

T/SAASS

团 体 标 准

T/SAASS 250—2025

植物油包膜缓控释肥全生命周期碳排放 核算指南

Guidelines for carbon emission accounting for the whole life cycle of vegetable oil
coated slow-release fertilizers

2025 - 09 - 29 发布

2025 - 09 - 29 实施

前 言

本文件按照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》的规定起草。

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。

本文件由山东大学提出。

本文件由山东农学会归口。

本文件起草单位：山东大学、史丹利农业集团股份有限公司、临沂大学。

本文件主要起草人：杨林、宋艳、沈春蕾、周丽、杨盼、张杰、朱晓琳、赵亚昕、郇晓萌。

全国团体标准

植物油包膜缓控释肥全生命周期碳排放核算指南

1 范围

本文件规定了植物油包膜缓控释肥全生命周期碳排放核算的技术内容、核算边界和核算方法等要求。本文件适用于核算植物油包膜缓控释肥全生命周期碳排放。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

- GB 21344 化肥行业单位产品能源消耗限额
- GB/T 2589 综合能耗计算通则
- GB/T 15063 复合肥料
- GB/T 32150-2015 工业企业温室气体排放核算和报告通则
- GB/T 32151.10 温室气体排放核算与报告要求 第10部分：化工生产企业
- GB/T 32151.27 温室气体排放核算与报告要求 第27部分：陆上交通运输企业
- NY/T 1121.4 土壤检测 第四部分：土壤容重的测定
- NY/T 1121.6 土壤检测 第六部分：土壤有机质的测定
- RB/T 095 农作物温室气体排放核算指南

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

植物油包膜技术 vegetable oil-based coating technology

是指以植物油为主要成分，并加入天然增稠剂，经高温搅拌形成复合包膜材料，通过喷涂等物理工艺覆盖于肥料颗粒表面，在外层形成致密疏水屏障。其中常用的植物油包括菜籽油、棕榈油等，常用的天然增稠剂包括黄原胶等。

3.2

植物油包膜缓控释肥 vegetable oil coated slow-release fertilizer

植物油包膜缓控释肥是指以复合肥为基质，采用植物油包膜技术在肥料颗粒表面形成缓释层，并辅以增效剂和辅料制成的一类固体掺混肥料，具有整体降低颗粒溶解速率、延长氮、磷、钾等养分释放周期以及实现养分供应与作物生长需求相匹配的功能。

注：参考GB/T 15063，本文件中涉及的复合肥为在氮、磷、钾三种养分中，至少有两种养分有标明量，由化学方法和（或）物理方法制成的肥料。

3.3

温室气体 greenhouse gas

大气层中自然存在的和由于人类活动产生的能够吸收和散发由地球表面、大气层和云层所产生的、波长在红外光谱内的辐射的气态成分。

注：本文件中涉及的温室气体为二氧化碳（CO₂）和氧化亚氮（N₂O）。

[来源：GB/T 32150-2015, 3.1, 有修改]

3.4

全生命周期碳排放 whole life cycle carbon emission

植物油包膜缓控释肥在生产、运输和施用过程中所产生的温室气体排放，包括原材料及工艺能耗排放、物流运输排放，以及施用后产生的直接排放和因挥发与淋溶引起的间接排放，总量以CO₂e表示。

4 碳排放核算步骤与技术路线图

技术路线图见图1，碳排放核算步骤如下：

- a) 确定核算边界；
- b) 选择核算方法；
- c) 收集活动数据和确定排放因子；
- d) 计算各排放源的温室气体排放量；
- e) 汇总温室气体总排放量，折算成 CO₂e，得到碳排放量。

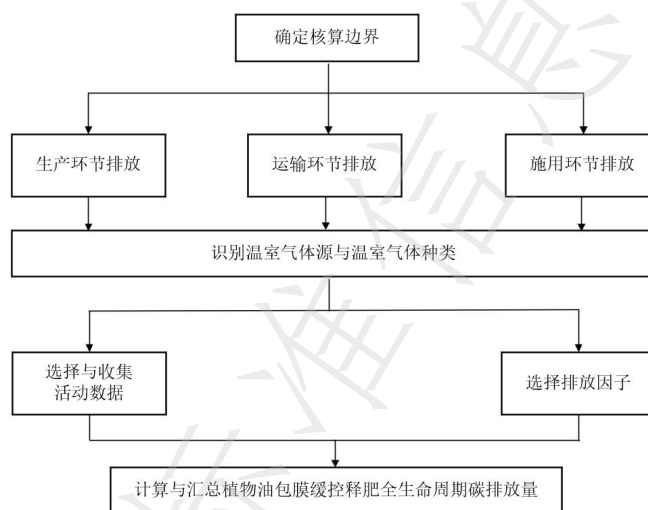


图1 植物油包膜缓控释肥全生命周期碳排放核算技术路线

5 碳排放核算边界

5.1 生产环节核算边界

生产环节指从矿质原料和植物油等初级原材料的开采与制备，到缓控释肥生产加工、包膜、包装成品出厂的全过程。该环节碳排放主要包括初级原材料（如矿质元素、植物油）的开采加工排放、原材料运输过程排放以及生产过程中能源消耗等工艺排放。

5.2 运输环节核算边界

运输环节指从植物油包膜缓控释肥成品出厂到抵达农户手中的全过程。在这一环节中，碳排放总量主要来自运输设备燃烧燃料和运输设备消耗外购电力。

5.3 施用环节核算边界

施用环节指在农田上开展的所有与农作物种植相关的各项活动，包括植物油包膜缓控释肥施用产生的碳排放与农作物种植活动造成的土壤有机碳储量变化三个部分。由于植物油包膜缓控释肥的养分释放与作物生长周期相匹配，可以减少施肥次数，从而有效降低与施肥相关的劳动投入和能源消耗，进而降低农资投入的碳排放，因此其田间管理产生的碳排放在本文件中忽略不计。植物油包膜缓控释肥的生命周期各环节碳排放具体核算范围见表1。本文件选取植物油包膜缓控释肥的单位产量（每千克）为标准评价单元，以1 kg植物油包膜缓控释肥为单位产品。

表1 植物油包膜缓控释肥生命周期碳排放核算范围

序号	环节名称	涉及活动	主要内容
1	生产环节	原料开采与产品生产	矿质元素（如氮、磷、钾）开采与初级加工，植

			物油提取与精炼；初级原材料运输；植物油包膜缓控释肥的生产、包膜、干燥、包装全过程的能源消耗及排放核算。
2	运输环节	货物运送	从生产基地至农户的运输过程，包括燃料燃烧排放与电力使用排放，依据运输方式（如短途公路、铁路）确定碳排放因子。
3	农田施用环节	肥料施用与土壤变化	植物油包膜缓控释肥施用导致的直接 N ₂ O 排放与因氮素挥发和淋溶引起的间接 N ₂ O 排放；农作物种植活动引起的土壤有机碳储量变化所带来的 CO ₂ 排放或固定。

6 碳排放核算范围排放源

6.1 初级原材料生产碳排放源

初级原材料碳排放：初级原材料生产产生的温室气体。

6.2 化石燃料燃烧碳排放源

化石燃料燃烧碳排放：植物油包膜缓控释肥生产、运输、施用过程中燃烧化石燃料产生的温室气体。

6.3 施用环节直接碳排放源

植物油包膜缓控释肥施用碳排放：植物油包膜缓控释肥施用环节中因挥发、淋溶等现象释放的温室气体。

6.4 电力与热力消耗碳排放源

消耗电力、热力产生的碳排放：植物油包膜缓控释肥生产、运输、施用过程中消耗电力、热力所对应的电力、热力生产环节产生的温室气体。

6.5 土壤有机碳变化碳排放源

土壤有机碳变化：土壤有机碳储量变化产生的碳固定或排放量。

7 碳排放核算方法

7.1 生产环节碳排放核算

7.1.1 生产环节碳排放为原材料碳排放与工艺碳排放的总和，生产环节碳排放按公式（1）计算。

$$EM_p = \sum UP + \sum EM \dots \dots \dots (1)$$

式中：

EM_p ——生产单位产品产生的碳排放总量（kg CO₂e kg⁻¹）。

UP ——生产单位产品耗用的各类原材料的碳排放量（kg CO₂e kg⁻¹），包括初级原材料的碳排放、原材料采选及合成等工艺的碳排放、原材料运输的碳排放三部分，按公式（2）计算。

EM ——生产单位产品的各生产工艺的碳排放量（kg CO₂e kg⁻¹），按公式（3）计算，在不可获取物料消耗指标与可获得物料消耗指标时，碳排放因子分别按照GB 21344与GB/T 32151.10的规定执行。

7.1.2 各类原材料碳排放量的按照公式（2）计算。

$$UP_A = \sum MA_a \times (EF_a + D_a \times UDE_a) + \sum Quota_j \times [E_{je} \times TCEF_e + (1 - E_{je}) \times TCEF_{ne}] \dots \dots (2)$$

式中：

UP_A ——生产单位产品耗用的原材料A的碳排放量（kg CO₂e kg⁻¹）。

MA_a ——生产单位产品耗用的原材料A所需初级原材料a的用量。

EF_a ——初级原材料a的碳排放因子（kg CO₂e kg⁻¹）。

D_a ——材料运输距离（km）。

UDE_a ——初级原材料a的单位运距碳排放量（kg CO₂e km⁻¹ kg⁻¹），参考表A.1。

$Quota_j$ ——生产环节j的单位产品综合能耗限额 (kg ce kg^{-1})。

E_{je} ——j环节的电耗比例。

$TCEF_e$ ——电力的单位标煤碳排放因子 ($\text{kg CO}_2\text{e kgce}^{-1}$)。

$TCEF_{ne}$ ——非电力的单位标煤碳排放因子 ($\text{kg CO}_2\text{e kgce}^{-1}$)。

7.1.3 各生产工艺碳排放量的按照公式 (3) 计算。

$$EM_j = \sum Quota_j \times [E_e \times TCEF_e + (1 - E_e) \times TCEF_{ne}] \quad (3)$$

式中:

EM_j ——生产单位产品的生产工艺J的碳排放量 ($\text{kg CO}_2\text{e kg}^{-1}$)，生产工艺J包含生产、包膜、干燥与包装等各工艺环节。

$Quota_j$ ——生产环节J的单位产品综合能耗限额。

E_e ——J环节的电耗比例。

$TCEF_e$ ——电力的单位标煤碳排放因子 ($\text{kg CO}_2\text{e kgce}^{-1}$)，参考表A.2。

$TCEF_{ne}$ ——非电力的单位标煤碳排放因子 ($\text{kg CO}_2\text{e kgce}^{-1}$)，参考表A.2。

7.2 运输环节碳排放核算

按照GB/T 32151.27的规定，本文件中运输环节碳排放包括两部分：一是运输设备燃烧化石燃料（如天然气、油、煤炭等）所产生的碳排放，按照燃料消耗量与相应燃料的排放因子计算；二是运输设备在运行过程中消耗外购电力所产生的碳排放，按照电力消耗量与外购电力排放因子计算。植物油包膜缓控释肥运输环节的总碳排放量即为上述两部分之和，所有计算公式与参数均按照该标准执行。

7.3 施用环节碳排放核算

施用环节温室气体排放包括植物油包膜缓控释肥施用的碳排放、施用后导致土壤有机碳储量变化对应的碳固定或碳排放。

a) 若土壤有机碳产生 CO_2 固定，则施用环节温室气体排放总量计算按公式 (4) 计算：

$$EM_{ap} = EM_{N_2O} - \Delta C_b \quad (1)$$

式中:

EM_{ap} ——施用单位产品产生的温室气体排放总量 ($\text{kg CO}_2\text{e kg}^{-1}$)。

EM_{N_2O} ——施用单位产品产生的 N_2O 排放量 ($\text{kg CO}_2\text{e kg}^{-1}$)，植物油包膜缓控释肥中的氮直接或间接产生的 N_2O 排放，按公式 (6) 计算。

ΔC_b ——第b种作物成熟期施用单位产品对应土壤有机碳储量变化产生的碳固定量 ($\text{kg CO}_2\text{e kg}^{-1}$)，土壤有机碳储量变化测量方法采用实测法，按公式 (7) 计算。

b) 若土壤有机碳产生 CO_2 排放，则施用环节温室气体排放总量计算按公式 (5) 计算：

$$EM_{ap} = EM_{N_2O} + \Delta C_b \quad (2)$$

式中:

EM_{ap} ——施用单位产品产生的温室气体排放总量 ($\text{kg CO}_2\text{e kg}^{-1}$)。

EM_{N_2O} ——施用单位产品产生的 N_2O 排放量 ($\text{kg CO}_2\text{e kg}^{-1}$)，植物油包膜缓控释肥中的氮直接或间接产生的 N_2O 排放，按公式 (6) 计算。

ΔC_b ——第b种作物成熟期施用单位产品对应土壤有机碳储量变化产生的碳排放量 ($\text{kg CO}_2\text{e kg}^{-1}$)，土壤有机碳储量变化测量方法采用实测法，按公式 (7) 计算。

c) 植物油包膜缓控释肥中的氮直接或间接产生的 N_2O 排放计算按照公式 (6)：

$$EM_{N_2O} = [(FE_N \times EF_1 + FE_N \times V \times EF_2 + FE_N \times L \times EF_3) \times 265] \div AR \quad (3)$$

式中:

EM_{N_2O} ——施用单位产品产生的 N_2O 排放量 ($\text{kg CO}_2\text{e kg}^{-1}$)。

FE_N ——施入植物油包膜缓控释肥的含氮量 (kg N)，参考表 A.3。

EF_1 —— N_2O 直接排放的排放因子 ($\text{kg N}_2\text{O-Nkg}^{-1}\text{N}$)，参考表 A.4。

V ——植物油包膜缓控释肥施用过程中氮挥发成氮氧化物的比例，默认值为 0.1。

EF_2 ——植物油包膜缓控释肥挥发导致 N_2O 间接排放的排放因子 ($kg N_2O-N kg^{-1} N$)。

L ——植物油包膜缓控释肥氮淋溶的比例,对于降雨和/或灌溉(除了滴灌)水量超出该地土壤持水能力的地区, L 取 0.3,其他地区 L 取 0。

EF_3 ——植物油包膜缓控释肥淋溶导致 N_2O 间接排放的排放因子 ($kg N_2O-N kg^{-1} N$)。

265—— N_2O 的全球变暖潜能值,根据 IPCC 第五次评估报告 (AR5) 取 265 ($kg CO_2e kg^{-1} N_2O-N$)。

AR ——植物油包膜缓控释肥施用量,单位为千克 (kg)。

d) 土壤有机碳储量变化计算按照公式 (7):

$$\Delta C_b = [SOC_{b0} - SOC_{bt}] \div t_b \dots\dots\dots (4)$$

式中:

ΔC_b ——第 b 种作物施用单位产品对应的土壤有机碳储量变化的实测值 ($kg CO_2e kg^{-1}$)。

SOC_{b0} ——第 b 种作物核算当年的土壤有机碳储量 ($kg CO_2e kg^{-1}$),按照公式 (8) 计算。

SOC_{bt} ——第 b 种作物 t 年前的土壤有机碳储量 ($kg CO_2e kg^{-1}$)。

t_b ——第 b 种作物两次土壤有机碳储量测量之间的核算期数。

e) 土壤有机碳储量计算按照公式 (8):

$$SOC_b = [S_b \times H_b \times \gamma_b \times O_b \times 0.58 \times 44/12 \times 10^{-4} \times 1] \div AR \dots\dots\dots (5)$$

式中:

SOC_b ——第 b 种作物施用单位产品对应的土壤有机碳储量有机碳储量实测值 ($kg CO_2e kg^{-1}$)。

S_b ——第 b 种作物种植面积 (hm^2)。

H_b ——第 b 种作物种植土壤耕层厚度,一般为 0.3 (m)。

γ_b ——第 b 种作物种植耕层土壤的容重 ($g cm^{-3}$)。

O_b ——第 b 种作物种植耕层土壤的有机质含量 ($g kg^{-1}$)。

0.58——土壤有机质和土壤有机碳的相对分子质量之比 ($kg C kg^{-1}$)。

44/12——二氧化碳与碳的分子质量之比。

10^{-4} ——单位换算系数。

1——二氧化碳的全球变暖潜能值。

AR ——植物油包膜缓控释肥施用量 (kg)。

注:对于耕层土壤容重和有机质含量,分别按照 NY/T 1121.4、NY/T 1121.6 的规定测定。

附录 A
(资料性)

植物油包膜缓控释肥全生命周期碳排放核算参数表

不同运输方式的单位运量每千米碳排放量见表A.1。

表 A.1 不同运输方式的单位运量每千米碳排放量

运输方式	单位运距碳排放量 kg CO ₂ e km ⁻¹ kg ⁻¹
铁路	3.41
短途公路	10.25
长途公路	9.03
远洋	0.176

注：数据来源于《中国氮磷钾肥制造温室气体排放系数的估算》（2015）。

常见燃料相关参数见表A.2。

表 A.2 常见燃料相关参数

燃料名称	计量单位	平均低位发热值	平均热值含碳量 ×10 ⁻³ kg C MJ ⁻¹	碳氧化率	碳排放因子 kg CO ₂ e MJ ⁻¹	单位标煤碳排放因子 kg CO ₂ e kgce ⁻¹
原油	t	20908 MJ t ⁻¹	26.37	94%	0.0909	2.66
汽油	t	43070 MJ t ⁻¹	18.90	98%	0.0679	1.99
柴油	t	42652 MJ t ⁻¹	20.20	98%	0.0726	2.13
煤油	t	43070 MJ t ⁻¹	19.60	98%	0.0704	2.06
液化石油气	t	50179 MJ t ⁻¹	16.20	98%	0.0582	1.70
燃料油	t	41816 MJ t ⁻¹	20.10	98%	0.0722	2.11
天然气	m ³	3893.1 MJ m ⁻³	15.32	99%	0.0556	0.16
电力	Wh	3600 MJ Wh ⁻¹	-	-	0.5703	0.65
热力	MJ	-	-	-	0.11	0.22

注：数据来源于《中国能源统计年鉴》（2022）、《省级温室气体清单编制指南（试行）》。电力碳排放因子数据来源于《综合能耗计算通则》（GB/T 2589）。热力碳排放因子优先采用主管部门发布的更新数据，缺省值参考本表。

无机化肥含氮量见表A.3。

表 A.3 无机化肥含氮量

化肥名称	化学式	含氮量	化肥名称	化学式	含氮量
碳酸氢铵	NH ₄ HCO ₃	30%	磷酸二铵	(NH ₄) ₂ HPO ₄	15%~20%
硝酸铵	NH ₄ NO ₃	35%	磷酸一铵	(NH ₄)H ₂ PO ₄	9%~11%
硫酸铵	(NH ₄) ₂ SO ₄	21%	尿素	CH ₄ N ₂ O	46.65%
硝酸钙	Ca(NO ₃) ₂	15%	硝酸铵钙	5Ca(NO ₃) ₂ ·NH ₄ NO ₃ ·10H ₂ O	27%

注：数据来源于行业标准《农作物温室气体排放核算指南》（RB/T 095—2022），有修改。磷酸一铵和磷酸二铵含氮量数值按实际使用产品的规格和品级确定。

施用阶段有关碳排放因子见表A.4。

表 A.4 施用阶段有关碳排放因子

符号	分类	缺省值	单位
EF ₁	农田施用化肥和有机物料引起的 N ₂ O 直接排放因子	0.01	kg N ₂ O-N/kg N
EF ₂	基于氮的挥发引起的 N ₂ O 间接排放因子	0.010	kg N ₂ O-N/kg N
EF ₃	基于氮的淋溶径流引起的 N ₂ O 间接排放因子	0.0075	kg N ₂ O-N/kg N
EF _{ic}	农膜生产中第 i 种材料的碳排放因子	1.4127	kg CO ₂ e kg ⁻¹
EF _{iy}	农药生产中第 i 种材料的碳排放因子	1.3456	kg CO ₂ e kg ⁻¹
EF _{if}	钾肥生产材料的碳排放因子	0.55	kg CO ₂ e kg ⁻¹
	磷肥生产的碳排放因子	0.79	kg CO ₂ e kg ⁻¹

注：数据来源于《2006年IPCC 国家温室气体清单指南》及2019修订版。