

中国磷复肥工业协会团体标准

《肥料用海藻提取物产品》

编制说明

（征求意见稿）

《肥料用海藻提取物产品》团体标准起草工作组

二〇二六年八月

一、工作简况

(一) 立项必要性和依据

1. 产业背景与发展需求

海藻肥作为新型功能性肥料，凭借其全营养、绿色环保和抗逆增效特性，已在全球范围内获得广泛应用。我国自 2000 年设立“含海藻酸可溶性肥料”登记类别以来，产业规模年均增长率超过 15%，市场潜力巨大。然而，产业快速发展背后是标准体系建设的严重滞后，尤其是对不同藻源（褐藻、绿藻、红藻）海藻提取物缺乏统一、科学的产品标准和检测方法，导致市场产品良莠不齐，制约了行业的高质量发展。

2. 核心成分与市场痛点

肥料用海藻提取物的核心功效成分是海藻特征性多糖，如褐藻中的褐藻酸、岩藻聚糖，绿藻中的鼠李聚糖，红藻中的卡拉胶、琼胶等。这些多糖组分是发挥促生、抗逆等肥料增效作用的关键。

当前市场痛点集中于：

1) 原料掺假与成分虚标：部分产品通过添加腐植酸钾、海藻酸钠工业制品、人工色素等干扰检测，导致产品核心活性成分（总糖）含量不足。

2) 指标与方法不统一：现有标准仅针对单一藻类（主要是褐藻）或单一成分（如海藻酸），无法覆盖绿藻和红藻提取物，且检测方法和标准品不统一，造成检测结果可比性差。

3.标准缺失现状

1) 藻类覆盖不全

目前肥料行业的相关标准仅局限于褐藻来源的海藻酸的检测，即不能代表褐藻提取物的全部功效成分，也未涵盖绿藻和红藻来源的肥料产品指标及其检测方法。探索褐藻、绿藻、红藻提取物的产品指标共性，建立一个可以适用于三大藻源的标准对行业发展具有深远意义。

表 1 国内外代表性标准及局限性

标准类型	代表性标准	局限性
------	-------	-----

国内标准	NY/T 3174-2017	仅检测褐藻酸，未覆盖绿藻/红藻
国际标准	ISO 18645:2016	仅规范褐藻土壤改良剂

2) 检测方法冲突

标准间规定的海藻酸检测方法和标准品不一致，使得同一产品在不同标准下的检测结果可能存在较大差异，给企业和监管机构带来了困扰。

表 2 国内为代表性标准检测方法差异

标准类型	代表性标准	检测方法
国内标准	HG/T 5932-2021	以 GlcUA 为标准品，间羟基联苯法检测海藻酸含量
国内标准	HG/T 5050-2016	以海藻酸为标准品，硫酸咔唑法检测海藻酸含量
国际标准	ALGINIC ACID (INS No. 400)	通过脱羧法中失去二氧化碳的总量换算海藻酸的含量

综上所述，国内外现有标准均存在局限性，未能建立一个涵盖三大藻源、指标科学、方法统一的通用型产品标准。本标准旨在填补这一空白。

4. 政策支持

本标准的制定符合《“十四五”全国农业绿色发展规划》中关于“推广功能性肥料”的要求，是响应农业农村部“化肥减量增效”行动的具体实践，对推动我国海藻肥行业和绿色农业的健康发展具有重要意义。

(二) 国内外相关标准情况

1. 国内标准分析

1) 现行标准空白

我国海藻肥自 2000 年开始发展，但直到 2017 年中国农业部才发布了 NY/T 3174-2017 水溶肥料 海藻酸含量的测定，工业部 2016 年发布了 HG/T 5050-2016 海藻酸类肥料，HG/T 5049-2016 含海藻酸尿素，2019 年发布了 HG/T 5515-2019 含海藻酸磷酸一铵、磷酸二铵，2021 年发布了 HG/T 5932-2021 肥料增效剂 海藻酸。但以上 5 个标准均是褐藻中的特有成分海藻酸相关肥料及其检测方法，未涉及绿藻和红藻，也不能代表褐藻提取物的全部活性成分。

其他行业的相关标准，如 2016 年国家卫计委发布了 GB 1886.169-2016 食品安全国家标准 食品添加剂 卡拉胶，GB 1886.239-2016 食品安全国家标准 食品添加剂 琼脂，GB 1886.243-2016 食品安全国家标准 食品添加剂 海藻酸钠（又名褐藻酸钠），2012 年中国农业农村部发布了 SC/T 3404-2012 岩藻多糖，2023 年、2024 年中国国际科技促进会发布了 T/CI 087-2023 红藻多糖和 T/CI 308-2024 饲料级 绿藻多糖。以上标准，均只涉及了单种海藻提取物产品或单一成分的指标及检测方法，但对肥料用海藻提取物产品均不具有普适性，因此不能满足海藻肥产品的规范要求和检测需求。

2) 检测方法局限

SC/T 3404-2012、T/CI 087-2023 和 T/CI 308-2024 均采用了硫酸苯酚法检测了多糖的总体含量，但使用的标准品各不相同（SC/T 3404-2012 使用岩藻糖为标准品，T/CI 087-2023 使用半乳糖为标准品，T/CI 308-2024 使用鼠李糖为标准品），且仅采用硫酸苯酚法无法区分海藻多糖与普通中性糖。

HG/T 5050-2016、HG/T 5049-2016 以海藻酸为标准品，采用硫酸咔唑法检测海藻酸的含量，HG/T 5515-2019、HG/T 5932-2021 以葡萄糖醛酸为标准品，采用间羟基联苯法检测海藻酸的含量，NY/T 3174-2017 以海藻酸为标准品，包含了上述 2 种检测方法。这些标准对海藻酸单一成分的检测方法和标准品都各不相同，尤其是不同的标准品，导致检测结果差异。

表 3 现行标准检测方法差异对比

标准	检测指标	检测方法	标准品
SC/T 3404-2012	多糖	硫酸苯酚法	岩藻糖
T/CI 087-2023	多糖	硫酸苯酚法	半乳糖
T/CI 308-2024	多糖	硫酸苯酚法	鼠李糖
HG/T 5050-2016	海藻酸	硫酸咔唑法	海藻酸
HG/T 5049-2016	海藻酸	硫酸咔唑法	海藻酸
HG/T 5515-2019	海藻酸	间羟基联苯法	葡萄糖醛酸
HG/T 5932-2021	海藻酸	间羟基联苯法	葡萄糖醛酸
NY/T 3174-2017	海藻酸	间羟基联苯法	海藻酸

2. 国际标准分析

1) JECFA 标准 (INS 400 系列)

1997 年, 国际食品添加剂专家联合委员会 (JECFA), 国际食品法典委员会常设专家委员会之一, 发布海藻提取物的相关标准: ALGINIC ACID (INS No. 400)、AMMONIUM ALGINATE (INS No. 403) 和 CALCIUM ALGINATE (INS No. 404), 分别描述海藻酸、海藻酸铵盐和海藻酸钙的检测方法。标准中均通过脱羧法中失去二氧化碳的总量换算海藻酸的含量, 缺少定性分析方法。2007 年, JECFA 发布的标准 PROCESSED EUCHEUMA SEAWEED (INS No. 407a), 主要描述了红藻中不同类型的卡拉胶的化学鉴别方法, 包括 Kappa 型、Iota 型。

2) 欧盟标准 ((EU) 2019/1009)

欧洲议会和欧盟理事会第 2019/1009 号法规针对肥料用海藻提取物, 要求明确海藻种类, 并对有毒有害物质设定了更为严苛的限量标准 (如镉 $\leq 1.5\text{mg/kg}$), 但该法规并未直接规定海藻提取物的检测方法。

综上, 国际上同样未有包括褐藻、绿藻、红藻等全面、规范的通用型肥料用海藻提取物产品的相关标准。

3. 标准缺口总结

表 4 国内外标准缺口

维度	现存问题
覆盖范围	未整合褐藻/绿藻/红藻三类原料
技术指标	缺乏统一的特征性指标, 如糖醛酸
检测体系	检测方法和标准品不统一

综上, 目前缺乏一个覆盖褐藻、绿藻、红藻三大原料类别, 并规定其关键共性指标 (总糖、糖醛酸) 及统一检测方法的肥料用海藻提取物产品标准。

(三) 工作基础

1. 技术储备

1) 构建海藻提取物功效成分数据库

海藻提取物中多糖组分具有自己独特的聚阴离子结构特点, 可以分为 2 大类, 一类是硫酸化多糖, 如褐藻中的岩藻聚糖硫酸酯, 绿藻中的鼠李聚糖硫酸酯和红藻中的卡拉胶、琼脂胶等; 另一类是糖醛酸类多糖, 如褐藻中的褐藻胶, 绿藻和

红藻中含葡萄糖醛酸的杂聚糖等。

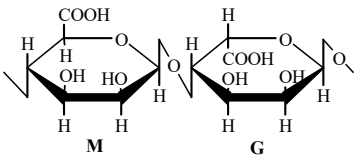
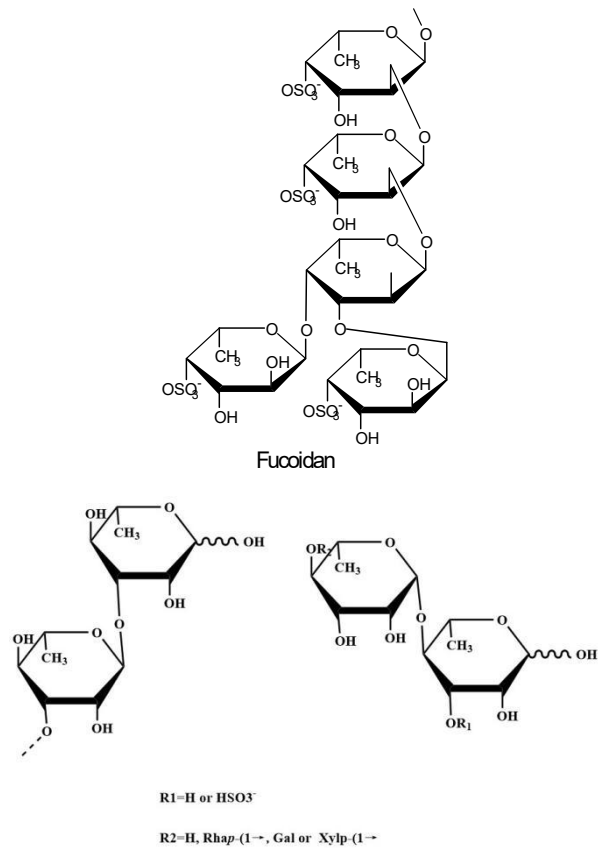


图 1 β -D-聚甘露糖醛酸和 α -L-聚古罗糖醛酸组成的海藻酸



岩藻糖聚糖硫酸酯

鼠李糖聚糖硫酸酯

图 2 自然界中仅有的两种 6-脱氧六碳糖

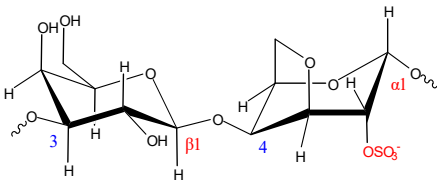


图 3 3,6-内醚半乳糖组成的卡拉胶

为准确的检测这些标志性糖组分的含量，我们前期开展了大量的标准、文献查阅和检测方法论证等工作。采用 PMP 柱前衍生-HPLC 法，可以定性和定量检测海藻多糖的特征性糖组分，缺点是检测周期较长，对检测人员的操作要求高，

且检测费用较高；特征糖也可以用薄层层析色谱法进行鉴定，但该方法不能用于定量检测，可以配合定量检测方法使用，如采用间羟基联苯法（NY/T 3174-2017）检测海藻酸的含量、Dische 比色法（国家药品标准 YBZ00902003-2008）检测褐藻糖（岩藻糖）含量。

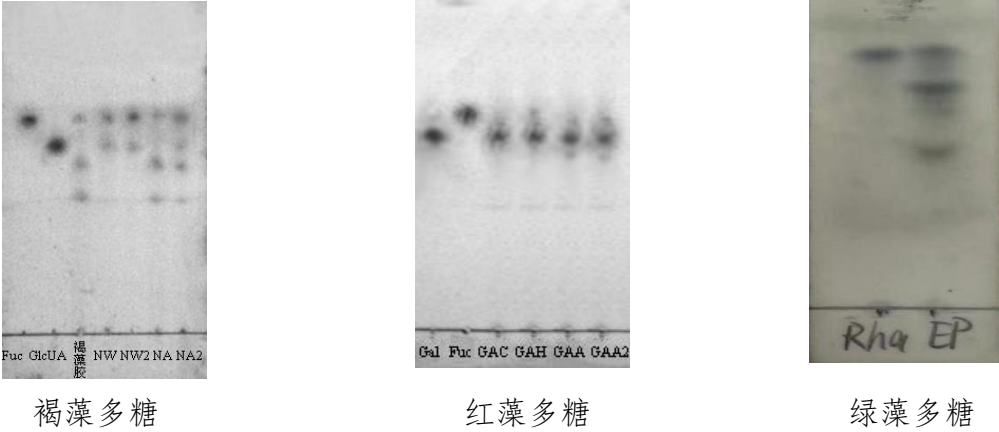


图 4 海藻多糖组分的 TLC 鉴定分析
(展开剂 正丙醇：水：三乙胺=60:30:0.7)

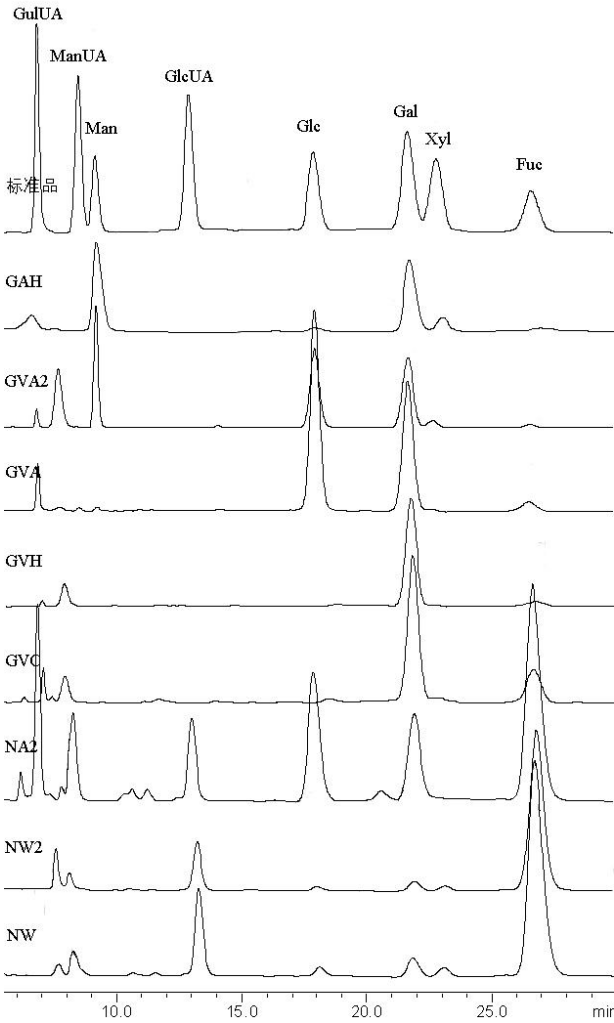


图 5 不同海藻多糖的 HPLC 单糖组成分析

同时我们收集、检测了 20 余种褐藻、绿藻、红藻原料，对其中的关键功效成分进行了定性和定量分析，结果见表 5。

表 5 不同海藻的特征糖组分含量

藻种	主要特征成分	含量范围（干重）
褐藻	甘露糖醛酸、古罗糖醛酸	15-25%
	岩藻糖	0.1-3%
绿藻	鼠李糖	8-12%
	葡萄糖醛酸	3-8%
红藻	半乳糖	10-18%
	半乳糖醛酸	5-10%

通过以上的研究总结，我们发现褐藻、绿藻和红藻中均具有一定的糖醛酸组分，因此我们在标定海藻多糖总体含量的同时，也应该把糖醛酸作为海藻提取物的一个标志性成分进行规范和检测。

同时，我们对常见的海藻提取物检测分析方法进行了对比论证，总结如下：

表 6 不同检测方法适用性对比

方法名称	检测对象	灵敏度	成本	适用藻类
硫酸苯酚法	总多糖	中	低	全藻种
羧基转化滴定法	糖醛酸	高	中	羧酸干扰
间羟基联苯法	海藻酸	高	低	全藻种
硫酸呋唑法	海藻酸	高	低	干扰因素多
HPLC-PMP 法	单糖组成	极高	高	科研用

我们最终选取了硫酸苯酚法检测总糖含量，间羟基联苯比色法检测标志性的糖醛酸含量。

2) 检测方法选择依据

①糖醛酸定量方法选择

选择间羟基联苯比色法而非液相色谱法：

水解条件普适性：比色法采用统一酸水解条件，可避免不同藻种多糖（如褐藻褐藻胶、绿藻磺酸化多糖）因结构差异导致的水解效率波动问题。

方法稳定性：HPLC 定量需经水解、PMP 衍生、色谱分离等多步骤，衍生化反应程度及色谱柱状态对结果影响显著，而比色法操作简单、重现性高，更适用于工业化产品质量控制。

规避技术风险：现有 T/CATEA 017-2025 附录 A 方法中，水解温度与时间未按藻种分类优化，且缺乏衍生度验证数据，可能造成定量偏差。

②HPLC 法用于鉴别的必要性

区分藻种来源：褐藻（以甘露糖醛酸/古罗糖醛酸为主）、绿藻（含鼠李糖、葡萄糖醛酸特征单糖）、红藻（含半乳糖特征单糖）在 HPLC 图谱中呈现显著差异，可定性鉴别原料真伪。

混合物判定：通过比对样品与标准单藻提取物的特征峰组合，可识别混合提取物并规避标识混淆。

补充比色法局限：比色法无法区分糖醛酸种类与来源，HPLC 图谱可交叉验证原料种类与标签一致性。

③混合产品的指标管理

通过“总糖+糖醛酸（附录 B）”双指标协同控制，确保不同藻种提取物及混合物的有效成分底线；

要求企业明示原料种类及比例，混合产品按主要成分或最低限值执行对应指标，确保标准可操作性。

3) 检测方法验证

确立了“总糖+糖醛酸”的双指标控制体系：总糖（硫酸苯酚法）用于表征总水溶性多糖含量，反映产品整体物质基础；糖醛酸（间羟基联苯法）作为海藻特征性酸性多糖的标志性指标，用于区分海藻来源多糖与其它中性糖（如淀粉、纤维素等），有效防止掺假。

完成了检测方法的验证：对选定的硫酸苯酚法和间羟基联苯法进行了严格的方法学验证（线性、精密度、准确度），证明其适用于本产品检测（详见附件）。

2. 产业支撑

主要起草单位青岛海大生物集团股份有限公司作为海藻肥研发、生产、销售的头部企业，联合中化化肥有限公司、潍坊麦卡阿吉生物科技有限公司等企业建立 300+批次产品样本库，为标准的制定和实施提供了产业支持和保障。

此外，本标准的制定和实施也获得了中国海洋大学、山东大学、中国科学院青岛生物能源与过程研究所等高校与科研院所的技术支持。

（四）进度安排

计划在 12 个月内完成送审稿。

（五）项目经费预算

项目预算经费 8-10 万元。

（六）主要起草单位

本标准由中国磷复肥工业协会提出并归口，主要起草单位有：青岛海大生物集团股份有限公司、中化化肥有限公司、中国海洋大学、潍坊麦卡阿吉生物科技有限公司、中国科学院青岛生物能源与过程研究所、山东大学、中国磷复肥工业协会。

二、标准编制原则和确定标准主要内容

（一）标准的编写原则

1. 遵循 GB/T 1.1-2020《标准化工作导则 第 1 部分》的规定。
2. 坚持科学性、先进性和可操作性原则，指标设定基于大量试验数据和产业现状。
3. 注重协调性，与现行法律法规及强制性国家标准（如 GB 38400）保持一致。

（二）提出本标准主要内容的依据

制定肥料用海藻提取物产品标准的依据主要来源于国家法律法规、行业需求、技术发展以及国际标准化实践，其核心目的是填补国家标准或行业标准的空白，推动技术创新和产业协同。

1. 法律法规依据

1) 《中华人民共和国标准化法》（2018 年修订）

第二条：明确团体标准的法律地位，与国家标准、行业标准、地方标准、企业标准共同构成中国标准体系。

第十八条：鼓励学会、协会等社会团体制定团体标准，需满足市场和创新需求。

第二十一条：团体标准应通过“公开、透明、协商一致”的原则制定。

2) 《团体标准管理规定》（国标委联〔2019〕1 号）

细化团体标准的制定程序、知识产权管理、实施与监督要求。强调团体标准不得与国家标准、行业标准相冲突，且技术要求不得低于强制性标准。

2. 政策导向依据

1) 国家标准化发展纲要（2021 年）提出到 2025 年实现标准供给由政府主导向“政府与市场并重”转变，团体标准成为创新驱动的重要工具。

2) 新产业、新技术、新业态需求：在智能制造、绿色能源、生物技术等新兴领域，国家标准滞后时，团体标准可快速响应技术迭代。

3. 技术与实践依据

1) 行业痛点与市场需求

针对肥料用海藻提取物缺乏相应的国标和行标，本团体标准的制定可规范产品的检测方法和功效评价，提升行业整体形象，满足市场需求。

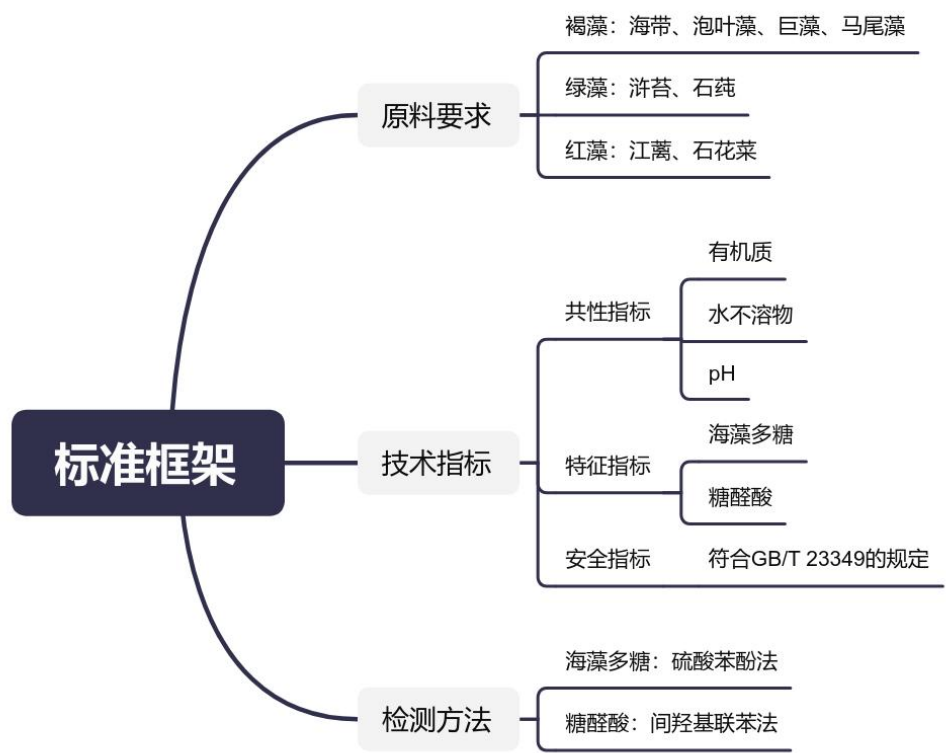
2) 参考国外先进标准

本标准参考 IEC、欧盟标准等，提升中国标准的国际兼容性。

（三）标准框架设计

本标准框架设计围绕“定义-要求-验证-应用”的逻辑展开，核心在于通过“外

观、理化指标（有机质、总糖、糖醛酸等）、安全指标”三个维度对产品进行规范。



（四）标准主要条文说明

1. 术语和定义（第 3 章）

本标准将“肥料用海藻提取物”定义为“以褐藻、绿藻、红藻等海洋藻类为原料，经提取、分离、浓缩和/或干燥等工艺组合制备而成的提取物”。该定义明确了原料范围（三大藻源）、工艺路径（提取、分离、浓缩和/或干燥）和产品形态（液体或固体）。同时将主要成分明确为“总糖”，根据藻种不同还含有甘露醇、甜菜碱、海藻多酚、蛋白和氨基酸等水溶性活性成分。
2. 基本要求（第 4 章）

1) 感官要求

规定产品“为液体或固体，无明显杂质”，与标准适用范围一致。“具有本品特有气味，无臭味”的要求既保证产品质量，又便于企业自检和监管。

2) 有机质指标

液体产品中有机质含量要求褐藻提取物 ≥ 40 g/L、绿藻和红藻提取物 ≥ 50 g/L；固体产品分别要求 $\geq 12\%$ 和 $\geq 15\%$ 。该指标参照 NY/T 1976 的测定方法，基于对市售合格产品的检测数据统计分析确定。检测结果表明，合格液体产品有机质含量一般在 40~100 g/L 之间，固体产品一般在 10%~20%之间。绿藻和红藻提取物有机质限值较高的原因是其灰分含量相对较低、有机质占比更高。

3) 总糖指标

总糖指标用于表征海藻提取物中总水溶性多糖的含量，是衡量产品中活性组分总量的核心指标。液体产品要求褐藻提取物 ≥ 30 g/L、绿藻和红藻提取物 ≥ 50 g/L；固体产品分别要求 $\geq 10\%$ 和 $\geq 15\%$ 。该指标采用苯酚-硫酸法（按 SN/T 4260 执行）测定。经对 20 余种不同藻源原料的检测数据统计，褐藻中总糖含量一般为 20%~35%（干重），绿藻和红藻中总糖含量一般为 30%~50%（干重），结合提取工艺的得率及市售产品的实际检测结果确定了上述限值。

4) 糖醛酸指标

糖醛酸是海藻特征性酸性多糖的标志性组分，是区分海藻来源多糖与其他来源中性糖类（如淀粉、纤维素等）的关键指标，也是本标准区别于现有标准的创新点之一。褐藻中糖醛酸主要来源于褐藻酸（甘露糖醛酸和古罗糖醛酸的聚合物），含量较高；绿藻中糖醛酸主要来源于葡萄糖醛酸杂聚糖；红藻中糖醛酸含量相对较低。本标准根据实际检测数据（见表 5、表 8~10），设定三种藻源提取物的糖醛酸限值。

5) pH 指标

设定 pH 范围为 4.0~10.0。该范围综合考虑了不同藻源、不同提取工艺下产品的自然 pH 范围，以及与其他肥料的配伍性需求。pH 测定方法按 NY/T 1973 执行。

6) 水不溶物指标

水不溶物反映产品的纯净度和加工精度。液体产品要求 ≤ 10 g/L，固体产品要求 $\leq 1.0\%$ 。检测数据显示合格产品的水不溶物含量低于此限值。

7) 水分指标（固体产品）

固体产品水分要求 $\leq 5.0\%$ ，按 GB/T 8576 规定的真空烘箱法测定。该指标关

系到固体产品的储存稳定性和流动性。

3. 试验方法（第 5 章）

1) 总糖测定方法的选择：采用苯酚-硫酸法（SN/T 4260）。该方法操作简便、成本低、灵敏度高、重现性好，适用于企业质量控制。相较于高效液相色谱法等仪器分析方法，比色法更利于在行业内推广。

2) 糖醛酸测定方法的选择：采用间羟基联苯比色法（附录 B）。该方法基于糖醛酸与间羟基联苯的显色反应，操作简便、稳定性好。相较于高效液相色谱法，避免了水解、衍生化等多步骤操作带来的误差累积，重现性更高，更适合作为产品质量控制的常规方法。

3) 鉴别试验的必要性：附录 A 采用 PMP 柱前衍生-HPLC 法对产品进行鉴别，可区分不同藻源，防止原料掺假，弥补比色法无法区分糖醛酸来源的不足。

4. 检验规则（第 6 章）

出厂检验项目包括感官要求、总糖、糖醛酸、有机质、pH 值、水不溶物等主要质量指标，型式检验覆盖全部项目。安全卫生指标列为型式检验项目，考虑到半年一次的频率和企业检测成本，这样规定既确保安全性又具有可操作性。

三、主要试验的分析报告，技术经济论证，预期的经济效果

（一）主要试验分析报告

1. 市售产品符合性验证

对收集的 9 个厂家样品检测（如表 8-9 所示）表明，本标准设定的指标（如液体褐藻提取物总糖 $\geq 30\text{g/L}$ ）能够区分优劣，大部分合格产品可达标，验证了指标的合理性。

表 8 褐藻来源的肥料用海藻提取物产品检测

检测项目	液体产品，g/L		固体产品，%		
	样品 1	样品 2	样品 3	样品 4	样品 5
总糖	32.52	38.64	7.98	13.80	15.33
糖醛酸	57.92	53.21	15.03	15.63	20.79
有机质	48.83	44.95	10.77	11.51	13.69

pH	7.44	6.09	9.05	8.32	7.41
水不溶物	0	0	0.53	1.85	0

表 9 绿藻来源的肥料用海藻提取物产品检测

检测项目	液体产品, g/L		固体产品, %	
	样品 6	样品 7	样品 8	样品 9
总糖	58.79	95.02	20.56	18.91
糖醛酸	37.18	52.54	12.22	6.84
有机质	52.43	103.4	16.93	15.78
pH	5.39	5.08	6.35	7.52
水不溶物	0	0	0	0.11

表 10 红藻来源的肥料用海藻提取物产品检测

检测项目	液体产品, g/L		固体产品, %		
	样品 1	样品 2	样品 3	样品 4	样品 5
总糖	32.52	38.64	7.98	13.80	15.33
糖醛酸	57.92	53.21	15.03	15.63	20.79
有机质	48.83	44.95	10.77	11.51	13.69
pH	7.44	6.09	9.05	8.32	7.41
水不溶物	0	0	0.53	1.85	0

2. 不同实验室间检测结果对比

起草小组 5 个实验室不同人员共同对收集到的 29 个肥料用海藻提取物固体/液体产品的有机质、总糖和海藻酸等重要指标进行了检测,进一步验证了指标的合理性和方法的可靠性。结果见表 11-16。

表 11 固体产品的总糖含量检测结果/%

产品名称	检测人员	
	A	B
绿藻提取物 1	40.5	39.7
绿藻提取物 2	37.4	37.2
绿藻提取物 3	47.8	46.6

绿藻提取物 4	23.5	22.2
绿藻提取物 5	25.6	24.8
褐藻提取物 1	26.2	27.6
红藻提取物 1	84.5	89.4
红藻提取物 2	86.8	85.5

表 12 液体体产品的总糖含量检测结果/g • L⁻¹

检测人员		
产品 名称	C	D
绿藻提取物 1	69.2	72.0
绿藻提取物 2	70.8	70.3
绿藻提取物 3	67.7	71.6
绿藻提取物 4	125.6	126.9
绿藻提取物 5	162.2	166.5
褐藻提取物 1	77.4	75.1
褐藻提取物 2	87.4	82.5
褐藻提取物 3	114.7	127.1
褐藻提取物 4	44.4	42.8
红藻提取物 1	85.72	80.5
红藻提取物 2	106.1	106.6

表 13 固体产品的糖醛酸含量检测结果/%

检测人员			
产品 名称	E	F	G
绿藻提取物 1	10.3	8.41	12.5
绿藻提取物 2	9.17	9.64	7.03
绿藻提取物 3	9.02	7.97	10.8
绿藻提取物 4	11.2	10.7	11.7
绿藻提取物 5	9.09	8.80	10.6
褐藻提取物 1	65.7	70.4	-

红藻提取物 1	1.40	1.24	-
红藻提取物 2	3.11	2.98	-

表 14 液体体产品的糖醛酸含量检测结果/ $\text{g} \cdot \text{L}^{-1}$

产品名称 \ 检测人员	H	I	J	K
绿藻提取物 1 (浒苔液 25)	29.1	7.74	29.6	-
绿藻提取物 2 (浒苔液 20)	22.4	6.43	22.2	-
绿藻提取物 3 (浒苔液 20)	23.7	7.55	20.5	-
绿藻提取物 4 (液体多糖一号 II 型)	44.6	9.24	50.0	-
绿藻提取物 5 (海藻素液体 (Alga SP))	64.4	10.75	63.1	-
褐藻提取物 1	52.4	47.2	-	49.5
褐藻提取物 2	60.9	60.0	-	54.5
褐藻提取物 3	63.2	65.21	-	59.4
褐藻提取物 4	79.9	-	-	74.92
红藻提取物 1	7.2	-	7.4	-
红藻提取物 2	6.9	-	7.1	-

表 14 固体产品的糖醛酸含量检测结果/%

产品名称 \ 检测单位	能源所	海大生物	中化
绿藻提取物 1	44.4	42.1	46.4
绿藻提取物 2	26.9	30.6	30.5
绿藻提取物 3	42.6	45.8	46.0
绿藻提取物 4	37.4	38.3	40.5

绿藻提取物 5	28.8	28.4	30.0
褐藻提取物 1	36.4	36.7	41.9
红藻提取物 1	55.2	57.3	-
红藻提取物 2	54.4	58.1	52.2

表 16 液体体产品的糖醛酸含量检测结果/ $\text{g} \cdot \text{L}^{-1}$

产品名称	检测单位		
	D	HS	ZH
绿藻提取物 1	-	111.6	117.6
绿藻提取物 2	-	88.4	84.0
绿藻提取物 3	-	89.3	82.6
绿藻提取物 4	-	180.6	183.6
绿藻提取物 5	-	210.6	221.9
褐藻提取物 1	-	86.6	80.0
褐藻提取物 2	-	98.3	95.0
褐藻提取物 3	-	123.9	124.7
褐藻提取物 4	-	91.3	71.6
红藻提取物 1	84.48	82.9	78.1
红藻提取物 2	72.27	77.5	79.2

3. 安全指标验证

采用 GB/T 23349 规定的方法检测汞 (Hg)、砷 (As)、铅 (Pb)、铬 (Cr)、(Cd)，按 GB 38400 中附录 B 的规定的方法测定铊 (Tl) 含量。

检测表明，合格海藻提取物样品中： $\text{As} \leq 10 \text{ mg/kg}$ ， $\text{Cd} \leq 2 \text{ mg/kg}$ ， $\text{Pb} \leq 10 \text{ mg/kg}$ ， $\text{Cr} \leq 20 \text{ mg/kg}$ ，Tl 均未检出。部分劣质产品检出 As 超标 ($>15 \text{ mg/kg}$)，存在安全风险。肥料用海藻提取物产品需严格限定重金属含量，确保产品安全性。

(二) 技术经济论证

1. 推动技术升级：标准引导企业从低成本、低活性的化学提取转向高活性

成分保留的生物酶解工艺，虽然初期成本增加（表 17），但产品价值和市场竞争力显著提升。

表 17 不同工艺生产海藻提取物成本对比

工艺类型	成本（元/吨）	活性成分保留率	市场溢价能力
生物酶解	12,000~15,000	>90%	高（+20%~30%）
化学提取	6,000~8,000	<60%	低（易被低价竞争）

- 2. 规范市场竞争：通过统一、科学的检测方法遏制掺假乱象，为优质产品提供认证依据，有利于形成“优质优价”的市场环境。
- 3. 拓展国际市场：标准与国际要求接轨，有助于打破技术性贸易壁垒，推动国产海藻提取物出口。

（三）预期的经济效益

海藻提取物可通过信号传导途径调控植物内源激素的水平，提高代谢酶分泌，促进细胞的分裂和生长，提高植物光合作用，从而提高植物的生长；海藻提取物能显著提高植物抗逆性（如抗旱/抗盐/抗低温等），激活相关信号通路等途径，诱导渗透调节物质的积累（可溶性蛋白、可溶性糖等），提高抗氧化酶系活力，降低胁迫条件下膜脂氧化水平，提高逆境胁迫条件下作物的生长势，从而提高作物的抗逆能力。因此，海藻提取物作为新型功能性肥料添加剂，可大大提高传统化学肥料的养分有效性，从而提高肥料利用率、增强作物抗逆性、提高作物产量和品质。目前，肥料用海藻提取物已经在 27 种作物上完成了 200 余项试验（包括粮食作物、经济作物、叶菜类作物、茄果类作物及水果等）。研究发现：在减肥增效方面，海藻提取物可提高氮肥利用率 20-30%，提高磷肥利用率 10-30%，提高钾肥利用率 10-15%；在提高作物产量方面，海藻提取物在经济作物上增产 20-30%，在大田作物上增产 5-10%；在提高经济效益方面，海藻提取物的应用可提高 20-30%。

- 1. 行业效益：预计标准实施后，优质产品市场占有率可从约 30%提升至 60% 以上，带动产业链健康发展，市场规模有望在 2028 年突破 80 亿元。
- 2. 农业效益：推广达标产品，可实现化肥减量 20-30%，作物平均增产 5-15%，提升农户收益。

3. 社会效益：促进海洋资源高值化利用，服务国家“化肥零增长”和绿色农业发展战略。

综上所述，《肥料用海藻提取物产品》团体标准规定了肥料用海藻提取物的原料范围和定义，提出了其主要活性成分总糖和糖醛酸的指标和检测方法，使不同藻源的海藻提取物的检测方法更加科学、准确，可有力的增强对市场上肥料用海藻提取物产品的检验和控制力度，为市场加强监督提供有力的技术支撑，可有效打击市场上非海藻来源的假冒伪劣产品，对规范海藻肥料市场，推动海藻肥行业进步和健康发展具有巨大的经济效益和社会效益。

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

本标准未直接采用任一国际标准。在制定过程中，研究并参考了 JECFA、欧盟肥料法规等国际文件的有益经验。在技术内容上，本标准创新性地提出了覆盖三大藻源的“总糖”和“糖醛酸”指标体系及检测方法，填补了国内外该领域的空白，整体水平达到国内领先、国际先进。

五、与有关的现行法律、法规和强制性标准的关系

本标准与现行法律法规无冲突。所有引用的国家标准均为现行有效版本。本标准的指标要求，特别是安全卫生指标，严格遵守了 GB 38400 这一强制性国家标准的规定。因此，本标准与相关法律、法规、规章及相关标准协调一致，没有冲突。

六、重大分歧意见的处理经过和依据

在标准起草过程中，各参与单位对标准的核心技术内容和指标达成了共识，目前暂无重大分歧意见。

七、标准属性说明

本标准作为中国磷复肥工业协会发布的团体标准,依据《团体标准管理规定》制定和实施,由市场自主选择采用。

八、贯彻标准的要求和措施建议

1. 加强宣贯培训:建议由归口单位组织,主要起草单位协助,面向生产企业、质检机构和用户,开展标准内容及关键检测方法的宣贯培训。
2. 建立示范应用:在重点企业建立标准应用示范点,总结经验,逐步推广。
3. 动态评估与修订:关注行业技术发展,适时对标准进行评估和修订,以保持其先进性和适用性。

九、其他需要说明的事项

(一) 标准涉及专利情况说明

本标准在制定过程中,起草工作组已尽最大努力排查可能涉及的专利技术。标准前言中已按 GB/T 1.1-2020 的要求声明“请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。”若相关方持有与本标准内容相关的专利,请及时与起草工作组或归口单位联系,以便在标准发布前进行必要的处理。

(二) 标准实施预期效果

本标准实施后,预期将产生以下效果:

1. 为市场监管提供统一、科学的技术依据,有效遏制掺假伪造行为;
2. 建立覆盖三大藻源的产品质量评价体系,为企业产品开发和质量控制提供指导;
3. 促进优质产品市场占有率提升,推动行业优胜劣汰和高质量发展。

附件 1 间羟基联苯法检测糖醛酸含量方法验证报告

2.1 线性

分别吸取葡萄糖醛酸标准溶液 0 mL、0.10 mL、0.20 mL、0.40 mL、0.60 mL、0.80 mL、1.00 mL 于 7 个具塞试管中，再分别用水补充至总体积为 1.00 mL，混匀。该标准系列溶液中葡萄糖醛酸的质量分别为 0 $\mu\text{g/mL}$ 、6 $\mu\text{g/mL}$ 、12 $\mu\text{g/mL}$ 、32 $\mu\text{g/mL}$ 、36 $\mu\text{g/mL}$ 、48 $\mu\text{g/mL}$ 、100 $\mu\text{g/mL}$ 。将试管置于冰水浴中，在每个试管中缓慢加入四硼酸钠硫酸溶液 6.00 mL，塞上塞子，混匀。将试管放入沸水浴中加热 5 min，冷却至室温。在每个试管中加入 100 μL 间羟基联苯溶液作为显色剂，混匀。室温放置 10 min 后，在 520 nm 波长处，以标准系列溶液葡萄糖醛酸的质量浓度 ($\mu\text{g/mL}$) 为横坐标、相应的吸光度为纵坐标，绘制标准曲线。

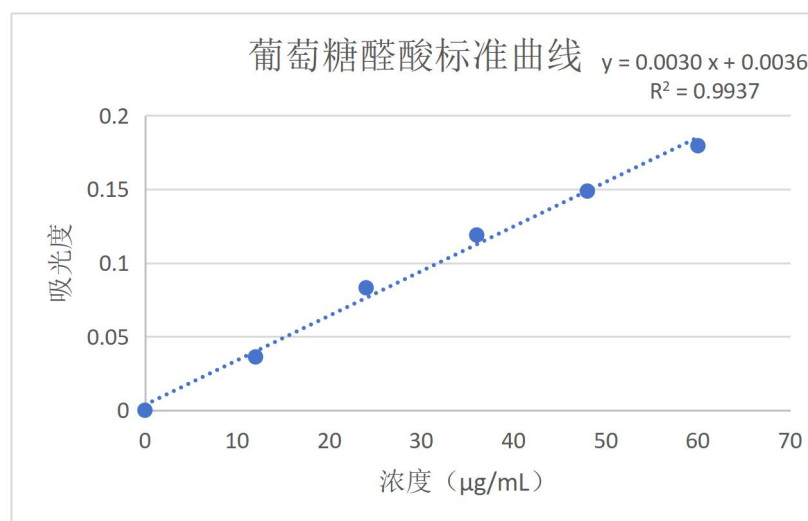


图 2-1 葡萄糖醛酸标准曲线图

分别吸取海藻酸钠标准溶液 0 mL、0.10 mL、0.20 mL、0.40 mL、0.60 mL、0.80 mL、1.00 mL 于 7 个具塞试管中，再分别用水补充至总体积为 1.00 mL，混匀。该标准系列溶液中海藻酸钠的质量浓度分别为 0 $\mu\text{g/mL}$ 、10 $\mu\text{g/mL}$ 、20 $\mu\text{g/mL}$ 、40 $\mu\text{g/mL}$ 、60 $\mu\text{g/mL}$ 、80 $\mu\text{g/mL}$ 、100 $\mu\text{g/mL}$ 。将试管置于冰水浴中，在每个试管中缓慢加入四硼酸钠硫酸溶液 6.00 mL，塞上塞子，混匀。将试管放入沸水浴中加热 5 min，冷却至室温。在每个试管中加入 100 μL 间羟基联苯溶液作为显色剂，混匀。室温放置 10 min 后，在 520 nm 波长处，以标准系列溶液海藻酸钠的质量浓度 ($\mu\text{g/mL}$) 为横坐标、相应的吸光度为纵坐标，绘制标准曲线。

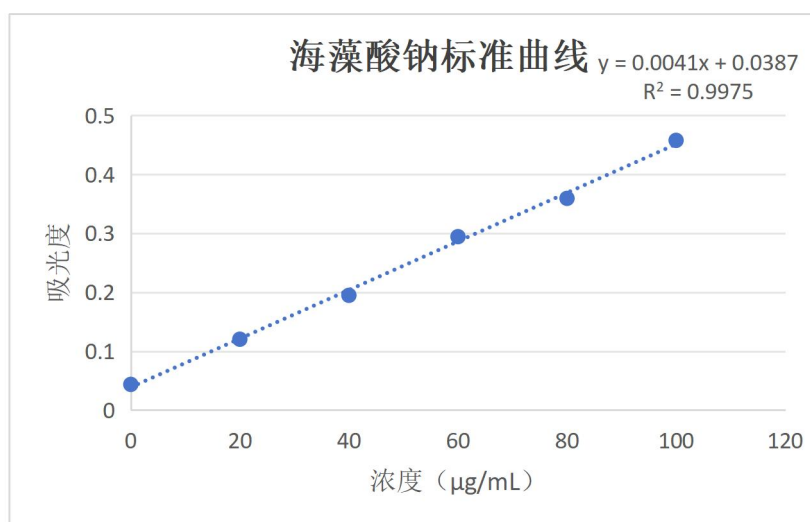


图 2-2 海藻酸钠标准曲线图

结论：该方法线性相关系数符合 GB/T 27404-2008 附录 F 检测方法确认的技术要求中 F.2 校准曲线相关要求。

2.2 精密度

准确称取 2.0 mg 试样，用 5mL 蒸馏水溶解，测定前取 0.05mL 溶液，用水补加至 0.25mL，在冰水浴中预冷后加入 1.5mL 四硼酸钠硫酸试液，振摇混合，在 100℃烘箱中加热 5min。以冷水浴冷却至室温后，加入 25μL 间羟基联苯溶液，混匀后于 520nm 处测定吸光值。

共得到 6 组数据，测定结果见下表 2-1。

表 2-1 糖醛酸精密度（重复性）验证数据								
编号	样品的质量 M (mg)	样品溶液的吸光值	样品溶液中糖醛酸浓度 C (μg/mL)	样品定容体积 V (mL)	样品溶液稀释倍数 f	糖醛酸含量 X(%)	糖醛酸含量 X(%)	RSD(%)
1	2.41	0.0503	15.57	5.00	5	16.15	16.1	0.94
2	2.12	0.0451	13.83	5.00	5	16.31		
3	2.22	0.0461	14.17	5.00	5	15.96		
4	2.54	0.0526	16.33	5.00	5	16.07		
5	2.25	0.0473	14.57	5.00	5	16.19		
6	2.39	0.0492	15.20	5.00	5	15.90		

$$\text{计算公式: } X = \frac{C \times V \times 10^{-3}}{M} \times f \times 100$$

X——样品中糖醛酸含量，单位为百分率（%）；

C——从标准曲线上查得的样品溶液的糖醛酸浓度，单位为 $\mu\text{g/mL}$ ；

V——样品定容体积，单位为 mL；

M——样品的质量，单位为 mg；

f——样品溶液稀释倍数（ $f=5$ ）。

6 次平行测试糖醛酸结果 RSD 为 0.94%，符合《中国药典》2015 年版四部通则 9101 药品质量标准分析方法验证指导原则表 3 中的要求。

结论：该方法的精密度满足标准要求。

2.3 准确度

准确度采用样品加标的方式验证，按测试样品浓度 100%水平加标（具体加标浓度为 16%），测定 6 份样品。

准确称取 2.0 mg 试样，加入糖醛酸标准溶液（ 0.600mg/mL ）0.6mL，用 4.4mL 蒸馏水溶解，测定前取 0.05mL 溶液，用水补加至 0.25mL，在冰水浴中预冷后加入 1.5mL 四硼酸钠硫酸试液，振摇混合，在 100°C 烘箱中加热 5min。以冷水浴冷却至室温后，加入 25 μL 间羟基联苯溶液，混匀后于 520nm 处测定吸光值。测定结果见下表 2-2。

表 2-2 糖醛酸准确度验证数据						
编号	样品的质量 M (mg)	加标后样品溶液的吸光值	实测加标量 Y (%)	理论加入量 (%)	加标回收率 (%)	平均加标回收率 (%)
1	2.17	0.0871	15.96	16.59	96.2	96.4
2	2.39	0.0915	14.55	15.06	96.6	
3	2.28	0.0893	15.23	15.79	96.5	
4	2.06	0.0848	16.75	17.48	95.8	
5	2.13	0.0864	16.29	16.90	96.4	
6	2.15	0.0869	16.19	16.74	96.7	

$$\text{计算公式: } Y = \frac{C \times V \times 10^{-3}}{M} \times f \times 100 - X$$

Y——实测加标糖醛酸含量，单位为百分率（%）；

X——样品中糖醛酸含量，单位为百分率（%）；

C——从标准曲线上查得的样品溶液的糖醛酸浓度，单位为 $\mu\text{g/mL}$ ；

V——样品定容体积，单位为 mL（ $V=5.0\text{mL}$ ）；

M——样品的质量，单位为 mg；

f——样品溶液稀释倍数（ $f=5$ ）。

加标回收率计算公式：回收率=加标实测值/加标理论值 $\times 100\%$

由以上数据可知，6 次加标实验，平均加标回收率 96.4%，符合《中国药典》

2015 年版四部通则 9101 药品质量标准分析方法验证指导原则表 2 中的要求。

结论：该方法的准确度满足标准要求。

2.4 检测限和定量限

检测限通过独立测定 20 次试剂空白来进行验证。

实验数据见下表 2-3。

表 2-3 检测限、定量限验证数据							
编号	空白吸光值	编号	空白吸光值	编号	空白吸光值	编号	空白吸光值
1	0.0013	6	0.0012	11	0.0011	16	0.0008
2	0.0008	7	0.0011	12	0.0010	17	0.0010
3	0.0009	8	0.0012	13	0.0008	18	0.0008
4	0.0007	9	0.0010	14	0.0013	19	0.0013
5	0.0008	10	0.0009	15	0.0009	20	0.0011
检测限 LOD (%)	0.24						
定量限 LOQ (%)	0.79						

计算公式：
$$D = \frac{3s}{b}$$

$$Q = \frac{10s}{b}$$

$$\text{LOD} = \frac{D \times V \times 10^{-3}}{M} \times f \times 100$$

$$\text{LOQ} = \frac{Q \times V \times 10^{-3}}{M} \times f \times 100$$

D——最小检测浓度， $\mu\text{g/mL}$ ；

Q——最小定量质量， $\mu\text{g/mL}$ ；

s——20 次空白吸光度的标准偏差；

b——标准曲线的斜率（ $b=0.0030$ ）；

LOD——检测限，%；

LOQ——定量限，%。

V——样品定容体积，单位为 mL（ $V=5\text{mL}$ ）；

M——样品的质量，单位为 mg（ $M=2.0$ ）；

f——样品溶液稀释倍数（ $f=5$ ）。

结论：综合以上验证数据，本测试方法适用于海藻提取物中糖醛酸的测定。