

## 含钙药剂浸种对木薯产量和品质的影响

陆小静<sup>1,2</sup>, 刘子凡<sup>3\*</sup>, 柳红娟<sup>3</sup>, 黄洁<sup>1,2</sup>, 欧燕楠<sup>3</sup>

(1.中国热带农业科学院热带作物品种资源研究所,海南 儋州 571737; 2.农业部木薯种质资源保护与利用重点实验室,海南 儋州 571737; 3.海南大学农学院,海南 海口 570228)

**摘要:**以‘华南8号’为试验材料,研究不同含钙药剂浸泡种茎24h对木薯产量和品质的影响。试验共设1.0%石灰水(A<sub>1</sub>)、2.0%石灰水(A<sub>2</sub>)、1.0%氯化钙(A<sub>3</sub>)、2.0%氯化钙(A<sub>4</sub>)、云大-120稀释3000倍液(CK<sub>1</sub>)和清水(CK<sub>2</sub>)共6个浸种处理,将不浸种处理对照记为CK<sub>3</sub>。结果表明:A<sub>1</sub>~A<sub>3</sub>木薯的成活率较其他处理的高,其成活率均约为94.4%。A<sub>1</sub>~A<sub>4</sub>处理可加快木薯地上部分生长,但各处理间的差异无统计学意义;CK<sub>1</sub>木薯的生长最快,地上部分长势最好。A<sub>1</sub>~A<sub>3</sub>处理可显著增加鲜薯产量、薯干产量和淀粉产量;A<sub>4</sub>、CK<sub>2</sub>和CK<sub>1</sub>处理的增产效果不明显。鲜薯产量与种茎成活率呈极显著正相关,淀粉产量和薯干产量与单株鲜薯重呈极显著正相关。

**关键词:**木薯;产量;品质;浸种;含钙药剂

中图分类号:S533.42

文献标志码:A

文章编号:1007-1032(2014)04-0349-04

## Effect of seedling soaking by some sorts of medicaments upon the yield and quality of cassava

LU Xiao-jing<sup>1,2</sup>, LIU Zi-fan<sup>3\*</sup>, LIU Hong-juan<sup>3</sup>, HUANG Jie<sup>1,2</sup>, OU Yan-nan<sup>3</sup>

(1. Tropical Crops Genetic Resources Institute, Chinese Academy of Tropical Agricultural Sciences, Danzhou, Hainan 571737, China; 2. Key Laboratory of Conservation and Utilization of Cassava Germplasm Resources, Danzhou, Hainan 571737, China; 3. College of Agronomy, Hainan University, Haikou 570228, China)

**Abstract:** The effect of seedling soaking by some sorts of medicaments for 24 h upon the yield and quality of cassava were discussed by using cassava variety of *Manihot esculenta* Crantz (SC8). The investigation indicated that 1.0% and 2.0% of limewater solution and 1.0% of calcium chloride solution have the higher survival than other treatments, reached 94.4%; The treatment which using 3 000 times of Yunda-120 solution grown most fast than other treatments. The treatments with 1.0%, 2.0% limewater and 1.0%, 2.0% calcium chloride may accelerate the growth of the aerial part of cassava, but the difference was not significant. The fresh root yield, dry root yield and starch yield could increase with 1.0% and 2% of limewater solution, 1.0% of calcium chloride solution, while had no effect on above three yield with clean water, 2.0% of calcium chloride and 3 000 times of Yunda-120 solution compared with the non-soaking treatment (CK). And correlation analysis indicated that fresh root yield and seed stem survival rate were very significant correlation, and that starch yield and plant fresh root weight were very significant correlation.

**Key words:** cassava; yield; quality; seed stem soaking; medicaments of cassava

木薯(*Manihot esculenta* Crantz)是热带、亚热带地区继水稻、甘蔗和玉米之后最重要的碳源粮食作物,也是世界第六大能量作物<sup>[1]</sup>。木薯块根既可作粮食和饲料,也可以生产淀粉、变性淀粉和乙醇燃料,在化工、医药、纺织等方面均有重要作用,是

重要的工业原料和动物饲料资源。随着全球人口的刚性增长,粮食危机和能源紧张问题日趋加重,因而木薯越来越受到人们的关注<sup>[2]</sup>。实际生产中,木薯种植粗放,多随意种植在穴或沟中<sup>[3]</sup>,而且在苗期又常遇干旱,出苗率与成活率低。种茎处理是一

项简便且易于推广的抗旱栽培措施。目前已针对很多作物开展了用石灰水、氯化钙等浸种的研究<sup>[4-10]</sup>,但关于木薯种茎处理的研究还局限于植物生长调节剂方面<sup>[11-12]</sup>,关于木薯钙液浸种的研究尚少。笔者研究不同含钙药剂浸种对木薯成活率、株高、茎径及其产量与品质的影响,以期为木薯抗旱种植和高产栽培提供参考。

## 1 材料与方法

### 1.1 材料及试验地土壤概况

供试木薯品种为中国热带农业科学院热带作物品种资源研究所选育的‘华南 8 号’(Manihot esculenta Crantz cv. SC8)。

无水氯化钙为分析纯。生石灰(主要成分为氧化钙)在建材市场购买。云大-120 为昆明云大科技产业股份公司生产。

试验地土壤基本情况:砖红壤, pH 5.5, 有机质含量 2.30%, 全 N 含量 0.1%, 全 P 含量 0.034%, 全 K 含量 4.13%, 速效 P 含量 100.5 mg/kg, 速效 K 含量 88.9 mg/kg, 硝态氮含量 90.8 mg/kg。

### 1.2 方法

#### 1.2.1 试验设计

试验于 2012 年 3 月至 2013 年 3 月在中国热带农业科学院热带作物品种资源研究所基地进行。试验共设 6 个浸种处理,其中有 1.0%石灰水(A<sub>1</sub>)、2.0%石灰水(A<sub>2</sub>)、1.0%氯化钙(A<sub>3</sub>)、2.0%氯化钙(A<sub>4</sub>)4 个含钙药剂处理和云大-120 稀释 3 000 倍液(CK<sub>1</sub>)和清水(CK<sub>2</sub>)2 个浸种对照,不浸种处理对照记为 CK<sub>3</sub>。随机区组排列,3 次重复。每个小区面积 23.04 m<sup>2</sup>,株行距为 0.8 m×0.8 m,每小区种植 6 行,每行 6 株,共 36 株。2012 年 3 月 18 日种植,2013 年 3 月 29 日收获。整个过程不施任何肥料,其他管理措施同大田生产。

#### 1.2.2 测定指标及方法

分别于植后 90 d(块根形成期)和植后 330 d(收获前)在每小区随机选取 6 株木薯植株,测量地面到心叶的垂直高度作为株高,用游标卡尺测量距地面 10~15 cm 处木薯茎的直径作为茎径。2012 年 6 月 12 日统计每小区的木薯株数,计算成活率。

2013 年 3 月 29 日选取小区中间的 16 株木薯收获测产。将 16 株木薯块根中所有直径大于 3 cm 的薯块数折算成单株结薯数,计算出单株鲜薯重和鲜

薯单位面积产量。

2013 年 3 月 30 日称取 5 kg 左右的鲜薯,用鲜薯淀粉含量测量仪(泰国生产)测定鲜薯的空中质量和水中质量,按照国际热带农业中心确立的方法计算鲜薯淀粉含量、薯干率和淀粉产量。

鲜薯淀粉含量 = 210.8×鲜薯空气中质量/(鲜薯空气中质量 - 鲜薯水中质量)-213.4。

薯干率 = 158.3×鲜薯空气中质量/(鲜薯空气中质量 - 鲜薯水中质量)-142.0。

淀粉产量 = 鲜薯产量×鲜薯淀粉含量。

#### 1.2.3 数据处理

试验数据用软件 Microsoft Excel 2003 和 SAS 9.0 进行统计分析。

## 2 结果与分析

### 2.1 各处理木薯的产量

#### 2.1.1 各处理木薯的成活率

由图 1 可知, A<sub>1</sub>、A<sub>2</sub> 和 A<sub>3</sub> 种茎成活率间的差异无统计学意义, A<sub>1</sub>、A<sub>2</sub> 和 A<sub>3</sub> 木薯的成活率显著高于 A<sub>4</sub>、CK<sub>1</sub>、CK<sub>2</sub> 和 CK<sub>3</sub>,表明 1.0%、2.0%石灰水处理和 1.0%氯化钙处理可以提高木薯种茎的成活率; A<sub>4</sub>、CK<sub>1</sub>、CK<sub>2</sub>、CK<sub>3</sub> 木薯成活率间的差异无统计学意义,表明与不浸种处理相比, 2.0%氯化钙、云大-120 稀释 3 000 倍液和清水浸种处理对木薯种茎成活率的影响不大。

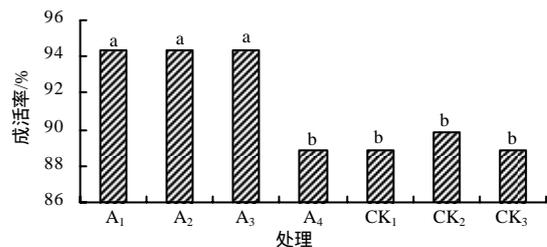


图 1 各处理木薯的种茎成活率  
Fig.1 Effect of different treatments on survival of cassava

#### 2.1.2 各处理木薯的株高和茎径

由表 1 可知,在块根形成期, A<sub>1</sub>~A<sub>4</sub> 和 CK<sub>1</sub> 的株高间差异及茎径间差异均无统计学意义,但 A<sub>1</sub>~A<sub>4</sub> 和 CK<sub>1</sub> 的茎径均显著高于 CK<sub>2</sub> 和 CK<sub>3</sub> 的,说明各含钙处理均可促进木薯茎径的生长,CK<sub>1</sub> 的茎径最高,表明云大-120 浸种处理可促进木薯茎径生长。A<sub>4</sub> 的茎径显著大于 CK<sub>2</sub> 和 CK<sub>3</sub> 的,表明 2.0%氯化钙处理也可加快木薯茎径生长,而 A<sub>1</sub>~A<sub>3</sub> 与 CK<sub>2</sub> 茎径间的差异和与 CK<sub>3</sub> 茎径间的差异均无统计

学意义，也就是说，1.0%、2.0%石灰水和 1.0 氯化钙浸种处理可加快木薯地上部分生长，但处理间的差异无统计学意义。

表 1 各处理木薯的株高和茎径

**Table 1 Cassava plant height and stem diameter of different treatments**

处理	株高/cm				茎径/mm				
	块根形成期		收获(成熟)期		块根形成期		收获(成熟)期		
	A <sub>1</sub>	101.2a	229.4b	17.9ab	21.5b	A <sub>2</sub>	99.7a	228.1b	17.5ab
A <sub>3</sub>	99.9a	235.1b	17.9ab	22.2ab	A <sub>4</sub>	108.0a	237.8b	18.7a	21.9ab
CK <sub>1</sub>	110.2a	268.1a	19.2a	23.7a	CK <sub>2</sub>	86.0b	231.1b	16.8b	20.6bc
CK <sub>3</sub>	79.1b	190.8c	16.6b	18.9c					

由表 1 可知，在收获(成熟)期，A<sub>1</sub>~A<sub>4</sub>的株高和 CK<sub>1</sub>、CK<sub>2</sub>的株高均显著高于 CK<sub>3</sub>的，在 6 个浸种处理中，A<sub>1</sub>~A<sub>4</sub>的株高显著低于 CK<sub>1</sub>的株高，但显著高于 CK<sub>3</sub>的株高，而 A<sub>1</sub>~A<sub>4</sub>株高与 CK<sub>2</sub>株高间的差异无统计学意义。除 CK<sub>2</sub>外，A<sub>1</sub>~A<sub>4</sub>的茎径和 CK<sub>1</sub>的茎径均显著大于 CK<sub>3</sub>的，其中，A<sub>1</sub>的茎径显著小于 CK<sub>1</sub>的，而 A<sub>2</sub>~A<sub>4</sub>茎径与 CK<sub>1</sub>茎径间的差异无统计学意义，A<sub>1</sub>~A<sub>4</sub>茎径间的差异无统计学意义。

2.1.3 各处理木薯的产量及产量构成因素

由表 2 可知，各处理单株结薯数间的差异均无统计学意义。A<sub>1</sub>~A<sub>4</sub>的单株鲜薯重显著大于 CK<sub>3</sub>的，A<sub>2</sub>、A<sub>3</sub>、A<sub>4</sub>含钙药剂浸种处理的单株鲜薯重显著大于 CK<sub>2</sub>的，而 CK<sub>1</sub>的单株鲜薯重与 CK<sub>3</sub>单株鲜薯重间的差异均无统计学意义。A<sub>1</sub>~A<sub>4</sub>的鲜薯产量均显著大于 CK<sub>2</sub>和 CK<sub>3</sub>的，且 A<sub>1</sub>~A<sub>4</sub>鲜薯产量间的差异无统计学意义，CK<sub>1</sub>的鲜薯产量与 CK<sub>2</sub>和 CK<sub>3</sub>鲜薯产量间的差异无统计学意义。

表 2 各处理单株木薯的产量及其产量构成因素

**Table 2 Different treatments on cassava production and yield**

处理	单株结薯数/条	单株鲜薯重/kg	每 667 m <sup>2</sup> 鲜薯产量/(×10 <sup>3</sup> kg)
A <sub>1</sub>	9.0±1.2	(3.56±0.59)abc	(3.50±0.58)ab
A <sub>2</sub>	9.6±2.4	(3.85±0.28)a	(3.79±0.28) a
A <sub>3</sub>	10.0±2.7	(3.77±0.11) ab	(3.71±0.11) a
A <sub>4</sub>	10.3±2.9	(3.67±0.20) ab	(3.40±0.13)ab
CK <sub>1</sub>	10.5±2.7	(3.26±0.23)bcd	(3.02±0.13)bc
CK <sub>2</sub>	8.5±1.4	(3.00±0.22) cd	(2.81±0.17)c
CK <sub>3</sub>	9.9±1.4	(2.89±0.30) d	(2.68±0.28)c

2.2 各处理木薯的品质

由表 3 可知，各处理鲜薯淀粉含量间的差异和薯干率间的差异均无统计学意义；A<sub>3</sub>的鲜薯淀粉含量与薯干率均显著大于 A<sub>4</sub>的。A<sub>1</sub>~A<sub>3</sub>的薯干产量显著高于 CK<sub>2</sub>、CK<sub>3</sub>的；A<sub>4</sub>的薯干产量仅显著高于 CK<sub>3</sub>的，而与 CK<sub>1</sub>、CK<sub>2</sub>处理之间的差异无统计学意义。CK<sub>1</sub>、CK<sub>2</sub>、CK<sub>3</sub>处理之间的薯干产量差异也无统计学意义。A<sub>1</sub>~A<sub>3</sub>的淀粉产量显著高于 CK<sub>2</sub>和 CK<sub>3</sub>的，A<sub>1</sub>~A<sub>3</sub>淀粉产量间的差异均无统计学意义。

表 3 各处理木薯的品质指标

**Table 3 Quality of cassava under different treatments**

处理	鲜薯淀粉含量/%	薯干率/%	每 667 m <sup>2</sup> 产量/(×10 <sup>3</sup> kg)	
			薯干	淀粉
A <sub>1</sub>	(33.82±0.91)ab	(43.65±0.68)ab	(1.53±0.27)a	(1.19±0.21)abc
A <sub>2</sub>	(32.44±2.30)ab	(42.62±1.73)ab	(1.62±0.13)a	(1.23±0.12)ab
A <sub>3</sub>	(34.73±2.02)a	(44.33±1.52)a	(1.64±0.01)a	(1.29±0.04)a
A <sub>4</sub>	(30.87±1.30)b	(41.43±0.98)b	(1.41±0.08)ab	(1.05±0.08)bcd
CK <sub>1</sub>	(32.70±1.58)ab	(42.81±1.19)ab	(1.29±0.08)bc	(0.99±0.08)cd
CK <sub>2</sub>	(32.44±1.31)ab	(42.62±0.99)ab	(1.20±0.08)bc	(0.91±0.06)d
CK <sub>3</sub>	(33.23±3.02)ab	(43.21±2.27)ab	(1.15±0.07)c	(0.89±0.05)d

2.3 各测定指标之间的相关性

由表 4 可见，鲜薯产量、淀粉产量和薯干产量与块根形成期的株高和茎径及与成熟期的株高和

表 4 各测定指标的相关系数

**Table 4 Correlation coefficient of each index**

		相关系数											
	X <sub>1</sub>	X <sub>2</sub>	X <sub>3</sub>	X <sub>4</sub>	X <sub>5</sub>	X <sub>6</sub>	X <sub>7</sub>	X <sub>8</sub>	X <sub>9</sub>	X <sub>10</sub>	X <sub>11</sub>	X <sub>12</sub>	
X <sub>1</sub>	1												
X <sub>2</sub>	0.855**	1											
X <sub>3</sub>	0.564**	0.443*	1										
X <sub>4</sub>	0.784**	0.928**	0.529*	1									
X <sub>5</sub>	0.049	-0.007	0.187	0.196	1								
X <sub>6</sub>	0.002	-0.028	-0.140	-0.023	0.108	1							
X <sub>7</sub>	-0.048	-0.045	-0.121	0.017	0.053	0.874**	1						
X <sub>8</sub>	-0.315	-0.489*	0.242	-0.237	0.189	0.033	0.184	1					
X <sub>9</sub>	-0.115	0.179	-0.032	0.147	0.044	-0.186	-0.111	-0.421	1				
X <sub>10</sub>	-0.238	-0.087	0.007	0.070	0.561**	-0.091	-0.108	0.036	0.293	1			
X <sub>11</sub>	-0.114	0.179	-0.032	0.147	0.045	-0.186	-0.110	-0.421	1.000**	0.292	1		
X <sub>12</sub>	-0.037	-0.057	-0.149	-0.033	-0.099	0.989**	0.927**	0.064	-0.169	-0.089	-0.168	1	

X<sub>1</sub>为块根形成期株高；X<sub>2</sub>为成熟期株高；X<sub>3</sub>为块根形成期茎径；X<sub>4</sub>为成熟期茎径；X<sub>5</sub>为鲜薯产量；X<sub>6</sub>为淀粉产量；X<sub>7</sub>为单株鲜薯重；X<sub>8</sub>为单株结薯数；X<sub>9</sub>为淀粉含量；X<sub>10</sub>为成活率；X<sub>11</sub>为薯干率；X<sub>12</sub>为薯干产量；\*示指标间相关达到显著水平；\*\*示达到极显著水平。

茎径间的相关性均无统计学意义;鲜薯产量与成活率呈极显著正相关,淀粉产量和薯干产量均与单株鲜薯重呈极显著正相关,与单株结薯数间的相关性均无统计学意义,也就是说,要提高鲜薯产量必须增强种茎的抗逆能力和提高木薯种茎的成活率;块根形成期(薯数的决定时期)木薯的长势与产量增加的关系不大;块根形成期因木薯块根能充分膨大,所以,增加单株木薯鲜重是增加淀粉产量和薯干产量的关键。

### 3 结论和讨论

当有外源  $\text{Ca}^{2+}$  或  $\text{Ca}^{2+}$  载体存在时,植物细胞能迅速产生  $\text{O}_2$  和  $\text{H}_2\text{O}_2$  等活性氧分子,进而启动机体内其他信号,引起一系列保护性的生理反应,从而减轻盐胁迫、氧化胁迫、干旱胁迫甚至病原菌侵害等对植物体的伤害<sup>[13-18]</sup>。钙还能增加植物叶片细胞膜的完整性和叶片的保水能力,从而有效地改善干旱条件下植物的水分状况,提高植物的抗旱性<sup>[19-22]</sup>。钙能激发酶的活动,加速呼吸作用,继而促进芽的萌发,提高发芽率<sup>[23]</sup>。提高抗旱性的最适外源  $\text{Ca}^{2+}$  浓度因作物不同而不同,若  $\text{Ca}^{2+}$  浓度过高时,植物细胞会产生“ $\text{Ca}^{2+}$  中毒”现象<sup>[24]</sup>。石灰水浸种后在种茎表面形成的  $\text{CaCO}_3$  薄膜能够隔绝空气,起灭菌、封闭切口、减少切口的水分和养分流失等作用<sup>[25]</sup>。本研究中 1.0%、2.0% 石灰水处理和 1.0% 氯化钙处理木薯种茎的成活率均约为 94.4%,明显比对照的成活率高;各含钙处理对木薯地上部分生长也有一定的促进作用,但差异无统计学意义,云大-120 的 3 000 倍液浸种对木薯地上部分生长的促进作用最为显著,1.0% 石灰水溶液、2.0% 石灰水溶液和 1.0% 氯化钙溶液浸种可显著增加鲜薯产量、薯干产量和淀粉产量,且增产主要是通过提高种茎的成活率或增加单株鲜薯产量来实现的。清水浸种、2.0% 氯化钙溶液和云大-120 的 3 000 倍液浸种的增产效果不明显,其原因可能是木薯种茎相对新鲜,其含水量可以满足种茎萌发的生理需水。钙离子浓度过大引起种茎钙离子中毒,可能是 2% 氯化钙溶液浸种效果不佳的主要原因。本研究中云大-120 的 3 000 倍液浸种的增产效果不明显与文献<sup>[4]</sup>的报道结果不一致<sup>[4]</sup>,这可能是由试验品种和试验地条件不同等引起的,具体原因还有待进一步研究。

#### 参考文献:

[1] El-Sharkawy M A. Cassava biology and physiology [J]. *Plant Molecular Biology*, 2004, 56(4): 481-501.

- [2] 黄巧义, 黄旭, 唐拴虎, 等. 木薯营养与施肥研究进展[J]. *中国农业科技导报*, 2010, 12(2): 62-68.
- [3] 范伟锋, 黄洁, 许瑞丽, 等. 种茎芽眼顺向与反向对木薯产量性状的影响[J]. *广东农业科学*, 2011, 38(23): 22, 25.
- [4] 覃家瑁. 种甘蔗用石灰水浸种好[J]. *农家之友*, 2000(1): 17.
- [5] 许富堂. 石灰水浸种防治水稻恶苗病效果好[J]. *植物保护*, 1964(3): 103.
- [6] 朱凤美, 杜秀尧, 陈文俊, 等. 麦种用石灰水处理的防病效果[J]. *中国农业科学*, 1958(9): 480-481.
- [7] 孙士英. 石灰水处理栽培料效果好[J]. *河北农业科技*, 1991(1): 11.
- [8] 刘子凡, 陈慧娟, 韦城.  $\text{CaCl}_2$  浸种对甘蔗幼苗抗旱性的影响[J]. *华南热带农业大学学报*, 2004, 10(2): 4-6.
- [9] 程林梅, 唐连顺, 张原根, 等. 氯化钙对棉花幼苗抗旱性的效应[J]. *中国农学通报*, 1998, 14(1): 20-21.
- [10] 洪洪水.  $\text{CaCl}_2$  和  $\text{NaCl}$  浸种对水分胁迫下小麦幼苗抗旱性状的影响[J]. *植物生理学通讯*, 1992, 28(4): 287.
- [11] 罗兴录. 云大-120 浸种对木薯的增产效应[J]. *西南农业学报*, 2001, 14(1): 87-90.
- [12] 罗兴录. 不同植物生长调节剂对木薯生长发育和淀粉积累影响的研究[J]. *中国农学通报*, 2002, 18(3): 30-33.
- [13] 马琛, 乙引, 张习敏, 等. 钙离子在植物生理调节中的作用[J]. *贵州农业科学*, 2010, 38(2): 36-41.
- [14] 张合臣, 尹伟伦, 夏新莉. 非生物逆境胁迫下植物钙信号转导的分子机制[J]. *植物学通报*, 2007, 24(1): 114-122.
- [15] 冀乙萌, 惠杜娟, 李瑞梅, 等. 钙对低温胁迫下木薯抗寒相关生理指标的影响[J]. *热带作物学报*, 2012, 33(5): 894-898.
- [16] 杨根平, 盛宏达, 赵彩霞, 等. 钙素和水分亏缺对大豆幼苗某些生理过程的影响[J]. *西北农业大学学报*, 1990, 18(2): 84-87.
- [17] 蒋廷惠, 占新华, 徐阳春, 等. 钙对植物抗逆能力的影响及其生态学意义[J]. *应用生态学报*, 2005, 16(5): 971-976.
- [18] 龚明, 杜朝昆, 许文忠. 钙和钙调素对玉米幼苗抗旱性的调控[J]. *西北植物学报*, 1996, 16(3): 214-220.
- [19] 郭礼坤. 钙与赤霉素合剂( $\text{Ca}+\text{GA}$ )处理种子的抗旱增产效果及原理[J]. *水土保持研究*, 1998, 5(1): 79-87.
- [20] 王霞, 侯平. 植物对干旱胁迫的适应机理[J]. *干旱区研究*, 2001, 18(2): 42-46.
- [21] 关军锋, 李广敏.  $\text{Ca}^{2+}$  与植物抗旱性的关系[J]. *植物学通报*, 2001, 18(4): 473-478.
- [22] 袁清昌. 钙提高植物抗旱能力的研究进展[J]. *山东农业大学学报*, 1991, 22(4): 384-390.
- [23] 杨根平, 高爱丽, 荆家海. 钙与渗透胁迫下大豆细胞透性的关系[J]. *植物生理学通讯*, 1993, 29(3): 179-181.
- [24] Minorsky P V. An heuristic hypothesis of chilling injury in plants: A role for calcium as the primary physiological transducer of injury [J]. *Plant Cell & Environment*, 1985, 8(2): 75-94.
- [25] 曹卫星. 作物栽培学总论[M]. 北京: 科学出版社, 2006: 282.

责任编辑: 王赛群

英文编辑: 王 库