2025年度永續農業碳排基準研究

臺灣永續農業減碳發展協會
永續政策與倡議中心-法規與智庫組

緒論：永續農業之定義與碳排基準之迫切性

聯合國糧食及農業組織（FAO）將永續農業發展定義為「管理及保育自然資源基礎，並調整技術與制度變革方向，以確保當代及後代人類對糧食及營養之需求得以實現並持續滿足」[1]。此定義涵蓋了土地、水、植物與動物遺傳資源的保育，並強調發展必須在環境上非破壞性、技術上適當、經濟上可行且社會上可接受 [1]。美國農業部（USDA）亦強調永續發展必須平衡經濟、社會與環境層面 [3]，旨在滿足人類需求，提升環境品質，維持農業經濟活力，並提升農民及社會整體生活品質 [3]。糧農組織進一步指出，永續農業必須在確保獲利能力、環境健康、社會與經濟公平的同時，滿足當代及後代的需求，並有助於糧食安全的所有四個支柱（可獲得性、可及性、利用及穩定性）[4]。這些定義共同強調了跨世代公平與資源管理的必要性。碳排放是環境方面的一個關鍵考量，但經濟可行性和社會接受度在永續實踐的採納方面也扮演著至關重要的角色。因此，單純以碳排放為基礎的基準可能無法完全捕捉永續性的全貌。農民的參與至關重要 [1]，這表示基準和策略需要切實可行，並為農民提供誘因以便於在農場層面採用。

農業、林業及其他土地利用佔全球溫室氣體排放的 22% [6]。糧食系統則佔總體人為溫室氣體排放約三分之一 [7]，其中包括農場活動（作物和牲畜生產）、土地利用變化（森林砍伐）以及生產前後的過程（供應鏈）[7]。牲畜消化和糞便管理產生的甲烷，以及肥料使用產生的氧化亞氮是重要的排放源 [9]。鑑於農業對溫室氣體排放的顯著貢獻，建立碳排放基準以追蹤和管理該部門對氣候變遷的影響變得極為迫切。

準確的碳排放基準對於理解當前的影響以及衡量永續措施在減少排放方面的有效性至關重要 [11]。它們有助於識別排放熱點並確定改進的優先領域 [11]。準確的基準是制定績效指標並評估與行業平均水平和競爭對手相比的進展所必需的 [13]。它們還可以引導投資和採購決策轉向溫室氣體排放強度較低的選項 [13]。因此，準確的碳排放基準是農業部門做出知情決策、制定政策以及追蹤永續發展目標進展的基礎。

了解農業中的碳排放

傳統農業中溫室氣體排放的來源包括牲畜、肥料和耕作等[6]。牲畜透過腸道發酵和糞便管理產生甲烷[6]。合成肥料和有機肥料釋放氧化亞氮[6]。耕作會導致土壤有機質分解，釋放二氧化碳[6]。水稻在淹水稻田中種植會產生甲烷[6]。農機和肥料生產中的能源使用也會造成排放[14]。傳統農業對能源密集型投入和實踐的依賴導致了多種溫室氣體的排放，需要採取全面的方法進行基準評估。

永續農業系統旨在減少對合成投入的依賴並加強自然過程[1]。免耕耕作、覆蓋作物和作物輪作等措施可以將碳封存在土壤中[16]。有機農業避免使用合成肥料和農藥，可能減少氧化亞氮排放和能源使用[17]。再生農業著重於恢復土壤健康和生物多樣性，增強碳封存[16]。永續農業系統具有從淨排放者轉變為淨碳封存者的潛力，但這取決於具體的實踐和管理。

農業中的碳足跡衡量由農業活動、產品或系統直接和間接引起的所有溫室氣體排放量，以二氧化碳當量表示[20]。它涵蓋所有階段的排放，包括投入生產、耕作方式、加工、運輸和消費[21]。了解碳足跡有助於識別排放熱點和減排機會[22]。碳足跡提供了一個全面的指標來評估農業的氣候影響，從而可以比較不同的系統和實踐。透過將所有溫室氣體排放量匯總為單一指標（二氧化碳當量），碳足跡可以對農業對氣候變遷的貢獻進行整體評估。這對於設定減排目標和追蹤進度至關重要。

永續農業碳排放之衡量方法

農業中的碳會計方法包括量化與耕作活動相關的碳排放和碳封存[23]。這包括追蹤土地利用、牲畜、土壤管理、肥料使用、能源消耗以及覆蓋作物和農林業等實踐的碳封存所產生的排放[23]。準確的會計對於識別減排領域和提高永續性至關重要[25]。碳會計提供了一個系統地衡量和管理農業中碳流動的框架，這對於知情決策和策略規劃至關重要。透過建立清晰的界線和追蹤碳排放與移除的協議，碳會計使農民和農業企業能夠了解其環境影響並實施有效的減緩策略。

生命週期評估（LCA）是一種評估產品從原料開採到處置的整個生命週期環境影響的綜合工具[26]。在農業中，它包括原料生產、燃料生產和使用等階段[29]。它有助於識別排放熱點和減輕能源消耗及減少排放的機會[26]，並可以比較不同的產品、過程或服務[30]。LCA 提供了一種評估農產品和系統環境永續性的整體方法，不僅僅關注碳排放，還包括其他影響。雖然碳足跡專注於溫室氣體排放，但 LCA 透過考量各種環境影響（例如用水量、土地利用和毒性），提供了更廣泛的視角。這種全面的評估對於識別權衡並確保減碳努力不會導致其他領域的負面影響非常重要。

有各種工具和計算器可用於評估農業碳足跡[11]。這些工具使用不同的方法和數據來源，包括 IPCC 指南和國家清單[11]。它們有助於識別排放熱點、模擬情境並追蹤實現減排目標的進度[11]。例如，Cool Farm Tool（量化溫室氣體、用水量、生物多樣性）、COMET-Farm（專注於美國業務，使用 USDA 方法）和 Agrecalc（市場領先的獨立計算器）[11]。各種碳足跡工具的可用性為農民和利害關係人提供了衡量和管理其排放的選擇，但工具的選擇取決於具體需求和地理背景。不同的工具各有優缺點，例如地理覆蓋範圍、詳細程度和易用性。使用者需要選擇符合其特定要求並為其情況提供準確和相關數據的工具。

準確測量土壤有機碳（SOC）對於評估碳封存至關重要[40]。常用技術包括乾式燃燒（最準確）、濕式消化和光譜法（用於更快、原位測量）[40]。挑戰包括空間變異性、需要基準測量以及實驗室分析的成本和時間[41]。便攜式光譜法等新興技術為更快、更低成本的現場分析提供了潛力[48]。測量土壤碳封存很複雜但對於驗證永續農業實踐的氣候效益至關重要。測量技術的進步對於更廣泛地採用碳農業倡議至關重要。土壤碳封存是農業中減緩氣候變遷的關鍵機制。然而，準確測量和驗證土壤碳變化的困難一直是擴大碳農業的一個障礙。因此，開

發可靠且具成本效益的測量技術對於建立信任並鼓勵農民採用碳封存實踐至關重要。

主要永續農業措施對碳排放之影響

免耕耕作透過減少土壤擾動，有助於碳封存並減少二氧化碳排放 [16]。它還可以透過減少翻耕需求來節省燃料 [51]。然而，部分研究顯示，免耕可能無法在整個土壤剖面中長期增加碳儲存 [56]。其有效性取決於氣候、土壤類型和管理措施 [52]。雖然免耕耕作通常在碳封存和減排方面具有優勢，但其影響可能因地而異，而持續免耕與覆蓋作物等其他措施結合通常更有效。最初的理解是免耕在碳封存方面顯然是個好方法。然而，研究顯示情況更為複雜，需要考慮土壤深度和長期效應等因素。這突顯了特定背景基準的重要性以及持續監測的必要性。

覆蓋作物可以增強土壤有機質、保護土壤免受侵蝕，並可能封存碳 [16]。它們還可以透過改善土壤健康和養分循環來減少對合成肥料的需求 [16]。然而，部分研究指出，覆蓋作物可能無法迅速封存碳，在某些情況下甚至可能增加氧化亞氮的排放 [63]。與免耕耕作結合使用時，效益會增加 [51]。雖然覆蓋作物通常被認為是有益的，但與其他溫室氣體（如氧化亞氮）的潛在權衡表明，碳排放基準需要考慮所有影響，而不僅僅是碳封存。

作物輪作可以減少土壤養分耗竭、對農藥和肥料的需求以及土壤侵蝕，同時增加土壤有機碳 [1]。多樣化的輪作可以提高產量、減少氧化亞氮排放並改善系統的溫室氣體平衡 [71]。在輪作中加入豆科植物可以刺激土壤微生物活性並增加土壤有機碳儲量 [72]。作物輪作是一種基本的永續措施，對減少碳足跡和整體土壤健康具有顯著益處，使其成為建立永續農業排放基準的重要組成部分。作物輪作的多重效益，從減少排放到改善土壤健康和恢復能力，突顯了其在永續農業中的重要性。因此，碳排放基準應考慮不同作物輪作系統的影響。

有機農業通常由於避免使用合成肥料和農藥，因此每公頃的溫室氣體排放量較低 [17]，並且可能導致土壤中的碳封存 [74]。然而，部分研究指出，由於產量較低，有機農業可能需要更多土地，可能導致土地利用變化帶來的間接排放 [80]。由於產量較低，有機系統的單位產品排放量有時可能更高 [83]。有機農業與傳統農業相比的碳足跡很複雜，取決於使用的指標（每公頃與每單位產品）以及產量差異和土地利用變化等因素。認為有機農業總是對氣候更好這種觀念受到數據的挑戰。全面的基準研究需要同時考慮基於土地和基於產品的碳足跡，以提供平衡的比較。

再生農業旨在恢復退化的生態系統、增強生物多樣性並將碳封存在土壤中 [16]。實踐包括免

耕、多樣化的種植系統、覆蓋作物和整合的牲畜管理 [16]。部分研究顯示，與傳統農業相比，它可能導致顯著的碳封存和較低的總體排放量 [90]。然而，牲畜甲烷排放的影響需要仔細考量 [92]。再生農業透過碳封存和減少對合成投入的依賴，在減緩氣候變遷方面展現出巨大的潛力，但其有效性和對所有溫室氣體的影響需要進一步研究和標準化測量。雖然再生農業的原則與碳封存目標高度一致，但科學證據基礎仍在發展中，需要標準化的指標來準確評估其對所有溫室氣體的影響。

永續牲畜管理包括改善飼料效率、輪牧、厭氧糞便管理和縮短糞便儲存時間等措施，以降低牛和豬的碳排放 [94]。遺傳改良和改善動物健康也有助於降低排放強度 [94]。牧場飼養系統可能將碳封存在草原中 [95]。豬肉生產的碳足跡因系統而異，當計入碳封存時，有機系統的排放量可能較低 [98]。永續牲畜管理提供了多種策略來減少腸道發酵和糞便的排放，但其有效性取決於所採用的具體措施和整體系統管理。牲畜是農業排放的重要來源，特別是甲烷。永續農業的基準必須包括具體的指標和策略，以透過改善管理措施來減少這些排放。

永續稻作包括間歇性淹水與乾燥（AWD）、水稻強化栽培體系（SRI）、直播和好氣性稻作等策略，以降低水稻種植的碳排放數據 [102]。傳統的淹水稻作是甲烷排放的重要來源。這些措施可以顯著減少甲烷排放和用水量，有時還能提高產量 [102]。永續稻作提供了顯著的機會來減少強效溫室氣體甲烷的排放，應成為建立這種主要作物的碳排放基準的重點。鑑於稻作對全球甲烷排放的巨大貢獻，採用永續措施至關重要。水稻的碳排放基準應優先測量和減少甲烷。

精準農業利用數據驅動技術來優化資源使用（水、肥料、農藥）[16]。這可以減少溫室氣體排放並提高效率 [106]。技術包括 GPS 導引機械、感測器、無人機和衛星影像 [108]。變量施肥可以減少氧化亞氮的排放 [111]。精準農業透過優化投入和改善資源管理，提供了一條減少農業碳足跡的途徑，使其成為永續耕作系統的重要組成部分。透過使用技術更有效率地施用資源，精準農業可以直接減少與肥料生產和施用以及能源使用相關的排放，從而降低碳足跡。

農業碳排放之區域差異與基準

全球不同地區的農業碳足跡分析顯示出顯著的區域差異。自 2000 年以來，非洲和亞洲的農業糧食系統排放量顯著增長，而大洋洲、美洲和歐洲的排放量則有所下降 [7]。排放強度也因地區而異，非洲、美洲和大洋洲高於世界平均水平 [7]。大洋洲、亞洲和美洲的農場門口排放量佔主導地位，而土地利用變化在非洲和南美洲則扮演更重要的角色 [112]。農業碳足跡具有高度的區域性，這歸因於耕作方式、氣候和經濟發展的差異，這突顯了制定特定區域基準和減緩策略的必要性。對碳排放基準採取一刀切的方法不太可能有效。了解不同地區排放源和強度的區域差異對於制定有針對性的干預措施至關重要。

美國和中國等國家維護包括農業在內的國家溫室氣體清單 [112]。在美國，農業約佔溫室氣體總排放量的 10-11%，且存在區域差異 [122]。中國的農業排放量呈現空間差異，東部和南部地區的排放量較高 [127]。國家溫室氣體清單提供了關於國家層面農業排放量和趨勢的寶貴數據，但需要進一步分解以了解區域差異並為地方化政策提供資訊。雖然國家數據對於總體報告很重要，但農業實踐和環境條件的區域差異意味著需要更精細的數據來建立有效的基準並追蹤次國家級的進展。

由於土壤類型、氣候和作物的影響，各區域的排放量差異很大，使得標準化的乘數在不同區域可能不準確 [126]。不同的耕作系統和管理措施也會導致變異 [132]。有效的減碳政策需要針對具體情況採取措施 [127]。農業系統和環境條件在不同地區的異質性對建立通用碳排放基準構成了重大挑戰，因此需要開發彈性且因地制宜的方法。農業景觀和實踐的多樣性意味著單一基準不太可能在所有地區都具有相關性或可實現性。基準需要根據具體情況進行調整，考慮氣候、土壤和耕作系統等因素。

現有農業碳排放標準與指南

《溫室氣體議定書農業指南》提供了一個衡量和報告農業部門溫室氣體排放的框架，補充了《企業標準》[13]。它涵蓋了牲畜、作物生產和土地利用變化 [133]，旨在協調全球農業公司衡量和報告其排放的方式 [133]。溫室氣體議定書為農業碳核算提供了一個全球認可的框架，為建立一致的衡量和報告實踐奠定了基礎。農業碳核算標準化方法的必要性由溫室氣體議定書解決，該議定書為公司和組織制定全面的排放清單提供了指南。

美國的目標是到 2030 年將農業甲烷排放量減少 25%，氧化亞氮排放量減少 9%（與 2018 年相比）[125]。美國農業部正在制定技術指南，以量化使用氣候智慧型農業措施種植的生物燃料原料作物的溫室氣體排放量並進行報告和驗證 [135]。Agrecalc 納入了英國國家溫室氣體清單中更具體的國家數據 [11]。部分國家正在制定國家目標並制定減少農業碳排放的指南，為該部門提供基準。這些國家倡議展現了應對農業氣候變遷日益增長的承諾，並提供了如何將碳減排目標轉化為具體目標和指南的範例。

美國農業部發布了一項臨時規則，制定了量化、報告和驗證使用氣候智慧型農業措施種植的生物燃料原料商品作物溫室氣體排放量的技術指南 [135]。這旨在促進在清潔運輸燃料計劃中認可氣候智慧型農業 [135]。該規則涵蓋玉米、大豆和高粱等作物，以及減少耕作、覆蓋作物和養分管理等措施 [135]。開發特定氣候標準（例如生物燃料原料）表明，人們正朝著在特定部門內認可和獎勵低碳農業措施的方向發展。透過制定將農業措施與特定成果（例如生物燃料的碳強度）聯繫起來的標準，政策制定者可以建立市場機制來鼓勵採用氣候友善的耕作方法。

IPCC 指南為溫室氣體測量、報告和核實 (MRV) 提供了基礎參考 [137]。它們提供了使用不同方法複雜程度（層級）估算排放量的方法 [137]。2019 年對 2006 年 IPCC 指南的修訂反映了新的科學知識 [119]。FAOSTAT 使用 IPCC 指南估算排放量 [112]。IPCC 指南作為國際認可的國家溫室氣體清單（包括農業部門）科學基礎，確保了排放報告的一致性和可比性。IPCC 在提供標準化方法方面所扮演的角色對於在全球層面創建理解和報告農業溫室氣體排放的共同語言和框架至關重要。

農業土壤碳封存：關鍵的減緩策略

農業土壤具有作為碳匯的巨大潛力[16]。它們儲存的碳幾乎是地球大氣層的三倍[88]。全球農業土壤每年可能封存數十億噸碳[88]。加強農業土壤中的碳封存代表著減緩氣候變遷和改善土壤健康的重要機會。鑑於土壤巨大的碳儲存能力，即使是少量封存量的增加也能對大氣中的二氧化碳濃度產生顯著影響。這突顯了推廣土壤健康措施的重要性。

氣候（溫度和降雨）、土壤類型（質地、排水）和管理措施（耕作、覆蓋作物、作物輪作、施肥）都會影響碳封存[52]。溫暖潮濕的氣候可能會加速殘留物分解，從而減少淨碳增益[52]。黏土通常具有較高的封存潛力[52]。免耕和覆蓋作物是增強碳儲存的關鍵措施[52]。土壤碳封存措施的有效性高度依賴於具體情況，需要根據當地氣候、土壤條件和耕作系統量身定制方法。對碳封存措施採取一體適用的建議不太可能達到最佳效果。了解環境因素和管理措施之間的相互作用對於在不同地區最大限度地提高碳儲存至關重要。

測量和驗證土壤碳封存存在挑戰和機遇。挑戰包括土壤碳的不持久性、對可儲存多少碳的不確定性以及測量和追蹤的困難[63]。準確的測量需要高質量、特定地點的數據和定期監測[19]。機會在於開發標準化的數據協議和現代化數據收集系統[150]。雖然土壤碳封存提供了一個有價值的氣候減緩策略，但需要解決測量和驗證方面的挑戰，以確保碳農業倡議的可信度和有效性。建立對土壤碳封存作為氣候解決方案的信任需要強大的測量和驗證框架。解決科學上的不確定性並制定可靠的協議對於吸引投資和激勵農民參與至關重要。

結論與建議

總之，永續農業的碳排放基準是一個複雜且多面向的議題，需要考慮環境、經濟和社會因素。雖然傳統農業是溫室氣體排放的重要來源，但各種永續農業措施，如免耕、覆蓋作物、作物輪作、有機和再生農業以及永續牲畜和水稻管理，都展現出減少排放和增強碳封存的潛力。然而，這些措施的有效性受到區域特定因素（如氣候、土壤類型和現有耕作方式）的顯著影響。

建立準確且有意義的碳排放基準對於追蹤永續農業的進展和告知政策決策至關重要。雖然國際標準和國家指南（如溫室氣體議定書和IPCC指南）提供了有用的框架，但需要進一步研究以解決區域差異並開發更精細的基準。生命週期評估和各種碳足跡工具對於衡量農業

的環境影響很有價值，但需要持續改進以提高準確性和適用性。

土壤碳封存作為一種關鍵的減緩策略，具有巨大的潛力，但其測量和驗證仍然存在挑戰。未來的研究應著重於開發更可靠、具成本效益的土壤碳測量技術，並更好地理解不同氣候帶和管理措施下碳封存的長期持久性。政策應支持農民採用永續措施，提供技術援助和經濟誘因，以促進農業部門向低碳未來的轉型。

報告中應包含的關鍵表格：

1. 不同農業系統的碳足跡比較

農業系統	作物/牲畜類型	碳足跡（公斤二氧化碳當量/單位產品或每公頃）	來源
傳統農業	多種	70 公斤二氧化碳當量/每份	151
都市農業	多種	420 公斤二氧化碳當量/每份	151
有機農業（斯洛維尼亞）	玉米	1.34 倍於傳統農業（每噸產量）	83
有機農業（斯洛維尼亞）	小麥	1.53 倍於傳統農業（每噸產量）	83
再生農業（白橡木牧場）	牛	比傳統農業低 66%	90
有機農業（加州）	多種	比傳統農業高 10.6%（穩態，每公斤）	85
有機農業（加州）	多種	比傳統農業低 17.7%（過渡期，每公斤）	85

2. 主要永續措施對碳排放之影響

永續措施	對碳排放之影響	對碳封存之影響	主要發現/量化數據	來源

免耕耕作	減少	增加	減少二氧化碳排放，可能增加土壤有機碳	51
覆蓋作物	可能增加氧化亞氮	增加	增強土壤有機質，可能封存碳	59
作物輪作	減少	增加	減少氧化亞氮排放，改善溫室氣體平衡，增加土壤有機碳	71
有機農業	減少（每公頃）/可能增加（每單位產品）	增加	減少合成肥料和農藥的使用；碳封存潛力，但產量可能較低導致單位產品排放增加	17
再生農業	減少	增加	減少合成投入，增強碳封存	79
永續稻作	顯著減少甲烷	無顯著影響	透過間歇性淹水與乾燥等措施減少甲烷排放	102
精準農業	減少	無顯著影響	優化肥料和水的使用，減少氧化亞氮排放和能源消耗	109

3. 農業碳排放之區域差異

區域/國家	總農業排放量（十	區域主要排放源	趨勢	來源

	億噸二氧化碳當量）			
全球	16.2 (2022)	農場活動、土地利用變化、生產前後過程	增加	7
非洲	增長 40% (自 2000 年起)	農場活動、土地利用變化	增加	7
亞洲	增長 25% (自 2000 年起)	農場活動、稻米種植	增加	7
大洋洲	減少 29% (自 2000 年起)	農場活動	減少	7
美洲	減少 9% (自 2000 年起)	農場活動、森林砍伐	減少	7
歐洲	減少 6% (自 2000 年起)	農場活動	減少	7
美國	0.691 (2021)	土壤管理（氧化亞氮）、腸道發酵（甲烷）、糞便管理（甲烷和氧化亞氮）	穩定	123
中國	0.65 (2018)	農場活動、稻米種植	穩定	112

Referneces

1. Dimensions of need - Sustainable agriculture and rural development, 檢索日期：5 月 10, 2025, https://www.fao.org/4/u8480e/u8480e0l.htm

2. What is meant by the term "sustainability"? - Food and Agriculture Organization of the United Nations, 検索日期：5月 10, 2025, https://www.fao.org/4/ai388e/AI388E05.htm
3. Definitions: Sustainability and Food Systems | Home - USDA, 検索日期：5月 10, 2025, https://www.usda.gov/about-usda/general-information/staff-offices/office-chief-economist/oce-sustainability/definitions-sustainability-and-food-systems
4. Sustainable Food and Agriculture | FAO, 検索日期：5月 10, 2025, https://www.fao.org/family-farming/detail/en/c/1412481/
5. Sustainable Food and Agriculture, 検索日期：5月 10, 2025, https://www.fao.org/sustainability/en/
6. How to Lower Agriculture and Land-Use Emissions - CFR Education, 検索日期：5月 10, 2025, https://education.cfr.org/learn/reading/agriculture-land-use-emissions
7. Greenhouse gas emissions from agrifood systems. Global, regional and country trends, 2000–2022, 検索日期：5月 10, 2025, https://www.fao.org/statistics/highlights-archive/highlights-detail/greenhouse-gas-emissions-from-agrifood-systems.-global--regional-and-country-trends--2000-2022/en
8. Greenhouse gas emissions from agrifood systems - FAO Knowledge Repository, 検索日期：5月 10, 2025, https://openknowledge.fao.org/server/api/core/bitstreams/121cc613-3d0f-431c-b083-cc2031dd8826/content
9. Agricultural Greenhouse Gas Emissions 101 - Resources for the Future, 検索日期：5月 10, 2025, https://www.rff.org/publications/explainers/agricultural-greenhouse-gas-emissions-101/
10. Understanding the Land-based Economy: Agricultural Greenhouse Gas Emissions 101, 検索日期：5月 10, 2025,

https://www.terrascope.com/blog/understanding-the-land-based-economy-agricultural-greenhouse-gas-emissions-101

11. Agrecalc: Farm carbon calculator | Home, 検索日期：5月 10, 2025, https://www.agrecalc.com/
12. How can agriculture companies reduce their carbon footprint - Agrecalc, 検索日期：5月 10, 2025, https://www.agrecalc.com/home/insights/how-can-agriculture-companies-reduce-their-carbon-footprint/
13. GHG Protocol Agricultural Guidance, 検索日期：5月 10, 2025, https://ghgprotocol.org/sites/default/files/2022-12/GHG%20Protocol%20Agricultural%20Guidance%20%28April%2026%29_0.pdf
14. Land Use and Agriculture - Net Zero Climate, 検索日期：5月 10, 2025, https://netzeroclimate.org/sectors/agriculture/
15. Sustainable agriculture - Wikipedia, 検索日期：5月 10, 2025, https://en.wikipedia.org/wiki/Sustainable_agriculture
16. Sustainable Agricultural Systems: Principles, Practices, and Pathways for a Resilient Future, 検索日期：5月 10, 2025, https://www.agritecture.com/blog/sustainable-agriculture-principles-practices-pathways
17. The Role of Organic Farming in Reducing Greenhouse Gas Emissions from Agriculture in the European Union - MDPI, 検索日期：5月 10, 2025, https://www.mdpi.com/2073-4395/15/1/198
18. Study Shows Organic Agriculture Mitigates Climate Crisis in Contrast to Conventional Agriculture - Beyond Pesticides Daily News Blog, 検索日期：5月 10, 2025, https://beyondpesticides.org/dailynewsblog/2024/03/study-shows-organic-agriculture-mitigates-climate-crisis-in-contrast-to-conventional-agriculture/
19. How Regenerative Agriculture Can Help Reduce Greenhouse Gas Emissions - Zevero, 検索日期：5月 10, 2025,

https://www.zevero.earth/blog/regenerative-agriculture-reduce-ghg-emissions

20. Carbon Footprint Management by Agricultural Practices - PMC - PubMed Central, 検索日期：5月 10, 2025, https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC9598751/
21. Carbon Footprint Factsheet - Center for Sustainable Systems - University of Michigan, 検索日期：5月 10, 2025, https://css.umich.edu/publications/factsheets/sustainability-indicators/carbon-footprint-factsheet
22. Product Carbon Footprinting Standards in the Agri-food Sector - SAI Platform, 検索日期：5月 10, 2025, https://www.saiplatform.org/uploads/Modules/Library/product-carbon-footprinting_final.pdf
23. www.planetwise.io, 検索日期：5月 10, 2025, https://www.planetwise.io/articles/carbon-accounting-in-agriculture-sustainability-in-the-primary-sector#:~:text=Carbon%20accounting%20in%20agriculture%20involves%20quantifying%20the%20carbon%20emissions%20resulting,%2C%20agroforestry%2C%20and%20conservation%20tillage.
24. Carbon Accounting in Agriculture: Sustainability in the Primary Sector - PlanetWise, 検索日期：5月 10, 2025, https://www.planetwise.io/articles/carbon-accounting-in-agriculture-sustainability-in-the-primary-sector
25. Agri-Food and Sustainable Agriculture - CarbonFit, 検索日期：5月 10, 2025, https://carbonfit.online/agri-food-and-sustainable-agriculture
26. asi.ucdavis.edu, 検索日期：5月 10, 2025, https://asi.ucdavis.edu/sites/g/files/dgvnsk5751/files/inline-files/life-cycle-assessment-fact-sheet-2015_0.pdf
27. Life Cycle Assessment and Sustainable Food Production: A Comprehensive Analysis, 検索日期：5月 10, 2025, https://www.digicomply.com/blog/life-cycle-assessment-and-sustainable-food-production-a-comprehensive-analysis

28. Life Cycle Assessment on Agricultural Production: A Mini Review on Methodology, Application, and Challenges - PMC, 検索日期：5月 10, 2025, https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC9408002/
29. Lifecycle Analysis of Greenhouse Gas Emissions under the Renewable Fuel Standard | US EPA, 検索日期：5月 10, 2025, https://www.epa.gov/renewable-fuel-standard-program/lifecycle-analysis-greenhouse-gas-emissions-under-renewable-fuel
30. Life Cycle Assessment (LCA) - Sustainable Agriculture Research & Education Program, 検索日期：5月 10, 2025, https://sarep.ucdavis.edu/are/energy/lca
31. Carbon Footprint Calculator | Measure Water & Biodiversity, 検索日期：5月 10, 2025, https://coolfarm.org/
32. The CaRPE Tool - American Farmland Trust, 検索日期：5月 10, 2025, https://farmland.org/the-carpe-tool
33. Carbon Audit | Measure & Manage Your Farm's Carbon Footprint - Trinity Agtech, 検索日期：5月 10, 2025, https://www.trinityagtech.com/carbon-audit
34. Agriculture Mitigation Tools & Calculators » AgLEDA - AgLEDx Resource Platform, 検索日期：5月 10, 2025, https://agledx.ccafs.cgiar.org/resources/tools-calculators/
35. COMET-Farm, 検索日期：5月 10, 2025, https://comet-farm.com/
36. The Farm Carbon Calculator, 検索日期：5月 10, 2025, https://calculator.farmcarbontoolkit.org.uk/
37. How to Measure Carbon Footprint, Water & Biodiversity - Cool Farm Tool, 検索日期：5月 10, 2025, https://coolfarm.org/the-tool/
38. 4 popular carbon calculators for farms compared - FarmPEP, 検索日期：5月 10, 2025, https://farmpep.net/resource/4-popular-carbon-calculators-farms-compared
39. Cool Farm Tool Agricultural GHG Calculator - AgLEDx Resource Platform, 検索日期：5月 10, 2025, https://agledx.ccafs.cgiar.org/estimating-emissions/agriculture-ghg-calculators/cool-farm-tool/

40. extension.sdstate.edu, 検索日期：5月 10, 2025, https://extension.sdstate.edu/soil-carbon-cycle-and-laboratory-measurements-carbon-related-soil-health#:~:text=Dry%20combustion%20is%20the%20most,concentration%20in%20the%20soil%20sample.
41. Soil Carbon: Measurement and Analysis - Department of Agriculture and Food, 検索日期：5月 10, 2025, https://www.agric.wa.gov.au/sites/gateway/files/Soil%20Carbon%20Measurement%20and%20Analysis%20Factsheet.pdf
42. What are the different methods of measuring soil organic carbon?, 検索日期：5月 10, 2025, https://soiloptix.com/our-blog/what-are-the-different-methods-of-measuring-soil-organic-carbon/
43. Exploring Soil Carbon: Measurement Methods, Timing, Locations, and Significance, 検索日期：5月 10, 2025, https://agorocarbonalliance.com/knowledgehub/exploring-soil-carbon-measurement-methods-timing-locations-and-significance/
44. Soil Carbon Cycle and Laboratory Measurements of Carbon Related to Soil Health - SDSU Extension - South Dakota State University, 検索日期：5月 10, 2025 , https://extension.sdstate.edu/soil-carbon-cycle-and-laboratory-measurements-carbon-related-soil-health
45. SL508/SS721: Current and Emerging Protocols for Carbon Measurement in Agricultural Soils - UF/IFAS EDIS, 検索日期：5月 10, 2025, https://edis.ifas.ufl.edu/publication/SS721
46. New Guide Explains How to Measure Soil Organic Carbon | News, 検索日期：5月 10, 2025, https://www.extension.iastate.edu/news/new-guide-explains-how-measure-soil-organic-carbon
47. How to measure, report and verify soil carbon change to realize the potential of

soil carbon sequestration for atmospheric greenhouse gas removal - PubMed Central, 検索日期：5月 10, 2025, https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC6973036/

48. Emerging techniques for soil carbon measurements - CCAFS, 検索日期：5月 10, 2025, https://ccafs.cgiar.org/sites/default/files/assets/docs/ccafs-wp-02-soil_carbon_measurement.pdf
49. Quantifying carbon for agricultural soil management: from the current status toward a global soil information system - Taylor & Francis Online, 検索日期：5月 10, 2025, https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/17583004.2019.1633231
50. Carbon sequestration and environmental benefits from no-till systems - VTechWorks, 検索日期：5月 10, 2025, https://vtechworks.lib.vt.edu/items/0e6c5384-f686-428c-93cb-72ac7085deba
51. No-Till Farming Improves Soil Health and Mitigates Climate Change | Article | EESI, 検索日期：5月 10, 2025, https://www.eesi.org/articles/view/no-till-farming-improves-soil-health-and-mitigates-climate-change
52. DOCUMENTATION OF LITERATURE, DATA, AND MODELING ANALYSIS TO SUPPORT THE TREATMENT OF CSA PRACTICES THAT REDUCE AGRICULTURAL SOIL - USDA, 検索日期：5月 10, 2025, https://www.usda.gov/sites/default/files/documents/USDA_Durability_WhitePaper_01_14.pdf
53. Decreasing Soil Tillage May Reduce Carbon Release | AgriTechTomorrow, 検索日期：5月 10, 2025, https://www.agritechtomorrow.com/story/2023/05/decreasing-soil-tillage-may-reduce-carbon-release-/14547/
54. Comparing No-Till to Conventional Tillage Over 30 years, 検索日期：5月 10, 2025, https://www.canr.msu.edu/soil_health/uploads/files/NoTill%20Bulletin%20final%202025.pdf

55. No-tillage lessens soil CO2 emissions the most under arid and sandy soil conditions: results from a meta - BG, 検索日期：5月 10, 2025, https://bg.copernicus.org/articles/13/3619/2016/bg-13-3619-2016.pdf
56. No 'Holy War' (Just Hole-y Data) on No-Till Carbon, 検索日期：5月 10, 2025, https://www.no-tillfarmer.com/blogs/1-covering-no-till/post/11778-no-holy-war-just-hole-y-data-on-no-till-carbon
57. No-till may not be the agricultural panacea we thought it was - Anthropocene Magazine, 検索日期：5月 10, 2025, https://www.anthropocenemagazine.org/2022/08/no-till-may-not-be-the-agricultural-panacea-we-thought-it-was/
58. Carbon Farming: Harnessing Agriculture for Carbon Sequestration, 検索日期：5月 10, 2025, https://www.sustainableagriculture.eco/post/carbon-farming-harnessing-agriculture-for-carbon-sequestration
59. Cover Crops and Carbon Sequestration - SARE, 検索日期：5月 10, 2025, https://www.sare.org/publications/cover-crops-ecosystem-services/cover-crops-and-carbon-sequestration/
60. Cover Crops and Carbon Sequestration - Center for Regenerative Agriculture - University of Missouri, 検索日期：5月 10, 2025, https://cra.missouri.edu/wp-content/uploads/2022/09/Cover-Crops-and-Carbon-Sequestration.pdf
61. Cover Crops for Climate Change Adaptation and Mitigation | Article | EESI, 検索日期：5月 10, 2025, https://www.eesi.org/articles/view/cover-crops-for-climate-change-adaptation-and-mitigation
62. Cover Crop Mixes Reduce Carbon Emissions and Improve Soil Health - Michigan Ag Connection, 検索日期：5月 10, 2025, https://michiganagconnection.com/news/cover-crop-mixes-reduce-carbon-emissions-and-improve-soil-health

63. The case for cover crops goes beyond climate benefits - FoodPrint, 検索日期：5月 10, 2025, https://foodprint.org/blog/the-case-for-cover-crops-goes-beyond-climate-benefits/
64. Cover crop mixes can cut carbon emissions from farms, study says | Great Lakes Echo, 検索日期：5月 10, 2025, https://greatlakesecho.org/2025/02/27/cover-crop-mixes-can-cut-carbon-emissions-from-farms-study-says/
65. Study shows how cover crops and perennials do not necessarily increase carbon storage in soil - News.iastate.edu, 検索日期：5月 10, 2025, https://www.news.iastate.edu/news/study-shows-how-cover-crops-and-perennials-do-not-necessarily-increase-carbon-storage-soil
66. Cover Crops' Climate Hype | The Breakthrough Institute, 検索日期：5月 10, 2025, https://thebreakthrough.org/issues/food-agriculture-environment/cover-crops-climate-hype
67. Putting Carbon into Soil, 検索日期：5月 10, 2025, https://www.soils.org/files/science-policy/caucus/briefings/2020-05-soil-health-climate-change.pdf
68. How to Reduce Carbon Footprint in Agriculture - Cool Farm Tool, 検索日期：5月 10, 2025, https://coolfarm.org/how-to-reduce-carbon-footprint-in-agriculture/
69. Crop Rotation – Center for Regenerative Agriculture and Resilient Systems - Chico State, 検索日期：5月 10, 2025, https://www.csuchico.edu/regenerativeagriculture/ra101-section/crop-rotation.shtml
70. Can a Crop Rotation and Fallow System Reduce the Carbon Emission Intensity of Agriculture? - MDPI, 検索日期：5月 10, 2025, https://www.mdpi.com/2073-445X/13/3/293
71. pubmed.ncbi.nlm.nih.gov, 検索日期：5月 10, 2025, https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/38172570/#:~:text=The%20diversified%20rotations%20increase%20equivalent,greenhouse%20gas%20balance%20by%2088%25

.

72. Diversifying crop rotation increases food production, reduces net greenhouse gas emissions and improves soil health - PubMed, 検索日期：5月 10, 2025, https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/38172570/
73. Climate Change - National Organic Coalition, 検索日期：5月 10, 2025, https://www.nationalorganiccoalition.org/climate-change
74. Response to article claiming organic farming has increased carbon emissions, 検索日期：5月 10, 2025, https://www.organicseurope.bio/library/response-to-article-claiming-organic-farming-has-increased-carbon-emissions/
75. Organic vs Conventional Food Production Methods - Food Systems, Sustainability and Climate Change - University of Wisconsin–Madison, 検索日期：5月 10, 2025, https://kb.wisc.edu/dairynutrient/375fsc/page.php?id=70544
76. Determining organic versus conventional food emissions to foster the transition to sustainable food systems and diets: Insights from a systematic review | Request PDF - ResearchGate, 検索日期：5月 10, 2025, https://www.researchgate.net/publication/365162212_Determining_organic_versus_conventional_food_emissions_to_foster_the_transition_to_sustainable_food_systems_and_diets_Insights_from_a_systematic_review
77. rodaleinstitute.org, 検索日期：5月 10, 2025, https://rodaleinstitute.org/why-organic/organic-basics/organic-vs-conventional/#:~:text=Conventional%20agriculture%20causes%20increased%20greenhouse,all%20without%20toxic%20pesticide%20residues.
78. Organic vs. Conventional Farming - Rodale Institute, 検索日期：5月 10, 2025, https://rodaleinstitute.org/why-organic/organic-basics/organic-vs-conventional/
79. Regenerative Organic Agriculture and Climate Change - Rodale Institute, 検索日期：5月 10, 2025, https://rodaleinstitute.org/wp-content/uploads/rodale-white-paper.pdf
80. How more organic farming could worsen global warming | PBS News, 検索日期：5

月 10, 2025, https://www.pbs.org/newshour/science/how-more-organic-farming-could-worsen-global-warming

81. Does Organic Agriculture Contribute to Climate Change? - JSTOR Daily, 検索日期:5月 10, 2025, https://daily.jstor.org/does-organic-agriculture-contribute-to-climate-change/
82. Is organic really better for the environment than conventional agriculture? - Our World in Data, 検索日期:5月 10, 2025, https://ourworldindata.org/is-organic-agriculture-better-for-the-environment
83. (PDF) CARBON FOOTPRINT OF CONVENTIONAL AND ORGANIC CROPS PRODUCTION ON FAMILY FARMS IN SLOVENIA - ResearchGate, 検索日期:5月 10, 2025, https://www.researchgate.net/publication/268159548_CARBON_FOOTPRINT_OF_CONVENTIONAL_AND_ORGANIC_CROPS_PRODUCTION_ON_FAMILY_FARMS_IN_SLOVENIA
84. Organic farming uses more land than conventional - The Johns Hopkins News-Letter, 検索日期:5月 10, 2025, https://www.jhunewsletter.com/article/2019/11/organic-farming-uses-more-land-than-conventional
85. Comparison of Twelve Organic and Conventional Farming Systems: A Life Cycle Greenhouse Gas Emissions Perspective - Taylor & Francis Online, 検索日期:5月 10, 2025, https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/10440046.2012.672378
86. Comparative life cycle assessment of conventional and organic hazelnuts production systems in Central Italy - PubMed, 検索日期:5月 10, 2025, https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/35219680/
87. Sustainable Agriculture: Key Principles Guide - Pernod Ricard, 検索日期:5月 10, 2025, https://www.pernod-ricard.com/sites/default/files/inline-files/Sustainable%20agri%20key%20principles_0.pdf

88. Decarbonization of Agriculture: The Greenhouse Gas Impacts and Economics of Existing and Emerging Climate-Smart Practices - PubMed Central, 検索日期：5月 10, 2025, https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC10739617/
89. Regenerative Agriculture vs Conventional Farming: Key Differences, 検索日期：5月 10, 2025, https://www.traditionaldreamfactory.com/blog/2025-02-27-regenerative-agriculture-vs-conventiona
90. Research with Exciting Implications for Regenerative Agriculture and Climate Change - Chico State, 検索日期：5月 10, 2025, https://www.csuchico.edu/regenerativeagriculture/blog/multi-species-pasture-study.shtml
91. Food, Climate & Regenerative Farming FAQ - The Nature Conservancy, 検索日期：5月 10, 2025, https://www.nature.org/en-us/what-we-do/our-priorities/provide-food-and-water-sustainably/food-and-water-stories/climate-friendly-food-faqs-regenerative-ag-101/
92. Regenerative Farming is worse for GHG emissions than conventional farming - Reddit, 検索日期：5月 10, 2025, https://www.reddit.com/r/DebateAVegan/comments/172x3iq/regenerative_farming_is_worse_for_ghg_emissions/
93. www.reddit.com, 検索日期：5月 10, 2025, https://www.reddit.com/r/DebateAVegan/comments/172x3iq/regenerative_farming_is_worse_for_ghg_emissions/#:~:text=Regenerative%20farming%20(RF)%20produces%20more,for%20about%2020%2D30%20years.
94. Reducing emissions from livestock through sustainable management practices - Food Forward NDCs, 検索日期：5月 10, 2025, https://foodforwardndcs.panda.org/food-production/reducing-emissions-from-livestock-through-sustainable-management-practices/
95. These Cattle Farmers Are Cutting Emissions, Boosting Nature | TIME, 検索日期：5月 10, 2025, https://time.com/6835547/regenerative-cattle-farming/

96. Research Brief: Beef Industry Can Reduce Emissions by up to 30%, 検索日期：5月 10, 2025, https://www.nature.org/en-us/newsroom/beef-industry-can-reduce-greenhouse-gas-emissions/
97. Environment - Eat Wild, 検索日期：5月 10, 2025, https://www.eatwild.com/environment.html
98. Impact of organic pig production systems on CO 2 emission, C sequestration and nitrate pollution - ResearchGate, 検索日期：5月 10, 2025, https://www.researchgate.net/publication/241036132_Impact_of_organic_pig_production_systems_on_CO_2_emission_C_sequestration_and_nitrate_pollution
99. Measuring Carbon Emissions from Green and Low-Carbon Full-Life-Cycle Feeding in Large-Scale Pig Production Systems: A Case Study from Shaanxi Province, China - MDPI, 検索日期：5月 10, 2025, https://www.mdpi.com/2077-0472/13/12/2281
100. Carbon Footprint of the Pork Product Chain and Recent Advancements in Mitigation Strategies - PubMed Central, 検索日期：5月 10, 2025, https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC10706032/
101. Do We Know the Carbon Footprint of the Pork Industry?, 検索日期：5月 10, 2025, https://lpelc.org/do-we-know-the-carbon-footprint-of-the-pork-industry/
102. Reducing emissions from rice cultivation - Food Forward NDCs, 検索日期：5月 10, 2025, https://foodforwardndcs.panda.org/food-production/reducing-emissions-from-rice-cultivation/
103. Greening the rice we eat - World Bank Blogs, 検索日期：5月 10, 2025, https://blogs.worldbank.org/en/eastasiapacific/greening-rice-we-eat
104. Carbon footprint research and mitigation strategies for rice-cropping systems in China: a review - Frontiers, 検索日期：5月 10, 2025, https://www.frontiersin.org/journals/sustainable-food-systems/articles/10.3389/fsufs.2024.1375092/full

105. A Digital Innovation Hub for Climate-Friendly Low-Carbon Rice, 検索日期：5月 10, 2025, https://www.rockefellerfoundation.org/perspective/a-digital-innovation-hub-for-climate-friendly-low-carbon-rice/
106. Revolutionizing Sustainable Agriculture: How Precision Technology and Carbon Sequestration Are Shaping the Future of Farming - - Farmonaut, 検索日期：5月 10, 2025, https://farmonaut.com/precision-farming/revolutionizing-sustainable-agriculture-how-precision-technology-and-carbon-sequestration-are-shaping-the-future-of-farming/
107. Precision agriculture: ambitious research project aims to reduce the climate footprint of ... - Novo Nordisk Fonden, 検索日期：5月 10, 2025, https://novonordiskfonden.dk/en/news/precision-agriculture-ambitious-research-project-aims-to-reduce-the-climate-footprint-of-agriculture/
108. Precision Agriculture - Climate-ADAPT - European Union, 検索日期：5月 10, 2025, https://climate-adapt.eea.europa.eu/en/metadata/adaptation-options/precision-agriculture
109. Application of Precision Agriculture Technologies for Sustainable Crop Production and Environmental Sustainability: A Systematic Review - PubMed Central, 検索日期：5月 10, 2025, https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC11483651/
110. Unlocking Precision Agriculture's Climate Potential - C2ES, 検索日期：5月 10, 2025, https://www.c2es.org/document/unlocking-precision-agricultures-climate-potential/
111. Why precision agriculture is essential in combating climate change - AgFunderNews, 検索日期：5月 10, 2025, https://agfundernews.com/why-precision-agriculture-is-essential-in-combating-climate-change

112. Emissions due to agriculture - FAO Knowledge Repository, 検索日期:5月 10, 2025, https://openknowledge.fao.org/server/api/core/bitstreams/cc09fbbc-eb1d-436b-a88a-bed42a1f12f3/content
113. Inventory of U.S. Greenhouse Gas Emissions and Sinks | US EPA, 検索日期:5月 10, 2025, https://www.epa.gov/ghgemissions/inventory-us-greenhouse-gas-emissions-and-sinks
114. Greenhouse Gas Inventory and Assessment Program | Home - USDA, 検索日期:5月 10, 2025, https://www.usda.gov/about-usda/general-information/staff-offices/office-chief-economist/office-energy-and-environmental-policy/climate-change/greenhouse-gas-inventory-and-assessment-program
115. Agriculture and Forestry Greenhouse Gas Inventory Dashboard - Ag Data Commons, 検索日期:5月 10, 2025, https://agdatacommons.nal.usda.gov/articles/dataset/Agriculture_and_Forestry_Greenhouse_Gas_Inventory_Dashboard/26814136
116. National Greenhouse Gas Emissions Inventories and Implied National Mitigation (Nationally Determined Contributions) Targets | Climate Change Indicators Dashboard, 検索日期:5月 10, 2025, https://climatedata.imf.org/datasets/72e94bc71f4441d29710a9bea4d35f1d_0/about
117. How good is the data for tracking countries' agricultural greenhouse gas emissions? Making use of multiple national greenhouse gas inventories - Frontiers, 検索日期:5月 10, 2025, https://www.frontiersin.org/journals/sustainable-food-systems/articles/10.3389/fsufs.2023.1156822/full
118. The national greenhouse gas inventory (NGHGI) for agriculture - FAO elearning Academy, 検索日期:5月 10, 2025,

https://elearning.fao.org/course/view.php?id=639

119. 2019 Refinement to the 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, 検索日期：5月 10, 2025, https://www.ipcc.ch/report/2019-refinement-to-the-2006-ipcc-guidelines-for-national-greenhouse-gas-inventories/

120. 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, 検索日期：5月 10, 2025, https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/vol4.html

121. 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, 検索日期：5月 10, 2025, https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/

122. Agriculture Sector Emissions | US EPA, 検索日期：5月 10, 2025, https://www.epa.gov/ghgemissions/agriculture-sector-emissions

123. Agriculture accounted for an estimated 10.6 percent of U.S. greenhouse gas emissions in 2021, 検索日期：5月 10, 2025, https://www.ers.usda.gov/data-products/charts-of-note/chart-detail?chartId=108623

124. Sources of Greenhouse Gas Emissions | US EPA, 検索日期：5月 10, 2025, https://www.epa.gov/ghgemissions/sources-greenhouse-gas-emissions

125. The biggest opportunities to cut U.S. agricultural emissions this decade | EDF, 検索日期：5月 10, 2025, https://www.edf.org/agriculture-climate-pathways

126. These states are leading the country in agriculture emissions - Wisconsin Watch, 検索日期：5月 10, 2025, https://wisconsinwatch.org/2023/02/wisconsin-top-ten-in-agriculture-emissions/

127. Regional Differences in Agricultural Carbon Emissions in China: Measurement, Decomposition, and Influencing Factors - MDPI, 検索日期：5月 10, 2025, https://www.mdpi.com/2073-445X/14/4/682

128. Analysis of regional differences and spatial spillover effects of agricultural carbon emissions in China - PMC - PubMed Central, 検索日期：5月 10, 2025, https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC10250807/

129. Re-measurement of agricultural carbon emission rates: Drivers, regional

differences and dynamic evolution | PLOS One, 検索日期：5月 10, 2025, https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0308496

130. Regional heterogeneity of agricultural carbon emission reduction potential in China, 検索日期：5月 10, 2025, https://www.eeer.org/journal/view.php?number=1536

131. Research on Agricultural Carbon Emissions and Regional Carbon Emissions Reduction Strategies in China - MDPI, 検索日期：5月 10, 2025, https://www.mdpi.com/2071-1050/12/7/2627

132. Carbon Accounting: Why emissions vary widely from farm to farm | Blog Posts | WWF, 検索日期：5月 10, 2025, https://www.worldwildlife.org/blog-posts/carbon-accounting-why-emissions-vary-widely-from-farm-to-farm

133. Agriculture Guidance | GHG Protocol, 検索日期：5月 10, 2025, https://ghgprotocol.org/agriculture-guidance

134. GHG Protocol Agricultural Guidance, 検索日期：5月 10, 2025, https://ghgprotocol.org/sites/default/files/standards/GHG%20Protocol%20Agricultural%20Guidance%20%28April%2026%29_0.pdf

135. USDA Publishes Interim Rule on Technical Guidelines for Climate-Smart Agriculture Crops Used as Biofuel Feedstocks, 検索日期：5月 10, 2025, https://www.usda.gov/about-usda/news/press-releases/2025/01/15/usda-publishes-interim-rule-technical-guidelines-climate-smart-agriculture-crops-used-biofuel

136. Technical Guidelines for Climate-Smart Agriculture Crops Used as Biofuel Feedstocks, 検索日期：5月 10, 2025, https://www.federalregister.gov/documents/2025/01/17/2025-00975/technical-guidelines-for-climate-smart-agriculture-crops-used-as-biofuel-feedstocks

137. IPCC Tier 2 methodology - Assessing agriculture's carbon footprint - Agrecalc, 検索日期：5月 10, 2025, https://www.agrecalc.com/home/insights/ipcc-tier-2-methodology-agriculture-carbon-footprint/

138. Carbon farming - a path to more sustainable agriculture | ICOS, 検索日期：5月 10, 2025, https://www.icos-cp.eu/fluxes/2/carbon-farming-path-more-sustainable-agriculture
139. Soil Carbon Sequestration: Myths, Realities, and the Biden Administration's Proposals, 検索日期：5月 10, 2025, https://www.csis.org/analysis/soil-carbon-sequestration-myths-realities-and-biden-administrations-proposals
140. Carbon sequestration in agricultural soils: Strategies for climate change mitigation-A Review - International Journal of Advanced Biochemistry Research, 検索日期：5月 10, 2025, https://www.biochemjournal.com/archives/2024/vol8issue12/PartC/8-12-13-268.pdf
141. Carbon Sequestration Potential on Agricultural Lands: A Review of Current Science and Available Practices, 検索日期：5月 10, 2025, https://sustainableagriculture.net/wp-content/uploads/2015/12/Soil_C_review_Kane_Dec_4-final-v4.pdf
142. Carbon sequestration in agricultural soils (English) - World Bank Documents and Reports, 検索日期：5月 10, 2025, https://documents.worldbank.org/en/publication/documents-reports/documentdetail/751961468336701332/carbon-sequestration-in-agricultural-soils
143. Soil carbon sequestration by agriculture - OECD, 検索日期：5月 10, 2025, https://www.oecd.org/en/publications/soil-carbon-sequestration-by-agriculture_63ef3841-en.html
144. Inventory of techniques for carbon sequestration in agricultural soils - Interreg North Sea Region, 検索日期：5月 10, 2025, https://northsearegion.eu/media/12543/20200313-cf-rapport.pdf
145. Soil Carbon Sequestration in the Context of Climate Change Mitigation: A Review - MDPI, 検索日期：5月 10, 2025, https://www.mdpi.com/2571-8789/7/3/64
146. Ensuring Soil Carbon Farming Climate Mitigation Claims Represent Reality, 検

索日期:5月 10, 2025, https://environment.yale.edu/news/article/qa-ensuring-soil-carbon-farming-climate-mitigation-claims-represent-reality

147. Greenhouse gas fluxes from no-till rotated corn in the upper midwest - DigitalCommons@UNL, 検索日期:5月 10, 2025, https://digitalcommons.unl.edu/context/usdaarsfacpub/article/2167/viewcontent/Lehman_AEE_2013_Greenhouse_gas_fluxes_from_no_till_rotated_corn.pdf

148. Agricultural management explains historic changes in regional soil carbon stocks - PNAS, 検索日期:5月 10, 2025, https://www.pnas.org/doi/full/10.1073/pnas.1002592107

149. Challenges in Accurately Measuring Soil Carbon Sequestration - Kleinman Center for Energy Policy - University of Pennsylvania, 検索日期:5月 10, 2025, https://kleinmanenergy.upenn.edu/commentary/blog/challenges-in-accurately-measuring-soil-carbon-sequestration/

150. Agricultural Carbon Programs - Farmland Information Center, 検索日期:5月 10, 2025, https://farmlandinfo.org/wp-content/uploads/sites/2/2023/08/AFT-SVS-Agricultural-Carbon-Programs.pdf

151. css.umich.edu, 検索日期:5月 10, 2025, https://css.umich.edu/publications/research-publications/comparing-carbon-footprints-urban-and-conventional-agriculture#:~:text=Results%20reveal%20that%20the%20carbon,managed%20gardens)%20outperform%20conventional%20agriculture.