多,如食用甜菜携带立枯病、根腐病病菌所引起的病害,除此之外,外界条件因素对其根部影响显著,如雨水、土质、土壤药害等。本研究食用甜菜所选地理位置位于低洼处,因当年雨水较多,因积水而导致根部腐烂比较严重。食用甜菜后期受雨水影响较大,对于食用蔬菜而言,其采收早因此腐烂率并不能作为其品种筛选依据,但对于工业提取的食用甜菜,腐烂率对其品种抗病性具有鉴

定依据,相对而言抗病的材料有1、8、12,腐烂率在50%以下。产量均值在13 kg以上的材料为1、11、12、14。材料14虽腐烂率高,但其产量却偏高,说明材料14单个个体产量较高。通过其整体表现可以发现食用甜菜抗腐烂较差。因此,在播种选址以及对于后期培育红甜菜新品种选择上具有一定的指导意义。结合其含糖量、红色素含量、产量与抗病性,利用品种间的差异,筛选优质资源,创建优异的品种辅助加快食用甜菜蔬菜的普及并积极开发适用工业提取的红甜菜的推广,为多维度的开发利用红甜菜提供理论依据。

### 参考文献:

- [1] 秦德志,刘丽洁,马海峰,等.甜菜品种主要性状间相互影响关系的分析[J].东北农业科学,2023,48(1):77-82.
- [2] 张于,邳植,李胜男,等.甜菜生物育种的研究进展及未来展望[J].中国农学通报,2023,39(31):7-12.
- [3] 蔡葆,张文彬,黄彩云,等.食用甜菜开发利用的前景[J].中国糖料,2007,29(2):55-57,60.
- [4] 闫明哲,王萍.嗜酸乳杆菌发酵红甜菜汁对血管紧张素转化酶和乙酰胆碱酯酶的抑制作用[J].现代食品科技,2022,38(11):98-110.
- [5] 王春丽.红甜菜甜菜红素的稳定性及降血脂作用研究[D].哈尔滨:东北林业大学,2011.
- [6] 张震,刘天骄,崔杰,等.红甜菜复合饮料的制备工艺研究[J].中国糖料,2022,44(4):69-73.
- [7] 宁艳东,兰西,王清发,等.甜菜红色素研究现状[J].东北农业科学,2022,47(6):153-156.
- [8] 王萍,闫明哲.红甜菜色素稳定性影响因素研究进展[J].食品与生物技术学报,2021,40(7):19-29.
- [9] 张忠平,杨旭.红甜菜果醋生产工艺的研究[J].中国调味品,2018,43(8):101-103.
- [10] 张玉霜,许庆轩,李红侠,等.甜菜色素种类分布和应用研究进展[J].中国农学通报,2015,31(24):149-156.
- [11] 朋毛德吉,王慧春,李嘉钰,等.红甜菜多糖提取及纯化工艺研究[J].饲料研究,2023,46(22):64-68.
- [12] 程智超,王文浩.糖根甜菜营养成分的挖掘[J].农村经济与科技,2019,30(22):131-132.
- [13] Sivakumar V, Anna JL, Vijayeeswarri J, et al. Ultrasound assisted enhancement in natural dye extraction from beetroot for industrial applications and natural dyeing of leather[J]. Ultrasonics Sonochemistry, 2009, 16(6): 782-789.
- [14] 尹淑莲.不同甜菜的应用与栽培技术[J].特种经济动植物,2023,26(5):96-99.

(责任编辑:王 昱)