

蜡封对木薯种茎贮藏活力的影响*

刘海刚¹, 孟富宣¹, 段元杰¹, 杨玉皎¹, 魏云霞², 黄洁^{2**}

(1. 云南省农业科学院 热区生态农业研究所/元谋干热河谷植物园, 云南 元谋 651399;

2. 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)

摘要:【目的】通过蜡封不同木薯种茎部位, 再结合自封袋密封与保湿处理, 为延长木薯种茎贮藏期、提高种茎贮藏活力提供一定的参考依据。【方法】以桂热4号木薯的老熟新鲜茎段为材料, 进行蜡封后自封袋密封、蜡封后添加含水率为50%湿锯末再自封袋密封和蜡封后裸露处理, 以不蜡封裸露为对照, 贮藏于干燥、阴凉、无阳光直射的室内, 每3d进行称重, 测定茎段的失水量, 贮藏51d后, 将所有处理木薯茎段种植于沙土地, 种植60d后调查成活率及幼苗生长情况。【结果】贮藏51d时, 裸露贮藏茎段的相对含水率表现为蜡封两端(44.2%)>蜡封基端(36.3%)>蜡封顶端(33.3%)>不蜡封(26.0%), 种植后成活率表现为蜡封两端(78.1%)>蜡封顶端(56.4%)>蜡封基端(44.2%)>不蜡封(11.8%); 自封袋密封贮藏茎段的含水率均≥88.7%, 种植成活率为100.0%, 且幼苗生长与种植新鲜种茎相比无明显区别; 添加50%含水率的湿锯末再自封袋密封贮藏的茎段的相对含水率无明显变化, 但均全部霉烂。【结论】木薯种茎采用小袋密封, 贮藏于干燥、阴凉、无阳光直射的环境中, 能起到极好的保鲜效果。

关键词: 木薯种茎; 蜡封; 密封; 含水率; 失水速率; 成活率

中图分类号: S 533.032

文献标识码: A

文章编号: 1004-390X(2020)03-0386-06

Effects of Wax Sealing on the Storage Vigor of Cassava Stem Cuttings

LIU Haigang¹, MENG Fuxuan¹, DUAN Yuanjie¹, YANG Yujiao¹, WEI Yunxia², HUANG Jie²

(1. Institute of Tropical Eco-agricultural Sciences, Yunnan Academy of Agricultural Sciences/Yuanmou Dry-Hot

Valley Botanical Garden, Yuanmou 651399, China; 2. Tropical Crops Genetic Resources Institute, Chinese

Academy of Tropical Agricultural Sciences, Danzhou 571737, China)

Abstract: [Purpose] Sealing different parts of cassava stems by wax, and combined with zip lock and moisturizing treatment, we intended to provide a reference for extending the storage period and improving the storage vigor of the cassava stem. [Method] The mature and fresh cassava stem of GR4 was cut into segments, then 3 treatments were carried out: wax sealing and zip lock, wax sealing with adding moisture (50% moisture wet sawdust was added in ziplock bag), and wax sealing and bared. Fresh segments of cassava stem were taken as contrast. All treated materials were stored in a dry, shady and cool condition. The water loss was measured at every 3 days. After 51 days, all processed cassava stems were planted in sandy land, and the survival rate and seedling growth were investigated after 60 days of planting. [Results] After 51 days of storing, regarding to the treatment of

收稿日期: 2019-05-13

修回日期: 2020-03-27

网络首发时间: 2020-06-18 15:40:58

*基金项目: 现代木薯产业技术体系建设专项资金(CARS-11-hnhj)。

作者简介: 刘海刚(1982—), 男, 云南曲靖人, 硕士, 副研究员, 主要从事作物栽培研究。

E-mail: 1939440231@qq.com

**通信作者 Corresponding author: 黄洁(1966—), 男, 广东湛江人, 硕士, 研究员, 主要从事木薯栽培研究与推广工作。E-mail: hnhjcn@163.com

网络首发地址: <https://kns.cnki.net/kcms/detail/53.1044.S.20200617.1551.003.html>



wax sealing and bared, the relative moisture content were sealing the both ends (44.2%) > sealing the base end (36.3%) > sealing the top end (33.3%) > no sealing (26.0%). The survival rate after planting were sealing the both ends (78.1%) > sealing the top end (56.4%) > sealing the base end (44.2%) > no sealing (11.8%). The moisture content of cassava stems were $\geq 88.7\%$. At the treatment of wax sealing and zip lock, the survival rate after planting was 100% and there was no significant difference about seedling growth compared to sowing fresh stem segments. As the treatment of wax sealing with adding moisture, although the segments of cassava stem relative water content did not change significantly, but they were all mildewed. [Conclusion] The segments of cassava stem should be sealed by wax in the ends, zip lock and stored in a dry, cool and shady environment to keep storage vigor. It was simple and easy to operate in cassava's germplasm preservation and plant.

Keywords: cassava cutting; wax sealing; sealing; moisture content; water loss rate; survival rate

木薯 (*Manihot esculenta* Crantz) 别名树番薯, 是世界三大薯类作物之一, 其块根富含淀粉, 有“淀粉之王”美誉^[1]。在中国许多木薯主产区, 木薯种茎需贮藏 2~3 个月甚至 4~5 个月后才能种植^[2], 经常因贮藏方法不当而影响第 2 年种源。目前, 虽有研究不同地区的木薯种茎越冬贮藏方法, 但多以露天浅埋、大棚堆放和地窖贮藏等方法进行贮藏^[3]。在干旱地区, 木薯种茎常因长时间贮藏而导致严重失水甚至干枯^[4], 因此, 开展木薯种茎耐旱贮藏方法的研究极为重要。

蜡封技术广泛应用于保存植物活体材料, 蜡封能有效提高油茶种子的发芽率与发芽势^[5]; 有效降低接穗失水率^[6], 延长其存活期^[7]; 再通过低温和填装保湿材料, 贮存时间更长^[8], 经过蜡封的接穗, 嫁接后能有效降低外界大风、干旱引起的失水干枯, 极大提高嫁接成活率^[9-11]。对于扦插繁殖的木薯种茎而言, 蜡封也能有效减少其水分散失^[12], 起到提高成活率的效果, 且蜡封种茎顶端还能有效提高木薯的成活率、鲜薯产量、薯干率和鲜薯淀粉含量^[13]。此外, 提高贮藏环境湿度能延长蜡封枣接穗的保鲜期限^[10]。聚乙烯薄膜密封方法已应用于苹果和柑橘等果树接穗贮藏。苹果接穗用聚乙烯薄膜密封贮藏的效果优于泥炭和沙子^[14]; 柑橘接穗套保鲜袋置于 10℃ 冰箱储藏, 70 d 内有较好的保存效果, 对嫁接成活率的影响较小^[15]。本研究通过蜡封不同木薯种茎部位, 再结合密封与密封加保湿贮藏处理, 试图为延长木薯种茎贮藏期、提高种茎贮藏活力提供一定的理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料

试验木薯品种为桂热 4 号 (代号: GR4), 为广西壮族自治区亚热带作物研究所选育, 具有植株健壮、高产、抗旱性强的特性。试验用木薯种茎生育期 306 d, 选择当天收获、中下部茎径基本一致 (约 24~26 mm) 的老熟新鲜茎段, 统一锯成长 15.0 cm 的短段备用; 石蜡为茂名市宝润化工有限公司生产的 60 号粗石蜡; 锯末为元谋变色龙家私组装家具所产生的纯净云南杉木干锯末; 密封袋规格为 32 cm×20 cm、厚度 0.12 mm 的透明塑料自封袋。

1.2 试验条件

于 2018 年 2 月 21 日—4 月 12 日在云南省农业科学院热区生态农业研究所的生理生化实验室内进行木薯种茎贮藏处理。试验期间, 天气干旱晴朗, 室内干燥阴凉、无阳光直射, 空气湿度 21.6%~34.2%, 最高气温 36.4℃, 最低气温 13.1℃。

1.3 试验方法

1.3.1 试验设计

采用二因素随机区组设计, 即蜡封茎段方式和密封贮藏方式。其中, 蜡封茎段设封顶端 (A1)、封基端 (A2)、封两端 (A3) 和不蜡封 (A4) 4 个水平; 密封方式为湿锯末密封 (B1)、无锯末密封 (B2) 和无锯末裸露 (B3) 3 个水平, 共 12 个处理 (表 1), 3 次重复, 每个处理均为 13 根短种茎, 以不蜡封、裸露贮藏为对照 (CK)。

1.3.2 茎段处理方法

蜡封茎段方式: 采用恒温水浴融化石蜡块,

表 1 试验设计
Tab. 1 Experimental design

密封方式 sealing mode	蜡封方式 wax sealing mode			
	A1 蜡封顶端 sealing the top end	A2 蜡封基端 sealing the base end	A3 蜡封两端 sealing both ends	A4 不封蜡 no sealing
B1 湿锯末密封 sealed with wet sawdust	A1B1	A2B1	A3B1	A4B1
B2 无锯末密封 sealed without wet sawdust	A1B2	A2B2	A3B2	A4B2
B3 无锯末裸露 exposed in air	A1B3	A2B3	A3B3	A4B3

容器中的熔蜡深度保持在 8 cm 以上，温度稳定在 90~95 ℃。蜡封顶端时，捏住茎段基端，迅速将茎段顶端切口放入熔蜡中约 5 mm，当均匀蘸染石蜡后，迅速取出晾干；如上法蜡封基端及两端。蜡封处理后，立即用精确度为 0.01 g 的天平称质量，测定所有处理 3 次重复及对照 (不蜡封) 样品的鲜质量。

密封方式：湿锯末密封时，每 1 个处理用 1 个自封袋，先将蜡封处理过的茎段称总质量后整齐装入自封袋中，然后在自封袋内均匀加入 400 g 含水率为 50% 的湿锯末；无锯末密封时，每 1 个处理用 1 个自封袋，将蜡封处理过的茎段称总质量后整齐装入自封袋中；无锯末裸露时，将每个处理的茎段称总质量后用细绳捆为 1 捆。

1.4 测定指标与方法

1.4.1 茎段失水动态观测

湿锯末密封和无锯末密封的种茎以袋为单位，裸露贮藏的种茎以捆为单位，将所有处理随机摆放于干燥、无阳光直射的实验室内，以后每隔 3 d 均在 16: 00—17: 00 对每个处理的茎段称质量，测定种茎每 3 d 的失水量，每个处理的茎段每 3 d 失水量为当次测定质量减去前一次测定质量。湿锯末密封的处理，先从自封袋内取出茎段，清理干净锯末后称质量；无锯末密封的处理，直接将茎段从自封袋内取出称质量；无锯末裸露的处理，将捆扎细绳取下后称总质量再捆为 1 捆。按如下公式进行计算：相对含水率 = [(测定质量 - 干质量) / (鲜质量 - 干质量)] × 100%；失水速率 = [(前一次测定质量 - 当次测定质量) / (鲜质量 - 干质量)] × 100%。

前期研究表明：同一生长环境下，同一生育年龄且部位相同的同一木薯品种 (品系) 的种茎，无论粗细，含水率相对稳定 (即含水率差别较小)^[16]。本试验所有处理在贮藏试验结束后均用于

种植试验，无法测定总含水率，故在试验开始时，同时预备与试验材料相同的 160 根茎段，用于测定该批试验样品的干质量，分 4 个重复，每个重复 40 根，测定鲜质量后，使用 RXH 热风循环烘箱，在 130 ℃ 条件下通风干燥，测定其干质量，该干质量代表所有试验样品干质量。

1.4.2 种茎成活及生长发育情况调查

2018 年 4 月 12 日，除湿锯末密封处理后霉烂以及测定平均含水率的 160 根茎段外，将其他处理的所有茎段按 0.8 m × 1.0 m 的株行距统一采用芽眼朝北、45°斜植于沙土中，种植深度以种茎顶部均露出地面 3 cm 为标准，种植后浇透定根水。试验期间无降雨，以后持续每隔 3 d 浇水 1 次，每次的浇水量以土壤潮湿、洼面不积水为准。2018 年 6 月 13 日，在种植后 60 d 调查每个处理的成活率 (芽眼萌发正常即统计为成活)，每个处理选取中间 5 株测量苗高及离地面 5 cm 处茎径。

2 结果与分析

2.1 不同处理茎段的相对含水率

湿锯末密封处理 (A1B1、A2B1、A3B1 和 A4B1) 的茎段，贮藏 18 d 时开始出现发霉现象，贮藏 51 d 时已全部霉烂，失去分析价值，故在本研究结果中不做分析。

由表 2 可知：裸露贮藏的茎段，整个贮藏期内，封两端与封顶端、封基端、不封之间相对含水率差异显著，封顶端、封基端与不封之间差异也显著 ($P < 0.05$)；贮藏 51 d 时，相对含水率表现为 A3B3 (44.2%) > A2B3 (36.3%) > A1B3 (33.3%) > A4B3 (26.0%)。无锯末密封处理条件下，在整个贮藏期间，4 种蜡封方式间含水率差异不显著 ($P > 0.05$)，贮藏 51 d 时，相对含水率表现为 A2B2 (93.5%) > A3B2 (91.3%) > A1B2 (90.4%) >

表 2 不同处理的木薯茎段相对含水率 (mean±SD, n=3)

Tab. 2 The relative moisture content of cassava cuttings with difference treatments

贮藏时间/d storage time	A1B2	A1B3	A2B2	A2B3	A3B2	A3B3	A4B2	A4B3 (CK)
3	99.7±0.3 a	86.5±1.8 c	99.5±0.2 a	85.5±2.3 c	99.4±0.3 a	90.5±1.1 b	99.3±0.7 a	79.8±1.6 d
6	99.2±0.3 a	82.8±3.4 c	98.8±0.0 a	81.4±2.2 c	99.0±0.3 a	87.6±1.5 b	98.5±0.5 a	74.1±1.9 d
9	98.5±0.3 a	78.7±4.5 c	98.8±0.0 a	77.0±2.5 c	98.5±0.4 a	84.1±1.9 b	98.3±0.5 a	67.8±3.1 d
12	98.3±0.3 a	74.4±4.6 c	98.5±0.2 a	73.3±3.0 c	98.4±0.3 a	80.6±2.3 b	97.5±0.8 a	62.9±3.5 d
15	97.7±0.1 a	70.5±4.7 c	97.8±0.3 a	69.7±2.9 c	97.9±0.4 a	77.4±2.5 b	97.1±0.6 a	58.7±3.5 d
18	97.1±0.2 a	66.3±4.7 c	96.8±0.2 a	66.0±3.4 c	97.3±0.2 a	74.2±2.7 b	95.8±1.1 a	54.5±4.0 d
21	96.2±0.3 a	63.0±5.1 c	96.4±0.2 a	62.9±3.7 c	96.7±0.3 a	70.8±3.1 b	95.2±1.1 a	50.8±3.9 d
24	95.3±0.3 a	59.1±3.6 c	95.3±0.8 a	60.0±3.6 c	96.1±0.6 a	67.7±3.4 b	94.8±0.8 a	47.4±4.1 d
27	95.0±0.1 ab	56.6±5.2 d	94.7±0.9 ab	57.2±3.7 d	95.9±0.4 ab	64.8±3.3 c	93.9±0.9 b	44.3±4.2 e
30	94.6±0.4 ab	53.8±5.4 d	94.6±0.7 ab	54.8±4.2 d	95.4±0.2 ab	62.6±3.3 c	93.5±0.9 b	41.7±4.0 e
33	94.1±1.1 ab	51.5±5.5 d	94.4±0.9 ab	52.4±4.4 d	94.8±0.7 ab	60.0±3.7 c	92.9±0.9 b	39.6±3.7 e
36	94.1±1.5 ab	48.9±5.3 d	94.4±0.9 ab	50.1±5.0 d	95.2±0.8 ab	57.4±3.0 c	92.5±0.7 b	37.0±4.3 e
39	93.5±1.6 ab	46.3±5.4 d	94.4±0.9 ab	47.5±5.4 d	93.8±0.1 ab	55.2±3.0 c	91.9±1.2 b	35.3±3.7 e
42	93.1±1.3 ab	43.3±5.8 d	94.2±1.1 ab	44.9±6.0 d	93.4±0.5 ab	52.7±2.9 c	90.3±2.2 b	33.1±4.0 e
45	91.9±1.7 b	40.2±5.2 d	94.0±0.9 ab	42.0±7.3 d	92.8±0.3 b	50.0±3.4 c	90.1±2.1 b	30.5±3.9 e
48	90.8±1.2 b	36.1±5.4 d	93.9±0.9 ab	38.5±7.9 d	91.7±0.2 b	46.4±3.5 c	88.9±1.6 b	27.4±4.0 e
51	90.4±1.2 b	33.3±5.3 d	93.5±1.5 ab	36.3±8.1 d	91.3±0.6 b	44.2±4.3 c	88.7±2.0 b	26.0±4.1 e

注: 不同小写字母表示处理间有显著差异 ($P<0.05$); 下同。
Note: Different lowercase letters after treatment indicate significant difference ($P<0.05$); the same as below.

A4B2 (88.7%)。A4B2 相对含水率比 A3B3 高 44.5%, 说明密封对木薯种茎保湿效果优于蜡封, 总体而言, 蜡封后密封处理对木薯种茎的保湿效果较为理想。

2.2 不同处理木薯茎段的失水速率

由表 3 可知: 无锯末密封的茎段失水速率明显低于裸露贮藏, 整个 51 d 的贮藏期内无明显的失水高峰。裸露贮藏的茎段, 开始的 3 d 为快速失水期, 蜡封两端、顶端、基端和不封蜡的茎段失水率分别达 9.5%、13.5%、14.6% 和 20.2%, 其后逐渐减缓并趋于稳定。在 51 d 的贮藏期内, 比较蜡封裸露贮藏的各个处理, 平均每 3 d 失水速率表现为 A4B3 (4.4%) > A1B3 (3.9%) > A2B3 (3.8%) > A3B3 (3.3%), 比较蜡封后密封贮藏的各个处理, 平均每 3 d 失水速率表现为 A4B2 (0.7%) > A1B2 (0.6%) > A3B2 (0.5%) > A2B2 (0.4%), 说明蜡封能有效降低木薯茎段失水速率, 与蜡封相比, 密封效果更优。

2.3 木薯茎段的成活率与幼苗生长

由表 4 可知: 贮藏 51 d 后, 无锯末密封处理的木薯茎段均为 100.0% 成活率; 裸露贮藏的木薯茎段成活率表现为封两端 (78.1%)>封顶端

(56.4%)>封基端 (44.2%)>不蜡封 (11.8%), 差异非常大。相对于不蜡封, 蜡封两端能较好提高成活率, 其次是封顶端。

由表 4 还可知: 种植 60 d 后, 无锯末密封处理的木薯茎段幼苗高度及茎径普遍优于裸露贮藏; 密封贮藏处理间的苗高和茎径差距较小, 裸露贮藏处理间的苗高和茎径差距也较小, 与对照均无明显优势。其中, 不蜡封无锯末密封处理 (A4B2) 苗高最高, 为 45.3 cm, 蜡封基端无锯末裸露处理 (A2B3) 苗高最低, 为 35.3 cm; 蜡封顶端无锯末密封处理 (A1B2) 茎径最大, 为 11.9 mm, 蜡封顶端无锯末裸露处理 (A1B3) 茎径最小, 为 8.6 mm。

3 讨论

3.1 木薯种茎蜡封的效果

蜡封木薯种茎能有效提高相对含水率, 且贮藏时间越长, 保水效果越好, 将种茎贮藏于干燥、无阳光直射的室内, 相同贮藏时间的木薯种茎相对含水率均表现为全封>封两端>封中部>封顶端>封基端>不封^[8]。本研究结果表明: 裸露贮藏的木薯种茎, 在整个贮藏期间蜡封两端的相

表 3 不同处理的木薯茎段失水速率 (mean±SD, n=3)

Tab. 3 The water loss rate of cassava cuttings with difference treatments

贮藏时间/d storage time	A1B2	A1B3	A2B2	A2B3	A3B2	A3B3	A4B2	A4B3 (CK)
3	0.3±0.3 d	13.5±1.8 b	0.6±0.2 d	14.6±2.3 b	0.6±0.3 d	9.5±1.1 c	0.7±0.7 d	20.2±1.6 a
6	0.5±0.1 d	3.7±1.5 bc	0.7±0.3 d	4.1±0.2 b	0.5±0.0 d	2.9±0.3 c	0.8±0.3 d	5.7±0.2 a
9	0.8±0.3 c	4.1±1.2 b	0.0±0.0 c	4.5±0.4 b	0.5±0.0 c	3.5±0.4 b	0.2±0.0 c	6.3±1.2 a
12	0.2±0.3 d	4.3±0.3 a	0.3±0.2 cd	3.6±0.4 b	0.1±0.2 d	3.5±0.4 b	0.9±0.4 c	4.8±0.5 a
15	0.6±0.3 c	4.0±0.1 a	0.7±0.5 c	3.6±0.2 ab	0.5±0.5 c	3.2±0.5 b	0.4±0.4 c	4.3±0.2 a
18	0.6±0.2 cd	4.1±0.6 a	1.0±0.2 c	3.7±0.6 ab	0.6±0.2 cd	3.2±0.2 b	1.3±0.7 c	4.1±0.6 a
21	0.9±0.5 c	3.3±0.4 ab	0.4±0.0 cd	3.1±0.4 b	0.5±0.0 cd	3.4±0.7 ab	0.6±0.1 cd	3.7±0.2 a
24	0.9±0.0 c	4.0±0.9 a	1.1±0.6 c	2.9±0.3 b	0.8±0.3 c	3.1±0.2 b	0.4±0.4 cd	3.4±0.2 ab
27	0.3±0.3 de	2.5±0.1 b	0.6±0.3 cd	2.8±0.2 ab	0.3±0.3 de	2.9±0.1 a	0.8±0.4 c	3.0±0.3 a
30	0.5±0.5 b	2.8±0.3 a	0.1±0.2 b	2.4±0.5 a	0.4±0.4 b	2.2±0.1 a	0.4±0.4 b	2.7±0.3 a
33	0.4±0.8 b	2.3±0.3 a	0.1±0.3 b	2.4±0.3 a	0.6±0.5 b	2.6±0.4 a	0.6±0.6 b	2.1±0.3 a
36	-0.0±0.5 b	2.6±0.2 a	0.0±0.0 b	2.3±0.7 a	-0.4±1.0 b	2.6±0.7 a	0.4±0.7 b	2.6±0.6 a
39	0.6±0.2 de	2.6±0.3 a	0.0±0.0 e	2.6±0.4 a	1.4±0.8 cd	2.2±0.1 ab	0.6±0.7 de	1.7±0.6 bc
42	0.5±0.5 c	3.0±0.6 a	0.3±0.2 c	2.6±0.8 a	0.4±0.5 c	2.5±0.1 ab	1.5±1.1 b	2.2±0.3 ab
45	1.2±0.5 b	3.1±0.6 a	0.1±0.2 c	2.9±1.3 a	0.6±0.3 bc	2.6±0.6 a	0.2±0.4 bc	2.7±0.3 a
48	1.1±0.5 cd	4.1±1.0 a	0.1±0.2 d	3.5±0.7 ab	1.0±0.2 cd	3.7±0.2 ab	1.2±0.5 c	3.0±0.3 b
51	0.5±0.0 c	2.8±0.6 a	0.4±0.7 c	2.2±0.4 ab	0.5±0.5 c	2.2±0.8 ab	0.2±0.4 c	1.4±0.3 b

表 4 不同处理的木薯茎段成活率及 60 d 木薯幼苗生长情况

Tab. 4 The survival rate and seedling growth of cassava cutting within difference for 60 days under different treatments

处理 treatment	A1B2	A1B3	A2B2	A2B3	A3B2	A3B3	A4B2	A4B3 (CK)
成活率/% survival rate	100.0	56.4	100.0	44.2	100.0	78.1	100.0	11.8
苗高/cm seedling height	43.3	39.0	43.0	35.3	43.7	41.3	45.3	38.0
苗径/mm seedling diameter	11.9	8.6	10.9	9.3	10.9	9.8	11.2	11.1

对含水率显著高于封顶端、封基端及不封，但封顶端与封基端的含水率差异不显著，贮藏 51 d 时，不封蜡茎段的相对含水率仅为 26.0%，显著低于 3 种蜡封处理，因此，在干燥的环境下，蜡封是一种极为有效的木薯种茎保鲜措施。

GR4 木薯茎段失水高峰期为贮藏期 10 d 以内，平均每天失去总含水量的 3.00% 以上^[16]。本试验中，在裸露条件下贮藏的茎段，开始 3 d 为快速失水期，会失去茎段总含水量的 9.5%~20.2%，这与前期研究结果^[16]吻合。蜡封种茎顶端后种植，能有效提高木薯的成活率、鲜薯产量、薯干率和鲜薯淀粉含量^[9]。本试验中裸露贮藏的木薯茎段，贮藏 51 d 后，相对含水率表现为封两端 (44.2%)>封基端 (36.3%)>封顶端 (33.3%)>不蜡封 (26.0%)，其成活率表现为封两端 (78.1%)>封顶端 (56.4%)>封基端 (44.2%)>不蜡封 (11.8%)，蜡封顶端的相对含水率虽然比蜡封基端低，但成活

率却比蜡封基端高，这可能是茎段内营养物质多少引起的。樊吴静等^[17]研究表明：木薯种茎室内堆放贮藏其腋芽丙二醛、游离脯氨酸、可溶性糖及可溶性蛋白质含量均大于露地堆放，发芽势和发芽率均高于露地堆放。木薯苗在干旱逆境下，通过渗透调节物质脯氨酸、可溶性糖和可溶性蛋白质含量大量积累形成主动防御机制^[18]，因此，水分含量的多少是木薯种茎发芽的重要因素之一，但还需结合生理机理研究才能更准确地揭示木薯种茎的发芽特性。

3.2 木薯种茎密封环境效应

本研究表明：所有无锯末密封贮藏的种茎，贮藏 51 d 时，含水率仍在 88.7% 以上，种植成活率均为 100.0%，且幼苗生长与种植新鲜种茎相比无明显区别。LIU 等^[3]种茎贮藏试验表明：大棚贮藏的木薯种茎优于露天盖膜堆放、露天浅埋堆放、室内存放、露天盖草堆放、活体越冬保存及

露天堆放,其芽点存活率达95.0%。说明相对封闭的贮藏环境,空气流动相对较小,种茎呼吸作用产生的CO₂及其他代谢产物含量不断增加,减缓了呼吸作用,有利于木薯种茎的保鲜,提高其成活率。由于本试验采用的是小密封袋,不能表明在大规模密封环境下的实际情况,应进一步扩大试验规模。

3.3 木薯种茎贮藏湿度效应

前人研究表明:1~5℃条件下,大枣接穗蜡封后密封贮藏,保持80%以上湿度,保鲜期可达113~192 d,比对照延长23~86 d^[10];但张受芷^[19]的研究显示:幼嫩木薯种茎相对湿度在90%以上,连续18 d则发生霉烂,老粗种茎在相对湿度95%以上,连续9 d即发生霉烂。本研究的自封袋内添加湿锯末密封贮藏18 d时,种茎开始发霉,到51 d时,茎段已全部霉烂,也验证了贮藏环境湿度过大容易导致木薯种茎霉烂这一结果,裸露贮藏的种茎,由于环境湿度较小,贮藏51 d时,相对含水率较低,成活率也不能满足生产需求。湿度不足易导致种茎干枯,湿度过大易导致种茎霉烂,因此,在贮藏过程中要采取一系列的措施,保持贮藏环境内合适的湿度和温度。由于木薯种茎贮藏过程中呼吸作用产生热量和大量的水分,导致温度和湿度加大,因此,木薯种茎不宜大量集中堆放,可采用小袋密封,将小袋密封的种茎置于干燥、阴凉、无太阳光直射的环境中,定期解封散湿,能取到极好的保鲜效果。

[参考文献]

- [1] EL-SHARKAWY M A, COOK J H. Photosynthesis of cassava (*Manihot esculenta*) [J]. *Experimental Agriculture*, 1990, 26: 325. DOI: 10.1017/S0014479700018494.
- [2] 陈荣民, 谢锦秀. 大田县木薯种茎选留和储藏方法初探[J]. *上海农业科技*, 2015(1): 96. DOI: 10.3969/j.issn.1001-0106.2015.01.068.
- [3] LIU B, SHEN Z Y, GAN X Q, et al. Overwintering safe storage methods and regional division of seed-stem of cassava in China [J]. *Agricultural Science & Technology*, 2015, 16(2): 330. DOI: 10.3969/j.issn.1009-4229.2015.02.028.
- [4] 段曰汤, 袁理春, 沙毓沧, 等. 云南干热区木薯种植技术[M]. 昆明: 云南科技出版社, 2009.
- [5] 邢益显, 崔之益, 李蕊萍, 等. 蜡封技术在油茶种子贮藏中的应用[J]. *经济林研究*, 2014, 32(3): 167. DOI: 10.3969/j.issn.1003-8981.2014.03.031.
- [6] 宋宪军, 唐付霞, 王晓丽. 枣树接穗采集及蜡封储藏技术[J]. *西北园艺*, 2015(2): 10. DOI: 10.3969/j.issn.1005-9938.2015.02.025.
- [7] 李淑香. “马莲小枣”嫁接前的接穗处理[J]. *北方果实*, 2012(5): 40. DOI: 10.3969/j.issn.1001-5698.2012.05.029.
- [8] 段玉忠, 马力. 观赏金叶榆接穗蜡封嫁接技术[J]. *林业实用技术*, 2011(4): 29. DOI: 10.13456/j.cnki.lykt.2011.04.013.
- [9] 齐国辉, 李保国, 郭素萍, 等. 接穗处理方法和嫁接时期对黄连木枝接成活的影响[J]. *林业实用技术*, 2012(11): 67. DOI: 10.13456/j.cnki.lykt.2012.11.044.
- [10] 管文臣, 韩树文. 贮藏温度、湿度对枣接穗失水及发芽的影响[J]. *河北林果研究*, 2007, 22(2): 192. DOI: 10.3969/j.issn.1007-4961.2007.02.021.
- [11] 周鑫. 不同处理方式对构树扦插效果的影响[J]. *青海农林科技*, 2012(1): 8. DOI: 10.3969/j.issn.1004-9967.2012.01.004.
- [12] 刘海刚, 韩学琴, 魏云霞, 等. 不同蜡封处理对木薯种茎失水速率的影响[J]. *云南农业大学学报(自然科学)*, 2017, 32(1): 52. DOI: 10.16211/j.issn.1004-390X(n).2017.01.007.
- [13] 刘海刚, 黄洁, 罗会英, 等. 种茎覆膜、浸种和蜡封对木薯抗旱性的影响[J]. *热带作物学报*, 2014, 35(4): 668. DOI: 10.3969/j.issn.1000-2561.2014.04.010.
- [14] BHAR D S, HILTON R J, ASHTON G C. Effect of time of cutting and of storage treatment on growth and vigor of scions of *Malus pumila* cv. McIntosh [J]. *Canadian Journal of Plant Science*, 1966, 46(1): 69. DOI: 10.4141/cjps66-008.
- [15] 杨培丽, 陈柳裕, 李涛, 等. 不同接穗储藏方式对柑橘嫁接成活率的影响[J]. *现代农业科技*, 2019(3): 38. DOI: 10.3969/j.issn.1007-5739.2019.03.023.
- [16] 刘海刚, 沙毓沧, 袁理春, 等. 不同木薯品种(品系)种茎耐贮性研究[J]. *热带作物学报*, 2013, 34(8): 1. DOI: 10.3969/j.issn.1000-2561.2013.08.002.
- [17] 樊吴静, 罗兴录, 阮榆. 不同贮藏方式对木薯种茎发芽及其相关生理特性影响研究[J]. *中国农学通报*, 2012, 28(33): 65. DOI: 10.3969/j.issn.1000-6850.2012.33.013.
- [18] 单忠英, 罗兴录, 樊吴静, 等. 干旱胁迫对木薯苗生理特性影响研究[J]. *热带作物学报*, 2015, 36(2): 339. DOI: 10.3969/j.issn.1000-2561.2015.02.020.
- [19] 张受芷. 木薯种茎怎样安全贮藏[J]. *广西农业科学*, 1964(8): 38.

责任编辑: 何馨成