

农业行业标准

《木薯全程机械化生产技术规范》

(征求意见稿)

编制说明

《木薯全程机械化生产技术规范》起草组

2022年08月

一、工作简况

（一）任务来源

根据《农业农村部农产品质量安全监管司关于下达 2022 年农业国家标准和行业标准制修订项目计划的通知》（农质标函〔2022〕66 号），由中国热带农业科学院热带作物品种资源研究所黄洁研究员主持承担《木薯全程机械化生产技术规范》（农质标函〔2022〕66 号 NYB-22257）标准的制定工作。本标准还得到国家重点研发专项子课题“木薯农机农艺结合机收技术研究与示范”、木薯产业技术体系栽培生理岗位科学家和生产管理机械化岗位科学家等项目的支持。

2018 年，由黄洁牵头起草发布的《NB/T 10064-2018 木薯机械化种植技术规范》与本标准相关，由于本标准涵盖了从种植、田间管理到收获的机械化作业全过程，而机械化种植是其中之一，现在，本标准对原来的机械化种植作业参数进行了一定修订，使全程的作业参数能够统一匹配，所以，前后标准是既相关又有区别，本标准虽包括旧的种植标准，但不是简单的涵盖，是全新的修订及全面提高。

（二）起草单位

主持单位：中国热带农业科学院热带作物品种资源研究所

隶属农业农村部的公益二类事业单位。主要承担热带、南亚热带作物应用基础研究、应用研究和重大关键技术研究；热带作物种质资源收集、保存、鉴定、评价与创新利用；热带作物栽培与耕作学研究；热带农业科技成果转化和技术

集成、示范与推广；热带作物种植业有关标准和技术规范制定；热带、南亚热带农业国际合作与交流；热带牧草、热带畜牧健康养殖的科研与示范等职责。现已发布农业行业标准 68 项。是国家木薯产业技术体系首席、栽培研究室主任和栽培生理岗位科学家单位。

参与单位 1：中国热带农业科学院农业机械研究所

主要从事热带农业机械的研究、开发及标准化工作，包括热带农产品加工机械、大田作业机械、热带水果加工机械、热带作物综合利用配套机械等。具备较为先进的试验仪器和较强的试验能力与手段，具有标准制修订工作中试验验证所必需的设施、设备、人员和试验场地等。是国家木薯产业技术体系机械化研究室主任和生产管理机械化岗位科学家所在单位。

参与单位 2：青岛洪珠农业机械有限公司

国内专业的马铃薯机械生产企业，致力“助力马铃薯主粮化，主推马铃薯全程机械化”，始建于 1999 年，注册资本 5000 万元，拥有占地 82 亩的“洪珠现代农业装备”科研生产基地，总投资 3 亿人民币，职工 220 余人，其中高中级专业技术人员 50 人，公司总部位于全国闻名的马铃薯生产、出口基地。2018 年公司与中国热带农业科学院农业机械研究所签署了战略合作协议，致力于木薯生产全程机械化装备批量制造与推广应用。

参与单位 3：合浦县农业科学研究所

属一类公益性事业单位，主要从事农业科学研究、农业科技示范推广及成果管理、促进农业发展等工作。具有农业生产试验所需的设备、人员及试验场地等基本条件。多年来，一直与中国热带农业科学院热带作物品种资源研究所和农业机械研究所等单位一起，开展木薯全程机械化生产的相关试验验证，及其大规模示范、验证和推广等工作，取得显著成效。是国家木薯产业技术体系北海综合试验站所在单位。

参与单位 4：广西农业机械研究院有限公司

拥有甘蔗机械国家重点工业性试验基地、国家糖料产业技术体系甘蔗收获机械化岗位、广西农机中试基地、广西博士后创新实践基地、广西甘蔗生产装备工程技术研究中心、广西木薯生产机械工程技术研究中心以及自治区级企业技术中心等创新平台，研究开发、试验检测、生产制造手段比较完备，管理科学、规范，通过了 ISO9001 质量管理体系认证和高新技术企业认定。主要从事农业机械、现代农业设施等技术与装备研究开发，以及技术试验示范、应用推广等科研活动，为我国农业机械化、现代化提供技术支撑；企业化转制后已发展成为集科研开发、产品制造、中介服务于一体、经营多元化的综合性科技型国有企业。近年来，主要围绕甘蔗糖业、木薯生产、现代农业设施、先进制造等领域开展技术产品研发活动，大力推进科研成果产业化，取得了较为突出的成就，主要产品包括甘蔗和木薯生产的全程机械化装备、农业温室大棚等。

主要起草人及分工

成立工作组

组长：黄洁（热科院品资所）

组员：热科院品资所的魏云霞和韦卓文，热科院农机所的邓干然、李国杰、李玲、崔振德，青岛洪珠农业机械有限公司的吴洪珠，合浦县农业科学研究所的廖琦、李荣云，广西农业机械研究院的阮孝刚。

本标准主要起草人及其分工见表 1。

表 1 本标准主要起草人及其分工

姓名	性别	工作单位	职务/ 职称	分工	联系电话
黄 洁	男	中国热带农业科学院 热带作物品种资源研究所	研究员	首席专家，负责确定标准的编写技术路线，组织编写标准。	13907657582
魏云霞	女	中国热带农业科学院 热带作物品种资源研究所	助理 研究员	负责机械化农艺参数研究，协助撰写和修改标准，整理意见汇总表等。	15298908924
李 玲	女	中国热带农业科学院 农业机械研究所	工程师	木薯机械设计与试验，收集相关资料、协助整理意见、撰写修改标准等。	15361146502
韦卓文	女	中国热带农业科学院 热带作物品种资源研究所	助理 研究员	收集资料、参与撰写和修改标准，协助处理各项制标事务性工作。	13976298846
邓干然	男	中国热带农业科学院 农业机械研究所	研究员	负责木薯全程机械化的装备设计、试验示范推广、撰写修改农机参数。	13509936250
李国杰	男	中国热带农业科学院 农业机械研究所	副研究 员	木薯机械设计与试验，推广木薯全程机械化生产技术，参与撰写修改标准。	13149330036
崔振德	男	中国热带农业科学院 农业机械研究所	助理 研究员	木薯机械设计与试验，推广全程机械化生产技术，参与撰写修改标准。	13030172187
吴洪珠	男	青岛洪珠农业机械 有限公司	总经理 / 高级工 程师	木薯机械的生产制造，参与撰写和修改标准。	13964217930
廖 琦	男	合浦县农业科学研究所	副高级 农艺师	示范推广木薯全程机械化生产技术。	13978950961
李荣云	女	合浦县农业科学研究所	中级 农艺师	示范推广木薯全程机械化生产技术。	18177919508
阮孝刚	男	广西农业机械研究院 有限公司	高级工 程师	木薯全程机械化装备的研究和推广，参与撰写修改标准。	13877248230

(三) 主要工作过程

1、起草阶段

从 2011 年开始,本标准的起草团队就瞄准木薯全程机械化生产目标,开展相关试验研究工作,前期主要是聚焦机械种植技术,后期围绕机械收获和田间管理等技术。主要负责人为热科院品资所的黄洁,负责组织相关研究试验和推广工作;魏云霞、韦卓文协助搜集和整理资料,开展相关农艺试验参数研究;热科院农机所的李玲、邓干然、李国杰、崔振德等协助搜集和整理资料,负责开展相关的农机参数研究及机械装备研发;同时,我们还在广西北海和崇左、广东湛江和江门、海南白沙和儋州等地,大力示范推广全程机械化生产技术。

2011-2015 年,编制小组组织制定了《NB/T 34031-2015 能源木薯生产技术规程》,为木薯全程机械化生产技术打下通用的栽培技术模式基础,初步涉及部分机械化作业技术。

2016-2018 年,编制人员广泛收集国内外的木薯机械化技术的相关文献,广泛收集甘蔗、棉花、小麦、玉米、大豆、马铃薯、甘薯等农作物生产技术规程的有关文献及标准,调研和征集各地对木薯全程机械化种植和收获的实践意见,特别是系统总结规模化、集约化、机械化木薯生产基地的先进技术,在此基础上,根据我国各地木薯主产区的生产实际,结合国内外的理论实践,先把较为成熟的种植技术规范编制发布了《NB/T 10064-2018 木薯机械化种植技术规范》,同期,也提出配套的木薯田间管理和机械化收获技术规范的初

步撰写提纲，提出具体的农艺农机结合的田间管理和收获技术试验方案，开展相关试验研究和研发收获机等装备。

2019年，进一步试验和改良木薯机械化种植、田间管理和收获的相关农艺参数与农机参数，特别注意种植、田间管理与收获技术之间的农艺农机融合、前后一致性和匹配性，对各项技术参数进行统一和共通性，基本确立适宜机械化作业的栽培模式，并研究定型各种全程机械化生产的装备，开始全程机械化生产的试验示范、验证推广。

2020年，开始思考撰写本标准草案和编制说明，根据撰写过程中发现的问题，补充相关调查、试验及生产验证。

2021年，继续完善相关试验研究，特别是对种植机、田间管理机和收获机，开展农艺和农机相结合的综合研究分析，根据前期的理论研究、试验结果和实际应用推广的集成情况，最终统一规范全程机械化中的操作技术参数，解决种植与收获过程中的一些脱节不匹配的难题，初步撰写本标准的草稿和编制说明。

2022年1月-7月，进一步开展资料收集等前期工作，查询、收集木薯机械化种植、田间管理、收获的现状和技术方法等，初步确定木薯全程机械化生产的农艺农机技术参数，形成《木薯全程机械化生产技术规范》标准的工作组讨论稿文本及其编制说明。

2022年8月，经起草组的进一步讨论修改，基本确定本标准的征求意见稿和编制说明，开展征求意见。

二、标准编制原则和确定标准主要内容的依据

(一) 编制原则

本标准是按照 GB/T 1.1-2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》等规定起草。

目前，我国主要集中在广东湛江、翁源、广西北海、崇左以及海南省白沙、昌江等市县采用全程机械化种植木薯技术，该区域地形较为平缓，主要是沙地和沙壤土，适宜机械化作业，在“十二五”、“十三五”和“十四五”期间，木薯体系的栽培生理岗、生产管理机械化岗、部分试验站和木薯种植大户基于上述地区的基础条件，研发并试用推广了木薯种植机、田间管理机、茎秆粉碎机和收获机等装备，在2020年，联合研究制定“木薯宽窄双行起垄种植及配套全程机械化技术”，并被列入农业农村部2021年主推技术，在广西、广东和海南的部分木薯主产区推广，木薯机械化生产显示了明显的节本省工高效作用。本标准以我国基本确立的成熟宜机械化栽培模式和基本定型的木薯种植机、田间管理机、喷药机、茎秆粉碎机、收获机型的农艺农机参数作为基础参数，参考其它木薯机械化生产基地的各项参数要求，提炼可广泛适用于我国木薯机械化作业的农艺农机参数范围，以涵盖我国木薯机械化生产的主要作业区域要求。

此外，由于我国的南亚热带地区与东南亚和非洲等热带地区具有较多的相似气候和地理生态特点，且我们已出口部分木薯种植机、茎秆粉碎机、收获机等机械到国外，并指导国外机械化生产基地采用我国木薯全程机械化栽培模式，因

此，在本标准中适当兼顾考虑未来的国际化进程，为我国木薯“走出去”战略及服从国家的援助外交战略，提供较大的参考应用价值。

本标准还参阅、分析和总结国内外的主要农作物机械化种植技术规范规程和收获机的规范规程基础上，按照农业标准的基本制定原则来具体制定；努力做到适应当前国内木薯产业的技术水平和发展方向，要求同时具备科学性、先进性、广适性、操作性强和留有一定灵活性，从而进一步规范和提高我国木薯全程机械化生产技术。

特别地，本标准全面综合考虑木薯全程机械化技术，规范种植、田间管理和收获过程中的机械化技术参数，根据前期的理论研究、试验结果和推广应用推广的集成情况，最终统一并规范全程机械化中全产业链的作业技术参数，撰写完成本标准草稿和编制说明，这将对促进木薯全程机械化作业具有重要意义。

(二) 主要内容的依据

1 范围

主要是规定在木薯全程机械化生产技术中的一些技术参数规范。

2 规范性引用文件

主要参考并引用前期的木薯机械化种植技术规范、相关的木薯生产技术规程等文件。

3 术语和定义

由于本标准需要界定较多术语和定义，才能方便叙述本标准的各项具体技术内容，其中，部分术语是有前期的种植机械规范为基础，故可引用并根据最新研究和推广技术加以修改，而田间管理及收获的机械化部分，则是制定新的术语和定义，这主要是方便撰写标准技术内容时，不必再啰嗦解释，使文字简练，其依据详见本编制说明的“三、（一）主要试验或验证的分析、综述报告”中的详细综述，所有术语均是近年相关研究技术论文的创新名词解释，在此不过多解释。

直接引用及引用并加以修改的术语有：3.1 木薯种植机；3.2 幅内行距；3.3 邻接行距；3.4 株距；3.6 茎段全格率；3.7 漏播率；3.8 种植深度；3.9 露种率；3.20 明薯率；3.23 偏差。

新制定的定义有：3.5 切种茎段长度，描述木薯种植机的切种茎段长度；3.10 木薯茎秆粉碎还田机，因该机械产品原已定义为“粉碎茎秆”，所以，沿用此名，但在描述实际生产技术中，主要粉碎的是茎枝，“茎枝”比“茎秆”更为准确，故写为“粉碎茎枝”；3.11 留茬高度；3.12 茎枝粉碎合格率；3.13 薯构型；3.14 薯尖；3.15 垂直行向半幅宽；3.16 结薯深度；3.17 木薯块根收获机；3.18 收获深度；3.19 收获幅宽；3.21 伤薯率；3.22 抽样调查。

4 气候土壤条件

前期已有标准规定，所以，“按照NB/T 34031的气候土壤要求。”

5 品种选择

5.1 宜机品种

木薯宜机品种的特征特性确立依据，与木薯全程机械化生产中农艺农机结合研究相匹配的栽培技术、操作机械要求密切相关，一是以目前确立的农艺农机结合的木薯全程机械化生产模式的基础参数为依据，详见本编制说明的“三、（一）主要试验或验证的分析、综述报告”中的“2、薯构型研究”；二是兼顾考虑未来的木薯机械化发展趋势，综合确定具体的宜机品种特征参数，总体上要求相对从严的参数，以指导未来选育出更适宜机械化种植、管理和收获的宜机品种。

目前，适宜机械化作业的品种较少，主要是推荐华南 205 和南植 199【苏必孟,王娟,黄洁,等. 木薯的薯构型及其对机械收获的影响. 热带作物学报, 2019, 40(10): 2029-2033.】，当然，未来应有较多适宜机械化作业的新品系（种）。在此，强调“选用经国家或省部级审定登记的适宜机械化作业的宜机木薯品种”，根据正常情况，其基本原则是强调“抗逆性强，适应性广，耐密抗倒，株型直立或高位分枝”，为方便地上部植株适宜机械化田间管理和收获前的粉碎茎枝，植株不宜过高，且主茎相对较长，才方便种植机使用种茎，同时，要考虑种茎不宜过粗以方便切种，芽眼适当较密以保证出苗率等因素，经田间调查不同品种、种植农艺要求和机械化操

作便利性,最终商量规定宜机品种特性应具有“株高 ≤ 3.0 m,高位分枝的主茎高度 ≥ 1.5 m,主茎直径 ≤ 4.0 cm,平均节间长度 ≤ 2.4 cm”。为方便机械收获,通过调查收获木薯时的现有宜机品种薯构型,结合农艺农机结合的互相匹配,确定宜机品种的薯构型特征,该薯构型特征已应用到收获机的实际生产中,证明是可行的,故规定“薯构型呈现浅生平伸,结薯集中,薯柄细短,薯块粗短,结薯垂直行向半幅宽 ≤ 35.0 cm,结薯深度 ≤ 30.0 cm”,依据详见本编制说明的“三、(一)主要试验或验证的分析、综述报告”中的“2、薯构型研究”。

5.2 种茎准备

首先,种茎质量可按照 NY/T 356 的要求。其次,根据实际情况,如果遇土壤气候干旱、种茎水分含量低及携带病虫害情况下,为保证良好的出苗率及防控病虫害,应按照 NB/T 10065 浸种处理。此外,由于一般会有较长时间贮藏种茎,种茎头部会长根等导致发芽力不高,而种茎尾部会萌芽长苗,导致不能再发新芽,故需切除不宜用于种植的种茎头部和尾部,以保证出苗率,因此,一般会切除 20~30 cm 种茎头部和尾部,考虑到适用于种植机的种茎越长越好,同时考虑一般情况下,贮藏 1.5 m 的种茎最终只能获得 1.2 m 的种茎供种植机使用,所以,最终确定宜机操作的种茎长度应 ≥ 1.2 m;种茎直径也较为重要,过细质量不佳,出苗率低和弱苗,而种茎过粗质量也不佳且不方便机械切种,所以,确定种茎直径范围宜为 2.0 cm~4.0 cm,既保证种茎质量又符合机械切种要求。

6 备耕整地

可“按照 NB/T 10064 的技术要求备耕整地”。

7 种植

7.1 种植时期

可“按照 NB/T 34031 的适宜种植条件确定种植时期”。

7.2 起垄施肥

由于起垄比平地更适宜机械化收获木薯，所以，本标准推荐的是全程机械化起垄种植和收获，也就是说目前最理想的全程机械化作业是首推起垄，所以，施肥方法要与起垄作业结合，同时，因中后期的机械化施肥不方便，强调要以一次施基肥为主，尽量不追肥。在前期的标准中，对施肥原则有较多的描述，基本可引用，因此，可“按照 NB/T 34031 的施肥配比和用量”施肥，至于施肥方法，一是“宜采用旋耕施肥起垄机，沿垄中心线先均匀撒基肥后起垄；”，二是“不施肥旋耕起垄，应在种植机播种时，沿种植沟或施肥沟同步撒基肥，要求无断肥、漏肥、堆肥现象”，其操作是可在种植沟底先撒肥盖土，然后放种茎再覆土，也可在种茎侧边开沟撒肥，种茎和肥料一起覆土，两者都均可灵活应用，所以，在本标准中不必强调具体施肥方法，只是强调沿种植沟或施肥沟同步撒基肥；三是为预防水土流失，建议“垄向应与坡向垂直。”

7.3 种植规格

注意：起垄时的垄形及种植后的垄形尺寸会有所变动，如起垄时的垄高可能在种植后会被压实压矮，所以，在本标

准中，不写起垄时的垄形尺寸，免与种植后的垄形混淆，只写种植后定型的最终种植规格要求。在起垄施肥后，直接用种植机播种，如果起垄时未施肥，则种植机可挂带施肥箱，同步种植与施肥，因此，描述为“起垄后，采用木薯种植机，在垄面一次完成开沟、施肥盖土、播种覆土等”。

木薯机械化种植规格，主要参照本标准起草团队前期发布的《木薯机械化种植技术规范 NB/T 10064-2018》和《能源木薯生产操作规程 NB/T 30341-2015》，并结合采纳近年开展的农艺和农机结合的综合研究成果，结合近年的生产实践经验，确定与收获相匹配的木薯种植规格，依据详见本编制说明的“三、（一）主要试验或验证的分析、综述报告”中的“3、机械化种植木薯的作业参数”和“6、农艺农机结合的木薯全程机械化生产技术”。

考虑到针对不同木薯品种特性、土壤类型和田间管理水平等因素，同时，在实际生产中，也需要根据实际情况，对不同的技术参数进行因地制宜的适当调整应用，同时，考虑种植规格的参数范围应与全程机械化生产中的后续操作技术参数一致和匹配，从而达到种植、田间管理与收获过程中的全程匹配对应，让木薯全程机械化生产更加规范通用，有利于扩大推广规模和促进生产应用，在此基础上，经农艺农机结合的多方充分协商和实践验证，最终统一规范种植规格的范围参数，这已在生产中应用，即达到“作业后，垄高 20.0 cm~30.0 cm，垄面宽 100.0 cm~110.0 cm，垄底宽 120.0 cm~130.0 cm，垄内木薯窄行距 50.0 cm~70.0 cm，邻接木薯宽行

距 110.0 cm~130.0 cm，株距 50.0 cm~70.0 cm，切种茎段长度 13.0 cm~20.0 cm，种植深度 6.0 cm~12.0 cm。”具体见图 1。

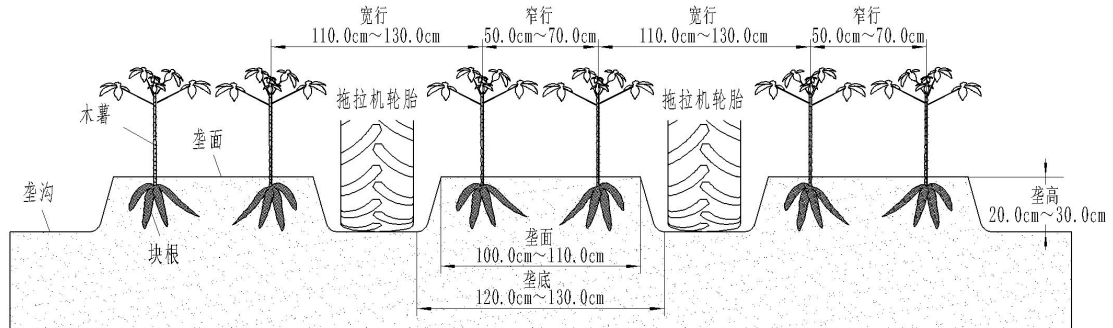


图 1 种植机作业后的截面

7.4 种植质量

种植质量的基本原则要“覆土应均匀严实，深浅一致”。为了确保种植质量，根据目前生产中使用的种植机操作可达到的基本要求，规定了“幅内行距、邻接行距、切种茎段长度、种植深度和化肥施用量”的最大允许误差，同时，对“茎段全格率、漏播率、露种率、种肥间距和肥料覆土率”也规定了最低的要求，这需通过本标准描述的“3.22 抽样调查”方法，检验其合格率，本标准的种植质量应符合表 2 的具体要求。其依据详见本编制说明的“三、（一）主要试验或验证的分析、综述报告”中的“3、机械化种植木薯的作业参数”和“6、农艺农机结合的木薯全程机械化生产技术”。

表 2 种植质量要求

序号	指标	允许偏差	序号	指标	要求
1	幅内行距/cm	≤3.0	6	茎段合格率/%	≥98.0
2	邻接行距/cm	≤10.0	7	漏播率/%	≤1.0
3	切种茎段长度/cm	≤2.0	8	露种率/%	≤1.0
4	种植深度 ^a /cm	≤5.0	9	种肥间距 ^b /cm	≥3.0
5	化肥施用量/%	≤5.0	10	肥料覆土率/%	≥99.0

^a与整地起垄的平整均匀度有关，越平整均匀则偏差越小。

^b指同步播种施肥的种肥间距。

8 田间管理

8.1 化学除草

采用机械化作业，田间管理中最主要是控制好萌前化学除草，才能基本达到控制全生产过程的杂草生长。除草效果最好的时机是临近木薯出苗前喷药，过早喷药的灭草效果不一定有保证，主要是刚种木薯后，杂草种籽未萌芽，需要较长时间才陆续冒出，在此时间段内，喷药后遇雨或其它因素，都会降低灭草效果；在临近木薯出苗前喷药，因萌前除草剂对较粗壮的木薯种茎，相对药量不高，对木薯生长影响不大，但如果喷到刚冒出土的木薯芽，则有较大影响，而萌前除草剂对靠近地表的草芽或刚冒土的杂草，有最好的灭草效果。由于木薯出苗的时间会因品种、土壤温度湿度、种植深浅等因素影响波动较大，其植后到出苗时间可能會有 7~30 天的波动（低温或干旱条件下，木薯和杂草都很迟发芽出土），

故很难根据植后天数来确定，采用常规的方法观察木薯发芽出苗情况，如果是小面积，当见到少量木薯苗冒出土，可以人工马上打药（对已冒苗的盖土或避开打药可避免药害），影响不大，但很难采用机械化喷药，原因是需要短时间的机械准备等，会拖延 1、2 天时间，而当木薯一有出苗，可能 1、2 天内就很快陆续有大量的出苗，而这时是很难用人工盖土，机械化也不能“智能”绕开小苗，容易错过最佳的机械喷药时机，所以，必须要有既方便又不误时的判断标准，我们建议经常试扒开土壤，密切观察土壤中的种茎发芽情况，提前预判，一般情况下，当木薯芽尖离地表 2~3 cm 时，确保木薯露土出苗前，可以赶快准备 1、2 天，然后机械化喷药，既来得及，又可以一直对后续地块连续机械化喷药，不会出现过早喷药，适合机械化作业的要求。推荐做法是“植后密切关注木薯发芽情况，宜在木薯芽尖离土壤表面 2.0 cm~3.0 cm，确保木薯露土出苗前，按照 NB/T 10064 的除草质量要求，采用木薯喷杆式喷雾机或植保无人机喷施萌前除草剂，全程应符合 NY/T 1276 的农药安全使用要求。”

8.2 补苗

按常规技术“木薯出苗后，及时人工查苗补苗。”

8.3 间苗

按常规技术“木薯苗高 20.0 cm，可人工去弱留壮，每穴留 1~2 条壮苗。”

8.4 施肥培土

由于木薯是粗放种植管理的作物，从传统的人工种植管理来看，也是尽量节省田间管理工作，从木薯全程机械化作业的基本操作要求考虑，最主要体现在机械种植和机械收获环节，至于中间的田间管理是能省则省，当然，不可避免有部分木薯在生长过程中，需要补充追肥及加以防控杂草等，这主要是针对萌前除草效果不佳和基肥施用不足的木薯地，这时，除人工除草、施肥顺带培土外，也可考虑机械化作业追肥、除草和培土等，至于施肥，主要是按照前期 NB/T 34031 的施肥技术要求，根据木薯长势及土壤供肥情况计算施肥配比及用量等。本标准推荐可供选择方案是“木薯生长前中期，根据生长情况，可按照 NB/T 34031 的施肥技术要求追肥，与种植机作业规格（见 7.2）一致，采用中耕施肥培土机，向垄面撒肥，沿垄侧垄沟中耕除草并培土护垄，作业应无明显伤根、伤枝叶，肥料培土厚度宜 ≥ 2.0 cm。”

8.5 防控病虫害

引用“按照 NY/T 2046 的要求防控木薯病虫害，采用木薯喷杆式喷雾机或植保无人机喷药防控，全程应符合 NY/T 1276 的农药安全使用要求。”

9 收获

9.1 收获时期

引用“按照 NB/T 34031 的适宜收获条件确定收获时期。”

9.2 粉碎茎枝

木薯收获作业中，前提是需要收获地下块根前，必须

粉碎地上部的茎、枝、叶，且要达到一定的破碎程度，这在本标准的“3.12 茎枝粉碎合格率”的术语解释中有具体要求，作用：一是方便收获机前进挖掘出地下块根，且容易分辨捡拾薯块；二是必须尽量降低粉碎后茎枝的萌芽力，预防留在地里的茎枝萌芽长苗而影响到下一茬作物的正常生长，同时，在本标准的下一条“9.3 收获块根”中，强调“粉碎茎枝还田后 3 d~5 d”，才“采用木薯块根收获机收获”，这也是为了让粉碎后的茎枝被充分暴露于自然中，通过太阳晒、通风干燥等措施，快速消除部分粉碎不好的残留种茎萌芽力，然后再收获，避免立即粉碎茎枝，立即收获，那么，被翻埋在土里未完全破碎的茎枝，容易保留萌芽力而在下一年条件适合时萌发出苗，不论是连作木薯或是换种其它作物，均会成为“杂草”而难除去。此外，在粉碎木薯茎枝中，根据实际垄距及作业后的粉碎效果，规定了可选用“作业幅宽 150.0~180.0 cm”；根据粉碎机的实际操作效果，规定了“刀片离地间隙 2.0~3.0 cm”，这既可充分粉碎茎枝，又可尽量减少与土壤接触的刀片磨损；考虑既要留出一定的主茎长度，便于用手抓握茎头，然后砍下薯块，同时，也不能过高，因留茬过高不利充分粉碎茎枝，经实践调试，推荐“留茬高度 ≤ 5.0 cm”较为理想；在正常操作情况下，茎枝粉碎合格率一般可达到 98.0%以上，而在实际生产中，当茎枝合格率达到 95.0%以上，基本不影响后续的收获块根作业，也很少种茎具有萌芽力，同时，考虑到实际生产中，由于整地起垄及自然垄形变化等造成的地表高低不平、风害造成茎

枝歪斜贴地等因素会降低茎枝粉碎合格率，故把茎枝粉碎合格率定为实际较易达到的最低要求，最后规定为“茎枝粉碎合格率 $\geq 95.0\%$ ”。详见本编制说明的“三、（一）主要试验或验证的分析、综述报告”中的“4、机械化粉碎木薯茎枝的作业参数”。

本标准中，描述粉碎机的基本作业原则是“收获前，采用木薯茎秆粉碎还田机，要求拖拉机轮胎及粉碎机地轮不压垄、不伤薯”。同样，这需通过本标准描述的“3.22 抽样调查”方法，确定“粉碎茎枝质量应符合表3要求。”

表3 粉碎茎枝质量要求

序号	指标	要求
1	作业幅宽/cm	150.0~180.0
2	刀片离地间隙/cm	2.0~3.0
3	留茬高度/cm	≤ 5.0
4	茎枝粉碎合格率/%	≥ 95.0

9.3 收获块根

收获块根的基本原则是“粉碎茎枝还田后3d~5d，采用木薯块根收获机对垄行驶，要求拖拉机的轮胎及收获机限深地轮不压垄、不伤薯”。目前，木薯收获机分两类，一类是分段式收获，主要收获过程描述为“采用分段式木薯收获机，挖掘后会自动将木薯块根铺放于地面，需人工或机械捡拾并砍下薯块装车”，另一类是联合收获机，主要作业过程描述为“采用木薯联合收获机，挖掘出块根并同步收集装车，

在地头卸车分切或送厂后分切薯块”。其依据详见本编制说明的“三、（一）主要试验或验证的分析、综述报告”中的“5、机械化收获木薯块根的作业参数”和“6、农艺农机结合的木薯全程机械化生产技术”。

特别地，不论是采用分段式或联合收获机，都要特别注意，人工收获对薯块损伤不大，因断面整齐少裂伤，断面伤口愈合快，不易失水和腐烂，且人工收获慢，效率低，大多会延迟 1、2 天砍收薯块运到工厂，损耗也较低，未发现明显的失重、腐烂。但是，用机械收获的薯块，因收获机挖掘泥土、破碎土块、振动分离薯土过程中，对薯块内部造成较大的损伤，存在较多肉眼难看出的不明显裂痕，这对薯块内部已造成较大的撕裂伤，会导致薯块容易散失水分和腐坏，据调查，隔 1 天后送厂，极端的甚至可损失近 10%的鲜重（晴晒干燥天气），隔 2 天即发现有断面及裂伤处出现较多腐烂迹象（阴雨潮湿天气），所以，本标准特别强调使用机械收获薯块后，要求做到“应即收即送工厂加工。”。

此外，对于收获质量，一是考虑目前的收获机作业状况，操作熟练的农机手基本可以达到的作业效果；二是考虑经济性，在农户、专业户可接受的最低要求基础上，略有提高，以上 2 条作为本标准收获的达标要求，在此基础上，确定“对垄行驶，要求轮胎能对正垄沟，允许偏差 ≤ 10.0 cm”。

至于收获幅宽和收获深度，根据目前的宜机品种薯构型调查及各地的实际收获效果，在沙壤土种植宜机型木薯品种华南 205 和南植 199，当单株作业半幅收获宽度 35.0 cm、深

度 25.0 cm 的条件下，华南 205 的薯数占比和薯重占比均达到 100.0%，南植 199 可达 96.0%以上【苏必孟,王娟,黄洁,等. 木薯的薯构型及其对机械收获的影响. 热带作物学报, 2019, 40(10): 2029-2033】；在砖红壤种植南植 199，当收获机在窄行间的双行作业幅宽 120.0 cm、犁深 25.0 cm，可收获 98%以上的鲜薯产量【魏云霞,刘丽娟,黄洁,等. 种茎排布对木薯鲜薯产量与薯构型的影响. 热带作物学报, 2021, 42(10): 2890-2897】，其依据详见本编制说明的“三、（一）主要试验或验证的分析、综述报告”中的“5、机械化收获木薯块根的作业参数”，同时，还要考虑不同条件下的灵活可调整，因此，确定本标准的“收获幅宽 120.0 cm~140cm，允许偏差 ≤ 3.0 cm”，确定“收获深度 ≥ 30.0 cm，允许偏差 ≤ 3.0 cm”。

对明薯率，因人工收获也有一定的损失，虽机械收获有一定的损失，但提高效率后，省工节本，农户和专业户还是乐意接受略低的明薯率，甚至有人表示损失 10%也合算，也值得考虑机收，在正常的收获机作业情况下，调查分析各种条件下的机械收获明薯率大多可达到 98%以上，考虑一些不正常情况如农机手不够熟练、土壤板结、品种薯构型不好（长得散乱且过长等），可能会导致降低明薯率，最后，商量确定大多数情况下可以达到的要求为“明薯率 $\geq 95.0\%$ ”。

只要不压碎薯块，农户、专业户和工厂基本可以接受收购薯块，从碎薯率考虑，只计算“3.23 碎薯率：收获机作业后，被挖掘部件或行驶轮压碎的薯块占应收获薯块的质量百分比。不计算被机械切断或不明显撕裂的薯块”，只要农机

手熟练掌握操作，达到前述的对垄行驶要求，轮胎不压垄，碎薯率是很低的，故提出大家都可接受的“碎薯率 $\leq 5.0\%$ ”作为基本要求。

总之，需要通过本标准描述的“3.22 抽样调查”方法，确定“收获质量应符合表 4 要求。”

表 4 收获质量要求

序号	指标	要求	允许偏差
1	对垄行驶/cm	轮胎对正垄沟	≤ 10.0
2	收获幅宽/cm	120.0~140.0	≤ 3.0
3	收获深度/cm	≥ 30.0	≤ 3.0
4	明薯率/%	≥ 95.0	-
5	碎薯率/%	≤ 5.0	-

10 作业要求

在本章中，依据前期的一些相关标准的相关内容，提出保障全程机械化生产的作业安全和保证作业质量的要求，虽然显得有点啰嗦，但也是很有必要列为本标准的部分内容。其中，“10.1 现场查勘、10.2 调试机械、10.5 作业原则”3条，主要参考《NB/T 10064-2018 木薯机械化种植技术规范》、《DB11/T 1705—2019 农业机械作业规范 青饲料收获机》、《DB53/T 985—2020 三七机械化收获技术规程》，同时，结合木薯机械化生产的实际情况，综合摘要撰写与本标准密切相关的基本作业要求；而“10.3 操作员、10.4 安全规则、10.6 机具保养规则”3条，直接引用“遵守 NB/T

10064 的操作员、作业安全规则、机具保养规则要求。”

11 生产档案

为方便管理及不断提高机械作业质量，不断优化木薯生产，提出“应按照 NB/T 34031 建立生产技术档案，档案保存记录不少于 3 年。”

三、主要试验或验证的分析、综述报告，技术经济论证，预期的经济结果

(一) 主要试验或验证的分析、综述报告

在本部分内容中，主要是引用相关研究推广论文，作为本标准的技术依据，由于是已经获得同行认可的研究论文和成熟推广技术，说明是具有一定的科学合理可行性，所以，不必要再详细介绍具体的相关试验和验证，只是扼要摘录相关试验或验证的结果作为本标准的技术依据。

1、前期农艺栽培基础

本团队总结 2015 年前我国数十年的木薯栽培研究推广实践，在《NB/T 34031-2015 能源木薯生产技术规程》中，系统总结了木薯的常规栽培技术，涵盖了从选地、备耕、种植、田间管理、收获、种茎贮藏等全程环节，其后，通过结合 2015 年后的栽培研究推广实践，加以改进提高，作为本标准机械化作业的栽培技术基础，如果本标准引用“NB/T 34031-2015”标准的部分内容，则加以直接引用，如有改进，则采用“引用修改”或直接撰写新的栽培内容。

2、薯构型研究

在确定木薯全程机械化作业的各项技术参数、不论是选择宜机品种、确定农艺农机结合的栽培模式、主推技术等，薯构型都是最重要的决定依据，只有研究清楚木薯地下块根在土壤中立体结构（薯构型）的全生育期动态变化、块根在土壤中的互利或竞争影响关系，才能全盘考虑并确立木薯的最有利机械化作业的种植规格（行株距）、施肥的位置及方法、收获的幅宽和层深等技术参数，从而达到在生长过程中尽量降低木薯竞争生长影响，同时，又能以最小的动力消耗（适当的收获幅宽及深度），高效收获最高比例的薯块重量（明薯率），下面介绍薯构型的研究成果。

(1) 创建调查描绘薯构型的方法。见图 2，通过该方法，初步筛选华南 205 和南植 199 为适宜机械化作业的 2 个宜机木薯良种，并初步确定沙壤土平种木薯收获机的单株作业半幅收获宽度为 35.0 cm、深度为 25.0 cm，在此条件下，华南 205 的薯数占比和薯重占比均达到 100.0%，南植 199 达 96.0%以上，见表 5 和图 3、图 4【苏必孟,王娟,黄洁,等. 木薯的薯构型及其对机械收获的影响. 热带作物学报. 2019, 40(10): 2029-2033】。

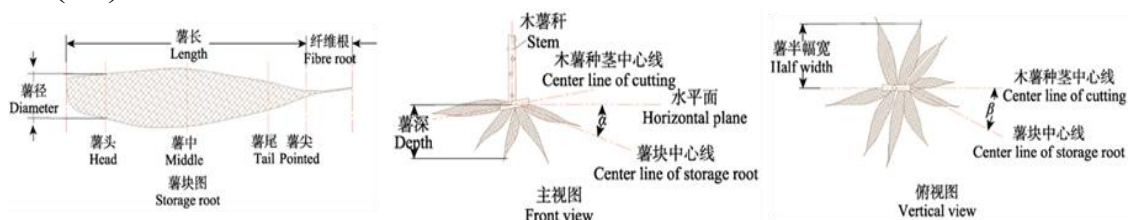
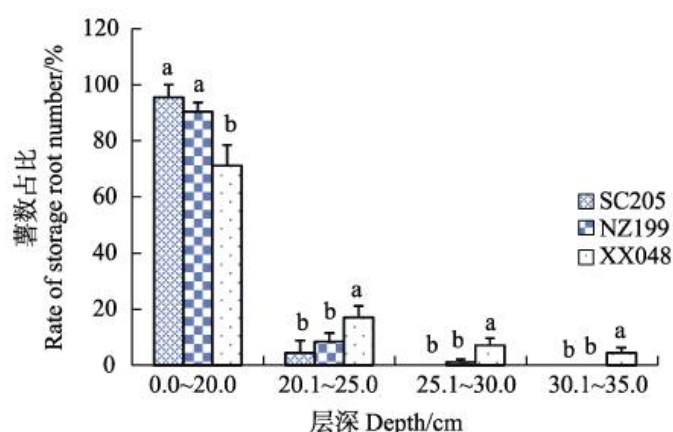


图 2 单株木薯在土壤中的空间分布特性

表 5 3 个木薯品种在不同薯块半幅宽的薯条数占比

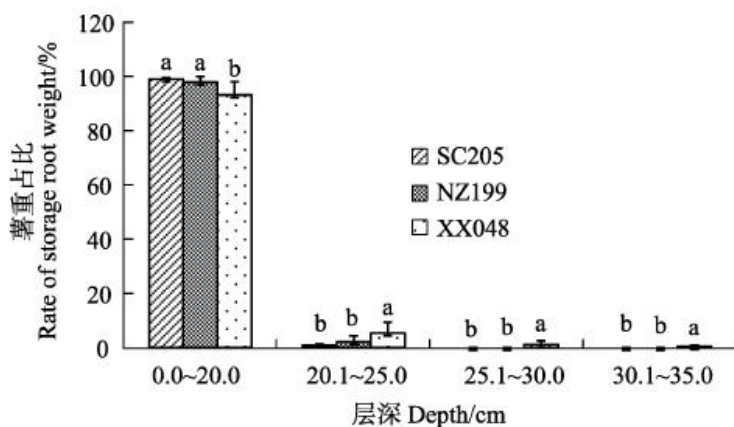
品种 Varieties	薯块半幅宽 Half width of storage root per plant/cm				
	0.0~25.0	25.1~30.0	30.1~35.0	35.1~40.0	40.1~45.0
SC205	82.2 ^a	13.4 ^a	4.4 ^b	0.0 ^b	0.0 ^b
NZ199	77.6 ^b	13.9 ^a	4.5 ^b	2.8 ^a	1.2 ^{ab}
XX048	76.5 ^b	8.9 ^b	5.7 ^a	4.4 ^a	4.5 ^a

注：同一列不同小写字母表示差异显著 ($P < 0.05$)。



同一层深内不同小写字母表示差异显著 ($P < 0.05$)。

图 3 3 个木薯品种在不同层深的薯数占比



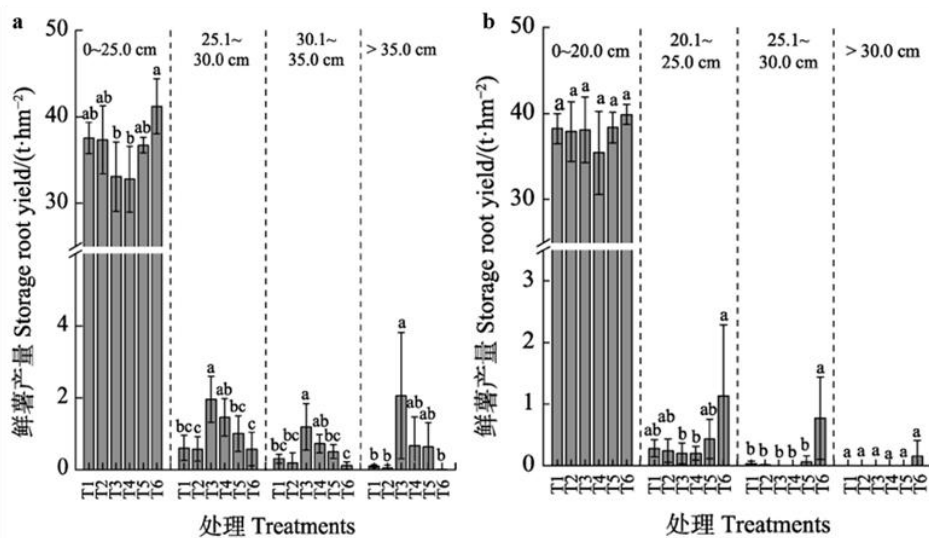
同一层深内不同小写字母表示差异显著 ($P < 0.05$)。

图 4 3 个木薯品种在不同层深的薯重占比

(2) 推荐 (1.2 + 0.6) m 的木薯宽窄行机械化作业配置。

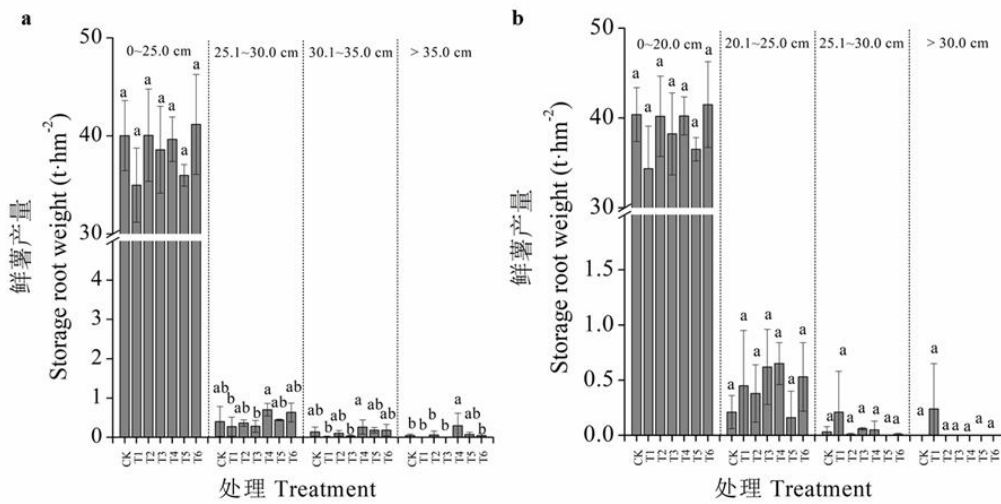
开展行距配置、种茎排布研究，推荐 (1.20 + 0.60) m 的木薯宽窄行配置，建议斜插反向交错和平放顺向的对称种植方

式，明确在砖红壤的南植 199 平种条件下，收获机在窄行间的双行作业幅宽 120.0 cm、犁深 25.0 cm，则可收获 98% 以上的鲜薯产量，见图 5、图 6【魏云霞,刘丽娟,黄洁,等. 种茎排布对木薯鲜薯产量与薯构型的影响. 热带作物学报, 2021, 42(10): 2890-2897】。



注：T1：平放顺向对称；T2：平放顺向交错；T3：平放斜向对称；
T4：平放斜向交错；T5：斜插反向对称；T6：斜插反向交错。

图 5 种茎排布对不同垂直行向半幅宽鲜薯产量 (a) 与不同层深鲜薯产量 (b) 影响



注：CK: (0.8+0.8) m; T1: (1.0+0.5) m; T2: (1.0+0.6) m; T3: (1.0+0.7) m; T4: (1.2+0.4) m; T5: (1.2+0.5) m; T6: (1.2+0.6) m。

图 6 行距配置对不同垂直行向半幅宽鲜薯产量(a)与不同层深鲜薯产量(b)的影响

小结：

通过农艺农机结合的薯构型研究，并在各地机械化生产实践中开展广泛的薯构型调查（未发表的内部资料），从而逐步改进并定型农艺农机结合的机械化栽培模式及配套各种机型，筛选宜机品种等，在农艺栽培模式和设计机械参数等方面，也得到更加优化的精准参数、降耗节能、提高明薯率和作业效率等效果，如：2010 年前后用于木薯机械化生产的品种较复杂，且主要是传统的等行距和等株距栽培模式，种植行距和株距较为杂乱，机械的收获幅宽需要 160 cm、180 cm，而挖掘深度需要 40~45 cm，明薯率只有 90%左右，经逐步改进提高后，2020 年至今，我国的木薯全程机械化生产模式基本选定结薯浅生集中窄幅的华南 205、南植 199 为宜机品种，基本确定为以起垄为主的宽窄行宜机栽培模式，且

种植规格以 1.20 m + 0.60 m 为主，收获大垄中的 2 行窄行木薯，收获机的作业参数，逐步缩减到收获幅宽 120~140 cm，挖掘深度 ≥ 30 cm 即可，明薯率达 95%~98%，工效比传统收获翻倍提高，收获效果获得 90% 以上的满意率，受到各地的种植户、专业户的好评和接受应用，具体的机械种植规格和收获等技术参数依据，详见下面的分析综述。

3、机械化种植木薯的作业参数

2011 年，中国热科院农机所的覃双眉等综述了国内外木薯种植机械的进展【覃双眉,李明. 国内外木薯种植机械研究进展,安徽农业科学. 2011,39(8): 5016- 5018】。

2011 年，广西农业机械研究院设计了木薯联合种植机【曾伯胜,叶才学,鲁华. 2CMS-2 木薯联合种植机的研究设计. 广西农业机械化, 2011,(6): 21-22】。

2012 年，中国热科院农机所的蒋瑞等综述国内外的木薯种植机的发展动态【蒋瑞,黄晖,崔振德. 国内外木薯机械化种植技术的研究现状和发展动态. 中国热带农业,2012,(3):58-60】。

2014 年，广西水力机械研究所针对东南亚国家的木薯种植情况，研发“2BMSU/2X 旋切开沟式木薯播种机”，在东南亚国家应用推广，也在国内得到应用【邵仁清,关意昭,周世英,等. 2BMSU/2X 旋切开沟式木薯播种机的研制. 广西农业机械化,2014,(4):34-36】。

2018 年，本团队在开展机械化种植木薯的技术基础上，制定《NB/T 10064-2018 木薯机械化种植技术规程》，其后，

在深入开展薯构型研究基础上，进一步开展农艺农机结合，特别是通过薯构型研究以精准确定收获机械的各项技术参数，通过改进收获机械来促进机械种植模式的改进，特别是强调木薯全程机械化作业农艺和农机作业参数的前后相互匹配和一致，不断调整磨合全程机械化作业的相应农艺农机作业参数，在原有的种植技术参数基础上调整种植新模式的技术参数，达到全程机械化的一致统一，详见本编制说明的“三、（一）主要试验或验证的分析、综述报告”中的“5、机械化收获木薯块根的作业参数”和“6、农艺农机结合的木薯全程机械化生产技术”。在本标准中，如果基本引用“NB/T 10064-2018”标准的内容，则加以直接引用，如有改进，则采用“引用修改”或直接采用新的栽培技术参数。

2021年，中国热科院农机所和品资所等单位的覃双眉等，进一步提出完善垄作式木薯种植机作业质量评价方法，以评价和保证机械化种植作业质量【覃双眉,黄洁,郁昌的,等. 垄作式木薯种植机作业质量评价方法. 农机使用与维修,2021,(1):1-5】

4、机械化粉碎木薯茎枝的作业参数

2014年，广西水力机械研究所的吴锡毅等研制出木薯秆粉碎还田机【吴锡毅,关意昭,周世英,等. 木薯秆粉碎还田机的研制. 湖南农机,2014,41,(4): 82-83,93】。

2015年，梁欣锐对广西南宁市采用不同机型开展粉碎茎秆还田和收获薯块的状况，综合评价分析其功能、作用和效果等，并提出进一步改进建议【梁欣锐. 广西木薯机械化生

产关键技术研究. 广西农业机械化,2015,(1):29-31】。

2018年,中国热科院农机所的郑爽等研制木薯茎秆粉碎还田机,经田间试验可达到的主要工作性能指标见表6。【郑爽,邓干然,张劲,等. 立轴式木薯茎秆粉碎还田机的研制与试验. 现代农业装备,2018,(3):40-44】。

表6 立轴式木薯茎秆粉碎还田机主要工作性能指标

项 目	单 轴	双 轴
工作幅宽/cm	180	180
生产效率/hm ² ·h ⁻¹	0.2~0.3	0.2~0.3
粉碎长度/cm	≤8	≤5
粉碎率/%	70~80	80~90
留茬高度/cm	17~25	17~25
配套动力/kW(马力)	66.18(90)	66.18(90)

2019年后,农机所以对木薯茎秆粉碎机进行了不断的改进提高,尚未发表论文,其改进后的技术参数,均已在本标准中加以采纳。

5、机械化收获木薯块根的作业参数

2010年,中国热科院品资所与农机所合作研制出4UMS-390 II木薯收获机【薛忠,黄晖,李明,等. 4UMS-390 II木薯收获机的研制. 农机化研究,2010,(8):79-81,85】。

2012年,广西大学的杨望等综述国内外木薯收获机的研究进展【杨望,杨坚,郑晓婷,等. 木薯块根收获机械与技术研究现状及发展趋势. 农机化研究,2012,(12):230-235】。

2012年,海南大学的陈佑攀等设计出4UMS-1型木薯收获机【孙佑攀,廖宇兰,陈丹萍.4UMS-1型木薯收获机的设计.农机化研究,2012,(2):89-92】。

2013年,广西水力机械研究所探讨了LW-60型多功能液压双铲木薯收获机的设计与应用【张远青,黄范辉,邵仁清,等.LW-60型多功能液压双铲木薯收获机的相关探究.科技创新与应用,2013,(19):64】。

2014年,宋付平等总结评价广东省采用机械收获木薯的状况,针对其应用推广困难提出了相应对策【宋付平,黎明,覃新导,等.广东省发展机械化收获木薯的难度及策略.南方农业,2014,8(33):164-166】。

2019年,中国农业机械化科学研究院的王之东等,系统综述木薯收获关键技术研究进展及国内外先进机型的工作原理和技术特点【王之东,周军平,杨学军,等.木薯块根收获技术与机具研究进展.农业工程,2019,9(1):1-8】。

前述的木薯机械化收获研究进展,虽是我国机械化收获木薯的研究和推广基础,但与本标准采纳的全程机械化生产技术内容关系不够密切,所以,仅是简述。下面是与本标准采纳的关键技术参数密切相关的研究依据,已基本定型并得以在生产中广泛应用,也是本标准采纳的主要技术参数,故摘录为依据。

2018年,中国热科院农机所针对宽窄双行起垄种植模式,见图7,对振动链式木薯挖掘收获机进行优化改进,通过田间作业试验对改进后的收获机进行作业性能评估,见图

8, 改进后的各项技术指标得到了较大提高, 见表 7【邓干然, 黄应强, 郑爽, 等. 振动链式木薯挖掘收获机的改进设计与试验. 现代农业装备, 2018, (3): 35-39】。

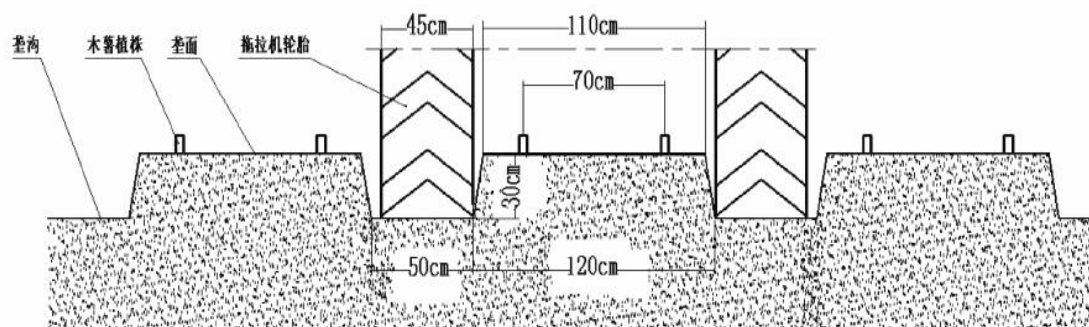


图 7 宽窄双行起垄种植模式示意



图 8 改进型振动链式木薯挖掘收获机作业现场

表 7 振动链式木薯收获机改进前后主要技术指标情况

项 目	明薯率/%	伤薯率/%	损失率/%	生产率/hm ² ·h ⁻¹
改进前	86 ~ 95	13 ~ 32	6 ~ 17	0.2 ~ 0.3
改进后	92 ~ 98	5 ~ 15	2 ~ 8	0.4 ~ 0.6

2021年,中国热科院农机所设计4UMG-140型拔辊式木薯收获机,主要技术参数见表8,挖掘铲深度30cm;其适宜的机械化种植模式见图9,垄面宽90~110cm,垄底宽130cm,垄高25~35cm,垄沟宽约50cm,垄面上窄行距约为50~70cm,株距60cm,邻垄宽行距120cm;红壤土田间试验表明,木薯品种为南植199,垄面窄行距为60cm,株距70cm,该型木薯收获机明薯率为95.2%、损失率为7.6%、生产率为0.35hm²/h,田间试验结果见图10。注:损失率是指木薯收获机作业后,土壤中因漏挖或者切断等原因未能收获的木薯块根质量与总的木薯质量百分比。在本标准中,只采用明薯率,未采用损失率【李国杰,邓干然,郑爽,等.4UMG-140型拔辊式木薯收获机的设计与试验.现代农业装备,2021,42(2):28-33】。

表8 4UMG-140型拔辊式木薯收获机主要技术参数

参数	数值
外形尺寸(长×宽×高)/mm	2 750×1 900×1 250
整机质量/kg	620
配套动力/kW	66.15~102.90
工作形式	牵引式
挖掘深度/mm	≥300
收获行数	2
工作幅宽/mm	1 400
工作效率/亩·h ⁻¹	5~8

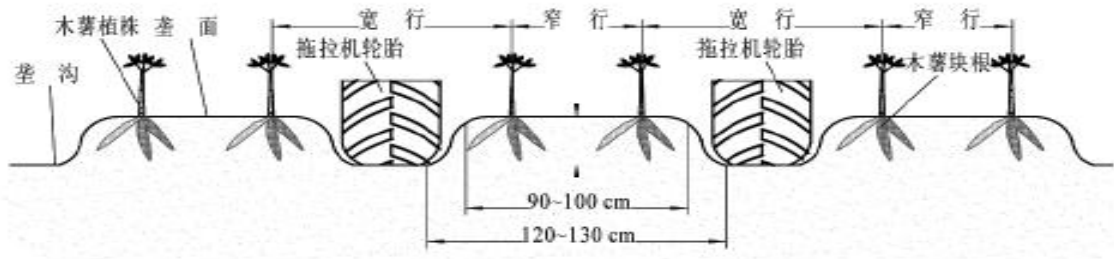


图9 木薯宽窄行双行起垄种植模式示意图



图10 样机田间试验效果

2022年，中国热科院农机所设计4UML-130型振动链式木薯收获机，主要技术参数见表9，其适宜的机械化种植模式为垄面宽90~110 cm，垄底宽130 cm，垄高25~35 cm，垄沟宽约50 cm，垄面上窄行距约为50~70 cm，株距60 cm，邻垄宽行距120 cm，见图11；田间试验表明，红壤土，木薯品种南植199，窄行距70 cm，株距60 cm，4UML-130型振动链式木薯收获机明薯率95.8%、损失率5.4%、生产率0.42 hm²/h【李国杰,邓干然,吴洪珠,等.4UML-130型振动链式木薯收获机的设计与试验.现代农业装备,2022,43(1):24-29,54】。

表 9 4UML-130 型振动链式木薯收获机主要技术参数

参数	数值
外形尺寸(长×宽×高)/mm	2 600×1 600×1 230
整机质量/kg	580
配套动力/kW	66.15～102.90
工作形式	牵引式
挖掘深度/mm	≥ 300
地轮中心距/mm	1 300
收获行数	2
工作幅宽/mm	1 300
工作效率/hm ² ·h ⁻¹	0.33～0.53
传动形式	链传动
挖掘铲形式	振动铲式

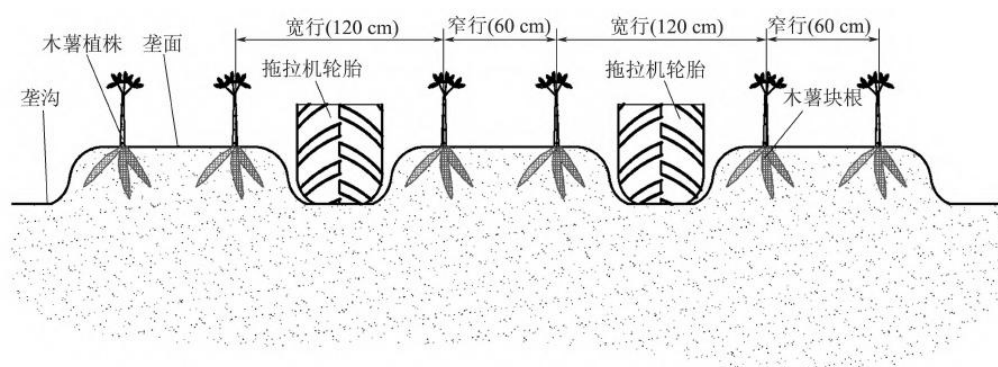


图 11 木薯宽窄行双行起垄种植模式示意图

2022 年,中国热科院农机所、品资所和洪珠公司等单位,联合研制 4UMZ-1400 型后收集式木薯联合收获机,主要技术参数见表 10;其适宜的机械化种植模式为垄面宽 90~110 cm,垄底宽 130 cm,垄高 25~35 cm,垄沟宽约 50 cm,垄面上窄行距约为 50~70 cm,株距 60 cm,邻垄宽行距 110~130 cm;红壤土田间试验,南植 199 木薯品种,窄行距 50~70 cm,株距 60 cm,收获的平均损失率为 4.6%~6.8%,含杂率为 6.4%~9.7%,纯工作时间生产率为 0.21~0.33 hm²/h,样机田间试验效果见图 12。【李国杰,邓干然,吴洪珠,等.

4UMZ-1400 型后收集式木薯联合收获机设计与试验. 中国农机化学报,2022,43(3):1-8】

表 10 4UMZ-1400 型后收集式木薯联合收获机主要技术参数

参数	数值/形式
外形尺寸(长×宽×高) /mm×mm×mm	6 100×3 000×2 920
整机质量/kg	3 000
配套动力/kW	66.15~102.90
工作形式	牵引式
挖掘深度/mm	≥300
地轮中心距/mm	1 800
收获行数	2
工作幅宽/mm	1 400
工作效率/($\text{hm}^2 \cdot \text{h}^{-1}$)	0.2~0.33
传动形式	链传动
自卸高度/mm	2 200
集薯箱容量/ m^3	≥3
挖掘铲形式	振动铲式



图 12 样机田间试验效果

此外，在收获减损技术和收获质量评价等方面，也开展了相应研究工作。

2013 年，中国热科院农机所的黄晖等改进木薯收获机，有效降低木薯收获机缺陷导致的薯块侧断、铲断和折断等现

象，大幅降低其碎薯率【黄晖,张园,李明,等.降低木薯收获机碎薯率的机械结构改进. 农机化研究,2013,(8):119-124】。

2022年，中国热科院农机所的李玲等针对木薯收获过程，总结分析机械收获对薯块的损伤现状，分析主要有剪切、机具碾压、跌落碰撞、振动等原因，针对木薯生物力学特性，提出加强选育薯构型良好的宜机品种、改进农艺农机模式、优化收获机的设计等建议，以进一步降低收获薯块的损失。

【李玲,邓干然,崔振德,等.木薯收获过程中机械损伤及减损方法探析. 现代农业装备,2022,43(1):49-54】

2019年，中国热科院农机所的覃双眉等提出木薯收获机作业质量评价方法【覃双眉,吕以志,李国杰,等.木薯收获机作业质量评价方法探析. 现代农业装备,2019,40(5):25-29,59】

小结

中国热科院农机所与品资所根据上述研究成果，同时，在各地适宜木薯机械化生产地区，调查不同土壤不同木薯品种的薯构型等特性，各地调查的薯构型数据基本近似于前述试验研究的薯构型特征，在此基础上，通过农艺农机结合，深入讨论并研发了木薯收获机，在各地试用中改进提高，最终确定各型收获机的主要技术参数，最主要是挖掘深度和幅宽，其依据如下：①挖掘深度依据：木薯宽窄双行起垄种植模式下，据测木薯层深分布在30 cm以内的薯块重量约98%以上，故综合考虑能耗、阻力、收获效果等条件，设定挖掘深度 ≥ 30 cm；②工作幅宽依据：根据宽窄双行起垄种植模式木薯种植特点及近年木薯块根结薯分布特点实测结果，沿垄

纵向单行木薯薯块分布直径约 50~100 cm,取平均值 75 cm,行距 60 cm 情况下,双行木薯块根分布宽度约 135 cm,为减小挖掘铲工作阻力,同时,也需要一定的灵活调整,故取挖掘幅宽值为 120 cm~140 cm,这可根据品种、土壤、管理等实际情况调整。

6、农艺农机结合的木薯全程机械化生产技术

(1) 集成木薯全程机械化生产种植模式及其配套农机作业技术

2018 年,中国热科院农机所和品资所等单位,系统总结木薯宽窄双行起垄种植的农艺模式和配套系列生产管理机械,有效实现了从整地、种植、田间管理、木薯秆粉碎以及木薯块根收获的全程机械化,该技术通过农机农艺深度结合,按照耕、种、管、收全过程配套 90 马力拖拉机为作业机具动力的要求,块根收获率高,技术易操作、生产效率高,做到了农机农艺的高度融合。该技术的种植农艺技术参数见 13,起成梯形大垄,垄面宽度约 110 cm,垄底宽度约 120 cm,垄沟宽约 50 cm,保证 66.18 kW (90 马力)拖拉机顺利跨行通过不压行,该型拖拉机内轮距约 118 cm、轮胎宽约 45 cm,垄形高度为 25~30 cm,每个大垄要求种植 2 行木薯,垄内行距约 70 cm,邻垄行距约 100 cm,株距约 70 cm,基本定型宽窄双行种植模式;同时,研制配套了耕整地机械、种植机、田间管理的施肥培土机、秸秆粉碎机、块根收获机等农机。据 2017-2019 年在广西北海等地试用测试:①人工种植木薯,种植效率约 1 亩/人/天,成本约为 120 元/亩,

机械起垄种植，种植效率约 27 亩/3 人/天（含拖拉机手，以下同，当时因机手及机具等原因，效率还较低，后期调试和熟练操作后，效率得到较大提高），“机械+人工”成本约为 40 元/亩，机械种植效率是人工种植的 26 倍，单位面积机械种植作业成本为人工种植的 1/3；②人工砍运木薯杆，效率约 2 亩/人/天，成本约 80 元/亩，机械粉碎木薯杆，作业效率为 80 亩/人/天，“机械+人工”成本约 20 元/亩，机械作业效率是人工的 40 倍，单位面积机械作业成本仅为人工的 1/4；③人工收获木薯，收获效率一般为 0.6 亩/人/天，成本约为 150 元/亩，采用机械收获，效率约 6 亩/人/天，“机械+人工”成本为 60 元/亩，机械收获效率是人工的 10 倍，单位面积机械收获成本仅为人工的 2/5【邓干然,黄洁,黄应强,等. 木薯宽窄行种植及配套机械化技术研究. 现代农业装备,2018(5): 22-25】。

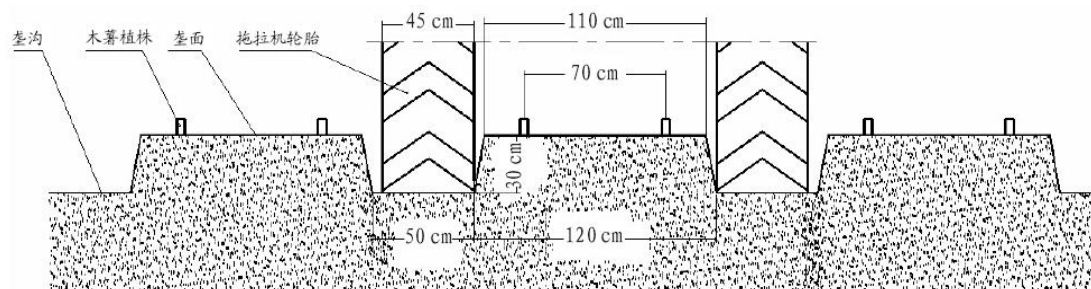


图 13 宽窄行双行起垄种植模式示意图

2019 年，邓干然等进一步完善木薯宽窄双行起垄栽培模式及机械化种植技术，见图 14，木薯旋耕起垄机及垄形效果见图 15。基本定型宽行距 120 cm、窄行距 60 cm、垄高 25~30 cm 的宽窄双行起垄种植的栽培模式，研制了配套的木薯起垄机和木薯联合种植机，全程使用同型号机械化作

业、挖掘收获，节能并达到木薯稳产、高产效果；固定行距，而在株距方面，针对不同木薯品种，采用不同株距，如对株形较小的品种南植 199 选择 60~70 cm 的株距，对株形较高的品种如华南 205，可选择 80 cm 或更宽株距，并在广东、海南、广西、云南等地开展不同产区适应性试验，起垄机作业效率 0.6~0.8 hm²/h，种植机作业效率约 0.6~0.7 hm²/h，机械化种植效率比人工提高 23 倍，机械化种植成本仅为人工种植的 50%，鲜木薯产量在 33~42 t/hm²，机械化收获时能够有效避免拖拉机碾压木薯行、显著减少断薯，损失率在 5% 以下，样机田间作业效果见图 16【邓干然,何晓明,吕以志,等. 木薯宽窄双行起垄栽培模式及机械化种植技术研究. 广东农业科学,2019,46(5):142-148】。

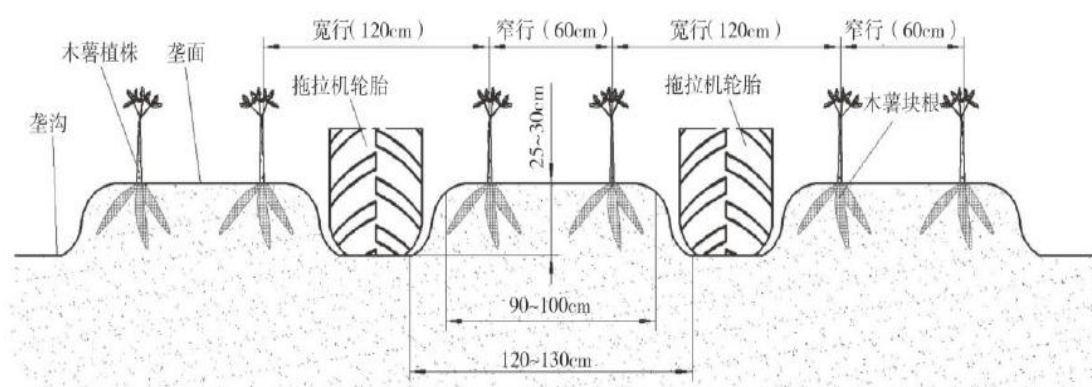


图 14 木薯宽窄行双行起垄种植模式



图 15 1GL-180 型木薯旋耕起垄机及垄形效果



图 16 2CM-2 垄作式木薯联合种植机与木薯生长效果

(2) 木薯全程机械化生产技术成为农业农村部的主推技术

中国热科院农机所和品资所等单位，在前期工作基础上，集成并制定了“木薯宽窄双行起垄种植及配套全程机械化技术”，联合申报获批 2021 年度农业农村部主推技术（农办科〔2021〕18 号），在海南、广东、广西等省区的木薯全程机械化生产示范基地，有较大面积的应用推广。可见，制定本标准的研究基础及实践经验已充分成熟可行，可操作性强，应尽快制定本标准，以加快推广应用。最后，根据前期研究推广结果确立的木薯全程机械化生产的主推技术参数

如下：

① **农艺要求：**起梯形大垄，垄面宽度 90~110 cm，垄底宽度 180 cm，垄形高度 25~30 cm；种植密度：每个大垄种植 2 行木薯，垄内窄行距 50~60 cm，邻垄宽行距 120~130 cm，株距 50~60 cm，每公顷种植木薯株数约 16000 株。

② **配套机械：**与农艺对应、农机农艺结合的全程机械化设备，均以 90 马力拖拉机为主要动力，主要包括：旋耕起垄机、实时切种式双行木薯种植机、木薯地喷药机、苗期中耕施肥培土机、木薯秸秆粉碎还田机、木薯块根挖掘收获机共 6 种机械。

木薯全程机械化生产的种植模式及配套农机作业技术，在国内主要是由中国热科院品资所和农机所联合研究宜机化木薯栽培模式，由农机所研发制作种植机、粉碎机、收获机等装备，木薯体系内的部分岗站参与了部分工作，其中，广西的北海站和海南省的白沙站参与较多的示范应用基地建设，而广西桂林站、广州站、云南保山站等也参与了试用推广，同时，在各地召开多次相关木薯全程机械化生产的研讨会以及培训、示范、推广现场会，大多数参会者反映良好，普遍认为实用性强、可操作性强、技术先进、经济效益显著，应尽快应用推广，以达到省工节本增效目的，从而提高我国木薯产业的经济效益，增强国际市场的竞争力，最终稳定、健康发展我国木薯产业。

小结：

自 2011 年至今，本标准起草团队的专家们，通过农艺农

机结合研究、集成创新、示范推广应用、再集成创新应用，最终完善了全程机械化生产的农艺栽培模式，研发配套机械化装备，在全国各地大规模示范推广，特别是通过“2014年全国木薯机械化生产技术研讨会”、“2016年全国高产高淀粉木薯全程机械化生产研讨会”等活动，积极组织全国农艺农机木薯专家，共聚一堂，集思广益，确定目标方向，分工合作并不断集成创新，最终凝炼出“木薯全程机械化生产技术”模式，以此为依据，制定本标准《木薯全程机械化生产技术规范》，以规范未来的机械化产业发展，相关的木薯全程机械化生产技术的活动剪影见图 17 至图 24。



图 17 2014 年全国木薯机械化生产技术研讨会



图 18 2016 年全国高产高淀粉木薯全程机械化生产研讨会



图 19 木薯种植机，左：同步种植施肥 右：起垄前已施肥



图 20 木薯喷杆式喷雾机



图 木薯茎秆粉碎还田机



图 21 机械化种植农艺模式



图 22 木薯分段式收获机



图 23 木薯分段式收获机效果



图 24 木薯联合收获机（挖掘出块根并同步收集装车）

（二）技术经济论证、预期的经济效果

按照 2019 年在广西北海等地的价格测算，核算出木薯全程机械化生产的部分经济效益如下：

①人工种植木薯，种植效率约 1 亩/人/天，成本约为 120 元/亩。机械起垄种植，种植效率约 80 亩/3 人/天（含拖拉机手，以下同），“机械+人工”成本约为 40 元/亩。机械种植效率是人工种植的 26 倍，单位面积机械种植作业成本为人工种植的 1/3。

②人工砍运木薯秆，效率约 2 亩/人/天，成本约 80 元/亩。机械粉碎木薯秆，作业效率为 80 亩/人/天，“机械+人工”成本约 20 元/亩，机械作业效率是人工的 40 倍，单位面积机械作业成本仅为人工的 1/4。

③人工收获木薯，收获效率一般为 0.6 亩/人/天，成本约为 150 元/亩。采用机械收获，效率约 6 亩/人/天，“机械+人工”成本为 60 元/亩。机械收获效率是人工的 10 倍，单位面积机械收获成本仅为人工的 2/5。

可见，采用机械化种植、粉碎茎秆和收获，至少节约成本 230 元/亩。

预期未来经济社会效益：上述经济核算仅是在广西北海等地应用的初步经济效益，通过制定木薯全程化生产技术规范并开展培训及大规模生产作业，预期经济效益还会有进一步的提高，为薯农增收和乡村振兴发挥重要支撑作用，这对稳定健康发展我国木薯产业有着重要的促进意义。

四、采用国际标准和国外先进标准的程度

本标准的起草团队成员登录全国农业食品标准公共服务平台“<https://www.sdtdata.com/fx/fmoa/tsLib>”，查到与本标准草案相关的木薯栽培与机械方面的标准见表 11，没有查到相关国际标准，同时，通过其它平台查询，均没有查到相关国际标准及更多的国内标准。在表 11 中，只有由本标准草案的首席专家黄洁牵头撰写的《B/T 10064-2018 木薯机械化种植技术规范》和《NB/T 34031-2015 能源木薯生产操作规程》较为相关，其它是木薯加工机械以及一般栽培技术的标准。因此，本标准没有与国际标准进行比较“采用程度及数据等对比情况”。

此外，查到与木薯机械化相关的较多国内论文，如：薯构型、木薯种植机、木薯茎秆粉碎机、木薯收获机等方面论文，研究单位和作者主要也是中国热带农业科学院热带作物品种资源研究所和农业机械研究所，与本标准相关的研究基础论文，基本在本编制说明的“三、主要试验或验证的分析、综述报告，技术经济论证，预期的经济结果”中，加以引用作为论证依据，有部分论文如海南大学等单位研发的“挖拔式收获机”等内容，目前在生产中很少应用，也没推广，故与本标准不相关，故未引用论述。可见，本项目主要是依据中国热带农业科学院热带作物品种资源研究所和农业机械研究所的研究基础及成果，结合生产实践情况来制定本标准，在木薯全程机械化生产技术的相关农艺和农机方面，品资所和农机所的研究团队居于国内领先地位，且与国际热带

农业中心也有坚实的合作关系，随时吸收国外的先进成果，以提高木薯全程机械化生产水平。

表 11 查找到的相关标准

序号	标准名称
1	GB/T 34379-2017 玉米全程机械化生产技术规范
2	NB/T 10064-2018 木薯机械化种植技术规范
3	NB/T 34031-2015 能源木薯生产技术规程
4	NY/T 991-2020 牧草收获机械 作业质量
5	NY/T 1681-2009 木薯生产良好操作规范(GAP)
6	NY/T 2461-2013 牧草机械化收获作业技术规范
7	NY/T 3483-2019 马铃薯全程机械化生产技术规范
8	NY/T 3661-2020 花生全程机械化生产技术规范
9	NY/T 3662-2020 大豆全程机械化生产技术规范
10	NY/T 650-2013 喷雾机（器）作业质量
11	NY/T 1276-2007 农药安全使用规范 总则
12	DB11/T 1705—2019 农业机械作业规范 青饲料收获机
13	DB 13/T 5489-2022 二作区马铃薯全程机械化栽培技术规程
14	DB 15/T 1845-2020 胡萝卜全程机械化栽培技术规程
15	DB 15/T 1974-2020 适宜机械粒收玉米品种评价规范
16	DB 15/T 2189-2021 大豆全程机械化轻简栽培技术规程
17	DB 15/T 2317-2021 食用向日葵全程机械化作业技术规程
18	DB 15/T 2498-2022 谷子全程机械化作业技术规范
19	DB 23/T 2783-2020 水稻钵育移栽全程机械化技术规程
20	DB 37/T 4172-2020 夏玉米全程机械化稳产高效生产技术规程
21	DB 41/T 2179-2021 芝麻全程机械化生产技术规程
22	DB 42/T 1692-2021 春玉米全程机械化生产技术规程
23	DB 42/T 1821-2022 粳稻-小麦全程机械化生产技术规程
24	DB 46/T 105-2007 木薯栽培技术规程（海南）
25	DB 50/T 1164-2021 玉米全程机械化生产技术规程
26	DB 51/T 2676-2020 小麦全程机械化生产技术规程
27	DB 51/T 2885-2022 马铃薯全程机械化生产作业技术规范
28	DB 51/T 2888-2022 四川省油菜全程机械化分段收获生产技术规程
29	DB 52/T 852-2013 木薯栽培技术规程（贵州）
30	DB 53/T 789-2016 甘蔗全程机械化示范基地建设规范
31	DB53/T 985—2020 三七机械化收获技术规程
32	T/CAMA 39-2021 糖料蔗现代农场全程机械化生产技术规程

五、与现行的法律法规和强制性标准的关系

我国中央和各级地方政府历来重视农业机械化的现代化，本标准符合国家现行的法律法规的文件精神，未发现与强制性或推荐性标准之间有冲突。早在 2004 年，我国发布《中华人民共和国农业机械化促进法》（中华人民共和国主席令第十六号），2010 年发布《国务院关于促进农业机械化和农机工业又好又快发展的意见》（国发〔2010〕22 号），2018 年，国务院发布《关于加快推进农业机械化和农机装备产业转型升级的指导意见》（国发〔2018〕42 号）。近年，农业农村部发布《关于加快推进设施种植机械化发展的意见》（农机发〔2020〕3 号）、《广东省人民政府关于加快推进农业机械化和农机装备产业转型升级的实施意见》（粤府函〔2019〕428 号）、广西壮族自治区人民政府《关于加快推进农业机械化和农机装备产业转型升级的实施意见》（桂政发〔2019〕37 号）、海南省政府颁发《关于加快推进农业机械化和农机装备产业转型升级的十二条措施》（琼府办〔2021〕45 号）等文件，努力推动农业生产的机械化进程。本标准的制定与我国各级政府历年的法律法规及政策文件是一致的，将有助于推动我国木薯全程机械化生产技术的发展。

特别是在 2021 年 11 月 29 日，农业农村部、工业和信息化部在京联合召开农机装备补短板工作推进会议，指出农业机械化是加快农业农村现代化的关键抓手和基础支撑。各地有关部门要切实增强推进农机装备补短板的责任感、使命

感、紧迫感，紧扣行业发展中的突出矛盾和重大问题，聚焦核心技术、重点产品、重点需求、重点环节，着力突破技术装备瓶颈，力争牵住“牛鼻子”、解决“掉链子”、突破“卡脖子”，推进农机装备产业高质量发展。本标准的制订和实施，正好符合国家和各地政府的支持方向和实际需要。

根据表 11 查找到的相关标准，虽《NB/T 10064-2018 能源木薯种植技术规范》与本标准的种植部分内容存在一定重叠之处，但那是前期的种植技术规范，现已加以改进并融合到木薯全程机械化生产技术的作业规范中，本标准通过全盘统筹考虑木薯种植、管理与收获的匹配性，改进提高并统一规范其种植技术参数，所以，与前期的标准虽有部分内容重叠，但不存在重大冲突，具有较好的前后衔接性。目前，本标准在可行性、操作性等方面，更能全面、系统、统一地按标准化规范实施操作。

六、重大分歧意见的处理经过和依据

本项目参与单位主要为中国热科院的热带作物品种资源研究所和农业机械研究所，以及广西农业机械研究院等单位，起草人员包括各单位的主要木薯研究推广的农艺团队和农机团队，已涵盖我国木薯全程机械化生产中的研究与推广单位和人员，代表了我国木薯全程机械化生产的先进水平。本标准本着融合发展提高的理念，在农艺和农机结合方面，全局考虑，尽量取长补短，充分照顾到农艺、农机、企业、种植户、管理单位的多方诉求，通过互相尊重、不断协商的长期合作，在机械化种植模式、机械化收获、农艺农机参数

以及定型全程机械化的种植基地等方面，已逐步达成基本一致的意见，并努力付诸大规模的操作实施和共同进步提高，因此，目前不存在重大分歧意见。

总之，本标准制定过程中，不存在重大分歧或冲突，如有不同意见，也已通过协商讨论得到圆满解决。

七、标准作为强制性或推荐性标准的建议

由于在实际木薯生产过程中，各地不同的气候、土壤、品种、栽培等条件都会有较大差异，宜留有一定的灵活变通操作，因此，建议本标准作为推荐性标准发布实施。

八、贯彻标准的要求和措施建议（包括组织实施、技术措施、过渡办法等）

建议在本标准发布后，在广西、广东和海南等地适宜木薯机械化生产的地区，举办木薯科技推广人员、专业户、种植户等人员参加的培训班，广为宣传和贯彻实施，使本标准发挥出应有的经济、社会和生态效益。同时，建议在国际培训班以及“走出去”战略的木薯科技推广过程中，大力培训和推广本标准，充分发挥其国际影响力。

为了全面掌握标准的执行及适用情况，为进一步修改完善本标准，鼓励使用本标准的单位和个人，将本标准的执行情况以及所发现的问题，反馈到主管部门或本标准的编制单位，以便及时修订完善。

九、废止现行有关标准的建议

本标准的机械化种植技术内容是在原有的《NB/T 10064-2018 能源木薯种植技术规范》的基础上，加以改进整

合为木薯全程机械化技术规范的一部分，与现行标准不存在较大的冲突性，且《NB/T 10064-2018 能源木薯种植技术规范》属于国家能源局发布的标准，不属于农业农村部管理的标准，所以，不便建议替代和废止《NB/T 10064-2018 能源木薯种植技术规范》。所以，暂没有建议替代、废止其它标准的建议，待将来适当时机，考虑向国家能源局建议废止《NB/T 10064-2018 能源木薯种植技术规范》。

十、其它应予说明的事项

无。