

# 中国农业绿色发展研究会团体标准 编制说明

《农产品碳足迹核算规范 西蓝花》

（征求意见稿）

《农产品碳足迹核算规范 西蓝花》编制组

二〇二五年九月

## 目 录

一、团体标准制修订背景、目的和意义 .....	1
二、工作简况 .....	1
三、标准编制原则和依据 .....	4
四、标准主要条文或技术内容及其确定依据 .....	5
五、主要试验、验证及试行结果 .....	5
六、采用国际标准的程度及水平说明 .....	19
七、与现行法律法规、强制性标准和其他有关标准的关系 .....	22
八、重大分歧或重难点的处理经过和依据 .....	22
九、贯彻该标准的要求、措施建议及预期效果 .....	22
十、其他应说明的事项 .....	22

# 《农产品碳足迹核算规范 西蓝花》

## 一、团体标准制修订背景、目的和意义

### 1. 制定背景

随着全球气候变化和“双碳”目标（碳达峰、碳中和）的推进，农业生产中的碳排放问题愈发受到重视。西蓝花作为我国重要的十字花科蔬菜，在华北、华东、西南等多地已形成具有区域特色的优势产业带。伴随产品品质升级和消费绿色化趋势加速，西蓝花生产过程中因育苗保温、田间机械作业、化肥农药投入、田头冷链预冷及包装运输等环节引起的温室气体排放问题日益凸显。

目前，国内针对西蓝花碳足迹核算尚缺乏统一的标准与规范，难以系统指导企业和种植户实施精准的节能减排措施，也在一定程度上制约了产业的绿色发展和市场竞争力。因此，亟需制定一套科学、规范、可操作的西蓝花碳足迹核算标准。该标准将结合我国西蓝花产业特点，构建覆盖育苗、种植、田头冷链处理与粗包装等关键环节的碳排放核算体系，明确系统边界、数据收集要求与计算方法，提高核算的科学性与一致性。

通过建立健全的监测、核算与报告机制，可提升信息透明度和数据可信度，为行业节能减排提供坚实基础支撑。本标准旨在对各生产环节的碳排放进行精确量化，并为企业与农户提供可行的减排路径与技术方案，助力西蓝花产业实现高质量与低碳协同发展。

### 2. 目的和意义

碳足迹核算是推进农业绿色低碳转型和开展温室气体减排管理的重要基础工作。建立科学、规范的碳足迹核算标准体系，既是农业应对气候变化、实现“双碳”战略目标的必然要求，也是提升农产品绿色竞争力、推动绿色生产与绿色消费协同发展的关键支撑。近年来，国家高度重视碳排放统计与核算体系建设。2022年4月，国家发展改革委、国家统计局、生态环境部联合印发的《关于加快建立统一规范的碳排放统计核算体系实施方案》明确提出，鼓励各地区、行业及重点产品探索建立科学合理的碳排放核算方法，逐步实现产品碳足迹核算的标准化、规范化。与此同时，我国积极参与碳排放核算国际标准制定，持续加强在农业碳领域的技术与国际交流。

本标准旨在构建统一、科学且可操作的西蓝花碳足迹核算框架，明确系统边界和核算方法，为相关单位提供规范的量化方法和操作指南。西蓝花碳足迹核算体系是评估蔬菜类产业碳排放水平、识别减排潜力的基础性工作，也是推进农业绿色发展监测网络建设的重要支撑。制定统一规范的西蓝花碳足迹核算标准，有助于提升不同产区与技术路径间的可比性与科学性，推动主产区绿色种植实践，提升资源利用效率与生态效益，引导农户、企业与消费者共同参与绿色转型，营造低碳农业发展与绿色消费的良好氛围。该标准将有力支撑实现碳达峰、碳中和目标，推动绿色发展和高质量发展，同时为西蓝花碳足迹标签建设和政策制定提供技术与数据支持，并为相关行业碳足迹核算提供参考规范，为行业标准乃至国家标准的制定提供实践基础。

## 二、工作简况

## 1. 任务来源

根据中国农业绿色发展研究会农绿〔2025〕2号关于2025年团体标准立项的通知，由南京农业大学单位主持承担《农产品碳足迹核算规范 西蓝花》的制定工作。本标准由南京农业大学单位提出，由中国农业绿色发展研究会归口管理，标准起草首席专家为韩召强博士。

## 2. 主要工作过程

2025年1~3月，组建标准编制工作组，制定实施方案，广泛收集国内外与西蓝花碳足迹核算相关的文献、专利和标准资料，调研不同生产区域与栽培模式下的温室气体排放特征。工作组成员在总结多年设施与露地蔬菜生产碳足迹核算和减排管理经验的基础上，研读《标准化工作导则》等相关文件，并向标准化及碳足迹核算专家请教，统一标准格式、技术要求与术语表述方式。

2025年4~6月，依据现有试验数据与行业调研结果，量化西蓝花生产过程的关键碳排放参数，编写标准文本初稿与编制说明，确保内容符合标准化导则的结构与格式要求。

2025年7~8月，完成标准讨论稿的内部评审，吸收来自生产、科研、管理部门及企业的修改意见，进一步完善标准技术指标与应用范围，形成标准征求意见稿。

## 3. 主要起草人及其分工

表1 主要起草人员信息及任务分工

姓名	工作单位	职称	项目分工
韩召强	南京农业大学	讲师	标准起草与参数构建

邹建文	南京农业大学	教授	标准起草
王金阳	南京农业大学	副教授	标准起草
郭姝敏	南京农业大学	无	参数校对
林海燕	南京农业大学	无	参数校对
徐品上	淮阴工学院	讲师	参数构建与校对
徐继东	江苏省绿色食品办公室	高级农艺师	参数校对
朱凤	江苏省绿色食品办公室	推广研究员	参数校对
曹爱兵	江苏省绿色食品办公室	研究员	参数校对
姚瑶	江苏省绿色食品办公室	农艺师	参数校对
张冰心	江苏省绿色食品办公室	注册会计师	参数校对
孙以文	江苏省农业科学院	副研究员	参数校对
徐凯达	中国国检测试控股集团股份有限公司	工程师	参数校对
郭汝清	南京国环有机产品认证中心有限公司	高级工程师	参数校对
陈健	通标标准技术服务(上海)有限公司	高级工程师	参数校对
王栋	江苏天圭认证有限公司	工程师	参数校对
魏俊杰	江苏天圭认证有限公司	工程师	参数校对

### 三、标准编制原则和依据

#### 1. 编制原则

本标准在“科学性、先进性、实用性”的原则指导下编制：

**科学性：**依托多年设施与露地蔬菜温室气体排放观测与碳足迹核算研究成果，结合西蓝花不同生产模式的实测数据，确保标准参数和核算方法的科学严谨。

**先进性：**充分吸收国际碳足迹核算方法及最新研究进展，融合氮肥减量、有机肥替代、根际益生菌施用等减排技术，构建适用于不同

生态区的西蓝花生产低碳模式。

实用性：所用技术参数均经过田间试验与生产验证，数据获取路径清晰、计算方法可操作，便于在不同生产主体中推广应用。

## **2. 编制依据**

2.1 本标准依据 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》的要求和规定起草制定。

2.2 依据起草单位近年来在蔬菜碳足迹与温室气体减排领域的研究成果，包括：国家自然科学基金面上项目“根际益生菌生物肥施用对菜地氧化亚氮的减排潜力及其微生物学机制”；国家自然科学基金面上项目“有机肥施用对设施菜地土壤氮氧化物排放影响的底物效应与微生物学机制”。这些研究在蔬菜系统温室气体排放因子构建、减排技术筛选及机理解析等方面形成了系统成果，为本标准的技术内容和参数制定提供了坚实的科学依据。

## **四、标准主要条文或技术内容及其确定依据**

### **1. 范围**

本文件确立了西蓝花碳足迹核算的原则与目的，规定了核算范围、核算步骤、核算数据以及核算报告的要求，描述了相应的核算方法。

本文件适用于西蓝花生命周期温室气体（GHG）排放的核算、评价和报告。

### **2. 规范性引用文件**

本标准中明确引用了 2 个标准文件。

### **3. 术语和定义**

本标准对西蓝花碳足迹核算中涉及的常见术语进行了定义，包括产品碳足迹、系统边界、二氧化碳当量、温室气体排放量和活动数据。这些数据的定义来源于 GB/T 32150-2015 和 GB/T 24067-2024。

#### **4. 应用**

本标准可适用于但不限于为西蓝花研究和开发、技术改进、产品碳足迹绩效追踪和信息交流提供信息。

#### **5. 原则**

本标准明确了西蓝花碳足迹核算的原则，包括相关性、完整性、一致性、统一性、准确性和透明性。

#### **6. 目的和范围**

本标准明确了西蓝花核算的目的和范围

##### **6.1 核算目的包括以下几点：**

- (1) 评价西蓝花生产生命周期内相关活动带来的 GHG 排放；
- (2) 识别西蓝花生产关键排放环节，挖掘减排潜力；
- (3) 为西蓝花碳足迹标识提供依据。

##### **6.2 核算范围**

本文件将西蓝花产品的生命周期视为一个具有特定功能的产品系统，并依照生命周期评价（LCA）方法对系统进行分区划分，以明确物质与能量流的投入与输出。总体系统边界采用“摇篮到大门”（cradle-to-gate）模式——自农用投入品与包装材料的原料获取开始，直至预冷-粗包装后的西蓝花离开种植场（或田头打包站）为止。为便于量化温室气体（GHG）排放与碳清除，将西蓝花产品系统划分为若



干单元过程，并按生命周期阶段进行分组（见图 1）。

西蓝花碳足迹核算的系统边界和核算内容示意图，如图 1 所示。

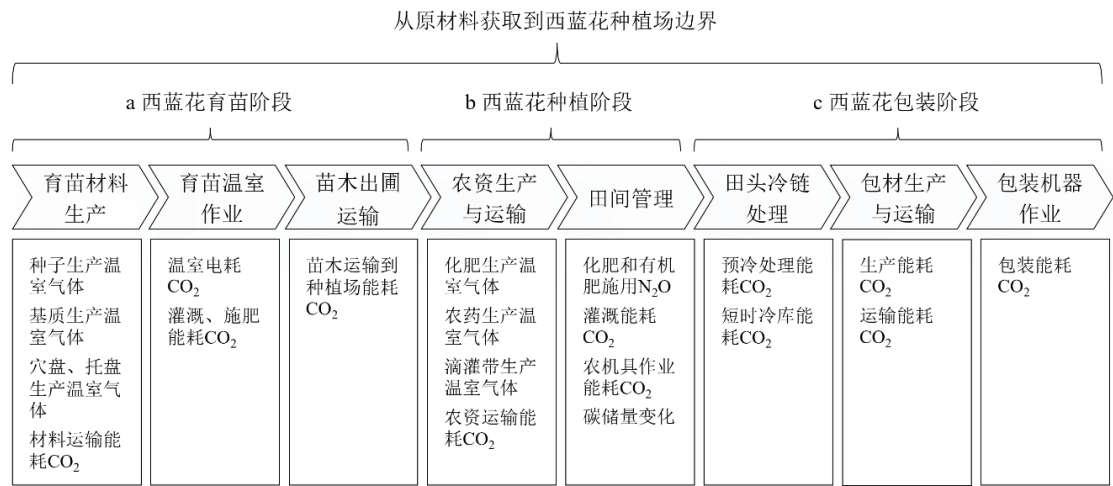


图 1 西蓝花碳足迹核算的单元过程、生命周期阶段和系统边界

6.3 功能单位

西蓝花采用 1 千克鲜重（可食用部分）作为功能单位。

6.4 系统边界

本标准明确了西蓝花碳足迹核算的系统边界及其包括的生命周期阶段和单元过程。

a) 西蓝花育苗阶段应包括育苗资材生产与运输、育苗温室运营两个单元过程（见图 1）。各单元过程核算内容如下：

- 1) 育苗资材生产与运输单元过程核算内容包括：种子和基质生产过程产生的 GHG 排放、穴盘、托盘等塑料制品注塑生产过程产生的 GHG 排放和上述资材从生产地运至苗圃的运输燃料或电力消耗产生的 CO<sub>2</sub> 排放；
- 2) 育苗温室运营单元过程核算内容包括温室运行用电产生的 CO<sub>2</sub> 排放，灌溉施肥用电产生的 CO<sub>2</sub> 排放，以及苗木从苗圃运输至种

植场消耗燃料生的 CO<sub>2</sub> 排放。

b) 西蓝花种植阶段应包括农资生产运输、田间种植两个单元过程：

1) 农资生产运输单元过程核算内容包括氮肥、磷肥、钾肥等化肥生产过程产生的 GHG 排放，农药生产过程产生的 GHG 排放和农资运输消耗燃料产生的 CO<sub>2</sub> 排放；

2) 田间种植单元过程核算内容包括化肥和有机肥施用产生的 N<sub>2</sub>O 排放，田间机械（整地、移栽、灌溉、植保、收获等）作业消耗燃料或电力产生的 CO<sub>2</sub> 排放，以及灌溉抽水消耗能源产生的 CO<sub>2</sub> 排放；若实施秸秆还田、生物炭施用等增碳措施导致土壤有机碳增量，可在评价期内折算为 CO<sub>2</sub> 当量，并自总排放量中扣减。

c) 西蓝花包装阶段由田头冷链处理、包装材料生产与运输与包装机器作业三个单元过程组成：

1) 田头冷链处理单元过程核算内容包括真空预冷或强制风冷处理、≤72 h 短时冷库运行所消耗电力引起的 CO<sub>2</sub> 排放；

2) 包装材料生产与运输单元过程核算内容包括纸箱、塑料袋等材料生产和运输过程中产生的 CO<sub>2</sub> 排放；

3) 包装机器作业单元过程核算内容包括计量、充填、真空封口、装箱等作业所消耗电力引起的 CO<sub>2</sub> 排放。

## 6.5 单元过程的取舍准则

在对西蓝花碳足迹量化过程中，可舍弃影响小于 1% 的环节，但系统边界内舍弃环节总的影响不应超过碳足迹总量的 5%。

## 6.5 时间边界

数据采集时间边界以 1 茬西蓝花为期。

## 7. 核算步骤

西蓝花碳足迹核算包括以下步骤：

- (1) 确定西蓝花核算的系统边界、GHG 产生阶段和功能单位；
- (2) 选择和收集系统边界内各单元过程的定性活动信息和定量活动数据；
- (3) 选择和获取排放因子数据；
- (4) 计算各单元过程的 GHG 排放量和碳清除量；
- (5) 计算系统边界内西蓝花碳足迹。

## 8. 数据收集、数据质量控制和数据保存

### 8.1 西蓝花碳足迹与 GHG 相关的活动数据

活动数据应根据系统边界和包括的生命周期阶段和功能单元进行数据收集。

#### 8.1.2 西蓝花育苗阶段

该阶段收集内容宜包括下列内容：

- 苗圃位置、温室类型（连栋、日光温室或简易棚）及育苗面积；
- 播种量（粒或克）、穴盘数、基质配方及各原料（泥炭、椰糠、蛭石等）用量；
- 穴盘、托盘等育苗容器与托运箱的材质、数量及采购来源；
- 温室采暖、降温、补光、灌溉与施肥等运行过程的电力（或

燃气)消耗量;

——种子、基质、穴盘等资材由供应商运至苗圃的运输距离、载重与燃料消耗量;

——苗木(穴盘)由苗圃运至种植场的运输距离、车辆类型及燃料消耗量。

### **8.1.3 西蓝花种植阶段**

该阶段收集内容宜包括下列内容:

——种植基地地理位置、种植面积、西蓝花品种、定植日期与定植密度;

——氮、磷、钾化肥以及有机肥、石灰、微量元素肥、农药等投入量;

——整地、起垄、覆膜、灌溉、施肥、植保、收获等田间机械或电动设备的柴油/电力消耗量;

——灌溉方式、用水量及抽水加压设备用电量;

——农资(化肥、农药、滴灌带等)由工厂或仓库运至种植场的运输距离与燃料消耗量;

——化肥和有机肥施用强度、施用方式;

——田间增碳措施(秸秆还田、生物炭施用等)及其用量与频次;

——商品花球产量、花球平均质量,及田间废弃物(老花球、叶柄等)产量。

### **8.1.4 西蓝花包装阶段**

该阶段收集内容宜包括下列内容:

——预冷方式（真空预冷、强制风冷或冰水预冷）、单批处理质量、预冷运行电量；

——短时冷库容量、温度设定、存储时长与运行电量；

——包装类型与材料；

——包装材料运输距离与能源消耗量；

——包装作业能源消耗量。

## 8.2 数据收集方法和数据质量

（1）收集的数据应明确记录其收集过程、收集时间和地理信息；

（2）活动数据应按照以下方法收集现场数据：

——西蓝花育苗与田间管理阶段 活动数据应依据苗圃与种植场的资材使用台账（种子、基质、化肥、农药）、田间机械作业记录、能耗计量台账（柴油、电力）、灌溉用水计量记录及结算单 或发票等予以确认；

——田头冷链处理阶段 活动数据应依据真空/风冷预冷机运行记录、冷库电表读数、冷链设备能源 计量台账、制冰或冷媒采购发票、设备运维记录等予以确认；

——西蓝花包装阶段 活动数据应依据包装材料领用台账、包装生产线电力（或压缩空气）计量台 账、包装机具运转记录，以及包装材料采购发票和结算单等予以确认；

——在现场数据不可获取的情况下，宜使用国家最新公布的数据。

（3）排放因子数据应按照以下方法收集：

——优先使用现场排放因子及特征参数；

——在现场排放因子及特征参数不可获取的情况下，宜使用国家最新公布的数据和经评估过的相关数据库数据；

——在国家已公布数据不可获取时，宜使用 IPCC 指南缺省值或附录 A 提供的推荐值。

(4) 数据审定宜通过质量平衡、能量平衡、排放因子的比较分析或其他适当方法进行。

### **8.3 数据保存**

(1) 开展西蓝花碳足迹核算应建立数据管理系统(包括数据来源、数据获取时间及相关负责人等信息的记录管理)，保留相关文件和记录，用于数据审查和质量评估；

(2) 纸质版数据应存放于保护袋、卷夹或保护盒等保存介质中，由负责人签字并定点保存；如有破损应及时修补，并留存备查。保存地点应具备通风、防盗、防火、防潮、防灾、防鼠、防虫、防霉及防污染等措施。纸质数据记录应至少保存 5 年；

(3) 电子化数据应存放于电子储存介质中并进行数据备份，由负责人定期维护管理。文件名称的命名方式应为编号+种植场名称+记录年份，电子化存储记录宜长期保存，如确实缺乏储存条件，应至少保存 10 年。

## **9. 西蓝花碳足迹核算**

### **9.1 西蓝花碳足迹**

西蓝花碳足迹计算如下：

$$CFP = \frac{E-C}{W}$$

式中：

$CFP$  ——西蓝花净碳足迹，单位为千克二氧化碳当量每千克西蓝花（ $\text{kg CO}_2\text{e/kg}$ ）；

$E$  ——西蓝花育苗、种植和包装阶段的GHG排放量总和，单位为千克二氧化碳当量每公顷（ $\text{kg CO}_2\text{e/hm}^2$ ）；

$C$  ——西蓝花种植边界内的碳清除量，单位为千克二氧化碳当量每公顷（ $\text{kg CO}_2\text{e/hm}^2$ ）；

$W$  ——西蓝花产量，单位千克（ $\text{kg}$ ）。

### 9.1.1 总 GHG 排放量计算

西蓝花总GHG排放量包括育苗、种植和包装阶段的GHG排放量计算如下：

$$E = E_{\text{育苗}} + E_{\text{种植}} + E_{\text{包装}}$$

式中：

$E_{\text{育苗}}$  ——西蓝花育苗阶段产生的GHG排放量，单位为千克二氧化碳当量每公顷（ $\text{kg CO}_2\text{e/hm}^2$ ）；

$E_{\text{种植}}$  ——西蓝花种植阶段产生的GHG排放量，单位为千克二氧化碳当量每公顷（ $\text{kg CO}_2\text{e/hm}^2$ ）；

$E_{\text{包装}}$  ——西蓝花包装阶段产生的GHG排放量，单位为千克二氧化碳当量每公顷（ $\text{kg CO}_2\text{e/hm}^2$ ）。

#### 9.1.1.1 育苗阶段的 GHG 排放量

西蓝花育苗阶段产生的GHG排放量计算如下：

$$E_{\text{育苗}} = E_{\text{资材}} + E_{\text{温室}} + E_{\text{出圃运输}}$$

$E_{\text{资材}}$  ——西蓝花育苗阶段育苗资材产生与运输的GHG排放量，单位为千克二氧化碳当量每公顷（kg CO<sub>2</sub>e/hm<sup>2</sup>）；

$E_{\text{温室}}$  ——西蓝花育苗阶段温室运营产生的GHG排放量，单位为千克二氧化碳当量每公顷（kg CO<sub>2</sub>e/hm<sup>2</sup>）；

$E_{\text{出圃运输}}$  ——苗木由苗圃运至种植场途中产生的GHG排放量，单位为千克二氧化碳当量每公顷（kg CO<sub>2</sub>e/hm<sup>2</sup>）。

### 9.1.1.2 种植阶段的 GHG 排放量

西蓝花种植阶段产生的GHG排放量计算如下：

$$E_{\text{种植}} = E_{\text{田间}} + E_{\text{农资}}$$

式中：

$E_{\text{田间}}$  ——种植阶段田间管理产生的GHG排放量，单位为千克二氧化碳当量每公顷（kg CO<sub>2</sub>e/hm<sup>2</sup>）；

$E_{\text{农资}}$  ——种植阶段农资投入品（如化肥、农药、农膜等）产生的GHG排放量，单位为千克二氧化碳当量每公顷（kg CO<sub>2</sub>e/hm<sup>2</sup>）。

#### 9.1.1.2.1 种植阶段田间管理产生的 GHG 排放量

计算公式如下：

$$E_{\text{田间}} = E_{\text{肥料}} + E_{\text{农机具}}$$

式中：

$E_{\text{肥料}}$  ——由氮肥施用引起的温室气体排放量，单位为千克二氧化碳当量每公顷（kg CO<sub>2</sub>e/hm<sup>2</sup>）；



$E_{\text{农机具}}$  ——田间机械作业能源消耗引起的温室气体排放量，单位为千克二氧化碳当量每公顷（ $\text{kg CO}_2\text{e/hm}^2$ ）。

注：单位面积种植场中肥料施用产生的GHG排放量，计算如下：

$$E_{\text{肥料}} = E_{\text{N}_2\text{O}} \times \text{GWP}_{\text{N}_2\text{O}}$$

$$E_{\text{N}_2\text{O}} = \text{N}_2\text{O}_{\text{直接}} + \text{N}_2\text{O}_{\text{间接}}$$

式中：

$E_{\text{肥料}}$  ——西蓝花种植阶段单位面积种植场肥料施用产生的 GHG 排放量，单位为千克二氧化碳当量每公顷（ $\text{kg CO}_2\text{e/hm}^2$ ）；

$E_{\text{N}_2\text{O}}$  ——单位面积种植场肥料施用产生的氧化亚氮排放总量，单位为千克二氧化碳当量每公顷（ $\text{kg N}_2\text{O/hm}^2$ ）；

$\text{N}_2\text{O}_{\text{直接}}$  ——单位面积种植场肥料施用产生的氧化亚氮直接排放量，主要来源于化肥（氮肥、磷肥和钾肥）及有机肥施用引起的氧化亚氮直接排放，单位为千克氧化亚氮每公顷（ $\text{kg N}_2\text{O/hm}^2$ ）；

$\text{N}_2\text{O}_{\text{间接}}$  ——单位面积种植场肥料施用产生的氧化亚氮间接排放量，主要来源于施用化肥和有机肥后，所引起的氮氧化物和氨挥发经大气氮沉降而导致的氧化亚氮排放，以及施加氮源后所导致的土壤氮经淋溶或径流损失进入水体而引发的氧化亚氮排放，单位为千克氧化亚氮每公顷（ $\text{kg N}_2\text{O/hm}^2$ ）；

$GWP_{N_2O}$  ——氧化亚氮相对于二氧化碳的全球变暖潜势，本标准建议采用IPCC第六次评估报告的最新值273。

**9.1.1.2.2 种植阶段农资生产与运输产生的 GHG 排放量按如下公式计算：**

$$E_{\text{农资}} = E_{\text{生产}} + E_{\text{运输}}$$

式中：

$E_{\text{生产}}$  ——农资投入品生产过程中产生的GHG排放量，单位为千克二氧化碳当量每公顷（ $\text{kg CO}_2\text{e/hm}^2$ ）；

$E_{\text{运输}}$  ——农资投入品运输到种植场过程中产生的GHG排放量，单位为千克二氧化碳当量每公顷（ $\text{kg CO}_2\text{e/hm}^2$ ）。

### **9.1.1.3 包装阶段产生的 GHG 排放量**

西蓝花包装阶段的GHG排放包括田头冷链处理、包装材料生产与运输和包装机器作业的GHG排放量，按如下公式计算：

$$E_{\text{包装}} = E_{\text{冷链}} + E_{\text{生产运输}} + E_{\text{包装机器}}$$

式中：

$E_{\text{包装生产}}$  ——包装材料生产过程产生的排放量，单位为千克二氧化碳当量每公顷（ $\text{kg CO}_2\text{e/hm}^2$ ）；

$E_{\text{包装运输}}$  ——包装材料由生产厂运至包装现场的运输排放量，单位为千克二氧化碳当量每公顷（ $\text{kg CO}_2\text{e/hm}^2$ ）；

$E_{\text{包装机器}}$  ——包装机具作业能耗产生的排放量，单位为千克二氧化碳当量每公顷（ $\text{kg CO}_2\text{e/hm}^2$ ）。

### **9.1.2 碳清除量计算**

西蓝花的清除量仅包括土壤碳储量的变化。该部分的量化按如下公式计算：

$$C = SOCS_t - SOCS_0$$

$$SOCS = BD \times H \times SOC \times 44/12$$

式中：

$SOCS_t$  ——核算期末的土壤碳储量，单位为千克二氧化碳当量每公顷（ $\text{kg CO}_2\text{e/hm}^2$ ）；

$SOCS_0$  ——核算期初的土壤碳储量，单位为千克二氧化碳当量每公顷（ $\text{kg CO}_2\text{e/hm}^2$ ）；

$BD$  ——土壤容重，单位为克每立方厘米（ $\text{g/cm}^3$ ）；

$H$  ——土层厚度，单位为厘米（ $\text{cm}$ ）；

$SOC$  ——核算期初或者期末的土壤有机碳含量，单位为克碳每一百克土壤（ $\text{g C/100 g}$ ）。

## 10. 核算报告

西蓝花碳足迹核算报告，应包括西蓝花生产单位的基本信息、功能单位、系统边界、取舍原则、时间边界、数据信息和来源、核算结果和结果解释。

## 11. 附录部分

附录部分主要包括农资投入品、能源（燃料和电力）及包装材料的碳排放因子推荐值；西蓝花碳足迹核算所需相关参数的推荐值，以及西蓝花碳足迹核算报告的模板。

## 12. 参考资料

本规范形成过程中参照的主要标准和文件：

- [1] GB/T 24067 温室气体产品碳足迹量化要求和指南
- [2] GB/T 32150-2015 工业企业温室气体排放核算和报告通则
- [3] 生态环境部环境规划院，北京师范大学，中山大学，中国城市温室气体工作组. 中国产品全生命周期温室气体排放系数集 [R]. 北京：生态环境部环境规划院，2022.
- [4] Nabuurs, G-J., R. Mrabet, A. Abu Hatab, M. Bustamante, H. Clark, P. Havlík, J. House, C. Mbow, K.N. Ninan, A. Popp, S. Roe, B. Sohngen, S. Towprayoon, 2022: Agriculture, Forestry and Other Land Uses (AFOLU). In IPCC, 2022: Climate Change 2022: Mitigation of Climate Change. Contribution of Working Group III to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [P.R. Shukla, J. Skea, R. Slade, A. Al Khourdajie, R. van Diemen, D. McCollum, M. Pathak, S. Some, P. Vyas, R. Fradera, M. Belkacemi, A. Hasija, G. Lisboa, S. Luz, J. Malley, (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, UK and New York, NY, USA.
- [5] IPCC (2019). Chapter 11: N<sub>2</sub>O Emissions from Managed Soils, and CO<sub>2</sub> Emissions from Lime and Urea Application. In: 2019 Refinement to the 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Volume 4: Agriculture, Forestry and Other Land Use. Edited by Kristell Hergoualc’h, Hiroko Akiyama, Martial Bernoux, Ngonidzashe Chirinda, Agustin del Prado, Åsa Kasimir, James Douglas MacDonald, Stephen

Michael Ogle, Kristiina Regina, and Tony John van der Weerden. IPCC, Geneva, Switzerland.

## 五、主要试验、验证及试行结果

### 1. 中国菜地 N<sub>2</sub>O 排放因子和背景排放核算

起草单位通过对我国集约化蔬菜种植系统的文献资料系统分析，评估了施氮量、土壤有机碳、全氮和 pH 等因子对 N<sub>2</sub>O 排放的影响规律。结果表明，中国菜地氮肥诱导的 N<sub>2</sub>O 排放因子(EF)在 0.55%~0.63% 之间，土壤 N<sub>2</sub>O 背景排放量为 1.07~2.67 kg N ha<sup>-1</sup> yr<sup>-1</sup>。基于此估算，2009 年我国菜地氮肥诱导的直接 N<sub>2</sub>O 排放量约为 66.9~84.7 Gg N yr<sup>-1</sup>，占全国农田排放总量的 21%~29%。山东、河南、河北和四川等地为主要排放热点区。这些成果为西蓝花等蔬菜系统的碳足迹核算提供了区域化的排放参数依据。

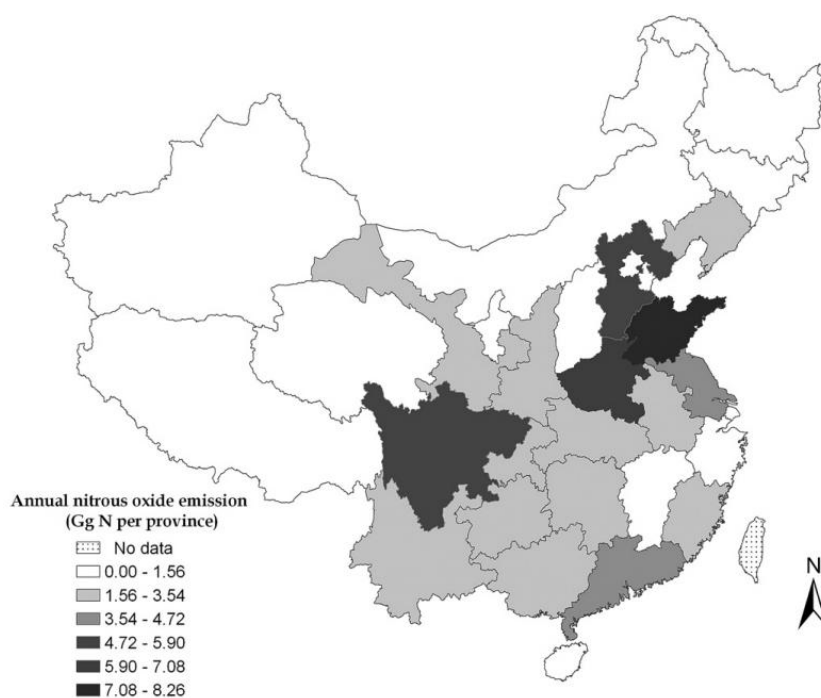


图 2 2009 年中国菜地 N<sub>2</sub>O 排放空间分布特征

## 2. 露天与温室菜地 N<sub>2</sub>O 排放差异

在华东地区典型蔬菜田的连续观测中发现, 温室蔬菜土壤的年际 N<sub>2</sub>O 排放水平 (约 106  $\mu\text{g N}_2\text{O-N m}^{-2} \text{ h}^{-1}$ ) 普遍高于露天系统 (约 91  $\mu\text{g N}_2\text{O-N m}^{-2} \text{ h}^{-1}$ ), 主要归因于温室系统具有更高的背景排放水平。尽管两类系统均受氮肥施用驱动, 但温室系统的氮肥诱导排放强度低于露天系统。这些结果揭示了不同栽培条件下蔬菜碳足迹核算参数的差异性。

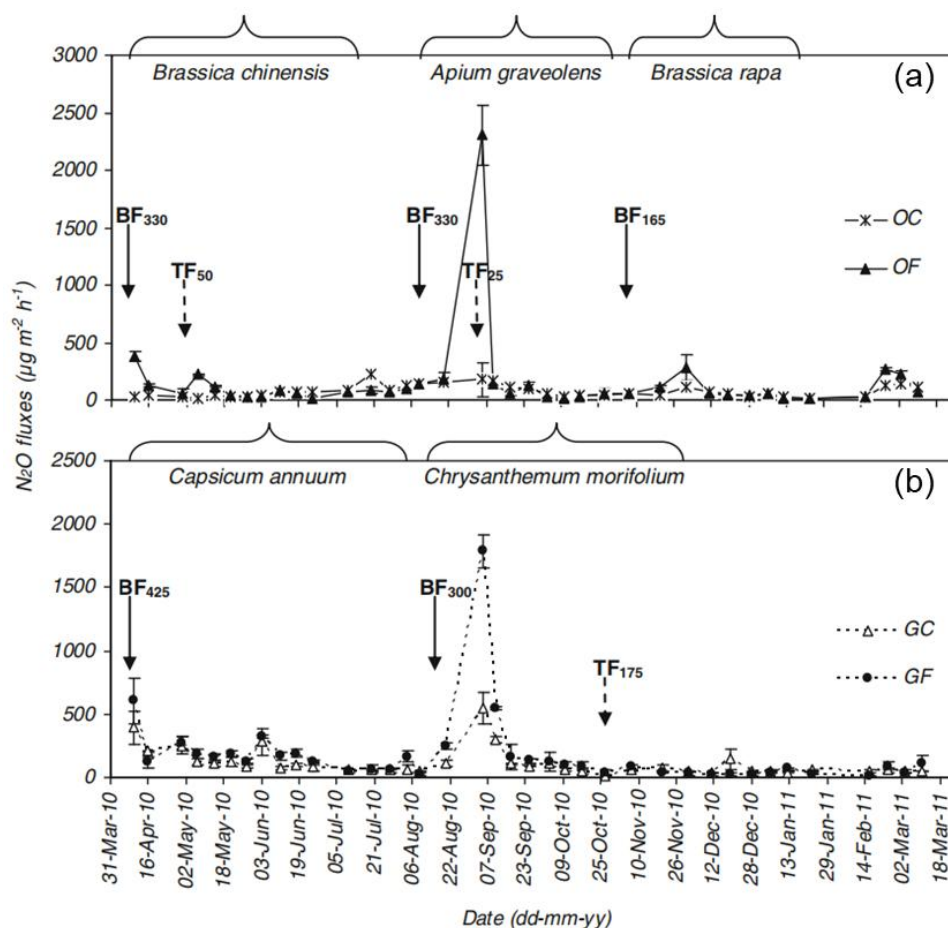


图 3 露天 (a) 和温室 (b) 蔬菜种植系统的 N<sub>2</sub>O 排放通量

## 3. 有机肥替代化肥的减排潜力与机制

在温室条件下开展的黄瓜连作试验表明, 有机肥和生物有机肥处理可有效缓解 N<sub>2</sub>O 排放。在等氮量条件下, 常规化肥 (NPK) 处理的

$\text{N}_2\text{O}$  累积排放量分别是普通有机肥 (O) 处理的 1.3~1.4 倍和添加木霉菌的生物有机肥 (O+T) 处理的 3.1~3.7 倍。对应的排放因子分别为 2.08%、1.34%和 1.12%。有机肥替代的减排机制主要包括氮素缓释效应以及 pH 升高和溶解性有机碳增加促进了反硝化过程。特别是木霉菌接种的有机肥进一步促进了  $\text{N}_2\text{O}$  向  $\text{N}_2$  的还原, 降低了排放。这些结果表明, 在集约化蔬菜系统中推广复合微生物有机肥具有兼顾减排与增产的潜力。

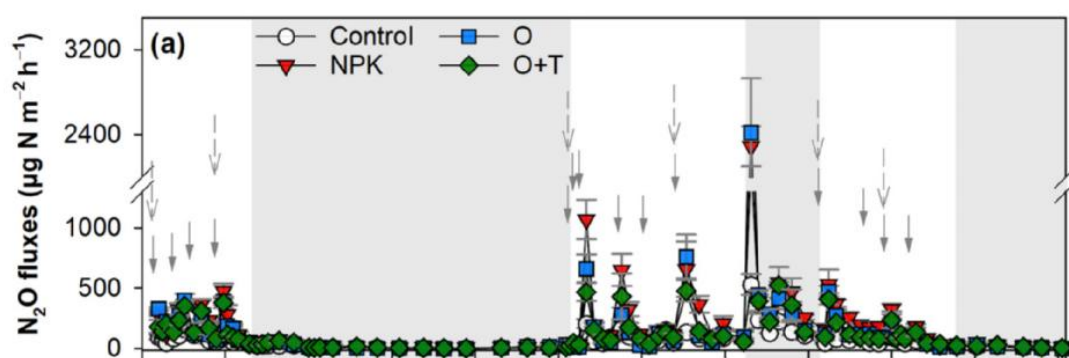


图 4 不同处理下菜地  $\text{N}_2\text{O}$  排放通量

- [1] Wang J, Xiong Z and Yan X. Fertilizer-induced emission factors and background emissions of  $\text{N}_2\text{O}$  from vegetable fields in China. *Atmospheric Environment*, 2011, 45: 6923-6929.
- [2] Liu Q, Qin Y, Zou J, et al. Annual nitrous oxide emissions from open-air and greenhouse vegetable cropping systems in China. *Plant Soil*, 2013, 370: 223-233.
- [3] Geng Y, Wang J, Sun Z, et al. Soil N-oxide emissions decrease from intensive greenhouse vegetable fields by substituting synthetic N fertilizer with organic and bio-organic fertilizers. *Geoderma*, 2021, 114730.

## 六、采用国际标准的程度及水平说明

本标准没有采用国际标准。

## 七、与现行法律法规、强制性标准和其他有关标准的关系

目前我国尚未专门制定针对西蓝花碳足迹核算方面的标准，但颁布有《温室气体 产品碳足迹 量化要求和指南》《农作物温室气体排放核算指南》《种植农产品温室气体排放核算指南》等相关文件，这些标准在一定程度上可为西蓝花碳足迹核算规范的编制提供参考和指导。然而，这些现行标准尚无法完全满足西蓝花产业精准碳足迹核算和减排效果评估的要求。因此，本标准的编制充分借鉴了现有的标准，同时注重结合西蓝花产业的特点进行了创新。本标准编制过程遵循了现行的相关法律法规。通过与现行相关标准的比较，本标准具有较好协调性。

## 八、重大分歧或重难点的处理经过和依据

本草案在工作组起草讨论过程中无重大分歧意见。

## 九、贯彻该标准的要求、措施建议及预期效果

本规范是首次针对西蓝花碳足迹核算进行研制，为推荐规范，旨在为行业提供统一、科学且可操作的核算框架。可先在团体内一些固定观测试验站和示范种植基地中推广应用，并逐步带动行业内其他企业和种植主体积极实施本规范。实施过程中，若出现问题或需改进的内容，应及时反馈给起草单位，以便对本标准进行修订和完善。标准发布后，建议组织开展宣传与培训，加大示范和宣传力度，增强行业内对标准的理解和实施能力，加快推进本标准的实施，并推动西蓝花



产业实现绿色低碳转型。

本标准的实施要求相关单位配备具有农业、环境或相关专业的人员，并开展标准和技术要求的培训，负责标准的具体落实与技术要求的实施。同时，要合理分配人员开展西蓝花生产过程中的各项数据监测，包括农资投入品的使用、土壤、气象、农事操作、温室气体排放等各类数据的收集与分析。建议组织培养或委托 3 名专业人员负责数据的分析与质量控制，确保获得的碳足迹数据符合可监测、可报告、可核查的要求，助力西蓝花产业的低碳发展与环境绩效评估。

#### **十、其他应说明的事项**

无。