

中华人民共和国农业行业标准

《竹笋采收贮运技术规范》编制说明

(送审稿)

《竹笋采收贮运技术规范》标准编制工作组

2022年11月

《竹笋采收贮运技术规范》编制说明

一、工作简况（包括任务来源、协作单位、主要工作过程、标准项目编制组成员及其所做的工作等）

（一）任务来源

本标准的制定任务来源于《关于下达 2022 年农业国家和行业标准制修订项目计划的通知》第 297 项，项目名称为制定《竹笋采收贮运技术规范》标准，项目合同编号为：NYB-22231。由浙江大学主持承担标准制定任务，本标准由农业农村部农产品冷链物流标准化技术委员会技术归口，标准起草首席专家为罗自生教授。标准参加起草单位为浙江大学、农业农村部规划设计研究院、温州万科农业开发有限公司。

（二）标准制订的意义

我国是竹笋生产大国，竹笋产量长期稳居世界第 1 位，产地遍布全国各地，竹类资源丰富，其中可食用竹笋有 200 余种类型众多，包括尖头青笋、毛竹笋、早竹笋、甜竹笋、麻竹笋等等。据不完全统计，中国年产鲜笋约占世界年产鲜笋总产量的 90%，笋制品年产量占世界的 95%，而我国人均竹笋消耗量至今仍不到 0.5 公斤。根据竹笋生长特性，其出笋期多集中上半年 2-5 月，此时环境气温较高，湿度大，且竹笋含水量高，呼吸作用旺盛，竹笋中大量的营养物质被其代谢消耗，容易失水老化，同时竹笋中的一些酚类物质容易被氧化成醌类物质而导致笋肉褐变，内外因素共同导致竹笋极易发生褐变、木质化和腐烂变质等问题，一般常温下放置 2-3 d 即失去食用价值，该类问题造成竹笋保鲜难度大，严重制约着竹笋的流通和销售，影响了竹笋产业发展。除 40%左右的竹笋被鲜食外，剩余 60%的竹笋主要用于被加工成笋干、清水笋、发酵笋、即食调味笋等笋制品。当前本项目相关内容仅有 1 项现行有效的国家标准 GB/T 30762-2014 主要竹笋质量分级（2014-10-27 实施）。该标准规定了竹笋的术语和定义、质量指标、试验方法、检验规则、标志、标签、包装与贮存。该标准适用于生产和销售的毛竹春笋、毛竹冬笋、麻竹笋、早竹笋、绿竹笋、苦竹笋。目前笋类采后采收和流通缺乏标准化处理规程和标准。

1、标准制定内容符合国家产业政策

冷链流通是一项新兴产业，是“国家十大产业振兴规划”中“物流业调整和振兴规划”推动的重点物流领域，为《国家中长期科学发展和技术发展规划纲要》的重点支持产业。我国果品冷链流通质量控制标准不完善，不能满足需求，是“振兴规划”中提出的存在突出问题之一，加强农产品质量标准体系建设，发展农产品冷链物流是“振兴规划”中的主要任务。2010年6月出台的《农产品冷链物流发展规划》，把果蔬冷链物流工程作为重点工程之一，提出2015年我国果蔬冷链流通率达到20%以上，冷藏运输率提高到30%左右，流通环节产品腐损率降至15%以下。在近几年下发的中央1号文件中均强调要加快农产品冷链物流系统建设，促进农产品流通。国家“十二五”科技发展规划中明确将食品绿色和安全加工、农产品贮藏与物流的技术研发作为攻克农业和村镇发展的关键，以实现重点领域核心关键技术的突破。

2、标准制定有利于提升果蔬贮藏流通产业整体水平

我国是竹笋生产大国，竹笋产量长期稳居世界第1位，产地遍布全国各地，竹类资源丰富，其中可食用竹笋有200余种类型众多，包括尖头青笋、毛竹笋、早竹笋、甜竹笋、麻竹笋等等。据不完全统计，中国年产鲜笋约占世界年产鲜笋总产量的90%，笋制品年产量占世界的95%，而我国人均竹笋消耗量至今仍不到0.5公斤。根据竹笋生长特性，其出笋期多集中上半年2-5月，此时环境气温较高，湿度大，且竹笋含水量高，呼吸作用旺盛，竹笋中大量的营养物质被其代谢消耗，容易失水老化，同时竹笋中的一些酚类物质容易被氧化成醌类物质而导致笋肉褐变，内外因素共同导致竹笋极易发生褐变、木质化和腐烂变质等问题，一般常温下放置2-3d即失去食用价值，该类问题造成竹笋保鲜难度大，严重制约着竹笋的流通和销售，影响了竹笋产业发展。除40%左右的竹笋被鲜食外，剩余60%的竹笋主要用于被加工成笋干、清水笋、发酵笋、即食调味笋等笋制品，然而目前笋类采后采收和流通缺乏标准化处理规程和标准。

3、标准制定有利于我国果蔬冷链流通标准化体系的建立和完善

当前我国生鲜农产品标准化体系不均衡，冷链流通质量控制体系标准缺乏，现行标准整体水平不高，更新缓慢，不利于提高生鲜农产品市场竞争。自20世纪80年代末开始起草制订有关果品标准以来，各级政府及相关部门加快了标准起草工作的进程，标准化工作有了长足的发展，但发展不平衡，产前多，产后少，

生鲜农产品采后流通环节标准还不完善。现行生鲜农产品标准存在标准老化现象。由于对标准体系建设的研究不够，缺乏系统性，虽然标准数量逐年增加，但生产流通中一些急需的标准依然欠缺，标准的科学性和实用性较差。研究制定生鲜农产品采后采收、预冷、贮藏、商品化处理（包括洗果、涂蜡、分级、贴标、包装等）、运输和上市销售，有些品种还需做催熟处理等各流通环节标准，标准间彼此衔接呼应形成从采前到市场的完整标准体系，促进生鲜农产品产业的现代化、规范化、标准化流通和管理意义重大。

（三）主要工作过程

2022年5月-2022年6月

完成项目可行性研究报告编制、合同签订、实施方案设计编写，做好竹笋采收、贮藏、运输等环节样品采集和实验研究准备工作。

2022年7月-2022年9月

完成竹笋环节竹笋品质检测、参数优化等预试验、正式试验和补充试验研究工作，完成数据分析总结与标准送审稿。

2022年10月-2022年12月

完成修订征求意见稿，形成竹笋采收贮运技术规范稿，完成制修订标准的征求意见、专家评审。

2023年1月-2023年3月

根据送审意见完善标准，完成竹笋采收贮运技术规范标准审定工作，形成报批稿，并提交标委会报批。

（四）编写人员与分工

文件制订主要起草人为罗自生、李莉、徐艳群、李栋、程勤阳、孙静、雷大锋、刘帮迪。

| 姓名 | 性别 | 工作单位 | 职务/职称 | 编制分工 | 联系电话 |
|-----|----|------|-------|-----------|-------------|
| 罗自生 | 男 | 浙江大学 | 主任/教授 | 标准制定总负责 | 13515813691 |
| 李莉 | 女 | 浙江大学 | 副教授 | 实施报告编制和完善 | 15168279966 |
| 徐艳群 | 女 | 浙江大学 | 副研究员 | 实施报告完善 | 18757143277 |

| | | | | | |
|-----|---|--------------|--------|-------------|-------------|
| 李 栋 | 男 | 浙江大学 | 助理研究员 | 竹笋采收贮运实验的实施 | 18868100662 |
| 程勤阳 | 男 | 农业农村部规划设计研究院 | 研究员 | 标准需求调研及起草 | 15801213450 |
| 孙 静 | 女 | 农业农村部规划设计研究院 | 正高级工程师 | 参与标准起草及征求意见 | 13810129078 |
| 雷大锋 | 男 | 温州万科农业开发有限公司 | 董事长 | 参与标准贯标工作 | 13736902999 |
| 刘帮迪 | 男 | 农业农村部规划设计研究院 | 工程师 | 参与标准征求意见 | 18623057295 |

二、标准编制原则和确定标准主要内容的依据

（一）编制原则

1、以法律法规为依据

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，并符合国家有关食品安全、质量、标识标签、计量、食品生产许可管理的规章及规范性文件。

2、遵从产业行业实际原则

标准起草过程中，多次到生产企业和事业单位进行调研，充分听取意见，熟悉实际操作流程，在满足食品安全的前提下，充分反映竹笋采收贮运一线技术的实际情况，做到标准为产业和行业服务。

3、先进性、科学性、可操作性、实用性相统一原则

严格执行 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》中有关标准编写方面的标准。本标准的编写制定过程中以规范竹笋采收贮运技术规程和保证产品品质总原则。遵循了标准制定过程中的先进性、经济性和适用性原则。在标准的制定过程中严格遵循国家有关方针、政策、法规和规章，严格执行强制性国家标准和行业标准。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。

(二) 标准主要技术内容确定依据

本标准的主要内容是根据我国竹笋采收贮运技术规范有关的国家和行业标准制订情况，结合近年来国内外高校、科研院所、企业实际操作过程关于竹笋采收贮运技术研究成果、学术论文和生产现状，并参照相关标准而提出。

1、标准内容

本标准规定了采收与贮藏、出库及贮后质量、运输、检验等技术要求。

本标准主要适用于鲜食竹笋和加工用竹笋的采收、贮藏与运输。

2、关键内容提出依据

(1) 参考相关的现行有效标准

主要参考了新鲜蔬菜的质量分级、安全评价、分类及代码、包装及标识等方面的现行有效的标准内容。如 GB/T 2762-2017 食品安全国家标准 食品中污染物限量、GB/T 2763-2021 食品安全国家标准 食品中农药最大残留限量、GB/T 26432-2010 新鲜蔬菜贮藏与运输准则、GB/T 30762-2014 主要竹笋质量分级、SB/T 10029-2012 新鲜蔬菜分类与代码、SB/T 10158-2012 新鲜蔬菜包装与标识，等。

(2) 结合编制单位科研成果及应用经验

结合项目组各个起草单位在竹笋采收贮运技术方面多年研究总结的技术参数和示范推广经验，并分析参考近年来国内外高校、科研院所的研究成果而提出主要的技术参数。

(3) 通过大量实地与技术调研情况

通过对竹笋产地、种植大户、合作社、经销商、供应链、销售区域等不同方面的实地调研，掌握了一手资料，提供了实践与应用基础。通过对竹笋采收贮运技术等的调研，了解了行业的运行情况与技术需求。并针对竹笋采收和贮运技术过程中涉及的品质特性和操作参数进行科学研究和实验报告得出。其中详细的参数依据会在第三部分一一说明。

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

在本标准制订过程中，对竹笋采收贮运关键操作环节展开了有针对性的调研报告和科学研究。

（一）鲜食竹笋和加工竹笋的产业现状

中国竹类资源丰富，栽培利用历史悠久。我国有竹类植物 39 属，500 多种，面积、蓄积量、竹制品产量和出口额均居世界第一，素有“竹子王国”之誉。竹笋，在中国自古被当作“菜中珍品”，其含有丰富的蛋白质、氨基酸、脂肪、糖类、钙、磷等人体需要的元素。在 39 属 500 多种竹子中，其中可食用的竹笋有 200 种以上，品质优良的笋用竹 30 多种，如占竹林总面积 69% 的毛竹有春笋、冬笋、鞭笋可供食用。随着笋用竹林和笋竹两用林丰产技术的推广应用，我国鲜笋产量逐年递增。从 1980 年的 39 万吨，增加到 1990 年的 120 万吨，2001 年的 217 万吨，2018 年我国竹笋约达 380 多万吨，产值约达 60 多亿。从市场需求来看，竹笋三分之一为鲜销，三分之二加工成各种竹笋制品。

鲜竹笋含水量高，毛竹春笋含水量为 90%，冬笋为 85%，属鲜嫩食品，不耐贮藏和长途运输。在 70 年代以前，竹农以做盐渍笋或做酸笋或加工笋干；80 年代大量加工水煮笋的同时，使用焦亚硫酸盐与苯甲酸等化学防腐剂保鲜竹笋。随着保鲜技术的发展，目前开始利用天然食品保鲜剂，通过采收过程控制及各种保鲜措施的配套运用，依托快速发展的冷链运输物流网络，使市售的鲜竹笋品质基本得以保持。另一方面，我国竹笋产业已走上产业化道路，比较大型的竹笋加工企业的经营方式都是“公司+基地+农户”，重视以市场为导向，以消费者的需求对竹笋进行深加工。目前竹笋加工主要产品有水煮笋、调味笋、羊尾笋、盐渍笋等各种保鲜笋。绿笋干、天目笋干、发酵笋干、玉兰片、盐笋干等特色笋干。我国每年生产竹笋加工制品 170 多万吨。其中竹笋制品 100 多万吨，主要出口日本、韩国等国家，近年来产品也开始涉及欧美地区。还有超临界 CO₂ 萃取毛竹笋油的工艺，此工艺以竹笋加工业的大宗废弃物为原料，整合超临界萃取、分子蒸馏、膜分离、超微粉碎等现代生物技术手段提取天然活性成分，研究其结构、组成、生物学功能和药理活性，进行药物原料、保健食品、食品、营养强化剂和饲料添加剂等的梯度开发，并进行综合利用。目前部分成果已在浙江诸暨、浙江安吉、福建南平产业化。

然而，竹笋采收后易失水萎焉、组织老化（木质化）、表面褐变和腐烂变质。同时竹笋产地和收获时间集中，采收期段，是典型的季节性农产品，而且竹笋采后自身代谢旺盛，5 个小时风味就发生变化，常温下 2-3 天便失去食用品质和商

业价值。目前竹笋生产中存在的突出问题是鲜竹笋贮运困难，使得竹笋的销售时间和空间都有一定的限制性，产笋旺季笋常常过剩变质，而淡季时市场笋供应不足，工厂无笋加工也会被迫停产，制约竹笋产业的发展。另外，一些优良品种的笋（如甜笋等）鲜笋风味好，必须通过保鲜处理保持风味。传统的贮藏方法有化学添加剂保鲜、盐腌贮藏、硫制剂处理保鲜等，但这些过程中产生的采后损耗量依然很大。低温储藏及冷链运输是目前生产实践当中用来延缓鲜笋的木质化、延长鲜笋的货架期最普遍和有效的方法之一，然而不恰当的低温处理会在鲜笋当中，尤其是质地娇嫩的品种中，引发低温冷害，造成鲜笋表面褐变，组织老化，凹陷小斑点，并呈水渍状软腐，对产品的食用价值造成损害。此外，一些企业在生产能力有限的情况下大都采用传统的硫化物处理保鲜，原料、产品的质量不能保障。因此，研究开发有效的竹笋的保鲜技术，寻求有效降低竹笋的采后损耗、延长鲜笋供应期的方法，对于整个竹笋产业的发展具有十分重要的意义。

（二）竹笋采收贮运技术与方法现状

鲜食竹笋和加工用竹笋均面临着适时采收、贮运保鲜的问题，主要体现在如下几个方面：笋期集中、产笋季节短、造成笋加工厂旺季时来不及加工处理，淡季时无原料供应的局面，故必须通过适时采收和贮运保鲜处理，解决贮藏和运输的问题。优良品种的鲜笋风味好，必须通过保鲜处理保持风味。不适宜或不正确的采收贮运方法制成的加工用鲜笋制成清水罐头等制品后，风味品质下降，故研究鲜笋的采收贮运技术很有必要。低温贮藏及冷链运输是目前生产实践当中用来延缓鲜食竹笋变质和延长货架期最普遍和有效的方法之一。然而不恰当的采收贮运技术与方法，尤其是质地娇嫩的品种中，会造成鲜笋表面褐变、组织老化、凹陷小斑点，并呈水渍状软腐，对产品的食用价值造成巨大损害。

1、竹笋保鲜贮藏技术研究回顾

（1）竹笋的产笋特性

我国 500 种左右的竹种中，大多数的笋可食用，如分布于中亚热带的毛竹、南亚热带的麻竹。其中出笋季节有冬天及春天，也有夏天及秋天，竹种的产笋特性对鲜笋的保鲜贮藏影响极大。从严格意义上说，竹笋是可食用的芽，作为植物器官中生理活动最旺盛的部分，对其保鲜贮藏的措施要求较高。竹笋采收后，带壳笋离体 2h，呼吸强度为 $47.38 \text{ CO}_2/\text{mg}$ ，离体 5h 后，达到呼吸高峰 $277.84 \text{ CO}_2/\text{mg}$ ，

剥壳笋离体 2h，呼吸强度为 399.96 CO₂/mg，离体 5h 达 1178.08 CO₂/mg，在外观上可看到从创伤面开始软化腐烂。同时，冬笋在 10~15℃ 下，2 周内自然失水率达 20%，而南亚热带麻竹笋，产笋季为夏季，失水更快。

（2）竹笋的采收特性

竹笋经营粗放，使得其保鲜贮藏有自己的特点，表现在：采收创面大小不一，尤其是创伤面大，导致强烈的创伤呼吸；笋体自身纤维化程度不一；笋体大小不一；收购的竹笋良病混杂，这些都给竹笋贮运保鲜带来一定的难度。

（3）微生物侵染

导致竹笋保鲜贮藏困难的原因除上面提到竹笋本身的生理活性和采收特性之外，微生物侵染导致腐败变质也是主要原因之一，与水果类可控制精细采收不同，竹笋与土壤接触，存在着微生物的二次侵染。此外，其它采收措施，如刀具、堆放物均可使笋体受到微生物侵染。

（4）切分特点

竹笋贮运过程中，特别是进入超市前，必须把笋体定量切分，在切分中，影响贮藏的因素有：①若创面光滑，受损细胞少，创伤呼吸就低；②切面选择不同，也会影响呼吸。

2、竹笋采收贮运关键技术综述

对竹笋贮运的过程就是一个系统的工程，采取有控制的采收技术是其前提，在此基础上须重点解决两个问题：一是防止细菌微生物侵染而导致腐烂变质；二是降低其生理活性，推迟呼吸高峰，避免因生理活动导致失水、组织结构老化，以达到保持竹笋的色、香、味、脆的保鲜贮藏目的。

（1）有控制的采收技术研究

在采收竹笋时，极易感染微生物，这是造成其在保鲜贮藏过程中腐败变质的主要原因。同时，因其创伤面较大，于采后约 5h 内即达到呼吸高峰，因而造成品质下降，应从以下几个方面进行研究，并制定出技术标准。竹笋采收时应新鲜洁净，外表无机械伤，无病虫害，无腐烂，污染物和农药残留限量须严格控制。竹笋的采收宜在晴天的清晨或阴天等气温较低时进行，避开高温时段。竹笋在笋头刚露出土面时为采收适期，过迟采收，纤维多，有苦味。采收时扒开笋周围的泥土，露出竹鞭，用刀切段笋基部，取出竹笋，再将坑穴覆土填平，不会影响母

竹继续生长。采收后竹笋宜放置在阴凉处，严禁在太阳下暴晒。

（2）抑菌防霉技术

影响竹笋保鲜贮藏的主要微生物分别来自土壤、笋体本身的病虫害和空气中，其首先侵染的部分是创伤面，所以主要的抑菌防霉措施，应针对创伤面而制定，同时在保鲜贮藏前对笋体进行消毒非常重要，因笋体可直接食用，所选择的试剂要求安全无毒，故必须十分慎重。

（3）被膜技术

被膜技术就是在笋体的创伤面上涂上一层高分子的液态膜，干燥后形成一层薄而均匀的膜，可以降低笋体的创伤呼吸，减少营养物质的消耗，延长笋体的贮藏寿命；另外，还能减少笋体水分的蒸发失水，保持其新鲜饱满；同时可减少微生物的侵染所造成的腐烂。目前，被膜技术已广泛应用于果蔬的保鲜贮藏，如柑桔、苹果、番茄、甜椒等，徐金森在保鲜贮藏竹笋的研究中，以石蜡涂布伤口，结合其它方法，效果很好。被膜材料很多，主要由疏水性物质、水、表面活性物质和水溶性高分子物质组成，经乳化分散加热灭菌制得。理想的被膜材料应具有如下特点：有一定粘度，易于成膜；形成膜均匀，连续，具有良好的保鲜作用；无毒，可食，无异味。如英国的森柏尔涂膜保鲜剂，其三种基本成分为蔗糖酯、羧甲基纤维素钠、脂肪酸单甘和双甘油酯，它们都是天然物质，安全无毒。日本用淀粉、蛋白质等高分子溶液加上植物油做成混合涂料，在柑桔、苹果上应用效果良好。袁毅桦、樊明涛等用壳聚糖分别对番茄和甜椒、黄瓜进行保鲜涂膜研究，结果表明保鲜效果良好。但被膜技术如应用不当，会对保鲜贮藏起相反的作用，如对环境消毒力度不够，或笋体带菌，由于蔗糖、壳聚糖、淀粉等均为微生物良好的培养基，往往造成涂膜材料首先污染，继而引至笋体腐烂变质。

（4）杀菌剂保鲜

在世界范围内，果蔬采收后都普遍使用杀菌剂处理，以控制其腐烂。因竹笋的采收作业粗放，微生物侵染的机会比其它果蔬更多，所以使用杀菌剂在竹笋的保鲜贮运过程中是必不可少的。防腐防霉试剂的选择原则，首先必须针对某种采收后发生的特定病害种类，所以对采收后笋腐败的主要病菌进行分离鉴定的研究是必须的；其次，所选择的试剂其使用残留量必须符合食品卫生的要求。此外，还要注意病原菌迅速产生抗药性的问题。现介绍几种主要的防腐防霉试剂。有机酸类：

包括山梨酸类、乳酸、柠檬酸等，其溶液在一定的 pH 下，能较好地遏制细菌繁殖，专利号 86103151 保鲜剂即为此类。氯和次氯酸盐:此类杀菌剂主要用于水的消毒，降低水中的细菌微生物含量，在日本采用 100mg/kg 次氯酸钠溶液对结球生菜消毒后直接上超市出售。二氧化硫及亚硫酸盐:主要应用 SO₂ 控制采后作物不易腐烂，其应用已有很长历史，如在葡萄贮运过程中大量使用；周云等利用 S 处理对龙眼贮藏有较好的效果；徐金森利用 Na₂SO₃ 进行竹笋保鲜也有较好的效果。其它杀菌剂:目前用于果蔬保鲜可选用的商品杀菌剂很，如邻苯酚、仲丁胺、特克多、抑霉唑、乙磷铝、扑海因等。关键在于有选择性地应用，一方面要针对引起腐败的病原菌，另一方面，要求安全低毒低残留。

(5) 物理灭菌方法

辐照保鲜目前多用同位素，以 ⁶⁰Co 作为辐射源，其适当剂量的辐射既能对笋体表面杀菌，又能在一定程度上延缓笋体的生理活性。但由于采用这种办法基本建设投资太大，故应用在竹笋保鲜贮藏上是有限的。其它还有微波保鲜处理和臭氧保鲜处理。

对竹笋贮运保鲜贮藏技术研究，过去的研究具有仅针对某一环节而进行单一技术研究的局限，应从有控制的采收措施研究开始，综合进行抑菌防霉和延缓生理活动等多项研究，形成配套技术，以利推广应用。竹笋产地分散，且多分布于一些边远山区，难以进行有控制的统一收购。针对这些特点，将竹笋采收贮运保鲜中需技术处理的各环节技术进行标准化规定。

(三) 竹笋采收贮运技术与方法研究案例

针对这一鲜笋产业中存在的突出问题，本标准编制组研究按照拟定的《竹笋采收贮运技术规范》标准草案内容，按照标准化采收技术采收竹笋，在笋头刚露出土面时为采收适期，过迟采收，纤维多，有苦味。采收时扒开笋周围的泥土，露出竹鞭，用刀切段笋基部，取出竹笋，再将坑穴覆土填平，不会影响母竹继续生长。竹笋采收时应新鲜洁净，外表无机械伤，无病虫害，无腐烂，污染物限量符合 GB/T 2762-2017，农药残留限量符合 GB/T 2763-2021。采用复合保鲜技术作为标准实施案例，主要包括在采收后、低温贮藏前进行水杨酸处理、一氧化氮处理及采用光化学技术 UV-C 处理等。

1、一氧化氮 NO 处理低温贮藏复合处理

利用低浓度硝普钠溶液来产生微量 NO 来达到低温贮藏前处理。通过 0.03, 0.05, 0.07 和 0.09 mM 硝普钠溶液的试验, 优选出 0.07mM 硝普钠作为最优的处理浓度。具体处理方法如下: 新鲜采收的竹笋通过在 0.07mM 硝普钠溶液中 20°C (或常温) 浸泡 30 分钟; 蒸馏水浸泡处理作为对照组; 处理后竹笋放入塑料托盘加保鲜膜包裹后在 1°C、85-90%相对湿度环境下低温贮藏两个月。

记录竹笋在低温贮藏冷害发生情况, 竹笋的生理指标每 14 天收集一次样品进行检测。本研究对 NO 处理后的竹笋在低温贮藏过程中多胺, 脯氨酸, γ -氨基丁酸的合成和代谢过程的相关指标进行检测。

2、水杨酸 (SA) 处理低温复合保鲜

新鲜竹笋由浙江省余杭采摘后 3h 内运动到实验室, 采用 1.0 mM 水杨酸溶液(通过对 0.5, 1.0, 1.5, 2.0, 2.5, 3.0 mM SA 的处理效果的优化所得) 浸泡处理 15 min, 用蒸馏水浸泡作为对照; 浸泡后的竹笋于冷风下吹 30 min, 然后于 1 °C 贮藏 50 d。对竹笋的冷害发生率、自然发病率及相关生理指标每 10d 测定一次。

3、光化学 UV-C 处理

新鲜竹笋由浙江省余杭采摘后 3h 内运动到实验室, 采用 2.0, 4.1, 8.0 kJ/m² 计量的短波紫外光 UV-C (254 nm) 灯进行辐照, 通过实验发现, 4.1 kJ/m² 是竹笋能够承受的最大强度的 UV-C 辐照剂量, 大于该剂量会对竹笋表面产生不利影响, 而等于或小于该剂量的 UV-C 不会对竹笋带来感官影响。UV-C 的剂量通过 UV-C 特异光感受器来监测和实施。处理后的竹笋于常温下避光贮藏 56 天, 对竹笋的冷害发生率、自然发病率及相关生理指标每 10d 测定一次。

4、竹笋采后品质指标监测

NO 处理后的鲜竹笋在两个月的低温贮藏过程中冷害发生率明显下降 (图 2A), 在低温贮藏结束时相比于对照组, 处理后的竹笋冷害率下降 37.9%。在竹笋冷害的发生过程中伴随着组织细胞膜的破坏, 以及膜上脂肪的氧化损伤, 一般植物生理学中采用丙二醛 (MDA) 及细胞浸出物的电导率来表征植物组织细胞的损害程度。本研究发现, NO 处理后的竹笋中丙二醛 (MDA) 的含量明显低于对照组, 在贮藏结束时低于对照 8.8% (图 2-1B), 同时, NO 处理抑制了低温贮藏过程中竹笋组织的电导率的上升, 贮藏结束时比对照下降 18.6% (图 2-1C), 表明 NO 处理后的竹笋在低温贮藏过程中组织的损害被明显降低。

在低温贮藏前进行 UV-C 辐照同样能够有效的降低低温冷害的发生(图 2 A) 在三组 UV-C 剂量处理组 (2.0, 4.1, 8.0 kJ/m²) 中, 4.1 kJ/m² 对竹笋的冷害发生率抑制作用最明显, 在贮藏结束时相比于对照度下降了 20%以上。此外, UV-C 辐照处理的竹笋在贮藏期间的组织损害程度, 由 MDA 和电导率来表征, 明显下降 (图 2 B, C)。在贮藏结束时, 处理组的 MDA 要低于对照组 11.1%, 细胞浸出物的电导率低于对照 20%。由图 1 可见, 处理组在低温下发生了明显的冷害, 表面褐色, 且有凹陷小斑点, 并呈水渍状软腐失水状 (图 1 A, a), 而 UV-C 处理后的竹笋在剥皮后表面呈现健康的色泽, 冷害明显被抑制, 竹笋保持了良好的感官品质 (图 1 B, b)。



图 1 竹笋贮藏后期的表面形态: 图 A, a 对照度, 图 B, b UV-C 处理组。

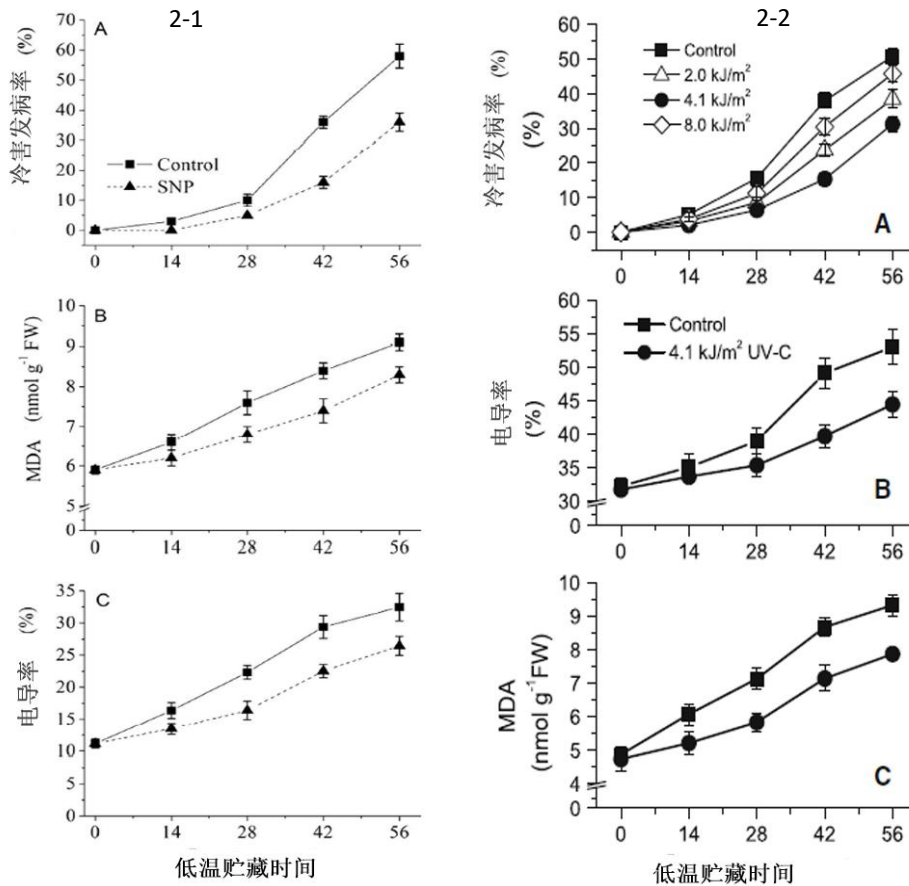


图 2 竹笋的冷害发病率、丙二醛（MDA）含量、细胞浸出液电导率：2-1，NO 处理，2-2，UV-C 处理

本研究发现水杨酸处理后的竹笋在低温贮藏过程中，尤其是在贮藏 20 天以后的冷害发生具有明显的抑制作用，在贮藏结束时其冷害发病率下降了 40%（图 3a），同时，处理后的竹笋的自然发病率也明显降低，比对照组在贮藏 50 天后下降了 32%，总体来看贮藏保鲜效果非常明显（图 3b）。此外，根据细胞浸出液电导率和 MDA 含量结果来看，SA 处理能够明显降低竹笋组织细胞在低温贮藏过程中的细胞损害（图 3c,d）。

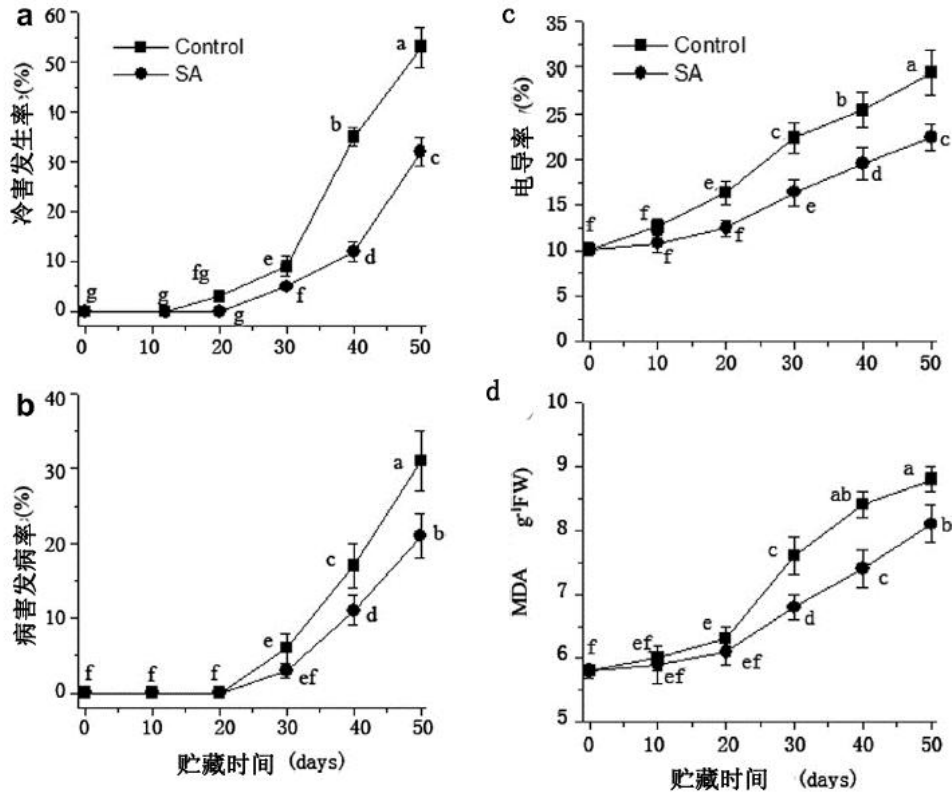


图 3 竹笋冷害、自然病害、细胞浸出液电导率及丙二醛（MDA）含量

利用硝普钠溶液处理后的竹笋组织中 NO 含量在低温贮藏过程出现明显的上升且高于对照组，同时，组织内调控 NO 合成的一氧化氮合酶（NOS）的活性也显著上升，在低温储藏结束时，处理组的二者分别高于对照组 16.4%和 20.2%（图 4）。

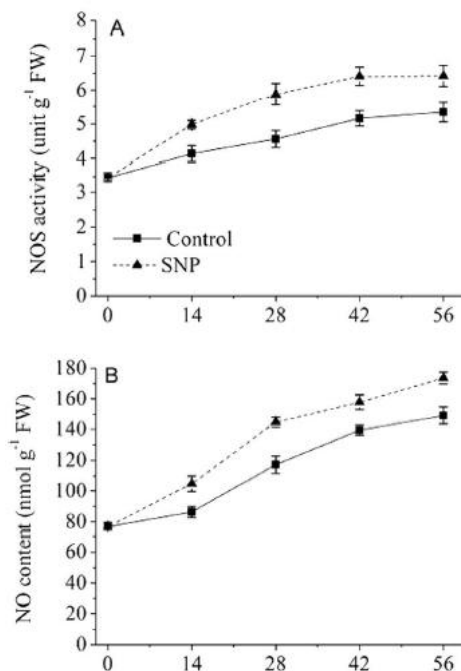


图 4 竹笋一氧化氮合酶（NOS）的活性及内源性 NO 含量

多胺在植物组织抵抗胁迫，维持细胞的渗透压中起到重要作用，其中，腐胺（Put），亚精胺（Spd）和精胺（Spm）是竹笋中主要的多胺成分。NO 处理后的竹笋中这三类多胺的含量在低温贮藏过程中出现明显的积累，含量远高于对照组。在低温贮藏结束时，NO 处理后的样品中腐胺（Put）含量较对照组高出 21.6%，亚精胺（Spd）高出 18.3%，精胺（Spm）的含量也显著高于对照组（图 5 a-c）。由图 5 d-e 可以看出水杨酸还同时使得竹笋中的多胺成分，腐胺（Put），亚精胺（Spd）和精胺（Spm）显著富集，在贮藏 50d 时，处理组多胺含量高于对照组 30%以上。同时，多胺的积累与冷害的发生率之间存在显著的线性相关性（ $r>0.9$ $P<0.05$ ），表明多胺的有效积累可能是水杨酸处理降低竹笋冷害的一个重要原因。

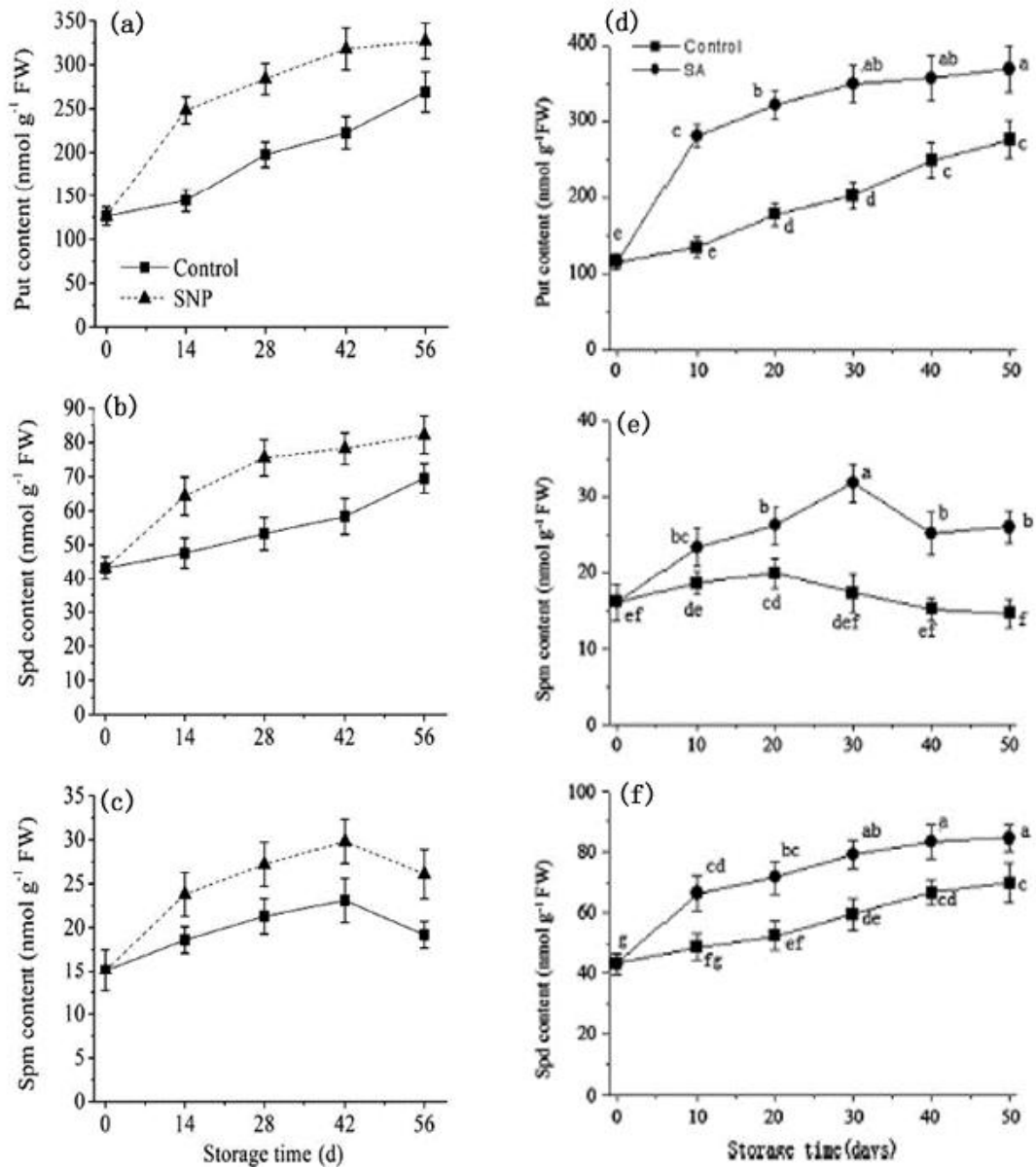


图5 竹笋腐胺 (Put), 亚精胺 (Spd) 和精胺 (Spm) 积累含量: NO 处理 (a,b,c)、水杨酸处理(d,e,f)

精氨酸脱羧酶 (ADC) 和鸟氨酸脱羧酶 (ODC) 是多胺合成当中关键的限速酶, 通过对这两种酶活力的检测发现, NO 处理后的竹笋中二者活力均有显著的提高, 处理组的样品在低温贮藏过程中显著高于较对照组 (图 6 A, B)。相反的, 二胺氧化酶 (DAO) 和多胺氧化酶 (PAO) 作为分解多胺的关键酶 (图 6 C, D), 其酶活在 NO 处理的竹笋中显著降低, 其中多胺氧化酶 (PAO) 在低温贮藏结束时较对照组活力降低 15.9%。综合上述结果表明, NO 处理提高了多胺合成酶的活力并降低了多胺分解代谢酶活, 从而使得多胺在竹笋中有效积累, 而多胺的积累可以帮助竹笋组织抵御过度低温所带来的冷害。

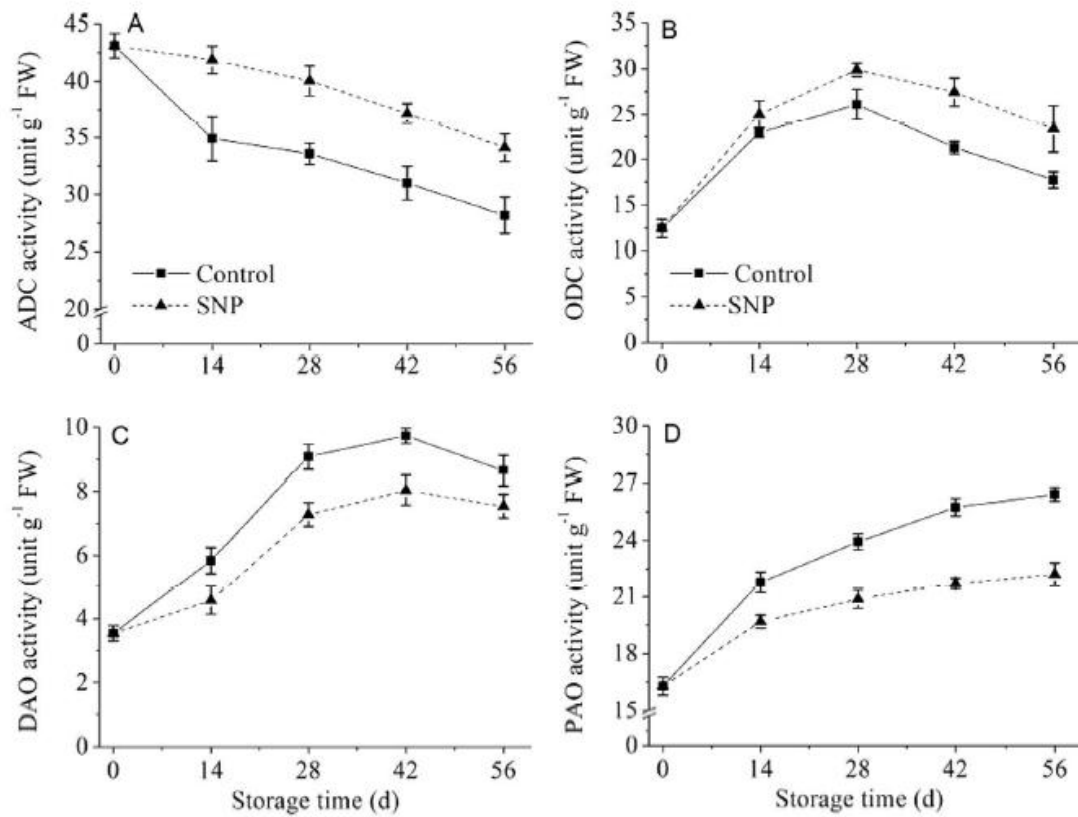


图 6 竹笋多胺合成酶精氨酸脱羧酶 (ADC)，鸟氨酸脱羧酶 (ODC)；多胺降解酶二胺氧化酶 (DAO) 和多胺氧化酶 (PAO) 活性

在受到非生物胁迫时，如干旱，高盐，重金属胁迫等，植物组织中的脯氨酸已被报道会产生明显的积累。脯氨酸参与维持植物细胞的渗透压平衡，维持细胞亚细胞结构及细胞器稳定。在本研究中脯氨酸在与多胺结果类似，在低温贮藏过程中 NO 处理后的竹笋中脯氨酸也发生了明显的富集 (图 7A)。同时脯氨酸合成的关键酶鸟氨酸- Δ -氨基转移酶 (OAT)，1-吡咯啉-5-羧酸合成酶 (P5CS) 的活性被明显上调，降解酶脯氨酸脱氢酶 (PDH) 活力被明显抑制 (图 7 B,C,D)。UV-C 处理对脯氨酸的调控也表现出类似的结果，在贮藏结束时，UV-C 处理的竹笋中的脯氨酸含量比对照度上升 24.5% (图 7 E)，同步的脯氨酸合成酶 P5CS 活力被显著上调而脯氨酸降解酶 PDH 活力有所下调 (图 7 F,G)。

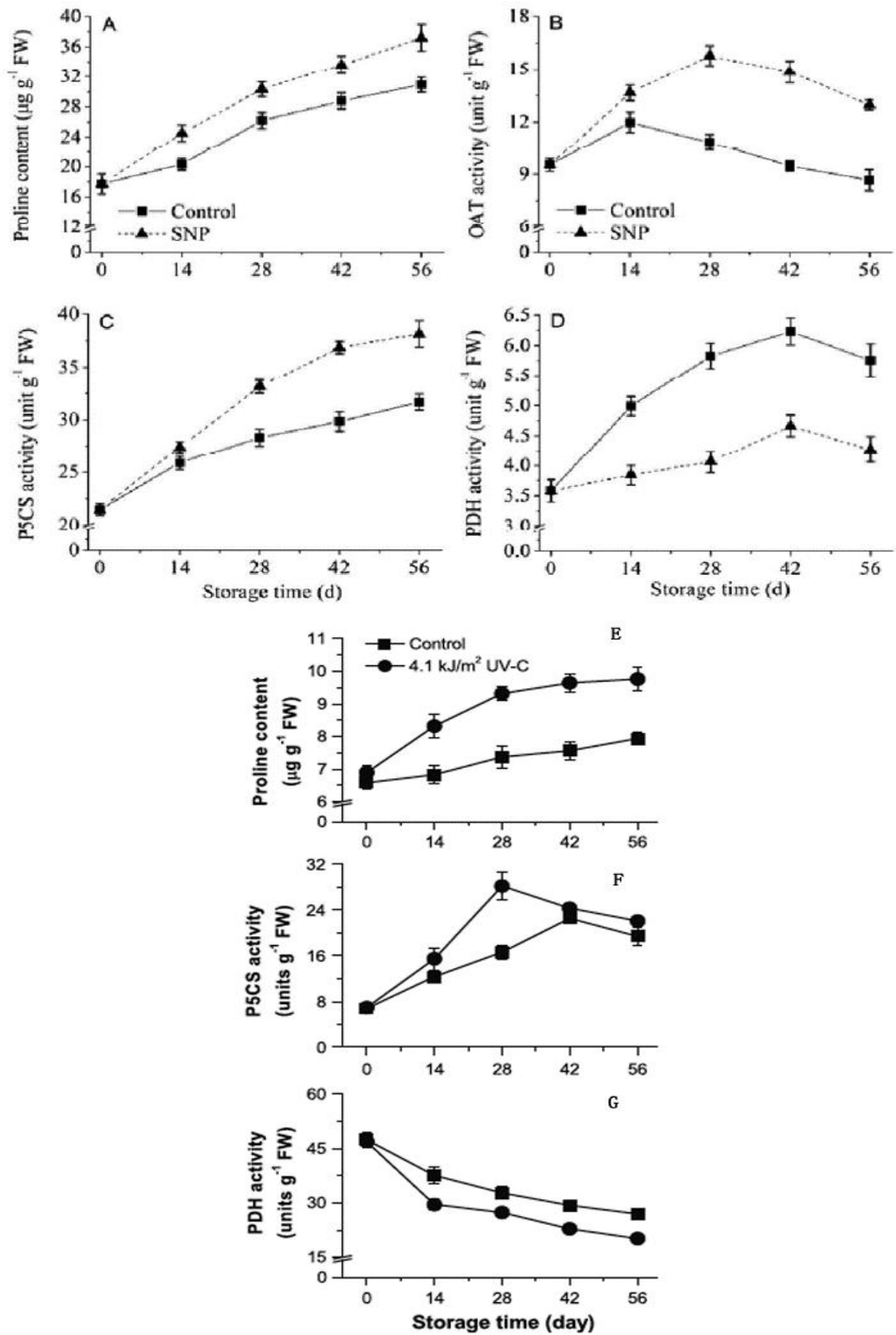


图7 竹笋脯氨酸 (proline) 积累及代谢相关酶活性: NO 处理, B, 鸟氨酸- Δ -氨基转移酶 (OAT), C, 1-吡咯啉-5-羧酸合成酶 (P5CS), D, 脯氨酸脱氢酶 (PDH)

对于 γ -氨基丁酸，在低温贮藏过程中 NO 处理后的竹笋中的含量也明显高于对照组。 γ -氨基丁酸合成的关键酶谷氨酸脱羧酶（GAD）的活性被明显上调，降解酶 γ -氨基丁酸转氨酶（GABA-T）活力被明显抑制，在贮藏结束时， γ -氨基丁酸转氨酶（GABA-T）的活力被降低 18%（图 8）。

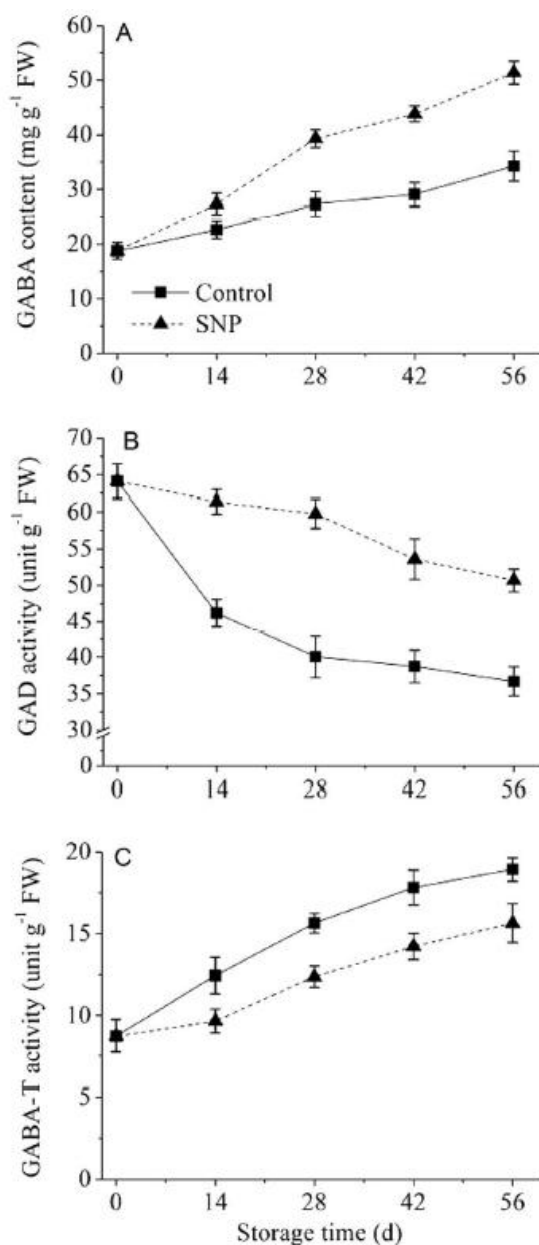


图 8 竹笋 γ -氨基丁酸（GABA）积累，谷氨酸脱羧酶（GAD）， γ -氨基丁酸转氨酶（GABA-T）酶活性

5、竹笋采收贮运关键技术研究结论

本标准编制组研究发现适时采收的前提下，贮藏、出库、运输等过程的标准化操作对新鲜竹笋组织维持品质和抗逆境胁迫起到至关重要的作用。经过近两年竹笋采收贮运实验相关研究，结果表明利用低温和一氧化氮等复合处理可以明显

促进鲜笋中多胺，脯氨酸， γ -氨基丁酸等氨基酸的积累，提高相关代谢酶的活力从而激活相关合成及代谢途径，处理后的鲜笋的冷害发生率降低 37.9%，脂肪氧化程度降低，组织完整性更好，大大提升了鲜笋的低温贮藏品质。水杨酸作为一种安全的天然化合物，低浓度溶液处理竹笋能够明显降低竹笋在低温贮藏过程中冷害的发生，同时褐变也被明显抑制，保持了竹笋良好的外观品质。此外低剂量 UV-C 对竹笋抗性具有诱导作用，提高了竹笋贮藏和运输过程中的抗逆境能力，同时对活性氨基酸等营养物质的积累也具有积极作用。该实施案例便捷、高效、环保，具有很好的实际应用价值。

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、引用相关法律法规和国家、行业标准

本标准按照《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，充分考虑竹笋采收贮运产业发展现状和实际需求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和行业标准。在标准的制定过程中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、行业标准之间不存在包含、重复、交叉问题。本标准的编写格式根据 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》的规定，内容和要求参考了相关法律法规，引用了现行有效的国家标准、商业标准，并与其保持较好的协调性。具体如下：

GB/T 2762-2017 食品安全国家标准 食品中污染物限量

GB/T 2763-2021 食品安全国家标准 食品中农药最大残留限量

GB/T 26432-2010 新鲜蔬菜贮藏与运输准则

GB/T 30762-2014 主要竹笋质量分级

SB/T 10029-2012 新鲜蔬菜分类与代码

SB/T 10158-2012 新鲜蔬菜包装与标识

六、重大分歧意见的处理经过和依据

无重大分歧意见。

七、作为强制性标准或者推荐性标准的建议

建议本标准作为推荐性行业标准发布。

八、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，建议首先对标准进行宣贯，指导标准的建立落实，农业农村部主管部门组织省、市各级业务主管部门和行业协会进行示范实施，带动企业进行大规模应用。

九、废止现行有关标准的建议

无。

十、其他应当予说明的事项

无。