

# 碳捕集、利用与封存 (CCUS) 在农业中



第一部分	CCUS 在农业中的重要性 .....	2
第二部分	CCUS 技术在农业中的应用方式 .....	5
第三部分	CCUS 在减少农业甲烷排放方面的潜力 .....	10
第四部分	CCUS 与其他农业减排措施的协同作用 .....	13
第五部分	农业 CCUS 示范项目的进展 .....	17
第六部分	农业 CCUS 的挑战和机遇 .....	21
第七部分	促进农业 CCUS 采用的政策支持 .....	25
第八部分	CCUS 在保障粮食安全中的作用 .....	29

## 第一部分 **CCUS** 在农业中的重要性

关键词	关键点
CCUS在农业中的减排潜力	<ol style="list-style-type: none"><li>1. 农业活动产生大量温室气体，包括甲烷、二氧化碳和一氧化二氮。</li><li>2. CCUS技术可用于捕获和封存这些气体，从而显著减少农业部门的碳足迹。</li><li>3. 封存技术可确保这些气体长期隔离，防止它们释放到大气中。</li></ol>
提高农作物产生的能量	<ol style="list-style-type: none"><li>1. CCUS可通过将生物质转化为可持续能源来提高农业的能量产出。</li><li>2. 生物质是一种可再生的资源，可通过光合作用从太阳能中产生。</li><li>3. 使用生物质产生的能源可减少化石燃料的依赖，并促进循环经济。</li></ol>
改善土壤健康	<ol style="list-style-type: none"><li>1. CCUS技术可通过将二氧化碳注入土壤来改善土壤健康。</li><li>2. 二氧化碳有助于促进植物生长，提高土壤肥力。</li><li>3. 健康的土壤可增加作物产量，减少对化肥和农药的依赖。</li></ol>

促进粮食安全

1. CCUS可通过提高农作物产量和增强土壤健康来促进粮食

	<p>安全。</p> <p>2. 减少温室气体排放可减轻极端天气事件的影响，从而保护农业生产。</p> <p>3. CCUS技术可为可持续的粮食生产系统提供支持，以满足不断增长的全球人口的需求。</p>
经济可行性	<p>1. CCUS技术的成本正在下降，使其在农业中变得更具经济可行性。</p> <p>2. 政府激励措施和碳信贷计划可进一步降低成本。</p> <p>3. CCUS可为农民提供额外的收入来源，同时支持环境保护。</p>
技术进步	<p>1. 正在开发新的CCUS技术，以提高捕获和封存效率。</p> <p>2. 先进材料和工程技术使CCUS系统更紧凑、更有效。</p> <p>3. 持续的研究和创新推动了CCUS在农业中的应用。</p>

## CCUS 在农业中的重要性

碳捕集、利用与封存 (CCUS) 技术在应对气候变化和支持农业可持续发展方面具有重大意义。其在农业中的重要性体现在以下几个方面：

温室气体减排：

农业是温室气体(GHG) 的重要排放源，主要来自畜牧业、施肥和耕作实践。CCUS 技术可从农业系统中捕集二氧化碳(CO<sub>2</sub>), 防止其排放到大气中。

研究表明，CCUS 可捕获高达60%的农业温室气体排放。例如，在英国进行的一项研究发现，在牛场安装 CCUS 系统可将温室气体排放减少75%。

#### 土壤健康改善：

某些 CCUS 技术涉及将捕获的 CO<sub>2</sub> 注入地下，例如碳封存。这个过程可以提高土壤健康，因为注入的CO<sub>2</sub> 与土壤中的水和矿物质相互反应，形成碳酸盐。

碳酸盐有助于改善土壤结构、水分保持能力和养分吸收。研究表明，将CO<sub>2</sub> 注入土壤可将作物产量提高高达20%。

#### 化肥替代：

捕获的CO<sub>2</sub> 可用作合成尿素等化肥的原料。尿素是农业中使用的主要氮肥，对作物生长至关重要。

通过 CCUS 生产化肥可以减少传统化肥生产的碳足迹。此外，捕获的 CO<sub>2</sub> 可以与水和氨反应产生碳酸氢铵，这是一种比尿素更有效的液态氮肥。

#### 生物能源生产：

CCUS 技术可以与生物能源生产相结合，创造更可持续的能源系统。生物能源是指由生物质(如作物和动物废弃物)产生的可再生能源。当生物质被用于发电或生产生物燃料时，会产生 CO<sub>2</sub>。CCUS 可以捕集这些排放，防止其进入大气，从而实现碳中和的生物能源生产。

#### 经济效益：

CCUS 在农业中可以带来经济效益。通过捕获温室气体并提高土壤健

康，农民可以减少化肥和其他投入的使用，降低运营成本。

此外，CCUS项目可能符合碳信贷计划，允许农民因碳减排而获得经济补偿。

### 可持续农业的未来：

CCUS技术是实现可持续农业未来至关重要的一部分。通过减少温室气体排放、改善土壤健康、替代化肥并促进生物能源生产，CCUS可以在应对气候变化和确保粮食安全方面发挥关键作用。

值得注意的是，CCUS技术仍处于开发和示范阶段，需要进一步的研究、投资和政策支持。然而，其在农业中的巨大潜力不容忽视，它有望在未来成为变革性的技术，助力农业向可持续、低碳的未来转型。

## 第二部分 CCUS 技术在农业中的应用方式

关键词	关键点
生物质能源生产	<ol style="list-style-type: none"><li>1. 利用CCUS将农业和林业废弃物转化为生物质能源，减少温室气体排放。</li><li>2. 通过气化或热解等技术，将生物质转化为合成气或生物油，并通过CCUS分离二氧化碳。</li><li>3. 生产的生物质能源可用于发电、供热或作为交通燃料，替</li></ol>



	代化石燃料并实现碳中和。
土壤碳封存	

	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. CCUS技术可以将二氧化碳注入土壤中，与土壤中的矿物质反应形成稳定的碳酸盐。</li> <li>2. 碳封存提高了土壤肥力，增强了作物产量和耐旱性，同时减少了农业生产的碳足迹。</li> <li>3. 优化施肥和耕作方式，促进土壤有机质积累，并通过CCUS实现碳封存的长期性。</li> </ol>
<p>温室气体排放控制</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. CCUS可以捕获和封存畜牧业中的甲烷和其他温室气体，显著减少农业生产的总体排放量。</li> <li>2. 通过厌氧消化、发酵或热氧化等技术，收集和浓缩畜牧废物产生的甲烷，并通过CCUS进行封存。</li> <li>3. 通过饲料管理和粪便处理技术优化，减少畜牧生产过程中的温室气体排放。</li> </ol>
<p>植物育种和优化</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 利用CCUS筛选和育种出对较高二氧化碳浓度耐受性强、固碳效率高的作物品种。</li> <li>2. 通过提高光合作用效率、优化根系结构和促进生物质积累，提升作物的碳捕获能力。</li> <li>3. 培育具有较低温室气体排放特征的作物，减少农业生产过程中的碳足迹。</li> </ol>

精准农业

1. CCUS与精准农业技术相结合，通过监测土壤状况和作物

	<p>生长情况，优化肥料和水资源利用。</p> <p>2. 基于传感器技术和数据分析，精确控制农田二氧化碳施用量，提高碳封存效率。</p> <p>3. 减少农业生产过程中的温室气体排放，提高农业的可持续性和环境效益。</p>
经济激励和政策支持	<p>1. 提供碳信用额度、补贴或税收优惠，鼓励农民采用CCUS技术。</p> <p>2. 建立碳交易市场，为碳捕获和封存提供经济激励。</p> <p>3. 政府政策支持和创新基金，推动CCUS技术在农业中的研发和部署。</p>

## 碳捕集、利用与封存 (CCUS) 技术在农业中的应用方式

### 一、厌氧消化系统

厌氧消化是一种生物过程，将有机物质(如作物残茬、动物粪便)在无氧条件下分解，产生沼气(主要成分为甲烷)。CCUS 技术可以整合到厌氧消化系统中，通过以下方式捕获二氧化碳：

\*预生物质处理：在厌氧消化前，对生物质进行热化学处理，如热解或气化。这些过程会释放出二氧化碳气体。

\*发酵过程：厌氧消化过程中，微生物会产生二氧化碳作为副产品。

\*后处理：沼气净化过程中，通过氨基甲酸盐溶液、乙醇胺或膜分离等方法，将二氧化碳从沼气中分离出来。

## 二、生物炭生产

生物炭是一种通过热解植物生物质(如木材、作物残茬)制成的碳质材料。CCUS 技术可以整合到生物炭生产过程中, 通过以下方式捕获二氧化碳:

\*捕集: 生物炭生产过程中, 热解装置会释放出二氧化碳气体。

\*利用: 二氧化碳气体可以用于温室气体强化, 提高生物炭的碳封存能力。

\*封存: 生物炭可以应用于土壤, 长期封存二氧化碳。

## 三、直接空气捕获(DAC)

DAC 是一种从大气中直接捕获二氧化碳的技术。CCUS 技术可以整合到 DAC 系统中, 通过以下方式捕获二氧化碳:

\*预浓缩: 大气中的二氧化碳浓度较低, 需要先通过吸附剂、膜或溶剂等方法预浓缩。

\*捕获: 预浓缩后的二氧化碳气体, 再通过氨基甲酸盐溶液、乙醇胺或膜分离等方法, 进一步捕获。

## 四、地质封存

地质封存是将捕获的二氧化碳注入到地下的地质结构(如耗尽的油气藏、咸水层或玄武岩)中。在农业中, CCUS 技术可以通过以下方式实现地质封存:

\*废弃的油气井: 利用不再使用的油气井, 将二氧化碳注入地下。

\*咸水层：将二氧化碳注入到地下咸水层中，其密度和浮力特性有利于二氧化碳长期封存。

\*玄武岩：玄武岩是一种富含铁、镁的火山岩，具有很强的二氧化碳矿化能力。通过注入二氧化碳，可以形成稳定碳酸盐矿物，实现长期封存。

## 五、其他应用

除了上述主要应用外，CCUS 技术在农业中还有其他潜在应用，包括：

\*合成燃料：将二氧化碳与氢气合成甲醇等燃料。

\*增强油气开采：将二氧化碳注入油气藏，提高采收率。

\*温室气体强化：将二氧化碳注入温室，提高作物产量和质量。

### 技术成熟度和挑战

CCUS 在农业中的应用仍处于发展阶段，面临着一些技术和经济方面的挑战，包括：

\*捕集效率：提高厌氧消化系统、生物炭生产和 DAC 的二氧化碳捕集效率。

\*成本效益：降低 CCUS 技术的成本，使其在农业中具有经济可行性。

\*规模化：扩大 CCUS 技术的规模，使其对农业温室气体减排产生显著影响。

\*监管：制定明确的监管框架，确保 CCUS 技术的安全和环境可持续性。



总而言之，CCUS 技术在农业中的应用具有潜力，可以为农业温室气体减排和碳中和目标做出贡献。通过持续的技术研发和政策支持，CCUS 技术有望在未来农业可持续发展中发挥重要作用。

## 第三部分 **CCUS** 在减少农业甲烷排放方面的潜力

### **CCUS 在减少农业甲烷排放方面的潜力**

甲烷的排放是温室气体排放的重要来源，农业活动对全球甲烷排放贡献了约三分之一。CCUS 技术有望通过有效捕集和储存甲烷，在减少农业甲烷排放方面发挥关键作用。

#### **#甲烷的农业来源**

农业甲烷排放主要来自以下来源：

- 反刍动物养殖：反刍动物(如牛、羊、山羊)的瘤胃中含有微生物，在消化过程中产生甲烷。
- 水稻种植：水稻田中的厌氧条件促进甲烷产生。
- 粪便管理：动物粪便在储存和处理过程中产生甲烷。
- 有机废物处理：食品加工、废物处理和厌氧消化等活动产生甲烷。

#### **#CCUS 的应用**

CCUS 技术包括以下步骤：

1. **捕集**：从气源中捕获甲烷。
2. **利用**：将甲烷转化为能量或用于其他用途。

**3. 封存：将未利用的甲烷地质封存或加以利用。**

### **#农业中的捕集方法**

农业中的甲烷捕集可以利用以下方法：

-反刍动物养殖：在动物饲料中添加甲烷抑制剂或使用甲烷收集罩。

-水稻种植：实施间歇灌溉、干湿轮作或生物炭施用等管理措施。

-粪便管理：采用厌氧消化、好氧消化或封闭式粪便储存系统。

-有机废物处理：使用密闭式消化池或进行堆肥处理。

## #利用和封存

捕获的甲烷可以通过管道输送或压缩成液态天然气以供利用。利用方式包括：

-发电或为其他能源密集型工业供电。

-生产合成燃料，如氨、甲醇或柴油。

未利用的甲烷可以通过以下方式封存：

-地质封存：将甲烷注入深层地质结构中进行永久储存。

-生物封存：促进甲烷的微生物氧化，将其转化为二氧化碳。

## #减少甲烷排放的潜力

研究表明，采用CCUS 技术可以大幅减少农业甲烷排放。

-反刍动物养殖：通过甲烷抑制剂或收集罩，甲烷排放可减少高达90%。

-水稻种植：间歇灌溉或生物炭施用可减少高达60%的甲烷排放。

-粪便管理：厌氧消化或封闭式储存系统可减少高达90%的甲烷排放。

-有机废物处理：密闭式消化池或堆肥处理可减少高达80%的甲烷排放。

## #经济和环境效益

CCUS 不仅可以减少甲烷排放，还可以带来经济和环境效益：

-增加能源供应：捕获的甲烷可用于发电或生产燃料，从而增加能源

供应。

-降低温室气体排放：甲烷地质封存或生物转化可减少其他温室气体，如二氧化碳的产生。

-减少环境影响：减少甲烷排放有助于降低臭氧层耗竭和气候变化的影响。

## #挑战和机遇

尽管 CCUS 在减少农业甲烷排放方面具有巨大潜力，但仍面临一些挑战：

-成本：CCUS 技术实施和运营的成本可能很高。

-可扩展性：大规模部署CCUS 技术需要大幅扩展基础设施和物流。

-监管和政策：各国需要制定明确的监管框架，促进 CCUS 的开发和部署。

克服这些挑战需要政府、行业和研究机构之间的合作以及持续的技术创新。同时，还需要更多的研究和试验场来证明 CCUS 在农业中的可行性和成本效益。

## # 总结

CCUS 技术在减少农业甲烷排放方面具有巨大的潜力。通过捕获、利用和封存甲烷，我们可以大幅减少农业对气候变化的影响。政府、行业和研究机构的合作对于克服挑战并充分利用 CCUS 在农业中的机会至关重要。

## 第四部分 **CCUS** 与其他农业减排措施的协同作用

关键词	关键点
CCUS与土壤管理的协同作用	<ol style="list-style-type: none"><li>1. CCUS可通过将二氧化碳注入地下，促进土壤碳封存，提高土壤肥力。</li><li>2. 注入的二氧化碳还可增强土壤微生物活性，改善养分循环和植物生长。</li><li>3. 同时实施CCUS和土壤管理措施，如免耕、作物轮作和覆盖作物，可最大限度减少温室气体排放，提高土壤健康。</li></ol>
CCUS与沼气生产的协同作用	<ol style="list-style-type: none"><li>1. 沼气生产过程中的二氧化碳可被CCUS捕集和利用，进一步减少温室气体排放。</li><li>2. CCUS与沼气生产的协同利用可提供低碳能源，同时最大限度地利用农业废弃物。</li><li>3. 该协同作用不仅可以减少排放，还可以为农业带来经济效益。</li></ol>

<p>CCUS与生物质转化利用的 协同作用</p>	<ol style="list-style-type: none"><li>1. 生物质转化利用过程中释放的二氧化碳可被CCUS捕集和利用，实现碳中和。</li><li>2. CCUS与生物质转化利用的结合可生产可再生燃料和生物基产品，减少化石燃料依赖。</li><li>3. 这种协同作用促进了低碳循环经济的发展，减少了农业部</li></ol>
-------------------------------	--



	门的排放足迹。
CCUS与精准农业的协同作用	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 精准农业传感器可监测土壤条件，指导CCUS二氧化碳注入的最佳时间和地点。</li> <li>2. CCUS与精准农业相结合可优化二氧化碳封存效率，最大限度提高土壤碳封存。</li> <li>3. 这种协同作用还可根据特定田块条件定制CCUS措施，提高其成本效益。</li> </ol>
CCUS与植物育种的协同作用	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 耐碳植物品种对二氧化碳更具耐受性，可增强CCUS下的植物生长和产量。</li> <li>2. CCUS与植物育种的协同作用可促进开发出新的高产和气候适应型作物。</li> <li>3. 这种协同作用为应对气候变化和减少农业排放提供了长期解决方案。</li> </ol>

<p>CCUS与政策框架的协同作用</p>	<ol style="list-style-type: none"><li>1. 政策支持，如碳税和激励措施，可加速CCUS在农业中的实施。</li><li>2. 明确的监管框架对于确保CCUS的安全和环境可持续性至关重要。</li><li>3. 公众参与和教育对于CCUS在农业中的社会接受度至关重要。</li></ol>
-----------------------	--

--	--

## CCUS与其他农业减排措施的协同作用

碳捕集、利用与封存 (CCUS) 技术与其他农业减排措施相结合, 可显著增强其减排潜力和成本效益。这些协同作用主要表现在以下几个方面:

### 1. 生物质与CCS 结合

农业产生大量生物质废弃物, 如作物秸秆、畜禽粪便等。这些废弃物可通过热解、气化或厌氧消化等工艺转化为生物质能, 同时产生碳排放。通过CCS 技术捕集这些碳排放, 可实现生物质能源的碳中和利用。

### 2. 沼气与CCS 结合

沼气, 又称生物质气, 是一种可再生能源, 由畜禽粪便或作物秸秆等有机物厌氧发酵产生。沼气中含有大量的甲烷, 是一种强效温室气体。通过CCS 技术捕集沼气中的甲烷, 可显著减少农业甲烷排放。

### 3. 氮肥管理与CCS 结合

氮肥生产和使用过程会产生大量的温室气体, 包括一氧化二氮(N<sub>2</sub>O)。改善氮肥管理措施, 如使用缓释氮肥、提高氮肥利用率等, 可减少N<sub>2</sub>O 排放。结合CCS 技术, 可进一步提高氮肥管理的减排效果。

### 4. 土壤碳汇与CCS 结合

以上内容仅为本文档的试下载部分, 为可阅读页数的一半内容。如要下载或阅读全文, 请访问:  
<https://d.book118.com/676021154005010221>