T/CPFIA 0018—2025《肥料用海藻提取物生产技术规范》团体标准解析

赵占诗，王　鹏，台文静

（中国磷复肥工业协会，北京　100013）

［摘　要］肥料用海藻提取物作为绿色高效肥料增效剂，应用历史超20年，但长期存在原料混杂、工艺不一、质量失控及环保风险突出等问题，制约产业高质量发展。为规范生产流程、稳定产品质量、推动行业绿色升级，中国磷复肥工业协会牵头制定T/CPFIA 0018—2025《肥料用海藻提取物生产技术规范》团体标准。该标准于2025年12月3日发布实施，明确了肥料用海藻提取物的原辅料要求、生产环境与设备、通用生产流程、过程控制、包装、运输、贮存要求及安全与防护等生产环节。本文从标准制定背景、技术内容解析、验证试验及指标确定、标准实施意义等方面对该标准进行系统解读，重点分析核心技术要求与质量控制指标，结合标准制定过程中的技术争议与解决方案，为标准的推广应用及行业高质量发展提供技术支撑。

［关键词］肥料用海藻提取物；生产技术规范；技术要求；质量控制；检测方法

［中图分类号］S143.8；TQ440.4　　［文献标志码］A　　［文章编号］2097-4566（2026）07-0012-04

Analysis of group standard T/CPFIA 0018—2025 "Seaweed extract for fertilizer production technical specifications"

ZHAO Zhanshi, WANG Peng, TAI Wenjing

(*China Phosphate and Compound Fertilizer Industry Association*, *Beijing* 100013, *China*)

Abstract: Seaweed extract has been used as a green and efficient fertilizer enhancer for over 20 years, but there are long-term problems such as mixed raw materials, inconsistent processes, uncontrolled quality, and prominent environmental risks, which have hindered the high-quality development of the industry. In order to standardize production processes, stabilize product quality, and promote green upgrading in the industry, the China Phosphate and Compound Fertilizer Industry Association has taken the lead in formulating the group standard T/CPFIA 0018—2025 "Seaweed extract for fertilizer production technical specifications". This standard was released on December 3, 2025, clarifying the requirements for raw materials, production environment and equipment, general production processes, process control, packaging, transportation, storage requirements, and safety and protection of seaweed extracts for fertilizers. This article provides a systematic interpretation of the standard from the perspectives of background, technical content analysis, validation testing and indicator determination, and the significance of standard implementation. The focus is on analyzing the core technical requirements and quality control indicators, combined with technical disputes and solutions in the standard development process, to provide technical support for the promotion and application of the standard and the high-quality development of the industry.

Key words: seaweed extract for fertilizer; production technical specifications; technical requirements; quality control; testing methods

0　引言

海藻提取物是以褐藻、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。其主要成分为海藻多糖，根据所用藻种类不同，通常还含有甘露醇、甜菜碱、海藻多酚、蛋白质和氨基酸等其他水溶性活性成

收稿日期：2026-04-17

作者简介：赵占诗（1981—　），男，山东临沂人，长期从事肥料及肥料助剂技术研究及生产管理工作。

分。作为绿色肥料增效剂，海藻提取物具有促进种子萌发、刺激植物生长和增强作物抗逆性等功能[1-3]，已成为现代农业“控肥增效”的重要技术手段。我国海藻资源丰富，肥料用海藻提取物产业发展迅速，但长期缺乏统一的生产技术规范，导致原料来源混杂、工艺参数随意、产品质量不稳定、环保安全风险突出等问题，严重制约了行业的可持续发展。

为破解上述行业痛点，落实绿色农业发展要求，中国磷复肥工业协会提出并归口，由青岛海大生物集团股份有限公司牵头，联合多家科研院所及生产企业共同编制T/CPFIA 0018—2025《肥料用海藻提取物生产技术规范》团体标准。该标准填补了肥料用海藻提取物生产技术标准的空白，明确了从原料到成品的全流程技术要求，为生产企业提供了科学规范的操作指南，也为市场监管和产品质量评价提供了可靠依据。该团体标准于2025年12月3日发布实施，与当前同步推进的《肥料用海藻提取物产品》团体标准相辅相成，共同构建了肥料用海藻提取物的标准体系，两者定位互补、管控维度不同：《肥料用海藻提取物生产技术规范》侧重全流程过程控制，保障工艺稳定；《肥料用海藻提取物产品》侧重终端成品质量指标，保障使用效果，形成“过程+产品”双闭环管控模式。表1清晰展示了两项标准在核心定位、管控重点及技术指标上的差异与协同关系。

表1　两项海藻提取物团体标准协同关系对比

Table 1　Comparison of the synergistic relationship between two seaweed extract group standards

标准名称	发布时间	核心定位	管控重点	核心指标
T/CPFIA 0018—2025《肥料用海藻提取物生产技术规范》	2025年12月	过程管控类标准	原料、工艺参数、过程质量、环保安全	原料纯度、提取工艺参数、多糖分子量、“三废”排放限值
《肥料用海藻提取物产品》	待发布	终端产品质量类标准	成品活性成分、安全限量、理化指标	海藻多糖、有机质、糖醛酸、重金属限量、pH

1　标准制定背景

1.1　行业发展现状与问题

我国肥料用海藻提取物行业已形成一定产业规模，但生产技术水平参差不齐，主要存在以下三大核心问题。

1.1.1　原料来源复杂，组成结构差异大

海藻提取物的生产原料主要为褐藻、红藻、绿藻，但不同藻种的活性成分含量差异显著，且受生长环境（海域、季节、水温等）影响较大，导致原料质量波动明显。目前行业主要面临以下问题。

（1）藻种混杂，标准化困难。不同藻类（如海带、马尾藻、浒苔等）的多糖种类差异大，没有统一的生产工艺标准，导致产品肥效不稳定。

（2）原料储存不规范。鲜藻易腐败，干藻若储存不当（如受潮、霉变）会影响提取效率。

（3）缺乏统一原料标准。目前行业对海藻原料的杂质含量、活性成分下限等缺乏明确要求，部分企业甚至使用藻类加工废料（如海藻胶残渣）作为原料，进一步降低了产品质量。

1.1.2　生产流程不统一，影响产品稳定性

海藻提取物的生产工艺多样（生物酶解、酸碱水解、物理破碎等），但不同方法的提取效率、活性成分保留率差异显著，导致市场上同类产品效果参差不齐。

（1）工艺参数差异大。酶解法中，温度、pH、酶添加量等关键参数缺乏行业共识，部分企业为缩短时间盲目提高温度（如温度超过60 ℃），导致酶失活或多糖降解。化学法中，酸碱浓度、反应时间控制不当可能产生有害副产物（如氯丙醇）。

（2）分子量区段广、分布不可控。海藻多糖的生物活性与分子量密切相关（如≤5 000 Da的小分子更易吸收），但各生产企业采用的检测方法不同，难以保证产品一致性。

（3）后处理工艺缺失。部分企业为节省成本，省略浓缩或纯化步骤，导致提取物中盐分、杂质含量过高，影响肥料安全性。

1.1.3　环保与安全要求不明确

海藻提取物生产过程中可能产生废水（高COD、高盐度）、废渣（藻泥）及废气（酸性挥发物），但目前行业对“三废”处理、安全生产缺乏统一规范，引发环保风险。具体问题如下。

（1）废水处理难题。化学法产生的酸性/碱性废液（pH≤2或≥12）直接排放会污染水体，但部分中小企业未配备中和设备。酶解废水中残留的有机质（如多糖、蛋白质）可能导致污水处理系统负荷过高。

（2）废渣利用不足。提取后的藻渣占原料质量的30%～50%，目前多作为垃圾填埋，未有效开发

为有机肥或饲料添加剂。

（3）安全规范缺失。酸碱储存区未严格分区，存在泄漏风险；喷雾干燥等高温工序可能引发粉尘爆炸，但多数企业未按 GB 190—2009《危险货物包装标志》设置防爆标识。

1.1.4 小结

综上，肥料用海藻提取物行业若要实现高质量发展，需从原料溯源、工艺标准化、环保合规三方面突破。需通过标准引导企业规范生产，同时加强监管与技术创新，推动产业从粗放式向精细化转型。

1.2 政策与市场驱动

随着《“十四五”全国农业绿色发展规划》等政策的实施，农业生产对绿色高效肥料的需求日益迫切，海藻提取物作为天然环保的增效剂，市场应用前景广阔。同时，《区域全面经济伙伴关系协定》（RCEP）生效后，我国肥料产品出口东南亚等地区的机遇增加，亟须统一的生产技术规范提升产品国际竞争力。在此背景下，制定科学、实用、先进的团体标准，成为规范行业秩序、满足市场需求、推动产业升级的必然要求。

1.3 标准体系建设基础

中国磷复肥工业协会成功通过《团体标准组织综合绩效评价指标体系》自我考评，且成绩斐然。同时，中国磷复肥工业协会制定了《中国磷复肥工业协会团标管理办法》《中国磷复肥工业协会团体标准标准化发展规划》，为团体标准的制定提供了坚实的制度保障。

肥料助剂专业委员会与新型肥料分会携手共进，积极推动标准建设。针对海藻提取物产业的特点，二者牵头编制了以下两项海藻提取物团体标准：《肥料用海藻提取物生产技术规范》，聚焦于生产流程的规范化；《肥料用海藻提取物产品》，明确了成品的质量指标。这两项标准相辅相成，为肥料用助剂产品团体标准体系建设开创了全新的道路。

考虑到肥料用助剂产业跨行业多、机制复杂等特点，标准制定过程中特邀请中国水产科学研究院黄海水产研究所、中国藻业协会、中国海洋大学、山东大学等跨领域的权威专家，与中国磷复肥工业协会原有肥料专家携手参与，有效破解了跨领域技术难题，确保标准的科学性与严谨性。

2 标准技术内容解析

2.1 范围与适用对象

标准明确适用于以褐藻、绿藻、红藻等海洋藻类为原料的肥料用海藻提取物液体或固体制剂生产，限定于肥料行业中作为产品增效剂来应用，不涉及饲料、食品、化妆品等其他行业。该范围界定清晰了标准的适用边界，避免了跨行业应用的技术冲突。

2.2 原料质量控制体系

2.2.1 分类分级管控

本标准首次明确规定原料来源为褐藻、绿藻、红藻等海洋藻类。原料应无腐烂、霉变现象，其中新鲜藻类 $w(H_2O)$ ≤90%，干藻原料 $w(H_2O)$ ≤25%。

2.2.2 差异化重金属限量

总砷：放宽至 w（总砷）≤50 mg/kg（海藻中 80%以上为低毒有机砷）。

铅/镉：严控至 w（铅）≤20 mg/kg、w（镉）≤5 mg/kg（优于 NY 1110—2010 标准）。

汞/铬：因本底值极低，不作强制要求。

2.3 生产工艺技术创新

标准提供了肥料用海藻提取物的通用生产流程，将工序分为必选工序（原料处理、固液分离、灭酶 / 中和等）和可选工序（生物酶解 / 化学水解、浓缩 / 干燥等），兼顾了行业生产现状与技术升级需求。

核心工艺选择：基于多工艺对比验证，标准确定生物酶解工艺和化学水解工艺为主要生产方式，排除了设备成本高、规模化难度大的物理法（如超声波、微波提取）。

生物酶解法：优化参数为温度 40 ~ 60 ℃、pH 4 ~ 10、生物酶添加量 0.1% ~ 1.0%、反应时间 3 ~ 12 h。最优条件（温度 55 ℃、pH 5.0、反应时间 6 h）下多糖产率达 75.3%，分子量控制在 800 ~ 1 800 Da，适用于高端海藻肥生产。

化学水解法：酸水解最优条件为 $w(H_2SO_4)$ 2% 硫酸、80 ℃、5 h，碱水解最优条件为 w(KOH) 2%氢氧化钾、75 ℃、4 h，所得海藻提取物分子量分布在 1 000 ~ 1 950 Da，适用于普通肥料生产，需配套废液中和处理设施。

突破性技术要求：所有工艺终端产物分子量必须≤5 000 Da。该指标基于植物吸收效率、土壤适应性及工艺稳定性综合确定，是保障产品肥效的核心指标（分子量 > 5 000 Da时植物吸收率降低）。

工艺适配性：通过超滤膜分离（截留分子量 5 000 ~10 000 Da）确保产品一致性，避免大分子残留。

2.4 全过程质量节点控制

标准建立了从原料到成品的全过程质量控制体系，明确关键质量控制点、监测参数及检测方法，针对制定过程中的检测技术争议，形成了科学解决方案。

关键控制点：生物酶解/化学水解终点要求分子量≤5 000 Da（凝胶渗透色谱法，GPC），固液分离后，滤液的w（水不溶物）≤0.5%（过滤法，参考NY/T 1973—2021《水溶肥料　水不溶物含量和pH的测定》进行测定），成品w（海藻多糖）（干基）≥25%（苯酚–硫酸法，参考SN/T 4260—2015《出口植物源食品中粗多糖的测定　苯酚–硫酸法》测定）、w（有机质）≥30%（重铬酸钾氧化法，参考NY/T 1976—2010《水溶肥料　有机质含量的测定》测定）、pH 5.5 ~ 8.5（pH计法，参考NY/T 1973—2021《水溶肥料　水不溶物含量和pH的测定》测定）。

创新措施：每2 h在线监测分子量，建立SPC统计过程控制模型。

2.5　包装、运输与贮存

标准引用GB/T 8569、NY/T 1108等相关标准，明确包装合规性要求。

包装验证：新包装需通过1.2 m跌落试验和≥7 d堆码试验，确保运输过程无破损。

贮存条件：采用温湿度监控 + 物联网报警系统，干藻原料水含量控制在特定范围，成品需避免受潮变质。

溯源管理：采用二维码追踪批次贮存时间与运输路径，装卸人员需持证上岗，每年至少开展1次泄漏应急演练。

3　验证试验及指标确定

3.1　原料性质验证

编制组对褐藻、绿藻、红藻的主要成分及重金属含量进行了系统调研，调研覆盖国内12家主要海藻加工企业及山东、福建、浙江等沿海海域的样品，总样本量达38份。明确不同藻类的活性成分差异：褐藻多糖质量分数20% ~ 21%，绿藻多糖质量分数35% ~ 38%，红藻多糖质量分数38% ~ 40%；重金属含量受藻种及生长环境影响显著，如褐藻中羊栖菜总砷质量分数达103 ~ 147 mg/kg，绿藻中浒苔总砷质量分数仅（2.3 ± 0.1）mg/kg，为差异化重金属限量指标的制定提供了科学依据。

3.2　工艺优化试验结论

以马尾藻为样本开展工艺优化对比试验，结果见表2。由表2可知，生物酶解法（50 ℃，8 h），多糖得率74.3%，能耗1.8 kW·h/kg，废水ρ（COD）3 500 mg/L；化学水解法（75 ℃，5 h），甘露醇保留率仅68.4%，废水ρ（COD）达8 500 mg/L。综上，生物酶解法综合效益显著，推荐作为首选工艺。

表2　生物酶解和化学水解工艺综合效益对比

Table 2　Comparison of comprehensive benefits between enzymatic hydrolysis and chemical degradation processes

指标	多糖得率/%	甘露醇保留率/%	能耗/(kW·h·kg^{-1})	废水ρ(COD)/(mg·L^{-1})	设备腐蚀风险
生物酶解	74.3 ± 1.7	92.5 ± 3.1	1.8	3 500 ± 250	无
化学水解	70.8 ± 2.0	68.4 ± 4.2	2.6	8 500 ± 500	需耐酸材料
差异分析	酶解保留更多活性成分	高温化学降解破坏小分子物质	化学降解需额外加热能耗	酸解或碱解废液处理成本高	化学降解对罐体要求高

3.3　分子量分布实证

酶解产物分子量分布HPLC图如图1所示：主峰（出峰时间13.965 min）对应分子量1 500 Da片段占比68%，无分子量＞3 000 Da组分。

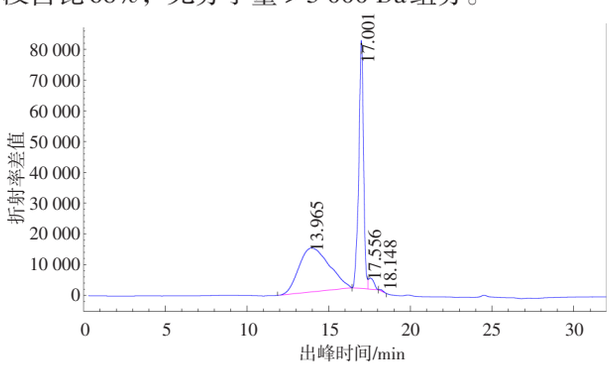

图1　酶解海藻提取物的分子量分布HPLC图

Fig. 1　HPLC chart of molecular weight distribution of enzymatic hydrolysis seaweed extract

化学水解产物分子量分布HPLC图如图2所示：主峰（出峰时间12.150 min）对应分子量1 800 Da片段占比55%，＞3 000 Da片段占比5% ~ 8%。

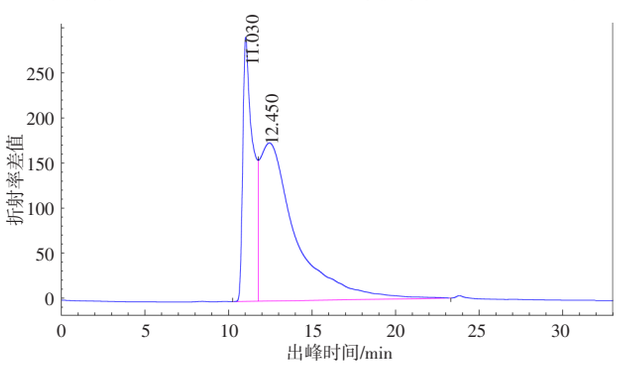

图2　化学水解海藻提取物的分子量分布HPLC图

Fig. 2　HPLC chart of molecular weight distribution of chemically degraded seaweed extract

（下转第40页）