

《水果和蔬菜 气调贮藏技术规范》
标准编制说明
(征求意见稿)

标准编制工作组

二零二五年八月

目录

一、工作简况	1
(一) 任务来源	1
(二) 制定标准的必要性和意义	1
(三) 起草单位、起草人及任务分工情况	2
(四) 起草过程	2
二、国家标准编制原则、主要内容及其确定依据	4
(一) 编制原则	4
(二) 主要内容及其确定依据	5
三、主要试验（或者验证）的分析、综述报告，技术经济论证，预期效果	12
(一) 主要试验（或者验证）的分析、综述报告	12
(二) 预期的社会和经济效益	19
四、采用国际标准和国外先进标准的程度，以及与国际、国外同类标准水平的对比情况，或者与测试的国外样品、样机的有关数据对比情况	20
五、与有关的现行法律、法规和强制性标准的关系；	20
六、重大分歧意见的处理经过和依据	21
七、作为强制性标准或者推荐性标准的建议	21
八、涉及专利的有关说明	21
九、贯彻标准的要求、措施和建议，包括组织措施、技术措施、过渡办法等内容	21
十、废止现行有关标准的建议	21
十一、其他应当予说明的事项	21

《水果和蔬菜 气调贮藏技术规范》

标准编制说明

一、工作简况

(一) 任务来源

国家标准化管理委员会关于下达 2025 年第二批推荐性国家标准计划及相关标准外文版计划的通知，国家标准计划修订项目《水果和蔬菜 气调贮藏技术规范》获批立项，项目编号为 20250349-T-442，本标准由中华全国供销合作总社提出并归口，由中华全国供销合作总社济南果品研究所等单位联合起草。

(二) 制定标准的必要性和意义

气调贮藏是一种高效的果蔬保鲜手段，其核心在于通过调节贮藏环境中的气体成分，以延缓果蔬的成熟衰老过程。这一技术结合了低温贮藏的原理，通过降低氧气浓度、提升二氧化碳浓度，形成特殊的气体环境，从而有效抑制果蔬呼吸作用及微生物的繁殖，具有贮藏时间长、贮藏效果好、贮藏损失小、货架期长、绿色安全等优点，是当今国际上比较先进的一种贮藏保鲜方式。而我国气调保鲜技术的研发起步较晚，直到 20 世纪 70 年代才开始在青岛、秦皇岛等地将一些冷藏库改建成了气调保鲜库。但随着我国经济、社会发展和政策支持，我国气调贮藏保鲜技术和基础设施建设日趋完善。2020 年农业农村部关于加快农产品仓储保鲜冷链设施建设的实施意见：在苹果、梨、香蕉和蒜薹等呼吸跃变型果蔬主产区，建设气密性较高、可调节气体浓度和组分的气调贮藏库，配备碳分子筛制氮机、中空纤维膜制氮机、乙烯脱除器等专用气调设备，对商品附加值较高的产品进行气调贮藏。2023 年农业农村部办公厅关于继续做好农产品产地冷藏保鲜设施建设工作的通知“完善产地冷藏保鲜设施网络。围绕重点镇和中心

村，支持相关主体根据产业发展实际需要，合理建设通风贮藏库、机械冷库、气调贮藏库、预冷及配套设施设备等产地冷藏保鲜设施和商品化处理设施设备，不断提升设施综合利用效率，满足田头贮藏保鲜和产后处理需要”。随着基础设施建设，我国气调贮藏保鲜技术研发和产业化应用也更加深入，越来越多的果蔬流通从业者认识到气调贮藏的先进性。

我国是世界最大的果蔬生产国和消费国，果蔬产业已成为农村经济的重要组成部分。但果蔬采后损失率长期居高不下，损失率高达20%~30%（发达国家<5%）。随着消费升级，市场对果蔬品质、新鲜度和供应周期的要求显著提高，气调保鲜技术因其贮藏优越性受到更多的关注，但在实际生产中部分企业盲目建设气调库，缺乏规范操作，如库体气密性不达标、气体参数不精确，导致贮藏失败甚至加速腐烂。自发气调包装滥用不当材料或参数，引发果蔬缺氧发酵、CO₂中毒等问题。不同果蔬对贮藏气体环境（如O₂和CO₂浓度）的敏感度存在显著差异，不当的气体成分控制易引发低氧伤害、高二氧化碳中毒等生理性病害，导致品质劣变和贮藏损失。本标准通过技术参数精细化、设施设备性能要求提升、为不同农产品品类差异化制定精确的推荐气体条件、温度及湿度范围，提升标准的指导性与操作性，确保气调贮藏新技术的安全、高效应用，为减少采后损失、保障农产品品质、推动果蔬产业高质量发展提供至关重要的技术支撑。

（三）起草单位、起草人及任务分工情况

起草单位：

本标准起草人：

（四）起草过程

1. 成立标准编制组，制定实施工作方案

标准立项任务下达后，中华全国供销合作总社济南果品研究所等单位和相关人员成立了标准制订工作组，济南果品研究所就有关标准制定原则及起草工作进行了说明和具体分工，强化标准编制的重要性的认识，对标准的结构、技术要求、试验方法等进行全面探讨。针对我国果蔬采后气调贮藏现状及现有标准存在技术参数未及时更新、果蔬适用品种未明确等问题，确定对原标准 GB/T 23244-2009《水果和蔬菜 气调贮藏技术规范》中：1、适用范围；2、气调贮藏类型；3、气调贮藏方法；4、气调贮藏库；5、温度、湿度和气体成分的调节；6、贮期管理；7、出库管理和安全管理等 8 个方面加以修订。

2. 开展果蔬气调贮藏现状调研和资料查询借鉴

1) 标准制定组人员先后赴山东、甘肃、河南、广东、云南等果蔬主产区及主要集散地，深入农产品贮藏企业、气调设备企业、大型农业合作社开展气调贮藏技术现状调研。通过实地考察气调库设施建设、观摩气调操作流程、与技术人员及管理人员座谈交流，并广泛查阅国内外相关技术文献与标准资料。调研发现，我国果蔬气调贮藏普遍存在气体参数与产品适配性差、贮藏操作流程标准化程度低、操作不规范、贮藏损耗率高等问题。

2) 针对产业调研发现的问题、关键控制点和关键技术，进行文献资料查阅和系统试验研究。在项目组多年研究总结的技术参数和推广应用经验的基础上，对标准的结构、技术要求进行系统研究，为标准的编写取得行之有效的科研数据支撑，使本标准的制定具有科学性、先进性、实用性。

3. 标准起草

通过前期的调研、资料查询和相关实验研究，完成标准初稿起草。为了确保该标准的实用性和相关技术参数的科学严谨性，项目组多次

召开研讨会，对标准技术内容进行反复修改，形成了《水果和蔬菜 气调贮藏技术规范》（征求意见稿）。

4. 广泛征求意见

将《水果和蔬菜 气调贮藏技术规范》（征求意见稿），先后在济南果品研所官方网站和公众号公开征求社会意见，并发送 25 个相关专家和单位征求意见（详见征求意见处理汇总表）。根据征求意见对标准文本进行了的修改，形成《水果和蔬菜 气调贮藏技术规范》送审稿。

二、国家标准编制原则、主要内容及其确定依据

（一）编制原则

1. 规范性原则

坚持先进性、科学性、可操作性、实用性相统一，严格执行 GB/T 1.1-2020《标准化工作导则 第 1 部分：标准的结构和编写》中有关标准编写方面的标准。严格遵循《食品安全法》和《食品安全法实施条例》关于食品安全标准的规定，严格执行强制性国家标准，并与其他相关标准协调的原则。本标准全面考虑我国果蔬气调产业现状，确定了关键控制点和技术要求。坚持先进性与可靠性、实用性、可操作性相结合的原则，力争制定出的标准既符合我国国情，又具有先进性，以便于贯彻执行。在标准制定过程中力求做到技术内容的叙述正确无误，文字表达准确、简明、易懂，标准的构成严谨合理；内容编排、层次划分等符合逻辑与规定。

2. 可行性原则

本标准的修订是完善补充我国果蔬采后气调贮藏技术规范。通过系统开展产业实地调研和深入查阅国内外技术文献与标准资料，包括果蔬预冷、气调库设计、气调贮藏、食品包装等相关国家标准情况，

并充分融合近年来标准编制团队、国内外高校、科研院所及贮藏运营企业在果蔬保鲜机理、气调贮藏工艺优化及智能化监控等方面的技术研究成果与产业实际需求，针对当前气调贮藏技术标准体系存在的碎片化、滞后性及实操性不足等问题进行梳理与整合。重点结合我国果蔬主产区特点、现有气调贮藏设施水平、主要果蔬品类特性及损耗控制现状，科学确定了适用于气调贮藏的果蔬品类以及气调贮藏的关键操作规范，确保本标准在技术内容上具备先进性，并能有效指导产业实践，提升贮藏效能，降低损耗。

（二）主要内容及其确定依据

本标准规范水果和蔬菜气调贮藏的全过程技术要求，涵盖适用果蔬品种、库体准备、气体调节、贮期管理、出库管理、安全管理等环节。确保标准的实用性并使其适于产业化大规模引用和执行是本标准编制工作的核心目标。本标准的主要内容是在系统梳理我国现有的与果蔬贮藏相关的国家标准、行业标准基础上，充分吸纳近年来国内高校、科研院所在果蔬采后生理、气调保鲜机理、新型气体调控技术等方面取得的最新研究成果、公开发表的高水平学术论文，并紧密结合我国当前主流气调库设计、设备应用及企业生产操作的实际现状，对原有相关标准或技术指南中涉及的各项技术环节要求进行全面评估、科学整合与补充完善。

（1）标准内容包括：

本文件规定了水果和蔬菜气调贮藏方式、机械气调贮藏和自发气调贮藏的技术要求；

本文件适用于水果和蔬菜的气调贮藏。

（2）关键技术内容修订及提出的论据：

本标准是对 GB/T 23244-2009《水果和蔬菜 气调贮藏技术规范》

的修订。

本文件代替GB/T 23244—2009《水果和蔬菜 气调贮藏技术规范》，与GB/T 23244-2009相比，除编辑性修改，主要技术内容变化如下：

- a) 增加了规范性引用文件；
- b) 增加了术语和定义（见第3章）；
- c) 调整了气调贮藏方式（见第4章，2009版的第3章）；
- d) 增加了气密合格标准，修改了气密检测方法（见5.2.2.1，2009版的4.4）；
- e) 增加了贮前准备环节（见5.3）；
- f) 修改了氧气调节方法（见5.4.4.1，2009版的5.2.1）；
- g) 增加了自发气调贮藏技术要求（见第6章）；
- h) 增加了证实方法（见第7章）；
- i) 增加了主要果蔬气调贮藏适宜条件（见附录A）。

主要内容包括：

2. 规范性引用文件

新增了有关果蔬气调、预冷、包装等方面的规范性引用文件。本标准涉及的规范性引用文件包括4个：

GB/T 34344 农产品物流包装材料通用技术要求

GH/T 1433 果品冷库、气调库管理规范

NY/T 4168 果蔬预冷技术规范

SBJ 16 气调冷藏库设计规范

3. 术语和定义

本标准增加了机械气调贮藏和自发气调贮藏等定义，代替了原标准中的气调贮藏类型，使其描述更为具体清晰。

在相对密闭的环境中，根据果蔬产品的贮藏特性需求，采用专业设备主动调节和精准控制贮藏环境中的气体成分（氧气、二氧化碳和乙烯等）、温度和湿度，延缓果蔬呼吸代谢，延长贮藏期的贮藏方式。

在冷藏库的基础上，将果蔬密封在具有特定透气性能的箱/薄膜袋或大帐中，利用果蔬自身呼吸作用自行调节密封环境中的氧气和二氧化碳含量，延缓果蔬呼吸代谢，延长贮藏期的贮藏方式。

4. 气调贮藏方式

本标准代替原标准中的气调贮藏方法，将气调贮藏方式划分为机械气调贮藏和自发气调贮藏，使内容更加简要准确。

5. 机械气调贮藏

本标准规定了机械气调贮藏的库体构造、检修维护、贮前准备、贮藏要求，新增了贮前准备（库体杀菌消毒、梯度降温）环节，完善了贮藏环境参数（温度、湿度、气体）的管理。

5.1 气调库构造

本标准对气调库建筑结构进行了简化，并增加了气调库贮藏单间容积不宜大于 1000 m³的要求（基于实际调研获得）。贮藏单间过大易导致气体分布不均（尤其 CO₂浓度梯度），影响贮藏一致性；容积限制可缩短降温及气体调节时间，提升能效比；容积限制便于分品种/批次贮藏，降低交叉污染风险。1000 m³的贮藏容积与产业适配性更强，可以兼顾规模化运营与技术可控性，符合当前国内主流果蔬产区仓储需求。

5.2 气调库检修、维护

本标准对气调设备、制冷设备、控制系统、管道等进行检修，并检查库房气密性，气密性检测标准按照 SBJ 16《气调冷藏库设计规范》执行，检测方法参照 NY/T 2000《水果气调库贮藏 通则》执行。对气

密性不合格的库体，进行渗漏检查，漏气处用密封胶、防水胶布等密封材料喷涂或涂抹补漏。维修完毕应重新进行气密性检测。

5.3 贮前准备

本标准新增了贮前准备环节。贮前准备是保证气调库正常运行和果蔬贮藏质量的重要工作环节。主要包括库房和用具杀菌、消毒和空库降温。该条款参照GH/T 1433《果品冷库、气调库管理规范》相关规定制订。

库房消毒应采用次氯酸、二氯异氰尿酸钠等符合国家食品安全标准的消毒剂对库房、包装容器、用具等进行清洁消毒，消毒后及时通风换气，并进行空库缓慢梯度降温。入库前1 d~2 d，将库温降至果蔬适宜贮藏温度。

5.4 贮藏要求

本标准提出了入贮要求、温度、湿度、气体、贮期管理、出库、安全管理，新增了入库前预冷、堆码等技术要求，完善了气体调节方法。

预冷是果蔬采后贮藏保鲜的首要环节，也是气调贮藏成功的基础和保障。适宜气调库贮藏的果蔬多为呼吸跃变型或呼吸强度大的果蔬，生理代谢旺盛，采后若不及时预冷，会出现失水、腐烂等现象，影响贮藏品质和货架期寿命。预冷可迅速降低田间热和呼吸热，最大限度保持果蔬原有的品质和新鲜度，减少水分损失和营养消耗，有效降低腐烂和病害的发生风险。其次，预冷也有助于减轻贮藏库的制冷负荷，使贮藏产品能够更快速地达到稳定的低温贮藏状态。因此，应根据果蔬特性、成本、效率等选择合适的预冷方式（空气预冷（如压差预冷）、水预冷、真空预冷），果蔬预冷相关技术要求参照 NY/T 4168《果蔬预冷技术规范》相关规定执行。

科学堆码是保证库内气体均匀循环、维持适宜的温湿度环境、避免果蔬物理损伤，实现长期有效保鲜的重要环节。如果堆码不当，容易导致气流不畅，造成库内不同位置温度、湿度、气体浓度（O₂和CO₂）不均匀，内部的果蔬可能因氧气浓度偏高、二氧化碳浓度不足而保鲜效果下降；外部的果蔬也可能因二氧化碳积聚过多、氧气过低而发生气体中毒（褐变、组织坏死等）。因此，合理堆码是发挥气调库贮藏技术优势的基础，果蔬堆码要求参照 GH/T 1433 相关规定执行。

不同果蔬适宜贮藏温度、湿度和气体等技术参数是本标准制订的关键点。本标准对果蔬气调贮藏的温湿度要求进行了补充，根据水果和蔬菜贮藏特性设定适宜的贮藏温度，要求测量温度误差 $<0.2^{\circ}\text{C}$ ，测温点应选择不受强气流、辐射、震动和冲击影响的位置，每 100 m³ 设置 2~3 个测温点，包括空气测温点和产品中心测温点；测量湿度误差 $<3\%$ ，该条款参照 GH/T 1433 相关规定制订。

根据23年中国统计年鉴、行业报告等，确定了年产量在40万吨以上的20种呼吸跃变型或呼吸强度大的水果以及年产量在90万吨以上的8种主要蔬菜的气调贮藏条件。温湿度及气调参数的确定主要参考了已发布实施的国家标准（GH/T 1152-2020《梨冷藏技术》、GH/T 1403-2022《蓝莓气调贮藏技术规程》、GB/T 8867-2001《蒜薹简易气调贮藏技术》等）、行业标准（NY/T 2315-2013《杨梅低温物流技术规范》、NY/T 3912-2021《无花果采收贮运技术规范》等）、地方标准（DB51/T 1372-2011《鲜食辣椒采后处理技术规程》、DB12/T 758.10-2020《低温物流保鲜技术规程 第10部分：西兰花》等）、文献资料以及团队前期的研究成果。主要果蔬适宜微环境参数见附录A。

主要果蔬适宜气调贮藏条件

品种	贮藏温度/°C	相对湿度/%	气体成分/%	
			O ₂	CO ₂
苹果	-1.0~0	90~95	2.0~5.0	0~3.0
梨	-1.0~1.0	90~95	3.0~8.0	0~5.0
桃	0~1.0	90~95	5.0~10.0	5.0~10.0
香蕉	13.0~14.0	80~90	2.0~5.0	2.0~5.0
李	0~1.0	90~95	3.0~5.0	3.0~5.0
甜瓜	3.0~10.0	85~90	3.0~5.0	5.0~10.0
芒果	10.0~15.0	85~90	3.0~5.0	5.0~8.0
草莓	0~1.0	90~95	2.0~5.0	15.0~20.0
柿子	0~1.0	90~95	3.0~5.0	5.0~8.0
猕猴桃	-0.5~1.0	90~95	2.0~3.0	3.0~5.0
荔枝	3.0~5.0	90~95	3.0~5.0	3.0~5.0
杏	0~1.0	90~95	3.0~5.0	1.0~2.0
甜樱桃	-1.0~0	90~95	5.0~10.0	10.0~15.0
龙眼	3.0~5.0	90~95	6.0~8.0	4.0~6.0
枇杷	3.0~6.0	90~95	3.0~5.0	3.0~5.0
百香果	7.0~10.0	90~95	3.0~5.0	0~3.0
杨梅	0~2.0	80~90	3.0~5.0	10.0~12.0
蓝莓	-0.5~0.5	90~95	3.0~5.0	10.0~15.0
木瓜	10.0~15.0	85~90	3.0~5.0	5.0~10.0
无花果	-1.0~1.0	90~95	5.0~10.0	5.0~10.0
番茄	8.0~12.0	90~95	2.0~5.0	2.0~5.0
茄子	10.0~12.0	85~90	2.0~5.0	3.0~5.0
菜豆	7.0~10.0	90~95	2.0~5.0	3.0~5.0
辣椒	7.0~9.0	90~95	2.0~7.0	1.0~2.0
蒜薹	-0.5~0.5	85~95	2.0~5.0	5.0~7.0
西兰花	-0.5~0.5	90~95	1.0~2.0	5.0~10.0
秋葵	7.0~10.0	90~95	3.0~5.0	3.0~5.0
芦笋	1.0~2.0	95~100	2.0~3.0	5.0~7.0

6. 自发气调贮藏

本标准新增了自发气调贮藏章节,规定了自发气调贮藏的包装材料要求、贮藏要求、贮期管理。旧标准只关注了传统的机械气调,对自发气调缺乏系统规范。自发气调技术因成本较低、操作灵活(尤其适合小批量、分散式贮藏和运输),在果蔬保鲜领域应用日益广泛(如

超市预包装果蔬、电商生鲜配送)。因此,本标准增加该章节内容,旨在通过提供科学、具体、可操作的规范促进自发气调贮藏技术的规范化、科学化和规模化应用。

6.1 包装材料的选择

自发气调贮藏的核心是通过包装材料的气体选择性透过性,利用果蔬自身呼吸作用建立适宜的 O_2/CO_2 比例。包装材料需符合 GB 4806.7-2016《食品接触用塑料材料及制品》。不同果蔬对 CO_2 耐受性存在差异,高呼吸型果蔬需高透气率材料,防止无氧呼吸产生异味,低呼吸型果蔬需低透气率材料延缓后熟。包装材料若选择不当(如透气性过低导致厌氧发酵产生毒素)或管理不善(如冷凝水过多引发腐烂)会带来食品安全风险和巨大经济损失。应根据果蔬特性选择适宜透气率的包装袋,包装袋厚度直接影响透气效率, $<0.03\text{ mm}$ 时,膜抗拉强度 $<10\text{ MPa}$ (GB/T 1040.3-2006《塑料 拉伸性能的测定 第3部分:薄塑和薄片的试验条件》),易破损; $>0.20\text{ mm}$ 时,气体调节滞后, O_2 浓度调节响应时间 $>48\text{ h}$ (如蓝莓实验: 0.25 mm 膜建立目标气体需 72 h , 0.15 mm 仅需 24 h)。因此,确定自发气调包装材料厚度为 $0.03\sim 0.2\text{ mm}$,宜选用微孔膜、核孔膜、硅橡胶膜等自发气调包装材料。

6.2 贮藏要求

包装袋内理想气体浓度由呼吸气体生成量与薄膜透气量动态平衡决定。应根据不同果蔬贮藏特性、薄膜特性选择适宜装量,如高呼吸速率的叶菜需大气体缓冲空间;浆果要防机械损伤,平衡气体交换,自由空间占比应较大;低呼吸速率的果蔬可缩小空间以降低成本。装量过小易导致呼吸气体总量不足,难以建立稳定的气调环境,但装量上限受包装承重限制,超重会出现破袋风险。因此,应合理控制装载

量，使包装内形成有效的气调环境，且装载容器应利于堆码和气体交换。

6.3 贮期管理

应定期对包装内气体指标进行监测。包装封口时残留的空气（ $O_2=21\%$ ）主要依赖果蔬自身呼吸消耗降氧，薄膜透气滞后，新膜需 48 h 达到稳定的透气率。贮藏初期果蔬常面临着呼吸高峰，气体环境不稳定，因此需每天检测包装内气体浓度，若发现氧气浓度低于下限或二氧化碳浓度高于上限时，需立即进行开窗或开口操作，以防气体伤害。当 O_2/CO_2 浓度进入预设范围，呼吸气体生成量与薄膜渗出量基本平衡，可 5 d~7 d 检测一次气体指标。此外，还需要定期检查包装是否有破损、漏气及结露现象，及时处理，防止大规模的腐烂和品质下降。

三、主要试验（或者验证）的分析、综述报告，技术经济论证，预期效果

（一）主要试验（或者验证）的分析、综述报告

本标准的制定，充分研究了国家及行业相关政策文件、法律法规、以及国内外相关的标准与技术规范等资料。编制组深入主要果蔬产区的代表性企业进行了实地调研，与企业生产管理、贮藏技术及品质控制等相关人员进行了广泛交流。通过对多种典型果蔬在多个生产周期内的气调贮藏过程进行系统的品质跟踪监测，积累了关键数据。同时，标准草案广泛征求了果蔬采后生理、贮藏保鲜及冷链物流领域专家的意见和建议。标准中提出的各项技术参数、操作规范等要求，均在实际生产性气调贮藏应用中进行了充分的验证和优化，有效确保了本标准的科学性、实用性、可操作性和规范性，旨在为果蔬气调贮藏产业的健康发展提供可靠的技术支撑。

1 适用果蔬品种的确定

我国作为全球最大果蔬生产国，贮藏能力仅 31%，远低于发达国家的 70%~80%，而我国气调贮藏的比例仅占 5%。气调贮藏技术更适用于呼吸跃变型（如苹果、梨、香蕉、芒果等）或呼吸旺盛的果蔬，并且产业规模大、经济价值高的果蔬更能体现其优势。综合考虑产量大小、栽培面积、生理特性及市场价值，以及气调贮藏的适用性和经济效益，本文件确定了苹果、梨、桃、香蕉、李、甜瓜、芒果、柿子、草莓、猕猴桃、荔枝、杏、甜樱桃、龙眼、枇杷、百香果、杨梅、蓝莓、木瓜、无花果等水果及番茄、茄子、菜豆、辣椒、蒜薹、西兰花、秋葵、芦笋等蔬菜的气调技术参数。其中，以上果品年产量约 14000 万吨，约占我国果品总产量的 60%，蔬菜年产量约 16000 万吨，约占我国蔬菜总产量的 20%。

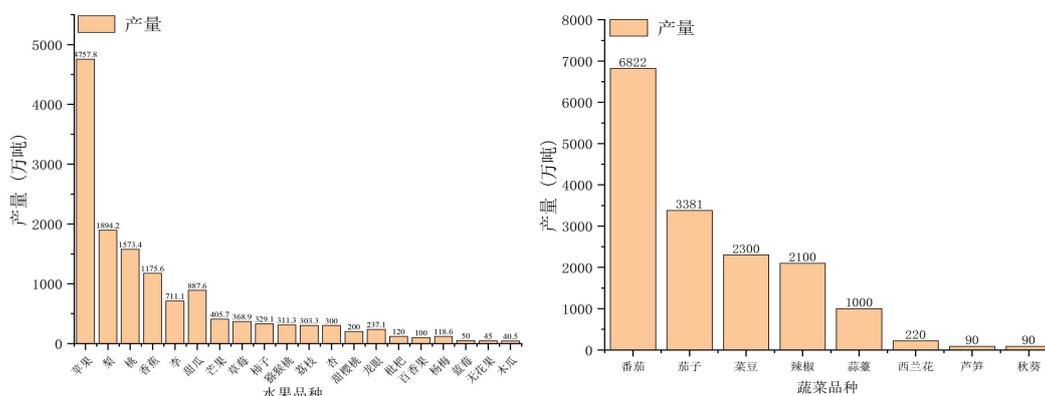


图 1 适宜气调贮藏的果蔬品种及产量

2 果蔬气调贮藏条件的确定

2.1 苹果气调参数试验

2.1.1 “维纳斯黄金”苹果气调贮藏参数验证

2022 和 2023 连续两个产季在中华全国供销合作总社济南果品研究所贮藏保鲜实验室和山东田又田生态农业有效公司进行产业化应用验证。贮藏温度 $-0.5^{\circ}\text{C} \pm 0.5^{\circ}\text{C}$ ，RH 90%~95%，气调处理为 CA1 ($2\% \sim 3\% \text{O}_2 / 1 \sim 2\% \text{CO}_2$) 和 CA2 ($2\% \sim 3\% \text{O}_2 / 0 \sim 1\% \text{CO}_2$)。贮藏 240 d，

CK、CA1 和 CA2 三处理果实硬度分别为 5.6 kg/cm²、6.2 kg/cm² 和 6.3 kg/cm²，货架期 7 d，果实硬度分别为 4.8 kg/cm²、5.2 kg/cm² 和 5.3 kg/cm²；货架期 7 d，CK、CA1 和 CA2 三处理果实可溶性固形物含量分别为 12.5%、13.6%和 13.3%；货架期 3 d，CK 和 CA1 处理果实的褐变率为 11.1%和 33.3%，货架期 7 d，褐变率高达 15.8 和 44.4%，而 CA2 处理的果实整个贮藏期及货架期均未出现果肉褐变现象。CA2 (2%~3%O₂/0~1%CO₂) 气调贮藏参数更佳。



图 2 济南果品研究所实验室进行气调贮藏实验

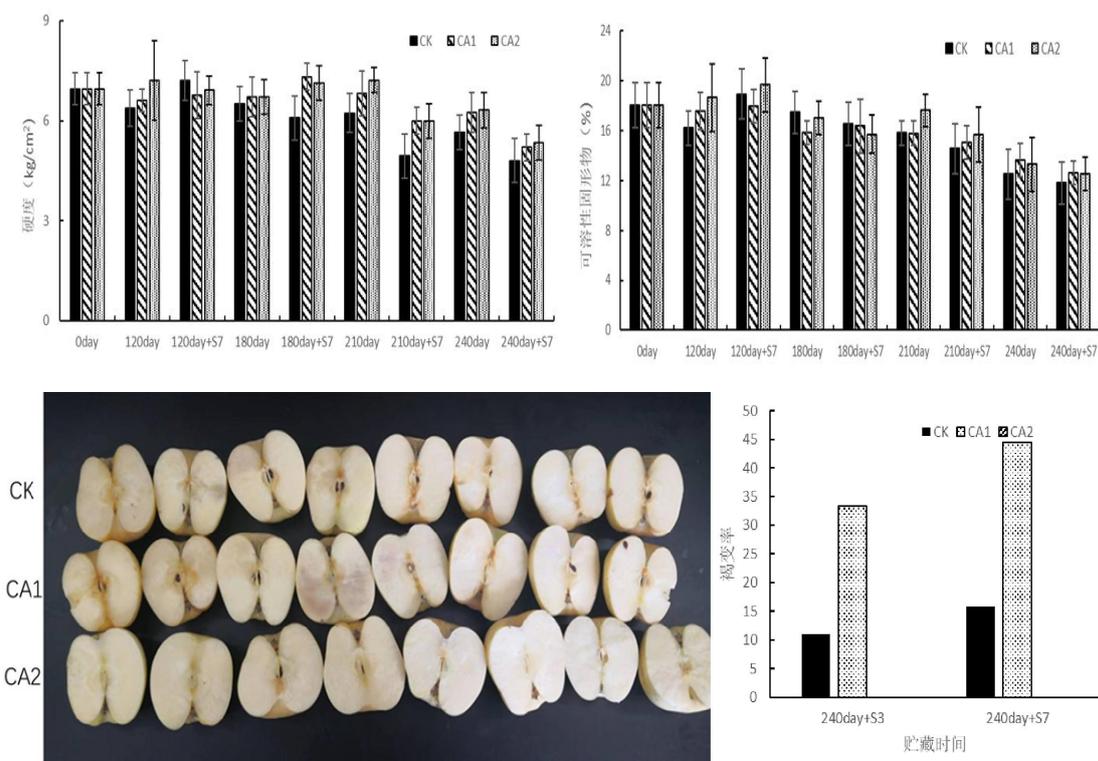


图 3 不同气调处理对“维纳斯黄金”苹果贮藏期及货架期品质的影响

2.1.2 富士苹果气调参数验证

在延安金色记忆农产品有限公司和山东田又田生态农业有限公司进行富士苹果气调参数应用效果验证。贮藏温度 $-1^{\circ}\text{C}\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ ，RH 90%~95%和 2%~3% O_2 、 $<1\%\text{CO}_2$ ，贮藏 10 个月，硬度为 6.2 kg/cm^2 ，可溶性固形物含量为 12.8%，未出现果肉褐变、腐烂、气体伤害等现象，具有良好的商品价值。

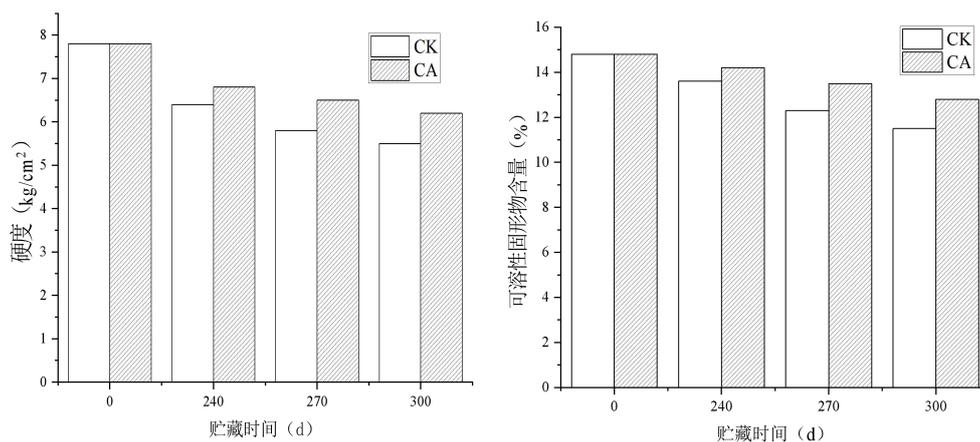


图 4 气体对富士苹果贮藏期硬度和可溶性固形物含量的影响

2.2 蓝莓气调参数试验

开展不同浓度气体对蓝莓采后质地、风味、贮藏寿命和货架期寿命的影响研究，确定蓝莓适宜气调参数及气调贮藏技术工艺。气调对杜克可溶性固形物影响不大；气调会造成伤果率增加，破损果影响货架期。发霉的抑制主要靠稳定的库温控制，气调影响不大。各个处理之间进行比较，感官评价：2号=1号=4号>CK；抑制软化：2号>1号=4号>CK；抑制呼吸：2号=4号>1号=CK；货架期：1号=2号>4号>CK。

表 2-1 各机械气调箱气体参数

处理/气体参数	CO_2	O_2
1#	15.2	3.8
2#	15.2	5.8
4#	12.0	5.8

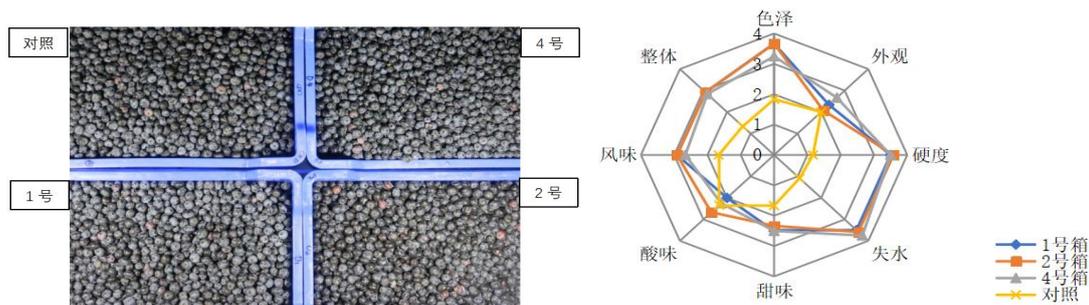


图5 机械气调对蓝莓感官品质的影响

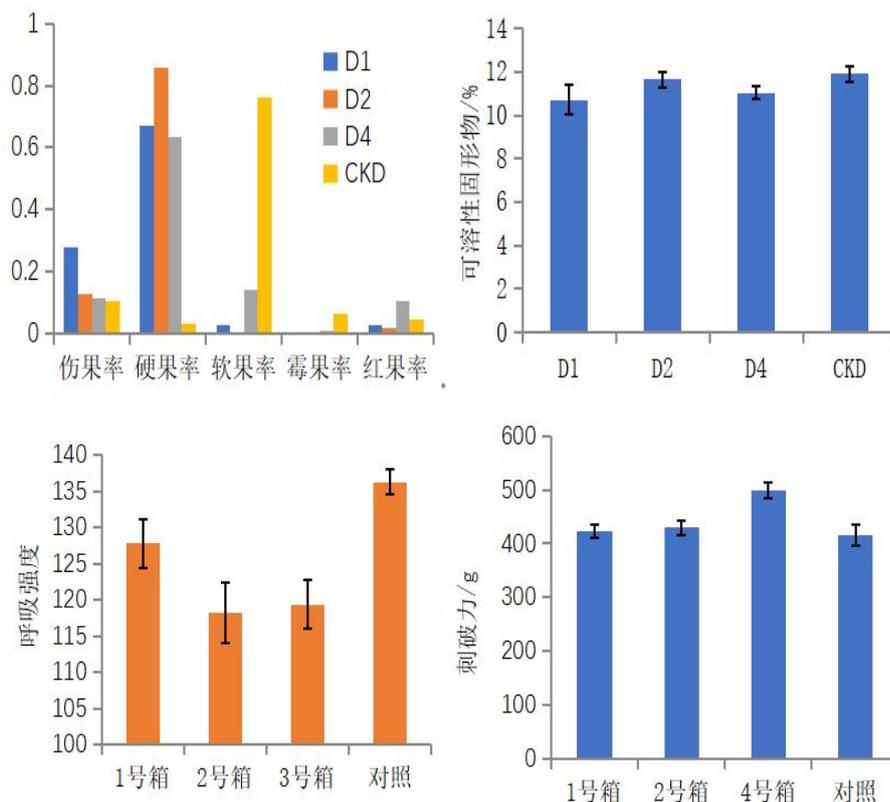


图6 机械气调对蓝莓贮藏品质的影响

2.3 甜樱桃气调参数试验

开展不同浓度气体(CA1(10%CO₂/15%O₂、CA2(10%CO₂/5%O₂))对甜樱桃采后质地、营养、生理品质的影响研究,确定樱桃适宜气调参数及气调贮藏技术工艺。气调延缓硬度和Vc含量下降;气调抑制PPO酶活性,减轻果肉褐变;CA2处理效果较为显著。CA2气调处理能显著提升樱桃果实CAT和SOD抗氧化酶活性,但是对POD酶活性和自由基清除能力影响不明显。

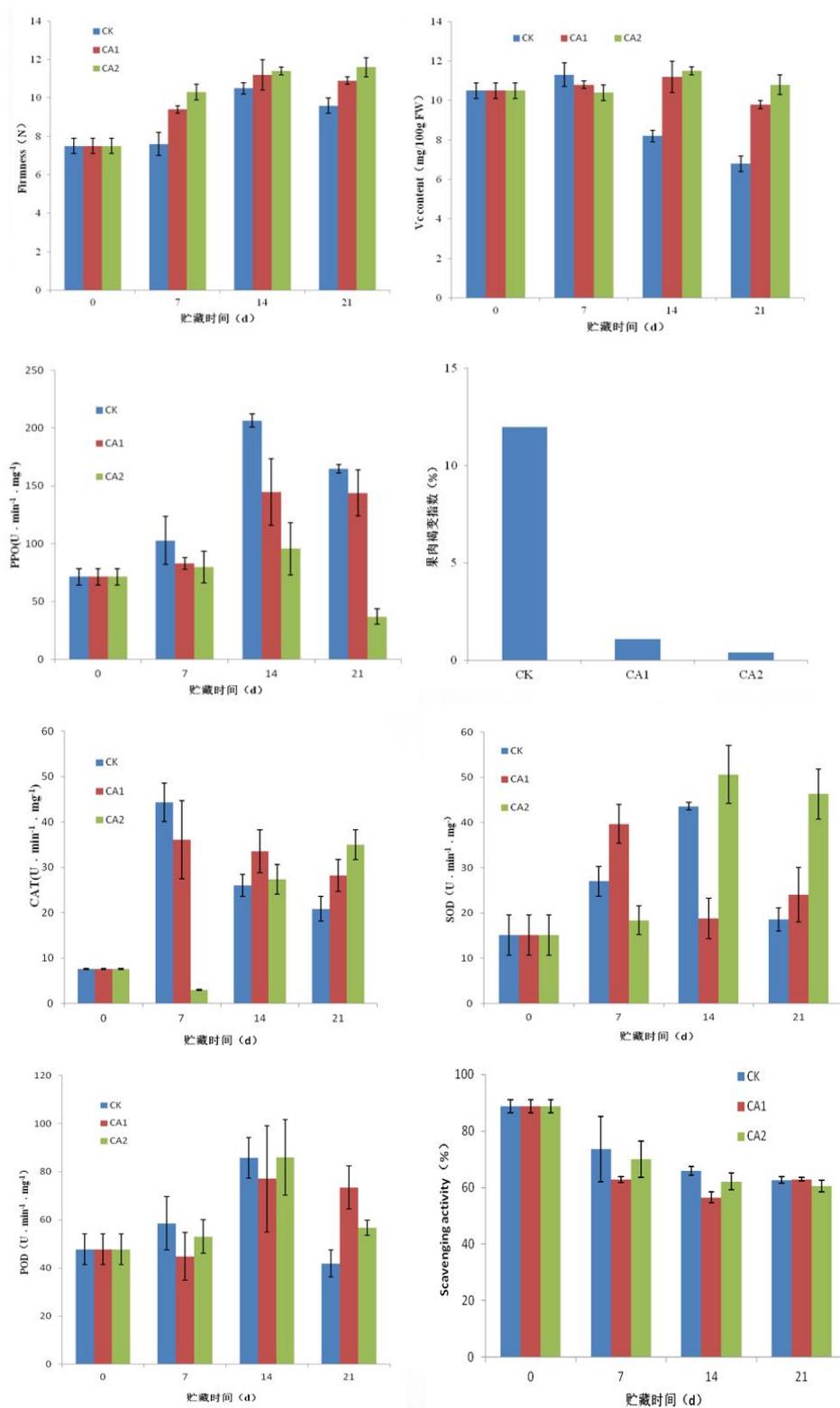


图7 气调对甜樱桃生理品质的影响

2.4 青椒气调参数试验

青椒属于 CO₂ 敏感型蔬菜，设计不同浓度的气体组成（表 2-1），通过感官和腐烂率来初步筛选适合青椒气调贮藏的气体浓度范围，贮

藏温度为 8℃。研究发现，低氧可显著增加青椒果实的腐烂率，可能因为低氧环境下青椒果实进行无氧呼吸，导致腐烂率增加，氧气浓度为 3%可显著降低青椒的腐烂率，适合青椒的贮藏。高二氧化碳可抑制果实的呼吸作用，延缓果实的衰老和腐烂，但是可导致青椒果实的气体伤害，果实表面产生白色的褪色斑，降低果实的商品价值。CA4 处理果实青椒果实腐烂率最低，色泽较好，具有较高的外观品质。

表 2-3 青椒气调参数实验设计

试验编号	O ₂ %	CO ₂ %
CA1	1	2
CA2	1	5
CA3	1	10
CA4	3	2
CA5	3	5
CA6	3	10
CA7	5	2
CA8	5	5
CA9	5	10

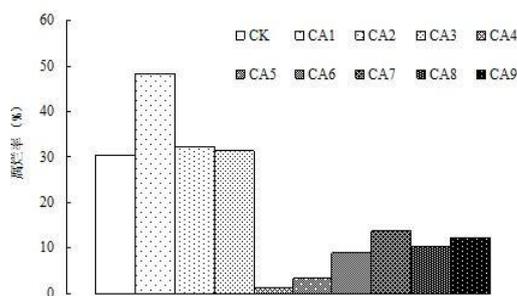


图 8 气调贮藏对青椒外观、腐烂率的影响

2.5 蒜薹气调参数试验

蒜薹的气调贮藏效果明显,但常规的现代化气调贮藏库贮藏蒜薹至今没有成功的案例,主要是整库蒜薹的气调环境下,难以解决蒜薹的失水问题。采用气调包装的贮藏方式更适合蒜薹的商业化贮藏。本研究采取用不同硅橡胶窗面积控制贮藏环境的气体成分,对蒜薹贮藏最佳气体成分进行研究。

硅窗袋贮藏蒜薹袋内 O_2 变化呈现先下降后达到动态平衡, CO_2 则为先上升后达到动态平衡,一周后袋内气体基本稳定(图9)。各包装袋内气体达到平衡时, O_2 和 CO_2 的比例见表 2-4。研究发现,随着硅窗面积的增大,袋内氧含量越高,二氧化碳含量越低,当硅窗面积为 S1 时,包装袋内 O_2 比例为 3~4%, CO_2 比例为 6~7%,能降低叶绿素的降解,维持蒜薹较高的外观品质。

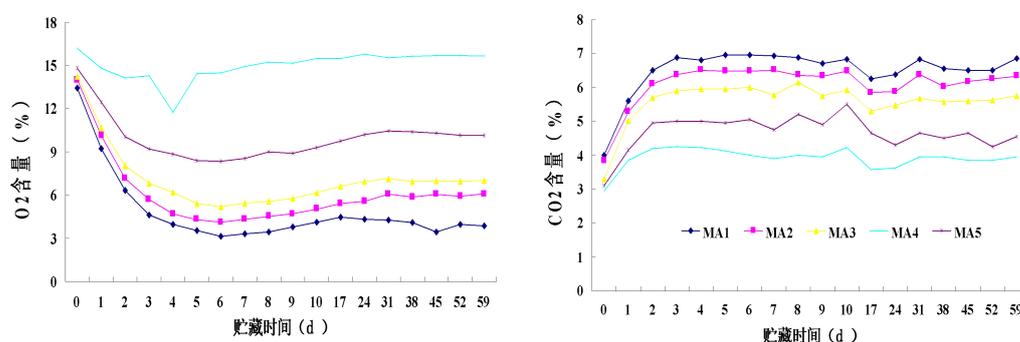


图9 包装袋内 O_2 、 CO_2 的平衡浓度

表3 硅窗袋内气体达到动态平衡时 O_2 和 CO_2 的比例

序号	实验编号	CO_2	O_2
S1	MA1	6%~7%	3%~4%
S2	MA2	6%~7%	5%~6%
S3	MA3	5%~6%	6%~7%
S4	MA4	3%~4%	15%~16%
S5	MA5	5%~6%	4%~5%

由图 10 可以看出,蒜薹贮藏 5 个月, MA1、MA2、MA3、MA4 和 MA5 四种硅窗袋贮藏蒜薹的叶绿素含量分别为 0.126 mg/g、0.11

mg/g、0.106 mg/g、0.098 mg/g 和 0.118 mg/g，气体比例为 O₂ 3~4%，CO₂ 6~7%能抑制蒜薹贮藏过程中叶绿素的降解，维持蒜薹的绿色。

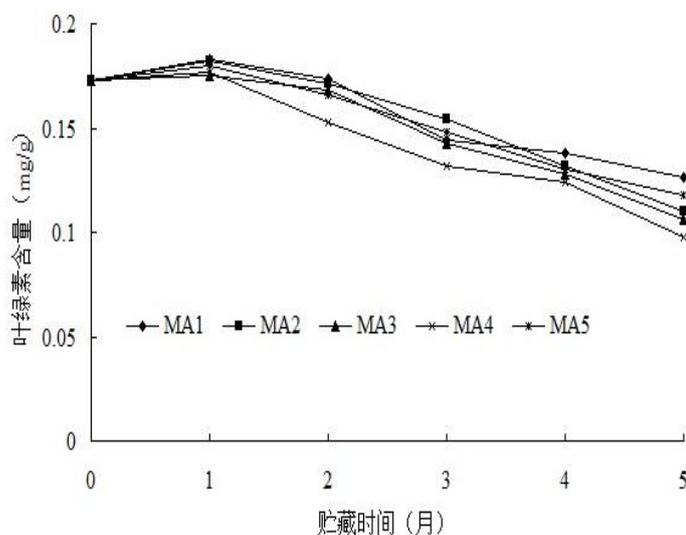


图 10 气体成分对蒜薹叶绿素含量的影响

(二) 预期的社会和经济效益

通过制定和实施《水果和蔬菜 气调贮藏技术规范》标准，将有效规范我国果蔬采后气调保鲜技术的应用与管理，显著提升保鲜效果，降低因保鲜不当导致的果蔬采后腐烂损失。预计该标准的推广可助力果蔬采后损失率在现有基础上进一步降低 10%以上，减少经济损失上亿元，直接促进农民增收和农业增效，为农村经济发展注入新动力。同时，标准化、专业化的气调保鲜技术应用，有助于提升果蔬产业链现代化水平，推动保鲜技术服务、冷链物流等相关产业发展，并因减少农产品浪费、保障市场优质供给而有利于社会稳定，其经济效益和社会效益将十分显著。

四、采用国际标准和国外先进标准的程度，以及与国际、国外同类标准水平的对比情况，或者与测试的国外样品、样机的有关数据对比情况

无。

五、与有关的现行法律、法规和强制性标准的关系；

在标准的制定过程中严格贯彻国家有关方针、政策、法律和规章，严格执行强制性国家标准。与相关的各种基础标准相衔接，遵循了政策性和协调同一性的原则。标准的名称、内容及指标与现行的国家标准之间不存在包含、重复、交叉问题。

六、重大分歧意见的处理经过和依据

无。

七、作为强制性标准或者推荐性标准的建议

基于我国果蔬产业固有的多样性、地域性、季节性以及由此导致的采后品质与贮藏需求的高度差异化，且并非所有品种都适用于气调保鲜，同一品种不同产区、不同成熟度的果蔬其生理特性（呼吸强度、乙烯产生、冷敏性、气体耐受性等）导致气体参数也存在差异，《水果和蔬菜 气调贮藏技术规范》根据产品特性动态调整相应的技术参数，因此，建议本标准作为推荐性国家标准发布。

八、涉及专利的有关说明

无。

九、贯彻标准的要求、措施和建议，包括组织措施、技术措施、过渡办法等内容

标准发布实施后，建议首先进行本标准的宣贯培训工作，根据本标准的适用范围，将主要面向各级农业农村机关、直属单位、企业等用户进行标准的培训与宣贯，以龙头企业示范实施，带动行业企业进行大规模应用。

十、废止现行有关标准的建议

无。

十一、其他应当予说明的事项

无。